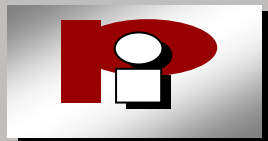


Modernu funkcionālu materiālu mikroelektronikai, nanoelektronikai, fotonikai, biomedicīnai un konstruktīvo kompozītu, kā arī atbilstošo tehnoloģiju izstrāde

6. projekts: FUNKCIONĀLO MATERIĀLU/NANOKOMPOZĪTU DIZAINS, TEHNOĻIJU IZSTRĀDE UN TO ĪPAŠĪBAS



SADARBĪBAS PARTNERI

RTU MLKF Polimērmateriālu
institūts

J. Zicāns



RTU MLKF Tehniskās fizikas
institūts

M. Knite



RTU BF Materiālu un konstrukciju
institūts

A. Čate



LU Polimēru mehānikas institūts

J. Jansons



LU Ķīmijas fakultāte

V. Kalkis



Projekta pamatmērķis – uz vispusīgas īpašību izpētes pamata radīt zinātniski pamatotus priekšnosacījumus dažādu polimēru nanokompozītu praktiskai izmantošanai.

Minētā mērķa sasniegšanai formulēti šādi uzdevumi 2009. gadam:

- Izstrādāt teorētiskas un praktiskas rekomendācijas dažādu biodegradablas matricas polimēru/organiski modificēto slāņaino silikātu nanokompozītu iegūšanai un potenciālajai izmantošanai biodegradablos iepakojuma materiālos;
- Novērtēt lielas enerģijas starojuma ietekmi uz dažādiem sintētiskas un biodegradablas matricas polimēru / organiski slāņaino silikātu nanokompozītu īpašībām, rezultātā iegūstot materiālus, kuriem piemīt specifisku īpašību komplekss: regulējams formas atmiņas efekts, konkrētam pielietojumam atbilstošas termomehāniskās īpašības, palielināta ekspluatācijas drošība.

Uzdevumi 2009. g. (2)

- Optimizēt iepriekšējos etapos konstatētos sarežģītas struktūras oglekļa kvēpu SSOK/poliizoprēna sensorefektus;
- Veikt poliizoprēna/sarežģītas struktūras oglekļa nanodaļiņu (PSSONK) nano-kompozītu elektrisko īpašību izpēti, kā arī izstrādāt salīdzinoši lētas tehnoloģijas jutīgu polimērnanokompozītu mehanoelektrisko sensoru, termoelektrisko indikatoru un ķīmisko sensoru materiālu ieguvei. Vienlaicīgi izgatavot jutīgu polimērnanokompozītu mehanoelektrisko sensoru, termoelektrisko indikatoru un ķīmisko sensoru miniatūrus funkcionējošus maketus.

Uzdevumi 2009. g. (3)

- Izveidot oglekļa nanocaurulītes saturošus nanokompozītus uz epoksīda sveķu pamata. Sākt izgatavotā materiāla paraugu mehānisko īpašību (stiprības, elastības un šļūdes) eksperimentālo izpēti.
- Turpināt mehānisko īpašību eksperimentālos pētījumus, tai skaitā tilpuma deformējamību sīkdispersu pildvielu saturošam elastomēram (butadiēna-stirola gumijai).
- Izvērtēt pildvielas dispersuma pakāpes noteikšanas zināmo metožu iespējas pētāmo nanokompozīta sistēmu kontekstā.
- Izanalizēt iegūtos eksperimentālos datus par nanokompozītu PP/OMMT ilglaicīgo (līdz trim gadiem) šļūdi. Izvērtēt mazu MMT piedevu ietekmi uz materiāla ilglaicīgo šļūdi.

Uzdevumi 2009. g. (4)

- IZanalizēt iegūtos eksperimentālos datus par nanokompozītu PP/OMMT ilglaicīgo (līdz trim gadiem) šļūdi. Izvērtēt mazu MMT piedevu ietekmi uz materiāla ilglaicīgo šļūdi.
- Vispārināt nanokompozītu barjeras īpašību matemātisko modeli pildvielas plākšņaino nanodaļiņu dažādas orientācijas gadījumam. Izmantojot pilnveidoto modeli, izanalizēt mitruma caurlaidību MMT saturošiem nanokompozītiem ar stirola akrila kopolimēra un bioloģiski degradējamām matricām.
- Turpināt analizēt dažādu pildvielas anizometrisko nanodaļiņu ietekmi uz anizotropu nanokompozītu mehāniskajām īpašībām

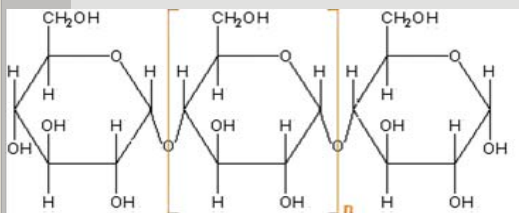
Uzdevumi 2009. g. (5)

- Veikt no nanokompozītiem izgatavoto vieglo konstrukciju svārstību kontroles tehnoloģiju izstrādi, samazinot kritisko svārstību lielumu, izmantojot aktīvos un/vai pasīvos kontroles procesus.
- Nodrošināt adaptīvo no nanokompozītmateriāliem izgatavojamu plānsienu konstrukciju mehāniskās stabilitātes kontroli, pielietojot pjezo makrošķiedru kompozītu (MFC) ierosinātājus, aprobējot izstrādāto matemātisko modeli praksē.

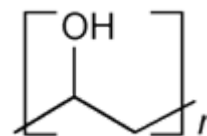
Biodegradablas matricas/SSM nanokompozītu pētījumi

levērojot tautsaimniecisko aktualitāti turpināti pētījumi par

- uz biodegradalu polimēru bāzes veidotiem slāņaino silikātu nanokompozītiem, par izejvielām izvēloties arī Latvijā pieejamos dab



- **Alojas kartupeļu cieti**
- Polivinilspirtu
- Ūdens un glicerīns



hidrolizācijas pakāpe -98%;
viskozitāte 4,5 – 5,5 cps;
pH = 5 – 7

- **slāņaino silikātu minerālus**

Tādējādi

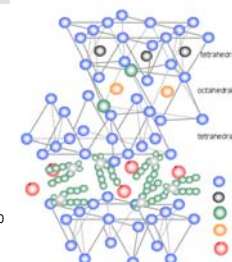
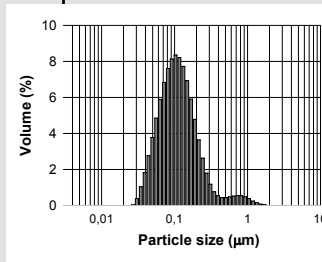
- radot sintētiskajiem polimēriem alternatīvus biodegradablus iepakojuma materiālu un

Nemodificētus SSM

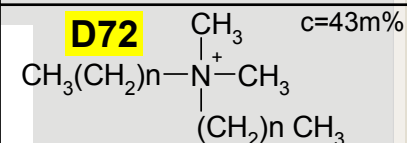
MMT

Modificētus SSM

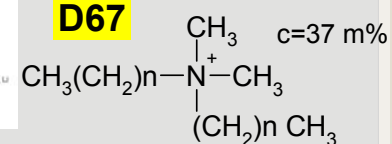
Org. modifikators



D72



D67



- nodrošinot ES atkritumu apsaimniekošanas prioritāšu īstenošanu Latvijā atbilstoši ES direktīvai 2004/12/EK „Par iepakojumu un iepakojuma atkritumiem”

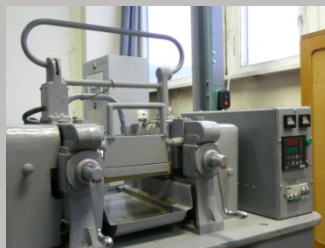
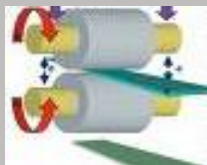
Nanokompozītu izgatavošanas tehnoloģija kausējumā

Biodegradablas matricas nanokompozīti (TPC/D67; TPC/D72)

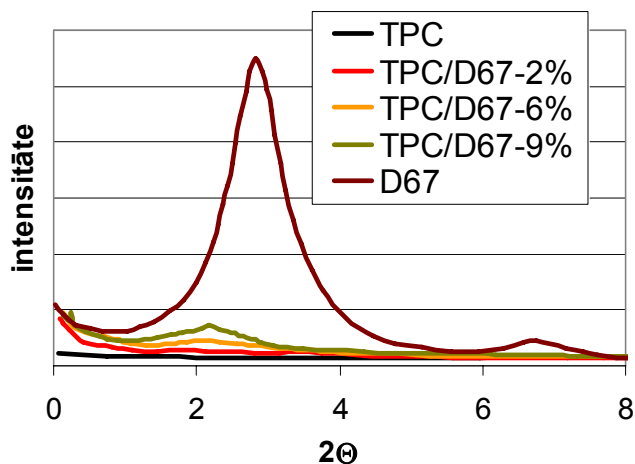
Izejas komponentu žāvēšana

Mehāniska samaisīšana un uzbriedināšana 24 h

Samaisīšana kausējumā: 130°C; 15 min



Termoplastiskās cietes (TPC) nanokompozītu iegūšana

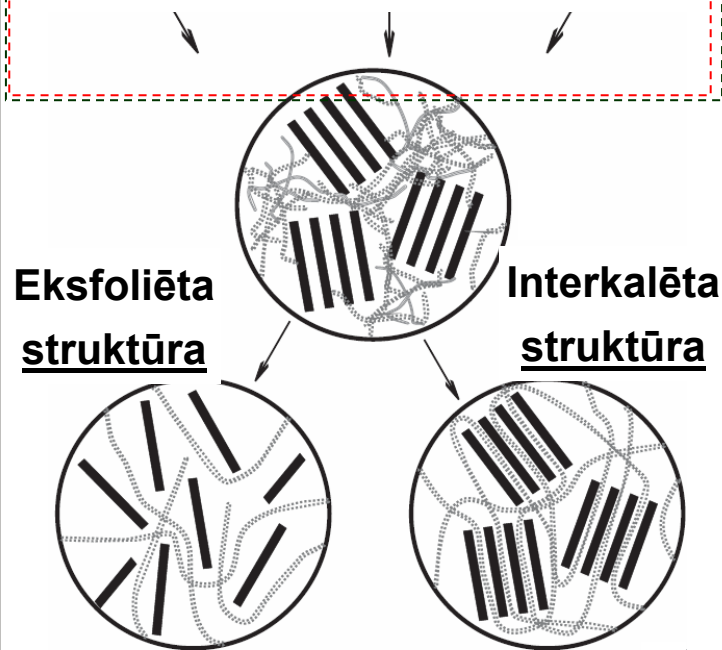


TPC/D67	2θ
TPC	-
TPC/D67 -2%	-
TPC/D67-6%	3,17
TPC/D67- 9%	3,09
D67	3,46

D67/D72

Optimālā ingredientu attiecība

VAV
Ciete : Glicerīns : Ūdens
5 : 3 : 2



Iegūtās kompozīcijas ar SSM konc.

