

## Zinātniskais pārskats par valsts pētījumu programmas 3.posma izpildes gaitu

Programmas nosaukums INOVATĪVU DAUDZFUNKCIONĀLU MATERIĀLU, SIGNĀLAPSTRĀDES UN INFORMĀTIKAS TEHNOLOĢIJU IZSTRĀDE KONKURĒTSPĒJĪGIEM ZINĀTŅU IETILPĪGIEM PRODUKTIEM

Programmas vadītājs Andris Šternbergs

Pārskata periods no 2012.gada 1. marta līdz 2012.gada 30. novembrim

### **Programmas mērķis**

Programmas mērķis ir attīstīt augsti kvalificētu zinātnisko kompetenci inovatīvu materiālu, signālapstrādes un informācijas tehnoloģiju jomā, nodrošinot iespēju vietējiem uzņēmumiem ražot uz Latvijā radītām zināšanām konkurētspējīgus produktus, līdz ar to veicinot eksportu un Latvijas tautsaimniecības izaugsmi.

Ne mazāk svarīgs programmas mērķis ir nodrošināt augstskolu speciālistu un talantīgu studentu kompetences un praktisko iemaņu izaugsmi, tai skaitā, lai veicinātu jaunu inovatīvu firmu izveidi. Mērķis ir sasniedzams, iesaistot studentus programmas uzdevumu izpildē un izstrādājot bakalauru, maģistru un promocijas darbus.

Ievērojot, ka jaunu funkcionālu materiālu, signālapstrādes un informācijas tehnoloģiju izstrāde nav iespējama bez dažādu dabas zinātņu, datorzinātņu un inženierzinātņu pārstāvju līdzdalības, ir nepieciešama visu šo daudzdisciplināro speciālistu cieša savstarpēja sadarbība. To var sekmīgi veikt, strādājot vienotā valsts pētījumu programmā, paredzētos zinātniskos pētījumus ietverot 5 pamatzdevumos:

- Daudzfunkcionālie materiāli starojumu enerģijas konvertēšanai, informācijas ierakstam, uzglabāšanai, pārnešanai un pārveidošanai, un to efektīviem pielietojumiem zinātņu ietilpīgās ierīcēs;
- Inovatīvas signālapstrādes tehnoloģijas viedu un efektīvu elektronisko sistēmu radīšanai;
- Nanostrukturēti modifikatori saturēši pašarmēti polimēru kompozīti un to atbilstošo tehnoloģiju izstrāde pielietojumiem inteligētajos materiālos un ierīcēs;
- Jauni materiāli un tehnoloģijas bioloģisko audu izvērtēšanai un aizvietošanai;
- Jaunas informācijas tehnoloģijas balstītas uz ontoloģijām un modeļu transformācijām.

Sakarā ar nesen atklāto jauno oglekļa modifikāciju – grafēnu, kas ir visplānākais un viens no visizturīgākajiem elektrovadošajiem materiāliem pasaulē (atklājēji 2010. gadā saņēma Nobela prēmiju fizikā), programmas ietvaros tika pārstrukturētas pētnieku grupas, lai pievērstos šī unikālā materiāla izpētei. Uz esošās programmas finansiālās bāzes tika izveidots projekts, veltīts grafēna iegūšanas paņēmieni un fizikālo īpašību izpētei:

- Grafēns, modificēts grafēns un grafēnu saturoši kompozītmateriāli perspektīviem pielietojumiem pārklājumos, nanoierīcēs un sensoros, enerģijas konversācijai.

## Kopsavilkums par programmas 3.posma izpildes gaitu

**3. posmā izvirzītie uzdevumi ir izpildīti visos projektos.** Programmas rezultatīvie rādītāji ir doti klāt pievienotā tabulā. Katra projekta uzdevumu izpildes rezultāti detalizētāk ir parādīti katra projekta atskaitē.

Viens no galvenajiem virzieniem programmas izpildē ir jaunu materiālu izpēte un to pielietojumi.

Izpētītas daudzfunkcionālu materiālu struktūras un īpašības, pielietojumiem cietvielu plāno kārtiņu elektrolītos jonu tipa atmiņās, telekomunikāciju vienmodu optiskajos viļņvados, datu apstrādē, kaitīgo organisko savienojumu sadalīšanai, luminiscento materiālu izveidei un videi nekaitīgiem liesmas slāpētājiem.

Izveidoti jauni paņēmieni un sintezētas jaunas organisko elektroluminoforu kristāliskas un plānslāņu struktūras. Ar jaunu hologrāfisko metode veikts hologrāfisks informācijas ieraksts molekulāro stiklu kārtiņās.

