



## ERA – NET MATERA PROJEKTS

Novel optical oxygen sensor for life and health protection made of nano-zirconia

Acronym:

OxyNanoSen



## Projekta koordinators un izpildes konsorcijs

**Koordinators:** UNIPRESS, **Prof. Witold Łojkowski**,  
Varšava, Polija

**Pārējie konsorcija dalībnieki:**

Cietvielu fizikas institūts, Latvijas Universitātes aģentūra,  
**Dr.habil.phys. Donats Millers**, Rīga, Latvija

Bar-Ilan University, **Prof. Aharon Gedanken**, Ramat-Gan,  
Israel

University of Modena and Reggio Emilia, **Prof. Cristina Leonelli**,  
Modena, Italy



## Projekta mērķis:

Izstrādāt luminiscentu skābekļa sensoru, kurā izmantots nanostrukturēts cirkonija dioksīds

### Uzdevumi:

- $\text{ZrO}_2$  nanokristālu un nanostrukturētas keramikas sintēze
- Materiālu funkcionalizācijas iespēju izpēte
- Iegūto materiālu struktūras un morfoloģijas kontrole
- Cirkonija dioksīda nanokristālu un nanostrukturētās keramikas luminiscences atkarība no skābekļa parciālā spiediena
- Kompaktu nanokeramikas plāno kārtiņu ieguve

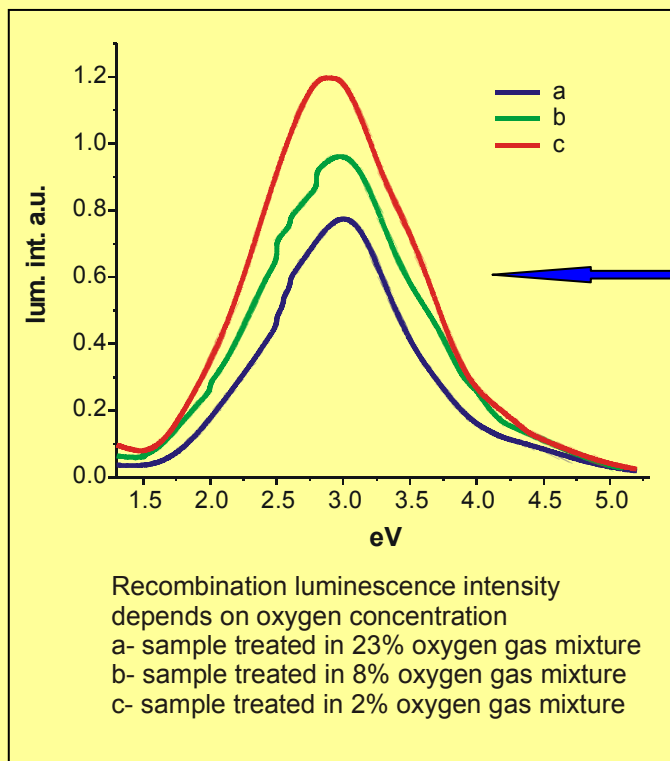


Ko projekta izpildes gaitā sagaida no CFI komandas:

- $\text{ZrO}_2$  nanokristālu un nanostrukturētās keramikas luminiscento īpašību izpēti un atbilstošo elektronisko procesu interpretāciju
- Palīdzību sensora prototipa optiskās sistēmas izveidē
- Rekomendācijas sensora jutīgā elementa uzlabošanā
- Idejas par iespējamajiem jauniem materiāla pielietojumiem

## Luminiscentā skābekļa sensora ideja

1. Sadarbojoties ar apkārtni  $ZrO_2$  var mainīties skābekļa saturs.
2. Skābekļa satura maiņa nozīmē defektu koncentrācijas maiņu.
3. Luminiscences intensitāte ir atkarīga no defektu koncentrācijas