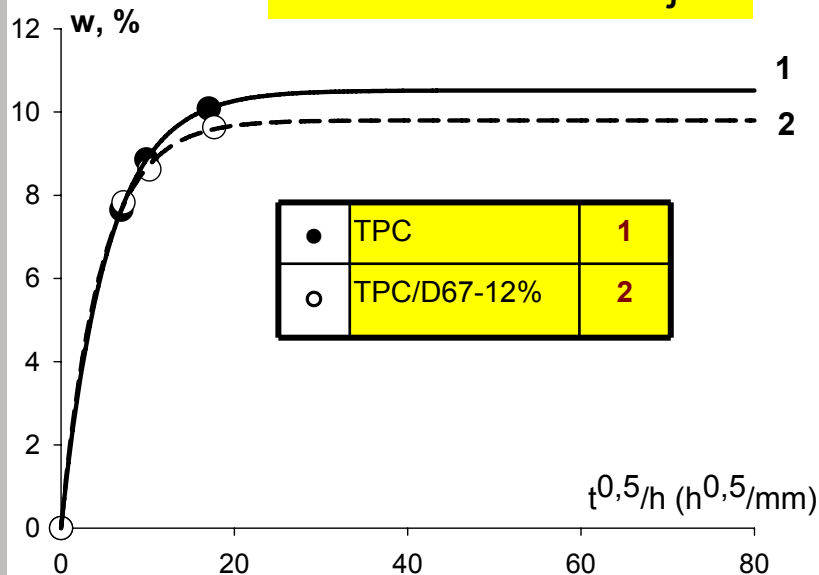
0 2 6 9 12

Ar kausējuma tehnoloģiju iegūto nanokompozītu īpašības

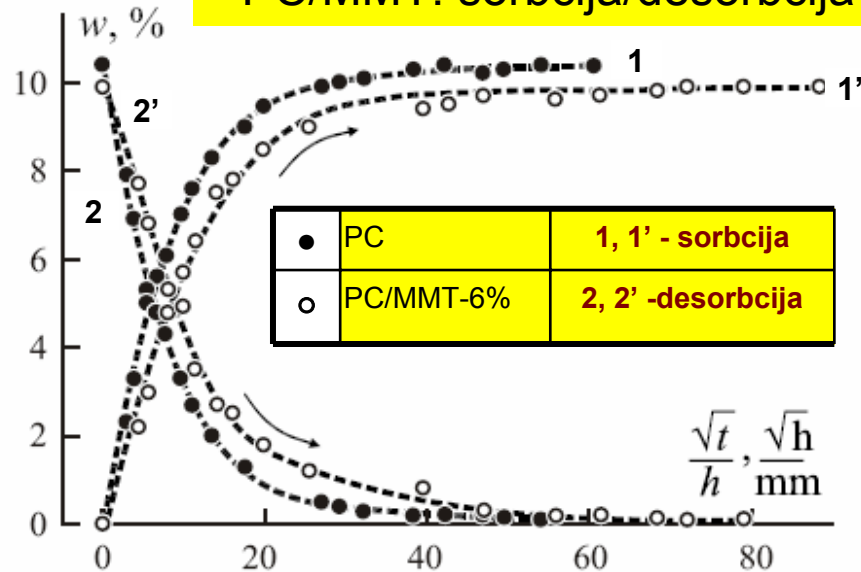
Biodegradablas matricas nanokompozīti (TPC/D67)

Pētījumi par **TPC/D67** nanokompozītu **barjeras īpašībām** liecina, ka jau pie neliela **SSM satura**, ūdens tvaiku sorbcija samazinās 1,2 reizes salīdzinot ar izejas matricas polimēru. TPC/D67 nanokompozītu ūdens tvaiku sorbcijas/desorbcijas vērtības ir salīdzināmas ar iepriekšējos etapos analizēto kompozītu raksturīgajām vērtībām

TPC/D67: sorbcija



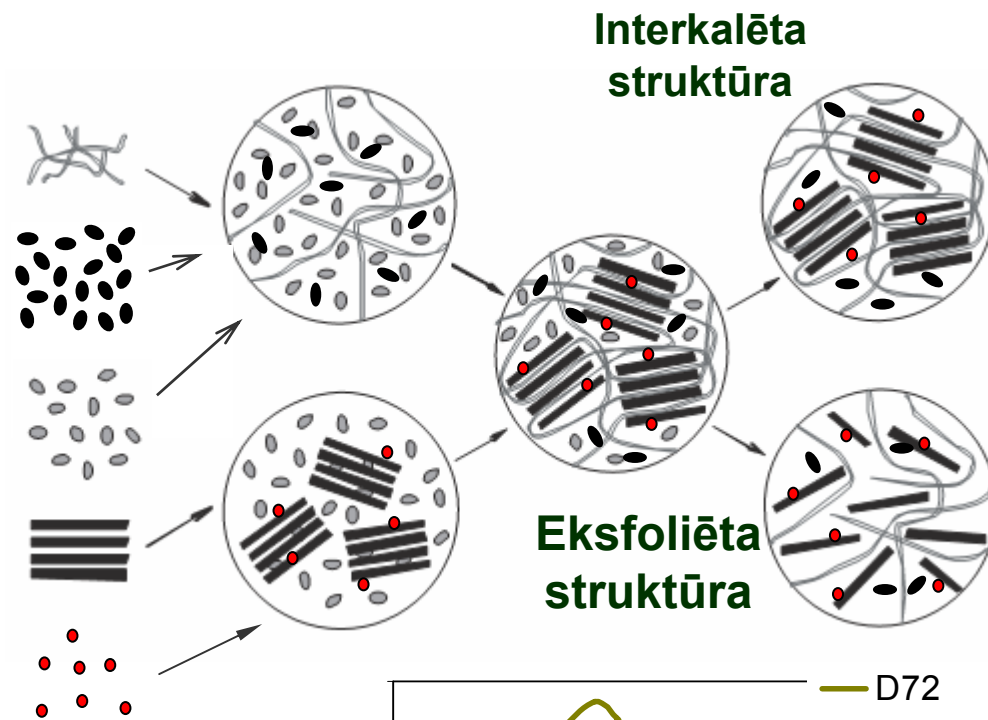
PC/MMT: sorbcija/desorbcija



Nanokompozītu izgatavošanas tehnoloģija šķīdinātājā

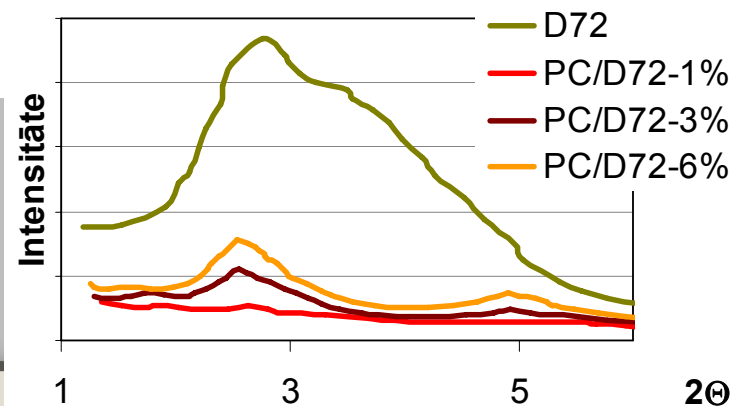
Biodegradablas matricas nanokompozīti (PC/SSM)

PC/D67; PC/D72	
Ciete	Ciete : glicerīns =
Glicerīns	5:3
Ūdens	24 kārtīgā pārākumā
SSM 4% ūdens disp	1-6 % no cietes sausnes masas
VAV	1% no SSM



Plastificētas cietes (PC) nanokompozītu iegūšana:

PC/D72	d, Å	PC/D67	d, Å
D72	31,97	D67	25,5
PC/D72 -1%	34,74	PC/D67 -1%	-
PC/D72 -3%	34,61	PC/D67 -3%	-
PC/D72- 6%	33,55	PC/D67 - 6%	29,2



Ar šķīdinātāju tehnoloģiju iegūto nanokompozītu īpašības

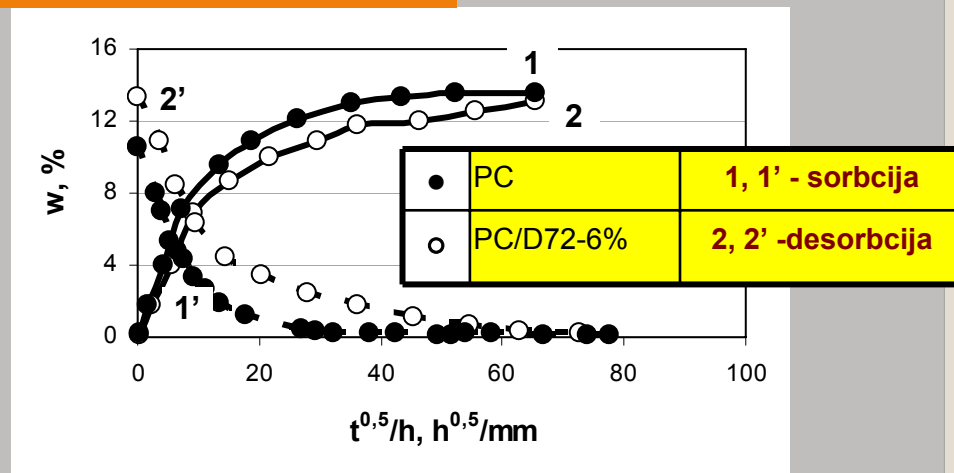
Biodegradablas matricas nanokompozīti (PC/SSM)

PC/D72 nanokompozīta augstākās deformatīvās īpašības saistītas ar izejas organomodificēto mālu D72 lielāku starplākšņu attālumu. PC/D72 nanokompozītu **mehāniskās īpašības būtiski uzlabojas, jau pie 1 masas % nanopildvielas**. Tajā pašā laikā nanokompozīta deformējamiem materiāliem raksturīgais sagraušanas veids būtiski nemainās.

