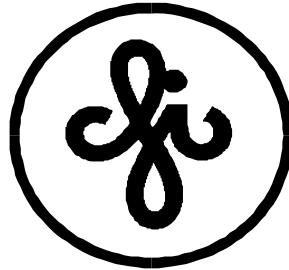


Latvijas Universitātes  
Cietvielu fizikas institūts



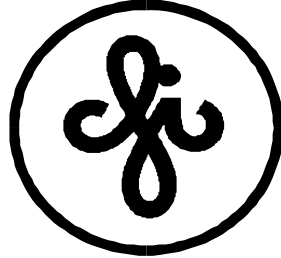
***27.zinātniskās konferences,  
veltītas LU Pusvadītāju fizikas  
problēmu laboratorijas un  
Salaspils Atomreaktora  
50 gadu jubilejai,***

***TĒZES***

2011.gada 14. – 16.februāris

LU Cietvielu fizikas institūts  
Rīga, 2011

**Institute of Solid State Physics  
University of Latvia**



***ABSTRACTS***  
***Of the 27th Scientific  
Conference***

**February 14 – 16, 2011  
Riga**

LU Cietvielu fizikas institūta 27.zinātniskās konferences, veltītas LU pusvadītāju fizikas problēmu laboratorijas un Salaspils Atomreaktora 50 gadu jubilejai, tēzes latviešu un angļu valodā.

Atbildīgais redaktors: Prof. Andris Krūmiņš. Salikums: Anna Muratova  
Salikts LU Cietvielu fizikas institūtā Ķengaraga ielā 8, Rīgā, LV – 1063

Tēzes sakārtotas septiņās sekcijās to nolasīšanas secībā.

# **KODOLU TERMISKĀ SINTĒZE UN ŪDENRAŽA ENERĢĒTIKA**

## ITER PROJEKTS: ATTĪSTĪBAS PROBLĒMAS UN RISINĀJUMI

**A.Šternbergs**

*Latvijas Universitātes Cietvielu fizikas institūts*

Starptautiskais termiskās kodolsintēzes eksperimentālais reaktors (ITER) tiek attīstīts kā pasaules lielākā kodoltermiskās sintēzes eksperimentālā iekārta, lai patiesi nodemonstrētu un pierādītu kodolsintēzes zinātniskās un tehnoloģiskās iespējas kā ilgtermiņa lielas jaudas, drošas atjaunojamās un CO<sub>2</sub> tīras enerģijas ieguves avotam.

ITER izbūve jau uzsākta Cadarache, Francijas atomenerģijas centrā Valsts dienvidos gleznainajā Provences apvidū. ITER ir arī pirmais globālās sadarbības pilotprojekts - flagmanis. Latvija ir viena no 34 partnervalstīm, piedaloties projektā Asociācijas EURATOM- Latvija Universitāte ietvaros, kurā, savukārt, sadarbība starp lokālajiem partneriem mūsu valstī ir galvenais spēks un panākumu nodrošinājums.

Referāta noslēguma daļā - par sadarbības faktoru mūsdienu pētniecībā vispārējos galvenajos vilcienos. Pirmkārt, sadarbība kā noteicošais paaugstina pētījumu kvalitāti, prevalējot tādējādi pat pār katra indivīda vai indivīdu grupas prestižu. Svarīga ir „kritiskās masas” sasniegšana pētnieciskā darba izpildē un finansējumā koordinētas sadarbības rezultātā, savukārt sadrumstalotībai un izklaidēšanai ir negatīva ietekme. Respektīvi - trīs acīmredzami zinātnes un tehnoloģiju vājie punkti SVID analīzes kategorijās ir: nepietiekams finansējums; neadekvāta – nestimulējoša „apkārtnē” pētniecībai un tās rezultātu ieviešanai; zinātniski pētniecisko aktivitāšu fragmentācija un resursu sadrumstalotība. Otrkārt, nekad nedrīkst pretstatīt fundamentālo un pielietojamo pētniecību, un neatlaidīgi pieprasīt tūlītēju investīciju atgriešanu. Visa veida pētniecībā tiek izmantotas zinātniskās metodes – izskaidrot efektu, īpašību, materiālu, tālāk to apzināti kontrolēt, pārraudzīt, un visbeidzot, to kvalitatīvi un kvantitatīvi reproducēt. Ir jāiet soli pa solim, un nevis ātrāk, līdz pilnībā izprotam attiecīgo jaunatklāto Dabas parādību vai objektu

## ITER PROJECT: STATUS AND DEVELOPMENT STRATEGY

**A.Sternberg**

*Institute of Solid State Physics, University of Latvia*

ITER will be the world's largest experimental fusion facility and is designed to demonstrate the scientific and technological feasibility of fusion power. Fusion is the process which powers the sun and the stars. Fusion research is aimed at developing a safe, limitless and environmentally responsible energy source. The ITER project is sited at Cadarache in the South of France. ITER is also a first-of-a-kind global collaboration. Participation of Latvia as one of 34 countries via Association EURATOM-University of Latvia will be discussed.

Finally, two general conclusions. First, doing research collaborative effect dominates quality, being an order of magnitude stronger than other factors such as individual calibre or institutional prestige. Therefore reaching critical mass through coordination and collaboration in research funding and execution are beneficial, and fragmentation and dispersal have negative impact on R&D programme performance. Three perceived S&T weaknesses are: insufficient funding; lack of an environment to stimulate research and exploit results; and the fragmented nature of activities and dispersal of resources. Second, it is short sighted to oppose fundamental and applied research and to insist on an immediate return on investment. All research uses the scientific method - to explain, control and reproduce - and cannot go faster than our ability to understand our universe, step by step.

## **GALLIJA STRŪKLAS SILTUMA ABSORBCIJAS SPĒJA, SASKAROTIES AR TOKAMAKA IZLĀDES PLAZMU**

**O.Lielausis, A.Kļukins, E.Platacis**

*Latvijas Universitātes Fizikas institūts*

Šķidra gallija strūkļa ar diametru  $d = 2,6$  mm un ātrumu  $v = 2,5$  m/s tika ievadīta tokamaka vakuuma kamerā. Izlādes procesa laikā aptuveni 3 cm garš strūkļas posms saskaras ar plazmu. Tam atbilstošais Ga temperatūras pieaugums tika izmērīts un konstatēts, ka strūkļa bijusi spējīga absorbēt un iznest no izlādes kameras iespaidīgu jaudu –  $2,4$  kW/cm<sup>3</sup>. Pie tam minētie strūkļas parametri ir vairāk kā mēreni. Tas uzskatāms par vienu no interesantākajiem rezultātiem pētot šķidra metāla mijiedarbību ar tokamaka izlādes plazmu. Jāatzīmē, ka jau pašos sākotnējos priekšlikumos par termiskās kodolsintēzes iekārtām šķidra metāla strūkļa ieteikta pret plazmu vērsto virsmu aizsardzībai. Aprakstītais pētījums apstiprina šīs prognozes aktualitāti. Jāizvēlas gan tāds iekārtas elements, kur nav sagaidāma traucējoša MHD mijiedarbe. Kā visinteresantākais te uzskatāms divertors.

## **HEAT ACCUMULATING CAPACITY OF A GA JET AFTER TOUCHING UPON TOKOMAK DISCHARGE PLASMA**

**O.Lielausis, A.Klyukin, E.Platacis**

*Institute of Physics, University of Latvia*

A liquid gallium jet (diamater  $d = 2.6$  mm; velocity  $v = 2.5$  m/s) was introduced in the vacuum chamber of a tokamak. During the discharge an approx. 3 cm long segment of the jet becomes contacted by plasma. The corresponding increase of the Ga temperature was measured, a high indeed capacity of the jet to absorb and transport the heat was stated –  $2.4$  kW/cm<sup>3</sup>. And already at such fully moderate parameters of the jet. It should be considered as one of the most interesting results gained during the investigation of the interaction of liquid metals with the tokomak's discharge plasmas. Already in the very first descriptions of thermo-fusion facilities liquid metal jets were proposed for protection of plasma facing components. The considered results confirm the actuality of these predictions. Only components of the facility should be chosen where a disturbing MHD interaction could be neglected. The divertor remains as the most interesting unit.

## DEFEKTU SAITES ENERĢIJAS APRĒĶINI NO PIRMAJEM PRINCIPIEM *fcc* Fe REŽĢĪ

A. Gopejenko<sup>1</sup>, J. Žukovskis<sup>1</sup>, P.V. Vladimirov<sup>2</sup>, J. Kotomins<sup>1</sup>, A. Möslang<sup>2</sup>

<sup>1</sup>*Latvijas Universitātes Cietvielu Fizikas Institūts, Latvija*

<sup>2</sup>*Karlsruhe Institut für Technologie, Institut für Materialforschung-I, Vācija*

Oksīdu stiprināto tēraudu materiālu (ODS) attīstība turpmākai izmantošanai kodolsintēzes reaktoros prasa dziļu izpratni par  $Y_2O_3$  nanodaļiņu formēšanas mehānismu un kinētiku tēraudā matricā.

Liela mēroga aprēķini no pirmajiem principiem tika veikti  $\gamma$ -Fe režģim saturošām divus Y piemaisījuma atomus, Fe-vakances un Y atomu pāri, ka arī dažādas trīs-atomu Y-O-Y klasteru konfigurācijas izšķīdinātās tērauda matricā [1]. Tā ir reprezentēta ar skaldņcentrēto kubisko  $\gamma$ -Fe kristālu. Rezultāti skaidri parādīja noteiktu pievilksanu starp Y aizvietošanās atomu un Fe-vakanci bet saistības enerģija starp diviem Y aizvietošanas atomiem netika atrasta. Dažādu Y-O-Y klasteru konfigurācijas aprēķini Fe režģī parādīja kā ne tikai skābekļa atoma izvietošana ir nepieciešama lai formēt saites enerģiju starp piemaisījuma atomiem  $\gamma$ -Fe režģī bet arī palielināta Fe-vakances koncentrācija ir vajadzīga  $Y_2O_3$  nanodaļiņu formēšanai dzelža kristāliskā matricā. Fe-vakances ietekme uz saistības enerģijām starp defektu atomiem dzelža režģī prasa mijiedarbības aprēķinus starp divām Fe-vakancēm ieskaitot to ietekmi uz saistības enerģijas starp diviem Y atomiem.

### *Ab initio* CALCULATIONS OF BINDING ENERGIES BETWEEN DEFECTS IN *fcc* Fe LATTICE

A. Gopejenko<sup>1</sup>, Yu.F. Zhukovskii<sup>1</sup>, P.V. Vladimirov<sup>2</sup>,  
E.A. Kotomin<sup>1</sup>, A. Möslang<sup>2</sup>

<sup>1</sup>*Institute of Solid State Physics, University of Latvia, Latvia*

<sup>2</sup>*Karlsruhe Institut für Technologie, Institut für Materialforschung-I, Germany*

Development of the oxide dispersion strengthened (ODS) steels for fission and fusion reactors requires a deep understanding of the mechanism and kinetics of  $Y_2O_3$  nanoparticle precipitation in the steel matrix.

Large-scale first-principles calculations have been performed on the  $\gamma$ -Fe lattice containing pairs of Y impurity atom with either Fe vacancy or Y atom and different configurations of three-atom clusters Y-O-Y dissolved in the steel matrix [1]. The latter is represented by a face-centered cubic  $\gamma$ -Fe single crystal. The results clearly demonstrate a certain attraction between the Y substitute and Fe vacancy whereas no binding has been found between the two Y substitute atoms. Results of calculations on different Y-O-Y cluster configurations in lattice show that not only a presence of oxygen atom favors a certain binding between the impurity atoms inside the  $\gamma$ -Fe lattice but also the increased concentration of Fe vacancies is required for the growth of the  $Y_2O_3$  precipitates within the iron crystalline matrix. The influence of vacancies on the binding energies between the defect atoms within the iron lattice demands simulations of the interactions between the two Fe-vacancies including their influence on binding energy between the two Y atoms.

[1] A. Gopejenko, Yu.F. Zhukovskii, P.V. Vladimirov, E.A. Kotomin, and A. Möslang, *Ab initio* simulation of yttrium oxide nanocluster formation on *fcc* Fe lattice. - J. Nucl. Mater., 2010, 406, p. 345–350.

# ATOMU KONCENTRĀCIJAS NOVĒRTĒŠANA PĒC PLAZMAS PARAMETRIEM LOKĀLAJĀ TERMODINĀMISKAJĀ LĪDZSVARĀ

**J. Butikova, I. Tāle**

*Latvijas Universitātes Cietvielu fizikas institūts*

Lai novērtētu tokamaka šķidrā limitera materiāla tvaiku kopējo koncentrāciju no pieejamiem spektroskopiskiem datiem plazmā, tika izmantota sekojoša pieeja.

Emisijas intensitāte no tilpuma vienības pārejai no stāvokļa  $n$  uz  $m$  optiski plānajā plazmā ir proporcionāla spontānās sabrukšanas pakāpei, augšējā līmeņa apdzīvotības blīvumam un enerģijas starpībai starp līmeņiem. Saskaņā ar stacionārā stāvokļa nosacījumiem koronas modelī, augšējā līmeņa apdzīvotības blīvums ir proporcionāls pamatstāvokļa apdzīvotībai ( $N_0$ ). Pieņemot, ka plazma atrodas lokālajā termodinamiskajā līdzsvarā un izmantojot ierosināšanas pakāpes koeficienta vienādojumu, var atrast pamatstāvokļa apdzīvotības blīvumu.

Fraskati esošā tokamaka parametriem (elektronu blīvumam un temperatūrai), tika novērtēts, ka Ga I, Ga II un Ga III apdzīvotības blīvums  $N_0$  ir ar kārtu  $10^8 \text{ m}^{-3}$ .

Apdzīvotības blīvuma aprēķinam augstākajās jonizācijas pakāpēs tika lietota sakarība, kas apraksta jonizāciju no pamatstāvokļa, vidējota pa Maksvela elektronu sadalījumu, ņemot vērā stacionārā stāvokļa nosacījumu augstam elektronu blīvumam.

## ESTIMATION OF THE CONCENTRATION OF ATOMS USING PARAMETERS OF PLASMA IN LOCAL THERMODYNAMIC EQUILIBRIUM

**J. Butikova, I. Tale**

*Institut of Solid State Physics, University of Latvia*

To estimate the concentration of a liquid limiter's vapour with available spectroscopy data in plasma in a tokamak, the following approach was used.

Intensity emitted per unit volume for the transition  $n$  to  $m$  in optically thin plasma is proportional to the spontaneous decay rate, population density of the upper level and energy difference between the levels. According to the conditions for steady state in a corona model, population density of the upper level is proportional to the number density at the ground state ( $N_0$ ). Assuming plasma is in the local thermodynamic equilibrium and using an expression for excitation rate coefficients, the number density at the ground state can be derived.

For the given values of electron number density and plasma temperature in Frascati Tokamak Upgrade machine, our estimation shows that for Ga I, Ga II and Ga III the value of  $N_0$  is in order of  $10^8 \text{ m}^{-3}$ .

For the population density at higher ionization states, the expression for the ionization rate from the ground state averaged over Maxwellian electron distribution was used, taking into account an expression for the steady state at high electron density.



**GALLIJA TVAIKU KONCENTRACIJAS UN DINAMIKAS  
SPEKTROSKOPIJA TOKAMAK PLAZMĀ  
PROJEKTS WP10-PWI-05-04-01/ULV/PS**

**I.Tāle, A.Voitkāns, J.Butikova**  
*Latvijas Universitātes Cietvielu fizikas institūts*

**Mērķi**

- $\text{Ga}^0$ ,  $\text{Ga}^+$  un  $\text{Ga}^{2+}$  tvaiku spektrālo līniju intensitātes mērījumi kameras polodiālās plaknēs vertikālā un horizontālā virzienos.
- Ga tvaiku spektra intensitātes attīstība laikā plazmas izlādes laikā līdz 3 s.

**Spektroskopijas sistēma**

- Objektīva lēcu sistēma veic vienlaicīgu spektra reģistrāciju četrās plazmas pozīcijās abos vertikālā un horizontālā tokamaka loga virzienos.
- Redzamais plazmas diametrs kamerā horizontālā un vertikālā virzienos:  $\Phi 40$  mm.
- Vienlaicīga ārēji vadīta objektīva lēcu plazmas novērošanas virziena maiņa, kura nodrošina plazmas emisijas novērošanas pozīcijas daudzkārtīgu no vienas plazmas izlādes uz nākošo.
- Ga tvaiku daudzuma attīstības dinamikas mērījumu viena plazmas izlādes impulsa laikā nodrošina optiskās šķiedras kabelis ar spektrogrāfu un ICCD kameru.
- Spektra reģistrācijas ātrums:  $20 \text{ s}^{-1}$ .

**SPECTROSCOPY OF GA VAPOUR CONCENTRATION AND  
DYNAMICS IN TOKAMAK PLASMA  
PROJECT WP10-PWI-05-04-01/ULV/PS**

**I.Tale, A.Voitkans, J.Butikova**  
*Institute of Solid State Physics, University of Latvia*

**Goals**

- $\text{Ga}^0$ ,  $\text{Ga}^+$  and  $\text{Ga}^{2+}$  vapor line intensity measurements in vertical and horizontal directions of the poloidal plane of vessel.
- Time resolved evaluation of the Ga vapor spectra during the plasma event up to 3sec.

**Spectroscopy system**

- The optical lens system performs simultaneous spectra acquisition in four positions of both the vertical and horizontal tokamak ports.
- The observed plasma diameter:  $\Phi 40$  mm.
- Simultaneous remote shift of the viewing direction enables to multiply the spectra observation positions from plasma pulse to pulse.
- The evaluation of Ga vapor content during the plasma pulse is collected using optical fiber bundle coupled spectrograph equipped with gated ICCD.
- Spectra acquisition: up to 20 frames per sec.

## TRITIJA IZDALĪŠANĀS NO NEITRONOS STAROTĀM BERILIJA LODĪTĒM TEMPERATŪRAS IEDARBĪBĀ

A. Vītiņš<sup>1,2</sup>, G. Ķizāne<sup>1</sup>, A. Matīss<sup>1</sup>, E. Pajuste<sup>1</sup>, V. Zubkovs<sup>1</sup>

<sup>1</sup> *Latvijas Universitātes Ķīmiskās fizikas institūts*

<sup>2</sup> *Latvijas Universitātes Cietvielu fizikas institūts*

Berilija lodītes ir paredzēts izmantot par neitronu pavairotāju tritija atražošanai keramikajā brīdērī nākotnes kodolsintēzes reaktora blanketa zonā. Hēlijs un tritījs berilijā rodas neitronu plūsmas izraisītu kodolreakciju rezultātā. Viens no blanketa zonas konstruēšanas uzdevumiem ir samazināt tritija uzkrāšanos berilija lodītēs. Darbā pētīta tritija izdalīšanās temperatūras iedarbībā no berilija lodītēm ( $\varnothing \approx 1$  mm), kas starotas ar neitroniem (fluenss  $3\text{-}4 \times 10^{25}$  n/m<sup>2</sup>,  $E > 0.1$  MeV) 523-773 K temperatūrā lodīšu slāņu moduļu eksperimentā (PBA – pebble bed assemblies) Pettenas reaktorā Nīderlandē 2003.-2004. gadā [1,2]. Tritija izdalīšanās pētīta, gan karsējot lodītes ar konstantu temperatūras celšanas ātrumu  $\beta = 2.3\text{-}4.8$  K/min no istabas temperatūras līdz 1310-1520 K, gan izturot tās 4-23 h konstantā temperatūrā 1000-1180 K. Tritija termodesorbcijas līknēs novērotas tritija pakāpeniskas un straujas izdalīšanās stadijas, kas attiecinātas attiecīgi uz tritija izdalīšanos atomārās difūzijas rezultātā un tritija izdalīšanos, atveroties gāzu ieslēgumiem berilija matricā. Temperatūras izvērses eksperimentos tritija izdalīšanās ātruma galvenais maksimums atradās straujas izdalīšanās apgalā 1178-1309 K ( $\beta = 2.4$  K/min) un 1178-1350 K ( $\beta = 4.8$  K/min) temperatūras intervālos. Noteikta kopējā tritija aktivitāte berilija lodītēs 2-4 GBq/g.

## TRITIUM RELEASE FROM NEUTRON-IRRADIATED BERYLLIUM PEBBLES UNDER ACTION OF TEMPERATURE

A. Vītiņš<sup>1,2</sup>, G. Ķizāne<sup>1</sup>, A. Matīss<sup>1</sup>, E. Pajuste<sup>1</sup>, V. Zubkovs<sup>1</sup>

<sup>1</sup> *Institute of Chemical Physics, University of Latvia*

<sup>2</sup> *Institute of Solid State Physics, University of Latvia*

Beryllium pebbles are foreseen as a neutron multiplier to ensure sufficient tritium breeding in a ceramic breeder in a blanket of a future fusion power reactor. Helium and tritium are produced in beryllium as a result of neutron-induced transmutations. One of tasks of blanket designs is to reduce tritium inventory in the beryllium pebbles. In this paper, we present results on tritium release from the beryllium pebbles ( $\varnothing \approx 1$  mm) irradiated for 294 full power days from 17 April 2003 to November 2004 to the neutron fluence of  $3\text{-}4 \times 10^{25}$  m<sup>-2</sup> ( $E > 0.1$  MeV) at temperature 523-773 K in the pebble-bed assemblies (PBA) experiment in the high flux reactor at Petten, the Netherlands [1,2]. This paper is a report on post irradiation tritium release experiments under action of both temperature ramps of  $\beta = 2.3\text{-}4.8$  K/min from room temperature to 1310-1520 K and anneals at a constant temperature of 1000-1180 K for 4-23 h on the beryllium pebbles. Stages of gradual and burst release were observed in the curves of the tritium release rate. These stages may be related to the tritium release by atomic diffusion and bubble venting respectively. At the temperature ramps, the main maximum of the tritium release rate of the PBA Be pebbles was found to be in the stage of burst release, in the temperature ranges of 1178-1309 K ( $\beta = 2.4$  K/min) and 1178-1350 K ( $\beta = 4.8$  K/min). The total tritium inventory in the PBA Be pebbles was found to be 2-4 GBq/g.

References: [1] J. G. van der Laan et al, Fusion Eng. Des. 61-62 (2002) 383.  
[2] A. Ying et al, J. Nucl. Mater. 367-370 (2007) 1281.

## ŪDEŅRAŽA LOMA ENERĢĒTIKĀ NĀKOŠAJĀ DESMITGADĒ EKSPERTU VĒRTĒJUMĀ

**J.Dimants<sup>1</sup>, I. Klepere<sup>2</sup>, B.Sloka<sup>1</sup>, J. Kleperis<sup>3</sup>**

<sup>1</sup>*Latvijas Universitātes Ekonomikas un vadības fakultāte*

<sup>2</sup>*Latvijas Universitātes Bioloģijas fakultāte*

<sup>3</sup>*Latvijas Universitātes Cietvielu fizikas institūts*

Ar ūdeņraža, kas iegūts no atjaunojamiem energoresursiem, saistīti pētījumi Latvijā un citur pasaulē intensīvi tiek veikti jau vismaz pusgadsimtu. Salīdzinoši pēdējo desmit gadu laikā pētījumu rezultāti kļuvuši efektīvāki un aktualizējies jautājums par reālu no atjaunojamiem energoresursiem ražota ūdeņraža tehnoloģiju ieviešanu dažādu valstu ekonomikā. Līdz ar to ir svarīgi uzzināt Latvijas un pasaules enerģētikas ekspertu viedokli par no atjaunojamiem energoresursiem ražota ūdeņraža iespējamiem attīstības scenārijiem enerģētikā tuvākā nākotnē. Izmantojot ekspertu intervijas, noskaidrots viedoklis par ūdeņraža lomu enerģētikā nākošajā dekādē. Iegūto rezultātu analīze ir būtiska, jo ļauj apzināt un izvērtēt svarīgākos turpmāko pētījumu virzienus šajā nozarē.

## THE ROLE OF HYDROGEN ENERGY IN POWER SECTOR NEXT DECADE EXPERT EVALUATIONS

**J.Dimants<sup>1</sup>, I. Klepere<sup>2</sup>, B.Sloka<sup>1</sup>, J. Kleperis<sup>3</sup>**

<sup>1</sup>*Faculty of economics and management, University of Latvia*

<sup>2</sup>*Biology Faculty, University of Latvia*

<sup>3</sup>*Institute of Solid State Physics, University of Latvia*

Researches and studies about hydrogen produced from renewable resources are carried out intensively within at least half a century in many countries. Over the past decade results have become more efficient and raised the issues of genuine, from renewables produced hydrogen technologies implementation in different national economies. Consequently, it is important to learn Latvian and world energy expert opinions for renewable hydrogen energy possible development scenarios in the nearest future. Expert interviews were done to study the role of the hydrogen energy in power sector in the next decade. The results are essential because they allow identifying and assessing the most important future directions for researches in this area.

## MIKROORGANISMU BATERIJAS IZVEIDE, IZMANTOJOT VIETĒJOS RESURSUS, UN TĀS JAUDAS PARAMETRU ANALĪZE

**K.Švalbe<sup>1</sup>, N.Elste<sup>1</sup>, A.Gruduls<sup>2</sup>, J.Kleperis<sup>3</sup>**

<sup>1</sup>*Siguldas Valsts ģimnāzija*

<sup>2</sup>*Latvijas Universitātes Bioloģijas fakultāte*

<sup>3</sup>*Latvijas Universitātes Cietvielu fizikas institūts*

Mikroorganismu degvielas šūna (MFC) ir ierīce, kas sastāv no anoda, katoda, jonu apmaiņas membrānas un ārējās elektriskās ķēdes. Šāda ierīce pārvērš bioloģiski sadalāmos ogļhidrātos pieejamo ķīmisko enerģiju elektriskajā enerģijā. Katalizators šādai reakcijai ir baktērijas, kas dzīvo porainā anodā un pārstrādā organiskās vielas, no makromolekulām atšķeļot protonus un elektronus. Ja apkārtējā vidē nav skābekļa, tad baktērijas pārslēdzas no dabiskā metabolisma uz fermentīvo metabolismu. Par elektronu akceptoru kalpo skābeklis, kas ir pieejams ar selektīvu membrānu atdalītajā katodtelpā. Ja ārējā ķēde ir noslēgta, tad pa to pārvietojas elektroni, bet baktēriju darbības rezultātā radušies protoni caur membrānu tiek pārnesti uz katodu.

Mēs esam izveidojuši divu tipu MFC reaktoru prototipus – ar anodu un katodu divos līmeņos darbībai vienā šūnā un ar anodu un katodu divās atsevišķās šūnās, kas atdalītas ar jonu tiltiņu. Pirmajos eksperimentos pārbaudītas dūņas ar baktērijām no vietējiem ezeriem, upēm un notekūdeņu baseiniem, lai salīdzinātu to izmantošanas iespējas elektriskās enerģijas iegūšanā.

## CONSTRUCTION OF MICROBIAL FUEL CELL USING LOCAL RESOURCES AND ANALYSIS OF POWER OUTPUT RESULTS

**K.Švalbe<sup>1</sup>, N.Elste<sup>1</sup>, A.Gruduls<sup>2</sup>, J.Kleperis<sup>3</sup>**

<sup>1</sup>*Sigulda State Gymnasium*

<sup>2</sup>*Biology Faculty, University of Latvia*

<sup>3</sup>*Institute of Solid State Physics, University of Latvia*

A microbial fuel cell (MFC) is device made from an anode, a cathode, ion exchange membrane and solution containing microorganisms. This device converts chemical energy, available in a bio-convertible substrate, directly into electricity. To achieve this, bacteria are used as a catalyst to convert carbohydrate substrate from solution into electrons and protons. The bacteria live in the porous anode and convert carbohydrates (glucose, acetate, organic waste in water) into CO<sub>2</sub>, protons and electrons. Under anaerobic conditions, bacteria need to switch from their natural electron acceptor to an insoluble acceptor, such as the anode in MFC to transfer electrons. In case of short external circuit the electrons travel through it to the cathode where discharges protons transferred from anode side to cathode through ion exchange membrane.

We made MFC two prototypes of MFC – first one with an anode and cathode in the same cell but in different levels, and another one with anode and cathode in separate cells connected with ion bridge. Local origin sludge with bacteria from river, lakes and sewage are collected and compared to electricity generation power.

## CEOLĪTA TIPĀ MATERIĀLU ĪPAŠĪBU IZPĒTE PIELIETOJUMIEM ENERĢĒTIKĀ

A. Šivars<sup>1</sup>, L. Grīnberga<sup>1</sup>, L. Kuļikova<sup>2</sup>, V. Serga<sup>2</sup>, J. Fricsons<sup>3</sup>, J. Kleperis<sup>1</sup>

<sup>1</sup>*Latvijas Universitātes Cietvielu fizikas institūts*

<sup>2</sup>*Rīgas Tehniskās Universitātes Neorganiskās ķīmijas institūts*

<sup>3</sup>*SIA Adviser Union*

Pēdējā laikā aktuāli ir pētījumi saistībā ar dabīgo materiālu izmantošanu sadzīves vajadzībām. Viens no populārākajiem materiāliem ir dabīgas izcelsmes ceolīts - pēc struktūras ļoti sarežģīta, poraina viela. Tā kā ceolīta dabā ir ļoti daudz, un tas ir brīvi pieejams, tas jau sekmīgi tiek izmantots ūdens attīrīšanai zivju akvārijos, medicīnā, rūpniecībā, lauksaimniecībā. Lai paplašinātu šī materiāla pielietojamību un izprastu tā pozitīvo īpašību darbības fizikālķīmiskos mehānismus, nepieciešama detalizēta materiāla izpēte gan no struktūras, gan sastāva, gan adsorbcijas/desorbcijas un aktivācijas tehnoloģiju viedokļa.

Mūsu darbā tiek apskatīta iespēja izmantot dabīgos ceolītus enerģētikā, piemēram, ūdeņraža vai to saturošu gāzu uzglabāšanai. Izejot no silikātgēla molekulārā kristālrežģa uzbūves līdzības ar dabīgā ceolīta  $(\text{Na,K})_4\text{Ca}(\text{Al}_6\text{Si}_{30}\text{O}_{72})\cdot 24(\text{H}_2\text{O})$  (klinoptilolīts) struktūru (piemēram, izteiktajām nanoizmēru porām), ir sagaidāms, ka noteiktā temperatūru diapazonā arī klinoptilolīts absorbēs  $\text{H}_2$  un  $\text{NH}_3$ . Izmantojot materiāla iepriekšēju aktivēšanu, piemēram, pārklāšanu ar Pt vai Pd nanodaļiņām, var gaidīt, ka adsorbcijas/desorbcijas temperatūru intervāls tuvināsies istabas temperatūrām, kas būtu ļoti svarīgi praktiskiem pielietojumiem. Iegūti pirmie rezultāti par konkrētā dabīgā ceolīta materiāla sastāvu, struktūru, kā arī pētīta tā poru struktūra un to spēja gāzu/ūdens saistīšanā, izmantojot BET un termogravimetrisko analīzi.

*Pateicība:* Paldies LZP pētījumu projektam 09.1553 par finansiālu atbalstu.

## RESEARCH OF ZEOLITE TYPE MATERIALS FOR USE IN ENERGETICS

A. Sivars<sup>1</sup>, L. Grinberga<sup>1</sup>, L. Kulikova<sup>2</sup>, V. Serga<sup>2</sup>, J. Fricsons<sup>3</sup>, J. Kleperis<sup>1</sup>

<sup>1</sup>*Institute of Solid State Physics, University of Latvia*

<sup>2</sup>*Institute of Inorganic Chemistry, Riga Technical University*

<sup>3</sup>*SIA Adviser Union*

Recently a lot of studies have been made about how to use natural resources in our daily lives. One of the most popular materials is zeolite of natural origin, which is very complicated in its structure with lots of nanopores. Due to the huge amount of zeolites in the nature and easy mining, it is already used for water treatment in aquariums, in medicine, industry, agriculture. To expand the application of this natural material and understand the physicochemical mechanisms, a detailed examination of material structure, composition, and adsorption/desorption properties is necessary.

In our work the possibility to use natural zeolites in the energy applications, for example, to store hydrogen or hydrogen-containing gases is investigated. A natural zeolite – clinoptilolite - is studied in our work. Clinoptilolite has a nanoporous structures in the molecular crystal lattice, therefore it have a possibility to absorb hydrogen and/or ammonia in nanopores at the specific temperatures.

Our aim is to find the activation method of this material (for example, coating with Pt or Pd nanoparticles) to raise adsorption/desorption temperature interval up to room temperatures.

*Acknowledgements:* Thanks to research project 09.1553 of Latvian Council of Science for financial support.

## PROCESI UZ KATODA UN ANODA ŪDENS IMPULSU LĪDZSTRĀVAS ELEKTROLĪZĒ

**M.Vanags, G.Bajārs, J.Kleperis, A.Lūsis**  
*Latvijas Universitātes Cietvielu fizikas institūts*

Ūdens elektrolīzes metodes ir zināmas jau sen un tiek izmantotas praksē, taču tām piemīt dažādi trūkumi: elektrolīzes laikā uz anoda veidojas pasivējoša oksīda kārtiņa, bet uz katoda izsēžas dažādi piemaisījumi no elektrolīta (metāli, sāļi); elektrolīzes gāzu veidotie burbuļi ir ar lielu izmēru un aizklāj daļu elektroda; pie lielākiem darba strāvas blīvumiem paaugstinās elektrolīta temperatūra. Šo trūkumu dēļ elektrolīzes ierīcēm ir paaugstinātas kapitālās un lietošanas izmaksas, tādēļ aktuāla ir nepieciešamība pēc efektīvas elektrolīzes metodes.

Savos pētījumos esam pierādījuši, ka impulsu metodes izmantošana ļauj palielināt ūdens elektrolīzes efektivitāti, salīdzinot ar komerciāli izplatītajiem sārma elektrolīzeriem. Izmantojot īsus liela sprieguma impulsus (1-3  $\mu$ s, 300-500 V) pētīta strāva elektrolīzes šūnā, mainot jonu disociācijas pakāpi ūdens elektrolītā. Sprieguma impulsam atbilstošais strāvas maksimums maina polaritāti, palielinoties ūdens disociācijas pakāpei, kas skaidrots ar elektronu emisiju no katoda elektrolītā lielā sprieguma impulsa ietekmē un sekojošu elektronu difūziju atpakaļ, ja disociēto jonu koncentrācija dubultslānī pie katoda ir nepietiekoša emitēto elektronu izlādei.

*Pateicība: Autori pateicas Valsts pētījumu programmai enerģētikā par finansiālu atbalstu, MV pateicas ESF par atbalstu promocijas darba izstrādē.*

## CATHODE AND ANODE BEHAVIOUR DURING PULSED DC ELECTROLYSIS OF WATER

**M.Vanags, G.Bajārs, J.Kleperis, A.Lūsis**  
*Institute of Solid State Physics, University of Latvia*

Methods for the electrolysis of water are well known and used in praxis, but all of them have several disadvantages: anodes can form oxides which can passivate with some metals; cathodes can deposit contaminants like metals, organic residues and particulates; the bubble size of evolved gases can block the electrodes; temperature increase at higher current densities. These effects lead to higher capital and operating costs due to higher cell voltages, as well as losses in current efficiency. Accordingly, there is a need for improved methods and apparatus for electrolysis of water which are capable of enhancing the volumes of hydrogen.

In our studies we have proved that pulse voltage power supply increases the efficiency of water electrolysis comparing with commercial available alkali electrolyzers. Using short time and high voltage pulses (1-3  $\mu$ s, 300-500 V), the current behavior is investigated using weak water electrolytes. It is observed that current pulse changes polarity with increasing water dissociation degree (concentration of electrolyte). This effect is explained with assumption that electrons are emitted from cathode to an electrolyte under influence of high voltage pulse. Emitted electrons can be discharged with ions in an electric double layer, but if the number of ions is too low, electrons can diffuse back to the cathode.

*Acknowledgement: Authors acknowledge the financial support of National Research Program in Energetics; MV acknowledges ESF for support in elaboration of PhD.*

## **BIOREAKTORU SISTĒMAS PROTOTIPA IZVEIDE UN OPTIMIZĀCIJA EKSPERIMENTĀLU PĒTĪJUMU VEIKŠANAI AR ŪDEŅRAŽA UN METĀNA GĀZES PRODUCENTIEM**

**A.Gruduls<sup>1</sup>, I.Dirnēna<sup>1</sup>, I.Klepere<sup>1</sup>, I.Muižnieks<sup>1</sup>, J.Kleperis<sup>2</sup>**

*<sup>1</sup>Latvijas Universitātes Bioloģijas fakultāte*

*<sup>2</sup>Latvijas Universitātes Cietvielu fizikas institūts*

Metānveidojošās baktērijas tiek izmantotas, lai fermentācijas procesā ražotu biogāzi. Biogāze ir deggāze, kas sastāv no 50-70% metāna (CH<sub>4</sub>), 30-40% oglekļa dioksīda (CO<sub>2</sub>) un citiem komponentiem nelielās koncentrācijās. CH<sub>4</sub> veidošanai tiek izmantoti dažādi organiskie substrāti, galvenokārt kūtsmēsli un skābbarība. Fermentācijas sākumposmos baktērijas spēj sintezēt metānu arī tiešā reakcijā, savienojot CO<sub>2</sub> un H<sub>2</sub> molekulas. Pievadot fermentācijas reaktoram papildus ūdeņradi, ir iespējams palielināt CH<sub>4</sub> iznākumu.

Mūsu izveidotajā laboratorijas mēroga bioreaktoru sistēmā ietilpst atsevišķs reaktors bioūdeņraža veidošanai un otrs reaktors biogāzes veidošanai. Testsistēma ir modificējama un pielāgojama jebkuru fermentatīvu procesu detalizētai un pilnīgai izpētei. Balstoties uz eksperimentu datiem, sistēma tiks pilnībā automatizēta, nodrošinot pilnīgu kontroli pār vides temperatūru, pH, aerāciju, anaerobitāti, substrātu koncentrācijām, produktu koncentrācijām u.c. parametriem. Ir iespējama precīza „online” gāzu sastāva analīze fermentācijas procesa laikā, izmantojot maspektrometru. Bioūdeņradis tiks ražots, izmantojot vietējos alternatīvos resursus – pārtikas rūpniecības atkritumus un blakusproduktus. Plānots, ka pievadot biogāzes reaktoram neatīrītu bioūdeņradi būtu iespējams palielināt CH<sub>4</sub> iznākumu vismaz par 10%.

## **BUILDING UP BIOREACTOR PROTOTYPE AND OPTIMISATION FOR EXPERIMENTS WITH HYDROGEN AND METHANE GAS PRODUCING MICROORGANISMS**

**A.Gruduls<sup>1</sup>, I.Dirnena<sup>1</sup>, I.Klepere<sup>1</sup>, I.Muiznieks<sup>1</sup>, J.Kleperis<sup>2</sup>**

*<sup>1</sup>Biology Faculty, University of Latvia*

*<sup>2</sup>Institute of Solid State Physics, University of Latvia*

Methanogenic bacteria are being used for biogas production. Biogas is a combustible gas that contains 50-70% methane (CH<sub>4</sub>), 30-40% carbon dioxide (CO<sub>2</sub>) and other components in small amounts. For CH<sub>4</sub> production several organic substrates are being used, mostly silage and manure. In early stages of fermentation bacteria can produce methane directly combining CO<sub>2</sub> and H<sub>2</sub> molecules. It would be possible to increase CH<sub>4</sub> outcome if extra H<sub>2</sub> is supplied to fermentation tank.

We have built laboratory scale bioreactor system consisting of two separate reactors, one used for bio-hydrogen production and second - for production of biogas. Test system can be modified and used to analyze different fermentative processes. System will be fully automated to provide full control over experimental parameters like temperature, pH, aeration, substrate and concentration of products etc. It is possible to monitor gas composition with masspectrometer during fermentation process. Bio-hydrogen will be produced from alternative local resources – wastes and byproducts of food industry. We predict that delivering unrefined biohydrogen gas from first reactor into biogas reactor will result in 10% increase of CH<sub>4</sub> outcome.

**SALASPILS**  
**ATOMREAKTORAM 50**



## **SALASPILS ZINĀTNISKĀ KODOLREAKTORA 37 DARBĪBAS GADI**

**J. Alksnis, V. Gavars, A. Eglitis, D. Kalnins,  
Z.V. Mozgirs, E. Tomsons**

Referātā apkopoti Salaspils zinātniski pētnieciskā kodolreaktora inženierfizikālo problēmu tehniskie risinājumi, modernizācijas un ekspluatācijas pieredze.

Salaspils zinātniskais kodolreaktors tika uzbūvēts un iedarbināts kodolenerģētikas ēras sākumā. Līdz 1961. gadam ASV, Padomju Savienībā, Anglijā, Francijā un Vācijā tādi jau darbojās, bet elektroenerģijas ražošanai bija uzbūvētas tikai desmit I paaudzes AES.

Salaspils zinātniskais kodolreaktors, kuru iedarbināja 1961. gadā, bija pirmais Baltijā.

Salaspils zinātniskā kodolreaktora iedarbināšana bija impulss ar kodolenerģiju saistītas zinātnes un tehnikas attīstībai Latvijā. Jaunie zinātnieki pievērsās kodolfizikai, radiācijas fizikai un ķīmijai, arī radiobioloģijai. Aizsākās arī nozīmīgas izstrādes kodolenerģētikā. Tika sasniegti ievērojami zinātniski panākumi, kas veiksmīgi turpinās, Latvijas zinātniekiem piedaloties IV paaudzes atomelektrostaciju projektos. Salaspils reaktorā vienlaicīgi strādāja 200-250 cilvēku. Kopējais strādājošo skaits visā ekspluatācijas periodā ir bijis vairāk par 2100. Pateicoties darba kultūrai un radiācijas kontroles dienesta uzraudzībai, visā darbības laikā nav notikusi neviena reaktorā strādājošā apstarošanās ar nepieļaujami lielu dozu.

Salaspils zinātnisko kodolreaktoru būvēja, modernizēja un izmantoja galvenokārt Latvijas zinātnieki.

## **37 YEARS OF THE NUCLEAR RESEARCH REACTOR IN SALASPILS**

**J. Alksnis, V. Gavars, A. Eglitis, D. Kalnins,  
Z.V. Mozgirs, E. Tomsons**

In the report are generalized technical decisions of physical engineering problems of the Salaspils nuclear research reactor, experience of modernization and exploitation.

The Nuclear Research Reactor in Salaspils was built and launched at the beginning of the nuclear energy era. Until 1961, nuclear research reactors had already been started in the USA, the Soviet Union, Britain, France and Germany, and only ten first-generation nuclear power plants had been built.

The Nuclear Research Reactor in Salaspils, which was started in 1961, was the first nuclear reactor in the Baltic.

The Nuclear Research Reactor in Salaspils made a major contribution to the development of new scientific disciplines related to nuclear energy, such as nuclear physics, radiation chemistry and radiobiology, as well as to nuclear technology in Latvia. In the nuclear reactor significant scientific research was carried out on nuclear energy, and about 200-250 people worked there simultaneously. At present researchers successfully keep on making significant scientific progress while participating in projects of the fourth-generation nuclear power stations. The total number of employees during the whole period of operation exceeds more than 2100. Since the work culture and the radiation control monitoring service were very high, none of the workers received exceeded dose of radiation.

The Nuclear Research Reactor in Salaspils was constructed, modernized and used mostly by Latvian national specialists.

## KODOLU STRUKTŪRAS PĒTĪJUMI SALASPILS REAKTORĀ

**J.Bērziņš, M. Balodis, T.Krasta**

*Latvijas Universitātes Cietvielu fizikas institūts*

Salaspils pētnieciskā kodolreaktora darbība deva iespēju Latvijas kodolfiziķiem attīstīt augstas klases eksperimentālos pētījumus kodolspektroskopijā un iekļauties ar tiem starptautiskajos sadarbības projektos. Īpaša nozīme bija Salaspilī izveidotajai unikālajai iekārtai – beta spektrogrāfam, kas deva iespēju mērīt iekšējās konversijas elektronu spektrus  $(n,\gamma)$  reakcijā ar siltuma neitroniem. Vēlāk tika izveidoti arī  $\gamma$ -spektrometri mērījumiem  $(n,\gamma)$ ,  $(n,\gamma\gamma)$  un  $(n,n'\gamma)$  reakcijās. Izmantojot Salaspils mērījumu rezultātus, kā arī citu pētniecības centru sadarbības partneru eksperimentālos datus, tika attīstītas zemāko ierosināto līmeņu shēmas vairāk nekā 50 pāru-pāru, nepāru un nepāru-nepāru kodoliem, galvenokārt deformācijas apgabalā  $150 \leq A \leq 190$ . Nepieciešamība interpretēt iegūto eksperimentālo informāciju stimulēja arī teorētisko kodolu struktūras pētījumu attīstību. Sākotnēji šie pētījumi aprobežojās ar eksperimentāli attīstīto līmeņu shēmu pamatošanu izmantojot teorētiskiem aprēķiniem galvenokārt dažādas vispārinātā modeļa versijas. Sākot ar 80-to gadu vidu paralēli izveidojas cieša sadarbība ar Lietuvas un Brazīlijas kodolteorētiķiem par uz grupu teorijas balstītā Stipri Ierobežotās Dinamikas modeļa (SRDM) pielietošanu vieglo un smago kodolu struktūras aprakstam. Šī sadarbība ļāva attīstīt Latvijā arī tīri teorētiskos kodolu pētījumus, ieskaitot tādu parādību izpēti kā kodolu formas fāzu pārejas, kā arī to saistības ar kvantu haosu.

## NUCLEAR STRUCTURE STUDIES AT SALASPILS REACTOR

**J.Bērziņš, M. Balodis, T.Krasta**

*Institute of Solid State Physics, University of Latvia*

Operation of Salaspils research reactor provided Latvian nuclear physicists with an opportunity to develop high level experimental nuclear spectroscopy studies and so to become partners of international collaboration projects. Of especial importance was the unique experimental set-up created at Salaspils – the beta-spectrograph, allowing to obtain spectra of internal conversion electrons from thermal neutron capture  $(n,\gamma)$  reactions. Later, the gamma spectrometers for  $\gamma$ -spectra measurements from  $(n,\gamma)$ ,  $(n,\gamma\gamma)$  and  $(n,n'\gamma)$  reactions has been created as well. The results of measurements performed at Salaspils, together with experimental data provided by collaboration partners from other research centers, made it possible to develop low-lying excited level schemes of more than 50 even-even, odd and odd-odd nuclei, mostly belonging to the  $150 \leq A \leq 190$  deformation region. The necessity to provide an interpretation for obtained experimental data instigated theoretical nuclear structure studies. In the beginning, these studies were limited to support the experimentally proposed level schemes by theoretical calculations employing for the most part various versions of the unified nuclear model. Starting with mid 80-ties, a close collaboration was established with nuclear theoreticians from Lithuania and Brazil studying the application of the group theory based Strictly Restricted Dynamics Model (SRDM) for the description of structure of light and heavy nuclei. This collaboration created a possibility to develop in Latvia also purely theoretical nuclear studies, including the study of such phenomena as nuclear shape phase transitions and their relationships with quantum chaos.

## IESKATS PĀREJAS APGABALA A~190 NEPĀRU-NEPĀRU KODOLU STRUKTŪRĀ

**M. Balodis, T. Krasta, J. Bērziņš, V. Bondarenko, Ļ. Simonova**

*Latvijas Universitātes Cietvielu fizikas institūts*

Sākot ar 70-to gadu vidu Salaspils reaktora Kodolreakciju laboratorijas fiziķi pievērsās deformācijas pārejas apgabala kodolu struktūras izpētei: sākumā tika pētīti kodoli pie A~150 (Sm, Eu), bet 80-tajos gados lielāka uzmanība tika veltīta A~190 apgabalam (W, Re, Os, Ir). Apgabalos, kur notiek pāreja no stabilās aksiāli-simetriskās formas uz sfērisko, kodoliem piemīt daudz lielāks ierosināto stāvokļu blīvums, kā arī samērā zema kolektīvo serdes vibrāciju ierosinājumu enerģija. Pārejas apgabalu pie A~190 ( $Z=74\div 77$ ) raksturo iespēja novērot arī stabilas triaksiālās formas struktūras. Tomēr tika parādīts, ka nepāru-nepāru kodolu <sup>190,192,194</sup>Ir zemāko divu kvazidaļiņu stāvokļu interpretācijai ir iespējams sekmīgi izmantot Nilsona potenciālu. Ievērojamas oktopolās deformācijas pazīmes ir raksturīgas apgabala nepāru neitronu izotopu <sup>185,187</sup>W, <sup>189</sup>Os orbitām ar augstu momenta vērtību  $j=9/2, 11/2, 13/2$ . Tā kā šīm viendaļiņu orbitām ir ievērojama loma arī apgabala nepāru-nepāru kodolu zemāko ierosināto līmeņu shēmā, tad pie enerģijām virs 400 keV ir sagaidāma dažādas formas stāvokļu līdzāspastāvēšana: tās pazīmes tika novērotas <sup>192</sup>Ir gadījumā, kā arī patreiz pētītajā <sup>188</sup>Re līmeņu shēmā. Apgabals pie A~190 ir interesants arī ar to, ka tajā tika eksperimentāli novērota kodolu stāvokļu supersimetrija, kad kodolu kvartetu, kas sastāv no pāru-pāru, nepāru-protonu, nepāru-neitronu un nepāru-nepāru kodoliem, var aprakstīt izmantojot vienotu supersimetriskās shēmas  $U(6\pi/12\nu)$  hamiltoniānu.

### STRUCTURE STUDIES OF A~190 TRANSITIONAL REGION ODD-ODD NUCLEI

**M. Balodis, T. Krasta, J. Bērziņš, V. Bondarenko, Ļ. Simonova**

*Institute of Solid State Physics, University of Latvia*

In mid 70-ties, physicists of the Salaspils reactor Nuclear Reaction laboratory started to study structure of nuclei belonging to transitional deformation regions: first, nuclei with A~150 (Sm, Eu), then, in 80-ties, greater attention has been paid to the A~190 region (W, Re, Os, Ir). Regions where nuclear shape changes from stable axially-symmetrical form to spherical, are characterized by considerably higher excited level density, as well as low-lying collective core vibration states. In the A~190 ( $Z=74\div 77$ ) transitional region, there is a possibility to observe states with stable triaxial shape. However, it has been shown that one can successfully interpret structure of low-lying two-quasiparticle states in odd-odd <sup>190,192,194</sup>Ir nuclei employing Nilsson potential. Notable indications of octupole deformation have been observed in odd isotopes <sup>185,187</sup>W, <sup>189</sup>Os for neutron orbits with high momentum values  $j=9/2, 11/2, 13/2$ . Since these single-particle states are important also for low-lying level schemes of region's odd-odd nuclei, it means that at energies above 400 keV one can expect coexistence of states with different shapes: such indications have been found in the case of <sup>192</sup>Ir, as well as in the case of presently studied <sup>188</sup>Re. Region at A~190 is interesting also because of experimentally observed supersymmetry of nuclear states when one can describe states of quartet, consisting of even-even, odd-proton, odd-neutron and odd-odd nuclei, employing one hamiltonian of the  $U(6\pi/12\nu)$  supersymmetry scheme.

## NEITRONU AKTIVĀCIJAS ANALĪZE SALASPILS KODOLREAKTORĀ – ATTĪSTĪBA UN PIELIETOJUMS

**D.Riekstiņa, O.Vēveris, I.Taure**

*Latvijas Universitātes Cietvielu fizikas institūts*

Neitronu aktivācijas analīze (NAA) ir kodolfizikāla metode vielas elementsastāva noteikšanai, izmantojot mākslīgo radioaktivitāti, kas rodas apstarojot pētāmo vielu ar neitroniem. Elementu kvantitatīvā analīze notiek, identificējot radionuklīdus pēc to starojuma gamma-spektra., izmantojot standarta materiālus. Metodes priekšrocības ir augstā noteikšanas robeža ( $10^{-6}$ - $10^{-11}$ g) lielam skaitam elementu ar samērā lielu precizitāti, vienkāršā parauga sagatavošana analīzei, iespēja noteikt lielu elementu skaitu (līdz 40 elementiem) vienā paraugā. Rezultātus neietekmē parauga ķīmiskā forma.

NAA attīstība Latvijā. sākās 1961. g. līdz ar Salaspils kodolreaktora iedarbināšanu, kas deva šai metodei nepieciešamo spēcīgo neitronu avotu. Ludvigs Pelēķis (1927.-1987.) LZA Fizikas institūtā uz Kodolspektroskopijas laboratorijas bāzes 1963. gadā nodibināja Neitronu aktivācijas analīzes laboratoriju. Sākuma posmā darbi galvenokārt bija saistīti ar tehnoloģiju attīstību (pneimatiskā pasta izstrāde paraugu apstarošanai horizontālajā eksperimentālajā kanālā HEK-5, kadmija filtru sistēma, dzesēšanas sistēma VEK-10 u.c.) un pētījumiem saistībā ar NAA teorētiskiem aspektiem. Vēlāk tika izstrādātas dažādas NAA metodikas konkrētu elementu analīzei plašam materiālu klāstam. Iegūties rezultāti tika pielietoti problēmu risināšanai visdažādākajās nozarēs: ķīmijā, fizikā, ģeoloģijā, bioloģijā, medicīnā, mašīnbūvē, elektronikā u.c. No 1980. g. līdz pat Salaspils kodolreaktora slēgšanai 1998.g. galvenā tēma bija saistīta ar apkārtējās vides pētījumiem. Pētījumu rezultāti ir atspoguļoti trīs laboratorijas rakstu krājumos, 10 disertācijās un vairākos simtos rakstu.

## NEUTRON ACTIVATION ANALYSIS IN SALASPILS NUCLEAR REACTOR – DEVELOPMENT AND APPLICATION

**D.Riekstiņa, O.Vēveris, I.Taure**

*Institute of Solid State Physics, University of Latvia*

Neutron activation analysis (NAA) is a nuclear physical method to determine element content. The quantitative analysis of elements takes place identifying radionuclides according to their gamma spectrum radiation.

The NAA development in Latvia began in 1961 with the start of the Salaspils nuclear reactor that supplied this method with the necessary powerful source of neutrons. Ludvigs Pelēķis (1927 – 1987) in 1963 founded the Neutron activation analysis laboratory on the basis of the Nuclear spectroscopy laboratory in the Institute of Physics of the Latvian Academy of Science. Its activities in the beginning were mostly devoted to the technological development (construction of the pneumo transportation system for sample irradiation in the horizontal experimental channel, of the cadmium filters system, of the cooling system in the vertical experimental channel, etc.) and research of the theoretical aspects of the NAA. Later on there were developed different NAA methodologies for the analysis of specific elements for the wide range of materials. The results obtained were applied to problem solving in various realms: chemistry, physics, geology, biology, medicine, electronics, etc. From 1980 until the shutting down of the Salaspils nuclear reactor in 1998 the main research theme was related to environment.

## CIETVIELU RADIĀCIJAS FIZIKA

**N.Mironova -Ulmane, U.Ulmanis**

*Latvijas Universitātes Cietvielu fizikas institūts*

### ***Radiācijas procesu pētījumi jonu kristālos.***

Izmantojot metodes: optisko spektroskopiju, EPR, elektronu mikroskopiju tika veikta litija fluorīda īpašību izpēte pēc to apstarošanas ar lielām gamma un neutronu dozām un tika radīts termoluminiscences dozimetrs „TELDE”

### ***Radiācijas procesu pētījumi magnētiskos materiālos, špineļos.***

Palielinot defektu koncentrāciju, t.i. apstarojot ar lielāku fluensu, NiO magnona satelīta maksimuma intensitāte samazinās. Lielāko viļņu garuma BZC magnonu absorbcija ir jutīga pret magnētisko sakārtotību, kuru izjauc radiācijas defekti. Tādejādi novēroto maksimuma intensitātes samazināšanās nosaka spina-spina korelācijas garuma samazināšanās un joslas nehomogenā paplašināšanās. Izstrādāta metodika špineļa tipa ferītu radiācijas termomagnētiskai apstrādei, lai uzlabotu to histerēzes cilpas parametrus un izpētīta radiācijas ietekme uz augstfrekvenču ferītu īpašībām.

### ***Radiācijas defektu un pārejas jonu mijiedarbība.***

Izpētīta dzelzs grupas elementu (3d joni) loma radiācijas defektu veidošanā un atbilstoši optisko īpašību izmaiņā. 3d jonu koncentrācija mainās no nekontrolējamu piemaisījumu līmeņa līdz antiferomagnētiskiem oksīdiem NiO, CoO un MnO. Apstarošana ar ātriem neutroniem rada elektronu centrus, kuru mijiedarbība ar 3d joniem izmaina interkombināciju pāreju varbūtību un atbilstoši optiskās absorbcijas spektrus.

Elektronu paramagnētisko rezonansi (EPR) izmanto kā radiācijas detektoru cilvēku zobu emaljas individuālo dozu retrospektīvai novērtēšanai. Šo pētījumu rezultāti apstiprina iespēju izmantot EPR metodi dozas rekonstrukcijai līdz pat 30 mGy līmenim.

## RADIATION-INDUCED PROCESSES IN SOLIDS

**N.Mironova -Ulmane, U.Ulmanis**

*Institute of Solid State Physics, University of Latvia*

### ***Radiation-induced processes in the ionic crystals.***

Electron paramagnetic resonance (EPR), optical spectroscopy and electron microscopy of neutron and gamma radiated LiF crystals were studied and produced a thermoluminescent dosimeter (TELDE).

### ***Radiation-induced processes in the magnetic materials, spinels.***

An increase of the defects concentration at higher fluences results in a lowering of the NiO magnon satellite peak intensity. The long-wavelength BZC magnon absorption is sensitive to the long-range magnetic ordering, which becomes destroyed in the presence of radiation defects. The radiation thermomagnetic treatment (RTMT) of ferrites results in the appearance of an induced magnetic anisotropy, which improves the magnetic properties, particularly the remanence, maximal magnetic permeability and hysteresis loop squareness.