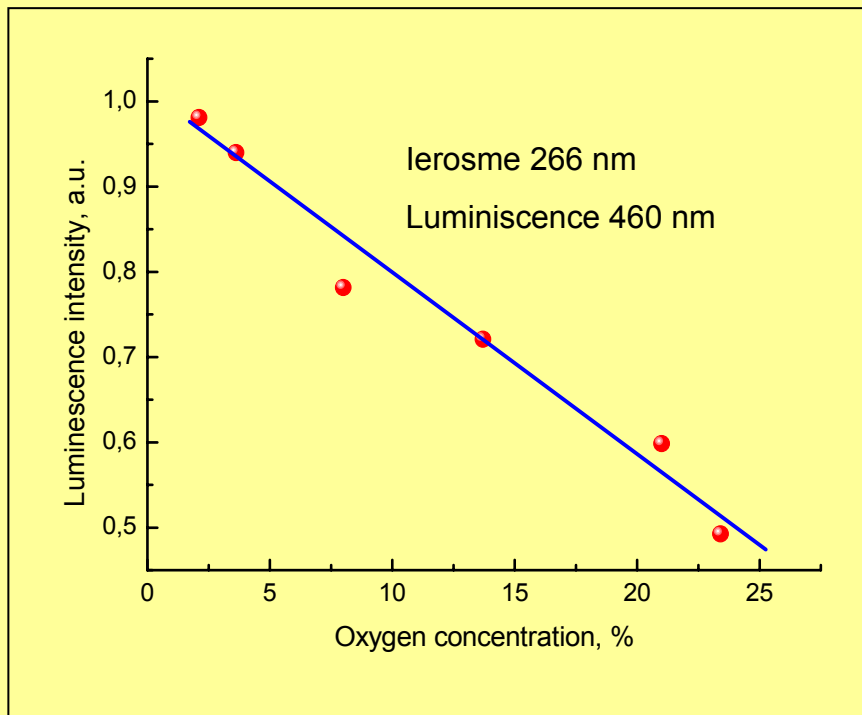


$ZrO_2$  luminiscences spektri dažādām skābekļa koncentrācijām.

Luminiscences intensitāte mainās

**Secinājums: Materiāls ir piemērots luminiscenta skābekļa sensora izveidei.**

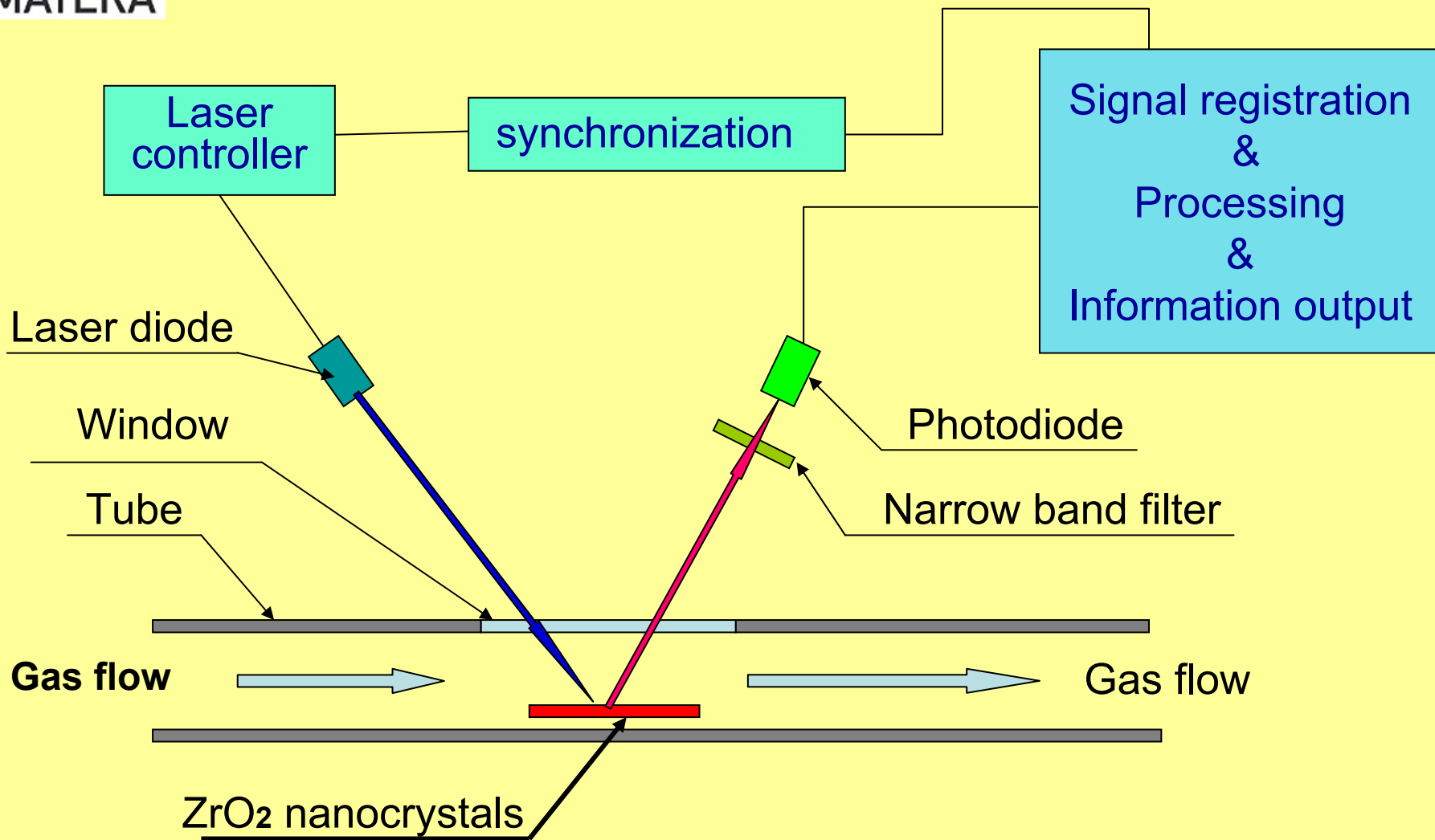
## Luminiscences intensitātes izmaiņas dažādām skābekļa koncentrācijām