PC/D72	d, Å
D72	31,97
D67	25,5

PC/SSM nanokompozītu relatīvās stiprības-deformatīvo rādītāju izmaiņas

SSM veids	Mālu saturs, mas. %	E/E_m	σ_B/σ_{Bm}
D72	1	2.3	1.8
D72	3	2.4	1.8
D72	6	2.3	1.8
D67	1	1.3	1.3
D67	3	1.2	1.1
D67	6	1.2	1.3

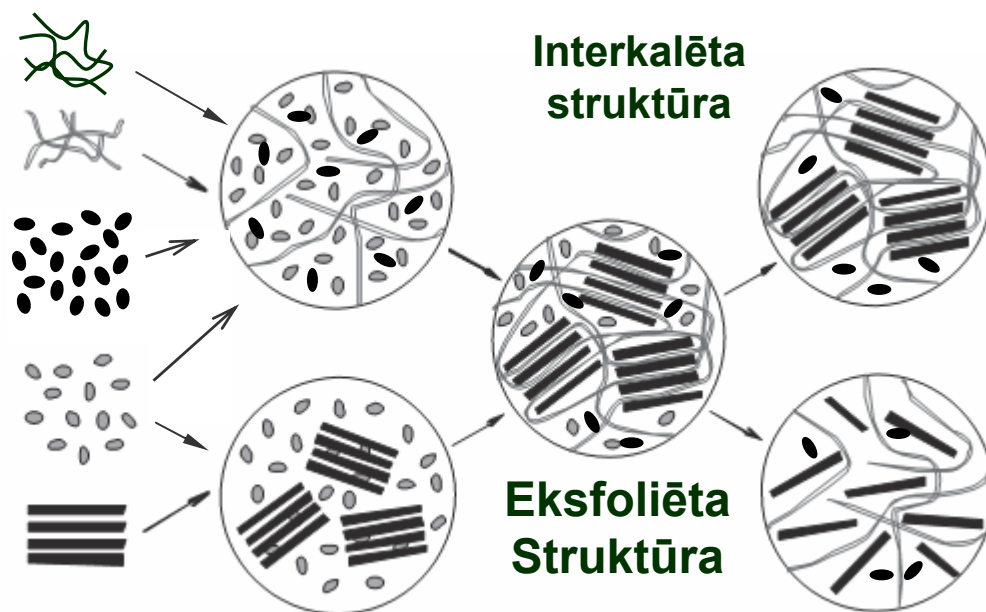


PC/D72 un PC/D67 nanokompozītu **barjeras īpašības savukārt ir līdzīgas**: pie 6 masas % nanopildvielas, ūdens absorbcija vidēji samazinās 1,2 reizes, salīdzinot ar matricas polimēru.

Nanokompozītu izgatavošanas tehnoloģija šķīdinātājā

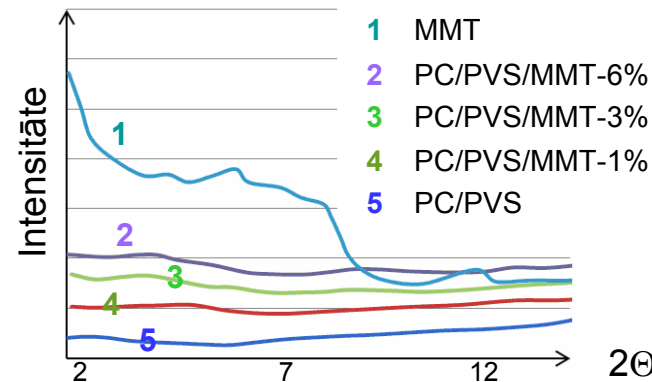
Modificēti biodegradablas matricas nanokompozīti (PC/PVS/MMT)

	PC/PVS/SSM
PVS	50% no PC
Ciete	Ciete : glicerīns = 5:3
Glicerīns	
Ūdens	24 kārtīgā pārākumā
SSM 4% ūdens disp	1-6 % no cietes un PVS sausnes masas



Modificētu plastificētas cietes (PC) nanokompozītu iegūšana:

PVS/PC/SSM	d, Å
MMT	13,80
PVS	-
PVS/PC/MMT-1%	-
PVS/PC/MMT-3%	3,9
PVS/PC/MMT-6%	4,3

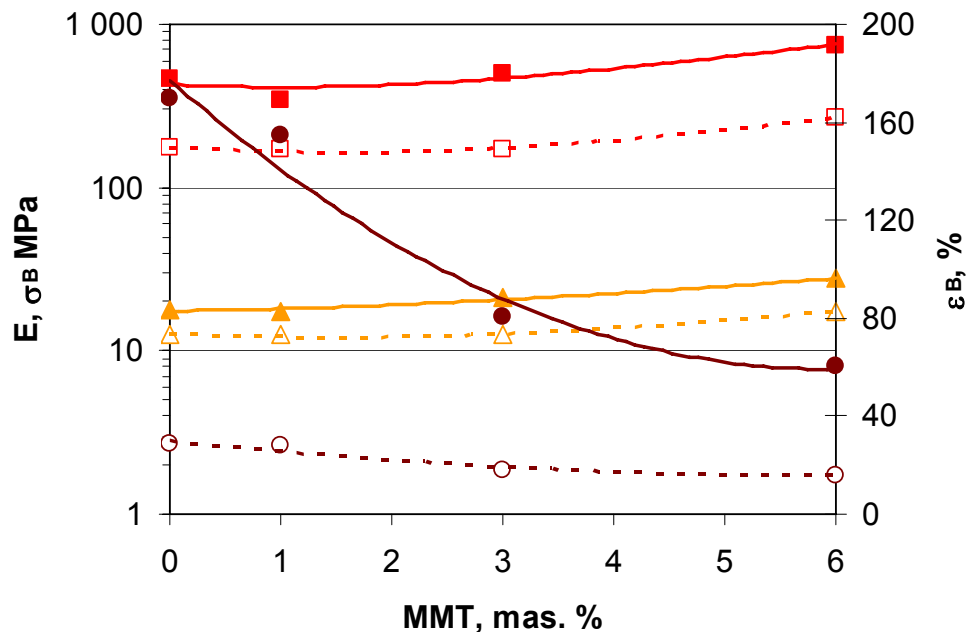
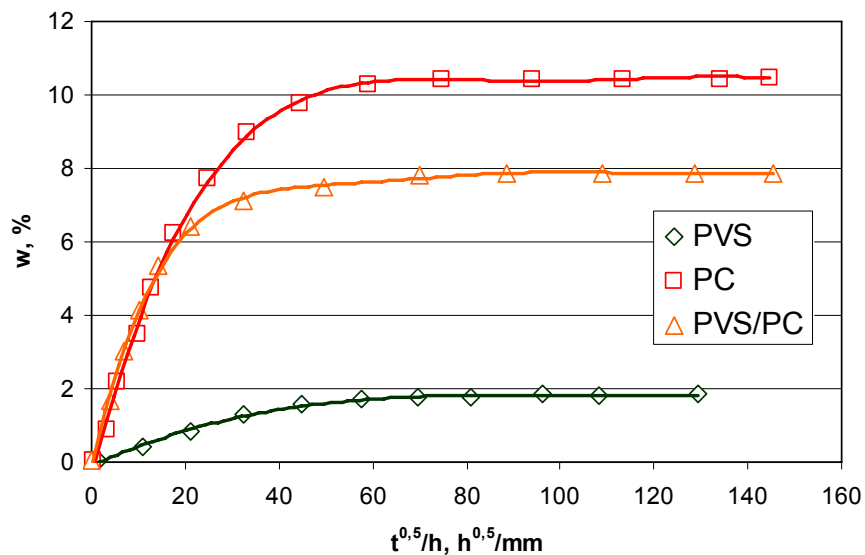


Ar šķīdinātāju tehnoloģiju iegūto modificēto nanokompozītu īpašības

Modificēti biodegradablas matricas nanokompozīti (PC/PVS/MMT)

PC/PVS/MMT nanokompozītu elastības modulis E pie 6 masas % nanopildvielas, vidēji pieaudzis **1,6 x**, bet stiprība σ_B - **1,5 x** salīdzinot ar izejas matricas materiālu.

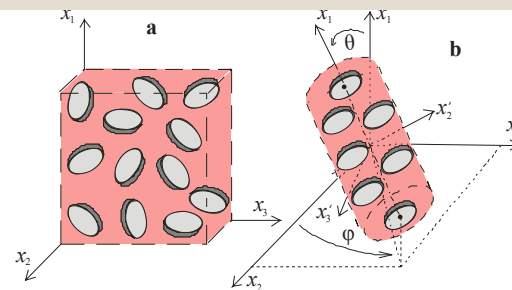
Mitruma saturam materiālā pieaugot līdz 14 % nanopildvielas stieģrojošās spējas praktiski nemainās. Pieaug arī PC/PVS matricas kompozīciju mitrumizturība



1	E pie mitruma satura 3%	■
2	E pie mitruma satura 14%	□
3	σ_B pie mitruma satura 3%	▲
4	σ_B pie mitruma satura 14%	◻
5	ϵ_B pie mitruma satura 3%	·
6	ϵ_B pie mitruma satura 14%	○

Bioloģiski sadalāmu polimēru nanokompozītu barjeras īpašības

- Materiāls sastāv no plastificētas cietes PC (matrica) un nemodificētiem montmorillonīta māliem MMT (pildvielu daļiņas).
- Iegūti eksperimentāli dati par MMT ietekmi uz ūdens tvaiku difūzijas, šķīdības un caurlaidības koeficientiem. Konstatēts, ka salīdzinoši neliels MMT daudzums būtiski uzlabo materiāla barjeras īpašības. Piemēram, mitruma caurlaidības koeficients plēvēm ar 6% MMT saturu samazinās 2,1 reizes.
- Teorētiski izanalizēta MMT satura, daļiņu eksfoliācijas, raksturīgo izmēru un orientācijas ietekme uz materiāla caurlaidību. Šim nolūkam izveidots matemātisks modelis un iegūtas galīgas analītiskas sakarības otrā ranga caurlaidības tenzora komponentu aprēķināšanai.