### ***Radiation defects and transition metals ions in oxides.***

The exchange interaction between radiation defects and transition metals ions in the dielectric crystals doped with the transition metals ions results in the enhancement of the spin forbidden transition intensity of transition metals ions in the optical spectra.

Retrospective assessment of individual dose by Electron Paramagnetic Resonance (EPR) utilized human teeth enamel as a radiation detector. Results of these studies confirmed possibility to use EPR method for dose reconstruction done to 30 mGy level.

## **KODOLENERĢIJA: VĒSTURE, TAGADNE, NĀKOTNES PLĀNI**

**O. Dumbrājs**

*Latvijas Universitātes Cietvielu fizikas institūts*

1938. gadā tika atklāta gan kodolskaldīšana, gan kodolsintēze. Kur un kāpēc esam nonākuši pēc 73 gadiem, ejot divus principiāli dažādus ceļus kodolenerģijas apgūšanā? Referātā tiks analizēti cēloņi, aprakstīts pašreizējais stāvoklis un izteiktas nākotnes prognozes. Tiks izmantoti materiāli, kas autora rīcībā nonākuši tam 2010. gadā viesojoties vairākos zinātniskos centros ASV, Japānā, Vācijā.

## **NUCLEAR POWER: HISTORY, STATUS, PROSPECTS**

**O. Dumbrajs**

*Institute of Solid State Physics, University of Latvia*

Both the nuclear fission and fusion were discovered in 1938. Why 73 years later the resulting utilization of nuclear power is so different for these two roads? Attempt will be made to answer this question on the basis of material collected by the author during his stay in 2010 at several scientific centers in the USA, Japan and Germany.

# **STRUKTŪRA UN FĀŽU PĀREJAS**

## SKĀBEKĻA DIFŪZIJAS PROCESI UZ UN (001) VIRSMAS

**D. Bočarovs<sup>1,2,3</sup>, J. Žukovskis<sup>2</sup>, D. Grjaznovs<sup>2</sup>, J. Kotomins<sup>2</sup>**

<sup>1</sup> *Latvijas Universitātes datorikas fakultāte*

<sup>2</sup> *Latvijas Universitātes Cietvielu fizikas institūts*

<sup>3</sup> *Latvijas Universitātes fizikas un matemātikas fakultāte*

Urāna mononitrīds (UN) ir daudzsološs materiāls jaunajiem IV paaudzes kodolu reaktoriem, kuru plašā izmantošana tiek prognozēta pēc 20-30 gadiem. Urāna nitrīdam piemīt zināmas priekšrocības salīdzinot ar UO<sub>2</sub>-tipa oksīdu degvielām. Taču skābekļa piemaisījumi, kas vienmēr ietilpst UN, noved pie degvielas nevēlamās saindēšanās un tās tālākās sabrukšanas gaisa iedarbībā.

Lai saprastu skābekļa iedarbību uz urāna mononitrīda tika veikti daži eksperimenti un aprēķini. Daudzpusīgā eksperimentālā analīze skaidri norāda uz to, ka kontaktā ar skābekli uz virsmas veidojas oksīda savienojumi, kuri noved pie tālākās oksinitrīdu formēšanās.

Šajā darba ar PW DFT metodi tika novērtēts absorbētā skābekļa kustīgums uz UN (001) virsmas, kā arī apskatīta iespēja absorbētajam skābeklim iekļauties uz UN virsmas jau eksistējošās slāpekļa vakancēs. Mēs demonstrējam lielu skābekļa kustīgumu gar virsmu, kas ir saistīta ar salīdzinoši zemām migrācijas barjerām (~0.5 eV). Iegūtie rezultāti ļauj labāk izprast oksidēšanas procesus uz UN virsmas.

## OXYGEN DIFFUSION PROCESSES ON UN (001) SURFACE

**D. Bocharov<sup>1,2,3</sup>, Yu.F. Zhukovskii<sup>1</sup>, D. Gryaznov<sup>1</sup>, E.A. Kotomin<sup>1</sup>**

<sup>1</sup> *Faculty of Computing, University of Latvia*

<sup>2</sup> *Institute of Solid State Physics, University of Latvia*

<sup>3</sup> *Faculty of Physics and Mathematics, University of Latvia*

Uranium mononitride (UN) is considered as a promising fuel for the future nuclear reactors of 4<sup>th</sup> generation to be in operation for the next 20-30 years. It has several advantages as compared with the oxide nuclear fuels. However, oxygen impurities (which are always present in UN) lead to unwanted contamination and further fuel degradation in air.

A number of experiments and calculations were performed, in order to understand influence of oxygen on properties of UN fuels. Various experimental analyses clearly showed that oxygen in contact with to the actinide nitrides surfaces can result in growth of the oxide compound and, at initial stages, leads to the formation of oxynitrides.

In the present work the adsorbed oxygen mobility on UN (001) surface was estimated with PW DFT method. We demonstrate quite high mobility of O<sub>ads</sub> atoms along the surface, due to relatively low migration barriers (~0.5 eV). We also studied the possible incorporation of oxygen adatom in pre-existing N vacancy. Obtained results shed more light on UN surface oxidation processes.



## VAKANČU KLASTERU PAŠORGANIZĀCIJA CaF<sub>2</sub>: EKSPERIMENTĀLO DATU ANALĪZE UN TEORĒTISKĀ MODELĒŠANA

**P. Merzļakovs<sup>1</sup>, G. Zvejnieks<sup>1</sup>, V.N. Kuzovkovs<sup>1</sup>, E.A. Kotomins<sup>1</sup>,  
K.D. Li<sup>2,3</sup>, L.M. Wang<sup>2,3</sup>**

<sup>1</sup>*Latvijas Universitātes Cietvielu fizikas institūts*

<sup>2</sup>*Department of Materials Science and Engineering, University of Michigan*

<sup>3</sup>*Department of Nuclear Engineering and Radiological Sciences,  
University of Michigan*

Kalcija fluorīds (CaF<sub>2</sub>) ir plaši izmantojams gan mikrolitogrāfijā, gan kā loga materiāls UV un dziļā UV (DUV) apgabalos. Tāpēc īpašība uzmanība tiek pievērsta iespējai uzlabot šī materiāla īpašības. Darbā, pirmkārt, tiek kvantitatīvi analizēti eksperimentālie dati par vakanču klasteru superrežģa pašorganizāciju CaF<sub>2</sub> materiālā elektronu radiācijas ietekmē. Otrkārt, tiek izvirzīta hipotēze, kas ļautu izskaidrot eksperimentāli novēroto superrežģa veidošanos. Hipotēzes pārbaude tiek veikta, izmantojot detalizētu mikroskopisko modeli un kinētisko Monte Karlo 3D modelēšanu. Pirmajā tuvinājumā modelī tiek aplūkots visvienkāršākais (pirmo un otro kaimiņu) defektu mijiedarbības veids un parādīts, ka tas ir nepietiekams globālā vakanču klastera superrežģa izveidei.

## SELF-ORGANIZATION OF VACANCY CLUSTERS IN CaF<sub>2</sub>: EXPERIMENTAL DATA ANALYSIS AND THEORETICAL MODELING

**P. Merzlyakov<sup>1</sup>, G. Zvejnieks<sup>1</sup>, V.N. Kuzovkov<sup>1</sup>, E.A. Kotomin<sup>1</sup>,  
K.D. Li<sup>2,3</sup>, L.M. Wang<sup>2,3</sup>**

<sup>1</sup>*Institute for Solid State Physics, University of Latvia*

<sup>2</sup>*Department of Materials Science and Engineering, University of Michigan,*

<sup>3</sup>*Department of Nuclear Engineering and Radiological Sciences,  
University of Michigan*

Calcium fluoride (CaF<sub>2</sub>) is widely used both in microlithography and as UV and deep UV (DUV) window material. Therefore a particular attention is paid to the possible improvements of material properties. Firstly, we have performed a quantitative analysis of experimental data obtained for void superlattice formation in electron irradiated CaF<sub>2</sub>. Secondly, a hypothesis is proposed that would allow us to explain experimentally observed void lattice formation. The test is made exploiting a detailed microscopic model and kinetic Monte Carlo simulations. It is shown that within the model the simplest (nearest and next nearest) defect interactions are insufficient to obtain the long range ordering of void superlattice.

## NI O NANOKRISTĀLU STRUKTŪRAS RELAKSĀCIJAS PĒTĪJUMI AR EXAFS

**A.Anspoks, A.Kuzmins, A.Kaļinko**

*Latvijas Universitātes Cietvielu fizikas institūts*

Samazinoties daļiņu izmēriem līdz nanomērogam notiek to struktūras relaksācija, kas novērojama kā daļiņu elementāršūnas tilpuma izplešanās vai saspiešanās. Tā kā vielas struktūra lielā mērā nosaka tās fizikālās īpašības, tad nanoobjektu struktūras pētījumiem ir būtiska nozīme jaunu nanomateriālu izstrādē.

Šajā darbā mēs parādīsim uz niķeļa oksīda (NiO) pētījumu piemēra, ka rentgena absorbcijas spektrs (EXAFS) ļauj iegūt papildus datus par nanoobjektu struktūru, kas nav iegūstami izmantojot tradicionālās rentgena difrakcijas metodes. Kristāliskais NiO ir antiferromagnētisks ar Niēļa temperatūru 523K, kura struktūra ir kubiska (*Fm3m*) paramagnētiskā fāzē un kura ir ļoti minimāli izkropļota antiferromagnētiskā fāzē (*R-3m*, rombohedrāla).

Izmantojot Ni K-malas EXAFS spektru mēs noteicām, ka NiO nanokristālos, salīdzinot ar kristāliskiem paraugiem, (i) pieaug elementāršūnas tilpums palielinoties Ni-Ni attālumam, (ii) samazinās vidējais Ni-O attālums pirmajā koordinācijas sfērā un (iii) pieaug Ni-O un Ni-Ni Debaja-Vallera (DV) faktori. Salīdzinot DV faktoru temperatūras atkarības ( $T=6-300K$ ) kristāliskā un nanokristāliskā NiO noteicām to dinamisko un statisko komponentes. Iegūtā unikālā informācija par NiO nanokristālu struktūru pierāda, ka EXAFS ir lieliska metode nanoobjektu struktūras pētījumiem, īpaši objektiem, kas ir mazāki par 10 nm.

Šo darbu atbalsta ESF projekts 2009/0202/1DP/1.1.1.2.0/09/APIA/VIAA/141.

### EXAFS STUDY OF STRUCTURE RELAXATION IN NANOCRYSTALLINE NiO

**A.Anspoks, A.Kuzmin, A.Kalinko**

*Institute of Solid State Physics, University of Latvia*

A decrease of particle size down to nanoscale leads to its structure relaxation, which is often observed as unit cell volume expansion or compression. Since the material structure determines its physical properties, the studies of nano-objects structure are essential to the development of new nanomaterials.

In this work, we show on example of nickel oxide (NiO) that X-ray absorption spectra (EXAFS) allow one to get complementary information on the nano-object structure that cannot be obtained using conventional X-ray diffraction methods. Crystalline NiO is antiferromagnetic with the Néel temperature equal to 523K. It has cubic structure (*Fm3m*) in the paramagnetic phase, which becomes slightly distorted in antiferromagnetic phase (*R-3m*, rhombohedral).

Using Ni K-edge EXAFS spectra we found that in nanocrystalline NiO compared with crystalline samples (i) the unit cell volume increases due to an increase of the Ni-Ni distances, (ii) the average Ni-O distance in the first coordination shell is reduced, and (iii) Ni-O and Ni-Ni Debye-Waller (DW) factors are increased. The dynamic and static components of the DW factor were determined by comparing its temperature dependence ( $T=6-300K$ ) for crystalline and nanocrystalline NiO. The unique information, obtained on the nanocrystalline NiO structure, shows that the EXAFS technique is a powerful method for structural studies of nanomaterials, especially, being smaller than 10 nm.

This work was supported by the ESF project

2009/0202/1DP/1.1.1.2.0/09/APIA/VIAA/141.

## YAG UN ZnO NANOPULVERU/POLIMĒRU KOMPOZĪTU OPTISKĀS ĪPAŠĪBAS

L.Bukonte<sup>1,2</sup>, L.Grigorjeva<sup>1</sup>, V.Tupureina<sup>2</sup>, D.Millers<sup>1</sup>, M.Knite<sup>2</sup>

<sup>1</sup>*Latvijas Universitātes Cietvielu fizikas institūts*

<sup>2</sup>*Rīgas Tehniskā Universitāte*

Ar retzemju joniem aktivēti itrija alumīnija granāta ( $Y_3Al_5O_{12}$ ) un ZnO nanopulveru/polimēru kompozīti tiek uzskatīti par perspektīviem materiāliem baltajām gaismas diodēm.

Tika sagatavoti un pētīti dažādi nanopulveru/polimēru nanokompozīti, kuros tika novērota gan nanopulvera, gan polimēru matricas luminiscence. Pētīti šo materiālu luminiscences spektri, luminiscences ierosmes spektri un luminiscences dzišanas kinētikas. Kompozītu luminiscentās īpašības salīdzinātas ar nanopulveru luminiscentām īpašībām.

Darba mērķis ir iegūt polimēru/nanopulveru sistēmu, kuru, ierosinot ar vienu viļņa garumu zilajā spektrālajā apgabalā, var iegūt baltu gaismu.

## OPTICAL PROPERTIES OF YAG AND ZnO NANOPOWDER/POLYMER COMPOSITES

L.Bukonte<sup>1,2</sup>, L.Grigorjeva<sup>1</sup>, V.Tupureina<sup>2</sup>, D.Millers<sup>1</sup>, M.Knite<sup>2</sup>

<sup>1</sup>*Institute of Solid State Physics, University of Latvia*

<sup>2</sup>*Riga Technical University*

Yttrium Aluminum Garnet activated with rare-earth ions and ZnO nanopowder/polymer nanocomposites are promising materials for production of white light emitting diodes.

Nanopowder/polymer composites were prepared and studied. Composite luminescence spectra shows both nanopowder luminescence as well as polymer matrix luminescence. Luminescence emission spectra, luminescence excitation spectra and the decay kinetics were analysed. Composite and nanopowder luminescent properties were compared.

The aim of the current research is to obtain polymer/nanopowder system, which under blue light excitation gives white light emission.

## ZnO NANOKRISTALĪTU IEGŪŠANA Zn PULVERA OKSIDĒŠANAS CEĻĀ

R. Zabelis<sup>1</sup>, F. Muktepāvela<sup>1</sup>, L. Grigorjeva<sup>1</sup>, K. Kundziņš<sup>1</sup>, E. Tamanis<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Latvijas Universitātes Cietvielu fizikas institūts

<sup>2</sup>Daugavpils Universitāte

ZnO kā perspektīvs pusvadītājs ieņem vienu no vadošajām pozīcijām optoelektronikā pateicoties daudzskaitlīgajām 1D un 3D nanomorfoloģiskajām formām – nanodiegiem, nanojostām, nanostieņiem, u.c. Šajā darbā tika mēģināts iegūt ZnO nanokristalītu pulverus ar dažādām morfoloģiskajām formām, izmantojot tehnoloģiski vienkāršas termiskās oksidēšanas metodes. Par izejvielu kalpoja metāliska Zn granulas un mehāniskā ceļā iegūts Zn pulveris. ZnO nanokristalītu augšana notiek tvaika kondensēšanas procesā gan mufeļā, gan trubveida krāsnī.

SEM mikroskopija parādīja, ka atkarībā no temperatūras gradienta un Zn izejstāvokļa tika iegūti dažādu morfoloģiju pulveri – sākot no adatveida, nanodiegu struktūras līdz graudainai ( $d=100-400$  nm). Nanokristalītu daļiņu sastāvā ietilpst arī 3D-tetrapodu un kemmīveidīgas struktūras. Nanodiegu izmēri ir plašās robežās – diametrs no 10 – 400 nm, bet garums līdz  $\approx 20$   $\mu\text{m}$ . ZnO pulveros ar dominējošu graudaino struktūru, kas iegūti mufeļkrāsnī, bija sastopami mikroskopiski metāliska Zn ieslēgumi, kas veidojas tvaika kondensācijas laikā.

No dažādu tipu pulveriem pie 1000-1200 °C tika saņemtas ZnO keramikas, tās raksturotas ar nanoindentēšanas un luminiscences metodēm. Keramikām ir lieli ( $>10$   $\mu\text{m}$ ) graudi, ar šaurām, taisnām – izteikti fasetētām graudu robežām. Šo keramiku īpašības ir līdzvērtīgas tām, kas iegūtas ar karstās presēšanas metodi.

## OBTAINING OF ZnO NANOCRYSTALLITES VIA OXIDATION OF Zn POWDER

R. Zabelis<sup>1</sup>, F. Muktepāvela<sup>1</sup>, L. Grigorjeva<sup>1</sup>, K. Kundziņš<sup>1</sup>, E. Tamanis<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Institute of Solid State Physics, University of Latvia

<sup>2</sup>University of Daugavpils

Due to its numerous 1D and 3D nanomorphological forms ZnO is a perspective semiconductor for leading positions in optoelectronics. These nanoforms include nanowires, nanobelts, nanoribbons, nanorods etc. In this work an attempt to obtain ZnO nanocrystallite powders with various morphological forms using simplistic thermal oxidation methods has been conducted. As source material metallic Zn granules and Zn powder obtained by mechanical means were chosen. Nanocrystallites grow in the process of the vapour condensation which occurs in both muffle and tube furnaces.

SEM micrographs showed that depending on the temperature gradient and the initial form of Zn obtained powders had different nanostructures ranging from nanowires and nanoneedles to grained structure ( $d=100-400$  nm). These powders also contain 3D-tetrapods and comb-like structures. Dimensions of nanowires are widespread – diameter is 10-400 nm and length reaches up to 20  $\mu\text{m}$ . In ZnO powders with the dominating grained structure microscopic metallic zinc inclusions which formed during the condensation of the vapour were present.

From different powders at 1000 – 1200 °C temperatures ZnO ceramics were sintered. They are characterized by large ( $>10$   $\mu\text{m}$ ) grains with straight well formed faceting grain boundaries. Properties of these ceramics are comparable to those obtained by hot pressing.

## ASM UN NANOINDENTĒŠANAS PĒTĪJUMI AR ĀTRAJIEM (MeV) JONIEM APSTAROTOS LiF KRISTĀLOS

**R.Grants, R.Zabels, I.Manika**

*Latvijas Universitātes Cietvielu fizikas institūts*

Izmantojot atomspēka mikroskopijas, nanoindentēšanas un optiskās mikroskopijas metodes, pētīta struktūras un mikromehānisko īpašību modifikācija LiF kristālos, apstarojot ar 130 MeV  $^{78}\text{Kr}$  joniem, kuru mijiedarbībā ar vielu dominējošs ir elektroniskais enerģijas zudumu mehānisms. Atrasts, ka apstarošana treku pārklāšanās režīmā noved pie dislokāciju veidošanās vakanču un starpmezglu atomu agregatizācijas ceļā, kā arī apstarošanas radīto mehānisko spriegumu iedarbībā. Novērota spriegumu lauka vizualizācija apstarotos paraugos fotoelastiskā efekta dēļ. Atrasts, ka augstas apstarošanas fluences ( $>10^{11}$  joni/cm<sup>2</sup>) izraisa LiF nanostrukturēšanos, veidojoties kolonveida graudiem ar izmēru 50-100.nm. Nanostrukūru veidošanos pavada ievērojams nanocietības pieaugums, kas saistāms ar dislokāciju, defektu agregātu un graudu robežu klātbūtni. Minētās izmaiņas ir līdzīgas agrāk novērotajām, apstarojot LiF kristālus ar zemākas enerģijas joniem, kuru mijiedarbībā būtisku ieguldījumu dod elastisko sadursmju mehānisms. Tas liecina, ka gan elastisko, gan elektronisko zudumu mehānismi nodrošina vienlīdz efektīvu nanostrukturēšanos un nanocietības palielināšanos.

## AFM AND NANOINDENTATION STUDY ON LiF CRYSTALS IRRADIATED WITH SWIFT Kr IONS

**R.Grants, R.Zabels, I.Manika**

*Institute of Solid State Physics, University of Latvia*

The change of the structure and micromechanical properties in LiF crystals irradiated with 130 MeV  $^{78}\text{K}$  ions has been researched using AFM and nanoindentation techniques. The interaction of these ions with the matter is dominated by the mechanism of electronic energy losses. It has been found that the irradiation in the regime of track overlapping results in the formation of dislocations, which is caused by the aggregation of vacancies and interstitials as well as generated under ion-induced mechanical stresses. Due to the photoelastic effect the visualisation of the stress field in the irradiated samples could be observed. It has been found that the irradiation with high fluences ( $>10^{11}$  ions/cm<sup>2</sup>) leads to formation of nanostructures consisting of columnar grains with dimensions 50-100 nm. The nanostructuring is accompanied by the noticeable increase of the nanohardness which is related to the presence of dislocations, defect aggregates and grain boundaries. These changes are similar to ones observed previously on LiF crystals irradiated with lower energy ions, where elastic collisions are an important part of the interaction with the matter. This shows that the nuclear and electronic energy losses provide an equally effective nanostructuring and hardening.

## MORFOLOĢIJAS UN STRUKTŪRAS PĒTĪJUMI NANOSTRUKTURĒTĀM TiO<sub>2</sub> PLĀNAJĀM KĀRTIŅĀM, KAS IEGŪTAS ELEKTROĶĪMISKĀS ANODĒŠANAS PROCESĀ

**J.Linītis<sup>1</sup>, G.Bajārs<sup>2</sup>, L.Grīnberga<sup>2</sup>, J.Kleperis<sup>2</sup>**

<sup>1</sup>*Latvijas Universitātes Ķīmijas fakultāte*

<sup>2</sup>*Latvijas Universitātes Cietvielu fizikas institūts*

Metālu oksīdu pašorganizējošas nanostrukturās pārklājumu veidā ir ļoti interesanti pētījumu objekti gan no potenciālo pielietojumu viedokļa (gāzu sensori, organiskās saules fotovoltiskās šūnas, ūdens fotoelektrolīze, CO<sub>2</sub> katalītiskā reducēšana, superkondensatori u.c.), gan no tīri zinātniskām interesēm. Pirmie TiO<sub>2</sub> nanocaurulišu pārklājumi, izmantojot lētu un it kā viegli realizējamu anodēšanas tehnoloģiju, tika iegūti 2001. gadā [1]. Pēdējā desmitgadē parādījušies simtiem pētījumu par šo tēmu, kā arī pārskats monogrāfijas veidā [2]. Mūsu uzdevums bija apgūt TiO<sub>2</sub> nanocaurulišu pārklājuma iegūšanas tehnoloģiju uz titāna folijas un pēc tam piemērot to nanocaurulišu pārklājuma iegūšanai uz caurspīdīga ITO elektroda. Veikti pirmie eksperimenti 0,5% HF ūdens šķīdumā, anodējot titāna foliju pie 20V. Struktūra un morfoloģija iegūtajiem pārklājumiem pētīta ar Ramana, rentgendifrakcijas un elektronmikroskopijas metodēm LU CFI.

*Pateicības:* JL pateicas LU Studentu Padomei un LG ar JK pateicas LZP pētījumu projektam 09.1553 par finansiālu atbalstu.

## STRUCTURE AND MORPHOLOGY OF NANOSTRUCTURED TiO<sub>2</sub> THIN FILMS OBTAINED BY ELECTROCHEMICAL ANODATION METHOD

**J.Linitis<sup>1</sup>, G.Bajars<sup>2</sup>, L.Grīnberga<sup>2</sup>, J.Kleperis<sup>2</sup>**

<sup>1</sup>*Faculty of Chemistry, University of Latvia*

<sup>2</sup>*Institute of Solid State Physics, University of Latvia*

Nanostructured self-organized structures of oxides on metals are very interesting research objects due to their potential applications in different fields (gas sensors, dye sensitized solar cells, water photoelectrolysis, photocatalytic reduction of CO<sub>2</sub>, supercapacitors etc.). TiO<sub>2</sub> nanotube arrays for the first time were obtained in 2001 [1] using anodization process which is cheap and simple technique. In the past decade hundreds of research articles and review in book [2] have been published. Our interest at first is to acquire the technology of TiO<sub>2</sub> nanotube arrays growth on metallic Ti foil and then transform this method for growth of nanostructured TiO<sub>2</sub> layer onto transparent ITO electrodes. First samples were obtained on Ti foil by anodization in 0.5 wt% HF aqueous solution at potential 20V. The structure and morphology were investigated using Raman, XRD and SEM equipments at ISSP UL. Preliminary results showed that very specific experimental conditions (composition of electrolyte, temperature, pH, voltage) must be controlled to obtain nanotube array.

*Acknowledgements:* JL thanks Students Council of University of Latvia and LG and JG thanks Research Project No. 09.1553 of Latvian Council of Science for financial support.

### References:

1. D. Gong, C.A. Grimes, O.K. Varghese, W. Hu, R.S. Singh, Z. Chen and E.C. Dickey. *J Mater Res*, vol.16, 2001, p.3331–3334.
2. C.A. Grimes and G.K. Mor, Book „TiO<sub>2</sub> Nanotube Arrays: Synthesis, Properties, and Applications. Springer, Dordrecht Heidelberg London New York, 2009, 379 pages.

# ELEKTROĶĪMISKĀS ĪPAŠĪBAS, STRUKTŪRA UN MORFOLOĢIJA PLĀNAJĀM $\text{LiFePO}_4$ KĀRTIŅĀM, KRISTALIZĒTĀM AR DAŽĀDĀM METODĒM

**J.Šmits, A.Šarakovskis, G.Kučinskis, G.Bajārs, J.Kleperis**

*Latvijas Universitātes Cietvielu fizikas institūts*

Litija dzelzs fosfāts kā katodmateriāls litija jonu akumulatoros pēdējā laikā iekaro arvien lielāku popularitāti gan lielisko elektroķīmisko īpašību, gan lielākā darba resursa dēļ. Tas ir pielietojams arī plānslāņu akumulatoru izveidei. Iegūstot litija dzelzs fosfātu plānas kārtiņas veidā, nepieciešams to kristalizēt, lai uzlabotu iegūtā pārklājuma elektroķīmiskās īpašības. Mūsu darbā pirmo reizi mēģināts izmantot intensīvu lāzera starojumu kārtiņas kristalizācijai. Tāda tehnoloģija varētu tikt ievietota vakuumbakā, lai kristalizētu kārtiņu jau tās augšanas procesā.

Izmantojot maiņstrāvas magnetrona izputināšanas iekārtu, iegūtas līdz 1 mikrometram biezas litija dzelzs fosfāta kārtiņas. Kā mērķis izmantots komerciāls presēts  $\text{LiFePO}_4$  pulveris ar 2,5% ogles piejaukumu vadītspējas uzlabošanai. Iegūtās kārtiņas tika kristalizētas gan pie 550 °C argona atmosfērā, gan ar intensīvu lāzera starojumu. Struktūra un morfoloģija iegūtajiem paraugiem analizēta, izmantojot rentgenstaru difrakcijas un skenējošā elektronu mikroskopa iekārtas. Elektroķīmiskajos pētījumos, kas veikti 1M  $\text{LiClO}_4$  propilēnkarbonāta šķīdumā par salīdzinošo un palīgelektrodu izmantojot metālisku litiju, analizētas tikko iegūtu un dažādi kristalizētu plāno  $\text{LiFePO}_4$  kārtiņu voltampēru un izlādes-uzlādes līknes.

*Pateicība:* Autori pateicas Valsts pētījumu programmai materiālzinātnē par finansiālu atbalstu.

## ELECTROCHEMICAL PROPERTIES, STRUCTURE AND MORPHOLOGY OF $\text{LiFePO}_4$ THIN FILMS ANNEALED BY DIFFERENT METHODS

**J.Smits, A.Sarakovskis, G.Kucinskis, G.Bajars, J.Kleperis**

*Institute of Solid State Physics, University of Latvia*

$\text{LiFePO}_4$  is becoming an increasingly popular cathode material for rechargeable Li-ion batteries due to its excellent electrochemical properties. It has also found new applications in more novel energy systems like thin film batteries. The long life cycle and availability of resources compensates for the added cost of thin layer technology making this sort battery an economically viable energy system. However there are many issues that still need to be resolved, one of them is the crystallization of the obtained thin layer after or during the sputtering process. In this study laser annealing is proposed as an alternative to thermal treating in a furnace. Laser annealing offers more control over the crystallization process of the thin layer and can also be applied during the sputtering process possibly increasing the density of the layer and making the structure more ordered.

Up to 1  $\mu\text{m}$  thick layers were deposited via AC magnetron sputtering using a  $\text{LiFePO}_4$  (2.5% carbon additive) target made from commercial bulk material. The thin layers were then crystallized in a tube furnace in an argon atmosphere at 550 °C and via laser annealing changing the power energy of the beam. X-ray diffraction and SEM analysis were performed to determine the impact of the annealing process on the structure of the thin layers. Electrochemical analysis (voltammetric and charge-discharge curves) were made for  $\text{LiFePO}_4$  thin layers without treatment, annealed in a tube furnace and annealed using a laser) in a three-electrode cell with a metallic Li counter and reference electrodes, using 1M  $\text{LiClO}_4$  solution in propylene carbonate as electrolyte.

*Acknowledgement:* Authors acknowledge the financial support of National Research Program in Materials Science.

# LiFePO<sub>4</sub> PLĀNO KĀRTIŅU UN TILPUMA MATERIĀLA MORFOLOĢIJAS UN ELEKTROĶĪMISKO ĪPAŠĪBU SALĪDZINĀJUMS

**G.Kučinskis, G.Bajārs, J.Šmits, J.Kleperis**  
*Latvijas Universitātes Cietvielu Fizikas institūts*

Darbā tika pētītas LiFePO<sub>4</sub> pulvera un tā plāno kārtiņu atšķirības, salīdzinot galvenos elektroķīmiskos parametrus un materiāla virsmas morfoloģiju.

LiFePO<sub>4</sub> pulveris (Linyi Gelon New Battery Materials Co., Ltd.) tika uzputināts plānā kārtiņā (400 - 1000 nm) uz nerūsējošā tērauda pamatnes, izmantojot magnetrona izputināšanu RF režīmā. Plānās kārtiņas tika kristalizētas 500 °C temperatūrā argona atmosfērā. Biezās kārtiņas tika veidotas tilpuma materiāla veidā no pulvera, sajaucot 12% C ar 5% PTFE un 83% LiFePO<sub>4</sub> un acetona emulsijā to presējot uz niķeļa sieta, pēc tam ļaujot acetona izžūt. Elektroķīmiskie mērījumi tika veikti gan plānajām kārtiņām, gan tilpuma materiālam LiClO<sub>4</sub>/propilēnkarbonāta šķīdumā, uzņemot voltampēru raksturlīknes un uzlādes - izlādes līknes, nosakot no tām gravimetrisko lādiņietilpību. Pētot plāno un biezo pārklājumu morfoloģiju skenējošajā elektronu mikroskopā (SEM), atrastas būtiskas atšķirības dažādi sagatavotajiem materiāliem. Voltamperometriskās un izlādes - uzlādes līknes liecina par iegūtā materiāla elektroķīmisko stabilitāti. Iegūtie eksperimentu rezultāti no uzlādes – izlādes līknēm neaplicina, ka plāno kārtiņu gravimetriskā lādiņietilpība ir lielāka kā tilpuma materiālam. Tiek meklēti uzlabojumi plāno kārtiņu iegūšanas un sagatavošanas tehnoloģijās, piemēram, kristalizēšanas procesu veicot ar koncentrētu lāzera staru. Tiek pilnveidota arī metodoloģija plāno kārtiņu blīvuma noteikšanas precizitātes paaugstināšanai (piemēram, ar rentgenstaru analīzes palīdzību pētot atstarotos rentgenstarus).

## COMPARISON OF LiFePO<sub>4</sub> THIN FILM AND BULK MATERIAL MORPHOLOGY AND ELECTROCHEMICAL PROPERTIES

**G.Kucinskis, G.Bajars, J.Smits, J.Kleperis**  
*Institute of Solid State Physics, University of Latvia*

In the present work the differences between LiFePO<sub>4</sub> thin films and LiFePO<sub>4</sub> bulk material were studied, comparing main electrochemical properties and surface morphology.

LiFePO<sub>4</sub> thin films were acquired using LiFePO<sub>4</sub> powder (Linyi Gelon New Battery Materials Co., Ltd.) via magnetron sputtering in radio frequency mode. Thin films were annealed at 500<sup>0</sup>C in argon atmosphere. LiFePO<sub>4</sub> bulk material (12% C, 5% PTFE and 83% LiFePO<sub>4</sub>) was prepared by cold-pressing the acetone and powder slurry on a nickel grid. The electrochemical properties of both materials were studied by cyclic voltammetry and chronopotentiometry for charge-discharge cycles. Material morphology was studied by scanning electron microscopy (SEM). There were considerable differences observed in SEM images for thin films and bulk material. Voltammetric and chronopotentiometric curves of both thin films and bulk material demonstrate electrochemical stability. No improvement in gravimetric charge capacity was observed for thin films compared to bulk material. Improvements in preparing LiFePO<sub>4</sub> thin films are being searched, for instance annealing thin films by using a focused laser beam. Also the methodology for evaluating thin film density is being improved (e.g. by using x-ray reflectivity analysis).



## BĒRNSA TEMPERATŪRA – NOTEIKŠANA UN INTERPRETĀCIJA

**M.Dunce, A. Fuith, Ē.Birks, M.Antonova**  
*Latvijas Universitātes Cietvielu fizikas institūts*

Temperatūru apgabals, kurā segnetoelektriskajos relaksoros notiek pāreja no paraelektriskā stāvokļa uz stāvokli ar relaksoru īpašībām, tiek raksturots ar Bērnsa temperatūru ( $T_B$ ). Lai noteiktu  $T_B$ , tiek izmantotas gan makrofizikālu īpašību temperatūras atkarības, gan lokālās struktūras pētījumi. Darbā analizēti dažādi publicētie rezultāti un to interpretācija, kā arī autoru jaunākie rezultāti par  $T_B$  noteikšanu  $(1-x-y)\text{Na}_{1/2}\text{Bi}_{1/2}\text{TiO}_3-x\text{SrTiO}_3-y\text{PbTiO}_3$  cietajos šķīdumos. Apkopotie rezultāti liecina par paraelektriskajam stāvoklim raksturīgu uzvedību pie augstām temperatūrām, tajā pašā laikā relaksoru stāvokļa raksturs pie  $T < T_B$  un pašas  $T_B$  noteikšanas ticamība ir neskaidra.

## BURNS TEMPERATURE – DETERMINATION AND INTERPRETATION

**M.Dunce, A. Fuith, E.Birks, M.Antonova**  
*Institute of Solid State Physics, University of Latvia*

In relaxor ferroelectrics, the temperature region, where transition between paraelectric state and the state with relaxor properties occurs, is described by the Burns temperature ( $T_B$ ). To determine  $T_B$ , there are used both temperature dependences of macrophysical properties, and studies of local structure. In the present work there are analyzed the different published results and their interpretation, as well as the latest results of the authors concerning determination of  $T_B$  in  $(1-x-y)\text{Na}_{1/2}\text{Bi}_{1/2}\text{TiO}_3-x\text{SrTiO}_3-y\text{PbTiO}_3$  solid solutions. The summarized results indicate the behaviour, characteristic for paraelectric state, at high temperatures. At the same time, the behaviour, characteristic for relaxor state, at  $T < T_B$  and certainty of determination of the  $T_B$  is unclear.

**INOVĀCIJAS: JAUNAS  
IEKĀRTAS UN IZMANTOŠANAS  
PERSPEKTĪVAS SINTĒZE**

## MIKROKAPILĀRU UN JONIZĀCIJAS IEKĀRTU IZVEIDE DEGOŠU GĀZU MAISĪJUMU ĢENERĒŠANAI PATĒRIŅAM UZ VIETAS

**J.Kleperis<sup>1</sup>, M.Vanags<sup>1</sup>, J.Kuzņecovs<sup>2</sup>, P.Liopa<sup>3</sup>**

<sup>1</sup>Latvijas Universitātes Cietvielu fizikas institūts

<sup>2</sup>A/S "Rīgas Elektromašīnu rūpnīca"

<sup>3</sup>IK „Plazma PL”

Augot importētās degvielas un gāzes cenām, aktuālāks paliek jautājums par vietējiem energoresursiem un to izmantošanas iespējām autotransportā. Viena no iespējām, kā samazināt degvielas patēriņu automašīnai, ir izmantot kā piedevu no naftas iegūtajai un importētajai degvielai kādu vietējas izcelsmes degmaisījumu. Tāds var būt gan ūdens, gan vietējās izcelsmes eļļas, spirti. Lai šos vietējās izcelsmes energoresursus pārvērstu degošu gāzu maisījumā, nepieciešams reformators. Ūdeņraža enerģētiskā degoša gāzu maisījuma sagatavošanai izmanto galvenokārt reformatorus, kas strādā pie augstas temperatūras.

Mūsu darbā tiek veidots mikrokapilāru reformators, kur ūdens, spirts vai eļļa nonāk mikrokapilāros, kur pie pretējām kapilāra sienām izvietots elektrodu pāris. Padodot nelielu līdzspriegumu vai maiņspriegumu uz elektrodēm, kapilāra nelielā tilpumā rodas lielas intensitātes elektriskais lauks, kas sadala šķidro energonesēju gāzu maisījumā. Kapilāri tiek veidoti Si tehnoloģijā (1. attēls), bet elektrodī būs no zelta. Izveidots arī cita tipa reformators, kur augstspriegums jonizē gaisu un izsmidzināto degvielu (ūdens, spirts) – 2. attēls.

## CONSTRUCTION OF MICROCAPILLARY AND IONIZATION DEVICES FOR PRODUCTION OF COMBUSTIBLE GAS MIXTURES TO BE USED ON SITE

**J.Kleperis<sup>1</sup>, M.Vanags<sup>1</sup>, Y.Kuznecov<sup>2</sup>, P.Liopa<sup>3</sup>**

<sup>1</sup>Institute of Solid state Physics, University of Latvia

<sup>2</sup>JSC „Riga Electric Machine Building Works”

<sup>3</sup>IC „Plazma PL”

Nowadays when price of imported fuel and gas is rising, the more pressing question remains how to use local energy resources as fuel for vehicles. One way to reduce fossil fuel consumption in car is to use additives of local origin combustibles (water, local oils and alcohols). To make combustible gas mixture from local resources the reformer is necessary. Most known are high temperature reformers, but our idea is to design low temperature low energy consuming reformer. One reformer will be based on micro-capillaries with electrodes, where capillary is made in classic Si-technology (Figure 1). Another type of reformer is made from high voltage power supply and ionization camera, where air with sprayed fuel (water, alcohols) is ionized (Figure 2).

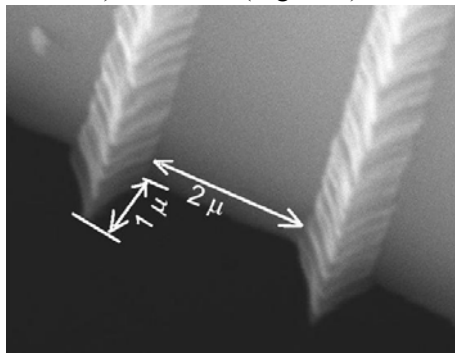


Figure 1. ESM photo from etched channels in polycrystalline silicon onto oxidized Si wafer.

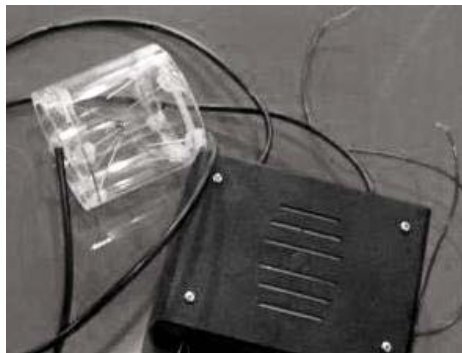


Figure 2. Ionization device as reformer of fuels before spraying into engine.

# PĒTĪJUMS PAR PĀRSLĒDZAMAS MAGNĒTISKĀS PLŪSMAS ELEKTRISKO MAŠĪNU - ANALĪTISKĀ, SKAITLISKĀ UN EKSPERIMENTĀLĀ MODEĻA REZULTĀTU ANALĪZE

I.Dirba<sup>1</sup>, G.Ārents<sup>2</sup>

<sup>1</sup>*Latvijas Universitātes Cietvielu fizikas institūts*

<sup>2</sup>*SIA „EMU PRIM”*

Veikta pastāvīgo magnētu pārslēdzamas plūsmas elektriskās mašīnas (EM) optimālas konstrukcijas modelēšana, izmantojot galīgo elementu analīzi. Mūsu modelī 3D problēma reducēta līdz 2D problēmai, un tiek uzskatīts, ka tas dod pietiekoši reprezentatīvus rezultātus, ko var izmantot EM konstruēšanai. Mūsu darbā ir apskatīti pārslēdzamas magnētiskās plūsmas elektriskās mašīnas analītiskais, skaitliskais un teorētiskais modeļi, kā arī sniegts neliels pētījums par optimālu materiālu izvēli mašīnas konstrukcijai. Divdimensionālajā galīgo elementu metodē ņemti vērā visu elektriskās mašīnas komponentu ģeometriskie parametri un fizikālie raksturlielumi. Magnētiskās plūsmas blīvums, inducētais elektrodzinējspēks, magnētiskais aksiālais spēks un griezes moments elektriskajai mašīnai rēķināti, izmantojot FEMM 4.2 datorprogrammu (1 attēls). Izveidots arī elektriskās mašīnas eksperimentāls modelis, kas testēts speciālā stendā RTU. Testu rezultāti salīdzināti ar aprēķiniem no analītiskā un skaitliskā modeļiem.

## ANALYSIS OF EXPERIMENTAL AND SIMULATED RESULTS OF SWITCHABLE MAGNETIC FLUX ELECTRICAL MACHINE

I.Dirba<sup>1</sup>, G.Ārents<sup>2</sup>

<sup>1</sup>*Institute of Solid State Physics, University of Latvia*

<sup>2</sup>*EMU PRIM Ltd.*

An optimal design for permanent magnet (PM) machine is performed using finite-element (FE) analysis. This model is based on reduction of 3D problem to 2D problem which is considered as accurate for design aspects. In our research we describe an analytical, numerical and theoretical model, as well as preliminary studies on the optimal choice of materials for switchable magnetic flux electrical machine (motor). Parallel path motor is modelled with two-dimensional finite-element method which includes all geometrical and physical characteristics of the components from machine. Magnetic flux density, back-EMF, magnetic axial force, torque of the motor are simulated using FEMM 4.2 software (Figure 1). An experimental model of switchable magnetic flux electrical machine is manufactured and tested on test-bench in RTU. Obtained experimental results are compared with output from analytical and numerical models.

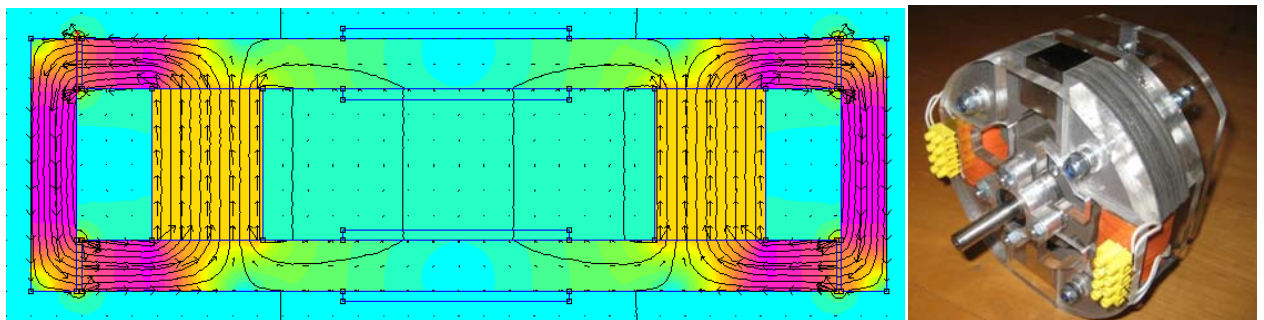


Figure 1. Calculated magnetic field density, fieldlines and vectors for switchable magnetic flux electrical machine (left) and experimental model (right).

## **AUTONOMA PRIVĀTMĀJA – KONCEPCIJA, MODELIS UN ATSEVIŠĶU MEZGLU DARBĪBAS SIMULĀCIJA**

**A.Pakulis<sup>1</sup>, A.Bērziņš<sup>1</sup>, M.Vanags<sup>2</sup>, V.Nemcevs<sup>2</sup>, J.Kleperis<sup>2</sup>**

<sup>1</sup>*Rīgas 25. vidusskola*

<sup>2</sup>*Latvijas Universitātes Cietvielu fizikas institūts*

Laikā kad strauji mainīgo dabas apstākļu ietekmē desmitiem tūkstoši mājsaimniecību, pat ciemi un pilsētas paliek bez elektrības vienu vai pat vairākas dienas, arī Latvijā rodas idejas par autonomu energo - neatkarīgu mājsaimniecību izveidi. Mūsu darbā diskutēts projekts par tikai elektriskās enerģijas autonomas apgādes iespējām privātmājai.

Demonstrācijas projekts sevī ietver ūdeņraža enerģijas sistēmas integrēšanu atjaunojamās enerģijas sistēmai (Saule, Vējš) privātmājas maketā. Ūdeņraža sistēma sastāv no elektrolīzera, gāzes glabātavas un degvielas šūnas. Elektrības pārpalikumu brīžos elektrolīzers pārvērš elektrisko enerģiju ūdeņraža gāzē, kas tiek noglabāta līdz brīdim, kad ir elektriskās enerģijas deficīts vai pārrāvums. Tajā brīdī ūdeņradis apgrieztās elektrolīzes procesā, kas norisinās degvielas šūnā, tiek pārvērsts elektriskajā enerģijā. Atjaunojamās enerģijas avoti ir pamatā Vēja ģenerators un Saules fotovoltiskie elementi (vēl varētu būt arī mikro – hidroelektriskais ģenerators, biogāzes elektroģenerators), kas nodrošina māju ar elektrību, īslaicīgai uzkrāšanai izmantojot akumulatorus. Papildus saražotā elektroenerģija, kad patēriņš ir nosegts, akumulatori uzlādēti un ūdeņraža tvertnes piepildītas, varētu tikt ievadīta centralizētajos elektrotīklos pārdošanai. Šī projekta mērķis ir demonstrēt un gūt pieredzi ūdeņraža tehnoloģiju integrēšanā atjaunojamās enerģijas sistēmās un izstrādāt teorētisku modeli, kas varētu palīdzēt šādu sistēmu izveidei nākotnē jebkuram konkrētam pielietojumam.

*Pateicība: Autori pateicas Valsts pētījumu programmai enerģētikā par finansiālu atbalstu.*

## **AUTONOMOUS PRIVATE HOUSE – CONCEPTION, MODEL AND SIMULATION OF INDIVIDUAL JUNCTIONS**

**A.Pakulis<sup>1</sup>, A.Berzins<sup>1</sup>, M.Vanags<sup>2</sup>, V.Nemcevs<sup>2</sup>, J.Kleperis<sup>2</sup>**

<sup>1</sup>*Riga Secondary School No 25*

<sup>2</sup>*Institute of Solid State Physics, University of Latvia*

At a time when rapidly changing meteorological conditions causes crashes in district electric grids, affecting tens of thousands of households, even villages and towns, an ideas are coming to mind also in Latvia about autonomous energy supply. Our work is discussing only electrical energy autonomous supply system for private house.

The demonstration project involves the integration of hydrogen energy systems into renewable energy systems (solar, wind) for private house. The hydrogen system consists of an electrolyser, gas storage tank and fuel cell. When electricity is produced more than consumption, an electrolyser is powered to produce hydrogen gas and stored it until the electrical energy supply to the cottage shortages or break up. At that moment the reverse process to electrolysis, which takes place in a fuel cell, is converting stored hydrogen gas into electrical energy. This project aims to demonstrate and gain experience in the integration of hydrogen technologies into renewable energy systems and to develop a theoretical model that could help to design such integrated systems in the future for every particular application.

*Acknowledgement: Authors acknowledge the financial support of National Research Program in Energetics.*

## **PROGRAMMVAĀMĀ RADIO PIELIETOJUMI SATELĪTKOMUNIKĀCIJĀS**

**M.Krastiņš, K.Kondratjevs, J.Trokšs, I.Jaunzeme**  
*Ventspils Augstskola, IZI VSRC*

ProgrammvaĀmā radio (SDR) ir radio komunikāciju sistēma, kurā lielākā daļa komponentu, kas tradicionālā izpildījumā realizētas aparatūrā, SDR ir realizētas programmatūras līmenī [1]. SDR izmantošanai satelītkomunikācijā ir vairākas priekšrocības, gan uz satelīta, gan zemes stacijā. Iespēja mainīt sistēmas funkcionālās iespējas attālināti ir īpaši nozīmīga satelīta gadījumā, jo fiziska piekļuve aparatūrai ir faktiski neiespējama. SDR gadījumā - uz satelīta, kas jau atrodas orbītā, nomainot vai modificējot radio programmatūru, iespējams efektīvi izmainīt vai papildināt komunikācijas kanāla funkcionalitāti. Piem., izmainīt lietoto modulācijas veidu, nesējfrekvenci, datu pārraides ātrumu, protokolu, utt.

Darbā demonstrēti vairāki praktiski komunikācijas kanālu piemēri, kur, izmantojot universālo USRP SDR aparatūras komplektu un GNU radio atvērtā koda signālapstrādes rīkkopu, realizēti atšķirīgi pielietojumi (AIS ziņojumu uztveršana, NOAA APT meteoroloģisko satelītattēlu iegūšana), kuriem tradicionālos datu apmaiņas risinājumos tiktu izmantoti atsevišķi specializēti aparatūras risinājumi.

## **SOFTWARE DEFINED RADIO APPLICATIONS FOR SATELLITE COMMUNICATION**

**M.Krastins, K.Kondratjevs, J.Trokss, I.Jaunzeme**  
*Ventspils University College, ERI VIRAC*

A software-defined radio system, or SDR, is a radio communication system where components that have been typically implemented in hardware (e.g. mixers, filters, amplifiers, modulators/demodulators, detectors, etc.) are instead implemented by means of software on a personal computer or embedded computing devices [1].

There are some major advantages of the SDR over traditional radio systems for a satellite communication. The ability to modify the functionality of satellite's radio system remotely is very important as the satellite is not available for any physical modifications after it is launched. With a SDR system on board, the functionality of a satellite's communication channel can be effectively modified and updated (including changes in modulation, frequency, data rate, protocol, etc.)

Several practical examples are demonstrated where a single Universal Software Radio Peripheral (USRP) hardware unit and the GNU radio software toolkit are used for different radio applications (e.g. collecting of AIS data messages, receiving NOAA APT satellite images).

[1] Software Defined Radio: Architectures, Systems and Functions (Markus Dillinger, Kambiz Madani, Nancy Alonistioti) Page 33 (Wiley & Sons, 2003, ISBN 0-470-85164-3)

## SILTUMSŪKŅU VADĪBAS PULTS

**I.Gvardina, A.Kristiņš, J.Melderis, J.Zvirgzds**

*Latvijas Universitātes Cietvielu fizikas institūts*

Pašlaik ģeotermālais siltumsūkņis (Geothermal Heat Pump vai GHP sistēma) ir visefektīvākā energotaupošā apkures un kondicionēšanas sistēma. Šīs sistēmas kontrolei un vadībai tika izstrādāta vadības pulsts uz mikrokontroliera RCM3110 RabbitCore moduļa bāzes (ražo amerikāņu kompānija Rabbit Inc). Pulsts ļauj vadīt iekšējā un ārējā kontūra sūkņus, kā arī vienu vai divus kompresorus un kontrolēt sešu temperatūras devēju rādījumus. Šī pulsts ir aprīkota ar lielformāta displeju, kura lielie, labi nolasāmie simboli ļauj atspoguļot sistēmas stāvokli (darba režīmi, aktivizētās ierīces, sistēmā fiksētās gaisa un ūdens temperatūras). Pulsts ļauj veikt sistēmas mīksto startu un izslēgšanu atbilstoši izvēlētajiem parametriem.

## HEAT PUMP CONTROL UNIT

**I.Gvardina, A.Kristiņš, J.Melderis, J.Zvirgzds**

*Institute of Solid State Physics, University of Latvia*

For today the geothermal heat pump (or the GHP system) is the most effective energy saving system of heating and air-conditioning. For controlling and managing of such systems have been developed a control unit on the base of microcontroller module RCM3110 RabbitCore of American company Rabbit Inc. It allows to carry out switching of external and internal contour pumps, and also one or two compressors, and to trace indications of six temperature sensors. The given unit is supplied with the large display with clear, easily readable symbols for displaying of the current system state (operating modes, started devices, the fixed values of water and air temperature in system). The board allows carrying out smooth system starting and stopping according to the set adjusting parameters.

## **AUTOMĀTISKAS UZSKAITES SISTĒMAS IZMANTOŠANA PASAŽIERU PLŪSMAS NOTEIKŠANAI SABIEDRISKAJĀ TRANSPORTĀ**

**D.Gusevs**

*Latvijas Universitātes Cietvielu fizikas institūts*

Pasažieru automātiskā skaitīšanas sistēma tiek izmantota sabiedriskā transporta vajadzībām. Automātiskā pasažieru skaitīšana sniedz lētus, uzticamus un pastāvīgus datus par sabiedrisko transportlīdzekļu (autobusu un vilcienu) noslodzes pakāpi. Vienlaikus sniedzot informāciju par faktisko noslodzi attiecībā uz dažādām pozīcijām dažādos dienas laikos un dažādās nedēļas dienās, sistēma atvieglo darbības plānošanu attiecībā uz atsevišķām tranzīta līnijām un optimālu jaudas izmantošanu, kā arī norēķinus par tranzīta pakalpojumiem. Kopš deviņdesmito gadu sākuma, kad pirmās elektroniskās uzskaites sistēmas parādījās tirgū, trīs paaudzes jau ir nomainījušas viena otru:

1) Zemo izmaksu risinājumā izmanto augstas izšķirtspējas aktīvos IS detektorus ar virziena noteikšanu (ieejošajiem un izejošajiem pasažieriem).

2) Otrajai paaudzei ir papildus augstas jutības un augstas izšķirtspējas piroelektriskais detektors, kuru izmanto, lai atklātu siltuma starojumu, kas nāk no pasažieriem.

3) Pēdējā paaudze izmanto augstas izšķirtspējas IS lāzera 3D sensorus, ar iespēju reģistrēt pasažieru grupas (bērni, pieaugušie).

Šajā ziņojumā tiek apskatīts automātiskās pasažieru skaitīšanas sistēmas lietošanas piemērs uz Rīgas Satiksmes projekta bāzes (30 autobusi aprīkoti ar IRMA bāzes sensoriem).

## **USAGE OF AUTOMATIC PASSENGER COUNTING SYSTEM FOR PUBLIC TRANSPORT PURPOSES**

**D.Gusevs**

*Institute of Solid State Physics, University of Latvia*

Usage of automatic passenger counting system for public transport purposes.

Automatic passenger counting provides cheap, reliable and permanent data on the degree of utilization of vehicles used in public transit systems (buses and trains). While providing data on the actual usage on various lines at various times of day and on different days of the week, the system facilitates operational planning with respect to individual transit lines and optimal use of capacities as well as billing for transit services rendered. Ever since the early nineties, when the first electronic counting systems appeared on the market, three generation of it replaced each other:

1) Low cost solution is using high-resolution active IR detector with recognition of the direction of movement (entering and exiting passengers)

2) Second generation has additional a high-sensitivity and high-resolution pyroelectric detection chip is used to detect thermal radiation emanating from persons.

3) Last generation is using high-resolution IR laser 3D sensor, with option to group passengers (kids, adults)

The example of automatic passenger counting system usage would be shown in this report, on example of Rigas Satiksme project (30 buses equipped with IRMA basic sensors).



## APSVĒRUMI STRĀVAS AVOTU IZVĒLEI BIOIMPEDANČU MĒRĪJUMIEM

**P.Annus<sup>1,2</sup>, M.Rist<sup>1,2</sup>, J Ojarand<sup>1,2</sup>, R.Land<sup>1,2</sup>, A.Kristiņš<sup>3</sup>**

<sup>1</sup>*Kompetences centrs ELIKO, Igaunija*

<sup>2</sup>*Tallinas Tehnoloģiskās Universitātes Elektronikas Institūts, Igaunija*

<sup>3</sup>*Latvijas Universitātes Cietvielu fizikas institūts*

Klasiski bioimpedances mērījumi tiek veikti, laižot strāvu caur pētījamajiem audiem un izejas dati tiek iegūti, mērot atbilstošo spriegumu. Ierosme ar strāvu ir optimālāka par sprieguma izmantošanu. Mērot elektrisko pretestību uz dzīvajiem audiem viena no galvenajām problēmām ir drošība, un tāpēc ir svarīga strāvas ierobežošana. Lai gan ir salīdzinoši viegli piemeklēt optimizētu strāvu vienas frekvences vai šauras frekvenču joslas mērījumiem, tomēr ir ievērojami sarežģītāk, ja nepieciešami platjoslas spektroskopiskie mērījumi. Ir daudz dažādu aktīvu strāvas avotu variantu, tomēr tie visi strādā pietiekami labi tikai līdz dažiem megaherciem, bet diemžēl to parametri būtiski pasliktinās pie daudz augstākām frekvencēm. No otras puses, darbības diapazons pasīviem vai tīri rezistīviem strāvas avotiem, lai gan zemākās frekvencēs tie nav konkurētspējīgi ar avotiem, kuros izmanto kapacitatīvo saiti, potenciāli var sasniegt augstākas frekvences. Tajā pašā laikā tie ir stabilāki, patērē mazāk enerģijas, kā arī ir mazāki un vienkāršāki. Būtiska priekšrocība ir saistībā ar drošību. Tā kā pretestība sliktākajā gadījumā ir savienota ar barošanas avotu, tad strāvas lielumam ir stingri noteikta augšējā robeža. Arī no frekvences atkarīgo strāvas ierobežojumu var viegli sasniegt. Nepilnības, kas saistītas ar ierobežotu izejas impedanci var kompensēt, veicot vienlaicīgus strāvas mērījumus. Tiek parādīti triju izstrādņu salīdzinājumi, tiek analizēti rezultāti un izstrādātā aparāta testi. Tiek apspriesti divi risinājumi vienlaicīgiem reakcijas sprieguma un pievadītās strāvas mērījumiem.