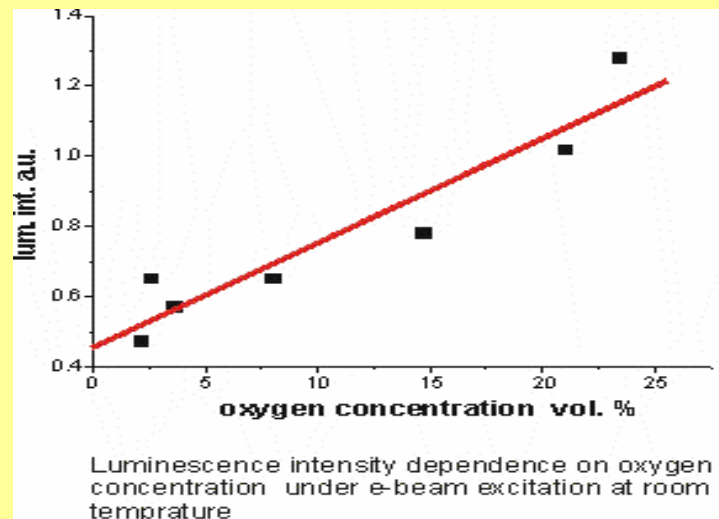
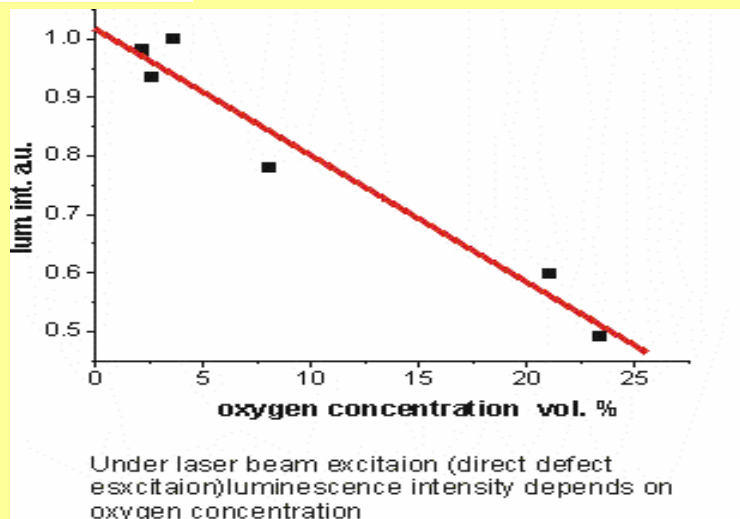
1. Luminiscences intensitātes izmaiņa lineāra vai tuva lineārai
2. Parauga nomaiņas gadījumā rezultātu atkārtojamība 6% robežās.
3. Vienam un tam pašam paraugam jutība skābekļa koncentrācijas izmaiņai ir ~ 1%

ZrO<sub>2</sub> luminiscences intensitātes  
atkarība no skābekļa koncentrācijas

# Iespējamā sensora shema



Skābekļa deficīts  $ZrO_2$  izsauc luminiscences intensitātes pieaugumu, kuri defekti par to ir atbildīgi?