Att. 3. Shēma kompozītam ar neregulāru daļiņu orientāciju (a) un struktūrelementu (b).

$$\frac{P_{11}}{P_m} = \frac{1 - V_s}{1 + 0.5(L_s/h_s)V_s} \quad (1)$$

$$\frac{P_{22}}{P_m} = \frac{1 - V_s}{1 + 0.5(h_s/L_s)V_s} \quad (2)$$

$$P_r = \frac{1}{3}(P_{11} + 2P_{22}) \quad (3)$$

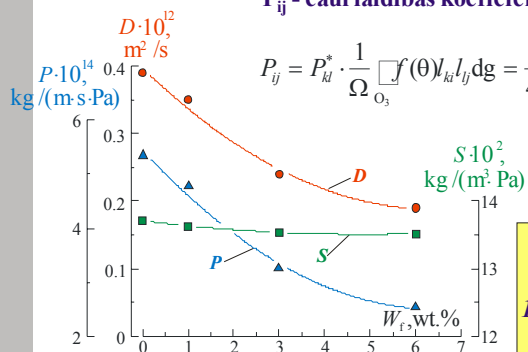
P_{11}, P_{22} - caurlaidības koeficienti izdalītāstruktūrelementā (skat. attēlus 2 un 3); P_r - caurlaidības koeficients materiālā ar daļiņu haotisku orientāciju; P_m - matricas caurlaidības koeficients; V_s - daļiņu tilpuma saturs; L_s/h_s - daļiņu izmēru attiecība.

P_{ij} - caurlaidības koeficienta tenzors neregulāras orientācijas gadījumā:

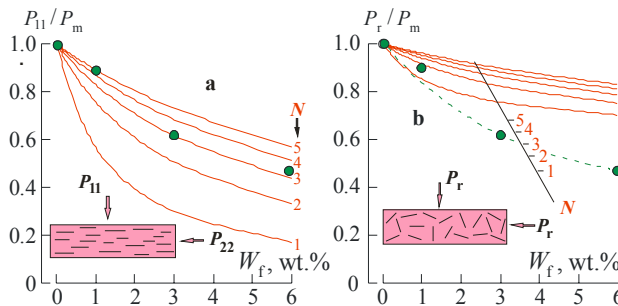
$$P_{ij} = P_{kl}^* \cdot \frac{1}{\Omega} \int f(\theta) l_{ki} l_{lj} dg = \frac{1}{4\pi} \int f(\theta) [l_{ij} l_{ij} P_{11}^* + \frac{1}{2}(\delta_{ij} - l_{ij} l_{ij})(P_{22}^* + P_{33}^*)] ds \quad (4)$$

P_{ij} - caurlaidības koeficienta tenzors

$f(\theta)$ - daļiņu orientācijas funkcija.



Att. 1. Difūzijas koeficienta D , šķīdības S un caurlaidības P atkarība no MMT satura (pēc svara) W_r .

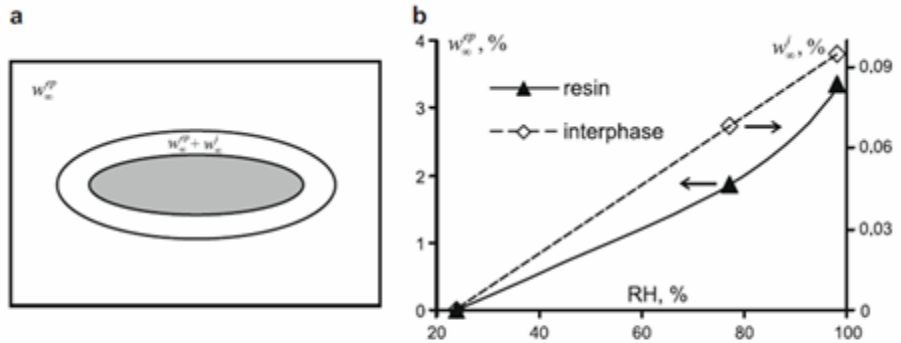


Att. 2. Relatīvās mitruma caurlaidības koeficienta P/P_m atkarība no W_r slāņaino pildvielas daļiņu planāras (a) un haotiskas (b) orientācijas gadījumos dažādam paketes slāņu daudzumam N . Līnijas - aprēķins atbilstoši vienādojumiem (1 - 3); punkti - eksperiments

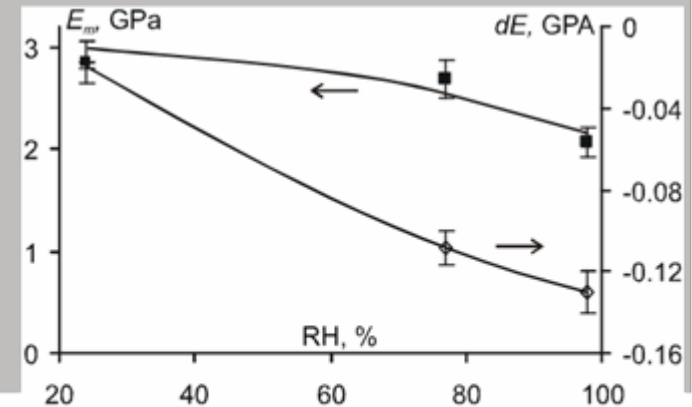
Rezultāti izklāstīti rakstos

1. Maksimov R. D., Lagzdins A., Lilichenko N., Plume E. Mechanical properties and water vapor permeability of starch/MMT nanocomposites // *Polymer Eng. Sci.* - 2009. (publicēts tiešsaistē).
2. Ivanova T., Lilichenko N., Zicans J., Maksimov R. Starch based biodegradable nanocomposites: structure and properties // *Solid State Phenomena.* 2009. Vol. 151. P. 150154.
3. Elksnite I., Lilichenko N., Svinka R., Zicans J., Tupureina V., Maksimov R. Sorptive and mechanical properties of the modified starch/montmorillonite nanocomposites // *Proceedings of Intern. Sci. Conf. "Material Science and Manufacturing Technology."* Prague, Czech Republic. 2526 June, 2009. P. 6770.

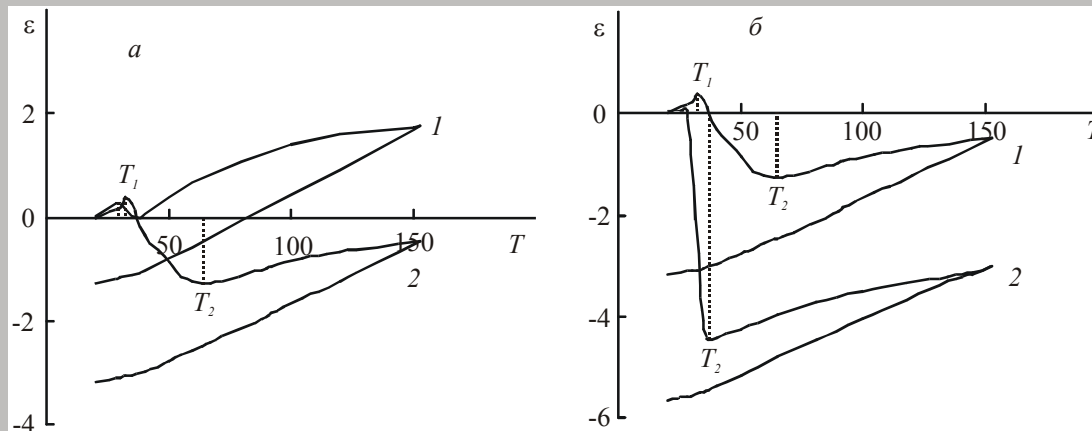
Sorbcijas, termisko un stiepes kvazistatisko un šļūdes īpašību izpēte epoksīda/māla nanokompozītam (NK)



Robežmitruma daudzuma sadalījuma kompozīta sistēmā ar vienu daļiņu shematisks attēlojums (a) un sorbcijas izoterma epoksīda saistvielai un starpslānim NK ar 1% māla pēc masas (b).



Epoksīda saistvielas (■) elastības modulis un NK elastības moduļa novirze, kas ir normēta uz 1% māla pēc masas NC elastic modulus (◇) atkarībā no atmosfēras relatīvā mitruma.



TMA-līknes NK paraugiem, kas tika izgriezti transversālajā (1) un gareniskajā (2) virzienos pēc kvazistatiskiem stiepes eksperimentiem (a), NK paraugiem, kas tika izgriezti gareniskajā virzienā pēc stiepes kvazistatiskiem (1) un šļūdes eksperimentiem (2) (b).

Nanometrisko pildvielu daļiņu anizotropijas un orientācijas ietekme uz kompozītu mehānisko īpašību anizotropiju

Izstrādāta metode (algoritms un programmatūra) elastības konstanšu noteikšanai kompozītam, kas satur dažādi orientētas anizotropiskas pildvielas daļiņas. Uzkonstruēta atbilstoša orientācijas sadalījuma funkcija un lietojot vidējošanas metodi iegūtas galīgas analītiskas sakarības elastīgu komponentu aprēķināšanai. Teorētiski izvērtēti anizotropijas koeficienti nanokompozītiem, kas satur slāņainas silikātu nanodaļiņas.