## CURRENT SOURCE CONSIDERATIONS FOR BIO-IMPEDANCE MEASUREMENT

**P.Annus<sup>1,2</sup>, M.Rist<sup>1,2</sup>, J Ojarand<sup>1,2</sup>, R.Land<sup>1,2</sup>, A.Kristiņš<sup>3</sup>**

<sup>1</sup>*ELIKO Competence Centre in Electronics-,*

*Info- and Communication Technologies, Estonia*

<sup>2</sup>*Tallinn University of Technology, Estonia*

<sup>3</sup>*Institute of Solid State Physics, University of Latvia*

Classically bioimpedance measurements are performed by injecting current into the tissue under investigation, and raw data is acquired as measured response voltage. Excitation with current is generally preferable over sourcing voltage. One of the main concerns when measuring electrical impedance of the living tissue is safety, and current limitation is therefore important. While it is relatively easy to design an optimized current source for single frequency or narrow bandwidth measurements, things are considerably more difficult when broadband spectroscopic measurements are required. There are many different active current source designs; nevertheless they all work reasonably well only up to some megahertz, but unfortunately their parameters degrade significantly at higher frequencies. Working range of passive or purely resistive current sources on the other hand, while not comparable at lower frequencies, when capacitive coupling is used, can reach potentially higher frequencies. At the same time they are more stable, less energy consuming, smaller and simpler. One strong benefit is again related to safety. Since the resistor is connected in the worst case to the supply line, then strong upper limit exists for generated current. Also frequency dependent current limitation can be easily achieved. Imperfections caused by limited output impedance can be compensated by performing simultaneous current measurements. Comparison of three designs is given, results analyzed, and practical circuit tested. Two solutions for simultaneous response voltage and injected current measurement are discussed.

# **STENDA REFERĀTI**

## ZnO NANOKRISTĀLU/SiO<sub>2</sub> MULTISLĀŅU STRUKTŪRU VEIDOŠANA

**V.Pankratov<sup>1,3</sup>, A.N. Larsen<sup>2,3</sup>, B.B. Nielsen<sup>2,3</sup>**

<sup>1</sup>*Latvijas Universitātes Cietvielu fizikas institūts*

<sup>2</sup>*Department of Physics and Astronomy, Aarhus University*

<sup>3</sup>*Interdisciplinary Nanoscience Center (iNANO), Aarhus University*

Dotajā darbā tika pētīti ZnO nanokristāli iebūvētie SiO<sub>2</sub> matricā, kas tika veiksmīgi veidoti, izmantojot radio frekvenču magnetrona izputekļošanas nogulsnešanās metodi. Tika pētītas ZnO fotoluminiscences īpašības, izmantojot luminiscences spektroskopiju ar ierosinājumu zila-ultravioleta spektra diapazonā. Tika parādīts, ka fotoluminiscences īpašības ir stingri atkarīgas no ZnO nanokristālu izmēriem. Plata fotoluminiscences josla tika novērota un tiek pieļauts, ka tā var būt izskaidrota ar defektiem, kas ir izvietoti uz nanokristāla virsmas vai pievirsmas slānī. Relatīvi lieliem ZnO nanokristāliem tika novērotas asas fotoluminiscences līnijas ultravioleta apgabalā. Šo līniju iemesls varētu būt eksitonu un donoru akceptoru pāru rekombinācija un šīs līnijas ir līdzīgas atbilstošām līnijām novērotam makroskopiskajā ZnO. Tiek apspriesta nanokristālisko ZnO virsmas defektu loma fotoluminiscences īpašībās.

## ZnO NANOCRYSTALS/SiO<sub>2</sub> MULTILAYER STRUCTURES FABRICATED BY RF-MAGNETRON SPUTTERING

**V.Pankratov<sup>1,3</sup>, A.N. Larsen<sup>2,3</sup>, B.B. Nielsen<sup>2,3</sup>**

<sup>1</sup>*Institute of Solid State Physics, University of Latvia*

<sup>2</sup>*Department of Physics and Astronomy, Aarhus University*

<sup>3</sup>*Interdisciplinary Nanoscience Center (iNANO), Aarhus University*

In the present study ZnO nanocrystals embedded in a SiO<sub>2</sub> matrix were successfully produced by means of radio frequency magnetron sputtering deposition. Photoluminescence (PL) properties of the ZnO nanocrystals were studied by means of steady-state luminescence spectroscopy with excitation in the blue-UV spectral range. The PL properties of the samples were observed to depend strongly on the ZnO nanocrystal size. A broad PL band in the visible spectral range is observed and is tentatively ascribed to defects on or in the vicinity of the nanocrystal surfaces. Sharp characteristic PL lines in the UV range were detected in relatively large ZnO nanocrystals. These lines are tentatively attributed to bound exciton and donor acceptor pair recombinations, and they are similar to the corresponding lines observed in bulk ZnO. The role of surface defects for the PL properties of nanocrystalline ZnO is discussed.

## Si NANOKRISTĀLI SiO<sub>2</sub>: OPTISKIE PĒTĪJUMI VAKUUMA ULTRAVIOLETA SPEKTRA DIAPAZONĀ

V.Pankratov<sup>1,3</sup>, V. Osinniy<sup>2</sup>, A.N. Larsen<sup>2,3</sup>, B.B. Nielsen<sup>2,3</sup>

<sup>1</sup>*Latvijas Universitātes Cietvielu fizikas institūts*

<sup>2</sup>*Department of Physics and Astronomy, Aarhus University*

<sup>3</sup>*Interdisciplinary Nanoscience Center (iNANO), Aarhus University*

Dotajā darbā tika pētīti Si nanokristāli ar dažādu diametru, kas ir iebūvēti SiO<sub>2</sub> matricās. Tika apskatīti fotoluminiscences ierosinājuma un caurlaidības spektri platā vakuuma ultravioleta spektra diapazonā, izmantojot sinhrotrona starojumu. Eksperimentāli tika noteikta fotoluminiscences ierosinājuma spektru atkarība no nanokristālu izmēriem. Tika parādīts, ka fotoluminiscences ierosinājuma un absorbcijas spektri manāmi nobīdās uz spektra zilo pusi samazinoties Si nanokristālu izmēram. Tika veikts detalizēts fotoluminiscences ierosinājuma un absorbcijas spektru salīdzinājums ar teorētiskiem datiem. Ir parādīts, ka spektru nobīde uz zilo pusi ir lielāka, nekā tas tika sagaidīts teorētiski. Tika apspriesta SiO<sub>2</sub> matricas punktu defektu ietekme uz iebūvēto Si nanokristālu optiskām un luminiscences īpašībām. Bez tam, ir parādīts, ka starp SiO<sub>2</sub> un Si nanokristāliem nav raksturīga enerģijas pārnese, ja ierosinājuma enerģija ir lielāka par SiO<sub>2</sub> aizliegto zonu.

## Si NANOCRYSTALS IN SiO<sub>2</sub>: OPTICAL STUDIES IN THE VACUUM ULTRAVIOLET RANGE

V.Pankratov<sup>1,3</sup>, V. Osinniy<sup>2</sup>, A.N. Larsen<sup>2,3</sup>, B.B. Nielsen<sup>2,3</sup>

<sup>1</sup>*Institute of Solid State Physics, University of Latvia*

<sup>2</sup>*Department of Physics and Astronomy, Aarhus University*

<sup>3</sup>*Interdisciplinary Nanoscience Center (iNANO), Aarhus University*

Photoluminescence excitation and transmission spectra of Si nanocrystals of different diameters embedded in a SiO<sub>2</sub> matrix have been investigated in the broad visible-vacuum ultraviolet spectral range using synchrotron radiation. The dependence of the photoluminescence excitation spectra on the nanocrystals size was experimentally established. It is shown that the photoluminescence excitation and absorption spectra are significantly blueshifted with decreasing Si nanocrystal size. A detailed comparison of photoluminescence excitation and absorption spectra with data from theoretical modeling has been done. It is demonstrated that the experimentally determined blueshift of the photoluminescence excitation and absorption spectra is larger than the theoretical predictions. The influence of point defects in the SiO<sub>2</sub> matrix on the optical and luminescence properties of the embedded Si nanocrystals is discussed. Moreover, it is demonstrated that no energy transfer takes place between the SiO<sub>2</sub> and Si nanocrystals when the excitation energy is higher than the band-to-band transition energy in SiO<sub>2</sub>.

**ENERĢIJAS PĀRNESES PROCESU PĒTĪJUMI STARP Ce<sup>3+</sup> UN Tb<sup>3+</sup>  
JONIEM LaPO<sub>4</sub>:Ce,Tb NANOKRISTĀLOS, IZMANTOJOT  
LUMINISCENCES SPEKTROSKOPIJU AR LAIKA IZŠĶIRŠANU**

**V. Pankratov<sup>1</sup>, A.I. Popov<sup>1</sup>, S.A. Chernov<sup>1</sup>, C. Feldmann<sup>2</sup>**

<sup>1</sup>*Latvijas Universitātes Cietvielu fizikas institūts*

<sup>2</sup>*Institute of Inorganic Chemistry, Karlsruhe Institute of Technology (KIT)*

Darbā tika pētīti enerģijas pārnešanas procesi starp Ce<sup>3+</sup> un Tb<sup>3+</sup> joniem LaPO<sub>4</sub>:Ce,Tb nanokristālos, izmantojot luminiscences spektroskopiju ar laika izšķiršanu plata temperatūras diapazonā. Speciāla uzmanība tika veltīta detalizētai salīdzinājuma analīzei luminiscences pieauguma un dzišanas kinetikam, abiem Ce<sup>3+</sup> un Tb<sup>3+</sup> joniem. Negaidīti, relatīvi lēns pieaugums (dažās mikrosekundes) tika novērots Tb<sup>3+</sup> luminiscencei, ierosinot ar 266 nm lāzeri, kas atbilst 4f-5d Ce<sup>3+</sup> pārejai LaPO<sub>4</sub>. Bija parādīts, ka Tb<sup>3+</sup> kinētikas pieaugums nav radies Ce<sup>3+</sup> jonu relaksācijas dēļ, kam ierosināta stāvokļa dzīves laiks ir ap 20 ns. Bija parādīts, ka vispārpieņemts modelis par rezonanses enerģijas pārneši no Ce<sup>3+</sup> uz Tb<sup>3+</sup> joniem LaPO<sub>4</sub> nevar izskaidrot luminiscences laika raksturojumus, ka arī novērotu temperatūras atkarību. Tādējādi, jauns enerģijas pārnešanas modelis no Ce<sup>3+</sup> joniem uz Tb<sup>3+</sup> joniem caur matricas stāvokļiem tika piedāvāts un izskaidrots.

**MECHANISM FOR ENERGY TRANSFER PROCESSES BETWEEN Ce<sup>3+</sup> AND  
Tb<sup>3+</sup> IN LaPO<sub>4</sub>:Ce, Tb NANOCRYSTALS BY TIME-RESOLVED  
LUMINESCENCE SPECTROSCOPY**

**V. Pankratov<sup>1</sup>, A.I. Popov<sup>1</sup>, S.A. Chernov<sup>1</sup>, C. Feldmann<sup>2</sup>**

<sup>1</sup>*Institute of Solid State Physics, University of Latvia*

<sup>2</sup>*Institute of Inorganic Chemistry, Karlsruhe Institute of Technology (KIT)*

The energy transfer mechanisms between Ce<sup>3+</sup> and Tb<sup>3+</sup> in LaPO<sub>4</sub>:Ce,Tb nanocrystals have been studied by means of time-resolved luminescence spectroscopy in a wide temperature range (10–300K). Special attention was paid to detailed comparative analysis of both rise and decay emission components of both Ce<sup>3+</sup> and Tb<sup>3+</sup>. Surprisingly, a relatively slow rise (several microseconds) of Tb<sup>3+</sup> emission under 266-nm laser excitation was detected, which corresponds to the 4f–5d transition of Ce<sup>3+</sup> in LaPO<sub>4</sub>. It was shown that this rise of Tb<sup>3+</sup> emission could not have arisen due to relaxation of Ce<sup>3+</sup> ions, whose excited state has a lifetime of about 20 ns. It was demonstrated that the generally accepted concept of a resonant energy transfer from Ce<sup>3+</sup> to Tb<sup>3+</sup> in LaPO<sub>4</sub> could not explain the time-resolved luminescence characteristics as well as the observed temperature dependence. Hence, a new concept of the energy transfer process from Ce<sup>3+</sup> to Tb<sup>3+</sup> in LaPO<sub>4</sub> via host lattice states was suggested and elucidated by proposing several possible models.

## SINHROTRONA STAROJUMA IEROSINĀTA LUMINISCENCE NANO- UN MAKROIZMĒRU LaPO<sub>4</sub>:Ce,Tb

V. Pankratov<sup>1</sup>, L. Širmane<sup>1</sup>, A.I. Popov<sup>1</sup>, A. Kotlov<sup>2</sup>, C. Feldmann<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Latvijas Universitātes Cietvielu fizikas institūts

<sup>2</sup>HASYLAB at DESY, Hamburg, Germany

<sup>3</sup>Institute of Inorganic Chemistry, Karlsruhe Institute of Technology (KIT)

Darbā tika salīdzināti nano- un makroskopisko LaPO<sub>4</sub>:Ce,Tb luminiscences īpašības plata spektra diapazonā, izmantojot sinhrotrona starojumu. LaPO<sub>4</sub>:Ce,Tb nanopulveri tika izgatavoti izmantojot *microwave-induced synthesis in ionic liquids*, savukārt makroskopiskais paraugs ir komerciālais ražojums. Tika novērots, ka salīdzinot nano- un makro paraugus, ir konstatētas atšķirības luminiscences un ierosinājuma spektros. Sevišķi tika parādīts, ka Ce<sup>3+</sup> un Tb<sup>3+</sup> luminiscences sīkstruktūras ir vāji izšķirtas. Tiek pieņemts, ka nanodāliņu virsma spēle galveno lomu retzemju jonu perturbācijās un maina to luminiscences īpašības. Turklāt ir parādīts, ka nanokristāliskajam LaPO<sub>4</sub>:Ce,Tb atļauta f-d pāreja Tb<sup>3+</sup> jonos pie lielākam enerģijām ir manāmi apspiesta un enerģijas pārnese ir nepieciešama, lai ierosināt Tb<sup>3+</sup> luminiscenci pat vakuuma ultravioleta spektra diapazonā.

## LUMINISCENCE OF NANO- AND MACROSIZED LaPO<sub>4</sub>:Ce,Tb EXCITED BY SYNCHROTRON RADIATION

V. Pankratov<sup>1</sup>, L. Shirmane<sup>1</sup>, A.I. Popov<sup>1</sup>, A. Kotlov<sup>2</sup>, C. Feldmann<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Institute of Solid State Physics, University of Latvia

<sup>2</sup>HASYLAB at DESY, Hamburg, Germany

<sup>3</sup>Institute of Inorganic Chemistry, Karlsruhe Institute of Technology (KIT)

Comparing the luminescence properties of nanosized and macroscopic LaPO<sub>4</sub>:Ce,Tb powders are performed in wide spectral range using synchrotron radiation. In the present study, LaPO<sub>4</sub>:Ce,Tb nanopowder was produced by means of a microwave-induced synthesis in ionic liquids, whereas the bulk sample represents a commercial lamp phosphor. Emission and excitation of both, Ce<sup>3+</sup> and Tb<sup>3+</sup> luminescence, is observed to be different when comparing bulk and nanosized LaPO<sub>4</sub>:Ce,Tb. In particular, it was shown that the fine structure of the Ce<sup>3+</sup> as well as the Tb<sup>3+</sup> related emission is poorly resolved for the nanomaterial. It is suggested that the nanoparticles surface plays a key role regarding the perturbation of rare-earth ions and changes their luminescence properties. Furthermore, it is demonstrated that allowed f-d transitions on Tb<sup>3+</sup> at high energy are significantly suppressed for nanosized LaPO<sub>4</sub>:Ce,Tb. Energy transfer is required to initiate Tb<sup>3+</sup> emission even in the vacuum ultraviolet spectral range.

## VERTIKĀLA LĀDIŅA PĀRNESE Si NANOKRISTĀLU/SiO<sub>2</sub> (MULTISLĀŅU) STRUKTŪRĀS

V. Osinniy<sup>2</sup>, V. Pankratov<sup>1,3</sup>, A.N. Larsen<sup>2,3</sup>, B.B. Nielsen<sup>2,3</sup>

<sup>1</sup>*Latvijas Universitātes Cietvielu fizikas institūts*

<sup>2</sup>*Department of Physics and Astronomy, Aarhus University*

<sup>3</sup>*Interdisciplinary Nanoscience Center (iNANO), Aarhus University*

Dotajā darbā tika pētīta vertikāla lādiņu pārnese Si nanokristālos, kas ir iebūvēti SiO<sub>2</sub> matricā. Paraugi tika iegūti izmantojot magnetrona izputekļošanas nogulsnēšanas metodi. Ar caurejošā starojuma elektronmikroskopu un ar fotoluminiscences mērījumiem tika parādīts, ka eksistē divu tipu Si daļiņas – ar dažādiem diametriem. Balstoties uz elektriska lauka un temperatūras atkarību no kapacitātes un īpatnējās pretestības, ir parādīts, ka vertikāla pārnese tiek vislabāk aprakstīta ar fonona un tiešas tunelēšanas mehānismu kombināciju. Ņemot vērā to, ka refrakcijas radītāja vērtības, iegūtas izmantojot Poole-Frenkel tunelēšanas mehānismus, ir ļoti lielas, tad šī metode nav piemērota vertikāla lādiņa pārnese mehānisma izskaidrošanai. Tiek apspriestas iespējas, ka efektīvāk savākt vairāk lādiņu nesējus, kas radīti ar gaismu struktūrās ar dažāda izmēra Si nanokristāliem.

## VERTICAL CHARGE-CARRIER TRANSPORT IN Si NANOCRYSTAL/SiO<sub>2</sub> MULTILAYER STRUCTURES

V. Osinniy<sup>2</sup>, V. Pankratov<sup>1,3</sup>, A.N. Larsen<sup>2,3</sup>, B.B. Nielsen<sup>2,3</sup>

<sup>1</sup>*Institute of Solid State Physics, University of Latvia*

<sup>2</sup>*Department of Physics and Astronomy, Aarhus University*

<sup>3</sup>*Interdisciplinary Nanoscience Center (iNANO), Aarhus University*

Charge-carrier transport in multilayer structures of Si nanocrystals embedded in a SiO<sub>2</sub> matrix grown by magnetron sputtering has been investigated. The presence of two types of Si NCs with different diameters after post-growth annealing is concluded from transmission-electron microscopy and photoluminescence measurements. Based on the electric field and temperature dependences of capacitance and resistivity, it is established that the carrier transport is best described by a combination of phonon-assisted and direct tunneling mechanisms. Poole–Frenkel tunneling seems to be a less suitable mechanism to explain the vertical carrier transport due to the very high values of refractive indices obtained within this model. The possibility to more effectively collect charge carriers generated by light in structures having Si nanocrystals of different size is discussed.

## SINHROTRONA STAROJUMA IEROSINĀTA LUMINISCENCE $\text{YVO}_4:\text{Eu}^{3+}$ NANOKRISTĀLOS

**L. Širmane<sup>1</sup>, V. Pankratov<sup>1</sup>, A.I. Popov<sup>1</sup>, A. Kotlov<sup>2</sup>, C. Feldmann<sup>3</sup>**

<sup>1</sup>*Latvijas Universitātes Cietvielu fizikas institūts*

<sup>2</sup>*HASYLAB at DESY, Hamburg, Germany*

<sup>3</sup>*Institute of Inorganic Chemistry, Karlsruhe Institute of Technology (KIT)*

Dotajā darba tika salīdzinātas luminiscences īpašības nanokristāliskam  $\text{YVO}_4:\text{Eu}$  un komerciālam makroskopiskam analogam no Philips. Luminiscences mērījumi tika veikti izmantojot sinhotrona starojumu (3.6 – 40 eV) uz SUPERLUMI stacijas HASYLAB, DESY (Hamburgā). Īpaša uzmanība tika veltīta vakuuma ultravioletā spektra diapazonam, kas parasti nav sasniedzams, izmantojot lampu vai lāzeru starojumu. Iegūti rezultāti parāda skaidri redzamu atšķirību starp nano un makrokristālisko paraugu ierosinājuma spektriem, it īpaši pie enerģijām, kad telpiskais attālums starp elektronu-caurumu pāri ir salīdzināms ar nanodaļiņu izmēru.

## LUMINESCENCE PROPERTIES OF $\text{YVO}_4:\text{Eu}^{3+}$ NANOCRYSTALS UNDER SYNCHROTRON RADIATION

**L.Širmane<sup>1</sup>, V. Pankratov<sup>1</sup>, A.I. Popov<sup>1</sup>, A. Kotlov<sup>2</sup>, C. Feldmann<sup>3</sup>**

<sup>1</sup>*Institute of Solid State Physics, University of Latvia*

<sup>2</sup>*HASYLAB at DESY, Hamburg, Germany*

<sup>3</sup>*Institute of Inorganic Chemistry, Karlsruhe Institute of Technology (KIT)*

Comparative analysis of the luminescent properties of nanocrystalline  $\text{YVO}_4:\text{Eu}$  luminescent materials with macro crystalline analogues, commercially produced by Philips, has been performed. The luminescence emission and excitation measurements were carried out under pulsed synchrotron radiation (3.6 – 40 eV) emitted from DORIS III storage ring on the SUPERLUMI station of HASYLAB at DESY (Hamburg). Special attention was paid to vacuum ultraviolet spectral range, which is not reachable with commonly used lamp and laser sources. Our results clearly show distinct difference in the excitation spectra for nano and macro crystalline samples, especially at energies, when the spatial separation of electron-hole pairs is comparable with sizes of nanoparticles.



## YAG:Ce CAURSPĪDĪGĀS NANOKERAMIKAS LUMINISCENCES ĪPAŠĪBAS

L.Širmane<sup>1</sup>, V.Pankratov<sup>1</sup>, W.Strek<sup>2</sup>, W.Lojkowski<sup>3</sup>

<sup>1</sup>*Latvijas Universitātes Cietvielu fizikas institūts*

<sup>2</sup>*Institute of Low Temperature and Structure Research, Wroclaw, Poland*

<sup>3</sup>*Institute of High Pressure Physics, Warsaw, Poland*

Tika pētītas caurspīdīgo nanoizmēru ar ceriju aktivētu  $Y_3Al_5O_{12}$  (YAG:Ce) keramiku optikas un luminiscences īpašības. YAG:Ce caurspīdīgas nanokeramikas tika izgatavotas pie zemām temperatūrām un zem augsta spiediena. Nanokeramikas paraugi tika sintezēti mainot spiedienu no 2 GPa līdz 8 GPa, bet  $Ce^{3+}$  jonu koncentrācija tika mainīta no 0.5 līdz 5 %. Darbā tika parādīts, ka paraugu izgatavošanas laikā pieliktais augstais spiediens noved pie būtiskiem izmaiņām optiskos un luminiscences īpašības. Iegūtos spektros, atšķirībā no monokristāla, visiem nanokeramikam tika novērots manāms absorbcijas koeficienta pieaugums pie viļņu garumiem mazākiem par 400 nm. Bez tam, nanokeramiskos paraugos tika novērota neraksturīga YAG:Ce monokristālam UV luminiscences josla ar maksimumu ap 3.1 eV.

## PECULIARITIES OF LUMINESCENT PROPERTIES OF CERIUM DOPED YAG TRANSPARENT NANOCERAMICS

L.Širmane<sup>1</sup>, V.Pankratov<sup>1</sup>, W.Strek<sup>2</sup>, W.Lojkowski<sup>2</sup>

<sup>1</sup>*Institute of Solid State Physics, University of Latvia*

<sup>2</sup>*Institute of Low Temperature and Structure Research, Wroclaw, Poland*

<sup>3</sup>*Institute of High Pressure Physics, Warsaw, Poland*

Optical and luminescence properties of transparent nanosized cerium doped  $Y_3Al_5O_{12}$  (YAG:Ce) ceramics have been studied. YAG:Ce nanoceramics were obtained by means of low temperature and high pressure (LTHP) sintering method. Nanoceramic samples were sintered in the 2-8 GPa pressure range, whereas  $Ce^{3+}$  concentration was varied in the 0.5-5 at. % range. It was demonstrated, that high pressure applied during nanoceramics sintering leads to significant changes in their optical and luminescence properties. It was shown that, in contrast to the single crystal, a strong rise of absorption coefficient was detected already at wavelength shorter than 400 nm in all nanoceramic samples studied. Furthermore, in nanoceramic samples unusual UV emission band near 3.1 eV was observed, which is not observed in the YAG:Ce single crystal.

## VIEN-ČAULU NEORGANISKO NANOCAURUĻU SIMETRIJA UN MODELI

**R.A. Evarestov<sup>1</sup>, J. Žukovskis<sup>2</sup>, S. Piskunovs<sup>2,3,4</sup>, A.V. Bandura<sup>1</sup>**

<sup>1</sup>*Department of Quantum Chemistry, St. Petersburg State University, Russia*

<sup>2</sup>*Latvijas Universitātes Cietvielu fizikas institūts*

<sup>3</sup>*Latvijas Universitātes datorikas fakultāte*

<sup>4</sup>*Latvijas Universitātes fizikas un matemātikas fakultāte*

Vien-čaulu (SW) BN un TiO<sub>2</sub> nanocaurules (NTs) ar heksagonālo struktūru var dabūt izmantojot attiecīgo stohiometrisko nanoplākšņu savīšanu kas attiecas uz: (i) (0001) monoslāni izgriezto no BN kristāla heksagonālā fāzē vai (ii) trīsoslāņu (111) plāksni izgriezto no TiO<sub>2</sub> kristāla fluorītā fāzē [1]. Attiecīgo plākšņu un nanocauruļu atomārās un elektroniskās struktūras parametri tika aprēķināti izmantojot Blīvuma Funkcionāla Teorijas (DFT) metodi ar PBE0 hibrīdo apmaiņu-korelācijas funkcionālu īstenotu CRYSTAL programmā lokalizēto orbitālu formālisma (LCAO) ietvaros.

Neorganiskās nanocaurules ar dažādo kristālisko morfoloģiju varētu būt konstruētas izmantojot lineāro grupu formālismu. Spirālveida simetrijas izmantošana nanocauruļu aprēķiniem noved līdz krasai skaitļošanas laika samazināšanai. Jauna pieeja lineāro grupu nereducējamās reprezentativitātes ģenerācijai tiek balstīta uz izomorfismu starp lineārām un plakanām grupām. Ar vien-čaulu BN un TiO<sub>2</sub> heksagonālo nanocauruļu diametru palielināšanu tās deformācijas enerģijas samazinājās un tuvojās enerģijas minimumam sākot ar  $D_{NT} > 2$  nm, kaut gan tās aizliegtās enerģētiskās zonas platums tuvojās attiecīgo 2D plākšņu lielumiem.

## SYMMETRY AND MODELS OF SINGLE-WALL INORGANIC NANOTUBES

**R.A. Evarestov<sup>1</sup>, Yu.F. Zhukovskii<sup>2</sup>, S. Piskunov<sup>2,3,4</sup> and A.V. Bandura<sup>1</sup>**

<sup>1</sup>*Department of Quantum Chemistry, St. Petersburg State University, Russia*

<sup>2</sup>*Institute of Solid State Physics, University of Latvia*

<sup>3</sup>*Faculty of Computing, University of Latvia*

<sup>4</sup>*Faculty of Physics and Mathematics, University of Latvia*

Hexagonal single-wall (SW) BN and TiO<sub>2</sub> nanotubes (NTs) can be formed by rolling up the stoichiometric sheets of either (i) (0001) monolayer of BN hexagonal phase or (ii) three-layer (111) slab of fluorite-type TiO<sub>2</sub> phase [1]. Parameters of the atomic and electronic structure of corresponding slabs and nanotubes have been calculated using the hybrid DFT method with PBE0 exchange-correlation functional as implemented in CRYSTAL code within the localized orbital (LCAO) formalism. Inorganic nanotubes of different crystalline morphology can be constructed using the line group formalism. The exploitation of rotohelical symmetry for NTs permits a drastic reduction of the computation time. A new approach for the generation of irreducible representations of the line group is based on isomorphism between the line and plane groups. The strain energies of SW BN and TiO<sub>2</sub> hexagonal NTs are reduced with growth of nanotube diameter approaching to minimum energy for  $D_{NT} > 2$  nm while the band gaps approach to those for the corresponding 2D slabs.

[1] R.A. Evarestov, Yu.F. Zhukovskii, A.V. Bandura, and S. Piskunov, Symmetry and models of single-wall BN and TiO<sub>2</sub> nanotubes with hexagonal morphology. - J. Phys. Chem. C, 2010, 114, p. 21061-21069.

## POLĀRU NANOAPGABALU MODELĒŠANA $\text{Pb}(\text{Mg}_{1/3}\text{Nb}_{2/3})\text{O}_3$ (PMN)

**Ē. Klotiņš, A.I. Popovs, V. Pankratovs, L. Širmane, D. Engers**

*Latvijas Universitātes Cietvielu fizikas institūts*

Dots polāru nanoapgabalu apraksts PMN relaksora tipa segnetoelektriķī, atvasināts no ab initio modeļa ķīmiski sakārtotām superšūnām ar režģa parametriem un paliekošo polarizāciju. Modelī ietilpst (i)superšūna ar to raksturojošo Hamiltoniānu un (ii)nesakārtots pamata režģis, kas nosaka dipolu-dipolu mijiedarbību starp superšūnām. Šāds tuvinājums ļauj izskaidrot enerģētiski ekvivalentas strukturālas atšķirības starp superšūnām un to invarianci attiecībā pret permutācijām kā faktoru, kas nodrošina paliekošo lokālo un nulles makroskopisko polarizāciju. Jautājumi, kuri nav pilnībā izprasti un atbildēti sakārtotu superšūnu modeļa ietvaros attiecas uz parādībām pirms strukturālas pārejas zem kritiskās temperatūras un aktualizē neatrisinātas problēmas gan pirmo-principu gan laika atkarīgās molekulāras dinamikas tehnikās.

## POLAR NANOREGIONS IN $\text{Pb}(\text{Mg}_{1/3}\text{Nb}_{2/3})\text{O}_3$ (PMN)

**E. Klotins, A. I. Popov, V. Pankratov, L. Shirmane, D. Engers**

*Institute of Solid State Physics, University of Latvia*

We report construction of a model of polar nanoregions in the PMN relaxor ferroelectric, assigned to ab initio chemically ordered supercells distinguished by lattice parameters and residual polarization. Key ingredients of this model include (i) the bare supercell specified by a coarse-grained Hamiltonian and (ii) the disordered host lattice factorizing the dipole-dipole interaction between supercells. These approximations help to explain the role of energetically equivalent structural varieties of the supercells and their invariance under permutations as a source supporting residual local and zero macroscopic polarization. Reasonable questions not fully understood and answered within the chemically ordered supercell picture include the pre-transitional phenomena below some critical temperature and raise the challenge both for first-principles and time-dependent molecular dynamics simulations.

Eriks Klotins, Anatoli I. Popov, Vladimir Pankratov, Liana Shirmane, Davis Engers, Polar nanoregions in  $\text{Pb}(\text{Mg}_{1/3}\text{Nb}_{2/3})\text{O}_3$  (PMN): insights from a supercell approach, Cent. Eur. J. Phys. (in press)

## OKSĪDU NANOPULVERU FOTOKATALĪZES EFEKTIVITĀTES PĒTĪJUMI

**J.Rikveilis, L.Grigorjeva, D.Millers, K.Šmits**

*Latvijas Universitātes Cietvielu fizikas institūts*

Dažādu pusvadītāju savienojumu nanoizmēru daļiņu fotokatalīze kļūst arvien aktuālāka ūdens un gaisa attīrīšanā. Fotokatalīzes izmantošanas priekšrocība ūdens attīrīšanā ir pilnīga organisko savienojumu mineralizācija, kas ir efektīva pateicoties daļiņu lielo virsmu/tilpuma attiecību dēļ. Piemēram, no vienādojuma  $TiO_2 \xrightarrow{h\nu} e^- \text{ } TiO_2 \text{ } h^+ \text{ } TiO_2$  redzams, ka  $TiO_2$  nanodaļiņa var darboties gan kā elektronu donors, gan akceptors.

Šī darba ietvaros tika pētīta un salīdzināta fotokatalīzes efektivitāte vairākiem nanokristāliem, piemēram,  $ZnO$ ,  $ZrO_2$  un  $TiO_2$ , kuru aizliegto zonu platumi attiecīgi ir 3.37 eV, 5-7 eV un 3.03 – 3.18 eV atkarībā no kristāliskās fāzes. Fotokatalīzes efektivitātes novērtēšanai izmantots metilēnzilā šķīdums destilētā ūdenī. Fotokatalīzes ātrums novērtēts pēc metilēnzilā attiecīgo absorbcijas joslu sagraušanas, apstarojot ar UV gaismu. Pētījumos izmantots pilns Hg lampas spektrs.

Eksperimentos salīdzināta fotokatalīzes efektivitāte atkarībā no nanokristālu grauda izmēra ( $ZnO$ ), aktivatora ( $Zn:Al$ ) un fāžu sastāva ( $TiO_2$  rutilis un anatāzs).

## PHOTOCATALYTIC EFFICIENCY STUDIES OF OXIDE NANOPOWDERS

**J.Rikveilis, L.Grigorjeva, D.Millers, K.Šmits**

*Institute of Solid State Physics, University of Latvia*

Photocatalysis of semiconductor compound nanosized particles is becoming an increasingly interesting oxidation process for water and air treatment. The advantage of photocatalysis in water purification is the complete mineralization of organics caused by the efficient photogeneration of OH radicals in accordance with the large surface area to volume ratios of nanosized particles. For example equation  $TiO_2 \xrightarrow{h\nu} e^- \text{ } TiO_2 \text{ } h^+ \text{ } TiO_2$  shows  $TiO_2$  nanoparticle is able to act as either an electron donor or acceptor.

In the present work several nanocrystals are studied and compared -  $ZnO$ ,  $ZrO_2$  and  $TiO_2$  - to name a few. Their respective band gaps are 3.37 eV, 5-7 eV un 3.03 – 3.18 eV depending on the phase of a particular compound. The activity of photocatalysis was evaluated by experiments of photocatalytic degradation of methylene blue aqueous solution. Photocatalytic efficiency was evaluated by degradation of methylene blue respective absorption bands under UV irradiation. Full spectrum of an Hg lamp was used as a source for UV light.

Photocatalytic efficiency was evaluated depending on the grain size of nanocrystals ( $ZnO$ ), doping ( $Zn:Al$ ) and crystal phase ( $TiO_2$  rutile and anatase).

## AUGŠUP-PĀRVEIDOTĀ LUMINESCENCE NaLaF<sub>4</sub> MATERIĀLĀ AR DAŽĀDĀM Er<sup>3+</sup> KONCENTRĀCIJĀM

**J.Grūbe, G.Doķe, M.Voss, A.Šarakovskis, M.Springis**  
*Latvijas Universitātes Cietvielu fizikas institūts*

Kompleksie fluorīdi ir labi kandidāti materiāliem, kuros var norisināties augšup-pārveidotā luminescence. To ir iespējams izskaidrot ar ļoti labu ķīmisko stabilitāti fluora materiāliem un zemu fononu enerģiju, kas samazina bezizstarojuma pārejas varbūtību, tādējādi palielinot augšup-pārveidotās luminescences efektivitāti.

Darba gaitā tika sintezēti ar dažādām Er<sup>3+</sup> jonu koncentrācijām aktivēti NaLaF<sub>4</sub> paraugi. Ierosinot visus paraugus ar infrasarkano starojumu, tika novērotas Er<sup>3+</sup> jona raksturīgas luminescences joslas ultravioletajā, redzamajā un infrasarkanajā spektra apgabalā ar dominējošo „zaļo” (540nm) un „sarkano” (660nm) luminescences joslu.

No iegūtajiem eksperimentālajiem rezultātiem tiks spriests par augšup-pārveidotās luminescences mehānismiem un to saistību ar Er<sup>3+</sup> jonu koncentrāciju.

## UP-CONVERSION LUMINESCENCE IN NaLaF<sub>4</sub> WITH DIFFERENT Er<sup>3+</sup> CONCENTRATIONS

**J.Grube, G.Doke, M.Voss, A.Sarakovskis, M.Springis**  
*Institute of Solid State Physics, University of Latvia*

The complex fluorides are promising materials for the up-conversion luminescence. It can be explained due to relatively high chemical stability of the fluorides and also small effective phonon energy of the materials, which suppresses the rate of nonradiative transitions, enhancing the efficiency of the up-conversion processes.

In this work Er<sup>3+</sup> doped NaLaF<sub>4</sub> at different Er<sup>3+</sup> concentrations was synthesized. Excitation of the samples in the infrared region led to the appearance of the characteristic luminescence bands in the ultraviolet, visible and infrared spectral regions dominated by the “green” (540nm) and the “red” (660nm) bands.

Based on the experimental results peculiarities of up-conversion processes and their variation at different Er<sup>3+</sup> content will be discussed.

The financial support of ESF project 2009/0202/1DP/1.1.1.2.0/09/APIA/VIAA/141 is greatly acknowledged.

## AKTIVĒTI OKSIFLUORĪDI REDZAMĀS GAISMAS LUMINOFORIEM

**I. Brice, U. Rogulis, E. Elsts, A. Šarakovskis, G. Doķe**

*Latvijas Universitātes Cietvielu fizikas institūts*

Baltās gaismas diodes jeb LED lampas, salīdzinot ar kvēlspuldzēm, ir daudz energoefektīvākas, tajās nav dzīvsudraba, kā arī tās kalpo ilgāk. Galvenās problēmas ir ražošanas izmaksu samazināšana un atbilstoša luminofora izvēle, jo tam jābūt ne tikai ar pietiekamu luminiscences emisijas intensitāti, bet arī ar plašu redzamās gaismas izstaroto spektru. Joprojām norisinās jaunu redzamās gaismas luminoforu pētījumi [1]. Mūsu darbā izgatavoti paraugi un pētīta un salīdzināta ar  $Ce^{3+}$ ,  $Eu^{2+}$ , kā arī  $Ce^{3+}/Eu^{2+}$  aktivētu oksifluorīdu stiklu un keramikas luminiscence no redzamās gaismas luminoforu pielietojumu viedokļa.

[1] A.A. Setlur, Phosphors for LED-based Solid-State Lighting, The Electrochemical Society Interface, Winter 2009, 32-36. lpp.

## ACTIVATED OXYFLUORIDES FOR SOLID-STATE LIGHTING

**I. Brice, U. Rogulis, E. Elsts, A. Šarakovskis, G. Doķe**

*Institute of Solid State Physics, University of Latvia*

Comparing to conventional switch lightbulbs, white LEDs are more energoeffective, have no mercury fumes and serve longer. Main problems are diminishing of production costs and choose of appropriate phosphor, because not only the emission of luminescence has to be efficient but also the spectrum has to be wide enough. Investigations of new phosphors for solid-state lighting are in progress [1]. In our work, the luminescence of oxyfluoride samples activated by  $Ce^{3+}$  and  $Eu^{2+}$  have been discussed from point of view of solid-state lighting applications.

[1] A.A. Setlur, Phosphors for LED-based Solid-State Lighting, The Electrochemical Society Interface, Winter 2009, pp 32-36.

## AIN PULVERU LUMINESCENCE ZEMO TEMPERATŪRU RAJONĀ

**J. Grigorjeva, V.Korsaks, L.Trinklere, B.Bērziņa**

*Latvijas Universitātes Cietvielu fizikas institūts*

AlN ir viens no perspektīviem platzonu materiāliem ar iespējamu pielietojumu gan gaismu emitējošās iekārtās, gan arī jonizējošā starojuma un UV gaismas detektēšanai. Bez tam, AlN paraugu izmērus ir iespējams variēt no makropasaulei piederošiem līdz dažādiem tā nanostrukturētiem veidiem. Minētās materiāla īpašības ir izraisījušas lielu pasaulē strādājošo fiziķu interesi par AlN, jo sevišķi par tā spektrālo raksturojumu.

Jau ilgu laiku AlN keramikas spektrālās īpašības tiek pētītas Platzonu materiālu laboratorijā LU CFI. Ir atrasts, ka spektrālā rajonā, kas aptver tuvu UV starojumu un redzamo gaismu, AlN ir divas dominējošas luminiscences joslas pie 400 nm un 600 nm, kas var tikt ierosinātas gan ar gaismu atbilstošu attiecīgo luminiscences centru absorbcijai, kas atrodas fundamentālās absorbcijas joslas garo viļņu malā, gan arī ar enerģijas atdevi eksitonu procesos. Mūsu rezultāti kopā ar citu autoru datiem zinātniskajā literatūrā ļauj piedāvāt luminiscences mehānismus, kā arī noteikt defektus, kas ir atbildīgi par 400 nm luminiscenci ( $O_N$  and  $V_{Al}$ ).

Esošais ziņojums ir veltīts AlN pulvera luminiscences pētījumiem plašā temperatūru rajonā no 8 K līdz 300 K. Tika pētīti fotoluminiscences (PL) spektri pie dažādiem ierosinošās gaismas viļņu garumiem (PLE) un temperatūrām no augstāk minētā intervāla. Summāros PL spektrus reģistrēja CCD kamera. Tika atrasts, ka, paraugu ierosinot ar 250 nm gaismu, kas atbilst luminiscences centra tiešam ierosinājumam, 400 nm PL intensitāte pieaug, pazeminoties temperatūrai. Turpretī, enerģijas atdevē eksitonu procesos šiem luminiscences centriem pie zemām temperatūrām ir daļēji iesaldēta. Tiek apspriesti novēroto procesu mehānismi.

## LOW TEMPERATURE LUMINESCENCE OF AlN POWDERS

**J.Grigrorjeva, V.Korsaks, L.Trinkler, B.Berzina**

*Institute of Solid State Physics, University of Latvia*

AlN is one of prospective wide band gap materials with possible application in light emitting devices

as well as for the detection of ionizing radiation or UV light. Besides, AlN can be produced as a bulk material or in different nanostructured forms. Recently these qualities have evoked strong interest between the physicists about the properties of AlN with emphasis on spectral characterization of this material.

Spectral properties of AlN ceramics have been investigated in laboratory of „Wide band gap materials” at ISSP for a long time. It was found that within the spectral range including visible and near UV light there are two dominant luminescence bands around 400 nm and 600 nm, which can be excited either in their own absorption bands from the long wavelength side of the material fundamental absorption or due to energy transfer from excitonic processes. Our results together with those from the scientific literature allowed revealing the luminescence mechanisms and the defects responsible for the 400 nm luminescence ( $O_N$  and  $V_{Al}$ ).

Present investigation is devoted to the study of visible luminescence of AlN powder within a wide temperature range from 8 K up to 300 K. The photoluminescence (PL) spectra at different photoexcitations (PLE) and temperatures from the region above were measured using equipment with CCD camera for registration of the spectra. It was found that under the 250 nm excitation corresponding to the direct excitation of the 400 nm luminescence the intensity of this PL increases with reducing of the temperature, whereas the energy transfer from the excitons to luminescence centers is partially frozen at low temperatures. The mechanism of the processes observed was discussed.

## Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> NANOPULVERU LUMINISCENCES ATKARĪBA NO GRAUDU IZMĒRA UN STRUKTŪRAS

**Ž. Jevsjutina, L.Trinklere, B.Bērziņa**

*Latvijas Universitātes Cietvielu fizikas institūts*

Alumīnija oksīda (Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>) nanopulveros tika pētīta fotoluminiscence (PL). RTU NĶI ar plazmas metodi tika izgatavoti 6 paraugi no vienas un tās pašas izejvielas pie dažādām temperatūrām. Sintēzes temperatūrai pieaugot no 800 °C līdz 1400 °C, alumīnija oksīda graudu struktūra mainās – tā kļūst arvien sakārtotāka. Kristāliskā režģa fāze mainās no  $\gamma$  caur  $\delta$  un  $\theta$  uz  $\alpha$  fāzi, vienlaicīgi graudu izmērs pieaug no 13 līdz 80 nm. Tika noskaidrots, ka nomināli tīru Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> nanopulveru luminiscentās īpašības nosaka nekontrolējamie titāna un hroma piemaisījumi. Paraugos ar nesakārtotām pārejas fāzēm fotoluminiscences spektrs satur platu joslu 700-900 nm rajonā, kuru nosaka Ti<sup>3+</sup> jona starojums. Līdz ar graudu izmēra palielināšanos šīs joslas intensitāte vispirms pieaug, tad samazinās. Paraugos, kuru struktūras sakārtotība ir sasniegusi  $\theta + \alpha$  fāzes, Ti<sup>3+</sup> luminiscences josla samazinās un izzūd, toties parādās divas šauras joslas, kas atbilst Cr<sup>3+</sup> luminiscencei alumīnija oksīdā ar  $\theta$  fāzi (680 nm) un  $\alpha$  fāzi (694 nm). Titāna un hroma luminiscences ierosināšanas spektros tika novērotas joslas, kas atbilst šo piemaisīju luminiscences centru raksturīgām absorbcijas pārejām, kā arī kopīga 320 nm josla. Tiek izteikts pieņēmums, ka šī kopīgā ierosināšanas josla ir saistīta ar eksitona tipa stāvokli, kas atkarībā no kristāliskā režģa sakārtotības pakāpes izraisa titāna vai hroma jona luminiscenci.

## DEPENDENCE OF Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> POWDER LUMINESCENCE ON GRAIN SIZE AND STRUCTURE

**Zh. Jevsjutina, L.Trinklere, B.Berzina**

*University of Solid State physics, University of Latvia*

Photoluminescence (PL) has been studied in the alumina (Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>) nanosize powders. 6 samples were produced from the same initial material by plasma method at different temperatures. Rise of sintering temperature (from 800 to 1400 °C) causes changes in alumina structure, which becomes more ordered, transforming from  $\gamma$  via  $\delta$  and  $\theta$  to  $\alpha$  phase, in the same time grain size increases from 13 to 80 nm. It was found out that luminescence properties of nominally pure alumina powders are determined by uncontrolled impurities of titanium and chromium. Luminescence spectra of the samples with poorly ordered structure have a broad band in the 700-900 nm region ascribed to emission from Ti<sup>3+</sup> ions. In the samples with  $\theta + \alpha$  phases Ti<sup>3+</sup> luminescence band diminishes and disappears, instead there emerges two narrow bands corresponding to Cr<sup>3+</sup> emission in alumina with  $\theta$  phase (680 nm) and  $\alpha$  phase (694 nm). Excitation spectra of Ti<sup>3+</sup> and Cr<sup>3+</sup> ions contain bands inherent for absorption transitions of these ions, besides there is a common band at 320 nm. It is assumed that 320 nm excitation band is connected with an exciton type state, which depending on lattice phase causes either titanium or chromium emission.



## LUMINESCENTO ĪPAŠĪBU ATKARĪBA NO AKTIVĒTA STRONCIJA ALUMINĀTA SINTĒZES UN PĒCAPSTRĀDES

V.Liepiņa, Dz.Jankoviča, K.Šmits, D.Millers

*Latvijas Universitātes Cietvielu fizikas institūts*

Materiāliem ar ilgu pēcspīdēšanu (izstaro gaismu pēc ierosmes gaismas izslēgšanas) ir pievērsta liela uzmanība to plašās pielietojamības dēļ (apgaisojums, norāžu zīmes, optiskās atmiņas), šobrīd galvenais mērķis ilgi spīdošu materiālu izpētē ir atrast pēc iespējas ilgāk un intensīvāk spīdošus fosforus, kas pavērtu vēl plašākas to izmantošanas iespējas. Neseni pētījumi ir parādījuši, ka ar eiropiju un disproziju aktivēti sārzmazņu metālu alumināti ir vieni no labākajiem fosforiem ar ilgu un intensīvu pēcspīdēšanu[1].

Ar eiropiju un disproziju aktivēts stroncija alumināts – intensīvi zaļās gaismas rajonā spīdošs fosfors ar ilgu dzišanu, tika sintezēts dažādās atmosfērās, pēc sintēzes termiski apstrādāts. Dažādos apstākļos iegūtajiem paraugiem mērītas optiskās īpašības – spektrālais sastāvs, dzišanas laiks, luminiscences atkarība no temperatūras. Pētījuma mērķis bija noteikt optimālo atmosfēru Sr<sub>4</sub>Al<sub>14</sub>O<sub>25</sub>:Eu,Dy sintēzei. Materiālu sagatavošanas process būtiski ietekmē materiāla luminiscentās īpašības, tādēļ paraugiem tika novērotas atšķirības gan pēcspīdēšanas intensitātē, gan dzišanas ātrumā. Tas ir izskaidrojams ar to, ka reakcijas procesā tika iegūtas vismaz divas dažādas stroncija aluminātu fāzes, no kurām, pēc literatūras datiem, Sr<sub>4</sub>Al<sub>14</sub>O<sub>25</sub> ir optimālākā ar lielāko kvantu iznākumu. Tika veikta materiālu struktūras un ķīmiskā sastāva noteikšana, lai noteiktu šīs atšķirības, kā arī luminiscences pētījumi atkarībā no temperatūras, lai noteiktu procesus, kas atbildīgi par ilgo pēcspīdēšanu. Tiks diskutēts, kā sintēzes apstākļi un termiskā pēcapstrāde ietekmē materiāla luminiscentās īpašības.

Pētījumi veikti, izmantojot fotoluminiscenci ar laika izšķiršanu, kā arī katodluminescenci. Paraugu pārbaudei tika izmantoti rentgenstuktūranalīze (XRD), kā arī rentgenfluorescences (EDAX) metodes.

## THE DEPENDANCE OF THE OPTICAL PROPERTIES OF A EU, DY DOPED STRONTIUM ALUMINATE DUE TO ITS SYNTHESIS AND AFTER TREATMENT

V.Liepina, Dz.Jankovica, K.Smits, D.Millers

*University of Solid State physics, University of Latvia*

Materials with a long afterglow (continue emitting light after the interruption of excitation) have attracted a wide attention due to their vast utilization possibilities (lighting, optical memories, indication signs etc.). Now the main goal in the research of long afterglow materials is to find materials with even better optical properties. Recent study has proved that Eu and Dy doped alkaline earth metal aluminates are one of the best phosphors yielding an intensive and long-lasting afterglow [1].

Eu, Dy doped strontium aluminate – a phosphor, which glows intensively at the green light region, was synthesized in different atmospheres and synthesis was followed by heat treatment. In different circumstances acquired materials were studied for their optical properties – luminescence spectra and the time and temperature dependence. The goal of this research was to find the optimal circumstances for Sr<sub>4</sub>Al<sub>14</sub>O<sub>25</sub> synthesis. The process in which the materials are prepared strongly affects the luminescent properties, so the samples were noticed to differ as in the intensity of the afterglow, as the decay time of the luminescence,. The possible explanation is that during the reaction at least two different phases of the strontium aluminate were created, of which, as different research has proved, Sr<sub>4</sub>Al<sub>14</sub>O<sub>25</sub> has the highest quantum efficiency. The structural analysis and the analysis of the luminescence temperature dependence of the samples were carried out to determine the processes responsible for the long afterglow. It will be discussed, how the circumstances of the synthesis and the after treatment affect the optical properties of the material.

The research was done, using time resolved luminescence spectroscopy and cathode-luminescence. XRD and EDAX methods were used for the analysis of the samples structure and chemical composition.

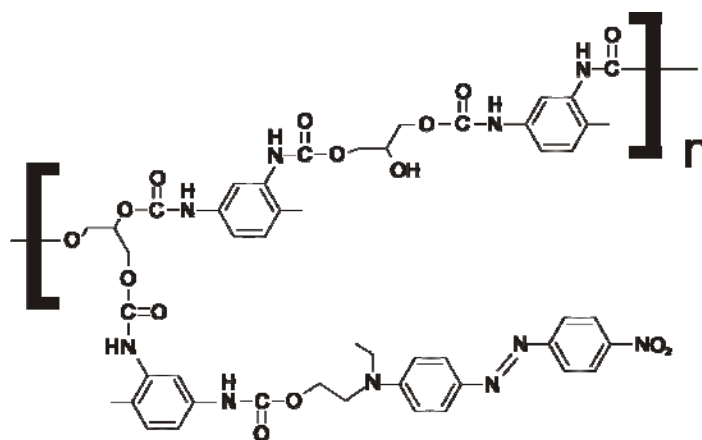
[1] Changliang Zhao, Donghua Chen, Yuhong Yuan, Ming Wu. Materials Science and Engineering B 133 (2006) 200–204

# POLIURETĀNU UN AZO-SAVIENOJUMU POLIMERU SINTĒZE OPTISKAM IERAKSTAM

A. Gerbreders

*Latvijas Universitātes Cietvielu fizikas institūts*

Parādīta jaunā azo-polimēra sintēzes pakāpeniskā metode uz glicerīna, toluilendiizocianāta un Disperse Red 1 bāzes. Šajā polimērā, atšķirībā no tiem, kuri agrāk bija aprakstīti literatūrā, Disperse Red 1 molekulas bija piestiprinātas pie poliuretāna molekulāras ķēdes ar toluilendiizocianāta palīdzību. Polimērs no šķīduma bija uzlikt uz stikla substrātu ar slāņa biezumu 3.7 – 4.0 μm. Tika pētīti plēves transmisijas spektri. Tika salīdzinātas dažādu poliuretāna un akrila nelineāru polimēru optisko azo-savienojumu optikas īpašības.



## THE SYNTHESIS OF POLYURETHANE AND AZO-COMPOUND POLYMER FOR OPTICAL RECORD

A. Gerbreders

*Institute of Solid State Physics, University of Latvia*

The new polyurethane azo-polymers on glycerine, TDI and Disperse Red 1 base was synthesized by step-by-step method. The difference of the polymer from early described NLO azo-polymers is addition of Disperse Red 1 molecules through TDI to main polyurethane chain. Film of the polymer was obtained from solutions in organic solvents on glass substrate. The dry film thickness was in the range of 3,7 – 4.0 μm. The absorption spectrum of the film was studied. Optical properties of different NLO azo-polymers on polyurethane and acrylic base were compared.

## OPTISKAIS IERAKSTS NANODAĻIŅU SUSPENSIJĀS

**E.Palčevskis<sup>1,2</sup>, M.Reinfelde<sup>3,4</sup>, J.Teteris<sup>3,4</sup>**

<sup>1</sup>*RTU Neorgāniskās ķīmijas institūts, <sup>2</sup>SIA PKT*

<sup>3</sup>*Latvijas Universitātes Cietvielu fizikas institūts, <sup>4</sup>SIA Hologramma*

Apskatīti pētījumu rezultāti par optisko ierakstu nanodaļiņu suspensijās, kas tika veikti programmas “Uzņēmējdarbība un inovācijas” 2.1.2.2.1 aktivitātes “Jaunu produktu un tehnoloģiju izstrāde” ietvaros.

Tika pētītas SIA “PKT” ar plazmas metodi sintezētās TiN nanodaļiņas un SIA Hologramma ar ķīmisko metodi iegūtās Au un Ag nanodaļiņas. Nanodaļiņas tika disperģētas organiskos šķīdinātājos un UV fotopolimēros ar stabilizatoru klātbūtni. Pētījumiem tika izmantoti suspensijas slānis ar biezumu 50 – 100 μm starp kvarca plāksnītēm.

Darbā tika pētītas nanodaļiņu suspensiju optiskās īpašības un to izmaiņas 532 nm lāzera starojuma iespaidā. Parādīts, ka spēcīga gaismas intensitātes gradienta iedarbības rezultātā notiek nanodaļiņu pārvietošanās, kas dod iespēju ierakstīt optiskos difraktīvos elementus.

## OPTICAL RECORDING IN NANOPARTICLE SUSPENSIONS

**E.Palčevskis<sup>1,2</sup>, M.Reinfelde<sup>3,4</sup>, J.Teteris<sup>3,4</sup>**

<sup>1</sup>*Institute of Inorganic Chemistry, Riga Technical University, <sup>2</sup>PKT Ltd,*

<sup>3</sup>*Institute of Solid State Physics, University of Latvia, <sup>4</sup>Hologramma Ltd.*

The research on optical recording in nanoparticle suspension systems was performed in the frame of the activity 2.1.2.2.1 “Novel products and technologies” in the programme “Business and innovation”.

The TiN nanoparticles synthesized by plasma method (PKT Ltd.), and Au and Ag nanoparticles synthesized by chemical method (Hologramma Ltd) were studied. The nanoparticles were dispersed in organic solvents and UV photopolymers in the presence of surfactants. The suspension layers between two quartz plates with a distance of 50 – 100 μm were used for the studies.

The optical properties and their changes under 532 nm laser illumination were studied. The lateral transfer of the nanoparticles was observed under influence of the strong optical intensity gradient, enabling the recording of optical diffractive elements.

## HOLOGRĀFISKĀ IERAKSTA ATKARĪBA NO 632.8 nm LĀZERA STARU POLARIZĀCIJAS

**M.Reinfelde**

*Latvijas Universitātes Cietvielu Fizikas Institūts*

Dotajā darbā turpināta HG virsmas reljefa īpašību pētīšana As-S-Se kārtiņās, izmantojot He-Ne lāzeru ar viļņa garumu  $\lambda_1=0,632\mu\text{m}$ . Aplūkoti rezultāti, kas iegūti ierakstā ar savstarpēji perpendikulāri orientētiem s un p virzienā polarizētiem stariem, atkarībā no ierakstošo staru intensitātes, kā arī papildus  $\lambda_2=0,640\mu\text{m}$  apgaismojuma intensitātes un polarizācijas.