Luminiscences intensitātes izmaiņas ir atkarīgas no ierosināšanas veida, kāpēc?

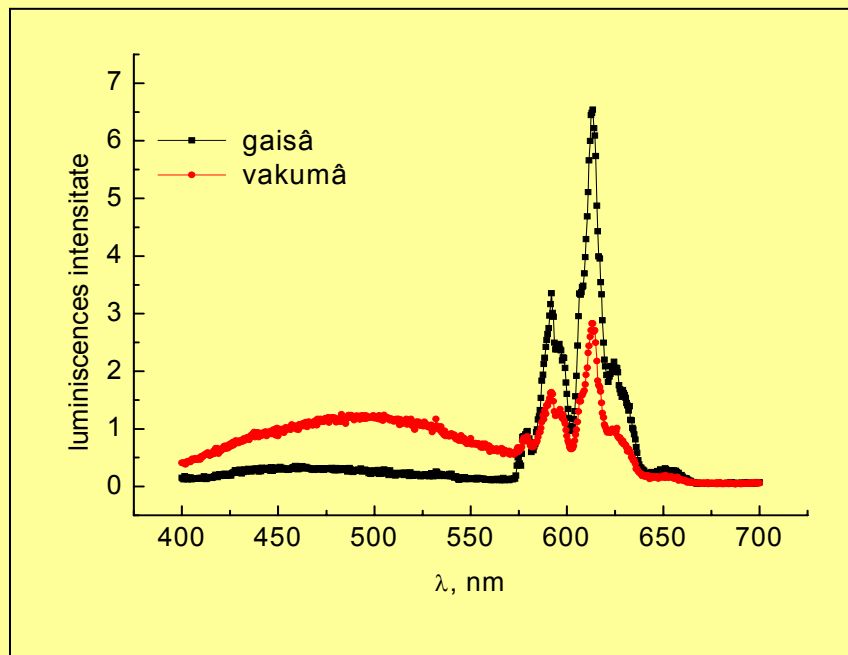
Papildus eksperimenti un visu datu analīze parādīja:

- (I)  $ZrO_2$  ir vairāku veidu defekti;
- (II) daži defekti lokalizē lādiņnesējus;
- (III) luminiscence saistīta ar lādiņu pārneš.



ZrO<sub>2</sub>:Eu aktivatora luminiscenci var ierosināt divos atšķirīgos veidos:

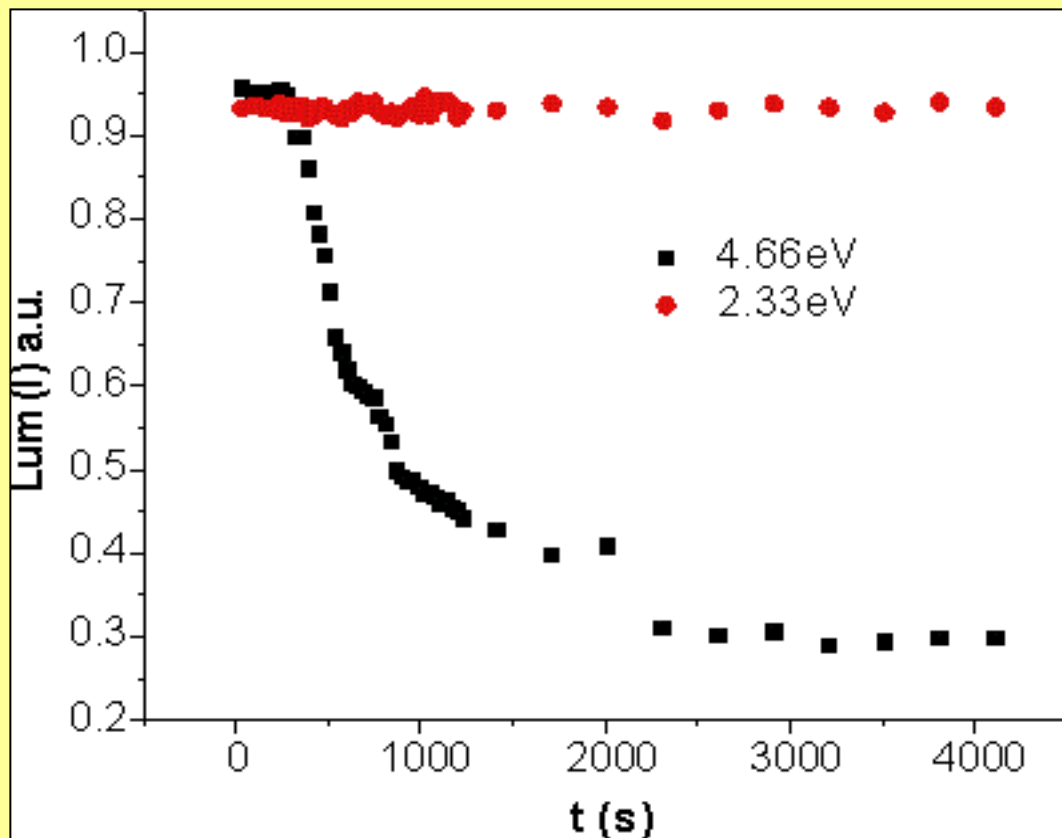
1. Tieši ierosinot Eu
2. Lādiņu pārnese no matricas uz Eu procesā



Kādas varētu būt  
ZrO<sub>2</sub>:Eu priekšrocības?

ZrO<sub>2</sub>:Eu luminiscences spektri paraugam gaisā (O<sub>2</sub> ~21%) un vakuumā (O<sub>2</sub> < 0,01%)

## Sensora materiāls $\text{ZrO}_2:\text{Eu}$



Temperatūra 23 °C

$\text{ZrO}_2:\text{Eu}$  vakuumā

Iespējamās priekšrocības:

1. Darbojas pie istabas temperatūras (lēni).
2. Luminiscences intensitātes izmaiņas lielākas nekā tīram  $\text{ZrO}_2$
3. Iespējams atbalsta signāls korekcijām.

$\text{ZrO}_2:\text{Eu}$  aktivatora luminiscences intensitātes izmaiņas vakuumā

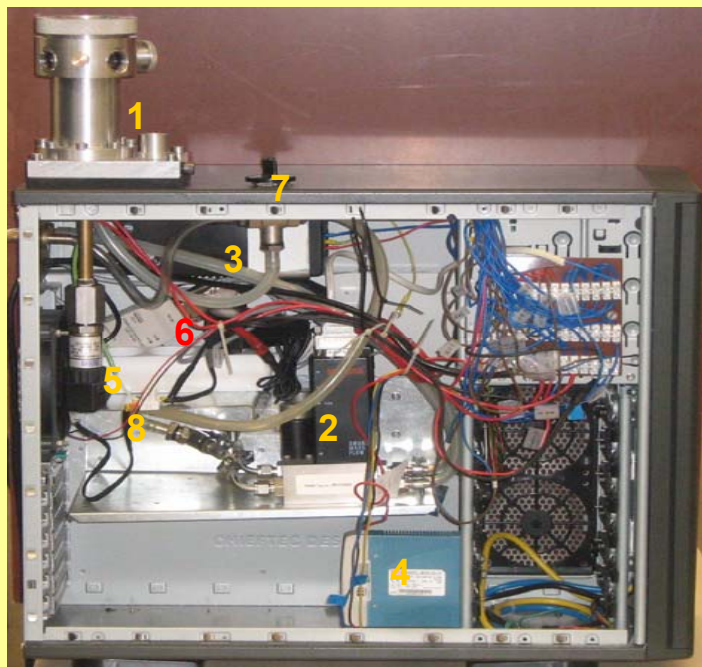


## Sensora materiāls $\text{ZrO}_2:\text{Eu}$

### PROBLĒMAS

- Materiāla īpašības mainās no sintēzes uz sintēzi un ir atkarīgas no sintēzes metodes.
- Reakcija uz skābekļa saturu pie istabas temperatūras lēna, iespējams reakcija varētu būt ātrāka pie augstākas temperatūras.
- Nav pārbaudīts dažādām skābekļa koncentrācijām.
- $\text{ZrO}_2$  struktūra var būt atkarīga no tam pievienotā Eu daudzuma, līdz ar to var mainīties luminiscences īpašības un jutība pret skābekļa koncentrācijas izmaiņu.
- Atbalsta signālam nepieciešams atsevišķs ierosmes avots