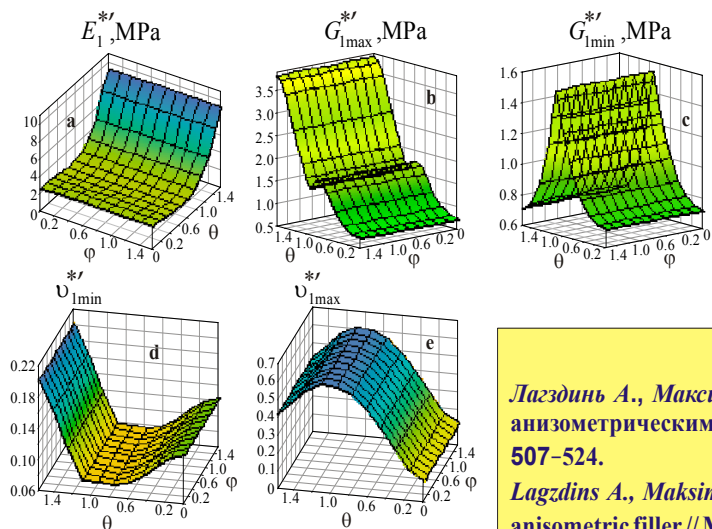
$$C_{ijkl} = C_{mnop}^* \frac{1}{\Omega} \int_{\Omega} f_{m_i} l_{n_j} l_{o_k} l_{p_l} dg$$

C_{ijkl} - elastīgā stinguma tensors; f - daļiņu orientācijas sadalījuma funkcija; $\Omega = 8\pi^2$, $dg = \sin \theta d\theta d\varphi_1 d\varphi_2$; $\theta, \varphi_1 = \pi/2 - \varphi, \varphi_2$ - Eilera leņķi; $0 \leq \theta \leq \pi$, $0 \leq \varphi_1 < 2\pi$, $0 \leq \varphi_2 < 2\pi$.

Funkcija f pieņemta šādā polinomiālā formā:

$$f = f(\theta, \varphi) = k \sum_{i=1}^3 [(2n+1)\lambda_i l_{i31}^{2n} + 2 \frac{(2n+1)!!}{(2n)!!} \lambda_{i+1, i+2} (1-l_{i1}^2)^n], n \geq 0, k = [\lambda_1 + \lambda_2 + \lambda_3 + 2(\lambda_{12} + \lambda_{23} + \lambda_{31})]^{-1}$$

Ar montmorillonītu pildīta transversāli izotropā nanokompozīta elastības konstanšu virsmas.

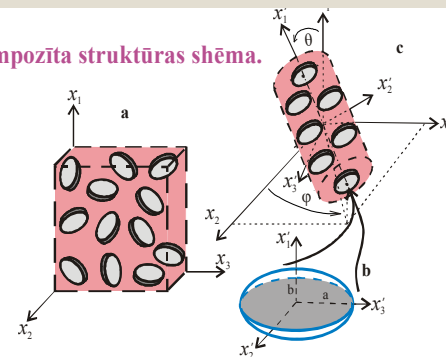


Elastības anizotropijas koeficienta $K(C)$ izteiksme:

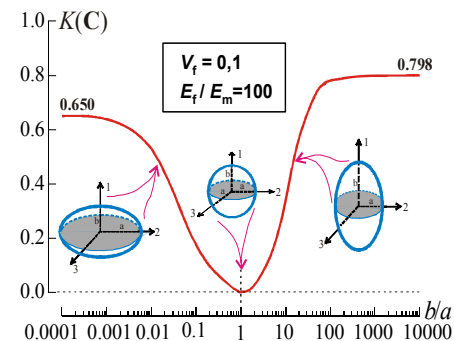
$$K(C) = \frac{\sqrt{5}}{2} [1 - (C^0/C)^2]^{1/2}, \quad 0 \leq K(C) < 1, \quad \text{kur } C = |C| = (C_{ijkl} C_{ijkl})^{1/2},$$

$$C_{ijkl}^0 = \frac{1}{30} [2(2C_{mnnn} - C_{mnnn}) \delta_{ij} \delta_{kl} + (3C_{mnnn} - C_{mnnn}) (\delta_{ik} \delta_{jl} + \delta_{il} \delta_{jk})].$$

Kompozīta struktūras shēma.



Transversāli izotropā nanokompozīta elastības anizotropijas integrālā koeficienta $K(C)$ atkarība no pildvielas daļiņu formas.



Rezultāti izklāstīti rakstā:

Лаздинь А., Максимов Р. Д., Плуме Э. Анизотропия упругости композита с разноориентированными анизотропическими частицами наполнителя // Механика композит. материалов. 2009. Т. 45, № 4. С. 507-524.

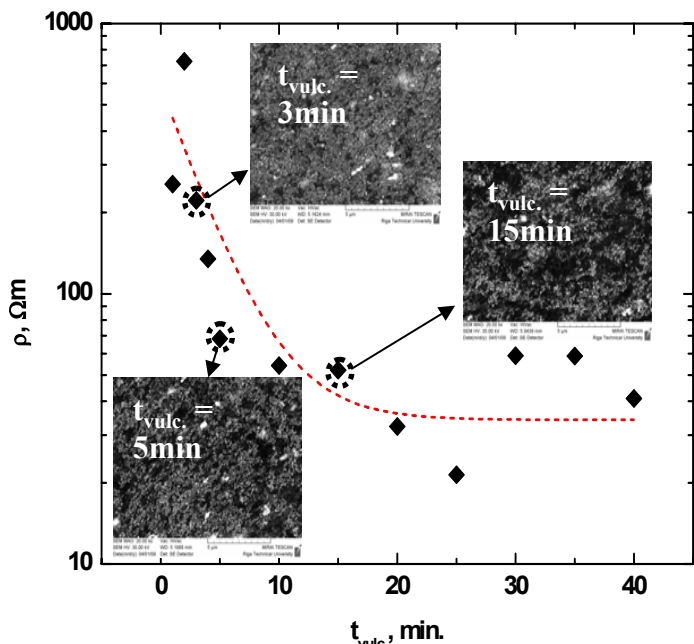
Lagzdins A., Maksimov R. D., and Plume E. Anisotropy of elasticity of a composite with irregularly oriented anisometric filler // Mechanics Compos. Mater. -2009. -Vol. 45, No. 4. -P. 345-358

Poliizoprēna/sarežģītas struktūras oglekļa nanokompozīta (PSSONK) spiediena sensora parametru optimizācija

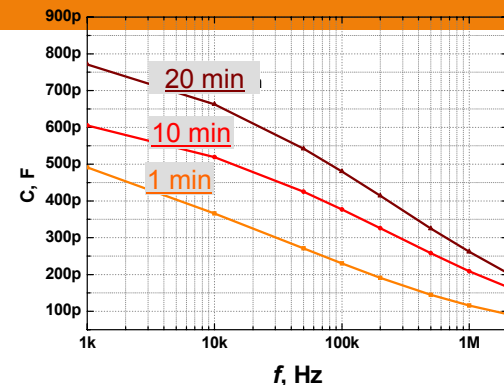
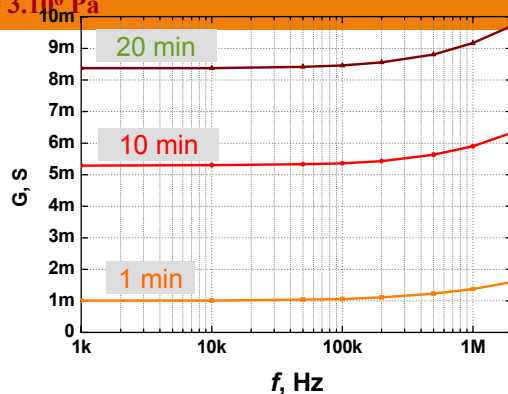
Sadarbībā ar Baltijas Gumijas Fabriku tika sagatavots dabīgās poliizoprēna matricas jēlmateriāls, kurā disperģēja 10 masas daļas sarežģītas struktūras elektrovadošu oglekļa nanodaļiņu pildvielas.

Pie 10 masas daļām pildvielas iepriekš novēroja lielāko PSSONK pjezorezistīvo efektu (elektriskās pretestības atkarību no mehāniskā spiediena).

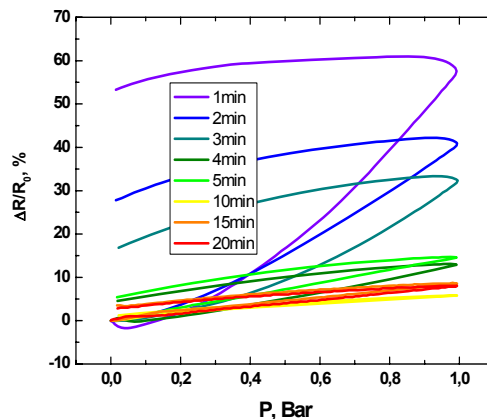
Izpētīta PSSONK parametru izmaiņa vulkanizācijas laikā. Noteikti paraugu līdzstrāvas un maiņstrāvas parametri, mikrostruktūra un pjezorezistīvais efekts paraugiem pie dažādiem vulkanizācijas laikiem. $P_{\text{vulkaniz}} = 3 \cdot 10^6 \text{ Pa}$



PSSONK paraugu sākotnējā īpatnējā elektriskā pretestība atkarībā no vulkanizācijas laika. Dažiem paraugiem ($t = 3 \text{ min}; 5 \text{ min}; 15 \text{ min}$) attēloti trausla lūzuma vietas SEM uzņēmumi (SEM attēla platums $15 \mu\text{m}$).



PSSONK vadāmība G un kapacitāte C atkarībā no maiņstrāvas frekvences paraugiem ar atšķirīgu vulkanizācijas laiku.

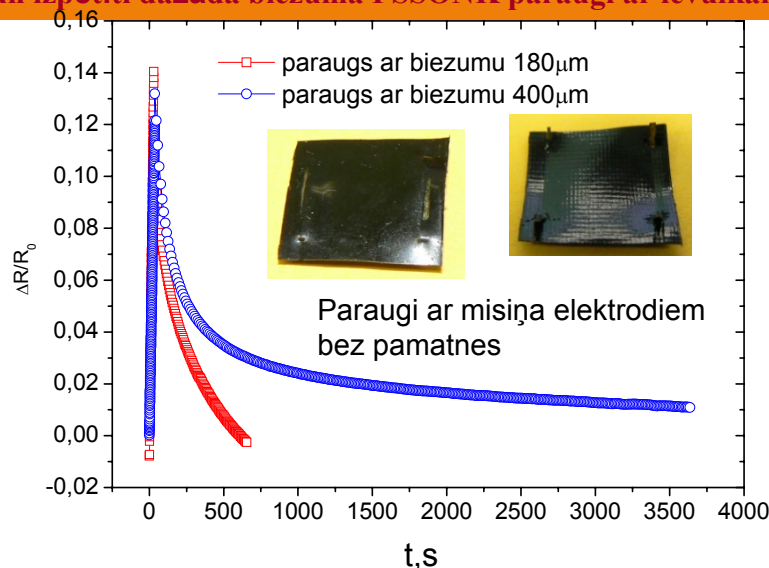


PSSONK paraugu elektriskās pretestības atkarība no iedarbības spiediena paraugiem ar dažādiem vulkanizācijas laikiem.