Parādīts, ka reljefa dziļums, ko As-S-Se kārtiņās var iegūt pie ieraksta ar viļņa garumu  $\lambda_1=0,632\mu\text{m}$ , ir atkarīgs no starojuma dozas. Ierakstā ar  $\pm 45^\circ$  virzienos polarizētiem stariem iespējams iegūt reljefu pat līdz  $0,9\mu\text{m}$ . Taču, reljefa dziļums, pie kura sasniegta difrakcijas maksimālā efektivitāte ( $DE_{\text{max}} \approx 7\%$ ) režģim, nolasot ar  $\lambda=0,632\mu\text{m}$  ir  $\approx 0,25\mu\text{m}$ . Tas nozīmē, ka, kontrolējot reljefa dziļumu, ir iespējams iegūt virsmas reljefu ar optimālu difrakcijas efektivitāti arī spektra garāko viļņu diapazonā.

## DEPENDENCE OF HOLOGRAPHIC RECORDING ON POLARISATION OF 632.8 nm WAVE BEAM

**M.Reinfelde**

*Institute of Solid State Physics, University of Latvia*

Holographic surface reliefs of As-S-Se films under He-Ne laser wave length  $\lambda_1=0,632\mu\text{m}$  were studied. Results for recording by mutually polarised s-p light beams in dependence of recording light intensity as well of intensity and polarization direction of supplemental  $\lambda_2=0,640\mu\text{m}$  illumination will be presented.

Some results on studies of radiation influence dose on surface relief depth will be shown. For  $\pm 45^\circ$  polarized recoding light beams relief could achieve  $0,9\mu\text{m}$  depth. Although such a depth is not optimal for observing maximum diffraction efficiencies at  $\lambda=0,632\mu\text{m}$  (for  $DE_{\text{max}} \approx 7\%$  relief depth is  $\approx 0,25\mu\text{m}$ ) but it gives a possibility of achieving high surface reliefs by recording at  $\lambda=0,632\mu\text{m}$  with optimum diffraction efficiencies for longer wave lengths.

## KARBOKSILGRUPU SATUROŠU AZOBENZOLU OPTISKIE PĒTĪJUMI PLĀNĀS POLIMĒRA KĀRTIŅĀS

**E.Laizāne<sup>1</sup>, D.Gustiņa<sup>2</sup>, I.Muzikante<sup>1</sup>, A.Vembris<sup>1</sup>**

<sup>1</sup>*Latvijas Universitātes Cietvielu fizikas institūts*

<sup>2</sup>*Organiskās sintēzes institūts*

Jaunu azobenzolu molekulu veidošanā ir nepieciešams izpētīt dažādu grupu ietekmi uz atgriezenisko cis/trans fotoizomerizāciju un, lai palielinātu optiskos procesus, kā arī aptvertu plašāku spektrālo diapazonu.

Pētījumi ir saistīti ar to, ka mēs izmantojam azobenzola molekulas ar dažādām aizvietotājgrupām: telpiskie cikloheksāni, fenil un butil grupas. Darbā apskatīta šo grupu ietekme uz fotoizomerizācijas procesu. Paraugi ar azobenzolu molekulu koncentrāciju no 1 līdz 10 svara procenti polimērā tiek pagatavoti ar „spin coating” metodi. Šo grupu ietekme uz fotoizomerizācijas procesu tiek noteikta no atbildes laika un optiskā absorbcijas izmaiņām apgaismojot paraugu ar dažādiem viļņu garumiem.

## OPTICAL STUDY OF THIN SOLID FILMS WITH AZOBENZENE MOLECULES CONTAINING CARBOXYL GROUPS

**E.Laizane<sup>1</sup>, D.Gustina<sup>2</sup>, I.Muzikante<sup>1</sup>, A.Vembris<sup>1</sup>**

<sup>1</sup>*Institute of Solid State Physics, University of Latvia*

<sup>2</sup>*Latvian Institute of Organic Synthesis*

In the design of a new molecular structure of the azobenzene derivatives we have developed our investigations in the field of modified azobenzene derivatives showing high reversible cis/trans photoisomerization. We have focused our attention on the dependence of the photosensitivity of azobenzene carboxylic acids to variations of the substituents in the sulfonamide moiety.

Several azobenzene derivatives with bulky cyclohexyl, phenyl and butyl groups were chosen to investigate its influence on photoisomerization process. The samples with 1 to 10 wt% azobenzene molecules in polymer matrix were made by spin – coating technique. The group efficiency of photoisomerisation process was studied by the response time and changes of optical absorption of trans band due to the irradiation of different wavelengths.

## KORONAS TRIODES KĀ NLO POLIMĒRU ORIENTĒŠANAS IEKĀRTAS VOLTAMPĒRU RAKSTURLĪKNES

**E. Nitišs, E. Titavs, M. Rutkis, O. Vilišis**  
*Latvijas Universitātes Cietvielu fizikas institūts*

LU CFI Organisko materiālu laboratorijā viens no pētījumu virzieniem ir jaunu, augsti efektīvu polimēru materiālu radīšana, kurus varētu izmantot nelineāri optiskās (NLO) ierīcēs. Lai šādiem polimēru materiāliem piemistu NLO īpašības hromoforus tajos nepieciešams orientēt elektriskā laukā. Viena no populārākajām NLO polimēru orientēšanas metodēm ir orientēšana koronas izlādes radītā laukā. Tika izstrādāta koronas triodes iekārta, ar kuru ir iespējams nodrošināt konstantas orientēšanas spriegumus un strāvas paraugā.

Izstrādājot šo iekārtu par prioritāti tika izvirzīta stabila un atkārtojamu orientēšanas apstākļu nodrošināšana. Nozīmīga loma sistēmas darbībā ir videi, kurā notiek koronas izlāde. Ja koronas izlāde notiek gaisā, mainoties temperatūrai un gaisa mitrumam, mainās pretestība starp tīkliņu un paraugu un līdz ar to orientējošā lauka intensitāte. Koronas izlāde gaisā jonizē skābekli un veidojas ozons, kurš reaģējot ar polimēru materiālu var to degradēt. Šos trūkumus var novērst veicot orientēšanu inertas gāzes plūsmā. Mēs izmantojam slāpekli. Lai novērtētu koronas triodes iekārtas parametrus un optimizētu orientēšanas procesu tika pētītas iekārtas voltampēru raksturlīknes atkarībā no vides (gaiss, N<sub>2</sub> plūsma), tīkliņa – parauga attāluma, tīkliņa ķēdes slodzes pretestības un parauga vadāmības.

### CURRENT – VOLTAGE CHARACTERISTICS OF CORONA TRIODE SETUP FOR NLO POLYMER POLING

**E. Nitišs, E. Titavs, M. Rutkis, O. Vilišis**  
*Institute of Solid State Physics, University of Latvia*

One of the investigation tasks LU ISSP is creation of highly effective polymer materials for non-linear optic (NLO) devices. For creating optical nonlinearities in the polymer material corona discharge poling technique can be applied. For polymer poling purposes we have built a corona triode device which operates in constant grid voltage or current modes. For evaluation and optimization of corona triode parameters, current – voltage characteristics were captured.

One of the most important parameters for the device is the environment in which corona triode operates. We demonstrated that if corona discharge is performed in air the humidity of air changes along with the temperature which causes change in electric resistance between the grid and sample. Moreover, oxygen molecules are ionized thus creating molecules of ozone which can react with the sample by degrading it. To avoid this, a constant flow of nitrogen is applied. Full grid voltage control can be achieved if the grid charging from the corona is prevented. This can be achieved via grounding grid by additional extra load resistance. For further analysis of system performance the I-U characteristics as a function of environment (air, N<sub>2</sub>) parameters, grid – sample distance, grid resistance values and sample conductivity were obtained.

# MATRICU FORMĀLISMA PIELIETOŠANA NOSAKOT PLĀNU ORGANISKU KĀRTIŅU EO KOEFICIENTU AR MAHA ZENDERA INTERFEROMETRU

**E. Nitišs, M. Rutkis, M.Svilāns**

*Latvijas Universitātes Cietvielu fizikas institūts*

LU CFI Organisko materiālu laboratorijā tiek izmantota Maha – Zendera interferometriskā (MZI) metode, ar kuru iespējams noteikt plānas organiskas kārtiņas EO koeficientus un novērtēt tā piemērotību izmantošanai EO modulatoros.

Neskatoties uz to, ka ir zināmas arī citas EO koeficientu noteikšanas metodes, MZI metode izvēlēta, jo ar to iespējams neatkarīgi novērtēt EO koeficientus  $r_{13}$  un  $r_{33}$ , kā arī tai ir liela jutība pret gaismas fāzes izmaiņām parauga plecā. Realizējot šo metodi Organisko materiālu laboratorijā radām apstiprinājumu vairākiem zināmiem šīs metodes trūkumiem [1], kā arī novērojam gaismas daudzkārtējās iekšējās atstarošanās un elektrostrikcijas efektus paraugā, kuri apgrūtina korektu EO koeficientu noteikšanu. Šie efekti ir ļoti nozīmīgi modulācijas dziļumu interpretācijā. Tos iespējams ņemt vērā pielietojot Abes matricu formālismu skaitliski simulējot gaismas intensitātes un fāzes modulācijas dziļumu paraugā atkarībā no gaismas krišanas leņķa un līdz ar to korektāk novērtēt materiāla EO koeficientus. Referātā demonstrēts šādas aproksimācijas pielietojums PMMA+DMABI 5wt% parauga EO koeficientu noteikšanai.

## APPLICATION OF ABES MATRIX FORMALISM FOR DETERMINATION OF THIN ORGANIC FILM EO COEFFICIENTS BY MACH – ZEHNDER INTERFEROMETER

**E. Nitišs, M. Rutkis, M.Svilāns**

*Institute of Solid State Physics, University of Latvia*

At the Laboratory of organic materials of the ISSP we have implemented the Mach – Zehnder interferometric (MZI) method for determination of EO coefficients of thin organic films.

Despite the fact that there are known multiple other optical methods for determination of thin film EO coefficients, MZI method is chosen because that technique has high sensitivity to phase and intensity modulations in the sample arm and allows to determine independently both EO coefficients -  $r_{13}$  un  $r_{33}$ . After realization of this method at the Laboratory of Organic materials we have found several drawbacks described earlier in literature [1]. In addition to those we demonstrate that some other effects like electrostriction and multiple internal reflections in the sample have huge influence on modulation depth values. Taking into account these effects we have performed numerical simulations of the EO modulation depth at different incidence angles using Abes matrix formalism and thus determining EO coefficients of PMMA+DMABI 5wt%.

1. **M. Aillerie, N. Theofanous**, Measurement of the electro-optic coefficients: description and comparison of the experimental techniques, *Appl. Phys. B* 70, (2000), p. 317.–334.

## FIZIKĀLĶĪMISKO ĪPAŠĪBU UN STRUKTŪRAS PĒTĪJUMI ŪDENIM KELVINA ELEKTROSTATISKAJĀ ĢENERATORĀ

**A.Krūmiņa<sup>1</sup>, G.Čikvaidze<sup>2</sup>, J.Kleperis<sup>2</sup>**

<sup>1</sup>*Latvijas Universitātes Fizikas un matemātikas fakultāte*

<sup>2</sup>*Latvijas Universitātes Cietvielu fizikas institūts*

Lords Kelvins 1867.g. izveidoja ūdens strūkļas ģeneratoru, lai demonstrētu Voltas teoriju (kontaktpotenciālu starpības rašanos); bet neizslēdza iespēju, ka ierīce var kalpot arī kā strāvas avots, ja uzkrāj spriegumu, ko dod lādiņi ar dažādām zīmēm. Kelvins arī mīlēja stāstīt, ka negatīvi lādēts ūdens palēnina novecošanos, ir spēcīgs anti-oksidants, noņem apkaļojumu (plaque) no zobiem un ievērojami veicina augu augšanu. Kopumā ūdens ir neitrāls, bet tā sastāvā ir gan pozitīvie, gan negatīvie joni. Kelvina ģeneratorā ūdens no augšējās tilpnes tiek novadīts uz diviem vienādiem noplūdes kanāliem un tek caur metāla induktoriem (gredzeniem) līdz metāla traukiem apakšā. Induktori savienoti katrs ar pretējo metāla trauku zem ūdens strūklām. Nav vēl izskaidrots, kā atdalās pozitīvie lādiņi ūdenī no negatīvajiem, bet tikko noplūdes krāns ir atgriezts, viens no apakšējiem metāla traukiem uzlādējas pozitīvs, bet otrs – negatīvs. Izlaižot noteiktu ūdens daudzumu no ģeneratora, inducētais lādiņš mērīts, skaitot dzirksteļizlādes starp 1 mm attālumā novietotiem elektrodiem, kuri pieslēgti uzlādētajiem traukiem. Mūsu pētījuma mērķis bija noskaidrot, kādas īpašības piemīt ūdenim, kurš uzlādēts ar elektrisko lādiņu Kelvina ģeneratorā. Veikti mērījumi ar dejonizētu, krāna un paskābinātu ūdeni. Novērots, ka uzlādētiem ūdens pilieniem piemīt izteikti spēcīga kodinātāja ietekme uz POM (poliacetāls) polimēru, no kura bija izveidotas ģeneratora dielektriskās detaļas. Uzlādēta ūdens elektroķīmiskās īpašības testētas ar potenciostatu VoltaLab 40, bet struktūras izmaiņas – ar Ramana spektrometru Advantage 785.

## RESEARCH OF STRUCTURE AND PHYSICOCHEMICAL PROPERTIES OF WATER SPLIT BY KELVIN ELECTROSTATIC GENERATOR

**A.Krumina<sup>1</sup>, G.Chikvaidze<sup>2</sup>, J.Kleperis<sup>2</sup>**

<sup>1</sup>*Faculty of Physics, University of Latvia*

<sup>2</sup>*Institute of Solid State Physics, University of Latvia*

Water droplet electrostatic generator was made firstly by Lord Kelvin in 1867 to demonstrate Volta's theory on the contact potential difference. He believed the generator can be used to harvest electricity from atmosphere. Kelvin also told that negatively charged water reduces aging, cleans plaque from teeth and promotes plant growth. We made Kelvin electrostatic generator from POM plastics. Specified amount of water was run through metallic inductors and collected in metallic canisters. Induced charge was measured after the number of discharges between electrodes placed in distance 1 mm. During operation of generator it was observed expressed etching properties or charged water droplets onto POM plastics. Our aim was to find the difference between both waters collected in metallic canisters. Electrochemical properties were tested with potentiostat VoltaLab 40 and structure was investigated with Raman spectrometer Advantage 785.



# NANOŠTRUKTURĒTU PLĀNO TiO<sub>2</sub> KĀRTIŅU FOTOVADĪTSPĒJAS UN FOTOKATALĪTISKĀS AKTIVITĀTES PĒTĪJUMI ŪDENRAŽA IZDALĪŠANAI

**J.Linītis<sup>1</sup>, L.Grīnberga<sup>2</sup>, J.Kleperis<sup>2</sup>**

<sup>1</sup>*Latvijas Universitātes Ķīmijas fakultāte*

<sup>2</sup>*Latvijas Universitātes Cietvielu fizikas institūts*

Viendimensionālas TiO<sub>2</sub> struktūras (nanovadi, nanocaurulītes, nanošķiedras) piesaista arvien lielāku zinātnieku uzmanību, jo šādām nanostrukturām ir liels virsmas laukums un augsts lādiņu pārnese ātrums, salīdzinot ar sfēriskām daļiņām. Lādiņnesēji var brīvi pārvietoties, kas samazina elektronu un caurumu rekombinēšanās iespēju, palielinot fotokatalītiskā ūdenraža izdalīšanas efektivitāti.

Vēl nav atrisināts jautājums, kā strukturētus TiO<sub>2</sub> pārklājumus iegūt uz optiski caurspīdīgas un elektrovadošas pamatnes. Mūsu darbā nanostrukturēti TiO<sub>2</sub> pārklājumi tiek iegūti, elektroķīmiski anodējot metāliska titāna pamatni. Pēc iegūšanas TiO<sub>2</sub> pārklājumi tiek izkarsēti skābekli saturošā atmosfērā piešķirot tiem kristālisku struktūru. Tiek veikti eksperimenti plānu titāna pārklājumu iegūšanai uz stikla pamatnes, kas pārklāta ar vadošu caurspīdīgu ITO kārtiņu, lai pēc tam ar anodēšanas metodi titāna pārklājumu pārvērstu strukturētā TiO<sub>2</sub> kārtiņā. Izmantojot magnetrona izputināšanas metodi līdzstrāvas režīmā, iegūti pirmie TiO<sub>x</sub> pārklājumi. Veikti iegūto pārklājumi fotovadītspējas mērījumi.

*Pateicības:* JL pateicas LU Studentu Padomei un LG ar JK pateicas LZP pētījumu projektam 09.1553 par finansiālu atbalstu.

## RESEARCH OF PHOTOCONDUCTIVITY AND PHOTOCATALYTIC ACTIVITY OF HYDROGEN EVOLUTION ON NANOSTRUCTURED THIN TiO<sub>2</sub> FILMS

**J.Linītis<sup>1</sup>, L.Grīnberga<sup>2</sup>, J.Kleperis<sup>2</sup>**

<sup>1</sup>*Faculty of Chemistry, University of Latvia*

<sup>2</sup>*Institute of Solid State Physics, University of Latvia*

One-dimensional TiO<sub>2</sub> structures (nanowires, nanotubes, nanofibres) are attracting more and more attention of scientists, due to the high specific surface and high charge transfer rate if comparing with spherical particles of TiO<sub>2</sub>. The charge carriers can freely move between these nanostructures that are reducing probability of hole and electron recombination but increasing the efficiency of photocatalytic hydrogen production.

A technology to prepare nanostructured TiO<sub>2</sub> layer onto transparent and conductive substrate is not solved yet. In our work nanostructured TiO<sub>2</sub> coatings are prepared by electrochemical anodation method on titanium foil. The obtained coating is amorphous and further annealing is required to crystallize it. Experiments are done to obtain thin metallic titanium layer onto glass substrate coated with conductive transparent ITO layer with subsequent transformation of metallic Ti into nanostructured TiO<sub>2</sub>. Photoconductivity of nanostructured TiO<sub>2</sub> coatings is measured and preliminary results are discussed.

*Acknowledgements:* JL thanks Students Council of University of Latvia and LG and JG thanks Research Project No. 09.1553 of Latvian Council of Science for financial support.

## PEROVSKĪTU OKSĪDU SINTĒZES METODIKA FOTOKATALIZATORA IZVEIDEI

**L. Grīnberga**

*Latvijas Universitātes Cietvielu Fizikas institūts*

Ūdeņraža iegūšana fotokatalītiskā ceļā ir daudzsološs, tomēr vēl joprojām mazattīstīts ceļš ūdeņraža ekonomikā. Vissvarīgākais nosacījums efektīvai procesa norisei ir pareiza fotokatalizatoru materiālu izvēle un sintēze. Tiem ir jābūt nekorodējošiem, ķīmiski stabiliem, reaģējošiem redzamajā starojuma apgabalā.

Nanozinātne un nanotehnoloģijas paver dažādas iespējas sintezēt nanostrukturētus fotokatalizatorus, kuri ir pietiekoši aktīvi, ar lielu virsmas laukumu un citām pozitīvām īpašībām. Daudzkomponenšu perovskītu tipa oksīdiem, kā piemēram  $ATaO_3$  ( $A=Li, Na, K$ ),  $Sr_2M_2O_7$  ( $M=Nb, Ta$ ),  $A_mB_mO_{3m+2}$  ( $m=4, 5$ ;  $A=Ca, Sr, La$ ;  $B=Nb, Ti$ ),  $RbLnTa_2O_7$  ( $Ln=La, Pr, Nb, Sm$ ) ir piemērota zonu struktūra ūdens sadalīšanai redzamās gaismas diapazonā, jo vadāmības vai valences zonu veidošanā piedalās vairāki elementi.

Darbā apskatītas vairākas perovskītu sintēzes metodes, salīdzinot gan procesa gaitu, gan sarežģītību, gan ekonomiskos aspektus.

*Pateicība:* Paldies Eiropas sociālā fonda projektam Nr. 2009/0202/1DP/1.1.1.2.0/09/APIA/VIAA/141 par finansiālu atbalstu.

## METHODOLOGY OF SYNTHESIS FOR DEVELOPMENT OF PEROVSKITE OXIDE PHOTOCATALYSTS

**L. Grinberga**

*Institute of Solid State Physics, University of Latvia*

Photocatalytic hydrogen production is a promising but still challenging way to the hydrogen economics. The choice and synthesis of a photocatalyst material plays a key role in the effective photocatalytic  $H_2$  production. It should be corrosion resistant, chemically stable, visible light harvesting.

Nanoscience and nanotechnology opens different opportunities in the development of highly active, nanostructured photocatalysts with large surface areas and other positive properties. Multi-component metal oxides with perovskite structures like  $ATaO_3$  ( $A=Li, Na, K$ ),  $Sr_2M_2O_7$  ( $M=Nb, Ta$ ),  $A_mB_mO_{3m+2}$  ( $m=4, 5$ ;  $A=Ca, Sr, La$ ;  $B=Nb, Ti$ ),  $RbLnTa_2O_7$  ( $Ln=La, Pr, Nb, Sm$ ) have suitable band structures for visible light water splitting, since more metal elements can contribute to the construction of valence and/or conduction band.

Different additives and synthesis methods allow adjusting bandgap and band positions. There are several ways of band engineering where the most common ones are: cation doping, valence band modification and solid solution formation.

In this work different methodologies and economical aspects of various synthesis methods for perovskite structures are reviewed.

*Acknowledgement:* Thanks to European Social Fund project Nr. 2009/0202/1DP/1.1.1.2.0/09/APIA/VIAA/141 for financial support.

## PROTONUS UN ELEKTRONUS VADOŠO POLIMĒRU KOMPOZĪTMEMBRĀNAS VADĪTSPĒJAS MĒRĪJUMI

**J.Hodakovska, G.Kučinskis, G.Bajārs, J.Kleperis**  
*Latvijas Universitātes Cietvielu fizikas institūts*

Degvielas šūnas piesaista pētnieku uzmanību jau ilgu laiku, jo ļauj atrisināt vairākas problēmas, kas ir raksturīgas mūsdienās enerģijas izmantošanas ierīcēm, piemēram, kaitīgo izmešu jautājumu. Attīstot degvielas šūnu tehnoloģijas, ir nepieciešamība nodrošināt labu kontaktu starp degvielas šūnas daļām, tajā skaitā membrānu un elektrodiem. Tagad kā membrānas materiālu izmanto polimēru, bet elektrodu pamatmateriāls ir oglekļa audums, piesūcināts ar katalizatora tinti, kas pēc savas struktūras un fizikālķīmiskajām un mehāniskajām īpašībām ir izteikti dažādi materiāli. Izmantojot membrānas materiālu kā pamatu elektrodu materiālam, tas ir, veidojot to uz polimēra bāzes, ir iespējams izveidot degvielas šūnas membrānas-elektrodu sistēmu no līdzīgiem materiāliem.

Darbā prezentēti rezultāti divu polimēru kompozītmateriālam: protonus vadošam poli(ēter-ēter-keton)-am un elektronus vadošam polianilīnam (PANI). Polianilīns nevadošā formā tika pārveidots elektronus vadošā formā ar oksidētāju, pēc tam savienots ar SPEEK polimēru, lai izveidotu elektronus un protonus vadošu membrānu. Vadītspēja noteikta speciālā šūnā, izmantojot 4 platīna elektrodus. Membrānai ar 10 w% PANI vadāmība bija 3-5 reizes mazāka, salīdzinot ar tīra polimēra SPEEK membrānu. Impedances spektros konstatētas divu tipu līknes atkarībā no temperatūras. Pie augstākām temperatūrām spektrā novēro divus procesus, kas abi saistāmi ar jonu pārnesei, bet zemākās temperatūrās novērojami pat trīs procesi, viens no kuriem ir saistīts arī ar elektronu pārnesei.

*Pateicība:* JH pateicas Eiropas sociālajam fondam par finansiālu atbalstu pētījumu veikšanā.

## RESEARCH ON PROTON AND ELECTRON CONDUCTING MEMBRANE CONDUCTIVITY

**J.Hodakovska, G.Kucinskis, G.Bajars, J.Kleperis**  
*Institute of Solid State Physics, University of Latvia*

Fuel cells are of an interest for scientists for quite a long time, because this technology allows avoid several problems, which are typical for energy producing devices today, e.g. environmental unfriendly emission. Developing fuel cell technologies it is necessity to secure good contacts between parts of a membrane-electrode system. Currently proton conductive polymer and carbon cloth are used accordingly as membrane and electrode materials, having quite different structures. To solve this problem, we introduced new electrode material developed on the base of polymer material.

Results are presented for composite membrane made from proton conductive sulfonated poly(ether-ether-ketone) (SPEEK) and electron conductive polyaniline (PANI). PANI from nonconductive form was changed to conductive with oxidizing material and conjugated to SPEEK polymer. Conductivity was measured using special cell with four Pt electrodes. Composite membrane with 10% PANI has 3-5 times lower conductivity as SPEEK membrane. An impedance spectrum at higher temperatures reveals two charge transfer processes, both ionic. Nevertheless at lower temperatures third charge transfer process connected with electrons are observed.

*Acknowledgement:* JH acknowledge European Social Fund for financial support.

## **ŪDEŅRAŽA GĀZES PRODUCĒŠANA EKSPERIMENTĀLĀS TEST-SISTĒMĀS, IZMANTOJOT NOSACĪTI ANAEROBĀS BAKTĒRIJAS UN DAŽĀDUS SUBSTRĀTUS**

**I.Klepere<sup>1</sup>, A.Gruduls<sup>1</sup>, V.Nikolajeva<sup>1</sup>, I.Muižnieks<sup>1</sup>, J.Kleperis<sup>2</sup>**

<sup>1</sup>*Latvijas Universitātes Bioloģijas fakultāte*

<sup>2</sup>*Latvijas Universitātes Cietvielu fizikas institūts*

Ūdeņraža gāzi var iegūt fermentācijas procesā, baktērijām sadalot organiskas vielas anaerobos apstākļos. Lai atrastu piemērotāko un efektīvāko baktēriju kultūru, kuru varētu izmantot laboratorijas mēroga bioreaktoru sistēmā ūdeņraža ražošanai, nepieciešams veikt dažādu ūdeņraža producentu, kā arī substrātu analīzi. Pētnieciskajā darbā tika izmantotas divas eksperimentālās sistēmas (šķidrās un gāzes fāzes mērījumiem, kā arī kvantitatīvā daudzuma noteikšanas mērījumiem). Izmantojot tumsas fermentācijas režīmus, tikai veiktas pārbaudes ar nosacīti anaerobiem mikroorganismiem – dažādu sugu un celmu baktērijām - lai noskaidrotu ūdeņraža veidošanās daudzumu un ātrumu, izmēģinot dažādus substrātus un variējot ar to koncentrācijām. Lai noteiktu kāda ir ūdeņraža parciālā spiediena ( $p_{H_2}$ ) ietekme uz ūdeņraža gāzes veidošanās procesu, veiktas pārbaudes ar dažādām šķidrums un gāzes attiecībām.

## **BIOLOGICAL HYDROGEN PRODUCTION BY DIFFERENT FACULTATIVELY ANAEROBIC BACTERIA USING VARIOUS SUBSTRATES IN EXPERIMENTAL TEST-SYSTEMS**

**I.Klepere<sup>1</sup>, A.Gruduls<sup>1</sup>, V.Nikolajeva<sup>1</sup>, I.Muižnieks<sup>1</sup>, J.Kleperis<sup>2</sup>**

<sup>1</sup>*University of Latvia, Biology Faculty*

<sup>2</sup>*Institute of Solid State Physics, University of Latvia*

Hydrogen gas is produced during the fermentation process of bacteria in anaerobic conditions. It is necessary to analyze various hydrogen producers and substrates in order to find the most effective and suitable bacterial culture for usage in laboratory scale bioreactor system. Two systems were used in the experimental work (for dissolved and gaseous hydrogen measurements, as well as for quantitative measurements of hydrogen yield). Analyses with facultatively anaerobic microorganisms – different species and strains of bacteria – were done by using dark fermentation conditions with various substrates and different substrate concentrations in order to observe hydrogen gas production rate and yield. Influence of partial pressure of hydrogen ( $p_{H_2}$ ) was investigated by cultivating the strains in experimental bottles with various liquid to gas ratios.

# **METĀNA GĀZES IEGŪŠANA EKSPERIMENTĀLAJĀS SISTĒMĀS AR METANOĢĒNAJĀM BAKTĒRIJĀM, VEICOT GĀZES IZNĀKUMA PALIELINĀŠANU AR ŪDEŅRAŽA PRODUCENTU SARAŽOTĀS GĀZES PIEVADĪŠANU**

**I.Dirnēna<sup>1</sup>, A.Gruduls<sup>1</sup>, I.Klepere<sup>1</sup>, I.Muižnieks<sup>1</sup>, J.Kleperis<sup>2</sup>**

<sup>1</sup>*Latvijas Universitātes Bioloģijas fakultāte*

<sup>2</sup>*Latvijas Universitātes Cietvielu fizikas institūts*

Dabā organisko vielu anaerobās noārdīšanas laikā acetātu oksidējošās un ūdeņradi producējošās baktērijas veido sintrofas attiecības ar ūdeņradi izmantojošajām metanogēnajām baktērijām. Anaerobā vidē, kas satur sulfātus, metanogēnās baktērijas konkurē ar sulfātreducētājām, kas arī izmanto ūdeņradi. Lai palielinātu metāna iznākumu, ir jāoptimizē vides apstākļi, jo tie ietekmē mikroorganismu populāciju dinamiku.

Pētījuma mērķis ir pierādīt, ka, metāna gāzi veidojošajām baktērijām papildus pievadot ūdeņraža producentu saražoto gāzi, saražotais metāna gāzes daudzums palielinās. Galvenais uzdevums ir izveidot efektīvu metāna gāzes iegūšanas un savākšanas metodi, kuru varētu izmantot fermentācijas bioreaktorā, veicot dažādu substrātu, vides apstākļu (temperatūra, pH), gāzu (CO<sub>2</sub>, H<sub>2</sub>S, CH<sub>4</sub>, H<sub>2</sub>) daudzuma un tehnoloģisko rādītāju ietekmes izpēti, kā arī izveidot fermentācijas bioreaktora prototipu metāna gāzes ražošanai, kurā laiž cauri ūdeņraža baktēriju saražoto gāzi, lai palielinātu saražotās metāna gāzes daudzumu.

## **METHANE GAS PRODUCTION INCREASEMENT IN EXPERIMENTAL TEST SYSTEMS WITH METHANOGENIC BACTERIA BY ADDING HYDROGEN BACTERIA PRODUCED GAS**

**I.Dirnēna<sup>1</sup>, A.Gruduls<sup>1</sup>, I.Klepere<sup>1</sup>, I.Muižnieks<sup>1</sup>, J.Kleperis<sup>2</sup>**

<sup>1</sup>*University of Latvia, Biology Faculty*

<sup>2</sup>*Institute of Solid State Physics, University of Latvia*

In nature, anaerobic degradation of organic matter during acetate oxidation and hydrogen-producing bacteria form syntrophic ratio of hydrogen are spent methanogenic bacteria. Anaerobic environment containing sulphate, methanogenic bacteria compete with sulphatreduced as well as hydrogen. To increase the outcome of methane, the optimization of environmental conditions as they affect the population dynamics of microorganisms.

The study aims to demonstrate that the methane gas forming bacteria in addition to leading the production of hydrogen gas production, the production of methane gas amount increases. The main challenge is to establish an effective methane gas extraction and collection methods that could be used in the fermentation bioreactor, the various substrates, environmental conditions (temperature, pH), gases (CO<sub>2</sub>, H<sub>2</sub>S, CH<sub>4</sub>, H<sub>2</sub>) and quantitative indicators of technological impact studies, as well as the construction of fermentation bioreactor prototype for production of increased amount of methane gas passing through the hydrogen produced by bacteria.

## ANOLĪTA UN KATOLĪTA ŪDENS ATŠĶIRĪBU MEKLĒJUMI FIZIKĀLĶĪMISKAJĀS UN STRUKTŪRAS ĪPAŠĪBĀS

T.Liepiņš<sup>1</sup>, L.Lāže<sup>1</sup>, A.Reinholde<sup>1</sup>, S.Vinogradovs<sup>1</sup>, J.Kleperis<sup>2</sup>

<sup>1</sup>*Rīgas valsts 1. ģimnāzija*

<sup>2</sup>*Latvijas Universitātes Cietvielu fizikas institūts*

Ūdens vai ūdens šķīdumu elektrolīzē attiecīgi pie anoda un katoda rodas anolīts (*anoda šķīdums*) un katolīts (*katoda šķīdums*), kurus var atdalīt, ja anods un katods elektrolīzes šūnā ir atdalīti ar jonu apmaiņas membrānu. Ar hlora joniem bagātinātu anolītu izmanto dezinfekcijai, bet vāju katolītu sauc par „dzīvo ūdeni” un izmanto gan medicīnā, gan lauksaimniecībā. Mūs ieinteresēja anolīts un katolīts, ko var iegūt no parasta dzeramā ūdens vai arī dejonizēta ūdens. Zinātniskajā literatūrā šādiem pētījumiem veltīts daudz diskusiju, un izteikti atšķirīgi viedokļi par anolīta, katolīta un parastā ūdens struktūras un sastāva īpatnībām.

Anolīta un katolīta iegūšanai mēs izveidojām vairākas ierīces. Lielāka daudzuma aktivētā ūdens iegūšanai plastikāta trauks tika sadalīts divos telpumos ar membrānu MK-40 un spriegums (iztaisnots 220V tīkla spriegums) pievadīts ar diviem nerūsējošā tērauda elektrodiem paralēlu plāksņu veidā 5 cm attālumā no membrānas. Otra šūna tika veidota ar apaļiem tērauda elektrodiem, kuri novietoti 1-2 mm attālumā no MK-40 membrānas. Ar šo šūnu tika pētīts ūdens aktivācijai optimālais spriegums, kā arī anoda un katoda telpu šķīdumu īpašību izmaiņas veidošanās procesā. Ramana un infrasarkanās spektroskopijas metodes tika izmantotas, lai analizētu anolīta un katolīta struktūru.

## SEARCH FOR DIFERENCE IN PHYSICOCHEMICAL AND STRUCTURAL PROPERTIES OF CATHOLYTE AND ANOLYTE WATER

T.Liepins<sup>1</sup>, L.Laze<sup>1</sup>, A.Reinholde<sup>1</sup>, S.Vinogradovs<sup>1</sup>, J.Kleperis<sup>2</sup>

<sup>1</sup>*Riga State Gymnasium No. 1*

<sup>2</sup>*Institute of Solid State Physics, University of Latvia*

In the process of water or aqueous solution electrolysis the two different solutions are formed – accordingly anolyte (anode solution) and catholyte (cathode solution), which may be separated if the anode and cathode compartments in the electrolysis cell are separated by ion-exchange membrane. Anolyte solution enriched with chlorine ions is used as sterilizer in medicine, but a weak catholyte solution is called the "living water" and is used in both medicine and agriculture. In this work we tried to understand the difference between the anolyte and catholyte obtained from the normal drinking water or deionized water. There are lot of discussions different interpretations on the anolyte and catholyte structure and composition in scientific literature.

We made two different devices to produce structured water or anolyte and catholyte. To synthesize larger amount of activated water the cell with two compartments was made, separated with ion exchange membrane MK-40 and powered with rectified 220 V DC using two steel plates (5 cm apart from membrane). Second cell was made with two round steel electrode plates close to membrane (distance 1-2 mm) and separate vessels to collect anolyte and catholyte solutions. Threshold potential was determined from volt-ampere curves and the change of potential was measured during water structuring process. Raman and infrared spectroscopic methods were used to investigate the difference between anolyte, catholyte and normal water structures.

## KONCEPCIJA VERTIKĀLĀS ASS VĒJA TURBĪNAI, KAS RAŽO SILTUMU

**M. Meiers<sup>1</sup>, R. Rozenvalds<sup>1</sup>, B. Dage<sup>1</sup>, I. Dirba<sup>2</sup>**

<sup>1</sup>*Jelgavas Valsts ģimnāzija*

<sup>2</sup>*Latvijas Universitātes Cietvielu fizikas institūts*

Vēja turbīnas nereti tiek uzstādītas tieši ar mērķi iegūt papildus siltumu, taču esošie risinājumi nepiedāvā tiešu vēja mehāniskās enerģijas pārveidošanu siltuma enerģijā. Tipisks risinājums ir tāds, ka vēja enerģijas mehāniskā enerģija tiek pievadīta maiņstrāvas elektroģeneratora vārpstai, kur tā tiek pārveidota elektroenerģijā. Tad saražotā elektroenerģija no mainīgas frekvences un sprieguma tiek pārveidota saimnieciski izmantojamā, piemēram, 220V 50HZ elektrībā, izmantojot invertoru. Tad ar šo 220V 50HZ elektroenerģiju tiek darbināts sildītājs, boilers u.c. ierīces siltuma enerģijas iegūšanai. Katrs no iepriekš minētajiem posmiem, protams, ir saistīts ar enerģijas zudumiem, kā arī atbilstošo ierīču izgatavošanas izmaksām. Tādējādi ir redzams, ka tiešā vēja enerģijas pārvēršana siltuma enerģijā bez iepriekš uzskaitītajiem starposmiem teorētiski ļautu sasniegt augstāku iekārtas lietderības koeficientu, kā arī samazinātu iegūtā siltuma izmaksas.

Darbā tiek pētīti divi tiešas vēja mehāniskās enerģijas pārveides siltuma enerģijā mehānismi, izmantojot eļļas siltummaini un mainīgu magnētisko lauku (attiecīgi siltums tiek iegūts frikcijas ceļā, un atbilstoši Džoula – Lenca likumam). Tiek veidots prototips Fuko strāvu siltuma ģeneratoram, t.i., ja mainīgā magnētiskā laukā, ko šajā gadījumā radīs pastāvīgie magnēti, kas pievienoti vēja turbīnas rotoram, ievieto vadošu ķermeni, tad ķermenī inducēsies virpuļaina rakstura elektriskais lauks, kas izraisīs sekundārās strāvas, kurām atbilstošie elektriskās strāvas tilpuma blīvuma vektori  $j$  arī būs ar virpuļainu raksturu, un atbilstošās strāvas līnijas būs noslēgtas vadošā ķermeņa iekšpusē. Šīs Fuko strāvas tad arī paaugstinās vadošā ķermeņa temperatūru.

## CONCEPTION OF VERTICAL AXIS WIND TURBINE WHICH PRODUCES HEAT

**M.Meiers<sup>1</sup>, R.Rozenvalds<sup>1</sup>, B.Dage<sup>1</sup>, I.Dirba<sup>2</sup>**

<sup>1</sup>*Jelgava State Gymnasium*

<sup>2</sup>*Institute of Solid State Physics, University of Latvia*

Wind turbines are often used to obtain the additional heat, but the existing solutions do not offer direct wind mechanical energy transformation into heat energy. Typical application is next;

the wind mechanical energy is supplied to an AC electric generator shaft, where it is converted into electricity. Then the electricity produced (variable frequency and voltage) is converted into commercially usable, for example, 220V 50Hz electricity by using the inverter. Next, with this 220V 50Hz electricity the heater, boiler, etc. heating device is powered. Each of the steps above, of course, causes power losses, as well as extra manufacturing costs. Thus, it appears that the direct wind mechanical energy transformation into heat energy without the steps listed above would theoretically result in higher plant efficiency and reduced costs.

In our research we analyses two mechanisms of direct wind energy conversion into heat energy: the oil based heat exchanger (basically heat is produced through friction process), and using alternating magnetic field (heat is produced in accordance with the Joule - Lenz's Law). Prototype device is built up to use Foucault currents for heat generation. That is, if in a variable magnetic field, which in this case will be caused by permanent magnets, a conducting body is placed, in the volume of it an electric field will be induced, thus causing the vortices currents, with the electric current density vectors  $j$ . These Foucault currents will increase the temperature of conductive body.

## REZERVES AKUMULATORU KONTROLES UN UZLĀDES IERĪCE

**A.Kristiņš, J.Melderis**

*Latvijas Universitātes Cietvielu fizikas institūts*

Šī ierīce ir paredzēta rezerves barošanas akumulatoru kontrolei un uzlādei un var tikt izmantota dažādos pielietojumos, piemēram, ilgstoši neizmantotas automašīnas akumulatora uzturēšanai darba kārtībā.

Ierīce ir konstruēta uz mūsdienu elektronikas elementu bāzes, kas ļāva to izveidot kompaktāku par pieejamām līdzīga profila iekārtām. Impulsu regulators LM2576T ļauj nodrošināt nepieciešamo uzlādes strāvu pie jaudas mazas izkliedes uz regulatora, kā arī nelielu enerģijas patēriņu gaidīšanas režīmā. Uzlādes ieslēgšanas/izslēgšanas histerēzi var regulēt ar diviem Šmita trigeriem integrālā izpildījumā. Par uzlādes režīma ieslēgšanu informē gaismas indikācija.

Izgatavotās ierīces šobrīd ir pielietotas CFI liftu rezerves barošanas akumulatoru kontrolei un uzlādei.

## DEVICE FOR MONITORING AND CHARGING OF RESERVE ACCUMULATORS

**A.Kristiņš, J.Melderis**

*Institute of Solid State Physics, University of Latvia*

This device is provided for monitoring and charging of reserve accumulators and can be used for different applications, for example for optimal standby mode of accumulator if car is not used for long time period.

The device is designed on base of modern electronic elements, therefore this device is more compact than most similar devices. Switch mode regulator LM2576T ensures necessary charge current with low power dissipation on regulator and with low power consumption in standby mode. Charging on/off hysteresis can be adjusted by two Schmitt triggers. Charging mode has light indication.

Produced devices are used for monitoring and charging of ISSP lifts reserve accumulators.



## JUVELIERU IZSTRĀDĀJUMU VITRĪNU VADĪBAS IEKĀRTA

**I.Gvardina, A.Kristiņš, J.Melderis**

*Latvijas Universitātes Cietvielu fizikas institūts*

Iekārta paredzēta juvelierizstrādājumu vitrīnu vadībai (atvēršanai un aizvēršanai) ar ārēji neredzamiem vadības līdzekļiem. Speciāli izgatavotās strāvu nevadoša materiāla vitrīnas aprīkotas ar pneimatisku piedziņu, kuru vada procesors. Tikai pārdevējiem zināmās vietās aiz vitrīnas sienas izvietoti *Proxy* karšu lasītāji. Pietuvojot tādai vietai *Proximity* karti lasītājs caur vitrīnas sienu nolasa kartes kodu, nosūta to procesoram un, ja kods ir pareizs, tad procesors dod pneimatiskajai piedziņai komandu atvērt vitrīnu. Vitrīnas aizvēršanai karte jāpietuvina lasītājam vēlreiz. Karte izgatavota breloka veidā.

Vairākas tādas iekārtas izgatavotas un uzstādītas objektos pēc Ansona mēbeļu fabrikas pasūtījuma.

## CONTROLLING DEVICE FOR JEWELRY SHOWCASE

**I.Gvardina, A.Kristiņš, J.Melderis**

*Institute of Solid State Physics, University of Latvia*

The device is intended for opening and closing of jewelry showcases with managing units invisible from the outside. Specially made showcases are from a material not conducting a current. This showcases equip with a pneumatic drives operated by processor. Proxy card readers are placed behind a showcase wall in places, known only to sellers. Proxy cards have the form of a pendant. They are read through a showcase wall.

Many such devices are made and established on objects by the order of Anson's furniture factory.

## ZERNIKES KOEFICIENTU ATKARĪBA NO DAŽĀDOS SPEKTRĀLOS APGABALOS IZRAUDZĪTIEM ATSKAITES STĀVOKĻIEM

V. Karitāns<sup>1</sup>, M. Ozoliņš<sup>1,2</sup>, S. Fomins<sup>1</sup>

<sup>1</sup>*Latvijas Universitātes Cietvielu Fizikas institūts*

<sup>2</sup>*Latvijas Universitātes Fizikas un Matemātikas fakultāte*

Aberāciju korekcijai ar adaptīvās optikas palīdzību nepieciešams atskaites stāvoklis. Ideālā gadījumā kā atskaites stāvoklis tiek izraudzīta punktu kopa, ko veido viļņa fronte, kuras sākums ir vienas modas šķiedras gals un kas pēc lūšanas asfēriskā lēcā veido kolimētu kūli. Tā kā Šaka-Hartmana sensora optikai ir iespējama hromatiskā dispersija, tad, neraugoties uz to, ka kūlis ir kolimēts, pastāv iespēja, ka dažāda viļņa garuma starojums rada atšķirīgu atskaites stāvokli.

Atskaites stāvokļi tika iegūti, asfēriskās lēcas vietā izmantojot sfērisku lēcu. Atskaites stāvokļi tika iegūti viļņa garumiem 473 nm, 532 nm un 670 nm. Aberācijas tika mērītas gan -3,25 D sfēriskai lēcai, gan arī AsSeS plānā kārtiņā, kam izveidots noteikts aberāciju profils. Pirms aberāciju mērīšanas tika kompensētas optiskās sistēmas aberācijas, izmantojot deformējamu spoguli.

Iegūtajos rezultātos redzamas minimālas viļņa frontes vidējās kvadrātiskās kļūdas (RMS) svārstības atkarībā no izvēlētā atskaites stāvokļa. Minimālā RMS vērtība tika iegūta centrālajam viļņa garumam (532 nm), bet virzienā uz jebkuru spektra galu pieauga. Rezultāti varētu būt skaidrojami ar konverģences/diverģences pakāpi viļņa fronteī, kas krīt uz mikrolēciņu matricu Šaka-Hartmana viļņa frontes sensorā.

## DEPENDENCE OF MEASURED ZERNIKE TERMS ON THE REFERENT STATE TAKEN AT DIFFERENT REGIONS OF SPECTRUM

V. Karitans<sup>1</sup>, M. Ozolinsh<sup>1,2</sup>, S. Fomins<sup>1</sup>

<sup>1</sup>*Institute of Solid State Physics, University of Latvia*

<sup>2</sup>*Faculty of Physics and Mathematics, University of Latvia*

For correction of optical aberrations with adaptive optics a referent state must be defined. Ideally, the referent state is a pattern of points formed by a wavefront originating from an end of a single-mode fibre and being refracted in an aspheric lens so that a collimated beam is formed. Optical components of a Shack-Hartmann wavefront sensor have some degree of chromatic dispersion. Thus even a collimated beam may give rise to different referent states.

The referent states were obtained by using a spherical lens instead of an aspherical lens. The referent states were obtained at 473 nm, 532 nm and 670 nm. The aberrations were measured both for a -3,25 D spherical lens and for an AsSeS thin film with a certain aberration profile. Before measuring the aberrations of the lens and the thin film the inherent aberrations of the optical system were corrected with a deformable mirror.

Minimal fluctuations of the root-mean-square value of the wavefront depending on the referent state were observed. The minimal RMS value was obtained when measuring aberrations at the wavelength 532 nm and increased when moving towards to either end of the spectrum. The results could be explained by convergence/divergence of the wavefront falling on the microlens array of the Shack-Hartmann wavefront sensor.

## BERILIJA LODIŠU STRUKTŪRU RAKSTUROJUMS

I. Vītiņa<sup>1</sup>, G. Ķizāne<sup>2</sup>, V. Belmane<sup>1</sup>

<sup>1</sup> *Rīgas Tehniskās universitātes Neorganiskās ķīmijas institūts*

<sup>2</sup> *Latvijas Universitātes Ķīmiskās fizikas institūts*

Beriliju izmanto par neitronu palēninātāju kodolu dalīšanās reaktoros un ir paredzēts to lietot nākotnes kodolsintēzes reaktoros par plazmas saskares materiālu vakuuma kameras pirmajai sienai un blanketa zonā par neitronu pavairotāju, lai atražotu pietiekošā daudzumā tritiju. Reaktora darbības apstākļos rodas un uzkrājas gan tritījs, gan hēlijs. Abu gāzu izdalīšanās ir apgrūtināta un lielākā daļa tritija uzkrājas berilija materiālos. Kodolsintēzes reaktoru blanketa zonā beriliju izmantos lodīšu formā. Lodīšu lielumam, grauda izmēram, mikrostruktūrai, piemaisījumu veidam un daudzumam ir liela ietekme uz tritija izdalīšanos, tā aizturi, kā arī uz lodīšu uzbriešanu apstarošanas procesā [1,2]. Dotajā darbā pētītas 2 veidu lodītes, no kurām viena veida lodītes ir ar 1 un 2 mm diametru, otra veida lodītes ar 1 mm diametru. Katras atsevišķas pētītās lodītes pulētos šķēsgriezumos nosaka berilija un ieslēgumu graudus, poras un plaisas. Speciālus kodinātājus izmanto ieslēgumu graudu raksturošanai. Lodīšu pētīšanai izmanto mikroskopiju, rentgendifraktometriju un rentgenfluorescento analīzes metodi. Berilija lodīšu struktūru fiksē uz augstas jutības filmas. Iegūtie rezultāti parāda, ka visas trīs veidu lodītes ir ļoti atšķirīgas. Darbā noteikts, ka lodītes satur gan dendrītu, gan adatveida, gan sfēriskus ieslēgumus, kuri ir iesākums plaisām. Ieslēgumi ir nitrīdi, gan silīciju, alumīniju, dzelzi un molibdēnu saturoši savienojumi. Berilija graudi ir dažādi orientēti, to izmērs robežās 20-200 μm.

Atsauces: [1] F. Scaffidi-Argentina, H. Werle, Fusion Technology 1996, 1431-1434 (1997).

[2] A. Vitins, V. Zubkovs, G. Kizane et al, Fusion Sci. Technol. In press (2011).

## CHARACTERIZATION OF STRUCTURE OF BERYLLIUM PEBBLES

I. Vītiņa<sup>1</sup>, G. Ķizāne<sup>2</sup>, V. Belmane<sup>1</sup>

<sup>1</sup> *Institute of Inorganic Chemistry, Riga Technical University*

<sup>2</sup> *Institute of Chemical Physics, University of Latvia*

Beryllium is used as a neutron moderator in some fission reactors and is foreseen both as a plasma facing material of a first wall for a vacuum vessel and as a neutron multiplier to ensure sufficient tritium breeding of a future fusion reactor. Tritium and helium are produced in beryllium materials under exploitation conditions of the reactors. Releases of both gases are difficult and a large part of tritium is retained in the beryllium. Beryllium in a form of pebbles will be used in a blanket zone of a fusion reactor. Size of pebbles, grain size, porosity, impurities and microstructure have important role on tritium release, retention and swelling of the pebbles [1, 2]. In this study we report on microstructure of two grades of unirradiated beryllium pebbles, two batches with diameter 1 mm and one batch with diameter 2 mm produced by Nippon Gaishi Co. A separate pebble was polished and etched for analysis of microstructure. The beryllium pebbles had been investigated by means of metallographic microscopy and by fixing a structure by high sensitivity 30 Megapixel film, X-ray diffraction and fluorescence methods. This work showed that all three batches of the pebbles are uniform, the pebbles differ each from other in impurity inclusion level. It has been determined that inclusions have dendrite, needle shape and spherical forms; have sites containing elemental nitrides, silicon, iron, molybdenum, aluminium. The grain size of beryllium is 20-200 μm and they are oriented different.

References: [1] F. Scaffidi-Argentina, H. Werle, Fusion Technology 1996, 1431-1434 (1997).

[2] A. Vitins, V. Zubkovs, G. Kizane et al, Fusion Sci. Technol. In press (2011).

## TRITIJA SADALĪJUMA SALĪDZINĀJUMS DAŽĀDĀS NEITRONOS STAROTĀS BERILIJA LODĪTĒS

**V. Zubkovs, A. Vītiņš, G. Ķizāne, E. Pajuste, A. Matīss**  
*Latvijas Universitātes Ķīmiskās fizikas institūts*

Beriliju lodīšu formā paredzēts izmantot kā neitronu pavairotāju kodolsintēzes reaktora ar hēliju dzesēta blanketa moduļu dizainā HCPB (European Helium-Cooled Pebble Bed). Kodolreakcijās ar neitroniem berilijā rodas ūdeņraža radioaktīvais izotops tritījs. Tritīja veidošanās un uzkrāšanās berilijā ir nevēlama blanketa moduļu darbības laikā drošības un tehnoloģijas apsvērumu dēļ. Darbā veiktie pētījumi sniedz iespēju labāk saprast un izskaidrot tritīja uzvedību neitronos starotās berilijā lodītēs. Pētījuma mērķis ir izprast un prognozēt gāzveida tritīja kustību un sadalījumu lodītes tilpumā kodolsintēzes reaktora ekspluatācijas laikā.

Darbā ir salīdzinātās berilija lodītes starotas neitronu plūsmā eksperimentā BERYLLIUM un PBA (Pebble Bed Assembly) Augstas Plūsmas Reaktorā Pettenā, Nīderlandē. Pētītajās lodītēs ir noteikti apgabali, kuros tritīja uzkrāšanās ir stipri lielāka salīdzinot ar vidējo tritīja sadalījumu lodītes tilpumā. PBA eksperimentā starotās lodītēs tritījs ir koncentrējies tehnoloģiskajā dobumā, kurš atrodas lodītes centrā vai tuvu tam, savukārt pārējā lodītes daļā tritījs ir sadalīts vienmērīgi. BERYLLIUM eksperimentā starotajām lodītēm tritīja koncentrācija pakāpeniski samazinās virzienā no centra uz virsmu.

## COMPARISON OF TRITIUM DISTRIBUTION IN THE DIFFERENT NEUTRON IRRADIATED BERYLLIUM PEBBLES

**V. Zubkovs, A. Vītiņš, G. Ķizāne, E. Pajuste, A. Matīss**  
*Institute of Chemical Physics, University of Latvia*

In the design of the European Helium-Cooled Pebble Bed (HCPB) Blanket, beryllium in the form of pebble is foreseen as a solid neutron multiplier. Tritium inventory in the beryllium as a result of neutron-induced transmutations is a significant safety and technological issue for the operation of the breeding blanket. Study for a better understanding and characterisation of the behaviour of tritium in irradiated beryllium pebbles is being carried out in this research, with the aim to enable a prediction of gas motion and distribution in the bulk of pebble in the operating of a Fusion Power Reactor.

In this study, beryllium pebbles from neutron irradiation experiments: BERYLLIUM and PBA (Pebble Bed Assembly) have been compared. The sectors with huge amount of tritium in comparison with the average tritium distribution in the bulk of pebble have been determined. In the PBA specimens large fraction of tritium is accumulated in the technological hole located in the center part of the pebbles. Therewith, tritium distribution in other parts of pebble is more even, in contrary with analyzed specimens from the BERYLLIUM irradiation experiment where tritium concentration is decreasing gradually in the direction from the center of pebble to the surface.

## LITIJA ORTOSILIKĀTA NANOPULVERU IZMAIŅAS MITRUMA IETEKMĒ

A. Zariņš<sup>1</sup>, G. Ķizāne<sup>1</sup>, B. Leščinskis<sup>1</sup>, L. Avotiņa<sup>1</sup>, A. Bērziņš<sup>2</sup>, I. Šteins<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Latvijas Universitātes Ķīmiskās fizikas institūts

<sup>2</sup>Latvijas Universitātes Ķīmijas fakultāte

<sup>3</sup>Rīgas Tehniskās universitātes Neorganiskās ķīmijas institūts

Li<sub>4</sub>SiO<sub>4</sub> nanopulveris ir materiāls ar plašām perspektīvām, gan kā CO<sub>2</sub> sorbents, gan kā tritiju ģenerējošā keramika kodolsintēzes reaktoros. Pētnieciskā darba mērķis ir noteikt plazmā sintezētu stehiometrisko un nestehiometrisko Li<sub>4</sub>SiO<sub>4</sub> nanopulveru sastāva izmaiņas atkarībā no termiskās apstrādes un gaisa mitruma, pamatojoties uz termogravimetrijas un rentgendifraktometrijas metožu rezultātiem. Ilgstoši uzglabājot Li<sub>4</sub>SiO<sub>4</sub> sintezētos nanopulveru paraugus istabas temperatūrā eksikatorā ar 10-12% mitrumu, tie satur līdz 7% gan H<sub>2</sub>O, gan CO<sub>2</sub>. Nanopulveru rentgendifraktogrammās redzami Li<sub>4</sub>SiO<sub>4</sub>, LiOH, Li<sub>2</sub>SiO<sub>3</sub> un Li<sub>2</sub>CO<sub>3</sub> refleksi. Abus nanopulverus izkarsē 600°C

2 h un šādos termiski apstrādātos paraugos CO<sub>2</sub> un H<sub>2</sub>O (<1%) daudzums ir nebūtisks. Rentgendifraktogrammās novēro tikai Li<sub>4</sub>SiO<sub>4</sub> un Li<sub>2</sub>SiO<sub>3</sub> refleksus. Nanopulveru sastāva izmaiņas pētīja pēc paraugu izturēšanas istabas temperatūrā 258 h 10,5% mitruma atmosfērā. Stehiometriskajā nanopulverī sorbējas 15% un nestehiometriskajā tikai 11% gan CO<sub>2</sub>, gan H<sub>2</sub>O kopā, savukārt 77,6 % mitruma klātienē sorbējas 32 un 28% H<sub>2</sub>O un CO<sub>2</sub>. Adsorbcijas gaitā palielinās Li<sub>2</sub>SiO<sub>3</sub>, LiOH un Li<sub>2</sub>CO<sub>3</sub>, bet samazinās Li<sub>4</sub>SiO<sub>4</sub> koncentrācija.