## Varšavā izgatavotā iekārta sensoru materiālu pārbaudei



1. Parauga kamera
2. Gāzes plūsmas regulators
3. Barošanas avots GP
4. Barošanas avots SM
5. Spiediena mērītājs
6. Spraudnis regulatoram
7. Pārslēgs vakuums-gāze
8. Termopāra un spiediena mērītāja pieslēgums

Mūsu uzdevums – optiskā daļa un iekārtas pārbaude



## Sasniegtie rezultāti

1. Neaktivēts  $ZrO_2$  ir izmantojams par skābekļa luminiscentā sensora jutīgo materiālu.
2. Iegūta sakarība skābekļa koncentrācija-luminiscences intensitāte.
3. Noskaidrota daļa no luminiscences ierosmes mikroprocesa neaktivētā  $ZrO_2$ .
4. Izmantojot iepriekšminētos rezultātus prognozēts, ka ar Eu aktivēts  $ZrO_2$  varētu būt perspektīvs (labāks par neaktivētu  $ZrO_2$ ) materiāls skābekļa luminiscentam sensoram.
5. Uzsākti  $ZrO_2:Eu$  pētījumi un parādīts, ka Eu luminiscence ir atkarīga no materiāla apkārtnes (gaiss vai vakuums).



## 2009.Gada publikācijas un dalība zinātniskajās konferencēs

### Publikācijas starptautiskos žurnālos

- *K.Smits, L.Grigorjeva, D.Millers, A.Sarakovskis, A.Opalinska J.D.Fidelus, W.Lojkowski* - Europium doped zirconia luminescence – *Optical Materials*, submitted, 2009.

### Zinātniskās konferences

1. Latvijas Universitātes 67. konference, 26.01. -17.04. 2009.g., Rīga, Latvija.

- *K.Šmits – Ar reto zemju joniem aktivētu ZrO<sub>2</sub> nanopulveru luminiscence.*

2, 7th International Conference LUMDETR 2009, 12.07.-17.07. 2009, Krakow, Poland.

- *K.Smits, L.Grigorjeva, D.Millers, J.D.Fidelus, W.Lojkowski – Energy transfer in ZrO<sub>2</sub>*

3. International Conference FM&NT, 31.03.-03.04. 2009, Rīga, Latvija

- *K.Smits, L.Grigorjeva, D.Millers, A.Sarakovskis, A.Opalinska J.D.Fidelus, W.Lojkowski – Europium doped zirconia luminescence*

- *J.D.Fidelus, W.Lojkowski, D.Millers, L.Grigorjeva, K.Smits, - Prospective memory oxygen pressure sensors based on nanocrystalline zirconia*

- *K.Smits, L.Grigorjeva, D.Millers, A.Sarakovskis, D.Jankovica – Cerium stabilized nanocrystalline zirconia luminescence*



## Turpmākās darbības

1. Sadarbībā ar ārvalstu partneriem pilnveidot  $\text{ZrO}_2\text{:Eu}$  nanokristālu sintēzes metodes tā lai iegūtu atkārtojamus rezultātus (materiālus ar vienādām luminiscentām īpašībām).
2. Veikt pētījumus par  $\text{ZrO}_2\text{:Eu}$  nanokristālu luminiscences izmaiņām gāzu maisījumos ar dažādu skābekļa saturu.
3. Noteikt sensora jutīgā elementa -  $\text{ZrO}_2\text{:Eu}$  nanokristālu – darbības ātruma atkarību no temperatūras.
4. Izvērtēt ideju par iespēju iegūt sensora jutīgā elementa materiālu ar atmiņas efektu.
5. Veikt darbu pie Varšavā izgatavotās iekārtas salāgošanas ar optisko sistēmu.



***Paldies par uzmanību!***