Poliizoprēna/sarežģītas struktūras oglekļa nanokompozīta (PSSONK) ķīmiskā sensora parametru optimizācija

Tika izmantots sadarbībā ar Baltijas Gumijas Fabriku sagatavotais dabīgās poliizoprēna matricas jēlmateriāls, kurā disperģēja 10 masas daļas sarežģītas struktūras elektrovadošu oglekļa nanodaļiņu pildvielas.

Galvenais mērķis bija samazināt sensorelementa relaksācijas laiku pēc organisko šķīdņātāju tvaiku iedarbības. TFI izgatavoti un izpētīti dažāda biezuma PSSONK paraugi ar ievulkanizētiem misiņa elektrodiem gan uz tekstolīta pamatnes, gan bez tās.

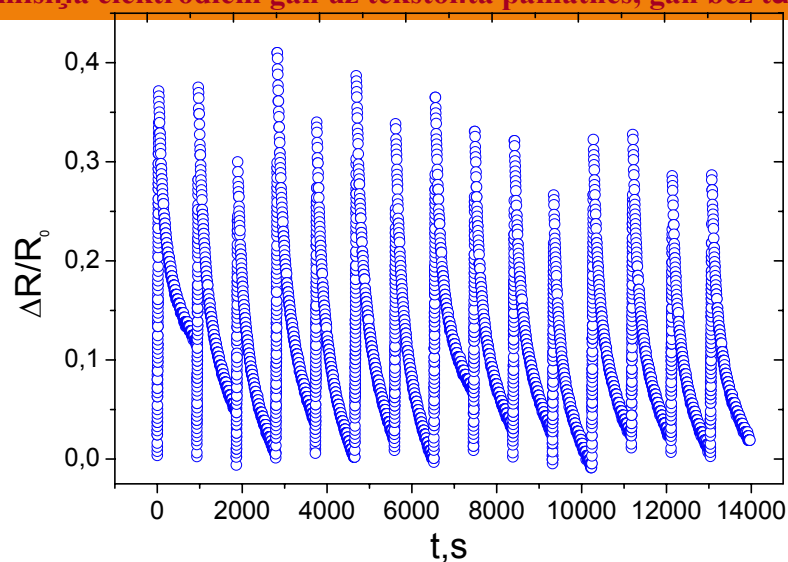


Elektriskās pretestības izmaiņa laikā PNOK paraugam ar biezumu 400 μm un 180 μm toluola tvaikos ar koncentrāciju 0,108 ml/l, kam seko elektriskās pretestības relaksācija gaisā.

Secinājumi:

Samazinot parauga biezumu aptuveni 2 reizes elektriskās pretestības relaksācijas laiks gaisā samazinās aptuveni 6 reizes.

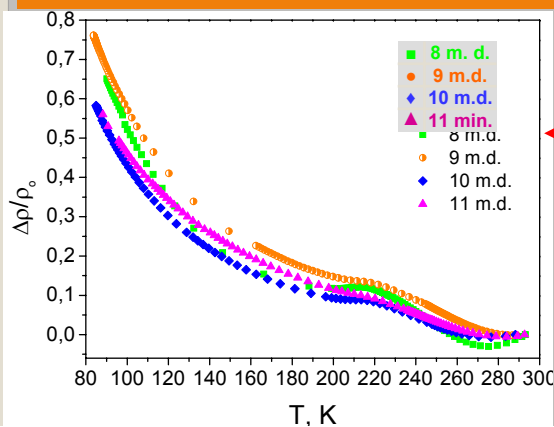
Novērota apmierinoša ķīmiskā sensorelementa darbības atkārtojamība daudzos secīgos ķīmisko vielu tvaiku „jušanas” ciklos.



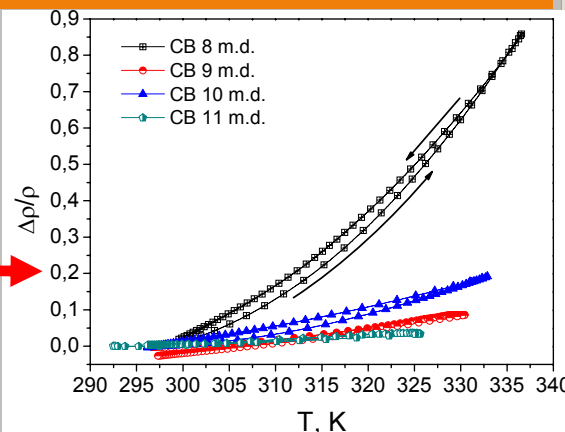
Elektriskās pretestības izmaiņa laikā PNOK periodiski pakļaujot toluola tvaikiem (30 sekundes) ar koncentrāciju 0,108 ml/l, kam seko elektriskās pretestības relaksācija gaisā 15 minūtes. Mērījumos izmantots PNOK paraugs ar izmēriem 50x50x0,2mm.

Poliizoprēna/sarežģītas struktūras oglekļa nanokompozīta (PSSONK) termoelektriskās īpašības un efekti

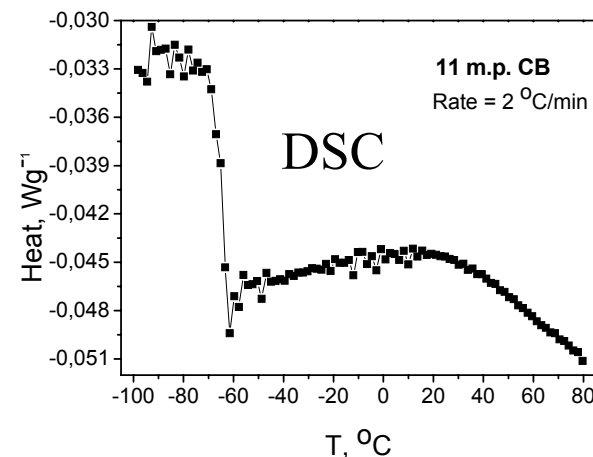
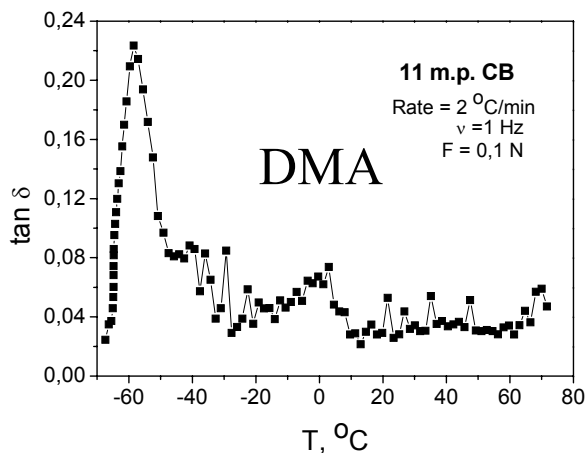
RTU TFI sadarbībā ar RTU PI veikti PSSONK dilatometrijas, DSC, DMA un Zēbeka efekta mērījumi, lai noskaidrotu iepriekšējā etapā noteikto neparastās elektriskās pretestības temperatūras atkarības iemeslus.



Vienam un tam pašam paraugam ar 8 m.d. nanostrukturēta oglekļa pildvielas konstatēts **negatīvs** pretestības temperatūras koeficients (PTK) pie $T < 260 K$ un **pozitīvs** PTK pie $T > 265 K$.



Ar DSC metodi noteikts kompozīta stiklošanās apgabals (-60,89 līdz -66,21°C), bet ar DMA noteiktā stiklošanās temperatūra -58,44°C. Literatūrā poliizoprēna stiklošanās temperatūra ir minēta ap -70°C. Atšķirības varētu izskaidrot ar mijiedarbību starp pildvielu un matricu, kā rezultātā samazinās matricas makromolekulu kustīgums.

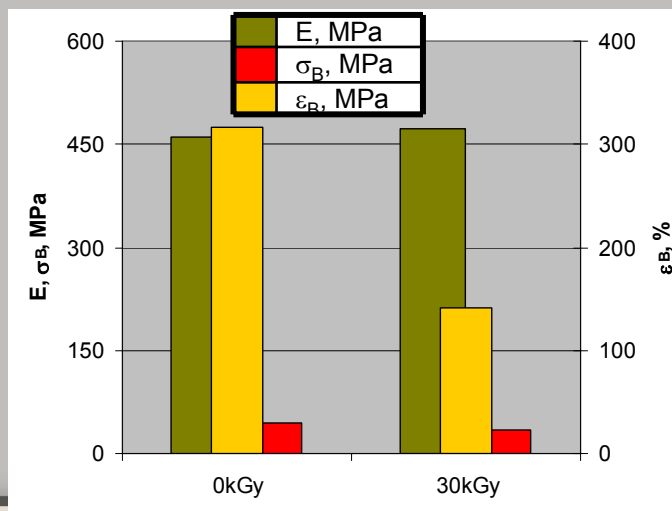
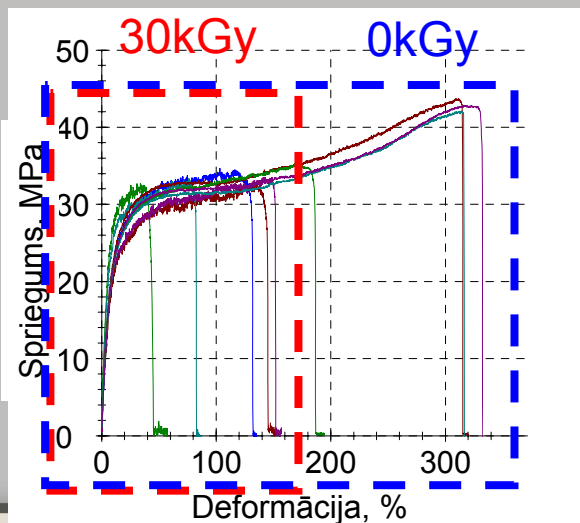


Nanokompozītu modificēšana ar lielām enerģijām

- Izstrādāta radiācijas modificēšanas tehnoloģija modificētas biodegradablas matricas nanokompozītiem un noteikti svarīgākie tehnoloģiskie parametri atsevišķu no nanokompozītiem iegūstamo izstrādājumu sterilizācijai, kā arī nanokompozītu īpašību regulēšanai
- Izvērtētas nanokompozītu deformatīvās īpašības, kā arī radiācijas modificēšanas rezultātā iegūtās virsmolekulārās struktūras īpatnības
- Noteikts atsevišķu nanokompozītu radiācijas iznākums, kura atkarībā no pievienoto šķērssaistīšanās promotoru satura mainījās plašā diapazonā
- Pierādīts, ka uz nanodaļiņu virsmas veidojās “pārejošās molekulas” starp atsevišķām heterogēnām fāzēm, notiek virsmolekulāro struktūras izmaiņas un kopējās struktūras homogenizācija.