## CHANGES OF NANOPOWDERS OF LITHIUM ORTHOSILICATE UNDER ACTION OF MOISTURE

A. Zarins<sup>1</sup>, G. Kizane<sup>1</sup>, B. Lescinskis<sup>1</sup>, L. Avotina<sup>1</sup>, A. Berzins<sup>2</sup>, I. Steins<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Institute of Chemical Physics, University of Latvia

<sup>2</sup>Department of Chemistry, University of Latvia

<sup>3</sup>Institute of Inorganic Chemistry, Riga Technical University

Nanopowders of Li<sub>4</sub>SiO<sub>4</sub> are very perspective materials as well sorbent of CO<sub>2</sub> as well as fusion reactors tritium breeding material. Aim of the research was to determine changes of composition of stehiometric and nonstehiometric nanopowders of lithium orthosilicate under heat treatment and action of moisture on the ground of thermal gravimetric and x-ray diffraction analysis. Nanopowders of Li<sub>4</sub>SiO<sub>4</sub> synthesized by plasma technology and protractedly holded at room temperature with moisture 10–12% contained 7% of H<sub>2</sub>O and CO<sub>2</sub>. Reflexes of Li<sub>4</sub>SiO<sub>4</sub>, LiOH, Li<sub>2</sub>SiO<sub>3</sub> and Li<sub>2</sub>CO<sub>3</sub> were observed in x-ray diffractograms of the nanopowders. Both nanopowders of lithium orthosilicate were heated 2 h at 600°C temperature and after thermal treatment of the nanopowders concentration of CO<sub>2</sub> and H<sub>2</sub>O decreased up to 1%. Only reflexes of Li<sub>4</sub>SiO<sub>4</sub> and Li<sub>2</sub>SiO<sub>3</sub> were observed in the x-ray diffractograms. Changes of structure of nanopowders were investigated after 258 h action of 10.5 and 77.6 % of moisture at room temperature. At 10.5 % of moisture stehiometric nanopowders adsorbed 15% and nonstehiometric 11% of CO<sub>2</sub> and H<sub>2</sub>O both together. While at 77.6% moisture nanopowders absorbed 32 and 28% of H<sub>2</sub>O and CO<sub>2</sub>. Increasing of moisture increases concentration of Li<sub>2</sub>SiO<sub>3</sub>, LiOH and Li<sub>2</sub>CO<sub>3</sub>, but reduces concentration of Li<sub>4</sub>SiO<sub>4</sub>.

## POLOIDĀLAIS UN TOROIDĀLAIS TRITIJA SADALĪJUMS MKII-SRP DIVERTORA ĶIEĢEĻOS

**M. Haļitovs, G. Ķizāne, E. Pajuste, L. Avotiņa**  
*Latvijas Universitātes Ķīmiskās fizikas institūts*

Dažādos kodolsintēzes reaktoros, tostarp arī JET (Apvienotais Eiropas tors), izmanto dažādus divertorus, kuri kalpo vakuumkameras un dažādu konstrukcijas elementu kompleksai aizsardzībai. Pētījumā izmantots JET kodolsintēzes reaktora MKII-SRP (SRP - starpsienas aizvietojoša plātne) tipa divertora ķieģelis. Divertors veidots no oglekļa kompozītu materiāla ar augstu termisko un mehānisko izturību. Tā kā divertors atrodas tieši reakcijas vakuumkamerā, tas ir pakļauts ne tikai termiskajai iedarbībai, magnētiskajam laukam un augstas jaudas enerģijas plūsmām, bet arī tieši kodolsaplūšanas reakcijas komponentu – kodoldegvielas deiterija un tritija – iedarbībai. Tādējādi ķieģeļos nonāk kodoldegvielas komponenti, bet uz to virsmas nogulsņējas divertora erozijas materiāli.

Divertora ķieģelis 14BWG4B analizēts pēc reāliem D + D plazmas ar nelielu T piedevu eksperimentiem. Ar pilnās oksidēšanas un šķidro scintilatoru metodi noteikts tritija sadalījums ķieģeļa poloidālajā un toroidālajā virzienā. Iepriekšējie pētījumi liecina par nevienmērīgu sadalījumu atsevišķās ķieģeļa daļās, tāpēc veikti padziļināti pētījumi, lai precizētu ķieģelī akumulētā tritija sadalījumu. Izteikti lielākais akumulētā tritija daudzums atrodas ķieģeļa virsējā slānī, kurā tas nonāk ne tikai tieši no reakcijas vides, bet arī difūzijas procesā no uzkrātajiem erozijas materiāliem. Novērots arī palielināts akumulētā tritija daudzums ķieģeļa apakšējā daļā. Tas saistīts ar mehāniskām un eksploataācijas procesā radītām oglekļa šķiedru izmēru izmaiņām kompozītmateriālā.

## DISTRIBUTION OF TRITIUM IN POLOIDAL AND TOROIDAL DIRECTION OF TILES OF THE MKII-SRP DIVERTOR

**M. Haļitovs, G. Ķizāne, E. Pajuste, L. Avotiņa**  
*Institute of Chemical Physics, University of Latvia*

Different fusion devices along with JET fusion reactor use various divertors that are made to protect vacuum camera and structural elements. Studies were made with divertor tile of JET fusion reactor MKII-SRP type divertor. Tiles are made from carbon fiber composites that are both thermally and mechanically resistant. As divertor is located directly in vacuum vessel it is not only under thermal, magnetic and high energy flow impact but also interacts directly with components of fusion reaction – nuclear fuel deuterium and tritium. Therefore components of nuclear fuel get into divertor tiles and also divertor erosion materials deposit on the surface of the tile.

Divertor tile 14 BWG 4B was analyzed after real D +D with a little additive of T experiments. The distribution of accumulated tritium in Poloidal and Toroidal directions was determined with the method of full oxidation and liquid scintillation. As previous researches have shown that distribution of accumulated tritium is uneven in the bulk of the tile, further investigation was needed to specify the distribution. Highest amount of accumulated tritium is located in the top layer of the tile where it comes both directly from reaction mixture and also by diffusion from the erosion materials on the tile. Higher amount of tritium is determined also in the bottom layer of the tile. It is due to changes in composite fiber size because of mechanical and exploitation treatment of divertor materials.

## SIGNĀLU UN ATTĒLU SVD APSTRĀDES ĪPATNĪBAS

**J.R. Kalniņš, I. Pakalnīte**

*Ventspils Augstskolas Inženierzinātņu institūts  
„Ventspils Starptautiskais Radioastronomijas centrs”*

Pēdējos gados singulāro vērtību dekompozīcijas (SVD) metode plaši tiek pielietota signālu apstrādē, attēlu kompresijā, objektu atpazīšanā, informācijas šķirošanā un citu dažādas sarežģītības pakāpes uzdevumu risināšanā.

Darbā SVD metode tiek izmantota vienkāršāko attēlu elementu analīzei, parādot diagonālo un paralēlo elementu neekvivalenci. Izteiktas SVD singulāro vērtību klasterizācijas gadījumā attēla raksturošanai tiek izmantots „diagonālā nesakārtotība” lielums. Par diagonālās nesakārtotības mēru tiek ņemts attēla pikseļu pāru korelācijas koeficients  $r$  ( $r = 1$  – diagonāla līnija,  $r = 0$  – diagonālais haoss). Diagonālu efekts tiek aplūkots arī signālu apstrādē.

Diagonālas nesakārtotības gadījumā attēla trokšņa atdalīšana pilnam attēlam diagonāles ietvaros, izmantojot SVD metodi nav iespējama. Trokšņa atdalīšanai šajā gadījumā tiek piedāvāta attēla sadalīšana mazākos blokos, kur katram attēla blokam tiek pielietota SVD metode un veikta korelāciju analīze.

## SIGNAL AND IMAGE PROCESSING PECULIARITIES USING SVD

**J.R. Kalnins, I. Pakalnīte**

*Engineering Research Institute „Ventspils International Radio Astronomy Centre”  
of Ventspils University College*

The singular value decomposition (SVD) is used widely in the recent years for signal processing, image compression, object recognition, data sorting, and other tasks of variable difficulty.

The SVD method is used for an analysis of the simplest image elements in this paper, demonstrating the non-equivalence of the diagonal and parallel elements. In the case of pronounced clusters among the SVD singular values a quantity “diagonal disorder” is used to describe the image. Image pixel pair correlation coefficient  $r$  is used as the measure of the diagonal disorder ( $r=1$  – a diagonal line,  $r=0$  – diagonal chaos). The diagonal effect is examined also for image processing.

Image noise separation by the SVD method in the case of diagonal disorder is impossible for the complete image. Division of the image into smaller blocks is proposed for noise separation in this case, with the SVD and correlation analysis applied for each block.

# OPTISKĀS ĪPAŠĪBAS



# LOKALIZĒTIE STĀVOKĻI STIKLVEIDIGAJA SILICIJA DIOKSĪDA. ĪSS PĀRSKATS

**A.Truhins**

*Latvijas Universitātes Cietvielu fizikas institūts*

Apkopotas ziņas par lokalizēto stāvokļu īpašībām stiklveida silīcija dioksīdā. Novērots, ka lāzera gaismas mijiedarbība ar lokalizētajiem stāvokļiem kvarca stiklā noved pie luminiscences centru rašanās. Ar lāzera fotoniem ierosināti inducētie luminiscences centru luminiscence atbilst tai, kas novērota ar skābekļa deficītu saistītiem centriem (saīsināti ODC). Lāzera fotonu iedarbība līdztekus iekšcentru procesiem izraisa arī lādiņu pārnesi materiālā un tādā veidā radītie elektroni un caurumi ir ilgstošas, salīdzinājumā ar ātriem iekšcentru procesiem, rekombinatīvās luminiscences cēlonis. Izpētīts, ka ODC ir rekombinācijas centrs, kurš saķer elektronus, caurumu centrs ir autolokalizēts caurums. Rekombinācijas rezultātā izzūd inducētie luminiscences centri un atjaunojās sākuma stāvoklis. Rekombinācijas luminiscences intensitātes un dzišanas kinētiku temperatūras atkarības pētījumi rāda, ka pie temperatūras, kas atbilst autolokalizēta cauruma atbrīvošanai notiek luminiscences procesu aprakstošo parametru izmaiņas – luminiscences dzišanas paātrināšanai neseko luminiscences intensitātes samazināšanās. Dažos gadījumos pat novērots, ka ātrākai luminiscences dzišanai atbilst lielāka luminiscences intensitāte. Rekombinatīvās luminiscences kinētikas nav aprakstāmas ar vienkāršu eksponenti, taču tās var aprakstīt ar stieptu (stretched) eksponenti kas atbilst fraktālai monomolekulārai kinētikai. Atrastie lokalizētie stāvokļi atbilst tādai stiklveidīgā silīcija dioksīda atomārajai struktūrai, kas nav tetraedriskā. Blīvā silīcija dioksīda kristālā, kuram ir rutila struktūra, ODC uzrāda kvarca stiklam līdzīgu luminiscenci.

## LOCALIZED STATES IN SILICA. A SHORT REVIEW

**A.Trukhin**

*Institute of Solid State Physics, University of Latvia*

The target is description of the properties of localized states in silica glass. It has been observed that laser light interaction with localized states of silica glass leads to creation of luminescence centers. Created luminescence centers, excited with laser light, provide intra-center luminescence of oxygen deficient centers (ODC). Beside these processes laser light can give rise to charge separation. Recombination of created electrons and holes leads to recombination luminescence, a cause of the prolongation of some fast in intra-center process luminescence. Evidence has been given that center of recombination at ODC sites involves an electron trap at the defect, whereas the hole is created as a self-trapped hole center. Recombination results in the localized state recovering its initial state with disappearance of the transiently created luminescence center. Such recombination is of luminescence of long duration in contrast with intra-center processes which are limited in time and we observe a shortened duration of such luminescence. Studies of temperature dependences of recombination luminescence intensity and decay show that intensive changes in these parameters take place in the known range of temperatures of self-trapped hole liberation. Decrease of measured recombination luminescence duration is followed with less rapid decrease of recombination luminescence intensity. In some times the luminescence intensity even grows with heating, when decay kinetics is accelerated. As a rule, luminescence decay curves are non-exponential well described with stretched exponential function, showing first order fractal-kinetics.

It is argued that discovered localized states of silica glass are connected with structure other than tetrahedrons. In dense silicon dioxide crystal with rutile structure (stishovite) luminescence similar to ODC luminescence of silica glass has been found.

## AUGŠUP-PĀRVEIDOTĀ LUMINISCENCE AR ERBIJA UN ITERBIJA JONIEM AKTIVĒTĀ NaLaF<sub>4</sub> MATERIĀLĀ

**G.Doķe, M.Voss, J.Grūbe, A.Šarakovskis, M.Springis**  
*Latvijas Universitātes Cietvielu fizikas institūts*

Augšup-pārveidotās (AP) luminiscences procesi ar augstu efektivitāti novērojami dažādos ar retzemju (RE) elementiem aktivētos materiālos. Ir zināms, ka lielākā daļa fluorīdu kristālu var tikt veiksmīgi izmantota kā pamatviela ar RE elementiem aktivētu materiālu sintēzē.

Darba gaitā sintezēti NaLaF<sub>4</sub>:Er<sup>3+</sup>,Yb<sup>3+</sup> paraugi ar Er<sup>3+</sup> koncentrāciju 0.5 mol% un Yb<sup>3+</sup> koncentrācijām: 0.0 mol%, 0.5 mol% un 2.0 mol%.

Paraugiem, tos ierosinot ar starojumu infrasarkanajā spektra apgabalā, tika izmērīti AP luminiscences spektri un luminiscences kinētikas. AP luminiscences spektros ir redzamas tipiskas Er<sup>3+</sup> luminiscences joslas. Ir konstatēts, ka, pieaugot Yb<sup>3+</sup> koncentrācijai paraugā, būtiski pieaug AP luminiscences intensitāte, savukārt no kinētiku pētījumiem kļuva skaidrs, ka, pieaugot Yb<sup>3+</sup> daudzumam paraugos, AP luminiscences mehānismi mainās no ierosinātā stāvokļa absorbcijas un enerģijas pārnese starp Er<sup>3+</sup> joniem uz enerģijas pārnese starp Yb<sup>3+</sup>-Er<sup>3+</sup> joniem.

Apkopojot rezultātus, tika izdarīti secinājumi par Yb<sup>3+</sup> koncentrācijas ietekmi uz ar Er<sup>3+</sup> un Yb<sup>3+</sup> aktivēta NaLaF<sub>4</sub> materiāla optiskajām īpašībām.

## UP-CONVERSION LUMINESCENCE OF ERBIUM AND YTTERBIUM DOPED NaLaF<sub>4</sub> MATERIAL

**G.Doke, M.Voss, J.Grube, A.Sarakovskis, M.Springis**  
*Institute of Solid State Physics, University of Latvia*

With high efficiency up-conversion (UC) processes are observed in several rare-earth (RE) doped materials. It is known that most of fluoride crystals are suitable matrixes for synthesis of RE doped materials.

In this work NaLaF<sub>4</sub>:Er<sup>3+</sup>,Yb<sup>3+</sup> samples with 0.5 mol% Er<sup>3+</sup> and different Yb<sup>3+</sup> concentrations: 0.0 mol%, 0.5 mol% and 2.0 mol%.

UC luminescence and luminescence kinetics excited in the infrared spectral region were measured. The UC spectra showed presence of luminescence bands typical for Er<sup>3+</sup>. The measured intensity of the UC luminescence was considerably higher for the samples with higher Yb<sup>3+</sup> content. The studies on the decay kinetics of the UC luminescence for the samples at higher Yb<sup>3+</sup> concentration showed pronounced dominance of energy transfer mechanism between Yb<sup>3+</sup>-Er<sup>3+</sup> ions over excited state absorption and energy transfer mechanism between Er<sup>3+</sup> ions.

Based on the experimental results the impact of Yb<sup>3+</sup> concentration on the optical properties of NaLaF<sub>4</sub>:Er<sup>3+</sup>, Yb<sup>3+</sup> is discussed.

The financial support of ESF project 2009/0202/1DP/1.1.1.2.0/09/APIA/VIAA/141 is greatly acknowledged.

## **RADIĀCIJAS DEFEKTA EPR HIPERSĪKSTRUKTŪRA OKSIFLUORĪDU STIKLA KERAMIKĀ**

**Dz.Bērziņš, A.Fedotovs, U.Rogulis, A.Šarakovskis**  
*Latvijas Universitātes Cietvielu fizikas institūts*

Uz fluorīdu komponentēm bāzētās keramikas ir perspektīvi materiāli dažādu optisko virzienu pielietojumos. To īpašības lielā mērā nosaka materiālā esošie piejaukumdefekti, kā arī defekti, kuri var izveidoties materiālam atrodoties radiācijas ietekmē.

Pēc termiski apstrādātu oksifluorīdu stiklu keramiku paraugu apstarošanas ar rentgena stariem to elektronu paramagnētiskās rezonanses (EPR) spektrus tiek novērota hipersīkstruktūras ainas veidošanās, kas ir raksturīga F-tipa centriem dažādos fluorīdu kristālos. Mūsu pētījumā, pamatojoties uz paraugu EPR mērījumiem zemās temperatūrās, tiks analizēta radiācijas ceļā izveidota F-centra struktūra LiF, YF<sub>3</sub>, LiYF<sub>4</sub> fluorīdu kristālitus saturošās stikla keramikās.

## **EPR HYPERFINE STRUCTURE OF RADIATION DEFECT IN OXYFLUORIDE GLASS CERAMICS**

**Dz.Berzins, A.Fedotovs, U.Rogulis, A.Sarakovskis**  
*Institute of Solid State Physics, University of Latvia*

Ceramic materials based on fluoride components are perspective materials for various optical applications. Properties of these materials depend on the impurity defects and defects created by irradiation.

We investigated samples of thermally treated oxyfluoride glass ceramics by means of electron paramagnetic resonance (EPR) techniques. After irradiation of samples with X-rays hyperfine structure characteristic to F-centers in various fluoride crystals could be observed in the EPR spectra. In our report, the structure of the F-center in the oxyfluoride glass ceramics containing LiF, YF<sub>3</sub> and LiYF<sub>4</sub> will be discussed.

## PARAMAGNĒTISKIE PIEJAUKUMU OKSIFLUORĪDU STIKLA KERAMIKU PĒTĪJUMIEM

**A.Fedotovs, Dz.Bērziņš, O.Kiseļova, A.Šarakovskis**

*Latvijas Universitātes Cietvielu fizikas institūts*

Oksifluorīdu stikli un stikla keramikas ir materiāli, kuri satur kristāliskās fāzes un kuru īpašības ir atkarīgas no fāžu kristāliskās struktūras. Viena no efektīvākajām kristālisko fāžu struktūras izpētes metodēm ir elektronu paramagnētiskās rezonanses (EPR) spektroskopija. Lai iegūtu informāciju par stikla keramiku kristāliskajām fāzēm, ir nepieciešams tajās ievadīt jonus, kuriem ir izteiktas paramagnētiskās īpašības.

Šajā darbā ar EPR metodi tika veikti eksperimentālie kristālisko fāžu struktūras pētījumi  $CaF_2$ ,  $BaF_2$ ,  $LaF_3$  un  $LiYF_4$  saturošos stikla keramiku paraugos, kā arī teorētisko spektru modelēšana. Kā paramagnētiskie piejaukumi tika izmantoti pārejas elementi ( $Mn^{2+}$ ,  $Fe^{3+}$ ,  $Cu^{2+}$ ), kā arī retzemju elementi ( $Gd^{3+}$ ,  $Eu^{3+}$ ). Pamatojoties uz to, ka katrai kristāliskai struktūrai ir savas īpatnības, t. i., cik labi piejaukumi spēj iebūvēties kristāliskajā struktūrā un cik labi tie mijiedarbojas ar apkārtesošiem elementiem, tika noskaidrots, ka bināros fluorīdos ( $CaF_2$ ,  $BaF_2$ ,  $SrF_2$ ), kā piemērotākās zondes ir  $Mn^{2+}$ , savukārt sarežģītākos fluorīdos ( $LiYF_4$ ) vispiemērotākie ir trīsvērtīgie pārejas elementu joni ( $Fe^{3+}$ ), kā arī retzemju elementi ( $Gd^{3+}$ ,  $Eu^{3+}$ ).

Referātā tiks aplūkota  $CaF_2$ ,  $BaF_2$ ,  $LaF_3$  un  $LiYF_4$  iespējamo kristālisko fāžu izpēte oksifluorīdu stikla keramikā, veicot EPR spektru teorētiskos aprēķinus, kā zondes izmantojot minētos pārejas elementus.

## PARAMAGNETIC IMPURITIES FOR OXYFLUORIDE GLASS CERAMICS STRUCTURE STUDIES

**A.Fedotovs, Dz.Berzins, O.Kiselova, A.Sarakovskis**

*Institute of Solid State Physics, University of Latvia*

Oxyfluoride glasses and glass ceramics are crystalline phases containing materials and their properties depend on crystalline structure. Electron paramagnetic resonance (EPR) spectroscopy is one of most efficient methods for crystalline phases' structure research. In order to obtain information about crystalline phases, ions with explicit paramagnetic properties shall be entered into the glass ceramics.

In this work, structures of the  $CaF_2$ ,  $BaF_2$ ,  $LaF_3$  and  $LiYF_4$  crystalline phases of glass ceramics were experimentally studied by means of EPR and theoretical EPR's spectrum modeling. For paramagnetic probing transition elements  $Mn^{2+}$ ,  $Fe^{3+}$ ,  $Cu^{2+}$  and rare-earth elements  $Gd^{3+}$ ,  $Eu^{3+}$  were used as paramagnetic impurities. It is shown that the most suitable impurity of binary fluorides ( $CaF_2$ ,  $BaF_2$ ) is  $Mn^{2+}$ , while trivalent transition element ions ( $Fe^{3+}$ ) and rare-earth elements ( $Gd^{3+}$ ,  $Eu^{3+}$ ) are suitable for complex fluorides ( $LiYF_4$ ), because of each of the crystalline structures has its own characteristics – ability of impurities to built into crystalline structure and to interact with surrounding elements.

In this report, experimental and theoretical EPR studies of the  $CaF_2$ ,  $BaF_2$ ,  $LaF_3$  and  $LiYF_4$  crystalline phases in the oxyfluoride glass ceramics doped with paramagnetic impurities will be discussed.

## HROMA UN DZELZS JONU LUMINISCENCE MAGNIJA OKSĪDA KRISTĀLOS

V. Skvorcova

*Latvijas Universitātes Cietvielu fizikas institūts*

Pārejas metālu joni magnija oksīdos ir plaši izpētīti, to optisko spektru infrasarkanā un redzamā spektra ir labi zināma. Tomēr, jautājums par radiācijas ietekmi uz piemaisījumu īpašībām nav gluži skaidrs. Darbā tika pētīti hroma un dzelzs jonu luminiscences un absorbcijas spektri neitronu apstarotos magnija oksīda kristālos.

Daudzos pētītos kristālos konstatēti trīs luminiscences apgabali: 380-460 nm, 650- 850 nm un 850-1050 nm. Analīze rāda, ka luminiscences joslu intensitāte katrā rajonā ir atkarīga no pāreju metāla jonu koncentrācijas, atkvēlināšanas temperatūras un apstarošanas apstākļiem. Šīs luminiscences joslas ir saistītas ar  $\text{Fe}^{2+}$  un  $\text{Fe}^{3+}$  joniem. Pārejas metālu jonu piemaisījumi divvērtīgā lādiņa stāvoklī aizvieto  $\text{Mg}^{2+}$ . Dzelzs joni MgO matricā galvenokārt pastāv  $\text{Fe}^{2+}$  vai  $\text{Fe}^{3+}$  formā. Oktaedriskie centri atbilst izolētiem  $\text{Fe}^{3+}$  vai  $\text{Cr}^{3+}$  joniem ar sešiem  $\text{O}^{2-}$  joniem apkārtne. Tetragonālais un rombiskais centri ir saistīti ar katjonu vakanci tuvākajā apkārtne. Tetragonālajā simetrijā katjonu vakance atrodas [100] virzienā, un rombiskajā simetrijā - [110] virzienā attiecībā pret  $\text{Fe}^{3+}$  vai  $\text{Cr}^{3+}$  joniem. Novērota arī hroma jona dažādas simetrijas luminiscence.

## LUMINESCENCE OF CHROMIUM AND IRON IONS IN MAGNESIUM OXIDE CRYSTALS

V. Skvortsova

*Institute of Solid State Physics, University of Latvia*

Transition metal ions in magnesium oxide have been studied extensively, and their optical spectra in the infrared and visible part of the spectra are satisfactorily understood. Nevertheless, there is little information about the influence of radiation on impurities behavior. The paper presents a study of iron and chromium ions luminescence and absorption spectra in neutron irradiated magnesium oxide

In the most part of the investigated samples three ranges of luminescence are established: 380-460 nm, 650-850 nm and 850-1050 nm. Analysis shows that the intensity of emission in each of these regions is strongly dependent on concentration of transition metal ions, temperature of annealing and irradiation conditions. These luminescence bands are attributed to presence of  $\text{Fe}^{2+}$  and  $\text{Fe}^{3+}$ . Transition metal ion impurities in the divalent charge state substitute for  $\text{Mg}^{2+}$ . Iron ions in MgO exist mainly as  $\text{Fe}^{2+}$  and  $\text{Fe}^{3+}$ . An octahedral centre complies with an "isolated"  $\text{Fe}^{3+}$  or  $\text{Cr}^{3+}$  ion surrounded by six  $\text{O}^{2-}$ . The tetragonal and rhombic centres are connected with cation vacancy in the near neighbourhood. In the tetragonal symmetry, the cation vacancy is located in the [100] direction, and in rhombic symmetry - in the [110] direction regarding the  $\text{Fe}^{3+}$  or  $\text{Cr}^{3+}$  ions. Additionally the luminescence of chromium ions in different symmetry is observed.

## JAUNU MOLEKULĀRO STIKLU HOLOGRĀFISKĀS UN OPTISKĀS ĪPAŠĪBAS

**A.Ozols, V. Kokars, P. Augustovs, K. Traskovskis, E. Zariņš**

*Rīgas Tehniskās Universitātes Materiālzinātnes un lietišķās ķīmijas fakultāte*

Eksperimentāli izpētītas galvenās hologrāfiskās un optiskās īpašības astoņiem jauniem azobenzola molekulārajiem stikliem (K-D-2, W-50, W-49, W-75, W-41-O-1, W-40, W-44, W-44-Si) uz izohorona un indandiona bāzes plānu kārtiņu formā. Darba mērķis bija izmēģināt jaunas hologrāfisko ieraksta optimizācijas ķīmiskās iespējas stēriski aktivizējot azohromoforu grupu *trans-cis* fotoizomerizāciju. Tika ierakstīti hologrāfiskie režģi ar divu mikrometru periodu un veikti pašdifrakcijas efektivitātes kinētikas mērījumi pie 633 un 532 nm caurlaidības un atstarošanas režīmā. Bez tam tika veikti caurlaidības izmaiņu mērījumi pie 532 nm. Visi mērījumi notika ar lineārām staru *p*-polarizācijām. Konstatēts, ka caurlaidības un atstarošanas režīmā ir efektīvāki dažādi materiāli. Atšķirībā no iepriekš pētītajiem stilbēna azosavienojumiem jaunie savienojumi ir efektīvāki spektra zaļajā daļā. Visefektīvākais bija paraugs W-75 caurlaidības režīmā (pašdifrakcijas efektivitāte 15 % pie 532 nm, ieraksta enerģija 0.1 kJ/cm<sup>2</sup>). Visticamākais ieraksta mehānisms – *trans-cis* fotoizomerizācija, kas apstiprina izdarītos pieņēmumus. Visos molekulārajos stiklos tika novērota arī paraugu balēšana (robežās no 2 līdz 60%).

## HOLOGRAPHIC AND OPTICAL PROPERTIES OF NEW MOLECULAR GLASSES

**A.Ozols, V.Kokars, P. Augustovs, K.Traskovskis, E.Zarins**

*Faculty of Material Science and Applied Chemistry, Riga Technical University*

Holographic and optical properties of eight new azobenzene molecular glassy films (of K-D-2, W-50, W-49, W-75, W-41-O-1, W-40, W-44, W-44-Si type) on the izochorone and indandione basis. The aim of the work was to study the azobenzene chromophore *trans-cis* photoisomerization steric chemical activation possibility. Holographic gratings with two micrometer period have been recorded and self-diffraction efficiency temporal dependences were measured in transmission and reflection modes at both 633 and 532 nm. Besides, transmittance changes have also been measured at 532 nm. All the measurements were carried out by linearly *p*-polarized laser beams. It is found that different materials are the most efficient in transmission and reflection modes. In contrast to the previously studied stilbene azobenzene derivatives, the new molecular glasses are more efficient in the green spectral region. Sample W-75 was the most efficient (in transmission mode, self-diffraction efficiency 15% at 532 nm, recording energy – 0.1 kJ/cm<sup>2</sup>). *Trans-cis* photoisomerization is believed to be the recording mechanisms thus confirming our assumptions. Photoinduced sample bleaching was observed by 2 to 60%.

## FOTO-INDUCĒTĀ MASAS PĀRBĪDE HALKOGENĪDOS

**U.Gertners**

*Latvijas Universitātes Cietvielu fizikas institūts*

Pēdējā laikā tiek aktīvi pētīta dažādu gaismas jutīgu materiālu virsmas reljefa foto-inducētās izmaiņas, kas paver iespēju strukturētu virsmu iegūšanai neizmantojot sarežģīto ķīmiskās kodināšanas apstrādi. Tiešā hologrāfiskā ieraksta metode ir arī viena no perspektīvākajām virsmas strukturēšanas metodēm dažādos gaismas jutīgos materiālos. Gaismas un elektriskā lauka gradienta dēļ ir iespējams iegūt virsmas struktūras, kādas nevar iegūt kodināšanas ceļā vai ar kādu citu metodi. Darbā tiks apskatīti masas pārbīdes procesi gaismu jutīgos materiālos (As-S un As-S-Se), kur eksperimenti tiks realizēti ar koherentu 532nm gaismu. Tiks apskatīti iespējamie virsmas-reljefa veidošanās modeļi uz foto-inducētā plastiskuma bāzes.

## PHOTO-INDUCED MASS TRANSFER IN CHALCOGENIDES

**U.Gertners**

*Institute of Solid State Physics, University of Latvia*

This work is devoted to the topical issue – photo-induced formation of relief in thin layers of chalcogenide vitreous semiconductors (ChVS) without following complicated chemical processing. Direct holographic recording technique is one of the advanced methods for surface relief structuring in light sensitive materials. Because of the high light and electric field gradient it is possible to obtain surface structures like no one else method can. In this report the study of direct mass transfer on ChVS like As-S, As-S-Se has been presented. Experiments were performed by 532nm wavelength. Also the mechanism of the direct recording of surface-relief on amorphous chalcogenide films based on the photo-induced plasticity has been discussed.

## **VEKTORHOLOGRAMMU IERAKSTS ORGANISKAJOS AZO-POLIMĒROS**

**J. Aleksejeva, J. Teteris**

*Latvijas Universitātes Cietvielu fizikas institūts*

Vektorhologrammu ieraksta pamatā ir materiāla fotoinducētās dubultlaušanas parādība. Šajā darbā tiek pētīta savienojuma DR1-Glicerīns fotoinducētā dubultlaušana, variējot ar indukcijas starojuma viļņa garumu, intensitāti un polarizāciju. Dubultlaušanas izmaiņas tika pētītas pie dažādiem viļņa garumiem, izmantojot dažādas metodes. Inducētā starojuma viļņa garums tika izvēlēts trans un cis izomēra absorbcijas joslā, kā arī DR1-Glicerīns polimēra absorbcijas joslā, par kuru neatbild DR1 savienojums. Izmantojot indukcijas staru ar 532nm viļņa garumu, gaismas laušanas koeficienta izmaiņas tika noteiktas 634nm un 532nm viļņa garumam.

## **RECORDING OF VECTOR HOLOGRAMS IN ORGANIC AZO-POLYMERS**

**J. Aleksejeva, J. Teteris**

*Institute of Solid State Physics, University of Latvia*

Recording of vector holograms is based on material photoinduced birefringence phenomena. In this work DR1-Glycerin compound's photoinduced birefringence was studied. Experiments were performed varying the induced radiation wavelength, intensity and polarization state. Birefringence changes were studied at different wavelengths by using different methods. Wavelength of induced radiation were selected from DR1 trans and cis isomers absorption band and from DR1-Glycerin polymer's absorption band. In this work changes of refraction index at 634nm and 532nm was determined using induced 532nm radiation of different intensity.



## KARBAZOLA ATVASINĀJUMU PLĀNO KĀRTIŅU ENERĢĒTISKO LĪMEŅU NOTEIKŠANA GAISMAS EMITĒJOŠO DIOŽU STRUKTŪRĀS

**K.Pudzis<sup>1</sup>, A.Vembris<sup>1</sup>, I.Muzikante<sup>1</sup>, J.V.Grazulevicius<sup>2</sup>**

<sup>1</sup>*Latvijas Universitātes Cietvielu Fizikas institūts*

<sup>2</sup>*Kauņas Tehnoloģiskā universitātes Organiskās Tehnoloģijas nodaļa*

Veidojot organisko gaismu emitējošo diožu struktūru, ir nepieciešams izpētīt šo vielu veidoto kārtiņu elektriskās īpašības un enerģētisko struktūru. Galvenokārt organiskie savienojumi ir raksturīgi ar izteiktu caurumu vadītspēju, tāpēc aktuāli ir organiskie savienojumu ar bipolārām īpašībām. Kā vieni no šādiem bipolāriem materiāliem ir karbazola atvasinājumi.

Darbā tiek apskatīta oriģinālu karbazola atvasinājumu (JS97 un JS100) elektriskās īpašības, kas pētītas ar telpas lādiņu ierobežoto strāvu metodi. Tas ļauj novērtēt lādiņnesēju injekcijas apstākļus, kā arī lādiņnesēju lamatu enerģētisko sadalījumu. Pētījumos izmantota gan no šķīduma pagatavota kārtiņa ar biežumu ar kārtu 0,5 μm, gan sublimētas kārtiņas ar biežumu ar kārtu no 0,5 līdz 0,9 μm. Kā elektrodi ir izmantoti ITO, Au, Pd, Al un Cu slāņi. Ir parādīts, ka no ITO, Au, Pd, Cu elektrodiem JS97 un JS100 kārtiņā var injicēt caurumus, bet no Al – elektronus.

## ENERGY STRUCTURE OF THIN FILM WITH CARBAZOLE DERIVATIVES DETERMINATION IN LIGHT EMITTING DIODE STRUCTURE

**K.Pudzis<sup>1</sup>, A.Vembris<sup>1</sup>, I.Muzikante<sup>1</sup>, J.V.Grazulevicius<sup>2</sup>**

<sup>1</sup>*Institute of Solid State Physics, University of Latvia*

<sup>2</sup>*Department of Organic Technology, Kaunas University of Technology*

Modeling the organic light emitting diode structure, it is necessary to study electrical properties and energy structure of organic layer. Bi-polar organic material (electron and hole mobility is of same order) is very important for organic light emitting diodes (OLED). Carbazole derivatives are one of them.

In this work, we have studied electrical properties and energy structure of novel carbazole derivatives (JS97 and JS100) thin films. The organic films were prepared by spin-coating method with the thickness of the order of 0.5 μm and vacuum evaporating method with the thickness of order of 0.5 to 0.9 μm. It allows applying space charge limited current method to characterise charge carrier injection and energy distribution of traps in the thin films. For injection of holes ITO, Au, Pd, Cu electrodes and for injection of electrons Al electrodes were applied.

## PASTIPRINĀTĀ SPONTĀNĀ EMISIJA SARKANI LUMINISCĒJOŠĀS ORIGINĀLĀS ORGANISKĀS VIELĀS

**A.Vembris<sup>1</sup>, I.Muzikante<sup>1</sup>, R.Karpicz<sup>2</sup>, V.Gulbinas<sup>2</sup>**

<sup>1</sup> *Latvijas Universitāte Cietvielu Fizikas institūts, Latvija*

<sup>2</sup> *Fizikas Institūts, Lietuva*

Pēdējā desmitgadē liela uzmanība tiek pievērsta organiskām vielām, kuras cietā stāvoklī var izmantot kā lāzera materiālu. Līdz šim tika veidotas sistēmas, kur aktīvās molekulas ir ievietotas polimērā. Nākotnē perspektīvas varētu būt arī tādi mazmolekulārie savienojumi, kuri paši veido stiklveida struktūru.

Darbā apskatīsim pastiprināto spontāno emisiju (PSE) oriģinālos stiklu veidojošos sarkani emitējošos organiskos savienojumos. Paraugi tika pagatavoti ar „spin coating” metodi. PSE tika ierosināta ar impulsa lāzeru pie viļņa garuma 532nm.

## RED AMPLIFIED SPONTANEOUS EMISSION IN ORIGINAL ORGANIC COMPOUNDS

**A.Vembris<sup>1</sup>, I.Muzikante<sup>1</sup>, R.Karpicz<sup>2</sup>, V.Gulbinas<sup>2</sup>**

<sup>1</sup> *Institute of Solid State Physics, University of Latvia, Latvia*

<sup>2</sup> *Institute of Physics, Lithuania*

Organic materials which can be used as a solid state laser material become more interesting in last decade. Till now most of such systems consist of polymers doped with active molecules. Low-molecular organic molecules which could make glassy structure also could be perspective material.

In the work we will show red amplified spontaneous emission (ASE) of original organic compounds which make glassy structure from the solutions. Samples were prepared by spin coating method. ASE was induced by pulse laser with 532 nm.

## MOLEKULĀRĀS HIPERPOLARIZĒJAMĪBAS MĒRĪJUMI IZMANTOJOT HIPER RELEJA GAISMAS IZKLIEDI – IEKŠĒJĀ UN ĀRĒJĀ STANDARTA METODES SALĪDZINĀJUMS

**M. Rutkis, I. Mihailovs, A. Tokmakovs, A. Ernstsons**

*Latvijas Universitātes Cietvielu Fizikas Institūts*

Viens no būtiskākajiem parametriem lai novērtētu jaunu **NLO** hromoforu efektivitāti ir to molekulārā hiperpolarizējamība ( $\beta$ ). Šo raksturlielumu iespējams aprēķināt teorētiski izmantojot kvantu ķīmijas (**KĶ**) metodes vai noteikt eksperimentāli šķīdumos izmantojot elektriskā lauka inducētu otrās harmonikas ģenerēšanas (**EFISHG**) vai arī hiper Releja izkliedes (starptautiski **HRS**) metodes. Pirmā no tām ir tehniski sarežģītāka un ļauj eksperimentāli noteikt tikai molekulas dipola momenta ( $\mu$ ) reizinājumu ar hiperpolarizāciju  $\mu \times \beta$ . Otrā metode (**HRS**) ļauj noteikt tiešā veidā  $\beta$  vērtību. Šo iemeslu dēļ **LU CFI** Organisko materiālu laboratorijā **NLO** hromoforu novērtēšanai tika ieviesta **HRS** metode. To var realizēt divos dažādos veidos – tā sauktajās „iekšējā” un „ārējā” standarta metodēs. Pirmajā gadījumā pētāmā **NLO** hromofora **HRS** signāls tiek salīdzināts ar šķīdinātāja signālu, otrā metodē tiek pagatavoti kādas standartvielas, ar zināmu hiperpolarizējamību, šķīdumi un pētāmā viela tiek salīdzināta ar to. Referātā tiks apskatīta šo metožu priekšrocības un trūkumi, kā arī apkopota pieredze kura gūta tās ieviešot Organisko materiālu laboratorijā.

## HYPER-RAYLEIGH SCATTERING MEASUREMENTS OF MOLECULAR HIPERPOLARIZABILITY – COMPARISON OF INTERNAL AND EXTERNAL STANDARD METHODS

**M. Rutkis, I. Mihailovs, A. Tokmakovs, A. Ernstsons**

*Institute of Solid State Physics, University of Latvia*

One of the most important characteristics of **NLO** chromophores is molecular hyperpolarizability  $\beta$ . One can obtain this characteristic from quantum chemical calculations or evaluate experimentally by electric field induced second harmonic generation (**EFISHG**) or hyper Rayleigh scattering (**HRS**) methods. The first method allows acquiring product of dipole moment and hyperpolarizability ( $\mu \times \beta$ ). Straightforward independent determination of  $\beta$  is possible by **HRS** technique. This method can be realized in two manners: one is so called “internal” standard and another is “external” standard methods. In a first case for evaluation of molecular  $\beta$  of solute **HRS** signal from solvent is used as reference. Solutions of chromophore with known molecular  $\beta$  are used as reference in “external” standard method. In our contribution we will discuss pros and cons of these two cases as well as our experience gained from **HRS** experiments at Laboratory of Organic materials at **ISSP UL**.

**PUSVADĪTĀJU FIZIKAS  
PROBLĒMU LABORATORIJAS  
(PFPL) DIBINĀŠANAS 50 GADU  
VĒSTURES LASĪJUMI**

## PUSVADĪTĀJU FZIKAS PROBLĒMU LABORATORIJAS IZVEIDES PRIEKŠNOSACĪJUMI

**J. Jansons**

*Latvijas Universitātes Cietvielu fizikas institūts*

Otrā Pasaules kara beigās, kad 1944. gada 13. oktobrī vācu karaspēks atstāja Rīgu, no LU fiziķiem bija palikuši dzimtenē Alfons Apinis, Jāzeps Čudars, Ilmārs Everss, Roberts Ņipurs, Alma Jansone un Ludvigs Jansons, kā arī daži tehniskie darbinieki. Viņi ar lielu pašatdevi jau no 16. oktobra sāka savest kārtībā izpostītās fizikas laboratoriju un klausītavu telpas Kronvalda bulvārī 4. Jaunā Latvijas Valsts universitātes (LVU) vadība nolēma turpināt 1940./41. mācību gadā aizsākto Fizikas un matemātikas fakultātes (FMF) veidošanu, kas vācu okupācijas laikā tika pārtraukta. Fizikas nodaļā nodibināja Teorētiskās fizikas katedru (vadītājs doc. A. Apinis) un Eksperimentālās fizikas katedru (vadītājs doc. L. Jansons). No Krievijas tika atkomandēti fiziķi doc. Pauls Ēks, doc. Ernests Papēdis, asistents Jāzeps Eiduss un asistente Marta Loja, lai starp fiziķiem būtu arī komunisti.

Eksperimentālās fizikas katedra darbu uzsāka 1944. gada decembrī. Tika atjaunots Vispārīgais fizikas praktikums ar vairākām laboratorijām, Speciālais fizikas praktikums, Demonstrāciju kabinets un mehāniskās darbnīcas. Mācību darbs sākās ar 1945. gada janvāri, kad tika pieņemti studenti, kas jau iepriekš bija sākuši studijas, kā arī tie, kas bija beiguši studijas vācu laikā, jo padomju vara viņu beigšanas diplomus neatzina. Rudenī tika pieņemti fizikas novirzienā konkursu izturējušie 25 vidusskolu absolventi, to skaitā V. Fricbergs, P. Prokofjevs, L. Pelēķis, A. Valters u. c., kas vēlāk kļuva par ievērojamiem fiziķiem. Katedras mācību spēkiem bija ļoti liela slodze, jo fizika bija jā mācāca arī inženierzinātņu fakultātēs un Medicīnas fakultātē (kopā 6 fakultātēs). Tāpēc pakāpeniski par asistentiem tika pieņemti darbā vidusskolu skolotājs Valerians Šmēlings un FMF pirmie pēckara absolventi Aleksandrs Okmanis, Elza Ozoliņa, Hermīne Krīgere, Tāļivaldis Purītis u. c.

Zinātniski eksperimentālajā darbā bija ļoti lielas grūtības, jo trūka kaut cik modernas aparatūras un materiālu. Bez tam 1946. gadā pēc PSRS parauga (lai militarizētu zinātni un ieviestu pētījumu slepenību) tika nodibināta LPSR Zinātņu akadēmija (LZA) un tajā Fizikas un matemātikas institūts (FMI). Faktiski gandrīz viss zinātniskais darbs tika pārcelts un sakoncentrēts LZA. Sākumā liela daļa no FMF mācību spēkiem tur strādāja līdztekus pamatdarbam. Par LZA FMI direktoru iecēla FMF dekānu matemātikas doc. Nikolaju Brāzmu (līdz 1949. g.), par viņa vietnieku zinātniskajā darbā – doc. L. Jansonu (līdz 1950. g.) un par Fizikas sektora vadītāju – doc. A. Apini (līdz 1948. g.). Visvairāk no tā cieta fizikas studenti un aspiranti, jo nebija aparatūras, ar ko varētu izstrādāt diplomdarbus un disertāciju darbus. Vajadzēja pašu spēkiem ar tehnisko darbinieku palīdzību radīt eksperimentālās iekārtas pētījumu veikšanai. Tas arī prasīja ierobežot pētījumu virzienus.

Doc. L. Jansons, analizējot pasaules fizikas attīstības tendences un Eksperimentālās fizikas katedras reālās iespējas, 1949. gadā nonāca pie secinājuma, ka turpmāk ir jāattīsta pētījumi galvenokārt optiskā un cietvielu fizikā, iekļaujot tajā pusvadītāju fiziku – nākotnes radioelektronikas pamatus (1947. gada decembrī Bella laboratorijā ASV tika demonstrēts pasaulē pirmais bipolārais tranzistors). Interese par pusvadītājiem katedrā bija jau kopš 1948. gada, kad tika izstrādāti pirmie studentu diplomdarbi šajā virzienā. Abi noteiktie fizikas pētījumu virzieni viens otru labi papildināja: ar optiskām metodēm varēja pētīt cietvielu pamatīpašības, bet jauni cietvielu materiāli bija nepieciešami modernām optiskajām ierīcēm.

Pētījumi cietvielu fizikā tika sākti ar visvienkāršākajām kristāliskajām struktūrām – sārnu metālu halogenīdiem. Tos varēja pašu spēkiem izaudzēt ar Kiropulosa metodi augsttemperatūru krāsnīs (apm. 800 °C). Tās prata izgatavot mācību meistars Ernests Pūce. Kristālaudzēšanā un to īpašību pētījumos tika iesaistīti studenti un aspiranti (Voldemārs Fricbergs, Irēna Velmere-Pļaviņa, Ojārs Šmits, Kurts Švarcs). Katedrai paveicās iegādāties 1954. gada janvārī tiem laikiem vienu no labākajiem spektrofotometriem SF-4 ar kvarca optiku (vācu firmas „Beckman” kopija). Tas ļāva veikt izaudzēto kristālu paraugiem absorbcijas mērījumus plašā spektra joslā no 210 līdz 1100 nm, kas veicināja krāsu centru pētījumus sārnu metālu halogenīdos. Tika pētīti arī pusvadītāju fotoelektriskās īpašības atkarībā no svešvielu piemaisījumiem (Ilmāra Vītola diplomdarbs 1955. g.), pusvadītāju fotoprestību jutība dažādās gāzēs atkarībā no temperatūras (A. Okmanis un E. Zablovskis).

Labi kontakti 1950. gadu vidū nodibinājās ar Igaunijas PSR ZA Fizikas un astronomijas institūta (Tartu pilsētā) Jonu kristālu laboratoriju, kurā tika veikti līdzīgi pētījumi. To vadīja Česlavs Luščiks. Viņš pat tika uzaicināts 1955./ 56. mācību gadā nolasīt lekciju ciklu par luminiscenci EFK studentiem un aspirantiem. Tā kā Tartu institūtā kā tikai zinātniskai ZA struktūrvienībai bija labāki eksperimentālā darba apstākļi, tad katedras aspiranti K. Švarcs un I. Vītols bieži brauca uz turieni zinātniskā darba komandējumos. Pirmos zinātnisko darbu rezultātus par sārnu metālu halogenīdiem katedras fiziķi publicēja jau 1956. gadā (L. Jansons, O. Šmits, V. Zīraps, A. Jansone).

Optiskās spektroskopijas virziens nostiprinājās, kad 1954. gadā Ļeņingradas Valsts universitātē prof. S. Friša vadībā zinātņu kandidāta disertācijas darbu par otrā veida sadursmju lomu metālu tvaiku maisījuma fluorescencē aizstāvēja katedras aspirante Elza Krauliņa. Viņa katedrā turpināja šo spektroskopijas virzienu, kā arī palīdzēja ieviest daudzās rūpnīcu laboratorijās spektrālanalīzes metodi vielu sastāva un piemaisījumu noteikšanai. Savukārt J. Eiduss sāka sadarboties ar LVU un LZA ķīmiķiem (G. Vanags, S. Hillers), veicot sintezēto jauno organisko savienojumu spektrālanalīzi. Arī Teorētiskās fizikas katedrā (Ē. Andersons) sāka pievērsties atomu struktūru parametru aprēķiniem.

LVU vadība nepārtraukti pieprasīja mācību spēkiem celt savu kvalifikāciju ar zinātņu kandidāta un doktora disertāciju aizstāvēšanu, nemaz neņemot vērā, ka EFK darbiniekiem bija milzīga pedagoģiskā slodze – pāri par 19.000 stundām gadā, un trūka pētnieciskās aparatūras un materiālu. Lai uzlabotu EFK zinātnisko darbu, doc. L. Jansons jau 1954. lūdza LVU vadību no katedras atdalīt Vispārīgās fizikas katedru, kas mācītu fizikas pamatus fakultātēs, kurās tie ir obligāti, un Tehniskās fizikas katedru, kas sagatavotu inženierfiziķus, bet Eksperimentālās fizikas katedrā sagatavotu zinātniekus noteiktajos virzienos: optikā un cietvielu fizikā. Taču tas netika ņemts vērā.

Kad par FMF dekāni 1956. gadā kļuva doc. E. Krauliņa, viņa kopā ar doc. L. Jansonu 1957. gadā mēģināja izveidot Spektroskopijas zinātniski pētniecisko laboratoriju pie LVU, kura varētu būt kopēja atomu (Krauliņa), molekulu (Eiduss, Hillers) un kristālu (Jansons) spektroskopisko problēmu pētniecībai. Tika saņemta pozitīva atbilde no PSRS ZA Spektroskopijas komisijas priekšsēdētāja prof. S. L. Mandelštama. Pamatojoties uz to, tika nosūtīta izvērsta vēstule ar pamatojumu un pielikumā sarakstu ar nepieciešamo aparatūru (kopā par 475.150,- rbļ. „vecajā naudā”) PSRS Augstākās izglītības ministrijas Galvenās pārvaldes priekšniekam M. A. Prokofjevam. Bet panākumi izpalika.

1958. gadā LVU un FMF notika lielas pārmaiņas. Rudenī tika gatavota Rīgas Politehniskā institūta (RPI) darbības atjaunošana, atdalot no LVU visas inženiertehniskās fakultātes un Ķīmijas fakultāti. Daļa no FMF pieredzējušiem mācību spēkiem (E. Papēdis, A. Okmanis, A. Valters u. c.) plānoja pāriet uz RPI (t. i. praktiski palikt tajās pašās darba vietās un laboratorijās Kronvalda bulvārī 4, jo šī ēka tika nodota RPI līdz laikam, kad tiks uzcelti mācību korpusi Ķīpsalā, bet LVU FMF tika pārcelta uz „veco ēku” Raiņa bulvārī 19). Arī doc. L. Jansons tika uzaicināts uz RPI par Fizikas katedras vadītāju. Viņš pat izstrādāja detalizētu RPI jaunās Fizikas katedras projektu. Taču 12. maijā doc. L. Jansons pēkšņi aizgāja mūžībā. Tikai tad no EFK atdalīja Vispārīgās fizikas katedru (vadītājs J. Platacis) un Tehniskās fizikas katedru (vadītājs V. Fļorovs), bet par EFK vadītāju kļuva doc. E. Krauliņa. Līdz šim laikam FMF bija jau beiguši apm. 300 jauno fiziķu. Neskatoties uz RPI atjaunošanu ar daudzām fakultātēm, vidusskolu absolventi tomēr centās iestāties LVU, lai studētu fiziku, un konkurss parasti bija 2-3 uz vienu vietu.

Palikušajiem EFK fiziķiem, kas pārsvarā bija gados jauni (O. Šmits, V. Fricbergs, K. Švarcs, I. Vītols, V. Zīraps), samazinājās pedagoģiskā slodze un viņi varēja vairāk nodarboties ar zinātnisko darbu un celt savu kvalifikāciju. Taču trūka nepieciešamās aparatūras un līdzekļu to iegādei, kā arī štata vietas zinātniskam un palīgpersonālam. Pašu spēkiem tika izgatavotas vairākas pētnieciskās iekārtas, to skaitā izstrādāts un uz spektrofotometra SF-4 bāzes uzbūvēts automatizēts reģistrējošais optisko absorbcijas un luminiscences spektru mērītājs ar augstu precizitāti (apm. 1 %) un ātrdarbību. Par šo izstrādi lielu interesi izrādīja zinātniskās un rūpnieciskās iestādes no Ļeņingradas, Maskavas, Tartu, Irkutskas un pat no ASV. Tika iegūti arī jauni pētījumu rezultāti atomu, molekulu, kristālu un organisko savienojumu spektroskopijā, kuri tika ziņoti Vissavienības luminiscences konferencē Maskavā 1958. gada jūnijā, Spektroskopijas koordinācijas apspriedē Tartu 1959. gada martā, apspriedē par oscilatoru stipruma noteikšanu Ļeņingradā 1959. gada martā. Šo un citu apspriežu rezolūcijās un rekomendācijās tika atzīmēts, ka nepieciešams paplašināt zinātniski pētnieciskos darbus, kurus veic LVU Rīgā.

Šajā sakarā 1959. gada pavasarī doc. E. Krauliņa ar kolēģiem (J. Eiduss, O. Šmits, V. Fricbergs, I. Vītols) atkārtoti iesniedza augstākstāvošām instancēm, ieskaitot LPSR Komunistiskās partijas (KP) Centrālkomitejas (CK) Zinātnes un kultūras nodaļu (vadītāja L. R. Lapina), iesniegumus ar lūgumu un pievienotiem pamatojumiem un rekomendācijām, lai dabūtu atļauju un nepieciešamos līdzekļus LVU FMF Spektroskopijas problēmu zinātniskās pētniecības laboratoriju izveidošanai. Bet arī tad netika iegūts vajadzīgais atbalsts.

LVU FMF matemātikas doc. E. Āriņš ar Teorētiskās fizikas katedras vadītāja doc. P. Kuņina palīdzību, kas labi pārzināja Maskavas birokrātiju, 1959. gada oktobrī bija ieguvis PSRS Valsts plāna norīkojumu N<sup>o</sup> Y-11003 par universālās elektronu skaitļošanas mašīnas BESM-2 iegādi. Šajā sakarā doc. E. Āriņš ar kolēģiem pārliecināja republikas vadību un izcīnīja LPSR KP CK Biroja un Ministra padomes kopējo lēmumu par LVU Skaitļošanas centra (SC) dibināšanu ar zinātniski pētnieciskā institūta tiesībām. Republikas Tautsaimniecības padomei uzlika par pienākumu nodrošināt visu nepieciešamo (telpas, elektroapgādi, ventilācijas sistēmu, darbinieku štata vietas), lai SC ar elektronu skaitļošanas mašīnu BESM-2 varētu sākt darbību 1960. gada 1. martā. I. Vītols beidza trīsgadīgo aspirantūru 1959. gada oktobrī un no 12. decembra tika pieņemts darbā SC par vecāko inženieri. Tur viņš ieguva lielu pieredzi, kā padomju sistēmā var „izsist cauri” zinātniski pētnieciskas iestādes izveidošanu caur boļševiku birokrātijas mūriem.

No 1959. gadā 1. septembra sasirgušās doc. E. Krauliņas vietā par FMF dekāna v. i. tika iecelts vec. pasniedzējs O. Šmits. Drīz pēc tam viņš ar kolēģiem uzzināja, ka Rīgā tiek sākota slepena uzņēmuma N<sup>o</sup> 233 būve, kas paredzēta pusvadītāju ierīču izstrādei un izgatavošanai. Tas ļoti ieinteresēja EFK fiziķus, jo liela daļa no viņiem nodarbojās ar pusvadītāju fizikas problēmām un gatavoja studentus šajā jomā. Notika tikšanās ar uzņēmuma N<sup>o</sup> 233 direktoru S. A. Bergmanu un Maskavas zinātniski pētnieciskā institūta p/k 281 pārstāvi E. Kokorišu. Sarunas gaitā noskaidrojās, ka plānotās LVU Spektroskopijas problēmu laboratorijas pētījumu tematika un iegādājamās mēriekārtas ļoti līdzinās uzdevumiem un aprīkojumam, kādus būs jārisina un jāiegādājas būvējamā uzņēmuma N<sup>o</sup> 233 zinātniski pētnieciskajā laboratorijā. Bet uzņēmuma N<sup>o</sup> 233 organizācija, palaišana un ekspluatācija prasa daudz lielāku uzsvāru likt uz pusvadītāju pētniecības sektoru plānotajai LVU Spektroskopijas laboratorijai. Rezultātā tika nolemts, ka turpmāk jāvirza projekts, kas paredz, ka pie LVU tiek izveidota Pusvadītāju fizikas problēmu laboratorija (PFPL), bet ne spektroskopijas. Šajā laboratorijā varētu iekļaut lielu daļu no FMF mācību spēkiem un palīgpersonāla, kas strādājuši pusvadītāju fizikas un blakus nozarēs, kā arī tajā varētu sagatavot no studentiem kvalificētus darbiniekus jaunajai iestādei N<sup>o</sup> 233 (to vēlāk tautā nosauca par Pusvadītāju rūpnīcu).

Sākās intensīvs darbs I. Vitolam un O. Šmitam, palīdzot J. Eidusam kā labam krievu valodas un padomju birokrātijas zinātnīkam, lai sagatavotu visus PFPL organizēšanas projekta nepieciešamos dokumentus: pamatojumu, projekta uzdevumu un perspektīvo plānu no 1960. līdz 1965. gadam, atsauksmes par iepriekšējo zinātniski pētniecisko darbību no vadošajām pētniecības iestādēm un zinātniekiem. Tādas ieguva no 1) Maskavas Valsts universitātes Pusvadītāju fizikas katedras (prof. S. G. Kalašņikovs), 2) Tartu Valsts universitātes rektora prof. S. G. Klementa un Igaunijas PSR ZA Fizikas un astronomijas institūta Fizikas sektora vadītāja Č. B. Luščika, 3) PSRS ZA Luminiscences zinātniskās padomes locekļa Dr. V. V. Antonova-Romanovska, 4) Valsts zinātniski pētnieciskā institūta p/k 281 galvenā inženiera G. D. Gļebova, 5) PSRS Ministru padomes Valsts Radioelektronikas komitejas Divpadsmitās pārvaldes priekšnieka I. Pesjaka, 6) LPSR Tautas saimniecības padomes priekšsēdētāja G. I. Gailes.