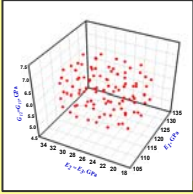
Radiācijas ietekme uz modificēta biodegradabla materiāla “ σ - ϵ ” īpašībām



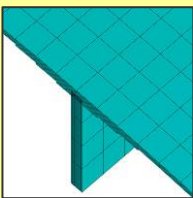
Elastīgo īpašību noteikšana izmantojot svārstību analīzi

Eksperimenta veikšanas plāns

$E_1, E_2, G_{12} - ?$



Aprēķins ar galīgo elementu metodi (ANSYS)



Frekvenču aproksimācija

$$f_i^{FEM} = 166.7 - 4.78z_1 + 3.99z_2 + 1.68z_3$$

Funkcionālu minimizēšana

$$\Phi_i(\mathbf{X}) = \sum \frac{(f_i^{\text{exp}} - f_i^{FEM})^2}{(f_i^{\text{exp}})^2} \Rightarrow \min$$

Materiāla elastības reālās skaitliskās īpašības

$E_1 = 120.8 \text{ GPa}, E_2 = E_3 = 5.1 \text{ GPa}$
 $G_{12} = G_{13} = 5.8 \text{ GPa}$



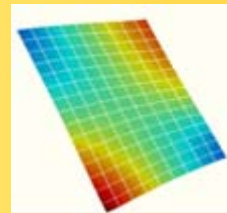
Eksperimentā iegūtās frekvences

$$f_i^{\text{exp}}$$

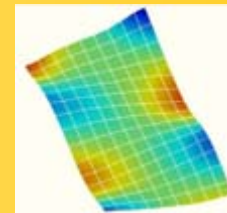
Kompozītmateriāla un konstrukciju paraugu elastīgo īpašību noteikšanai ir pielietota identifikācijas metode, kas balstās uz kompozīto materiālu plātņu un konstrukciju dinamiskajiem eksperimentiem un galīgo elementu metodes aprēķiniem. Šī metodika kopā ar MFC ierosinātāju pielietošanu dod iespēju noteikt materiāla elastības īpašības to nesagraujot.

Pašsvārstību formu salīdzināšana

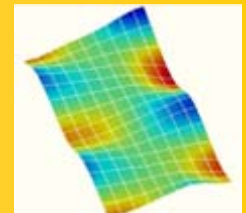
POLYTEC



$f_1 = 166.4 \text{ Hz}$

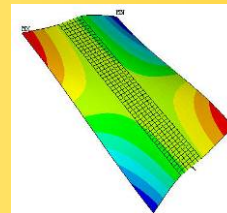


$f_6 = 411.5 \text{ Hz}$

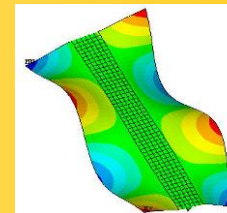


$f_9 = 570.2 \text{ Hz}$

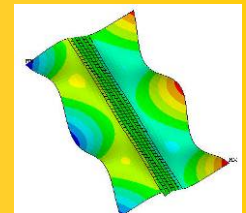
ANSYS



$f_1 = 165.4 \text{ Hz}$



$f_6 = 412.1 \text{ Hz}$



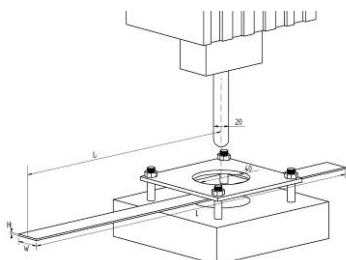
$f_9 = 583.0 \text{ Hz}$

Kompozīto materiālu un konstrukciju bojājumu identifikācijas metožu eksperimentālā un teorētiskā izstrāde

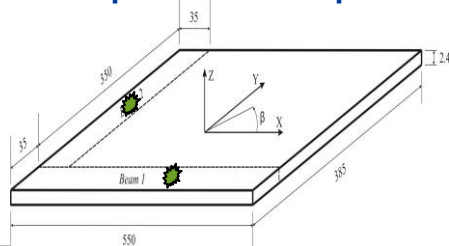
INSTRON Dynatup 9250 HV trieciena tornis



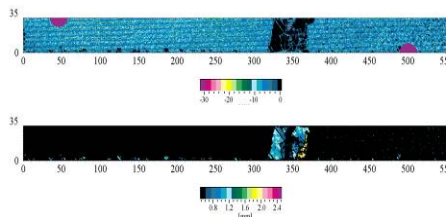
Bojājumu izveide



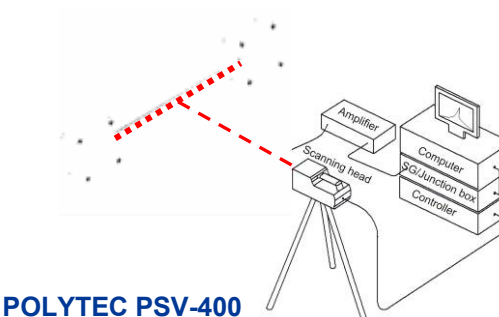
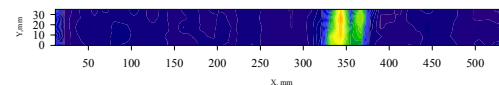
Kompozītmateriāla plātne



Ultraskaņas testēšanas ar iekārtu USPC 3010



Bojājumu noteikšana ar POLYTEC PSV-400 lāzervibrometru



POLYTEC PSV-400 lāzervibrometrs

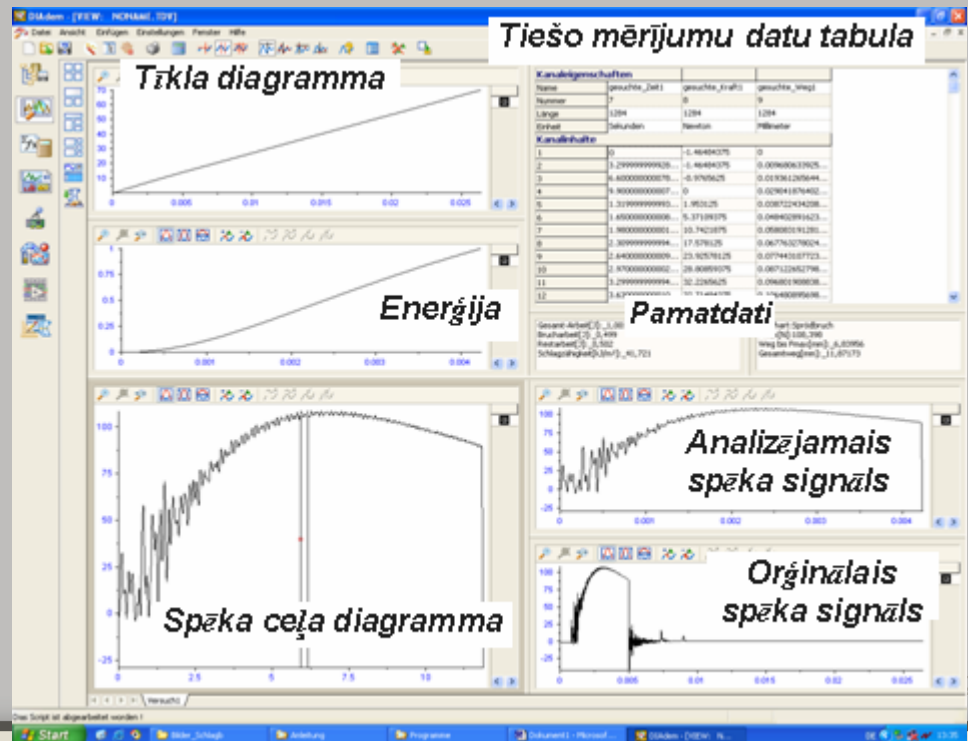
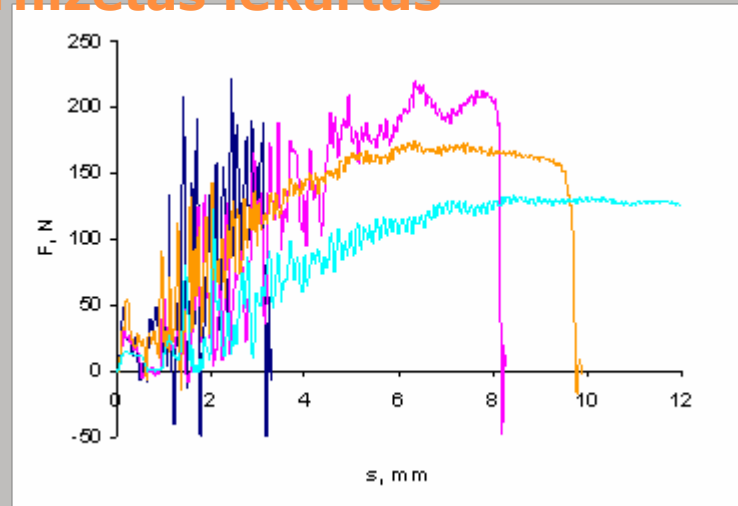
Identifikācijas funkcionāls bojājuma intensitāte noteikšanai

$$\Phi_1(h_1) = \sum_{i=1}^I \left[\frac{\left(\omega_{iFEM}^h \frac{\omega_{iEXP}^d}{h} \right)^2 - \left(\omega_{iFEM}^d (h_1) \right)^2}{\left(\omega_{iFEM}^h \frac{\omega_{iEXP}^u}{\omega_{iEXP}^d} \right)^2} \right]^2$$

Bojājumu identifikācijas metodes izstrādei tika izmantoti gan eksperimentāli noteikti, gan skaitliskās modelēšanas dati. Izmantojot modeļa un eksperimenta datu salīdzināšanai speciālā veidā konstruētus identifikācijas funkcionālus, pētījumā tika noteikta gan materiāla bojājumu vieta un lielums, gan bojājuma intensitāte. Attiecīgi, zinot bojājumu vietu, izmērus un raksturlielumus, ir iespējams novērtēt esošo konstrukciju drošumu un stiprības rezervi.

VPP 6. projekta 6. posmā modernizētās iekārtas nanokompozītu pētījumiem

Sadarbībā ar kolēģiem no Kaseles universitātes pēc viņu oriģinālās programmatūras instrumentēta iekārta nanokompozītu ekspluatācijas dinamiskā slogojumā izvērtēšanai plašā temperatūru diapazonā (-198°C-+25°C)

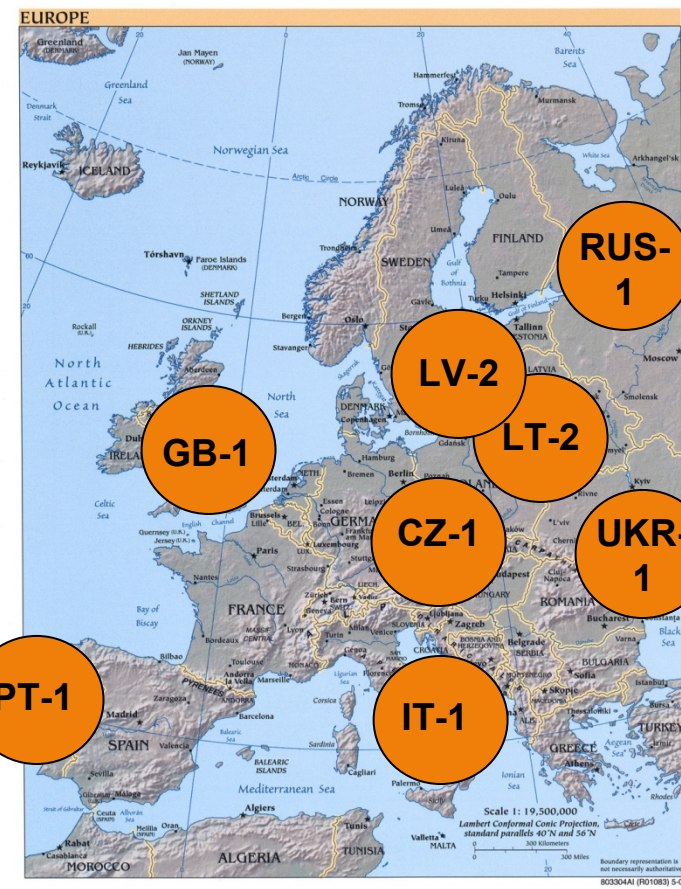


Projekta izpildītāji un 6. posma rezultivitātes rādītāji:

Zinātņu un habilitētie zinātņu doktori	14
Doktoranti un jaunie zinātņu doktori	12
Bakalaura un maģistra programmu studenti	7
Citi izpildītāji un tehniskie darbinieki	10
Publikācijas kopā	37
Publikācijas ar doktorantu un studentu līdzdalību	37
Aizstāvētie bakalaura un maģistra darbi	7
Izstrādājamās disertācijas	5

Par VPP 6. projekta 6. posma ietvaros iegūtajiem zinātiskajiem rezultātiem ziņots starptautiskās konferencēs

1	<i>International Conference Baltic Polymer symposium (BPS-2009). 22.-25. Septembris, Latvija, Ventspils.</i>
2	<i>23-rd International Conference “Mathematical Modeling in Mechanics of Solids and Constructions, Methods of Boundary and Finite Elements” (BEM&FEM 2009). 27.-30. Septembris, Krievija, Sanktpēterburga.</i>
3	<i>International Conference on Composite Materials, July 27-31, 2009, Edinburgh, United Kingdom</i>
4	<i>6th International Conference on informatics in Control, Automation and Robotics, July 2-5, 2009, Milan, Italy</i>
5	<i>29 международной конференции и выставки “Композиционные материалы в промышленности”, 1-5 июня, 2009 г., Ялта./ 29th Annual International Scientific-Practical Conference and Accompanying Exhibition “Composite materials in the industry”, 1.-5. Jūnijs, Ukraina, Jalta.</i>
6	<i>International Conference „MITECH 2009“, 25 – 26 June 2009, Prague, Czech Republic.</i>
7	<i>Scientific Conference CYSENI 2009, Kaunas, Lithuania, May 28-29, 2009</i>
8	<i>International Conference AVIATION-2009. 16. Aprīlis, Lietuva, Viļņa</i>
9	<i>International Baltic Sea Region Conference “Functional Materials and Nanotechnologies (FM&NT-2009)”, 2009. 31. Marts - 3. Aprīlis, Latvija, Rīga.</i>
10	<i>International Scientific Conference on Biomedical electronics and Devices (BIODEVICES 2009), Porto, Portugal, January 14-17, 2009</i>



Organizētie zinātniskie pasākumi, kuros prezentēti sasniegtie rezultāti

• Vienlaicīgi ar gadskārtējo starptautisko konferenci **“FUNCTIONAL MATERIALS AND NANOTECHNOLOGIES 2009”** (31.03.09.-03.04.09.) šī gada 31. martā organizēts Eiropas 7 leP COST akcijas MP 701 **Composites with novel functional and structural properties by Nanoscale materials (Nano Composite Materials - NCM)** seminārs **“STRUCTURE EFFECTS ON THE ELECTRICAL, MAGNETIC, BARRIER AND MECHANICAL PROPERTIES OF THE POLYMER NANOPCOMPOSITES”**



Dalībnieku skaits	Uzaicināto ekspertu skaits	Pārstāvēto valstu skaits	Referātu skaits
50	12	9	19

No COST centrālā biroja saņemts apbalvojums par semināra veiksmīgu organizēšanu

VPP 6. projekta 6. posma ietvaros saņemtie patenti

Autori

J. Barloti, V. Teteris,
M. Knite

Nosaukums

“SILĪCIJA DIOKSĪDA
KĀRTIŅU CAUREJOŠO
PORU UN KOMPOZĪTU
ELEKTROVADOŠU
KANĀLU ATKLĀŠANAS
UN REĢISTRĀCIJAS
PAŅĒMIENS”

Patenta numurs

H01L21/66

PATENTI un PREČU ZĪMES

LATVIJAS REPUBLIKAS PATENTU VALDES OFICIĀLAIS VĒSTNESIS

Latvijas Republikas Patentu valde, Rīga, Citadeles ielā 7/70
Pasta adrese: a/k 824, Rīga, LV-1010, Latvija
Tālrunis 67 099 618 Fakss 67 099 650

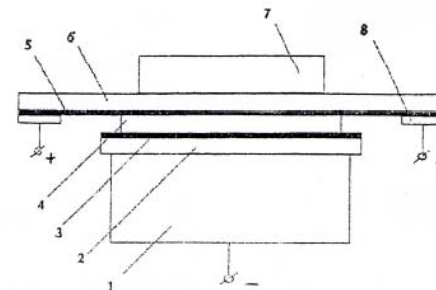
6/2009
20.jūnijs

817. - 960. lappuse

- (51) H01L21/66 (11) 13970 A
(21) P-07-139 (22) 04.12.2007
(41) 20.06.2009
(71) RĪGAS TEHNISKĀ UNIVERSITĀTE; Kaļķu iela 1, Rīga
LV-1658, LV
(72) Jānis BARLOTI (LV),
Valdis TETERIS (LV),
Māris KNITE (LV)
(54) SILĪCIJA DIOKSĪDA KĀRTIŅU CAUREJOŠU PORU UN
KOMPOZĪTU ELEKTROVADOŠU KANĀLU ATKLĀŠA-
NAS UN REĢISTRĀCIJAS PAŅĒMIENS
DETECTION AND REGISTRATION METHOD OF
PENETRATING PORES IN SILICON DIOXIDE LAYERS
AND ELECTRO-CONDUCTIVE CHANNELS IN COM-
POSITES

(57) Izgudrojums attiecas uz tehniskās fizikas jomu un var tikt izmantots elektrovadošu kompozītmateriālu izpētē un mikroelektronikā. Caurejošu poru un elektrovadošu kanālu atklāšana un reģistrācija ir svarīga, vērtējot silīcija dioksīda kārtiņu un vadošu kompozītu kvalitāti. Piedāvāts silīcija dioksīda kārtiņu caurejošu poru un kompozītu elektrovadošu kanālu atklāšanas un reģistrācijas paņēmieni, kas ietver elektroerozijas procesu, kura laikā uz stikla uznestā plānā metāla kārtiņā tiek iegūts caurejošu poru vai elektrovadošu kanālu izvietojuma attēls uz materiāla virsmas (elektroeroziagramma). Elektroerozijā nepieciešamo izlādes atstarpi nodrošina elektrolītā samērcēts plāns, mazporains papīrs, pie kam elektrolīts veido elektrovadošu vidi.

The invention is related to the field of technical physics and can be utilized in research of electro-conductive composite materials and microelectronics. Detection and registration of penetrating pores and electroconductive channels is important when evaluating the quality of silicon dioxide layers and conductive composites. A detection and registration method of penetrating pores in silicon dioxide layers and electro-conductive channels in composites is proposed. The method includes the process of electro-erosion, during which in a thin metal film, which is sputtered on glass, the distribution of penetrating pores or electro-conductive channels is obtained on the surface of material (electroerosigram). In the process of electroerosion the necessary discharge gap is ensured by thin, low-porosity paper which is soaked in electrolyte, as the result the electrolyte forms an electro-conductive environment.



2. att.

Apbalvojumi:

SIEVIETĒM ZINĀTNĒ



Apvienoto Nāciju
Izglītības,
zinātnes un kultūras
organizācija

L'ORÉAL
LATVIJA

UNESCO Latvijas Nacionālā Komisija



LATVIJAS
ZINĀTŅU AKADEMIJA



Latvijas L'OREAL grants „Sievietēm Zinātnē” ar UNESCO Latvijas Nacionālās Komitejas un Latvijas Zinātņu Akadēmijas atbalstu (2009).

**PALDIES PARTNERIEM
PAR SADARBĪBU UN
KLAUSĪTĀJIEM PAR
UZMANĪBU!**