Izstrādātajā PFPL projekta uzdevumā laika periodam no 1960. līdz 1965. gadam bija izdalīti divi galvenie pētniecības virzieni: 1. Cietvielu shēmas un mikromoduļu elementi; 2. Pusvadītāju procesu pētījumi dielektriķos. Lai uzsāktu darbību, 1960. gadam tika pieprasītas šādas štata vienības un skaits:

Amats	Štata vienību skaits	Alga mēnesī, rbļ. (vecie)
Laboratorijas vadītājs	1	3.000
Jaunākie zin. līdzstrādnieki	5	1.050
Vecākais inženieris	1	1.500
Inženieris	1	1.200
Vecākais mehāniķis	1	1.200
Mehāniķis	1	980
<b>Kopā mēnesī:</b>		13.030

Laboratorijas materiāli tehniskajam nodrošinājumam 1960. gadam bija nepieciešama aparatūra par kopsummu 650.000 rbļ. un materiāli – 200.000 rbļ.

Tika nosūtīts iesniegums ar LVU rektora parakstu arī LPSR KP CK sekretāram A. Pelšem ar lūgumu atbalstīt Pusvadītāju fizikas problēmu laboratorijas dibināšanu.



Priekšlikums par LVU PFPL izveidi 1960. gada 28. janvārī tika izskatīts un atbalstīts LPSR Ministru padomes Augstākās un vidējās speciālās izglītības valsts komitejā. Turpmāk tika gatavots LPSR Ministru padomes lēmuma projekts par LVU Pusvadītāju fizikas problēmu laboratorijas organizēšanu. Tika pieņemts pozitīvs lēmums un, pamatojoties uz to, LPSR Ministru padomes Augstākās un vidējās speciālās izglītības valsts komiteja izdeva pavēli N<sup>o</sup> 278 1960. gada 18. maijā par LVU Pusvadītāju fizikas problēmu laboratorijas organizēšanu. Pavēles 4 punktos uzskaitīts, ka laboratorija ar personālu un iekārtām jānokomplektē 4 gadu laikā, sākot no 1960. gada jūnija; LVU rektoram jānodrošina laboratorijai telpas, personāla štata vietas, nekavējoties jāiesniedz pieprasījums laboratorijas aprīkojuma iegādei un jāiesniedz Valsts komitejai laboratorijas organizēšanas un darbības uzsākšanas plānu tā apstiprināšanai; Valsts komitejas kapitālās celtniecības un sagādes nodaļai, pamatojoties uz LVU rektora iesnieguma, jānodod Valsts plānam nepieciešamo iekārtu un materiālu pieprasījums.

Sākās spraigs darbs PFPL izveidošanai. No 1960. gada 26. septembra par laboratorijas vecāko inženieri iecēla I. Vītoli, līdztekus uzdodot veikt laboratorijas vadītāja pienākumus ar algu 1.500 rbļ. mēnesī. Laboratorijai tika piešķirtas telpas Raiņa bulvārī 19 pirmā stāva kreisajā spārnā (gar Inženiera ielu). Tās bija jāizremontē, piemērojot laboratoriju vajadzībām. Par pirmajiem zinātniskiem līdzstrādniekiem tika pieņemti Valters Zīraps, Juris Zaķis, Jānis Valbis, Ivars Tāle; par palīgdarbiniekiem – Benilda Ezeriņa, Vilma Putniņa, Lija Stalidzāne (vēlāk – Rihtere). Turpmākajā laikā laboratorijas zinātnisko un tehnisko darbinieku skaits strauji auga, kā arī tika piesaistīti daudzi studenti darboties Pusvadītāju fizikas pulciņā.

LVU Pusvadītāju fizikas problēmu laboratorijas izveidošanas pirmā kārta tika svinīgi atklāta 1962. gada 5. janvārī pulksten 12.00 universitātes 12. auditorijā Raiņa bulvārī 19.

# PFPL DZIMŠANA UN IZAUGSME LĪDZ CFI IZVEIDOŠANAI

**J. Zaķis**

*bijušais LU PFPL, LU CFI direktors un LU rektors*

## Notikums

Mēs atzīmējam it kā ne pārāk nozīmīgu notikumu – kādas vienas LU laboratorijas dzimšanas gadadienu. Kā šī un tālāko notikumu aculiecinieks un tajos pilnībā no sākuma līdz galam iejauktais, es, protams, nevaru dot objektīvu vērtējumu. Bet kur gan ir redzēta objektīva vēsture un kāpēc gan lai es rīkotos citādi?

Sākšu ar vēsturiskā notikuma vispārīgo vērtējumu, nebaidoties un nekautrējoties teikt, ka tas bija revolucionārs notikums ar sekām, kuras turpina izpausties vēl šodien. Lai cik avantūristiski un nepietiekoši pamatoti reizēm arī bija mūsu plāni un iecerēs, tie apbrīnojamā kārtā piepildījās. Vai rezultāti izrādījās varenāki par iecerēm, to lai spriež katrs pats. Bet tas, ka tie bija vareni, vismaz man, kā to sasniegšanas līdzdalībniekam, šaubu nekad nav bijis. Ar to arī atļaušos savus tā laikā līdzgaitniekus, darba kolēģus un draugus sirsnīgi apsveikt un izteikt viņiem visiem vislielāko paldies par ticību mērķim, uzņēmību un neatlaidību ceļā uz tā sasniegšanu!

Manā personīgajā dzīvē tā, protams, bija laimīga sagādīšanās, ka savus pirmos patstāvīgā darba soļus LU 1960. gada 8.augustā spēru īstajā laikā, īstajā vietā un pie īstajiem cilvēkiem. Atskatoties uz to laiku man nākas konstatēt, ka tad iesāktais pilnībā sagrozīja manu turpmāko dzīvi. Es gandrīz vai nešaubos, ka līdzīgi par savu dzīvi varētu teikt no tās jau aizgājušie O. Šmits, J. Valbis, V. Zīraps vēl ar mums esošais I. Tāle un E. Tardenaks, protams, mūsu šefs – Ilmārs Vītols, kas pie tā visa bija pats galvenais. Un tūliņ aiz šiem pionieriem sekoja daudzi citi – V. Putniņa, L. Beizītērs, A. Patmalnieks, P. Tomsons, L. Rihtere un daudzi citi. (Atvainojos, ka saviļņojumā, kas pārņem mani, nosaucot viņu vārdus, nespēju sarindot viņus kaut kādā nozīmības rindā, kā arī nosaukt visu to vārdus, kuri to patiešām ir pelnījuši.)

Mēdz teikt, ka, ja beigas ir labas, tad viss ir labs vai, ka uzvarētājus netiesā. Par laimi dzīvojam brīvā valstī un vismaz paši par sevi varam pateikt visu taisnību. Esmu pārliecināts, ka tas darītāju slavai un godam „kantē nerīvēs”, bet parādīs, ka mēs visi esam bijuši tikai cilvēki, ka to vai līdzīgu tam būtu varējuši paveikt arī citi. Bet šoreiz tas gods tomēr pienākas mums un mēs ar to varam lepoties!

## LPSR ZA un LVU

Padomju vara Latvijā ienāca ar savu tradīciju – zinātnisko pētījumu nodalīšanu no augstskolām, tos koncentrējot Zinātņu akadēmijas un tā saucamajos nozaru institūtos. Faktiski tas nebija nekas agrāk nezināms. Zinātņu akadēmijas tipa, no augstskolas atdalīto pētniecības institūtu pirmsākumi Latvijā atrodami jau 20. gs. 30-tajos gados, ko apliecina LZA karogā atrodamais gadskaitlis 1936. Spilgtas nozares pētnieciskā institūta iezīmes tā laika Latvijā atrodamas oficiāli 1932. gadā dibinātajā uzņēmumā VEF. Jaunums bija tikai tas, ka padomju vara malā nostūma Latvijas ievērojamāko zinātnes centru LU. To darot, jaunajai varai vajadzēja īpaši parūpēties par jauno institūtu nodrošinājumu ar pētniekiem. Kā parasti tādos gadījumos, liels uzsvars tika likts uz speciālistu importu no lielās padomju zemes. Otrs ceļš bija LU strādājošo speciālistu pārskaitīšana jaunajos institūtos. Tā, piemēram, 1946. gadā, dibinot LPSR ZA Fizikas un matemātikas institūtu (no 1950. gada – Fizikas institūts), par tā darbinieku kļuva arī viens no nedaudzajiem Latvijā palikušajiem fiziķiem Ludvigs Jansons, kurš ar savu dzīvesbiedri A. Jansonu bija visai nozīmīgu pētījumu aizsācēji Latvijā jonu kristālu fizikā. Un tomēr viņš nekad nepameta universitāti,

dodot lielu ieguldījumu jaunās fiziķu paaudzes audzināšanā, paaudzes, kurai padomju plānos bija savu darbību jāsaista ar minētajiem ZA vai nozaru institūtiem, kur viņiem tika nodrošināti daudz labāki darba apstākļi par tiem, ko viņiem spēja nodrošināt Universitāte. Savukārt universitātei, pildot savu galveno – jaunās zinātnieku paaudzes audzināšanas – uzdevumu bija jārūpējas par kvalitatīvu mācībspēku paturēšanu darbā pie sevis, kuri neapšaubāmi vēlējās būt arī aktīvi pētnieki.

Man laimējās nokļūt Universitātē laikā, kad valstī bija sākušās jūtamas pārmaiņas. To pamatā bija pasaules lielvaru arvien lielāka orientācija uz jauno zinātnes sasniegumu izmantošanu sava spēka un varenības nodrošināšanā. Padomju valstī tas radīja nepieciešamību pārskatīt savu attieksmi pret tā saucamo augstskolu zinātni par labu augstskolu potenciāla plašākai iesaistei valstij nozīmīgajos pētījumos. Nešaubos, ka tieši tāpēc tika sekmēta plaša profila augstskolu sadalīšana pa nozaru augstskolām, lai vieglāk būtu vadīt un kontrolēt tajās veicamos pētījumus. Tā no par LVU pārdēvētās LU 1950. gadā tika nodalīts Rīgas Medicīnas institūts un 1958. gadā – Rīgas Politehniskais institūts.

Pats par sevi saprotams, ka PSRS vara noteica prasību tā saucamajai padomju zinātnēi ieņemt vadošās vietas pasaules zinātnē. Tas bija izaicinājums uz sacensību ar kapitālistiskajām valstīm. Pateicoties stingrajai varas un tās rīcībā esošo resursu centralizācijai, PSRS šajā sacensībā piecdesmito gadu beigās sāka gūt arvien lielākus panākumus, ko padomju vara pasaulei pasniedza kā savas iekārtas neapšaubāmu pārākumu. Bet sasniegtais bija jānotur. Un padomju vara izšķīrās par divām, agrāk neizmantotām iespējām: augstskolu potenciāla piesaisti un ne pārāk uzticamo, bet ļoti perspektīvo Baltijas republiku atvēršanu jauno virzienu attīstībā.

### **Jaunā laika vēsmas Latvijā un LVU, „Sputniks”**

1955. gadā es uzsāku studijas padomju varas novājinātajā Universitātē. Bet to 1960. gadā beidzu liela pacēluma sākumā. Es personīgi Universitātes lomas atzīšanu sāku izjust jau 1957. gadā, kad ves. pasniedzējs Egons Zablovskis piedāvāja tiem, kuri to vēlas, kolhoza talkas vietā palikt Rīgā, lai piedalītos Zemes mākslīgā pavadoņa (ZMP, „Sputņika”) novērošanas stacijas iekārtošanā. Mēs ar prieku palikām Rīgā un ķērāmies pie darba tā arī nezinādami, kad tas pirmais „Sputņiks” varētu parādīties. Bet tas parādījās jau pēc mēneša 1957.gada 4. oktobrī un mēs kļuvām par oficiāliem tā novērotājiem, pildot valsts nozīmes pienākumu.

PSRS ar palaisto 1. ZMP pārsteidza visu pasauli, tai apliecinot savu gatavību, spējas un iespējas; jo sevišķi apsteidzot ASV. Pēc divpadsmit gadiem, viesojoties Kornela universitātē ASV, fizikas profesors Roberts Pols man teica: „Vai jūs tur PSRS nevariet vēlreiz amerikāņus pārsteigt ar kaut ko līdzīgu pirmajam „Sputņikam”?” Redzot manu pārsteigumu viņš paskaidroja: „Pēc jūsu „Sputņika” strauji pieauga fizikas studiju popularitāte.” Saprātu, ka tas bija teikts ne tikai par fizikas studentiem, bet arī par valsts finansējumu pētījumiem fizikā, ko tajā laikā augstskolu zinātnieki saņēma no ASV Aizsardzības departamenta, kaut arī tieša saka ar valsts aizsardzības problēmām tiem visbiežāk nebija.

### **Elektronu skaitļošanas mašīnas – ESM**

Pirmās paaudzes ESM PSRS tika izgatavota 1950. gadā. Desmit gadus vēlāk savu skaitļotāju izgatavoja LPSR ZA Fizikas institūta zinātnieki J. Daubes vadībā. Tā vietā, lai kopīgiem akadēmijas un universitātes speciālistu spēkiem šo darbu turpinātu, starp akadēmijas un universitātes vadību izvērās asa cīņa par prioritāti šajā jomā. Par „uzvarētājiem” kļuva pēdējie, tiekot pie jauna elektroniskā skaitļotāja „BESM – 2”, kas arī kļuva par pamatu LVU Skaitļošanas centra (SC) izveidei 1959. gada rudenī.

Par tā pirmo direktoru (līdz 1978. gadam) kļuva SC izveidošanas galvenais autors un vadītājs Eižens Āriņš. LPSR ZA nekas cits neatlika, kā ar steigu 1960.gadā paziņot par pašiem sava LPSR ZA Elektronikas un skaitļošanas tehnikas institūta (ESTI) nodibināšanu. Tikai pateicoties LVU SC izveidotāja un direktora (1959. – 1978.) E. Āriņa (fiz. un mat. zin. kandidāts no 1954. g.) un viņa kolēģu spējām un autoritātei, SC varēja sekmīgi konkurēt ar savā formālajā statusā augstāko LPSR ZA ESTI.

Par šo stāstu ne tikai tāpēc, ka Āriņa veikums iedvesmoja I. Vītoli PFPL dibināšanai, bet arī tāpēc, ka ESM kļuva par būtisku pētījumu „ieroci” kā PFPL, tā arī nākošajā CFI.

### **Pusvadītāji ienāk Latvijā**

Pasaulē pusvadītāju materiāli lielu interesi sāka izraisīt pēc tam, kad Dž. Bardīns ar U. Brattenu atklāja tā saucamo tranzistora efektu (Nobela prēmija 1956. gadā). Piecdesmitajos gados pusvadītāji kļuva par padomju valsts nozīmes “stratēģiskajiem materiāliem”. Savu studiju pēdējā kursā 1959. gada rudenī es ar savu studiju grupu biju nosūtīts praksē Ļeņingradas rūpnīcā „Svetlana”, kur tajā laikā pēc jaunās difūzijas un sakausēšanas tehnoloģijas (protams, slepenas!) tikko kā bija uzsākta četršimtās sērijas tranzistoru izgatavošana. Tas bija laiks, kad pusvadītāju ierīču ražošana tika organizēta visur tur, kur varēja cerēt uz augstas kvalifikācijas inženieru un zinātnieku klātbūtni. Par tādu vietu tika atzīta arī Rīga, 1959./1960.gadu mijā uzsākot tajā (protams, slepenās) Pusvadītāju rūpnīcas izveidi, tai nododot tikko kā uzcelto skolas ēku Rīgā, Brīvības ielā pie Šmerļa. Uzaicinājumam strādāt jaunajā rūpnīcā pieteicās daudzi mani studiju biedri, izejot īpašu apmācību praksi rūpnīcās Maskavā un stājoties darbā pēc diplomu saņemšanas 1960. gada rudenī. Es nebiju starp tiem, jo piekritu palikt darbā LVU, lai gatavotos akadēmiskai darbībai.

Uz jaunajām vēsmām Latvijā atsaucās 1946. gadā dibinātais LPSR ZA Enerģētikas institūts, 1961.gadā izveidojot Pusvadītāju ierīču pētniecības laboratoriju (vadītājs I. Feltniš). Pildot savu “vietējās zinātnes galvenā štāba” lomu pie LPSR ZA tika izveidota republikas mēroga Pusvadītāju zinātniskās padome, par kuras priekšsēdētāju 1961. gadā kļuva akadēmiķis A. Kroģeris. Viņš daudz darīja visu virzienu cietvielu fizikas (pusvadītāju, jonu kristālu, metālu un vēlāk arī stiklu un amorfo cietvielu fizikas, kā arī cietvielu elektronikas) savstarpējā tuvināšanā. No 1968. gada, kad kļuva par PFPL vadītāju, es sāku pildīt šīs padomes priekšsēdētāja vietnieka pienākumus.

Universitātes avīzē „Padomju Students” 1967. gada 18. maijā rakstā ar nosaukumu „Pusvadītāju fizikas problēmu laboratorijai 5 gadi” iedalījumā „Mazliet no pusvadītāju fizikas problēmu laboratorijas vēstures” atrodama šāda ziņa: „*Sakarā ar pusvadītāju ierīču arvien plašāku ieviešanu ļoti daudzās dzīves nozarēs republikā 50-to gadu beigās radās liels pieprasījums pēc pusvadītāju fizikas speciālistiem, taču šādus speciālistus republikas augstskolas negatavoja. Pēc Fizikas un matemātikas fakultātes darbinieku b. b. Krauliņas, Eidusa, Šmita iniciatīvas fakultātē 1960. gadā tika izveidota pusvadītāju fizikas specialitāte. Paralēli arvien reālāka kļuva nepieciešamība radīt republikā centru, kur augstā līmenī tiktu izdarīti perspektīvi pētījumi pusvadītāju fizikā, vārdu sakot – jautājums par pusvadītāju fizikas problēmu laboratorijas radīšanu Universitātē bija nobriedis un prasīja atrisinājumu.*

*Pēc tagadējā laboratorijas vadītāja, toreizējā Fizikas un matemātikas fakultātes asistenta Ilmāra Vītola iniciatīvas Universitāte griezās pie republikas valdības ar priekšlikumu organizēt šādu laboratoriju. Priekšlikumus ievēroja un 1960.gada maijā Augstākās un vidējās speciālās izglītības Valsts komiteja pieņēma lēmumu sākt Pusvadītāju fizikas problēmu laboratorijas organizēšanu Latvijas Valsts universitātē*

*uz Fizikālās optikas laboratorijas bāzes, kur doc. L. Jansona vadībā bija izveidojies pētniecības virziens, kas varēja būt par pamatu nākamajai laboratorijai.”*

1960. gadā tas tomēr vēl palika tikai ieceru līmenī, kuru realizācijai bija vajadzīgi ne tikai īsti entuziasti, bet arī universitātes patrioti un minētās jomas pārzinātāji. Atskatoties uz turpmāk notikušo, varu teikt, ka entuziasti atradās. Atradās arī patrioti. Sliktāk bija tikai ar pusvadītāju fizikas pārzinātājiem, kurus varēja aizvietot tikai tai tuvāk stāvošie visīstākā universitātes patriota L. Jansona (1909–1958) skolnieki, kuru vidū kā „vispiemērotākos” savā skatījumā būtu varējis minēt K. Švarcu, I. Vītoli un O. Šmitu. Uz viņiem arī tika liktas vislielākās cerības. Bet tad „spēlē” atkal iejaucās LPSR ZA ar savu tikko kā uzcelto Salaspils Atomreaktoru. Kā jau centrālās varas finansēts un visādā veidā atbalstīts pasākums tas daudziem Latvijas fiziķiem solīja labas darba un turpmākās izaugsmes iespējas. Kļūt par tā darbiniekiem faktiski bija Latvijas fiziķu pienākums, jo tā nepildīšanas gadījumā vajadzīgie kadri tiktu jebkurā nepieciešamajā daudzumā piegādāti no Maskavas, Ļeņingradas vai citiem PSRS zinātnes vadošajiem centriem. Tāpēc saprotama bija K. Švarca izvēle 1961. gadā pilnībā pārcelties darbā reaktorā, vēlāk kļūstot arī par Fizikas institūta direktora vietnieku (1962.–1979.). Daži viņam nesekojošie to uzskatīja par vieglākas dzīves meklēšanu vai pat par nodevību. Un tā nu par minēto plānu izpildes galveno iedvesmotāju un organizētāju kļuva Ilmārs Vītols. Zinu, ka personības loma vēsturē diezgan bieži tiek apšaubīta sakot, ka ja ne viņš, tad noteikti kāds cits būtu paveicis to pašu. Nešaubos, ka vēsturei ir sava „objektīva” virzība, kuru iespaidot pat visspēcīgākajām personībām gandrīz vai nav pa spēkam. Un tomēr spriedelējumiem „kā būtu, ja viņa vietā būtu kāds cits” negribu pievienoties, jo zinu, kā bija un to kā tādu arī pieņemu.

### **PFPL dibināšana**

Stājoties darbā LVU es vēl tā īsti neapzinājos sava vadītāja – jaunā fiziķa Ilmāra Vītola – īsto ieceru. Vienīgais, ko ātri aptvēru, ir tas, ka mums būs strauji jārikojas, lai attīstītu savus pētījumus, strādājot LVU sastāvā un izmantojot labvēlīgo situāciju Vissavienībā un Latvijas republikā. Visai drīz uzzināju, ka esam konkurencē vai kaut kādā citādā interešu konfliktā ar vismaz dažiem mūsu potenciālās darbības jomai tuviem zinātniekiem ārpus universitātes. Visneglaimojošākos vārdus dzirdēju par dažiem uz LPSR ZA Fizikas institūtu pārgājušajiem, kuri esot mūs nodevuši, meklējot vieglākus darba apstākļus un izvairoties no studentu apmācīšanas pienākumu veikšanas.

Kritiku sapratu un tāpēc ne vārda neiebildu, kad I. Vītols man paziņoja, ka viņš lielās aizņemtības dēļ no šī rudens vairs nerasīšot studentiem lekcijas pusvadītāju fizikā, bet tas būšot jādara man. Uz iebildumu, ka tas man nenāksies viegli, jo tādu kursu savā studiju laikā nebiju klausījies (diplomā man bija ierakstīta specialitāte optika), izņemot dažās vispārīgās lekcijās doc. V. Šmelinga sniegtā. I. Vītols apsolīja dot man mēnesi laika intensīvai šī kursa apguvei pašmācības ceļā, pie kā es arī nekavējoties ķēros.

Es, kā jau agrāk citviet neiesaistītais, kļuvu par vienu no pirmajiem oficiālajiem Vītola līdzgaitniekiem, par ko liecina ieraksts manā darba grāmatīņā: 1960. gada 26. septembris – Pārskaitīts par jaunāko zinātnisko līdzstrādnieku Pusvadītāju fizikas problēmu laboratorijā. Faktiski tas bija ierakstīts avansā, jo tajā brīdī tādas problēmu laboratorijas praktiski nemaz vēl nebija, jo atradās dibināšanas stadijā. Toties neapšaubāmi korekts ir jau nākošais ieraksts: 1962. gada 16. maijs. – Pārskaitīts par vecāko inženieri Pusvadītāju fizikas problēmu laboratorijā (PFPL).

Šādu vai līdzīgu iemeslu dēļ PFPL oficiālās dibināšanas datums nav precīzi nosakāms. Divās viena otrai sekojošās LVU vēsturei veltītajās grāmatās („LU 75” un „LVU vēsture 1940.–1990.”) minēti divi atšķirīgi gadi – 1961. un 1960. Es, kā šī notikuma ne tikai aculiecinieks, bet arī tā aktīvs līdzdalībnieks vispirms gribu jautāt, ko mēs gribam atzīmēt – juridisko dibināšanas aktu vai reālās darbības sākumu. Spriežot pēc minētajiem ierakstiem manā darba grāmatīnā, PFPL ir dibināta, izveidota vai sākusi darboties kaut kad starp 1960.gada 26. septembri un 1962.gada 16.maiju. Nekādi īpašas atceres cienīgi notikumi 1960. gadā man nav zināmi. Toties es labi atceros, kā vēl remontējamajās laboratorijai paredzētajās jaunajās telpās Raiņa bulvāra 19 ēkas pirmajā stāvā Inženieru ielas pusē 1962.gada janvāra sākumā mēs pirmo reizi svinējām PFPL dzimšanas dienu.

### **Par nosaukumu PFPL**

Skaidrs, ka vārdi pusvadītāju fizika ne pārāk atbilda tam, ko darījām un ko gatavojāmies darīt. Tie bija vairāk kā solījums kalpot kaut kam mūsdienīgam, progresīvam un daudzsološam. Bet tāda jau bija padomju laika tradīcija, piem., kolhozs ar nosaukumu „Komunisma ceļš” tikai vārdos gāja pa šo ceļu.

Otri divi vārdi – problēmu laboratorija – arī atspoguļoja laikmeta specifiku. Nosaukums laboratorija gan bija zinātniskas institūcijas cienīgs, bet tajā laikā tālu atpalika no vārda institūts prestiža. Bet atļaut augstskolai lietot zinātņu akadēmijai raksturīgo institūtu nosaukumu kādiem šķīta par daudz lielu godu, par ko ZA varētu pat justies apvainota. Tāpēc vārdu kombinācija – problēmu laboratorija – tika izvēlēta kā neko īpaši neizsakošs kompromiss, kas apzīmēja kaut ko nopietnu (problēmu risināšanu) un tomēr ar ZA un nozaru institūtiem nekonkurējošu. Visai drīz mūsu piemēram sekoja Spektroskopijas problēmu laboratorija (SPL, 1967) un Segnetoelektriķu un pjezoelektriķu fizikas problēmu laboratorija (SPFPL, 1968).

Atšķirībā no jau pieminētā LVU Skaitļošanas centra, kura dibināšanas brīdī vismaz tā vadītājs E.Āriņš bija ar zinātņu kandidāta grādu, PFPL štatus tāda līmeņa zinātnieku vēl ilgi nebija neviena. Mūsu cerība bija jaunie speciālisti divās galvenajās radošās darbības jomās – jau pieminētajā L. Jansona iesāktajā jonu kristālu fizikā (O.Šmits, I.Vītols, J.Valbis, V.Zīraps, I. Tāle, J.Zaķis) un elektronikā, ko toreiz dēvēja par radioelektroniku (E. Tardenaks, kā arī I. Vītols un I. Tāle, kā arī vairāk vai mazāk arī citi fiziķi). Bet ar to, protams, nepietika, lai attaisnotu pusvadītāju vārdu laboratorijas nosaukumā. Tā kā tie bija gadi, kad pasaulē bija parādījušies modernā, revolūciju elektronikā sološā mikroelektronika, I. Vītols mani komandēja uz Maskavu, lai lielākajā plašai publikai pieejamākajā Ļeņina bibliotēkā izstudētu visu jaunāko (pamatā ārzemju) literatūru par šo jomu. To arī izdarīju, bet tā arī nespēju iedomāties, kā varēsim konkurēt ar varenajām ārzemju firmām – „General Electric”, „Westinghouse”, „Silvania” u. c. Maskavā savāko informāciju vēlāk izmantoju, uzrakstot šo virzienu popularizējošu brošūru „Mikrominiaturizācija radioelektronikā” (Rīga, 1966). Idejas, ko mēs varētu šajā virzienā darīt paši, mums tomēr neradās, jo nevarējām taču sacensties ar varenajām firmām.

Atradis ziņu par agrāk nedzirdēto tā saucamo kanāla tranzistoru, I. Vītols lika man nodarboties ar tā pētīšanu. Bet kā gan lai to daru, ja mums nebija nekādu iespēju tādu izgatavot. Sazinājos ar Pusvadītāju rūpnīcā strādājošajiem maniem agrākajiem studiju biedriem un sadabāju kaut ko līdzīgu kanāla tranzistora struktūrai. Manā vadībā kāda studente to izpētīja savā diplomdarbā. Bijām pārsteigti, ka Pusvadītāju rūpnīcas speciālisti par mūsu darbu nekādu interesi neizrādīja, paskaidrojot: „*Mūsu ražošanas tehnoloģijas nosaka Maskavā. Ieviest kaut ko jaunu mēs varam tikai tad, ja tas tiek tur pieņemts par normu jeb standartu.*” Bijā jāmeklē kontakti Maskavā pie

zinātniekiem, kuri ir iesaistījušies jaunā izstrādāšanā. No agrāk Maskavā strādājošā Pusvadītāju rūpnīcas galvenā inženiera uzzināju, ka PSRS ZA Kristalogrāfijas institūtā strādā Šeftals, kurš ir izstrādājis jaunu pusvadītāju monokristālisko plāno kārtiņu iegūšanas metodi – daudz vienkāršāku par pašlaik izmantojamo garo monokristālu audzēšanas, to sagriešanas un kodināšanas metodi. Devos pie viņa un daudz ko interesantu uzzināju. Nolēmām šādu pētījumu uzsākt arī pie sevis. Tā kā mūsu vadošie fiziķi jau bija aizņēmti savos agrāk iesāktajos jonu kristālu pētījumos, izvēle krita uz tikko kā no skolotāja darba pie mums pārnākušo L.Beizīteru. No kāda brauciena uz pusvadītāju tehnoloģijām veltītas konferences Parīzē I. Vītols atveda jaunu ideju, kā šādas kārtiņas iegūt ar tā saucamo divdimensiju rekristalizācijas metodi. Lai arī ar šiem pētījumiem laboratorija ieguva zināmu atpazīstamību, par dominējošajiem mūsu darbā tie nekļuva, paliekot labā akadēmiskā līmenī bez tiešas „izejas uz ražošanu”.

Turpmāk ne vienu vien reizi pārliecinājāmies, ka kaut cik būtiski uzlabot vai pat tikai pielabot pusvadītāju ierīču ražošanu Pusvadītāju rūpnīcā neesam spējīgi. Kā jaunais PSRS zinātņu kandidāta grādu ieguvušais zinātnieks no 1969. līdz 1970. gadam biju pieredzes apmaiņas komandējumā ASV. Komandējuma nobeigumā es iepazinos ar kādu latvieti, kurš strādāja firmā „TRANSITRON” pie pusvadītāju ierīču automatizētās ražotnes. Nebiju pārsteigts uzzinot, ka viņam labi zināms, ka Rīgā ir pusvadītāju rūpnīca. Atzinos, ka es ne pārāk labi zinu, kas un kā tur tiek ražots, tikai zinu, ka viņiem visai bieži ir problēmas ar pārāk lielo brāķa procentu. Tā nu gadījās, ka pēc neilga laika viņš atbrauca uz Latviju, apciemot savus radniekus, un sameklēja arī mani, piedāvājoties ieinteresētajiem pastāstīt, kā viņa kompānijā ir izdevies uzlabot ražojumu kvalitāti. Saaicināju savus kolēģus, kā arī dažus savus paziņas no Pusvadītāju rūpnīcas un noklausījāmies viesu stāstījumu. Pēc stāstījuma pajautāju rūpnīcas speciālistiem, vai nu viņi var justies apmierināti, uzzinot, kas un kā pareizi jādara. Mani pārsteidza viņu atbilde: *„Mēs jau sen zinām, ka kvalitatīvas ierīces var izgatavot tikia tad, ja strādnieki supertīros izejmateriālus neaiztiek ar netīrām rokām. Tā kā piespiest viņiem lietot cimdus vai vismaz nomazgāt rokas mēs nespējam, tad būs vien jums – zinātniekiem, jāturpina pētīt, kā pat no netīriem materiāliem var izgatavot kaut ko labu. Tāpēc rūpnīca arī turpmāk ir gatava finansēt jūsu pētījums šajā virzienā.”*

Arī mēs bijām spējīgi kaut ko sliktu vērst labajā. Kādā no pusvadītāju ierīču izgatavošanas etapā uz pamatmateriāla silīcija virsmas bija jāizveido ļoti plāna silīcija dioksīda kārtiņa pamatmateriālu vienkārši oksidējot. To darot ne pārāk tīros apstākļos, oksīda kārtiņā parasti iekļuva gandrīz visur klāt esošais nātrijs (pamatā no vāramās sāls, sodas vai citiem to saturošajiem populārajiem savienojumiem), kas sava kustīguma dēļ ievērojami pasliktināja ierīču darbības frekvenču parametrus. Mēs savos pētījumos atradām, ka iespējams oksīda kārtiņā ievadīt kādu citu piejaukumu, kas spēj piesaistīt nātrija jonus, tos padarot nekustīgus, t. i. radot iespaidu, ka nevēlamā nātrija kārtiņā vairs nav.

Kādā konferencē, uzzinājuši par mūsu pētījumiem kvarca stiklu radiācijas fizikas jomā, Maskavas Tehniskā stikla institūta pārstāvji aicināja mūs tos turpināt kā viņu apmaksātu pasūtījumu, t. s. līgumdarbu. Piekritām, tikai jautājām, ko viņi mums pasūtīs? Varējām domāt, ka turpmāk tik vien kā saņemsim papildus samaksu par to, ko jau tāpat darījām uz valsts budžeta rēķina. Ar pirmajiem jaunajiem rezultātiem priecīgi devāmies uz Maskavu, lai saņemtu apsolīto līgumā paredzēto apmaksu. Nokļuvām pie paša institūta direktora un viņa tuvākajiem līdzgaitniekiem. Mūs rezultātus pat tā īsti neapskatījuši viņi tikai nosauca darbinieku (ar pašu direktoru

priekšgalā) vārdus, kurus mums jāpievieno darba rezultātus aprakstošās zinātniskās publikācijas autoriem.

Bet tas jau bija vēlāk, kad ar saviem pētījumiem laboratorija jau bija ieguvusi pietiekoši plašu atpazīstamību. Kā pie tās mēs tikām, tas ir īpašs stāsts.

Jau pirmajos laboratorijas darbības gados arvien vairāk pārliecinājāmies, ka mums visvairāk traucē pašu formālās atpazīstamības trūkums, kas padomju laikā (tāpat, kā šodien) bija gūstama mūsu pētniekiem „apgrādoties”. Lai cik tas arī nebūtu paradoksāli, PFPL bija nodibināta bez neviena zinātņu kandidāta (par doktora nemaz nerunājot) līmeņa darbinieka. Pārliecinājies, ka neesam gatavi tos iegūt klasisko pusvadītāju jomā, I. Vītols ieteica ķerties pie pētījumiem mums daudz labāk pazīstamajā un apgūtajā jonu kristālu fizikas jomā. Visvairāk šis pavērsiens noderēja man, jo varēju no minētajiem meklējumiem pusvadītājos atgriezties pie jonu kristāliem, kuru pētīšanā jau biju kaut ko paveicis (1961. gadā prestižā Vissavienības žurnālā man ar savu vadītāju O.Šmitu jau bija publikācija).

Un tā nu mēs visi „vadošie” fiziķi draudzīgi iekļāvāmies mums tik tuvajā un pat mīļajā jomā, kas mūs satuvināja ar tajā jau strādājošajiem kā tepat Latvijā, LPSR ZA Fizikas institūtā (I.Pļaviņas un K.Švarca vadībā), tā arī ar jau pazīstamajiem zinātniekiem Tartu Fizikas (sākumā Fizikas un astronomijas) institūtā un Tartu valsts universitātē. Šie kontakti un sakari strauji paplašinājās visas PSRS mērogā un pat pārsniedza tās robežas. Un sākās mūsu darbinieku zinātņu kandidāta disertāciju aizdāvāšanas ēra: J. Zaķis – 1966. g., J. Valbis, I. Tāle, V. Zīraps, O. Šmits, I. Vītols u. c.

Par mūsu šefu līdz 1968.gadam Ilmāru Vītoli ir atsevišķs stāsts. To, ka Vītolam ir neizsīkstošs „traku” ideju krājums. Tās viņš ne tikia dāsni dalīja starp darbiniekiem, bet pat kā vadītājs daudziem pat uzspieda. Atskatoties uz to laiku, šo uzspiešanu vērtēju vairāk kā darboties rosinošu, nekā administratīvi pavēlošu, kaut arī, it sevišķi dažādu ierīču un metožu izstrāžu jomā netrūka arī tādas, kas pat atsevišķos gadījumos noveda pie patstāvīgi domājošāko aiziešanas no laboratorijas (spilgtākie piemēri – E. I. Siliņš ar visu savu grupu un P. Tomsons). Pirmais spilgtākais I. Vītola idejas realizācijas piemērs, ar kuru man bija iespēja iepazīties jau pēdējā studiju gadā, laikabiedriem pazīstams ar nosaukumu „kombains”.

Tā vietā, lai ar tā laika modernāko padomju ražojumu – spektrofotometru „SF-4” – nodotos cītīgai kristālu spektru pētīšanai, viņš bija pierunājis laboratorijas vadītāju atļaut viņam vienu tādu ierīci pārbūvēt līdz nepazīšanai, padarot to par spektru mērīšanas automātu („kombainu”). Ar apbrīnu vēroju kādā ātrumā spektri tiek reģistrēti uz šaurfilmu kinokameras lentas. „Kombainam” pašam gan nebija pārāk ilgs mūžs. Toties to pārdzīvoja un lieliski sevi attaisnoja vāju gaismas plūsmu mērīšanai noderīgais sinhrodetektors.

Vai nu zinātnē uzskatot mani par O.Šmita audzēkni, vai par pārāk patstāvīgu, I. Vītols man ļāva pilnīgu pētniecības brīvību. Varbūt, ka tieši tas, neskatoties uz manu sākotnējo klejošanu pusvadītāju jomā, deva iespēju pirmajam iegūt zinātņu kandidāta grādu.

Neatceros nevienu gadījumu, kad pretendējot uz kādas jaunas tēmas (šodien sakām – projekta) finansējumu kāds mums būtu aizrādījis par tās neatbilstību laboratorijas nosaukumam jeb profilam. Lai cik daudz arī netiktu runāts par padomju laika zinātnes pakļautību valsts pasūtījumam un birokrātiskai kontrolei, savu vietu tajā atradušie un nostiprinājušie tā saucamās akadēmiskās zinātnes pārstāvji varēja atļauties strādāt pēc tajā laikā bieži minēta principa, ka zinātnē nozīmīgs ir ne iepļānotais jeb paredzamais, bet gan negaidītais rezultāts. Par to, ka PFPL izdevās tikt pie šādas iespējas, liecina tā laika prestižajā laikrakstā „Leņģingradskaja Pravda”



1976. g. 12. oktobrī publicētais informācijas aģentūras TASS ziņojums „Eksperiments bez eksperimentatora”, kurā teikts (tulkojumā no krievu valodas – J. Z.):

*„Mūsdienu optikā, mikroelektronikā un radiotehnikā plaši tiek izmantoti kristāli, dažādi stikli. To asortiments nepārtraukti papildinās, bet katra radīšana prasa no cietvielu fizikas speciālistiem daudzskaitlīgus eksperimentus. Izrādās, ka šādus eksperimentus var izdarīt daudz ātrāk, pie tam bez eksperimentatoru līdzdalības. Šim nolūkam kādā no Latvijas universitātes problēmu laboratorijām izveidota un sekmīgi tiek izmantota kibernetiska sistēma. Pētīšanas objekti „noslēpti” kriostatū ligzdās. Tos pakļauj zemas un augstas temperatūras, gaismas un rentgenstaru iedarbībai. Paverot iekārtu nodalījumus var ieraudzīt kā miniatūri elektromotoriņi pagriež prizmas un spoguļus, izpilda cilvēku darbu..*

*Mēs darbojamies divos virzienos vienlaicīgi, - stāsta laboratorijas vadītājs, fizikas un matemātikas zinātņu kandidāts J. R. Zaķis. - Turpinām tiešos cieto vielu modeļu pētījumus, bez tam pilnveidojam pētījumu metodiku, cenšamies tos maksimāli intensificēt. Kibernetiskā sistēma izdara mērījumus un izdod vajadzīgos rādījumus piecdesmit vai pat simts reizes ātrāk nekā cilvēks-pētnieks.”*

Īss ziņojums, bet tajā ir ietverts tik daudzu PFPL zinātnieku ilgu gadu pūliņi ar tam laikam pietiekoši augstu novērtējumu!

Šajā jubilejas reizē gribu vēlreiz izteikt vissirsnīgāko paldies visiem, kas mūs noveda pie šādas atzinības. Mana visdziļākā pārlicība ir tā, ka tas mums izdevās galvenokārt patiecoties spējai sadarboties, viens otru atbalstīt, viens otram grūtā brīdī sniegt palīdzīgu roku. Esmu pārliecinājies, ka nav daudz tādu kolektīvu, kurā būtu tik ilgi valdījis tik labvēlīgs gars!

### **Kur Rīgā dzimusi PFPL?**

Iespējas fiziķiem būtiski paplašināt savas telpas Kronvalda bulvārī 4 uz aiziet gatavojošās RPI Ķīmijas fakultātes rēķina kavējās ieilgušās RPI jaunās pilsētiņas celtniecības Ķīpsalā dēļ. Pa to laiku aizejošais RPI ap 1960. gadu jau bija paspējis atbrīvot telpas universitātes galvenajā ēkā Raiņa bulvārī 19. I. Vītalam izdevās pierunāt universitātes vadību piekrist to nodošanai jaunveidojamajai PFPL ar noteikumu, ka laboratorija nodrošinās to savešanu kārtībā. Ar aktīvu fiziķu līdzdalību, kā arī iesaistot laboratorijas štatos remontspējīgus speciālistus telpu savešana kārtībā veicās diezgan ātri. Strauji augošais laboratorijas kolektīvs tika sadalīts pētījumu tematiskajās un apkalpojošajās vienībās, jau pašā sākumā nosakot, kurai vienībai pienāksies kādas telpas. To iekšējo plānojumu katra struktūrvienība varēja noteikt pati, gan ievērojot telpu aprīkojuma vispārīgos principus, kas bija vienādi visām telpām. Visām apgūstamajām telpām Raiņa bulvāra ēkas pirmajā stāvā gar Inženieru ielu tika ierīkota pamatīga vienota noplūdes ventilācijas sistēma. Katrā telpā tika ierīkoti uz sienā iekaltiem kronšteiniem nostiprināti masīvi plaukti aparatūras glabāšanai. Katras telpas vidū grīdā bija izveidota šahta ar ūdensvada un kanalizācijas pievadiem, kā arī ar cauruli uz pagrabā novietojamo priekšvakuuma sūkni. Visām telpām cauri tika izvilktā vienlaidu masīva dzelzs stīpa, kuras gals izvadīts caur ēkas ārsienu un ierakts zemē. Katrā telpā stīpai bija piemetinātas kontaktskrūves aparatūras iezemējuma pievienošanai. Laboratorijai strauji paplašinoties, tās rīcībā pakāpeniski nonāca pilnīgi visa pirmā stāva un puspagraba telpu rinda gar Inženieru ielu no Raiņa bulvāra līdz Merķeļa ielai. Pēdējais lielākais ieguvums bija caurbrauktuve uz pagalmu ēkas Inženieru ielas pusē, kas tika izbūvēta darbnīcas vajadzībām.

Tas bija laiks, kad universitātei nebija paredzēta nekāda jauna celtniecība, savas vajadzības apmierinot uz to iestāžu rēķina, kas turpināja celtniecību, atbrīvojot vecās telpas Rīgas centrā. Brīdī, kad RPI apguva kādu no savām jaunceltnēm, atbrīvojās ēka

Šķūņu ielā 4, Vecrīgā. Bijušie saimnieku ēku pamata sliktā stāvoklī un to pārņemt varēja tikai tie, kuri būtu spējīgi to savest kārtībā. Uz šo ēku pietiecāmie arī mēs, aicinot universitātes dienestus to savest kārtībā. Zinot, uz ko esam spējīgi, universitātes vadība izbrīnā man jautāja: „*Vai tad jums trūkst speciālistu?*” „*Mums ir labi speciālisti, bet nav celtnieki un remontētāji,*” – pikti atbildēju. Skaidrs, ka mums tomēr lielākais darbs kārtējo reizi bija jāpaveic pašu spēkiem, par ko gan dažas telpas ieguvām.

### **Un kur pēc tam aizgājusi?**

Pateicoties mūsu labajām attiecībām ar Latvijas Valsts plāna komitejas priekšsēdētāju Miervaldi Ramānu mums radās cerība iegūt jaunu ēku, bet gan ar stingru norādi, ka tai jābūt līdzīgai tipveida lētajai skolas ēkai.

Tas spārnoja mūsu šefu un viņš izsludināja PFPL darbinieku iekšējo konkursu par labāko ēkas projektu. Aktivitāte bija diezgan liela, bet rezultāti nekādi, jo mūsu fiziķi taču nebija arhitekti un atļāva vaļu savai neierobežotajai fantāzijai. Un tomēr es ar zināmu gandarījumu atceros šo pasākumu, kas kārtējo reizi mūs visus vienoja kopīgam mērķim ar apziņu, ka mēs visu varam – vajag tikai gribēt.

Pēc šīs „iesildīšanās” sākās nopietns darbs. Vispirms devāmies meklēt jaunās ēkas vietu. Uzzinājuši par mums pavērušos iespēju uzradās tādi, kas piedāvāja atbrīvot savas vecās ēkas, ļaujot viņiem uz mūsu rēķina uzcelt sev kaut ko citu, protams, jaunu un viņu vajadzībām atbilstošāku. Mūs savukārt interesēja ērtāka atrašanās vieta un iespējami labāki kaimiņi. Visus mūsu meklējumus aprakstīt nav nemaz tik viegli. Šoreiz kā piemēru minēšu vienu interesantu gadījumu. Grozoties pa pilsētas centru, ievērojām brīvo laukumu LPSR ZA augstceltnes Turgeņeva ielā priekšā. Pilsētas galvenais arhitekts šo iespēju kategoriski noliedza. Bet laukuma Centrāltirgus pusē esošā arodskola tūlīt izrādīja gatavību savu ēku atbrīvot un pārcelties uz jaunām telpām tālāk no paša pilsētas centra. Atklātības brīdī skolas direktors atzinās, ka tirgus tuvums viņam ļoti traucējot, jo skolnieki vairāk laika pavadot, klejojot pa tirgu, nekā mācoties.

Par mūsu meklējumiem uzzināja LPSR ZA vadība un noorganizēja šaura loka apspriedi LKP CK, lai kārtējo reizi rosinātu mūsu laboratoriju pievienot akadēmijai ar iespējām tai iekārtoties kādā no tās ēkām un, protams, mums paredzētās celtniecības jaudas nodot viņu rīcībā viņu iestrēgušo projektu realizācijai. Man šajā apspriedē bija tas gods pārstāvēt mūsu intereses pret akadēmija uzbrukumu. Jutos ļoti patīkami pārsteigts, ka, noklausījies akadēmijas priekšlikumu, partijas CK sekretārs Jurijs Rubenis asi atbildēja: „*Vai lielā līdaka grib aprīt mazo zivtiņu!?*” Ar to jautājums mums par labu bija izšķirts un akadēmijas tīkojumi vismaz uz laiku tika pārtraukti.

Kad beidzot bijām nonākuši līdz gandrīz tukšajam zemes gabalam Ķengaraga ielā 8, kļuva skaidrs, ka bez celtniecības lietu speciālistiem neiztiksim. Padomju laikam tipiskās naturālās saimniekošanas apstākļos sameklējām paši savu arhitektu – Arvīdu Rulli. Tā kā jau pieminēto tipveida skolas projektu uzskatījām par galīgi nepieņemamu, atlika izšķirties, kuru citu tā laika tipveida projektu izvēlēties par pamatu, protams, to piemērojot savām vēlmēm. Bija skaidrs, ka celtnes pamatā jābūt kādam no tajā laikā triecientempā montējamajiem dzelzsbetona karkasiem. Izvēles bija tikai divas: no dzelzsbetona plāksnēm montējamais tā saucamais civilais karkass vai uz dzelzsbetona kolonām uzmontētais rūpnieciskais karkass. Mums nebija šaubu, ka tik nopietnais celtni, kāda būs mūsējā, der tikai uz kolonām uzmontētais ēkas karkass. Mēs bijām gatavi dot uzdevumu projektētājiem. Viņi gan izrādīja neapmierinātību ar mūsu ēkas platuma izvēli ar dieviem standarta 6 metru pārslaidumiem, no kuriem vienā pusē būs sešmetrīgas laboratoriju telpas, bet otrā –

četrmetrīgi kabineti ar divmetrīgu koridoru pa vidu. Pirmais iebildums bija pret tik šauru koridoru, kas neatbilstot mācību iestādes normām. To atspēkojām ar paskaidrojumu, ka šī nebūs tik daudz mācību iestāde, cik zinātniskās pētniecības institūts. Bet tas izraisīja jaunu iebildumu no projektētāju puses – viņiem esot labi zināms, ka tādos institūtos neviena telpa nevarot būt šaurāka par sešiem metriem. Man gan izdevās viņus nomierināt sakot, lai viņi paskatās, kā lielās laboratoriju telpas institūtos tiek sadalītas ar skapjiem, plauktiem vai pagaidu šķērssienu.

Tā nu mēs panācām savu un te nu tāda ēka stāv vēl šodien. Bet tās vēl nebija visas grūtības. Rūpnieciskajos karkasos parasti tika izmantotas 6 metru garas (augstas) dzelzsbetona kolonnas. Skaidrs, ka mums tik garas nevajadzēja – mums pietika ar īsāko standartu, t. i., 4,5 metriem. Latvijā visas kolonnas tika gatavotas tikai vienā vietā – Garkalnes dzelzsbetona konstrukciju rūpnīcā. Tur arī devāmies ar savu pasūtījumu. Uzzinājuši, ka mums būs vajadzīgas īsākās kolonnas garkalnieši atteicās pieņemt mūs pasūtījumu, paskaidrojot, ka viņiem esot jāpilda produkcijas ražošanas plāns, kurā uzskaitē tiek veikta dzelzsbetona kubikmetros. Tā kā viņi kolonnas gatavojot sešmetrīgās veidnēs, mūs četrpusmetrīgo gadījumā viņiem būšot jāsamazina veidņa izmantojamā daļa tajā pašā apstrādes ciklā, tajā pašā laikā iegūstot mazāk kubikmetru produkcijas. Noskaidrojuši, ka viņu ražošanas jaudu „šaurā vieta” ir veidņu trūkums, apsoliījām viņiem izgatavot vēl vienu veidni, lai ar veidņu skaita palielinājumu varētu kompensēt to garuma neizmantošanā radušos zaudējumus. Un mūsu pasūtījums tika pieņemts un arī izpildīts.

Vienlaicīgi ar mūs ēkas celtniecību notika arī RPI ēku celtniecība Ķīpsalā, kas bija ieildzis valsts nozīmes pasākums ar augstāku prioritāti par mūsu celtniecību. Konstatējuši, ka dažāda laba arī mums vajadzīga būvkonstrukcija pirmkārt tiek vesta uz Ķīpsalu, mūsu vīri izgudroja viltību. Viņi nosēdās uz Ķīpsalu vedošā ceļa malās un sagaidījuši, ka pa to tiek vests kaut kas arī mums vajadzīgs, apturēja vedēju un teica, ka viņš esot kļūdījies, jo šī konstrukcija bija jāved uz Ķengaraga ielu. Kā un kāpēc vedējs piekāpās, vēl līdz šim nezinu, bet rezultātā mūsu ēka cēlās straujāk nekā dažāda laba cita Ķīpsalā.

Lai cik tas arī nešķistu amorāli, toreiz to par lielu ļaundarību neuzskatīja, jo visas lielās celtnes taču piederēja vienai un tai pašai valstij. Un tomēr, kad pēc celtniecības pabeigšanas mani kādu dienu izsauca uz LKP Kirova rajona (pēc universitātes oficiālā pieraksta) komiteju, biju nobažījies – vai tikai neesam atmaskoti. Bet tur mani laipni sagaidīja un apsveica ar izvirzīšanu valsts apbalvojuma saņemšanai. Tā es tiku pie sava pirmā un arī pēdējā, kaut arī zemākā PSRS valsts ordeņa – Goda zīmes. Jāatzīstas, ka jutos neērti, jo labi zināju, kādu milzīgu darbu ēkas tapšanā bija ieguldījis vispirms jau mūsu galvenais inženieris Oļģerts Āboliņš, viņa tuvākais līdzgaitnieks Ansis Troicis, mūsu arhitekts Arvīds Rullis, kā arī visi viņu vadībā strādājošie. Toreiz labi zinājām, ka, ja kaut ko nedarīsim paši, neviens mūsu vietā to nedarīs. Kad pamatu rakšanas laikā kāds žurnālists piegāja pie racēja apjautāties, kā veicas ar plāna izpildi un cik daudz te var nopelnīt, racējs vārdā Jānis Kļava kautrīgi atbildēja, ka kā zinātnieks ar zinātņu kandidāta grādu pelna diezgan labi, tikai ne par šo rakšanu. Ēkas celtniecību nobeidzot, tās oficiālo celtnieku vadītājs atzinās, ka nu viņš pazaudēs savus labāko un uzticamāko celtnieku brigādi.

Jau pirms ēkas celtniecības pabeigšanas mani vairākas reizes pie sevi izsauca universitātes rektors, lai es viņa padomnieku klātbūtnē ēkas plānos parādītu, cik telpas izmantosim savām vajadzībām un cik telpās varēs izvietot kādus citus, no LVU centrālā ēkas pārvietojamus dienestus. Vienmēr atbildēju, ka ēku paši aizpildīsim pilnībā. Tad man lika parādīt ēkas plānus un paskaidrot par katras telpas izmantojumu. Es atbildēju, ka katrai telpai ir savs atbildīgais izmantotājs, kurš tad var

to paskaidrot. Piedāvājos saaicināt viņus visus uz kopēju apspriedi. Rektors, protams, no tā attiecās, kauninot mani, ka es kā vadītājs pats nevaru par visu atbildēt. Uz to atbildēju, ka tāpēc jau varu būt tik lielas laboratorijas vadītājs, ka tajā strādā tik daudz atbildīgi darbinieki, kuriem es pilnībā uzticos.

Kad bijām uz jauno ēku jau pārcēlušies 1975. gadā, pie manis pēkšņi ieradās kāds ģenerālis ar pavadoņiem un stādījās priekšā kā Civilās aizsardzības štāba priekšnieks, kuram esot ziņots, ka šajā ēkā arī viņš varētu atrast piemērotas telpas. Kopā ar viņu izstaigājām pa visu ēku. Redzot, ka visas telpas tiek intensīvi izmantotas, ģenerālis man jautāja, kur viņi visi atradās līdz šim, un pats piebilda: „Ja esiet pārcēlušies no Raiņa bulvāra 19, tad tai ēkai tagad ir jābūt pustukšai.” Piekritu un ieteicu viņam sev vietu meklēt tieši tur. Otrreiz ar viņu vairs nesatikos.

### **Jaunās ēkas izmantošanas plāni un realitāte**

Tas nu gan ir īpašs stāsts, kurā patīkamākais ir tas, ka tik liela ēka varēja kļūt par pamatu vismaz daļējai Rīgā un tās apkārtnē izkaisīto fiziķu spēku satuvināšanai, ja ne citādi, tad vismaz zem viena jumta. Bet tas notika tikai ar divām problēmu laboratorijām. Un tomēr tas bija solis līdzšinējās nodalīšanās pavēršanai pretējā virzienā. Protamas, ka tajā laikā runa varēja būt tikai par kaut kādu pārgrupēšanos LVU iekšpusē nemaz pat nesapņojot par tuvināšanos LPSR ZA vai nozaru zinātnei (piemēram, mūsu tuvumā esošais Mikrioeižu ZPI tā arī palika mums svešs).

Sākotnēji savu kopdzīvi nosaucām par LU Mācību un zinātniskā darba kompleksu (MZDK), kura sastāvā ietilpa savstarpēji neatkarīgas struktūrvienības – PFPL, SPEFPL un FMF Pusvadītāju fizikas katedra. Tomēr daudzi uzskatīja, ka šāda „neformāla laulība” nav labākais kopdzīves vieds. Un mēs nolēmām, ka tik lielam veidojumam jāiegūst ZPI statuss, kaut arī ar to no kopdzīves formāli tiktu izslēgta minētā katedra.

Mēs ar savu jauno ēku ātri kļuvām populāri un tikām rādīti dažādiem viesiem kā piemērs tam, kā padomju vara ar mūsu valdības rokām sekmē zinātnes attīstību. Tā kādu dienu pie mums ieradās LPSR Augstākās izglītības ministrs I. Linde ar delegāciju no kaimiņrepublikas Lietuvas. Izrādot viesiem savu MZDK, saņēmām no ministra aizrādījumu, ka vajagot viesiem pateikt, kas te būs turpmāk. Mazliet apjukām. Tad ministrs pats viesiem paziņoja, ka te būšot Baltijā pirmais augstskolas ZPI. Viens no viesiem ne bez ironijas jautāja „Kāpēc tas vajadzīgs?” un pats atbildēja: „Saprotu, direktors grib kļūt par akadēmiķi.” Tajā laikā visā PSRS akadēmiķis tika uzskatīts par kaut ko daudz augstāku par profesoru. Par akadēmiķiem gandrīz vai automātiski kļuva ZA institūtu direktori un citi vadošie darbinieki. Augstskolās turpretī varēja tik pie profesora, bet par akadēmiķi tik pat kā nekad. Un tā nu pie ZA akadēmiķa netikušajam atlika tikai kaut kur citur veidot pašam savu institūtu cerībā, ka to pamanīs un attiecīgi novērtēs akadēmijas cilvēki.

Var tikai pabrīnīties, cik ātri šī tradīcija, vismaz pie mums, nozuda kopā ar padomju varu. Citviet pasaulē prestižie profesori tika atzīti arī mūsu zemē. Atceros, kā pirmajos atjaunotās neatkarības gados kādā televīzijas diskusijā atklājās, ka mūsu akadēmijā strādājošie gandrīz visi ir kļuvuši par profesoriem. Šodien vairs nebrīnos, redzot mūsu labi pazīstamo akadēmiķu vizītkartēs augstā akadēmiķa titula nomaiņu ar profesora nosaukumu. Jauni laiki, jauni tikumi!

### **Sagāde un sagādnieki**

Mēs it kā saprotam, ka cilvēki veido laiku un laiks veido cilvēkus. Nevienam nedzīvo ārpus sava laika un visā kādā laikā notiekošajā atrodamas konkrētu cilvēku darbības sekas. Šis triviālās patiesības atgādinu tāpēc, ka padomju laikā notikušo

nevar saprast to aplūkojot kā tikai tajā laikā dzīvojušo un strādājušo ieguldījumu atrauti no vides, kurā tas bija iespējams un kaut kas cits, ko šodien uzskatām par iespējamu, tad nebija pat iedomājams. To atzīstot, var droši teikt, ka PFPL dzimšana un izaugsme tādā veidā, kā tā notika, bija iespējama ne tik tāpēc, ka to panācām tādi kā mēs, bet galvenokārt tāpēc, ka tas tika darīts tādā laikā.

Negatavojos šeit aprakstīt visu padomju laika specifiku. Bet es nevaru nepastāstīt par to, kas tik ļoti iespaidoja mūsu darbību, prasīja no mums tādas pūles un tādas darbības paņēmienus, kādi šodien daudziem nav pat vairs saprotami. Tāpēc nav īsta pamata šodien jautāt, kāpēc darījām tā un ne citādi. Var tikai jautāt, kāpēc toreiz varēja darīt tā un nevarēja darīt citādi.

Man spilgtā atmiņā ir saulains 1961.gada augusta vakars, kad es ar I. Vītoli sēdējām Bastejkalnā uz soliņa un pārskaitījām, kādu aparatūru un materiālus jau esam pasūtījuši topošajai laboratorijai un kas vēl būtu pasūtāms vai citādi sagādājams. Mēs sacentāmies savās spējās nosaukt dažādas mērierīces un cita veida elektrotehnisko aparatūru un materiālus, jo zinājām taču, ka padomju valstī viss tika gādāts ne tad, kad tas vajadzīgs, bet tad, kad to var sagādāt. Materiālo vērtību ražotāji strādāja, pildot valsts noteikto ražošanas plānu. Ražotājs par paveikto atskaitījās tikai plānotāju priekšā. Par saražotā turpmāko likteni ražotājam bija visai maza atbildība, jo produkcija nonāca īpaši izveidotā, lielā un varenā tā saucamās sagādes un realizācijas tīklā, kas sastāvēja no pa produkcijas veidiem specializētiem tā saucamajiem „snabsbitiem” (saīsinājums no krievu valodas vārdiem „snabžeņije” – sagāde un „sbit” – realizācija jeb latviskāk „noiets”). „Snabsbiti” savukārt izdalīja šo produkciju patērētājiem (pamatā pasūtītājiem) atbilstoši valsts plāna noteiktajām normām, limitiem un fondiem. Protams, ka dažādu iemeslu dēļ produkcija „iestrēga” „snabsbitos”, kur tie to piedāvāja pircējiem kā brīvā tirgus preci, ko gan padomju deficīta apstākļos iegūt varēja pamatā pateicoties tā saucamajam „blatam”.

Tas, ka jebkura darba iesākums ir sagāde, man bija saprotams. Mazāk saprotams bija tas, ka es pēc fizikas studijām esmu kļuvis par sagādnieku, kuram jāgādā tas, kā sakars ar kaut kādiem konkrētiem pētījumiem fizikās jomā tik pat kā nav saredzams. Bet jāgādā taču ir viss, ko var sagādāt. Ja to neizdarīsi tad, kad tas ir iespējams, bet nav tā īsti vajadzīgs, tad, kad to vajadzēs, to sagādāt vairs nevarēsi.

Iepazīstoties ar dzīvi ASV man radās doma, kāpēc tur tik daudz runā par bandītismu, kas it kā nav tik izplatīts PSRS. Amerikā lielākā vērtība ir kādam piederošā manta, ko laupītājs cenšas iegūt sev pat izmantojot galējo līdzekli – īpašnieka nogalināšanu. Padomju zemē lielākā vērtība ir „blats”, ko es no kāda cita varu iegūt tikai viņam „piebraucot”. Viņu iznīcinot kopā ar viņu es zaudēšu iespēju tikt pie viņa „blata” dotajām iespējām.

Padomju „blatu” sistēmas pirmsākumi esot meklējami vismaz Krievijas cara Pētera Pirmā laikos. Cars esot nosūtījis savu ziņnesi uz kādu Urālu fabriku ar pavēli steidzīgi izgatavot vēl dažus desmitus lielgabalu. Ziņnesis atgriezies Pēterburgā tikai pēc mēneša. Cars bijis traki dusmīgs. Ziņnesis taisnojies, ka esot ceļā tā nodzinis zirgus, ka tie nepārtraukti bijuši jāmaina pret svaigiem, bet zirgu maiņas vietās esot bijušas garas zirgu mainītāju rindas. No tās reizes cars esot izdevis saviem ziņnešiem īpašas paša parakstītas zīmes, kas noteica viņu tiesības mainīt zirgus bez rindas. Kā jau tas Pētera laikā bija parasts, šī zīme tika nosaukta no vācu valodas pārņemtā vārdā par „blatu” (vācu *Blatt* – lapa). Un tā nu pie deficīta pirmie tika tie, kuriem bija „blats”.

Padomju sistēmā „blati” visbiežāk bija vienkārša radniecība, draudzība, pazīšanās, tas, ko šodien saucam visaptverošā vārdā par korupciju. Reizēm to aizvietoja pavisam vienkāršs cilvēciskais faktors. Katra iestāde un uzņēmums algoja

īpašus tā saucamos sagādniekus, kuru galvenais uzdevums bija pēc iespējas dziļāk iekļūt šajā „*blatu*” sistēmā. Viņi gādāja sev „*blatus*” ne tik daudz „*snabsbitos*”, cik viens ar otru un pat tieši ar ražotājiem. Tā kā iestādes un uzņēmumi centās paši pie sevis veidot uzkrājumus no tā, ko un kad varēja sagādāt pēc jau senajās naturālajās saimniecībās pazīstamā principa, ka „rati jāzagatavo ziemā un ragavas vasarā”. Tās bija savdabīgas uzņēmumu un iestāžu noliktavas, kurās glabājās viss jau nopirktais, bet vēl neizmantotais. Neredzot iespēju to kādreiz izmantot, sagādnieki sāka viens otram piedāvāt šos uzkrājumus, izveidojot savdabīgu „brīvo tirgu”, kas, protams, kropļoja padomju plānveida saimniekošanas sistēmu. Lai pret to cīnītos, īpašas kontroles institūcijas regulāri apmeklēja uzņēmumus, lai atklātu tajos šīs nelegālās noliktavas. Tajās bez izmantojuma stāvošais uzņēmumam bija jāatdod „*snabsbitu*” sistēmai, kur tas kā jau no plānošanas izklūvusi manta nonāca īpašā nelikvīdu sarakstā, kuri tika piedāvāti otrreizējai pārdošanai ar visai brīviem pārdošanas noteikumiem.

Nevēloties tik vienkārši zaudēt pie sevis uzkrātos nelikvīdus, uzņēmumi tos centās noslēpt kontrolieriem nepieejamās vietās, dokumentos uzrādot tos kā jau izlietotus kaut kādām iepļānotajam vajadzībām. Tajā augusta vakarā mēs daudz ko vēl nezinājām. Tāpēc domājām tikai par savu noliktu piepildīšanu. Mums nebija vēl sava „ražošanas plāna”, bet mēs veidojām savu „sagādes plānu”. Vēlāk, kad mums bija jau pašiem sava oficiāla laboratorija un pat bija jau savi „profesionālie” sagādnieki, sagāde vienalga palika par mūs vienu no nozīmīgākajiem pasākumiem. Ievērojot minēto valsts ražošanas un sadales plānu, mēs savlaicīgi sagādājām visdažādāko padomju rūpniecības ražojumu katalogus un dienām, reizēm pat naktīm, visi sēdējām pie tiem, atzīmējot visu, kas vien mums likās noderīgas, ja ne šodien vai rīt, tad parīt vai kaut kad nezināmā nākotnē. Pirmais, ko apguvām, bija minēto kontrolieru dažādā attieksme pret konkrētām izmantojumam jau sagatavoto aparatūru un tā saucamo iebūvējamo aparatūru un materiāliem. Ja pirmo varējām jebkurā brīdī uzrādīt kā zinātniskajos pētījumos izmantojamu bez īpašiem pierādījumiem (parasti pietika to nolikt uz ikdienas darba galda vai, vēl labāk, vismaz ar vienu vadiņu pievienot kaut kam citam), tad otro noteiktā laikā (parasti līdz iegādes gada beigām) uzrādīt kā iebūvētu vai vismaz kaut kam piemontētu. Tā nu mums laboratorijā veidojās divu veidu uzkrājumi: operatīvie, ko glabājām atklātos katrā telpā sienās iekaltos milzīgos plauktos, un pasīvie, kurus slēpām grūti atrodamās noliktavās.

Nevaru neatzīmēt, ka padomju vara izrādīja īpašu cieņu un uzticēšanos savas zemes oficiālajai zinātnei un tās pārstāvjiem zinātniekiem. Jau agrāk minēto iemeslu dēļ, kā jau minēju, īpašu cieņu tā izrādīja pret fiziku un fiziķiem. Vispirms jau tas izpaudās samērā vieglajā piekļuvē pie valsts budžeta finansējuma, kura izlietojums kontrole bija visai nosacīta. Tā nu mēs varējām atļauties pasūtīt un arī reāli iegādāties daudz ko no tā, kas citiem bija daudz grūtāk iegūstams. Vienīgā nopietnā problēma bija „*snabsbitu*” vēlme, lai sīkās detaļas netiktu pirktas mazos daudzumos. Vislabāk dzelzceļa vagonu vai vismaz kravas auto piepildījuma apjomā. Tāpēc minētajos ražojumu pasūtījuma katalogos šādu detaļu daudzumi bija norādāmi vismaz tūkstošos. Mūsu uzrādītie daudzumi (piemēram, pasūtāmās desmit detaļas uzrādot kā 0,01 tūkstoti) „*snabsbitos*” ne reti tika ignorēti kā nenozīmīgi uz lielo uzņēmumu pasūtījumu fona.

Veidojot PFPL, mēs bieži vien mazāk domājām par to, ko pētīsim, vairāk par to, kur sagādāsim visu nepieciešamo. Ierobežoto sagādes iespēju dēļ mēs bijām spiesti izveidot paši savu konstruktoru biroju, elektronikas grupu un darbnīcas, lai „deficīta” aparatūru un iekārtas varētu izgatavot paši saviem spēkiem. Tas, protams, mūs neatbrīvoja no sagādes grūtībām, tikai tās pārcēla no ierīču un aparātu jomas uz

dažādu detaļu un materiālu sagādi, bet ar to jau nodarboties varēja mūs fiziķus apkalpojošie ierīču un aparātu ražotāji. Visai drīz mūsu mehāniskās darbnīcas un elektroniku grupa izauga līdz tādiem apmēriem, ka varēja pilnībā apkalpot ne tikia mūs pašus, bet savus ražojumus pārdot citiem institūtiem, kas izveidojās par nozīmīgu mūsu peļņas avotu, kā arī deva iespēju valsts varai apliecināt savu ieguldījumu „tautas saimniecības attīstībā”.

Par to, kā mēs sagādājām jaunās ēkas celtniecībai vajadzīgos materiālus un būvkonstrukcijas, jau nedaudz minēju. Bet arī tām tajā pašā valsts plānā bija jābūt uzskaitītām un sadalītām pa objektiem, pierakstot to „vērtību” neko īpaši neizsakošajos padomju rubļos. Tas nozīmē, ka ēkas celtniecība formāli bija pakļauta kaut kāda finansējuma apjomam. Jau minēju, ka Valsts plāna komitejas priekšsēdētājs bija piekritis šai celtniecībai ar noteikumu, ka ēkas izmaksas atbildīs tipveida skolas ēkas izmaksām, kas tajā laikā bija 450,- tūkstoši rubļu. Ēku projektējot un sākot celt, mēs visai maz rēķinājāmies ar šo limitu, jo zinājām, ka jebkurā gadījumā rezultāts būs ieguvums valstij un tā jau zinās, kā izklūt no „finansu grūtībām”. Bet tomēr, plāns ir plāns un ar to nerēķināties nevar. Novērtējuši paredzamās ēkās izmaksas vismaz 1,- miljonu rubļu apmērā, bija savlaicīgi jārikojas. Saprotot, ka tik lieli apjomi tā saucamajā republikas valsts budžetā nebūs atrodami, nolēmām pēc palīdzības doties uz Maskavu (līdzīgi kā šodien dodamies uz Briseli). Ceļā devās I. Vītols un atgriezās kā uzvarētājs, līdzī vedot parastu paīra lapu ar trīs varenāko PSRS ministru personīgajiem parakstiem, katram no savu ministriju rīcība esošajām finansēm apsoties mums izdalīt pa 400,- tūkstošiem rubļu. Vispretimnākošākais esot bijis Elektroniskā rūpniecības ministrs, kas, savus 400,- tūkst. rbļ „atvēlējis”, uzreiz telefona sarunā piespiedis tādām pašām summām piedalīties arī Radiotehniskās rūpniecības un Augstākās izglītības ministrus. Viņi gan esot mēģinājuši iebilst, sakot, ka mūsu ēka taču tiks celta uz Latvijas republikas celtniecības jaudu un limitu rēķina, kas jau tā nespēj nodrošināt viņu pašu celtniecību plānu izpildi. Visvairāk šokēts par notikušo bija LPSR Valsts plāna komitejas priekšsēdētājs, jo ar šo 1,2 milj. rubļu „dotāciju” taču „jāapgūst” būs uz vietējo celtniecības jaudu un limitu rēķina, kuri bija visai ierobežoti. Bet neko iebilst vairs nevarēja – uz papīra lapas taču bija trīs „vareno” paraksti. Kā un vai vispār lielā PSRS valsts budžeta nauda minētajā apmērā kaut kad vispār nonāca republikas budžeta kasē, vēsture klusē. Bet kāda gan tam nozīme, jo faktiski uz republiku taču bija nosūtīts ne finansējums, bet pavēle izpildīt darbu noteikta finansējuma apmērā. Lai nu kā, bet mēs pie cerētā tikām (līdzīgi tam, kā mēs būtu tikuši pie Rīgas metro), apliecinot, ka ne tikai „Kas pirmais brauc, tas pirmais maļ”, bet arī to, ka „Maļ tikai tas, kas brauc!”

# JONU KRISTĀLU PĒTĪJUMI PUSVADĪTĀJU FIZIKAS PROBLĒMU LABORATORIJĀ

## I. Tāle

*Latvijas Universitātes Cietvielu fizikas institūts*

Fundamentāli pētījumi kristāliskā režģa punktveida defektu fizikā strauji attīstījās pagājušā gadsimta 30. gadu beigās, kad vācu fiziķis R. Pols (*Pohl*) atklāja t. s. krāsu centru veidošanos nesteheometriskos KCl kristālos pēc termiskas apstrādes kālija tvaikos. Centri akumulējās arī, kristālu apstarojot ar rentgena stariem. Sārnu metālu halogenīdi 40. gados bija sākums plašiem fundamentāliem eksperimentāliem pētījumiem kristāliskā režģa defektu ķīmiskā fizikā, defektu veidošanos sadarbībā ar jonizējošo starojumu, elektronu procesiem izolatoros un pusvadītājos.

Latvijas Universitātes Fizikas un matemātikas fakultātes Eksperimentālās fizikas katedrā pētījumi šai virzienā tika uzsākti Fizikālās optikas laboratorijā doc. Ludviga Jansona vadībā. Šai laikā fakultātē ienāca jauna fiziķu paaudze – asistenti Ojārs Šmits, Kurts Švarcs, Ilmārs Vītols, kuri jau studiju gados laboratorijā bija uzsākuši pētījumus sārnu metālu halogenīdu fizikā. Aistents O. Šmita intereses saistīja krāsu centru daba, asists. K. Švarca – pašvielas defektu un aktivējošo piemaisījumu elektronu rekombinatīvā luminiscence. Asists. I. Vītols attīstīja pētījumus radiācijas stimulētos elektronu un jonu procesos – defektu akumulācija un anihilācija, saistīto elektronu procesu daba, rekombinācijas mehānismi, to kinētika.

Šie pētījumi līdztekus pētījumiem atomu un molekulu spektroskopijā un segnetoelektriķu fizikā turpmākajos gados iezīmēja eksperimentālās fizikas attīstības virzienus Latvijas Universitātē.

Svarīgi impulsi pētniecības turpmāki attīstībai jonu kristālu un cietvielu fizikas kopumā bija, pirmkārt, plaša zinātniska sadarbība ar Igaunijas ZA Fizikas un Astronomijas institūtu, kurā pētījumus jonu kristālu fizikā kopā ar akadēmiķi F. Klementu uzsāka Ļeņingradas skolas audzēknis, zin. kandidāts Česlavs Luščiks. Otrkārt, Rīgā tika attīstīta pusvadītāju rūpniecība. Tas radīja priekšnoteikumus pētījumu rezultātus un zināšanas optiskos izolējošos materiālos pārnest pētījumiem un pielietojumiem pusvadītāju fizikā.

Sešdesmito gadu sākums iezīmēja organizatorisku pagriezienu jonu kristālu fizikas pētījumos. 1960. g. uz PSRS pusvadītāju rūpniecības attīstības viļņa I. Vītols kopā ar O. Šmitu sagatavoja projektu un, veicot atbilstošu organizatorisko darbu Maskavā un Rīgā, panāca lēmumu ārpus Zinātņu akadēmijas (ZA) struktūras dibināt Universitātē Pusvadītāju fizikas problēmu laboratoriju (PFPL) – pirmo zinātniski pētniecisko laboratoriju ar zinātnieku štata vietām un neatkarīgu finansējumu. Ar to tad arī, manuprāt, beidzas pirmā "era", ko varētu nosaukt par **jonu kristālu fizikas „piedzimšanas ēru”**. Jonu kristālu fizikā Latvijā izveidojās trīs pētnieciskie kolektīvi: I. Pļaviņas un K. Švarca laboratorijas ZA Fizikas institūtā un I. Vītola vadītā PFPL Latvijas Universitātē.

Otro ēru visus sešdesmitos gadus var dēvēt par **"romantisma ēru”**. I Vītolam spīdoši izdevās pierādīt laboratorijas pastāvēšanas lietderību Universitātes sienās. Darbā aktīvi tika iesaistīt spējīgākie fakultātes absolventi. Bija tipiski, ka katram tika izvirzīti individuāli pētniecības uzdevumi, attīstīts patstāvīgs darbs. Sākot ar PFPL dibināšanu jonu kristālu fizikā pakāpeniski sāka strādāt V. Zīraps, I. Tāle, J. Bogans, D. Millers, J. Valbis. Līdztekus tika attīstīti fundamentālie un pielietojamie pētījumi pusvadītāju fizikā (L. Beizītērs, A. Kundziņš, V. Šteinbergs, A. Lūsis).



PFPL tika realizēta plaša zinātniskās darbības bāzes attīstības programma. Tā paredzēja zinātniskā personāla un pētnieciskās aparatūras ikgadēju pieaugumu par 10%. Cik atceros, pētnieku skaitam līdz 1968 g. bija jāpieaug līdz apm. 100 līdzstrādniekiem, un tas faktiski arī realizējās. To nodrošināja galvenās prioritātes: jauno speciālistu sagatavošana un atlase, zinātniskās infrastruktūras attīstīšana.

Zinātniskais darbs jonu kristālu fizikā sešdesmitajos gados tika organizēts septiņās tematiskās zinātniskās grupās.

V. Zīrapa grupā ar līdzstrādniekiem I. Krūmiņu, un V. Grāveri tika pētīti elektronu – jonu relaksācijas procesi izmantojot vienlaicīgu termostimulētās vadāmības un luminiscences mērījumus. Šie pētījumi ļāva noteikt elektronu un caurumu termostimulētās rekombinācijas stadijas dažādos jonu kristālos.

J. Valbja ar līdzstrādniekiem Z. Račko, M. Sprīņģi, J. Jansonu grupas tematika bija izoelektronisko piemaisījumu luminiscence jonu kristālos. Pētījumiem bija principiāla nozīme to lokalizēto elektronu stāvokļu veidošanās likumsakarību noskaidrošanai, kuri nosaka izmaiņas kristālu luminiscences spektrā.

J. Bogana grupa ar līdzstrādniekiem I. Leinerti-Neilandi, U. Kanderu sārnu metālu halogenīdos atklāja elektronu – caurumu spontānu rekombināciju starp telpiski atdalītiem defektiem, elektronam tunelējot caur potenciāla barjeru. Eksperimentāli tika parādīts, ka tuneļa rekombinācija izpaužas kā inerciāla luminiscence, kuru stimulē autolokalizētu caurumu termoaktivēta difūzija kristāliskā režģī.

I. Tāles grupa ar līdzstrādniekiem A. Plaudi, P. Gurdzielu, A. Nagorniju attīstīja elektronu un caurumu lokalizēto stāvokļu termoaktivācijas spektroskopijas metodi, kura nodrošināja kvazi- nepārtrauktu vai nevienmērīgi paplašinātu elektronu un caurumu centru sadalījuma noteikšanu atkarībā no termiskās aktivācijas enerģijas. Pētījumi aptvēra elektronu ķērājcentru nevienmērīgās paplašināšanas izpēti atkarībā no piemaisījumu defektu koncentrācijas kristālā. Metode deva iespēju izpētīt ķērājcentru termiskās aktivācijas spektrus ģeoloģiskās nogulās iežu vecuma noteikšanai.

D. Millera grupa ar līdzstrādniekiem J. Āboliņu, E. Baumanī, L. Grigorjevu veica fundamentālu krāsu centru akumulācijas un rekombinācijas mehānisma izpēti jonizējošā starojuma mijiedarbībai ar sārnu metālu halogenīdu kristāliem. Tie ietvēra pētījumus par elektronu un caurumu centru spontānu rekombināciju, krāsu centru agregatizāciju un defektu akumulācija limitējošiem faktoriem.

J. Zaķa grupas kopā ar līdzstrādniekiem V. Zeikatu un B. Rusecki pētījumu objekts bija molekulārie anjonu centri sārnu metālu halogenīdu kristālos.

A. Godkalna grupa ar līdzstrādniekiem A. Gailīti un A. Jaunbergu attīstīja elektronu rekombinācio procesu fenomenoloģisko teoriju, tai skaitā teorētiskos priekšstatus par elektronu tuneļa rekombinācijas kinētiku, jaunu pētījumu metodi – pastāvīgā termostimulētās rekombinācijas ātruma metodi ķērājcentru termoaktivācijas spektroskopijai.

PFPL zinātnieki bija neiztrūkstoši reprezentatīvo konferenču dalībnieki. Galvenās no tām bija Vissavienības Luminiscences konferences 1961., 1968., 1973., 1976. gadā un Visavienības konference par jonu kristālu radiācijas fiziku un ķīmiju 1972. gadā.

Iespēju robežās Latvijas jonu kristālu fizika bija pārstāvēta arī starptautiskos forumos. Latvijas fiziķu debija starptautiskā arēnā bija piedalīšanās Starptautiskā Luminiscences konferencē Budapeštā 1966. gadā ar referātiem: I. Vītols „*Punktveida defektu rekombinācijas luminiscence SMH kristālos*”; V. Zīraps ar līdzautoriem „*Rekombināciovas luminiscences mehānisms KBr*”; J. Bogans, I. Vītols „*Lokalizēto eksitonveidīgo ierosinājumu luminiscences nosacījumi un  $V_k$  defektu ķērājcentru*

*daba KBr*”; J. Valbis ar līdzautoriem „Lokalizēto eksitonveidīgo ierosinājumu starojoša anihilācija SMH”.

Starptautiskā simpozijā „Krāsu centri jonu kristālos” 1968. gadā Romā I. Vītols, J. Valbis un D. Millers nolasīja referātu „Eksitonu sabrukšana un punktu defektu veidošanās SMH”.

Starptautiskā Luminiscences konferencē 1972. g. Ļeņingradā no PFPL tika nolasīti referāti: J. Bogans, J. Valbis, U. Kanders, I. Leinerte-Neilande, D. Millers, A. Nagornijs, I. Tāle, „Tīru un *Tl*, *Ag* aktivētu SMH kristālu tuneļluminiscence”; V. Bula, A. Gailītis, I. Tāle „Elektronu ķērājcentru pētījumi SMH ar frakcionētās termoizspīdināšanas metodi”; I. Vītols, A. Gailītis, V. Grabovskis „Bekerela likums”.

Plašu ieskatu par veikto pētījumu tematiku un rezultātiem jonu kristālu fizikā piedāvā Institūta bibliotēkā pieejamie zinātnisko rakstu krājumi „Elektronu procesi jonu kristālos” izdoti 1974. g., 1975. g. (2 krājumi), 1976. g., 1975. g., 1979. g. un 1980. g.

Pētījumi jonu kristālu fizikā stimulēja zinātnisko sadarbību ar nozaru pētnieciskiem institūtiem ārpus Latvijas. I. Tāles grupā izveidojās sadarbība sulfīdu luminoforu spektroskopijā. Partneri bija Ļeņingrada „Pielietojamās ķīmijas institūts” rentgena- un fotoluminoforu termoaktivācijas spektroskopijā un Stavropoles „Luminoforu un augstas tīrības vielu ZPI” lampu luminoforu pētniecībā. J. Valbja grupa veica pētnieciskos līgumdarbus vienkāršu un saliktu oksīdu luminoforu fizikā ar partneriem: Ļeņingradas „Valsts Optiskais institūts”, Ļvovas „Elektronu lamu apvienība”, Harkovas „Monokristālu institūts”.

Zinātniskā pētniecības grupas pakāpeniski bija pārveidotas par finansiāli pastāvīgām vienībām. 1972. g. Tika uzsākti darbi, lai uz PFPL bāzes izveidotu zinātniski – pētniecisku institūtu. 1973. g. tika panākta vienošanās ar Vissavienības Elektronikas ministriju Maskavā un Latvijas PSR Valsts Plāna vadību par jaunas ēkas celtniecību un finansēšanu. Ēkas celtniecība sākās 1973. gadā un tika pabeigta 1975. gadā. Uz jauno ēku Ķengaraga ielā 8. pārgāja PFPL un V. Fricberga 1968. gadā izveidotā Segnetoelektriķu un pjezoelektriķu fizikas problēmu laboratorija (SPFPL), kā arī Pusvadītāju fizikas katedra. 1978. gada februārī, apvienojoties PFPL un SPFPL, tika nodibināts Cietvielu fizikas institūts, kurā ievērojama vieta saglabājās pētījumiem jonu kristālu fizikā.

# OPTISKO STIKLU FIZIKA LATVIJAS UNIVERSITĀTĒ

(Brīvs ieskats atmiņās)

**A. Siliņš**

*Latvijas Universitātes Cietvielu fizikas institūts*

## Ievads

Optiskie stikli Latvijas Universitātē tika plaši lietoti kopš pašiem zinātniskās darbības pirmsākumiem. Dažādu marku stikli atradās spektrālajā aparatūrā un tika lietoti arī mācību procesā (lēcu parametru noteikšana). Pusvadītāju fizikas problēmu laboratorijā (PFPL) praktiski visā eksperimentālajā tehnikā tika lietoti labākie pieejamie optiskie stikli (kriostatu logi, monohromatoru prizmas, dažādas lēcas u. c.). Tomēr zinātnisku interesi šie materiāli pirmajos piecos PFPL darbības gados nebija nevienā radījuši. Pamatā laboratorijā tika pētīti sārnu metālu halogenīdu kristāli (fundamentālie pētījumi) un klasiskie pusvadītāji dažādu praktisku jautājumu risināšanai. Fundamentālajos pētījumos tajā laikā bija modē jaunos atradumus nosaukt to autoru vārdā. Arī PFPL zinātnieku aprindās skanēja ar Vītola –Herša vārdu eksitonu sabrukšanas mehānisms krāsu centros sārnu metālu halogenīdos. Līdz ar to vismaz PSRS zinātnieku aprindās bija nostiprinājies priekšstats, ka PFPL zinātnieki spēj izpētīt un saprast, kādā veidā radiācijas iedarbības rezultātā caurspīdīgos materiālos rodas krāsu centri, kuri padara šos materiālus daļēji vai pilnīgi necaurspīdīgus.

## Optisko stiklu sistemātisku pētījumu pirmsākumi

Pagājušā gadsimta sešdesmito gadu vidū PSRS bija guvusi ievērojamus panākumus kosmosa apgūšanā. Tomēr lielos sasniegumus bojāja fakts, ka kosmosa kuģu logi lidojuma laikā nokrāsojās un īsti labi nevarēja redzēt, kas tur uz Zemes dažādās pasaules malās notiek. Tāpēc par logu caurspīdību atbildīgā institūta (Tehniskā stikla zinātniski pētnieciskais institūts Maskavā) direktora vietnieks zinātniskajā darbā Leonīds Landa bija sarunājis ar PFPL vadību, lai par labu samaksu laboratorijā noskaidro logu krāsošanās iemeslus. Tika noslēgts līgumdarbs, kura vadību Ilmārs Vītols uzticēja Jurim Zaķim, bet galvenie izpildītāji bija zaļie jaunie zinātnieki Andrejs Siliņš un Anatolijs Truhins. Tā kā laboratorijā bija izgatavota un uzsākusi darbu pasaulē pirmā automatizētā optisko materiālu gaismas absorbcijas mēriekārta elektronu skaitļošanas mašīnas (ESM, tagad – dators) „Dņepr-1” vadībā pie dažādām parauga temperatūrām un jonozējošā starojuma dozām, tad līgumdarba laikā tika samērīts milzīgs skaits kosmosa kuģu logu dažādo tipu stiklu paraugu spektri, ar kuriem varēja noklāt visas toreizējās laboratorijas semināru telpas sienas. Ilmārs Vītols, iepazīties ar milzīgo rezultātu daudzību, atteicās tos interpretēt. Juris Zaķis rezultātu interpretācijai piegāja no filozofiskās puses un ievada defekta jēdzienu stiklos. Viņš gan nekad neuzstāja, lai zinātnieku sabiedrībā tie ieietu kā ”Zaķa defekti”. Tomēr tādā garā visus efektus varēja izskaidrot ar piejaukumu un pašvielas defektu klātbūtni un līgumdarbs tika sekmīgi nodots. Nākošo līgumu ar Tehniskā stikla institūtu vadību gan lika uzņemties mums pašiem jaunajiem zaļajiem.

## Iegūto rezultātu interpretācija

Bija zināms, ka kosmosa kuģu logi tiek gatavoti no dažāda tipa kvarca stikliem. Šos stiklus iegūst vai nu atšķirīgos veidos, sakausējot dabīgo vai mākslīgo kvarca kristālu pulveri, vai arī sintētiskā ceļā, oksidējot silīcija tetrahlorīdu ( $\text{SiCl}_4$ ). Visu stiklu struktūras pamatelementi ir silīcija-skābekļa tetraedri, kuri savienojoties ar šķautnēm, veido nepārtrauktu tīklu. Kristāliskajā kvarcā un daudzās citās silīcija dioksīda kristāliskajās struktūrās pamatelementi ir silīcija-skābekļa tetraedri, bet tie savstarpēji ir savienoti regulārās struktūrās. Loģiski radās doma interpretēt rezultātus, salīdzinot efektus stiklā un kristālā. Toļika draugi Irkutskā apgādāja seru Truhinu ar dzidrākajiem Sibīrijas kalnu kristāliem. Izrādījās, ka stiklu fundamentālo īpašību (piemēram, elektronu un fononu absorbcijas spektri) interpretācijai lieti noder kristālos izstrādātie priekšstati. Tomēr jonizētā starojuma rezultātā radītās īpašības (inducētie absorbcijas un luminiscences spektri) principiāli atšķīrās stiklos un kristālos. Stikli, kā likums, bija daudz jutīgāki pret starojumu un tajos parādījās tādas absorbcijas joslas, kuras nekad neparādījās kristālos. Tā kā defektu modeļus stiklos pēc analogijas ar kristālu neizdevās izstrādāt (izņemot  $E'$  centrus), tad atlika vienīgi empīriski aprakstīt absorbējošo centru koncentrācijas atkarību no starojuma dozas. Šos rezultātus apkopāju arī vienā nodaļā savā kandidāta disertācijā. Šī nodaļa tik ļoti iepatīkās Leonīdam Landam, ka uz tās pamata (nedaudz papildinot) viņš uzrakstīja un sekmīgi aizstāvēja savu noslepenoto tehnisko zinātņu doktora disertāciju.

## Ceļš uz skaidrību

Pagājušā gadsimta septiņdesmito gadu sākumā bija uzkrāti milzīgi rezultātu blāķi par silīcija stiklu uzvedību jonizējošā starojuma un citu dažādu ārēju faktoru iespaidā, bet tie neļāva saprast dažādo efektu būtību. Bija nepieciešams iegūt īpaši sagatavotus paraugus, kā arī veikt specializētus eksperimentus. Paraugu sagatavošanā visai veiksmīga izrādījās elektrodifūzijas metode, ar kuras palīdzību viena tipa piejaukuma defektus stiklos un kristālos var aizvietot ar tāda tipa piejaukuma defektiem, kuri kalpo kā luminiscences zondes un dod ziņu par savu apkārtni. Šo metodi laboratorijā sekmīgi ieviesa un realizēja Anatolijs Šendriks. Pa draugam izdevās iegūt arī sintētisko silīcija dioksīda stiklu paraugus ar lielu hidroksila koncentrāciju. Pirmais, ko izdevās konstatēt pēc vara piejaukumu defektu ievadīšanas elektrodifūzijas ceļā, ka stiklā šie centri dod zaļu, bet kristālā zilu fotoluminiscenci. Izrādījās, ka centru modeļi ir pilnīgi atšķirīgi stiklā, kur vara jons ir ķīmiski saistīts ar netiltna skābekli un kristālā, kur vara jons kompensē alumīnija jona nepietiekamo lādiņu, kad tas atrodas skābekļu tetraedra centrā. Anatolijs Truhins pievērsās stiklu un kristālu optiskās absorbcijas pētījumiem vakuuma ultravioletajā daļā, daudz uzmanības un spēka veltījot atbilstošo iekārtu izveidei. Šajā rajonā rezultāti stiklā un kristālā bija daudz līdzīgāki. Abu tipu materiālos ultravioletās absorbcijas „kante” (mala) pakļāvās tā saucamajam Urbaha astes aprakstam. Toļiks gan nekad neakcentēja, ka  $\text{SiO}_2$  gadījumā šo „kanti” vajadzētu saukt par ”Truhina- Urbaha ultravioleto asti”.

## Infrasarkanās absorbcijas pētījumi

Pilnveidojoties sintētisko silīcija dioksīda stiklu izgatavošanas tehnoloģijām, kad izdevās iegūt ļoti augstas tīrības materiālus attiecībā pret metāliskajiem

piejaukumiem, arvien lielāku nozīmi ieguva šo stiklu izmantošana optiskajos viļņu vados, jo šādu materiālu dabīgā gaismas caurlaidība bija stipri pieaugusi. Optiskās caurlaidības robežu dažos spektra rajonos noteica ne vairs piejaukumu vai pašvielas defektu klātbūtne, bet gan materiāla fundamentālā absorbcija. Tāpēc bija nepieciešams noskaidrot arī stiklu infrasarkanās absorbcijas dabu, kura lielos vilcienos pieauga eksponenciāli līdzīgi kā ultravioletajā daļā, vienīgi pieaugums notika fotonu kvantu enerģijām samazinoties. Veicot virkni eksperimentu, izdevās noskaidrot, ka minētā stiklu infrasarkanā absorbcija ir saistīta ar vairākfononu absorbcijas procesiem. Labi, ka nevienam neienāca prātā šo skaidrojumu nosaukt par "Siliņa infrasarkanā asti"  $\text{SiO}_2$  stiklos. Optisko viļņvadu izgatavotāji centās atrast vietu spektrā, kur materiāla caurlaidība ir vislielākā, respektīvi, kur sastopas abu astu galiņi. Silīcija dioksīda stiklos tas ir pie apmēram  $1,4 \mu\text{m}$ . Tomēr izrādījās, ka logu šajā vietā aizēno stiklā saistītā hidroksila pamatsvārstības pirmās harmonikas svārstību absorbcija. Lielu interesi izraisīja šī piejaukuma centra, no kura sintētiskos stiklos nevar atbrīvoties, pilnā infrasarkanās absorbcijas spektra pētījumi, kurā starp pamatsvārstības un pirmās harmonikas absorbcijas joslām parādās no mijiedarbības ar fononiem izrietošas joslas. Krieviski šīs joslas sauc par fononu spārniem. PFPL valodas tīrības speciāliste Velta Polmane domāja, ka šo efektu varētu saukt par "Siliņa fononu spārniem" saistītā hidroksila infrasarkanajā absorbcijas spektrā silīcija dioksīda stiklos.

### **Pēterburgas zinātnieku iesaistīšanās**

Stiklu pētniecības un sevišķi tehnoloģiju jomā galvenie centri PSRS mērogā atradās toreizējā Ļeņingradā (tagad Pēterburgā). Tur arī tika organizētas pamatā visas Vissavienības un starptautiskās zinātniskās konferences par stikliem un iznāca galvenais žurnāls par stiklu fiziku un ķīmiju. Mums paveicās, ka Pēterburgas redzamākie zinātnieki pamatā draudzīgi pieņēma mūs savā pulkā un uzsāka arī praktisku sadarbību. Ļoti interesantas bija universitātes profesora Roberta Evarestova lekcijas molekulāro orbitāļu teorijas jautājumos. Mēs izjutām lielu cieņu pret Silikātu ķīmijas institūta vadošajiem pētniekiem Jevgeņiju Porai-Košicu, Oļegu Mazurinu, Aleksandru Boganovu un citiem. Īpaši interesanti kopdarbi izveidojās ar Valsts Optiskā institūta Optiskā stikla nodaļas, kuru vadīja Gurijs Petrovskis, zinātniskajiem darbiniekiem Mišu Tolstoju, Leonīdu Gļebovu un vairākiem citiem zinātniekiem. Pēc Valsts Optiskā institūta pasūtījuma tika veikti izcili tīru nātrija silikātu stiklu fundamentālo fizikālo īpašību pētījumi, kuros iesaistījās vairāki jauni stiklu pētnieki kā Ivars Lācis, Vitolda Grabovskis, Viktors Saveļjevs u. c. Pēc Pēterburgas kolēģu ieteikuma sākām organizēt Vissavienības konferences par stiklu optiskajām un spektroskopiskajām īpašībām. Iznāca vairāki rakstu krājumi par stiklu veidojošo sistēmu fiziku un ķīmiju. Arī paši tikām iesaistīti citu konferenču orgkomitejās un uzaicināti Stiklu fizikas un ķīmijas žurnāla redkolēģijas sastāvā.

### **Aktuālu jautājumu risināšana**

Pagājušā gadsimta septiņdesmito gadu pirmajā pusē mēs ar Toļiku Truhinu jau bijām paspējuši aizstāvēt fizikas un matemātikas zinātņu kandidātu disertācijas un iesaistījuši darbā jaunus, spēcīgus kolēģus, piemēram, Linardu Skuju, Ivaru Godmani u. c., tāpēc varējām pievērsties sevišķi aktuālu jautājumu risināšanai. Toļiks aktīvi risināja un atrisināja eksitonu eksistences un autolokalizācijas jautājumus silīcija dioksīda kristālos un stiklos. Mēs ar Linardu pievērsāmies pašvielas punktveida

defektu izpētei stiklos. Tajā laikā zinātniskajā literatūrā bija pretrunīgas ziņas par jonizējošā starojuma izraisītajiem efektiem sevišķi tīrajos sintētiskajos silīcija dioksīda stiklos, kad parādās divas optiskās absorbcijas joslas un sarkana luminiscence, ja paraugus ierosina šajās inducētajās absorbcijas joslās. Tā kā efekti īpaši izteikti parādās sintētiskajos stiklos ar augstu hidroksila saturu (III tips), tad ASV zinātnieki tos saistīja ar ūdeņraža klātbūtni stiklā. Mums, izmantojot Salaspils atomreaktora labvēlību, izdevās pierādīt, ka centri ar augstāk minētajām optiskajām īpašībām pietiekoši lielās koncentrācijās tiek ģenerēti arī sintētiskajos stiklos ar zemu hidroksila koncentrāciju (IV tips) kodolreaktora starojuma ietekmē. Pēdējā gadījumā šie centri ir stabili arī pie istabas temperatūras, atšķirībā no centriem III tipa stiklos. Tas mums ļāva 11. Starptautiskajā stiklu kongresā Prāgā (1977.g.) viennozīmīgi pierādīt, ka sarkanā luminiscence ar atbilstošajām absorbcijas joslām ir saistīta ar netīrīta skābekļa centru klātbūtni silīcija dioksīda stiklos. Ar šo fundamentālo rezultātu mēs ieguvām pasaules stiklu pētnieku ievērību un atzinību.

### **Joprojām neatrisinātās problēmas**

Septiņdesmito gadu otrajā pusē mūsu pētījumu rezultāti optisko stiklu fizikā jau bija guvuši ievērību ne tikai PSRS, bet arī pasaules mērogā. Nekristāliskā silīcija dioksīda praktiskā pielietojuma straujā izaugsme (optiskie viļņu vadi, lāzeru tehnika, plānās SiO<sub>2</sub> kārtiņas mikroshēmās u. c.) izvirzīja arvien jaunus praktiskās dzīves jautājumus, kuru risināšanai jālieto fundamentālās zinātnes metodes. Šādos apstākļos ļoti aktuāli ir jautājumi par pieejamību īpaša sastāva materiālu paraugiem, kuri izgatavoti pēc zināmas un kontrolējamās tehnoloģijas. Atšķirībā no citiem materiāliem augstas tīrības silīcija dioksīdu stiklu un kristālu izgatavošanas tehnoloģijas ir ļoti sarežģītas un īpaši dārgas. Šādu augsto tehnoloģiju ieviešana Latvijas Universitātē nekad nav guvusi pozitīvu atbildi no vadības puses. Arī PFPL un vēlāk Cietvielu fizikas institūtā, reāli apsverot iespējas, līdz šim ir secināts, ka moderno silīcija dioksīda stiklu izgatavošanas tehnoloģiju ieviešana mums nav pa spēkam. Līdz ar to pētāmo paraugu iegūšana ir pašu eksperimentatoru ziņā. Pašreiz firmas dažādās pasaules malās piedāvā diezgan lielu silīcija dioksīda stiklu daudzveidību, kuri izgatavoti ar dažādām tehnoloģijām. Tomēr, lai no šiem standarta paraugiem iegūtu jaunus fundamentālus rezultātus, ir jāparāda īpaši liela eksperimentatoru izdoma. Daudz izdevīgāk ir sadarboties ar tādām ārzemju zinātniskajām iestādēm, kurām ir pieeja modernām tehnoloģijām, bet tas parasti prasa kādu laiku strādāt ārzemēs.

### **Starptautiska līmeņa pētniecība**

Divdesmitajā gadsimtā, pateicoties kolēģa Linarda Skujas veiksmīgajai darbībai optisko stiklu fizikas laukā, šī fizikas nozare neapšaubāmi Latvijas Universitātē ir pasaules augstāko standartu līmenī. Pienāk uzaicinājumi referēt visdažādākā līmeņa konferencēs un žurnāli sūta rakstus recenzēšanai. Scientologa Jāņa Kristapsona pētījumi rāda, ka Linards ir visvairāk citētais Latvijas zinātnieks. Tomēr šāda līmeņa uzturēšana mūsu apstākļos prasa īpašu darba režīmu. Japānas zinātnieku grupa no Tokijas tehnoloģiskā institūta, kura strādā augstas klases zinātnieka Hideo Hosono vadībā, katru gadu uz vairākiem mēnešiem aicina Linardu pie sevis darbā, jo viņiem, acīm redzot, ir nepieciešama Linarda pieredze, dotības un spējas, lai risinātu pašas aktuālākās problēmas optisko stiklu laukā (jomā). Tokijas tehnoloģiskā institūta rīcībā ir pašas modernākās silīcija dioksīda stiklu izgatavošanas tehnoloģijas, kā arī laba

sadarbība ar citām stiklu izgatavotāju firmām Japānā un pasaulē. Tas ļauj kopīgiem spēkiem sekmīgi risināt tos jautājumus, kurus arvien vairāk izvirza modernā tehnika. Pašreiz īpaši leģēti sintētiskie silīcija dioksīda stikli ļoti plaši tiek lietoti fotonikā, t. i. tādā jaunās modernās tehnikas nozarē, kura pašlaik visstraujāk attīstās.

## PUSVADĪTĀJU FIZIKA UN CIETVIELU JONIKA

A. Lūsis

*Latvijas Universitātes Cietvielu fizikas institūts*

Pusvadītāju fizikas problēmu laboratorijas (PFPL) izveide saistīta ar to, ka 1959.gadā darbu uzsāka Rīgas pusvadītāju aparātu rūpnīca un LU FMF vajadzēja uzsākt speciālistu gatavošanu pusvadītāju ierīču rūpniecībai, kas gan zinātniski, gan praktiski bija jauna nozare Latvijā. Tajā laikā Eksperimentālās fizikas katedra (vad. E. Krauliņa) bija tematiski vistuvāk pusvadītāju pētniecības jomām. Eksperimentālās fizikas katedras ietvarā arī izveidojās grupa (E.Krauliņa, O.Šmits un I.Vītols), kas sāka pētniecības grupu (L.Beizīters, A.Simanovskis, M.Šveide, J.Zaķis, M.Zaķe) veidošanu Kronvalda bulv.4 ar mērķi dibināt jaunu pētniecības laboratoriju ārpus Eksperimentālās fizikas katedras.

LU nebija akadēmiskas priekšvēstures pusvadītāju fizikas jomā (Ge/Si) pretstatā jonu kristālu (sārmmetālu halogenīdu) fizikai, kuras sākumi meklējami 40 un 50 gados (L.Jansons, O.Šmits, K.Švarcs) un kas turpināja attīstīties 60 gados Eksperimentālās fizikas katedrā (I.Vītols, V.Zīraps, I.Tāle, J.Bogans, J.Zaķis, L.Aļeksēja un J.Valbis).

Pēc tā laika varas iestāžu ieceres PFPL bija jāklūst par institūciju, kas nodrošina pusvadītāju rūpniecībai nepieciešamos pētījumus. Bet šeit bija viens liels "bet"! Neviena no augstāk minētajiem pētniekiem negribēja pamest sekmīgi iesāktu jonu kristālu pētniecības virzienu, kas sekmīgi attīstījās sadarbībā ar Tartu un Ļeņingradas zinātniekiem un varēja nodrošināt zinātniskā grāda iegūšanu. Tika meklēts kompromiss starp savu interesi pētīt optiskās un elektriskās parādības sārmmetālu halogenīdu kristālos un nepieciešamību pievērsties Ge/Si pētīšanai pusvadītāju rūpniecības interesēs. Uz ārpusi tas tika pamatots, ka sārmmetālu halogenīdi ir pusvadītāji kā Ge/Si, bet tikai ar to atšķirību, ka pirmie ir platzonas, bet otrie ir šaurzonas pusvadītāji.

No PFPL nodibināšanas līdz 1969.gadam laboratorijas pētniecības tematiskos virzienus ierosināja vai noteica I. Vītols. Praktiski pētniecība pusvadītāju jomā reducējās tikai monokristalisku Ge epitaksiālo kārtiņu iegūšanu un to raksturošanu, iesaistot šajos darbos L. Beizīteru, J. Berkoviču, A. Vovsi, V. Krūmiņu un A. Patmalnieku.

Sākoties radioelektronikas komponentu mikrominuarizācijai, aktuāli kļuva plāno kārtiņu pētījumi un ierīču radīšana uz to bāzes, t. i. plāno kārtiņu tranzistori un diodes, rezistori, kondensatori. Pasaulē tika izstrādātas plāno kārtiņu mikro ierīces, kas būtu analogas Ge/Si ierīcēm. Ar to sākās cietvielu elektronika pretstatā pusvadītāju elektronikai, t.i. sākās mikroelektronikas ēra. Starp plāno kārtiņu ierīču materiāliem bija, piem. CdS (Weimer'a tranzistors) un Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> (Mead'a diode), kuru elektroniskā vadāmība bija ievērojami mazāka par Ge/Si vai bija labi izolatori. Tas tuvināja šos materiālus SMH.

PFPL 1963. gadā tika iesākts jauns tematisks virziens "Plāno kārtiņu fizika un ierīces uz to bāzes" J. Zaķa vadībā. Pētījumu pamatā bija kontakta parādības, injekcijas strāvas augstomīgos pusvadītājos no metāla kontakta (In/CdS) un telpas lādiņa ierobežotās strāvas. Telpas lādiņa ierobežotās strāvas pētījumi sārmmetālu halogenīdu kristālos (dielektriskās diodes models) kļuva par manu kā 3.kursa studenta (1961./62. m. g.) zinātnisko darbu SZB un pēc tam (1963./64. m. g.) arī par diplomdarba tēmu (vad. J.Zaķis).



1963.gadā pie plāno kārtiņu tēmas sāka strādāt A.Kundziņš un pārņēma plāno kārtiņu tematikas vadību PFPL. Tika izvērsti pētījumi  $A_2B_6$  grupas pusvadītāju plāno kārtiņu fiziku un tehnoloģiju jomā (J.Berkovičs, A.Lūsis, A.Hofmarka, Z.Gatviņš). Tēmas ietvaros tika veikti pētījumi par monokristalisku CdS plāno kārtiņu iegūšanu (S. Aleksandrova vadībā un J. Kļaviņš izstrādāja diplomdarbu). Tika iegūtas plāno kārtiņu fotošūnas ( $Cu_2S/CdS$ ) un gaismas diodes ( $CdSe$ ) uz stikla pamatnes ar SnO caurspīdīgo elektrodu. A. Kundziņa un J. Straumēna vadībā tika izstrādāta un izgatavota daudzpozīciju karuseļu tipa vakuumiekārta plāno kārtiņu struktūru iegūšanai uz sitāla plāksnēm pēc Rīgas pusvadītāju aparātu rūpnīcas pasūtījuma. Tika izstrādāts un izgatavots lieljaudas elektronu lielgabals materiālu ar augstu kušanas temperatūru (W, Ge, Si) iztvaicēšanai. 1965. gadā pat tika uzsākti pētījumi par  $Al_2O_3$  plānajām kārtiņām dielektriskās diodes izgatavošanai (J.Valbis, V.Šteinbergs).

I.Vītols vērsa uzmanību arī organiskajām vielām kā pusvadītāju klasei. PFPL notika I. Vītola vadībā darbinieku semināri, kuros tika uzaicināti pusvadītāju specializācijas studenti, I. Vītols norādīja uz tikko tulkoto grāmatu „*Органические полупроводники*” un uzdeva man uzstāties seminārā par organiskajiem pusvadītājiem.

1963.gadā pēc I. Vītola uzaicinājuma no Rīgas elektromašīnu rūpnīcas Centrālās laboratorijas grupa speciālistu (E. I. Siļiņš, L. Taure, O. Vilītis) pārņāca uz CFI, kur uzsāka organisko pusvadītāju pētījumus, t. sk., organisko pusvadītāju plānās kārtiņas (A. Gailis).

Jonikas saknes meklējamas manā diplomdarba tēmā, jo kontaktā Au/KCl elektroniskos procesus ierobežoja (aizēnoja) jonu telpas lādiņš starp KCl kristāla virsmu un tilpumu, bet elektronu telpas lādiņa efektu novērošana bija iespējami tikai pie spriegumiem tuvu izolatora caursitei. Pēc diplomdarba mans zinātniskais darbs bija saistīts ar pusslodzes darbu PFPL (pamatdarbs bija asistenta darbs Vispārīgās fizikas katedrā) par M/CdS kontakparādībām plāno kārtiņu diodēs, kuras izgatavoja A. Kundziņš un A. Hofmarka.

1968.gadā ASV tika atklāts vadāmības pārslēgšanās efekts (mono stabilais) halkogenīdu pusvadītāju stiklos un pēc I. Vītola ierosinājuma tā kļuva par manas aspirantūras tēmu (vad. J. Zaķis), kura 1969.gadā tika nomainīta uz līdzīgu tēmu, tikai oksīdu pusvadītāju stiklos, jo līdzīgs efekts (bistabilais) tika atklāts Anglijā vara fosfātu stiklos. Tas pavēra sadarbības iespējas ar RPI (silikātu stikli) un LZA Neorganiskās ķīmijas institūtu (fosfāstikli).

Tādēļ 1968.g. tika iesākta sadarbe halkogenīdu pusvadītāju stiklu jomā ar ķīmiķiem Ļeņingradā, Maskavā un Kišiņevā (šo jomu PSRS vadīja B. T. Kolomiecs). PFPL plāno kārtiņu grupa 1969. gadā pat noorganizēja stiklveida pusvadītāju Vissavienības skolu B. T. Kolomieca vadībā. Jau 1969. gadā tika uzsākta sadarbe oksīdu pusvadītāju stiklu jomā ar RPI (J. Eiduks, U. Sedmalis) un PFPL tika izveidota oksīdu pusvadītāju stiklu sintēzes grupa I. Milleres vadībā. Šie pētījumi stiklos jau bija tieši saistīti ar jonu procesiem, ar jona stāvokļa maiņu un jonu pārnesi cietā vielā. 1972. gadā tika uzsākti priekšdarbi LU zinātnisko rakstu krājuma “Stikluveidojošo sistēmu fizika un ķīmija” izdošanai.

1960. gadu nogale bija laiks, kad intensīvi meklēja jaunus materiālus informācijas reģistrācijai. Tas bija laiks, kad tika izteiktas dažādas intuitīvas idejas par pusvadītāju stiklu vietu elektronikā un enerģijas pārveidošanā. Tiešām, daudzas no tām ir realizējušās. Tā mēs, grupa pētnieku (V. Minājevs, S. Dembovskis, V. Gamans, T. Mazec, M. Jelinsons) lidmašīnā Maskava – Erevāna (1968. g. dec.) ceļā uz PSRS ZA Mikroelektronikas sekcijas izbraukuma sēdi spriedām par elektronisko teksta lapu uz pusvadītāju stikla plēves elektrogrāfiskai iespēšanas tehnikai, kserogrāfiskai

pavairošanai un kopēšanai. Tas šodien ir pieejams kā lazerdruka un kopēšana vienā aparātā.

1968. gadā PFPL notika strukturālas izmaiņas, kas bija saistītas ar A.Kundziņa un daļas viņa vadītās grupas līdzstrādnieku pāriešanu (t. sk. A. Hofmarka, J. Berkovičš, Z. Gataviņš) uz Rīgas Mikroaparātu zinātniski pētniecisko institūtu. Plāno kārtiņu tēmas un grupas atlikušo daļu (S. Aleksandrovš, V. Šteinbergs, J. Klaviņš un 5 laboranti – FMF vakara nodaļas studenti) vadību I. Vītols uzdeva man – aspirantam, jo J. Zaķis pārņēma PFPL vadību. No šī brīža sākas Pusvadītāju materiālu nodaļas veidošanās. Sāka strādāt LU FMF vakara nodaļas studenti J. Lagzdons, J. Pinnis, T. Zamozdiks un O. Rode.

1971.gadā Plāno kārtiņu grupa tiek pārveidota par Pusvadītāju materiālu daļu, kurā tika ieslēgta arī A.Patmalnieka grupa (I. Biele, A. Veipāls, G. Ramāns), kuri risināja plāno kārtiņu (Si, MgO u. c.) epitaksijas un struktūras problēmas.

Jauns posms jonu procesu un parādību pētījumiem cietajā vielā sākās 1972. gadā ar elektrochromā efekta un ierīču uz tā bāzes pētījumiem. Pētot varavolfrāmfosfātu stiklu plāno kārtiņu elektriskās īpašības, tika novērota to krāsošanās zilā krāsā, kas bija līdzīga 1968. gadā S.Deba (ASV) novērotajai parādībai un bija nosaukta par elektrochromo efektu. 1974. gada sākumā tika iegūti pirmie plāno kārtiņu Deba tipa elektrochromie elementi-indikatori un filtri (T. Zamozdiks, O. Rode), kas uzreiz izraisīja lielu interesi no PSRS militāri rūpnieciskā kompleksa puses un nodrošināja liela apjoma un ilgtermiņa speciālos līgumdarbus. Tas noveda pie straujas Pusvadītāju materiālu daļas paplašināšanās. Tika uzsākta sadarbība ar LU Ķīmijas fakultātes (ĶF) Fizikālās ķīmijas katedru (G. Slaidiņš) H-difūziju jautājumos un ar 1977. gadu arī cieto elektrolītu jomā. Šajā sadarbībā (H-difūzija) abpusēji aktīvi iesaistījās J. Kleperis un S. Takeris. 1979. gadā, pateicoties J. A. Ukši (PSRS ZA JĶPI, Černogolovka), sadarbība paplašinājās PSRS mērogā, jo tad kopīgi PSRS tika apzināts jauns zinātniskais virziens – cietvielu jonika un formulēts tā saturs atbilstoši Japānā un Amerikā izvirzītiem priekšstatiem. Cietvielu jonika ir cietvielu fizikas un ķīmijas sintēze un ir analogiska cietvielu elektronikai. CFI kļuva par ikgadēja Vissavienības semināra “Cietvielu jonika” organizētāju Rīgā (laikā no 1979. – 1989. gadam tika noturēti 10 semināri). Tika izdoti divi mūsu darbu rakstu krājumi par elektrochromismu (1981. un 1987. g.).

1977.g. T. Zamozdiks, A. Hofmarka, L. Jēkabsons, M. Lejiņa sekmīgi ieguva pirmos elektrochromos fotogrāfijas elementus ar CdS kā fotojutīgu slāni, kuru izpēti sekmīgi uzsāka O. Rode, O. Tipāns, M. Stikāns, V. Bisters un U. Cekuls.

Ar 1978. gadu cietvielu jonika Pusvadītāju materiālu nodaļā bija izveidojies kā zinātnisks un tehnoloģisks virziens. Pie cieto elektrolītu sintēzes un pētīšanas laika gaitā sāka strādāt ķīmijas studenti G. Bajārs, G. Vaivars, Ģ. Vītiņš, kuri savukārt turpināja sadarbību ar LU ĶF Fizikālās ķīmijas katedru (A. Zekunde, A. Vosekalns).

Sekmīgās elektrochromo indikatoru, filtru un fotogrāfijas maketu demonstrācijas Maskavā, Ļeņingradā, Kijevā un Sverdlovskā PSRS militāri rūpnieciskā kompleksa uzņēmumos radīja priekšnoteikumus atbalsta vēstule saņemšanai, kas bija nepieciešamas PSRS Zinātnes un tehnikas komitejai, PSRS Augstākās un speciālās izglītības ministrijas un LPSR resoriem (t. sk., LKP CK), lai uz PFPL un SPFPL bāzes nodibinātu LU Cietvielu fizikas institūtu 1978. gadā.

Pusvadītāju materiālu nodaļas personāls CFI dibināšanas laikā bija sasniedzis pietiekamu zinātnisko un tehnoloģisko līmeni, kas turpmākajos gados nodrošināji tēmas 22 aspirantiem un 35 LU FMF un ĶF diplomantiem, kā arī sekmīgi izstrādāt un aizstāvēt 19 zinātņu kandidāta (tagad doktora) disertācijas (J. Kļaviņš, J. Lagzdons, J. Kleperis, S. Takeris, A. Veispāls, J. Gabrusenoks, P. Cikmačs,

G. Vaivars, A. Vītiņš, G. Bajārs, G. Čikvaidze, A. Rodionovs, A. Sazonvs,  
G. Ramāns, M. Širokovs, M. Stikāns, A. Kuzmins, A. Āzens, Ģ. Vītiņš).

## EKSPERIMENTU KIBERNETIZĀCIJA

**J. Kuzmins**

*Latvijas Universitātes Cietvielu fizikas institūts*

Eksperimentu kibernetizācijas ideja pirmo reizi tika izteikta 1962. gadā „Kibernetiskā fizika” manuskripta formā, (ap 10 lpp. apjomā). Autors parādīja šo manuskriptu PFPL vadītājam I. Vītolam, kas uzreiz saprata ideju un lika to detalizēt. Rezultātā 1963. gadā parādījās otrs manuskripts, jau uz 134 lappusēm. Tieši šis manuskripts pēc I. Vītola ieteikuma bija parādīts plaši pazīstamam kibernetikas speciālistam akadēmiķim A. Bergam, kas savā pozitīvajā atbildē rakstīja: „ideja ir interesanta, bet pie tās ir daudz jāpiestrādā.” Otra idejas aktualitātes pārbaude notika 1964. gadā 2. Kodolfizikas elektronikas simpozijā, kurā autors pēc I. Vītola ieteikuma uzstājās ar atbilstošu referātu. Referāts tika pozitīvi novērtēts. Ar to pietika, lai I. Vītols atļautu autoram ķerties pie eksperimentu kibernetizācijas darbiem.

Situācija zinātnē 50-60-tajos gados bija specifiskā. Zinātne bija stipri politizēta, bet tās vadība balstījās uz autoritāriem principiem. Tas nozīmēja, ka dažās zinātnes (piem. kibernetika un ģenētika) tikko sāk atbrīvoties no aizliegumiem. No otras puses dabas un tehniskās zinātnes bija stipri militarizētās. Ja zinātnieks gribēja sekmīgi funkcionēt tajā sabiedrībā, viņš nevarēja ignorēt situācijas specifiku.

Eksperimenta kibernetizācijas virziens, atšķirībā no automatizācijas, kas nozīmē cilvēka aizstāšanu ar automātu, paredz tādu cilvēka un automāta simbiozi, pie kura cilvēks izmanto automātu sarežģīto, ātro vai bīstamo darbību veikšanai. Šī ideja tika atzīta un „eksperimenta kibernetizācijas” jēdziens bija ieviests bez problēmām.

Eksperimenta kibernetizācijas pamatā ir pieņēmums, ka fizika ir kibernetiskā sistēma. Tas nozīmē, ka pētījumos var izmantot kibernetikas idejas par sistēmu uzbūvi un to īpašībām, sistēmu vadību uz procesu algoritmizācijas un programmēšanas pamatā, ka arī citas kibernetikas idejas. Dotajā gadījumā galvenais uzsvars bija likts uz cietvielu fizikas komplekso eksperimentu struktūrām.

Eksperimenta kibernetizācijas virzienam tika izstrādāts stratēģiskais attīstības plāns, kas paredzēja atbilstošus uzdevumus:

1. Kibernetizēto eksperimentu vadības loģikas izstrāde, kas ļautu veidot mainīgo procesu aprakstus. Šādas loģikas izstrādes iespējamību pierādīja J.Cīrulis. Tālāk pētījumi netika veikti.
2. Kibernetizēto eksperimentu algoritmiskās valodas izstrāde. Neskatoties uz vairākiem mēģinājumiem, šī valoda vēl nav izstrādāta.
3. Fizikālo iedarbību teorijas izstrāde. Uz 2011 šādas teorijas nav.
4. Kibernetizēto eksperimentu fiziķa konstruktora izstrāde. 1969. gadā tāds „fiziķa konstruktors” pie mums bija izstrādāts. Uz 2011 gadu pasaulē eksistē ļoti daudz šādu konstruktoru.
5. Fiziķa eksperimentatora algoritmu izpēte. Uz 2011 gadu rezultātu nav.
6. Kibernetizēto eksperimentu universālās programmatūras izstrāde. Uz 2011 gadu eksistē ļoti daudz atbilstošas programmu bibliotēkas.
7. Fizikālo eksperimentu aprakstīšanas valodas izstrāde. Uz 2011 gadu rezultātu nav.

Eksperimenta kibernetizācijas procesā tika paredzēti 3 posmi:

- A. „Mazās kibernetizācijas ” posms.
- B. „Kibernetizēto kompleksu” posms.
- C. „Kibernetizēto sistēmu” posms.

A posms atbilst atsevišķu mērījumu kibernetizācijai. Atšķirībā no 60-tiem gadiem, 2011 gadā praktiski nevar atrast mēraparātus bez mikroprocesoriem.

B posms nozīmē komplekso mērījumu kibernetizāciju. 2011 gadā praktiski visos kompleksos mērījumos tiek izmantoti datori ar speciālo interfeisu, eksperimenta vadības un datu apstrādes programmatūru.

C posms nozīmē kibernetizēto kompleksu apvienošanu vienotājā tīklā, kas dos iespēju saskaņot cietās vielās pētījumus visā pasaulē (šodien šo posmu varētu nosaukt par „Cietās Vielas Pētījumu Gridu”). Uz 2011 ideja nav realizēta. 60-tajos gados šī posma sākums bija saskatāms ap 2015 gadu.

Noslēdzot šo rakstu, var secināt, ka 50 gadu veca eksperimentu kibernetizācijas ideja joprojām ir aktuāla.

## IEKĀRTU BŪVES ATTĪSTĪBA PUSVADĪTĀJU FIZIKAS PROBLĒMU LABORATORIJĀ

D. Millers

*Latvijas Universitātes Cietvielu fizikas institūts*

Pusvadītāju fizikas problēmu laboratorija (saīsināti PFPL) dibināta 1961. gadā, dibināšanas iniciātors un pirmais PFPL vadītājs bija Ilmārs Vītols. Šī raksta autoram saskarsme ar PFPL darbiniekiem sākās 1962. gadā un 1963. gada otrajā pusē viņš pats sāka strādāt šajā laboratorijā, darbu tajā turpinot līdz 1978. gadam, kad PFPL kopīgi ar Segneto un pjezoelektriķu fizikas problēmu laboratoriju (pirmais laboratorijas vadītājs Voldemārs Fricbergs) veidoja jaunu vienību – Latvijas Universitātes Cietvielu fizikas institūtu. Tādejādi vairāk kā 15 gadu ilgā laikā autors līdzdarbojas un arī vēroja gan iekārtu un aparātu būves, gan arī zinātniskās darbības attīstību PFPL.

Iekārtu un aparātu izstrādes un būvniecības attīstībai 20. gadsimta vidū bija realizējušies vairāki ļoti nozīmīgi priekšnoteikumi. 20. gadsimta pirmajā pusē ļoti strauji attīstījās dabas zinātnes (fizika, ķīmija, bioloģija) un šī attīstība ļāva nonākt pie jauniem atklājumiem un zināšanām (piem., atomu un atomu kodolu uzbūve, kvantu mehānika, radiācijas mijiedarbība ar vielu u.c.), kas savukārt stimulēja tehnikas attīstību. Rezultātā gadsimta vidū jau darbojas atomreaktori, bija kibernetikas uzplaukums, attīstījās elektronika un ap Zemi riņķoja pirmie mākslīgie pavadoņi. Tas viss ļoti iespaidoja pētniecības attīstību un arī aparātu būvi.

Otrs svarīgs priekšnoteikums – elektronikā parādījās pusvadītāju ierīces, sākumā vienkāršākās – diodes, tranzistori, vēlāk aizvien sarežģītākas integrālās shemas. Elektronikā pāreja no elektronu lampām uz pusvadītāju ierīcēm ārkārtīgi paplašināja elektronikas iespējas un līdz ar to arī stimulēja aparātu būves attīstību. Jāatzīmē, ka 20. gadsimta pirmajā pusē nebija daudz tādu lielu un spēcīgu sarežģītu pētniecisko iekārtu un aparātu būves firmu, kuras spēja sekot ļoti dinamiskajam attīstības procesam aparātu būvē. Tādēļ daudzās pasaules valstīs jaunas pētnieciskās iekārtas un aparāti tika izstrādāti pētnieciskās laboratorijās, kur šo izstrāžu primārais uzdevums bija nodrošināt noteiktu pētījumu veikšanu. Ilustrācija šādai tēzei ir tā, ka „*American Institute of Physics*” izdeva žurnālu „*Review of Scientific Instruments*”, un tas tiek izdots vēl šodien. Taču bieži iekārtas, to daļas un atsevišķi aparāti, kas tika izstrādāti pētnieciskajās laboratorijās, bija izmantojami arī citur un tādēļ šīs izstrādes nonāca ražošanā.

Jāatzīmē, ka bijušajā Padomju Savienībā nopirkt augstas klases mēraparātu bija ļoti grūti – tos ražoja nedaudz, aparatūras sadali starp organizācijām, kuras to vēlējās iegādāties, veica speciālas valsts līmeņa iestādes, piešķirot iegādes tiesības (limitus, fondus), kuras ieguva tikai daļa no pretendentiem, jo aparatūras visiem nepietika. Iekārtas zinātniskiem pētījumiem, kas bija visai sarežģītas, tikpat kā vispār neražoja. Tās katrā pētnieciskajā organizācijā gatavoja uz vietas, vai arī centās iegādāties no citām pētnieciskām organizācijām, kas tādas iekārtas bija izstrādājušas un izgatavojušas savām vajadzībām.

Tāds bija vispārējais fons, uz kura attīstījās pētniecībai nepieciešamo iekārtu un aparātu būve PFPL. Tā sākotnēji bija izvietota Latvijas Universitātes (turpmāk LU) galvenās ēkas (Raiņa bulvārī 19) pirmā stāva tajā daļā, kura piekļaujas Inženieru ielai.

Pirmsākumi pētniecisko iekārtu būvei bija tā saucamie „relaksācijas kombaini”, kurus sākotnēji veidoja Ilmārs Vītols un Valters Zīraps, kombinējot vienkāršus rūpnieciski ražotus aparātus, lai izveidotu kompleksu jonu kristālu dažu optisko īpašību (luminiscence, absorbcija) reģistrācijai. Taču, līdzīgi kā citur, arī PFPL

sarežģītāku iekārtu un aparatūras izstrāde sākās ar nepieciešamību veikt pētījumu, panākt kāda procesa reģistrāciju, veikt to precīzāk, ātrāk, drošāk. Zinātnieks izmantoja savā rīcībā esošo aparatūru, papildināja un modificēja to un aicināja palīgā parasti elektronikas speciālistu. Rezultātā varēja rasties (varēja arī nerasties!) jauns instruments. Taču elektronikas elementus vajadzēja kaut kur nostiprināt, bija nepieciešama „šasija”, visbeidzot, kārtīgam aparātam vajag savu ārējo apvalku un tajā paredzēt vietu aparāta vadības ierīcēm – slēdžiem, spailēm, vadības pogām u.t.t. Pārējās iekārtas daļas arī kaut kā bija sava starpā jāsasaista, jo bieži bija nepieciešams nodrošināt iekārtas daļu savstarpējās konfigurācijas saglabāšanu. Tas savukārt nozīmē, ka pētniecisko iekārtu un arī aparātu izstrādē jāpiedalās konstruktoram – mehāniķim, arī dizainerim. PFPL konstruktora – mehāniķa darbs bija visai daudzveidīgs, jo bija jāizstrādā ne tikai visai dažādi optiskie un mehāniskie mezgli, kurus izmantoja, lai veidotu pētniecības darbam nepieciešamās iekārtas un to savstarpējie stiprinājumi, bet arī elektronisko aparātu mehāniskās daļas – šasijas, apvalki, priekšējie paneli.

Iekārtu un aparātu būves jautājumu risināšanai vispirms PFPL tika organizēta radioelektronikas grupa, kuras sākotnējie uzdevumi bija atsevišķu aparātu izstrāde un izgatavošana. Šajā grupā pirmie un spēcīgākie elektroniskās aparatūras konstruktori bija Pēteris Tomsons un Edmunds Tardenaks. Radioelektronikas grupa sākotnēji strādāja relatīvi nelielā telpā, kas atradās Raiņa bulvāra un Inženieru ielas stūrī. Drīz pēc radioelektronikas grupas organizācijas kļuva skaidrs, ka nepieciešama grupa mehānisko detaļu un ierīču izgatavošanai un laboratorijas vadītājs Ilmārs Vītols panāca, ka no Rīgas Politehniskā institūta Fizikas katedras darbā uz PFPL 1962. gadā pārnāca spējīgs organizators Oļģerts Āboliņš, kuram jau bija pieredze metālapstrādes darbnīcas organizēšanā viņa iepriekšējā darba vietā. Oļģerta Āboliņa vadībā PFPL tika organizēta un aprīkota mehāniskā darbnīca. Process nav vienkāršs, jo arī metālapstrādes darba galdī – virpas, frēzmašīnas, urbjmašīnas – ir iekārtas, kuras sadala vai nu visas Padomju Savienības vai arī republikas valdības līmeņa organizācijas. Taču jau 1962. gadā tika uzsākta mehānisko mezglu un ierīču izgatavošana. Visa mehāniskā darbnīca tajā laikā bija izvietota diezgan lielā pirmā stāva telpā, kura atradās Merķeļa ielas un Inženieru ielas stūrī. Mehāniskās darbnīcas darbu vadīja tās organizētājs Oļģerts Āboliņš. Iekārtu un aparātu būvē tobrīd darbība risinājās tā, ka zinātnieks – idejas autors, kopīgi ar radioelektronikas speciālistiem veica gan iekārtas vai aparāta elektroniskās daļas izstrādi, gan arī nepieciešamo mehānisko mezglu konstruēšanu, kas ne vienmēr ir seviski veiksmīga. Jāpiezīmē, ka šajā periodā lielāko tiesu tikai ar atsevišķiem mezgļiem tika papildināta esošā aparatūra un iekārtas. 1962. gada beigās parādās vajadzība izstrādāt un izgatavot iekārtu Rīgas Pusvadītāju ierīču rūpnīcas (vēlāk pazīstama kā rūpnīca „Alfa”) vajadzībām, proti, tuneļdiožu raksturliķņu reģistrācijai. Iekārtas izstrāde un izgatavošana tika nodota PFPL, kur darba ātrākai un sekmīgākai veikšanai mehāniskās daļas konstruēšanai tika piesaistīts PFPL nestrādājošs konstruktors. Iekārtas izstrāde un izgatavošana bija sekmīga un izgatavotā iekārta tuneļdiožu raksturliķņu reģistrēšanai tika nodota rūpnīcai. Taču 1963. gada sākumā kļuva skaidrs, ka turpmākai, ar pētniecisko iekārtu un aparātu būvi saistītai darbībai, PFPL ir nepieciešama sava mehānisko mezglu un ierīču konstruktoru grupa un tā paša gada otrajā pusē Oļģerts Āboliņš izveidoja konstruktoru mehāniķu grupu. Konstruktori aizņēma telpu, kurā sākotnēji strādāja radioelektronikas grupa, kas šajā laikā bija izaugusi lielāka un tika pārcelta uz plašākām telpām LU galvenās ēkas bēniņos. Konstruktoru mehāniķu grupu ilgus gadus vadīja talantīgs konstruktors Jānis Straumēns. Līdz ar konstruktoru – mehāniķu grupas organizēšanu liekas, ka PFPL

bija visas vienības, kas nepieciešamas jaunu pētniecisko iekārtu un aparātu izstrādei un izgatavošanai, kas arī tika veikts.

Taču progress turpinājās. PFPL darbinieks Jurijs Kuzmins jau 1963. gadā ir pamanījis, ka, veicot eksperimentus, pētnieks veic darbības noteiktā secībā un bieži šo darbību secības periodiski atkārtojas. Jurija Kuzmina secinājums – procesu var automatizēt, vismaz daļu no darbībām varētu veikt bez tiešas eksperimentatora iejaukšanās. Tā kā pagājušā gadsimta sešdesmitajos gados elektronisko skaitļojamo mašīnu (šodien to saucam par datoru) ražošana Padomju Savienībā vēl tikai izvērās, tad fizikas eksperimentu automatizācijas sākumā tika mēģināts izmantot elektromehāniskās ierīces (elektromagnētiskie releji, soļu meklētāji uc.) kombinējot tās ar roku pārslēdzamiem mehāniskiem slēdžiem un elektronikas elementiem. 1965. gadā PFPL izdevās iegādāties pirmo elektronisko skaitļojamo mašīnu „Днев-1” un līdz ar to parādījās principiāla iespēja iekārtu un aparatūras vadībai izmantot datoru. Var uzskatīt, ka šajā laikā PFPL pētniecisko iekārtu un aparātu būves pamatvienības bija noformējušās un bija apgādātas ar pašu nepieciešamāko aprīkojumu. Mehāniskās darbnīcas, sākot ar to organizēšanu 1962. gadā strauji un ievērojami paplašinājās – bija izveidota ne tikai metālu mehāniskās apstrādes grupa, bet arī atsevišķa skārdnieku – atslēdznieku grupa, nedaudz vēlāk tika izveidota atsevišķa atslēdznieku grupa, bija specializētas telpas metālu metināšanas darbiem un galvānisko pārklājumu grupai, neliela, atsevišķi neizdalīta krāsotava, stiklu apstrādes grupa, kā arī kriogēnā stacija, kura ražoja sašķidrinātu slāpekli. Visas minētas grupas nevarēja ietilpināt darbnīcas sākotnēji aizņemtajā telpā Merķeļa ielas un Inženieru ielas stūrī, tādēļ pakāpeniski tika aizņemts LU galvenās ēkas pagraba stāvs, sākumā tā daļa, kas ir gar Inženieru ielu, vēlāk arī daļa no telpām, kas ir gar Raiņa bulvāri. Izbūvēja jaunu telpu, pārsedzot daļu no LU galvenās ēkas iekšējā pagalma, un tajā izvietoja metālapstrādes darbagaldus. Ieeja šajā telpā bija nedaudz virs pagraba stāva grīdas līmeņa un telpā varēja nokļūt, dodoties no pirmā stāva uz leju pa tām kāpnēm, kas ved uz Rektorātu. Izvietojot mehāniskās darbnīcas pagraba stāvā tika atbrīvota to iepriekš aizņemtā telpa un šo telpu turpmāk izmantoja PFPL zinātnieki. Minētās pētniecisko iekārtu un aparātu būvē iesaistītās PFPL apakšvienības – radioelektronikas grupa, eksperimenta automatizācijas grupa, konstruktoru – mehāniķu grupa un mehāniskās darbnīcas, kas kopā veidoja spēcīgu iekārtu un aparātu būves speciālistu kolektīvu, kura darbinieki spēja risināt visai sarežģītas iekārtu un aparātu būves problēmas. Šo iespēju PFPL izmantoja divejādi – lai nodrošinātu ar aparatūru un iekārtām laboratorijā veicamos pētījumus un arī lai pildītu ārējo organizāciju pasūtījumus.

PFPL vajadzībām tika izgatavota virkne ierīču un aparatūras, kopējā ideja šai virknei bija radīt komplektu, kura daļas dažādi kombinējot fizikāli – eksperimentātoru varētu realizēt cietvielu materiālu vairāku īpašību pētījumus. PFPL strādājošo zinātnieku liela daļa izmantoja luminescentās metodes (luminescences spektri, intensitātes atkarība no temperatūras, termoizspīdināšana, luminescences ierosmes spektri) un gaismas absorbcijas reģistrāciju atkarībā no iedarbības uz paraugu. Šo īpašību reģistrācijai tad arī tika izstrādāta un izgatavota lielākā daļa no minētā komplekta komponentēm. Lielos vilcienos tās var iedalīt divās grupās – elektromehāniskie piederumi un elektroniskie aparāti. Lielāko vairumu elektromehāniskos piederumus konstruēja Jānis Straumēns sadarbībā ar PFPL strādājošiem zinātniekiem. Galvenā komponente bija stends – optiskais galds, kura konstrukcija bija tā aprēķināta, lai pat pie lielas koncentrētas (nelielā laukumā pieliktas) mehāniskās slodzes konstrukcijas pamatelementu deformācija nepārsniegtu dažus mikrometrus, kas nepieciešams, lai uz stenda montētie optiskie kanāli saglabātu nemainīgu konfigurāciju un būtu nepieciešama tikai minimāla to pārjustēšana. Stenda



(galda) virsma tika iekārta gumijas amortizātoros, lai slāpētu iespējamo pamatnes vibrāciju iespaidu. Atzīmēsim, ka mūsdienās ražotajiem un izmantotajiem optiskajiem galdiem ir izvirzītas līdzgas prasības, un šo prasību izpildes nodrošināšanai tiek izmantotas galda virsmas šūnu konstrukcijas un galda virsma balstās uz kājām, kurās ievietoti amortizātori vibrāciju slāpēšanai. Tādejādi jau gandrīz pusgadsimtu atpakaļ PFPL speciālisti iekārtām izvirzīja prasības, kas ir aktuālas vēl šobrīd, atšķirīgi ir tikai konstruktīvie risinājumi. PFPL izstrādātā optiskā galda centralais mezgls bija kriostats, kurš bija mehāniski cieši saistīts ar vakuumsistēmu, novietotu zem optiskā galda virsmas. Kriostatā bija vairāku veidu, tostarp arī tādi, kas ļāva līdz šķidrā slāpekļa temperatūrai atdzesētu pētāmo paraugu vakuumā pārvietot. Taču oriģinālākais bija kriostats, kura izstrādē piedalījās Māris Zariņš un Andris Plaudis, konstruktors bija Jānis Straumēns. Kriostatā ievietoto pētāmo paraugu varēja ļoti ātri dzesēt un sildīt, nepieciešamais laiks parauga atdzesēšanai no istabas temperatūras līdz 80 K bija mazāks par 30 sekundēm. Oriģinālā konstrukcija nodrošināja arī ātru parauga sildīšanu, neprasot lielu elektriskā sildītāja jaudu un nepatērējot daudz šķidrā slāpekļa. Kriostatam bija paredzēta automatiska šķidrā slāpekļa iepildīšanas sistēma, kura, pazeminoties šķidrā slāpekļa līmenim kriostatā, ieslēdzās un pa cauruli no 15 l tilpuma Djuara trauka papildināja šķidrā slāpekļa daudzumu kriostatā.

Gaismas reģistrācijai, kā arī paraugu ierosināšanai tika izstrādāta virkne piederumu, kas ļāva eksperimentātoram veidot dažādas konfigurācijas optiskos kanālus. Pavisam bija apmēram 16 dažādi piederumi, minēšu dažus no tiem: 3 veidu fotoelektronu daudzkārstāju kārbas, tostarp arī dzesējama; 2 veidu optisko filtru kārbas; 2 veidu lēcu turētāji ar justēšanas iespējām, neizjaucot noslēgto optisko kanālu; optiskās sliedes ar regulējamiem balstiem un regulējamiem jātniekiem; 4 veidu gaismas avoti; optiskā kanāla piederumus savienojošie elementi; soļu dzinēja mezgls monohromātoram spektra izvērse nodrošināšanai un citi.

Daļa no minētajiem piederumiem bija elektromehāniski – to darbības nodrošināšanai vajadzēja noteiktus elektriskos spriegumus, strāvas, dažkārt arī impulsus. Šim nolūkam tika izstrādāti un izgatavoti atbilstoši elektroniskie aparāti – gaismas avotu barošanai, maināmo gaismas filtru vadībai, soļu dzinēju vadībai un barošanai un citi. Taču ar minēto elektronisko aparātu izstrāde un izgatavošana neaprobežojās – pētniecisko iekārtu darbībai bija nepieciešami arī citi, sarežģītāki aparāti. Tika izstrādāti elektroniskie aparāti parauga temperatūras regulācijai, integrējošs ciparu voltamētrs, perforatora vadības bloks eksperimentos iegūto rezultātu izvadei uz perfolentas, lai vēlāk šos rezultātus varētu apstrādāt ar datoru, fotonu skaitītājs, kas bija paredzēts vāju gaismas plūsmu reģistrācijai. Pirmā fotonu skaitītāja elektronisko daļu izstrādāja Gunārs Līmežs, taču, diemžēl, šī izstrāde nebija veiksmīga. Divi galvenie iemesli tam bija dažu izmantoto elektronisko elementu darbības nestabilitāte, arī parametru lielā izkliede un zināšanu trūkums par fotoelektronu daudzkārstāju īpašībām, sevišķi par fotonu skaitīšanas režīmā strādājoša fotoelektronu daudzkārstāja izejas impulsu veida signālu parametriem. Veiksmīgu fotonu skaitīšanas sistēmu izveidoja Jāņa Jansona vadībā septiņdesmito gadu sākumā. Šeit jāuzsver Jāņa Jansona pieeja problēmas risināšanā – līdztekus literatūras studijām par fotonu skaitīšanu viņš veica Padomju Savienībā ražoto fotoelektronu daudzkārstāju izpēti, noskaidrojot, ka ne katrs no tiem izmantojams fotonu skaitīšanai. Tika noskaidroti arī fotoelektronu daudzkārstāju izejas signālu parametri un tad bija pietiekami datu, lai veiktu veiksmīgu sistēmas elektroniskās daļas izstrādi. Izstrādi elektroniskajai sistēmas daļai fotoelektronu daudzkārstāja izeja signāla apstrādei veica Jānis Tībergs. PFPL izstrādātā fotonu skaitīšanas sistēma

izrādījās tik veiksmīga, ka to iegādājās Maskavas elektrolampu rūpnīca tajā ražoto fotoelektronu daudzkrāšotāju pārbaudei un jaunākās produkcijas izpētei. Visas augstāk minētās izstrādes tika veiktas (izņemot pieminēto Jāņa Jansona vadībā izstrādāto fotonu skaitīšanas sistēmu) laikā līdz 1969.gadam, par ko liecina 1969. gadā krievu valodā izdots buklets – reklāma „Zinātniski – pētnieciskā sistēma cietvielu elektronisko īpašību pētīšanai”.

Izgatavotās ierīces un elektroniskie aparāti tika izmantoti PFPL pētniecisko iekārtu izveidei. Sākotnēji šīs iekārtas tika nosauktas izmantojot grieķu alfabēta burtus, proti,  $\alpha$  – iekārta,  $\beta$  – iekārta,  $\gamma$  – iekārta. Taču vispilnīgākā savu iespēju ziņā bija iekārta VIL-100, kuru izveidoja Ivara Tāles vadībā. Viegli pamanīt, ka lielākā daļa ierīču un elektronisko mezglu bija piemēroti vadībai ar elektriskiem signāliem, kas saistīts ar centieniem automatizēt gan eksperimenta vadību, gan iegūto datu apstrādi. Kā jau iepriekš minēts, ar eksperimentu automatizācijas ideoloģijas attīstīšanu PFPL nodarbojās Jurijs Kuzmins. Sadarbībā ar eksperimentātoriem tapa iekārtu vadības, datu savākšanas un apstrādes programmatūras un vairākas eksperimentu iekārtas tika pieslēgtas pie „Dņepr-1”, lai tām nodrošinātu datora vadību. 1967. gadā pie „Dņepr – I” jau bija pieslēgtas 3 iekārtas. Tobrīd PFPL risinājās neoficiāla diskusija – ko īsti dod iekārtas „pieslēgšana” pie datora, jo aparatūras salāgošana vadībai no datora, programmatūras izstrāde, sistēmas kopējā regulēšana, bija ļoti darba ietilpīgi procesi un tādēļ aizņēma daudz laika. Bez tam, elektroniskā skaitļojamā mašīna - dators „Dņepr – I” aizņēma vairākkārt lielāku platību nekā eksperimentā izmantojamā iekārta un līdz ar to dators bija telpiski atdalīts no eksperimenta iekārtas, taču eksperimentātoram laiku pa laikam vajadzēja būt pie abiem – datora un iekārtas. Visbeidzot dators bija viens, iekārtas vairākas, vienlaicīga vairāku iekārtu vadība, vismaz sākotnējā posmā, radīja problēmas. Savukārt iespējas iegādāties vēl vienu datoru „Dņepr – I” nebija iespējams un nebija arī telpas kur to izvietot. Taču pierādījās, ka ir eksperimenti, kurus bez automatizētas vadības kvalitatīvi vispār realizēt nevarēja. Piemērs tam bija termofrakcionētās izspīdināšanas eksperiments, kura metodiku PFPL ieviesa Ivars Tāle. Šajos eksperimentos veicamās ātrās temperatūras pieaugšanas kā arī tās krišanās izmaiņas, kuru laikā notiek luminiscences reģistrācija, nav pietiekami precīzi paveicamas bez automātiskas vadības un automātiskas signāla reģistrācijas.

Gan iekārtu izstrāde, gan to automatizācija 60. gadu beigās un 70. gados nodrošināja labas PFPL pozīcijas šajā jomā Padomju Savienībā. Rezultātā PFPL saņēma pasūtījumus no citām organizācijām pētniecisko iekārtu izstrādei un arī atsevišķu aparātu izgatavošanai, par ko tika slēgti līgumi. Tas veicināja izstrādātāju tālāku izaugsmi gan prasmju ziņā, gan arī skaitliskā ziņā. Taču bija arī visai stingri ierobežojumi – katrai organizācijai bija savs „štatu saraksts”, kas noteica darbinieku skaitu. Mainīt šo „štatu sarakstu” bija grūti, to varēja tikai ar augstāk esošo valdības organizāciju piekrišanu. Otrs stingrs ierobežojums bija tā sauktais līgumdarbu apjoma limits, kas noteica maksimālo naudas summu, kuru iestāde (šajā gadījumā PFPL) drīkstēja ieņemt par gada laikā izpildītajiem līgumiem. Šo ierobežojumu dēļ iekārtu un aparātu izstrāde un izgatavošana PFPL nepieauga pārāk strauji. Taču saņemot pasūtījumus no organizācijām, kurām bija iespējas ietekmēt lēmumus par minēto ierobežojumu noteikšanu, varēja cerēt, ka ierobežojumi tiks mainīti.

Lielākā iekārta, kuru izstrādāja un izgatavoja PFPL bija iekārta „Gundega”, paredzēta kosmosa kuģu iluminātoru pārbaudei, modelējot termiskos triecienus laikā, kad kosmosa kuģis nolaižoties ienāk Zemes atmosfērā. Iekārtas mehānisko konstrukciju un sildīšanas mezglu konstrukcijas izstrādāja Jānis Straumēns. Iekārtas vadību, datu savākšanu un apstrādi veica ar datoru „Dņepr – I”, kuru piegādāja

speciāli iekārtas „Gundega” vajadzībām. Nepieciešamo programmatūru izveidē strādāja darbinieku grupa Jurijs Kuzmina vadībā un atzīmējams, ka programmatūras tika izstrādātas vienlaicīgi ar iekārtas konstruēšanu un izgatavošanu. Tas prasīja ļoti precīzu parametru definēšanu, ļoti ciešu sadarbību starp programmatūras izstrādātājiem, konstruktoru un izgatavotājiem. Programmatūra bija oriģināla, vadības programmatūras izstrādei pat izveidoja speciālu valodu. Iekārta „Gundega” bija lielākā PFPL izstrādātā un izgatavotā iekārta, tās tērētā jauda bija vairāki simti kilovatu un kopējā aizņemtā platība liela. To drīkstēja darbināt ar nominālo jaudu tikai nakts stundās, darbināšanu saskaņojot ar LATVENERGO speciālistiem, lai neizraisītu elektroenerģijas piegādes traucējumus citiem Rīgas centrā esošajiem patērētājiem.

PFPL tika izstrādātas un izgatavotas iekārtas gan pētnieciskām iestādēm – institūtiem, laboratorijām, gan rūpnīcām, gan arī medicīnas iestādēm. Piemēram, medicīnas vajadzībām tika izgatavota iekārta „MULAT”, kuras mehāniskās daļas konstruktors bija Māris Šterns, savukārt elektronikas izstrādes ideologs bija Andris Plaudis. Iekārtā bija liels elektromagnēts, paredzēts galvas asinsvadu patoloģiju ārstēšanai, tādēļ tam bija speciāla iekārtas, kas ļāva panākt jebkuru magnētiskā lauka orientāciju telpā ap slimnieka galvu. Caur magnēta polu korpēm varēja veikt rentgenogrāfisku asinsvadu kontroli, ja tajos tika ievadīta kontrastviela. Iekārta tika nodota Traumatoloģijas un ortopēdijas institūta neiroķirurgiem, kuri to Dr. Raimonda Ķikuta vadībā sekmīgi izmantoja.

Visai plašais dažādo pasūtītāju loks rāda, ka PFPL iekārtu un aparātu izstrādātāju kvalifikācija un potenciāls bija tam laikam augsts. Bija pat tā, ka piedāvājumi iekārtu un aparatūras izstrādei vairāk kā divkārt pārsniedza PFPL atļauto līgumu finansiālā apjoma limitu. Līdz 1974. gadam iekārtu un aparātu izstrādes un izgatavošanas līgumu finansiālais apjoms piekārtīgi pārsniedza to līgumu finansiālo apjomu, kuri bija noslēgti par pētījumu veikšanu. Sākot ar 1975. gadu situācija tika krasi mainīta – izrādījās, ka iekārtu un aparatūras izstrādātāji galvenokārt nodarbojas ar citu organizāciju pasūtījumu izpildi un tādēļ PFPL interesēs veicamās izstrādēs tiek ieguldīts relatīvi ļoti maz darba. Šajā laikā bija pieaudzis pieprasījums noteiktiem pētījumiem, bija iespējams slēgt līgumus par pētījumu veikšanu un tādēļ, lai iekārtu un aparatūras izstrādātāju potencialu vairāk izmantotu PFPL interesēs, laboratorijas vadība noteica, ka 1975. gadā gandrīz pusi no līgumu finansiālā apjoma izmantos pētniecisku darbu līgumu slēgšanai, atlikušo daļu izmantot līgumu slēgšanai par iekārtu izstrādi, savukārt līgumu izpildē nenoslogoto izstrādātāju „jaudu” izmantos PFPL iekšējo izstrāžu veikšanai. 1976. gadā procesu turpināja – līgumu finansiālais apjoms iekārtu izstrādei ārējiem pasūtītājiem bija apmēram 7 reizes mazāks nekā līgumu finansiālais apjoms pētnieciskajiem darbiem. Taču turpmākajos divos gados šī proporcija mainījās par labu līgumu apjomam iekārtu un aparatūras izstrādei ārējiem pasūtītājiem un 1978. gadā pētniecisko līgumu finansiālais apjoms vairs bija tikai divas ar pusi reizes lielāks par iekārtu pasūtījumu finansiālo apjomu. Iemesli tādai izmaiņai bija divi – dažu gadu laikā bija samērā labi apmierinātas PFPL vajadzības pēc jau izstrādātajiem mezgliem, piederumiem, aparātiem un pētnieciskās iekārtas bija kaut cik nokomplektētas. Otrs iemesls bija tas, ka daļa no zinātniekiem pietiekami skaidri un noteikti neformulēja parametrus, kurus vajadzētu nodrošināt izstrādājamajai iekārtai vai aparatam. Arī jaunu metožu apgūšana, kuru nodrošināšanai vajadzētu jaunas iekārtas un aparatūru, notika lēnāk. 1978. gadā, kā jau tas minēs sākumā, uz PFPL un SPFPL bāzes tika dibināts Latvijas Universitātes cietvielu fizikas institūts, kurā PFPL pētniecisko iekārtu izstrādes un būves tradīcijas turpinājās.

## RADIOELEKTRONISKO APARĀTU IZSTRĀDE

**E. Tardenaks**

*Bijušais LU PFPL un CFI Radioelektronikas daļas vadītājs*

Sešdesmito gadu sākumā PSRS vadība pieņēma lēmumu likvidēt atpalcību elektronikas nozarē. Tāpat kā citās Savienības pilsētās arī Rīgā tika celta pusvadītāju rūpnīca, dibinājās ZA institūti un kodolreaktors. Šai laikā Ilmārs Vītols, pabeidzis Fizikas – matemātikas fakultāti (FMF), nolēma realizēt savu ideju – izveidot modernu fizikas laboratoriju. Vītola iecere nebija bezvārda *pasta kastīte Nr.NN*, bet visai pasaulei atklāta laboratorija. Viņam zināmā Tartu universitātes pieredze liecināja, ka augstus zinātniskos rezultātus var sasniegt tikai tās laboratorijas un institūti, kam ir savas palīgnozares, to skaitā aparātbūves nodaļas.

Viens no šķēršļiem ieceres realizācijā bija elektronikas buma izraisītais speciālistu deficīts. Politiski Vītols bija liberālis un līdzstrādnieku izvēlē nevadījās no politiskās uzticamības kritērijiem. Vītolam bija labs draugs, novadnieks, fiziķis un teicams elektronikas speciālists Pēteris Tomsons. Vēl pirms oficiālās Pusvadītāju Fizikas problēmu laboratorijas (PFPL) nodibināšanas abi FMF izveidoja Radiofizikas laboratoriju. Drīz vien no Fizikas speciālā praktikuma tajā pārnācu arī es. Diemžēl Tomsona un manā biogrāfijā bija ievērojami politiskie melnie plankumi. Čeka un LVU vadība radīja apstākļus, lai Tomsons laboratorijā strādāt nevarētu, un pēc neilga, bet ražena darba posma viņš aizgāja uz Organiskās sintēzes institūtu. Pēc pāris gadiem to pašu piedzīvoja vēl viens konstruktors – Juris Vanags. Varam tikai minēt kā būtu attīstījusies aparātu izstrāde PFPL, ja viņiem būtu dota iespēja strādāt. Mani Vītolam izdevās aizstāvēt un paturēt.

Kad 1960. gada 26. septembrī izdeva rektora pavēli par PFPL dibināšanu, Radiofizikas laboratorija pārtapa par PFPL Radioelektronikas grupu (RG). Pamazām grupa papildinājās ar no VEF pārnākušo J. Tībergu, fizmatiem G. Līmežu, A. Gailīti, M. Zariņu, RPI absolventu A. Bernupu, kas izveidoja radošu konstruktoru grupu un sadarbībā ar fiziķiem I. Tāli, J. Jansonu, D. Milleru un A. Plaudi un konstruktoriem J. Straumēnu un A. Skuju spēja realizēt Vītola iecerēto ideju par radioelektronisku mēriekārtu izstrādi eksperimentāliem pētījumiem pusvadītāju fizikā. Izveidojās lielisks kolektīvs, kurā sava neaizstājama vieta bija arī topoloģēm Valdai Gēricai un Guntai Kūlei, noliktavas pārzinei Vilmai Putniņai, rasētājai Irmāi Straumēnai un ķīmiķei Dzintrai Gailītei.

Kā jau laboratorijai, kas nebija PSRS Elektronikas vai Vidējās mašīnbūves ministrijas pakļautībā, šķērslis nopietnai aparātbūvei bija nepieciešamo materiālu un detaļu sagādes iespējas. LVU bija LPSR Augstākās izglītības ministrijas sistēmā un Valsts plāns materiālā nodrošinājuma ziņā to turēja vienā no pēdējām vietām. Universitātes Saimniecības daļā nebija speciālistu, kas orientētos plašajā nepieciešamo detaļu klāstā un spētu pieņemt patstāvīgus lēmumus materiālu izvēles jautājumos. Praktiski viens no konstruktoriem vismaz pusslodzi veltīja sadarbībai ar LVU Saimniecības daļu. Neraugoties uz to, oficiālā sagādes sistēma nespēja nodrošināt mums nepieciešamos jaunākos PSRS elektronikas rūpniecības ražojumus, piemēram, mikroshēmas, jo tās vienkārši nebija pasūtāmas. Elektronikas rūpnīcas bija izkaisītas pa dažādām savienības pilsētām, tās bija slepenas, bet visiem zināmas. Sagādnieki uz tām nebrauca, un mikroshēmu sagāde bija mūsu konstruktoru ziņā. „Rīgas balzāms” kotējās visā savienībā, universitātes 1.daļa mūs atbalstīja ar „spravkām” (speciālām pielaidēm slepeniem objektiem), mums bija daudz komandējumu un detaļu trūkuma dēļ neviena izstrāde pie mums nekavējās.

Protams, ka pirmās aparātbūves idejas nāca no Ilmāra Vītola un Pētera Tomsona. Tomsona sākotnējais darbības lauks saistījās ar sinhrono detekciju. Šo metodi viņš paguva sekmīgi realizēt vairākās izstrādēs. Diemžēl daļai fiziķu ir raksturīga vēlme, lai viņiem radītās iekārtas (katram gadījumam) būtu ļoti universālas ar iespējami plašām mērīšanas iespējām. Tad, lūk, 16 radiolampu monstros – universālais sinhrodetektors izgāzās. Viena no Vītola nelaimītēm bija tā, ka viņš uzskatīja, ka elektroniku pārzina tikpat labi kā fiziku. Reizēm, lai pierādītu kādas viņa idejas nerealizējamību, konstruktoram nācās nedēļām nopulēties. Sekoja atziņa: „Negatīvs rezultāts arī ir rezultāts”...

PFPL izveidošana bija jāattaisno partijas un valdības priekšā aktīvi iesaistoties PSRS ekonomikas attīstībā. Šai nolūkā tika slēgti aparātbūves līgumi ar Rīgā topošo pusvadītāju rūpnīcu „Alfa”, kas tikko bija sākusi tranzistoru ražošanu. Ar „Alfu” noslēdza līgumu par iekārtas izstrādi tranzistoru šķirošanai pēc to parametriem. Iekārtas idejiskie tēvi bija Vītols un FMF pasniedzējs, neapšaubāma elektronikas autoritāte, leģendārais Aleksandrs Akmentiņš. Līgumā iesaistījās gandrīz visa PFPL, fiziķi un elektroniki izstrādāja mezglus parametru mērīšanai, mehāniķi konstruēja karuseļa līniju. Iekārtai bija jāaizstāj desmitiem sieviešu roku darbs. Galvenās problēmas radīja pati karuseļa kontaktu mehānika. Tās trūkumu dēļ sistēma nebija darboties spējīga. Tomēr kopdarbība ceļā uz *gaišo nākotni* tika ieskaitīta un, lietojot Oļģerta Āboliņa populāro frāzi, *līdzekļi apgūti*. Pie reizes „Alfai” izstrādājām arī karakteriogrāfu tuneļdižu voltampēru raksturlīkņu reģistrācijai.

1961.gada rudenī vienā no lielākajām laboratorijas telpām Raiņa bulvārī rīkojām PFPL jubilejas izstādi. Atceros, viens no centrālajiem *ekspozītiem* bija milzīga asinsarkana PSRS karte ar bultām, kas savienoja PFPL ar sadarbības organizācijām savienības pilsētās. Arī RD centās parādīt savu gada laikā padarīto.

Vienlaicīgi sākās izstrādes, kurās tieši ieinteresēti bija paši PFPL fiziķi. Tomsons veica spektrofotometra SF-4 automatizāciju. Izstrādāja oriģinālus fotoelektronu pavairotāju barošanas blokus. Zariņš turpināja pilnveidot savus termoregulātorus. Mēģinājām būvēt analoga-ciparu pārveidotājus.

Sešdesmito gadu jaunā inženiera darbs pamatā balstījās uz augstskolas lekcijās iegūtajām zināšanām. Ne krievu, ne latviešu valodā nebija grāmatu, kurās varētu gūt praktisku pārskatu par konkrētiem elektronikas vai aparātbūves jautājumiem. Krievu valodā visbiežāk tika izdotas monogrāfijas, kas to autoram bija kalpojušas disertācijas aizstāvēšanā. Tās bija maksimāli *matematizētas* un praksē neizmantojamas. Tāpēc ļoti populāras bija A.Akmentiņa grāmatas *Radiotehniskie elementi* un *Tehniskā rokas grāmata*. Piemērotas literatūras trūkums bija iemesls, kāpēc mēs nebijām raduši meklēt informāciju bibliotēkās. Liels bija mūsu pārsteigums un pat nepatika, kad kādu dienu Vītols mūs, trīs inženierus paņēma pie rokas, aizveda uz FMF bibliotēku un pavēlēja: „Te ir „*Electronics*” (vēlāk parādījās krieviski tulkotā versija), te vācu „*Elektronik*” un citi žurnāli. Turpmāk katru nedēļu atskaitīsieties par darbu bibliotēkā”.

Sākumā darbu ievērojami apgrūtināja informācijas trūkums par izmantojamo elementu bāzi, sevišķi par savienībā ražotajām mikroshēmām. To tehniskie parametri bija slepeni. Rūpnīcās izdevās sarunāt pašu mikroshēmu iegādi, tomēr iegūt informāciju par to parametriem nebija iespējams. Taču drīz vien noskaidrojās, ka visa slepenā padomju elektronikas rūpniecība balstās uz Rietumu analoģu kopēšanu. Kolēģi fiziķi, kam bija lielākas iespējas doties komandējumos ārpus savienības, saņēma uzdevumu pārvest „*Texas Instruments*”, „*Motorola*” un „*Analog Devices*” biezos katalogus. Pēc tiem izgatavojām paši savas salīdzinošās tabulas, ar kurām izpalīdzējām arī kolēģiem citos Rīgas konstruktoru birojos.

Domāju, ka RG īstais uzplaukums sākās tad, kad izveidojās stabila sadarbība ar divām konkurējošām PFPL fiziķu grupām: I. Tāli, J. Jansonu un D. Milleru, A. Plaudi. Abu grupu intereses fizikas jomā saistījās ar vāju gaismas plūsmu mērīšanu. Nevaru pateikt, kuram pirmajam radās ideja par fotonu skaitīšanas metodes izmantošanu, taču pirmos konstruktīvos risinājumus šajā virzienā sāka meklēt G. Līmežs agrīnos septiņdesmitajos gados. J. Tībergs izstrādāja un pilnveidoja fotoelektronu pavairotāja impulsu selektoru, kas kopā ar skaitītāju un informācijas apstrādes bloku daudzos desmitos eksemplāru tika izgatavoti gan lietošanai PFPL, gan savienības slēgto institūtu un pasta kastīšu saimnieciskajos līgumdarbos. Kļūstot pieejamām ātrajām ECL mikroshēmām, fotonu skaitītāju izstrādē iegūtā pieredze ļāva pilnīgi jaunā konkrētā aparatūrā realizēt tā saucamo vienfotona metodi.

Izveidotais kolektīvs un sadarbībā ar fiziķu grupām iegūtā aparātūves pieredze PFPL ļāva Radioelektronikas grupai organiski iekļauties 1978. gadā nodibinātajā Cietvielu fizikas institūtā, kura ietvaros tā piedalījās daudzos apjomīgos Vissavienības līgumos un sekmīgi sadarbojās ar radniecīgām iestādēm padomju bloka valstīs.

# IZMAIŅAS PROGRAMMĀ

**Otrdien, 15.februārī**

## **STRUKTŪRA UN FĀŽU PĀREJAS**

**Plkst. 12.00 A. Sorokins, D.Bočarovs, S. Piskunovs, V. Kaščejevs**  
LaAlO<sub>3</sub>/SrTiO<sub>3</sub> robežvirsmas elektroniskās struktūras kvantu ķīmijas aprēķini

### **LaAlO<sub>3</sub>/ SrTiO<sub>3</sub> ROBEŽVIRSMAS ELEKTRONISKĀS STRUKTŪRAS KVANTU ĶĪMIJAS APRĒĶINI**

**A. Sorokins, D. Bočarovs, S. Piskunovs, V. Kaščejevs**

*Datorikas fakultāte, Latvijas Universitāte*

*Fizikas un matemātikas fakultāte, Latvijas Universitāte*

*Latvijas Universitātes Cietvielu fizikas institūts*

Interfeisi starp LaAlO<sub>3</sub> filmām un SrTiO<sub>3</sub> substrāta, kuri abi pēc savas dabas ir izolatori, ir elektrovadītspējīgi kvazidivdemensiju elektronu gāzes dēļ. Viens no skaidrojumiem šim faktam ir polārās katastrofas mehānisms, kas paredz  $\pm 0.5e$  pānesi no augšējā slāņa uz interfeisa reģionu. Diemžēl šis mehānisms ir sīkās detaļās pretrunā ar eksperimentiem, līdz ar to vadītspējas izcelsme vēl nav līdz galam izprasta.

Šajā darbā enerģētika, pilnīgi relaksētā ģeometrija un elektronu lādiņu pārdalījums tiek pētīti ar divām dažādām datorprogrammām, kas balstās uz blīvuma funkcionālu teoriju, bet kam ir dažādas pieejas problēmai: *CRYSTAL*, kas izmanto B3PW hibrīdfunkcionālu un *VASP*, kas izmanto PW91–GGA funkcionālu.

Tika veikti aprēķini divdimensiju SrTiO<sub>3</sub> plāksnēm, uz kurām slāni pa slāni tika uznestās līdz 11 LaO<sup>+</sup> vai AlO<sub>2</sub><sup>-</sup> plakņu, imitējot epitaksiālo augšanu. Tika pētīti divi heteropolārie interfeisa tipi TiO<sub>2</sub><sup>0</sup>/LaO<sup>+</sup> un SrO<sup>0</sup>/AlO<sub>2</sub><sup>-</sup>, apzīmēti kā *n*- un *p*-tipa, respektīvi. Nomināli tiek sagaidīta  $\pm 0.5e$  pāreja uz interfeisu, saskaņā ar polārās katastrofas teoriju. Aprēķini parāda, ka šāda uzvedība ir spēkā *n*-tipa interfeisem ar AlO<sub>2</sub><sup>-</sup>-terminētajām filmām un *p*-tipa interfeisem ar LaO<sup>+</sup>-terminētajām filmām, bet papildus lādiņš  $\sim 0.2e$  parādās uz augšējā slāņa divos pārējos gadījumos.

### **QUANTUM CHEMISTRY SIMULATIONS OF LaAlO<sub>3</sub>/ SrTiO<sub>3</sub> INTERFACE ELECTRONIC STRUCTURE**

**A. Sorokin, D. Bocharov, S. Piskunov, V. Kashcheyevs**

*Faculty of Computing, University of Latvia*

*Faculty of Physics and Mathematics, University of Latvia*

*Latvia Institute for Solid State Physics*

The interfaces between LaAlO<sub>3</sub>(001) films and SrTiO<sub>3</sub>(001) substrate, both of which are insulators, were found to be conducting due to quasi-two-dimensional electron gas. One of the ways to explain the formation of such conductivity is the polar catastrophe mechanism, which assumes that the charge of  $\pm 0.5e$  is transferred to the interface region from the top of the film. This mechanism unfortunately disagrees with experiments in some details, thus the origin of conductivity in such interfaces remains uncertain.

In this work the energetics, fully relaxed geometry and electronic charge redistribution in the film were studied from the first principles by means of two different computer codes and approaches based on density functional theory: the B3PW hybrid functional in *CRYSTAL* code and PW91–GGA functional in plane wave *VASP* code.

We performed calculations of 2D SrTiO<sub>3</sub> slabs atop of which LaAlO<sub>3</sub> was deposited layer-by-layer up to 11 LaO<sup>+</sup> or AlO<sub>2</sub><sup>-</sup> species, simulating epitaxial growth. Two types of heteropolar interfaces have been studied: TiO<sub>2</sub><sup>0</sup>/LaO<sup>+</sup>, denoted as *n*-type and SrO<sup>0</sup>/AlO<sub>2</sub><sup>-</sup>, denoted as *p*-type, where  $\pm 0.5e$  is nominally expected to be transferred at the interfaces according to the polar catastrophe picture. Calculations show that this picture holds for *n*-type interfaces with AlO<sub>2</sub><sup>-</sup>-terminated films and for *p*-type interfaces with LaO<sup>+</sup>-terminated films, but additional charge of  $\sim 0.2e$  appears in the topmost layer in other two cases.

## Author index

- Aleksejeva 87  
Alksnis 16  
Annus 40  
Anspoks 25  
Antonova 32  
Ārents 35  
Augustovs 85  
Avotiņa 76;77  
Bajārs 13;29;30;31;66  
Balodis 17;18  
Bandura 49  
Belmane 74  
Bērziņa 54;55  
Bērziņš A. 36;76  
Bērziņš Dz. 82;83  
Bērziņš J. 17;18  
Birks 32  
Bočarovs 23  
Bondarenko 18  
Brice 53  
Bukonte 26  
Butikova 78  
Chernov 44  
Čikvaidze 63  
Daģe 70  
Dimants 10  
Dirba 35;70  
Dirnēna 14;68  
Doķe 52;53;81  
Dumbrājs 21  
Dunce 32  
Eglītis 16  
Elste 11  
Elsts 53  
Engers 50  
Ernstsons 90  
Evarestovs 49  
Fedotovs 82;83  
Feldmann 44;45;47  
Fomins 73  
Fricsons 12  
Fuith 32  
Gavars 16  
Gerbreders 57  
Gertners 86  
Gopejenko 6  
Grants 28  
Grazilevicius 88  
Grigorjeva J. 54  
Grigorjeva L. 26;27;51  
Grīnberga 12;29;64;65  
Grjaznovs 23  
Grūbe 52,81  
Gruduls 11;14;67;68  
Gulbinas 89  
Gusevs 39  
Gustiņa 60  
Gvardina 38;72  
Haļitovs 77  
Hodakovska 66  
Jankoviča 56  
Jansons 92  
Jaunzeme 37  
Jevsjutina 55  
Kaļinko 25  
Kalniņš D. 16  
Kalniņš J.R. 78  
Karitāns 73  
Karpicz 89  
Kiseļova 83  
Klepere 10;14;67;68  
Kleperis 10;11;12;13;14;29;30;  
31;34;36;63;64;66;67;68  
Klotiņš 50  
Kļukins 5  
Knite 26  
Kokars 85  
Kondratjevs 37  
Korsaks 54  
Kotlov 45;47  
Kotomins 6;23;24  
Krasta 17;18  
Kraustiņš 37  
Kristiņš 38;40;71;72  
Krūmiņa 63  
Kučinskis 30;31;66  
Kuļikova 12  
Kundziņš 27  
Kuzmins J. 123  
Kuzmins A. 25  
Kuzņecovs 34  
Kuzovkovs 24  
Kizāne 9;74;75;76;77  
Laizāne 60  
Land 40  
Larsen 42;43;46  
Lāže 69  
Leščinskis 76  
Li 24  
Lielausis 5  
Liepiņa 56  
Liepiņš 69  
Linītis 29;64  
Liopa 34  
Lojkowski 48  
Lūsis 13;119  
Manika 28  
Matīss 9;75  
Meiers 70  
Melderis 38;71;72  
Merzļakovs 24  
Mihailovs 90  
Millers 26;51;56;125  
Mironova-Ulmane 20  
Möslang 6  
Mozgirs 16  
Muižnieks 14;67;68  
Muktepāvela 27  
Muzikante 60; 88; 89  
Nielsen 42;43;46  
Nikolajeva 67  
Nitišs 61;62  
Ņemcevs 36  
Ojarand 40  
Osinniy 43;46  
Ozoliņš 73  
Ozols 85  
Pajuste 9;75;77  
Pakalnīte 78  
Pakulis 36  
Palčevskis 58  
Pankratovs  
42;43;44;45;46;47;48;50  
Piskunovs 49  
Platacis 5  
Popovs 44;45;47;50  
Pudžs 88  
Reinfelde 58;59  
Reinholde 69  
Riekstiņa 19  
Rikveilis 51  
Rist 40  
Rogulis 53;82  
Rozenvalds 70  
Rutkis 61;62;90  
Serga 12  
Siliņš 114  
Simonova 18  
Skvorcova 84  
Sloka 10  
Sprinģis 52;81  
Strek 48  
Svilāns 62  
Šarakovskis 30;52;53;81;82;83  
Širmane 45;47;48;50  
Šivars 12  
Šmits J. 30;31  
Šmits K. 51;56  
Šteins 76  
Šternbergs 4  
Švalbe 11  
Tāle 7;8;111  
Tamanis 27  
Tardenaks 131  
Taure 19  
Teteris 58;87  
Titavs 61  
Tokmakovs 90  
Tomsons 16  
Traskovskis 85  
Trinklere 54;55  
Trokšs 37  
Truhins 80  
Tupureina 26  
Ulmanis 20  
Vanags 13;34;36  
Vembris 60;88;89  
Vēveris 19  
Vilītis 61  
Vinogradovs 69  
Vītiņa 74  
Vītiņš 9;75  
Vladimirov6  
Voitkāns 8  
Voss 52;81  
Wang 24  
Zabels 27;28  
Zaķis 97  
Zariņš A. 76  
Zariņš E. 85  
Zubkovs 9;75  
Zvejnieks 24  
Zvirgzds 38  
Žukovskis 6;23;49