Izstrādātavirsmasreljefaveidošanaarpolarizācijasvirzienamodulētugaismaslauku.

Šādsfotoinducētāreljefaveidošanas process ir ļoti perspektīvslitogrāfijā, jovirsmasreljefaveidošanāsstarošanaslaikāirkontrolējama un nav vajadzīgamateriālakodināšanakāstradicionālajalitogrāfijā.

Pierādīts, ka itrija – alumīnija granātu (YAG) sintēze augsta spiediena apstākļos uzlabo scintilācijas parametrus, kuri ir svarīgi jonizējošā starojuma detektēšanai. Iegūti ar Er, Yb, Tm aktivēti NaLaF<sub>4</sub> nanostrukturēti materiāli, uz kuru bāzes var izveidot ar ultravioleto (UV) vai infrasarkano (IS) starojumu ierosināmus maināmas krāsas gaismas avotus.

Veikti detalizēti koherento signālu procesu mērījumi un to teorētiskā modelēšana rubīdija tvaikos ar precīzu magnētiskā lauka kontroli, lai izstrādātu metodi signālu kontrastu uzlabošanai īpaši precīzu mērījumu veikšanai.

Izpētīts, ka polikristāliska grafiņa apstarošana augstā temperatūrā ar enerģētiskiem joniem pārveido tā mehāniskās īpašības un palielina grafiņa radiācijas izturību. Apstarots polikristāliskais grafiņš pielietojams jaunās paaudzes jonu paātrinātāju ierīcēs.

Minētie rezultāti iegūti programmas 1., 3. un 6. projekta ciešā sadarbībā.

Turpināts darbs pie nanostrukturētu modifikatorus saturošu pašarmētu polimēru kompozītu izstrādes tehnoloģiju pilnveidošanas un fizikālo īpašību izpētes. Izgatavoti poliizoprēna/daudzsienu oglekļa nanocaurulīšu kompozīti un polimēra/nanostrukturēta oglekļa sensori, izpētītas to ķīmiskā sensora īpašības, veikta gaistošo organisko savienojumu kontroles iespēju pārbaude pārtikas produktos. Darba gaitā izgatavots gaistošo organisko savienojumu detektēšanas iekārtas prototips, kurā integrēts viens un pēc vajadzības nomaināms polimēra/nanostrukturēta oglekļa kompozīta sensorelements.

Konstatēts, ka kompozīciju modificēšana ar akrilātu piedevu efektīvi uzlabo deformatīvo izturību. Izmantojot eksperimenta modelēšanu pēc galīgo elementu metodes un aprēķinus spiedē, ir izveidots 6 pakāpes regresijas vienādojums divslāņu cilindra veida paraugam, kura viena slāņa elastības modulis nav zināms. Projekta posma ietvaros izstrādāta skaitliski-eksperimentāla nesagraujoša metode elastības moduļa noteikšanai plānsienu cilindriskiem paraugiem. Izstrādāta datorprogramma elastības īpašību prognozēšanai nanokompozītiem ar komplānāri un haotiski izvietotām pilnīgi eksfoliētām slāņainām silikāta daļiņām. Tas ļauj precīzāk ņemt vērā tādus eksfoliētopolimērsilikātunanokompozītu struktūras parametrus kā daļiņu anizotropiju (*aspectratio*), telpisko orientāciju un koncentrāciju kompozītā. Piedāvātais modelis izmantots montmorillonīta mālus saturoša nanokompozīta elastības īpašību analīzei.

2012.gadā turpināts sistemātisks eksperimentālais darbs pie ar neorganiskiem aģentiem (Mg, Ag) modificētu kalcija fosfātu biomateriālu sintēzes, sintēzes procesa mērogošanas un biogēnas izcelsmes izejmateriālu ietekmes uz materiāla struktūru un sastāvu izpētes, pielietojot projektā iesaistīto partneru modernās pētniecības metodes. Ar mērķi

paplašināt projekta ietvaros izstrādāto un aprobēto biomateriālu pielietojumu kaulaudu reģenerācijai, veikti sistemātiski *invitro* un *invivo* pētījumi kaulu cementiem uz alfa trikalcijafosfāta bāzes, oriģinālas strukturētas stikla keramikai ar paaugstinātu mehānisko slodzi un titāna dioksīda saturošai keramikai. Izgatavoti 3-dimensionāli poraini implanti un šūnu pamatnes, kā arī novērtēta salīdzinoša šo materiālu histoloģiskā un morfoloģiskā reakcija ar/bez uzlādes ar cilmes šūnām. Balstoties uz kalcija fosfātu biokeramikas histoloģisko un imunohistoķīmisko izvērtēšanu pēc *invivo* eksperimentiem, izveidots eksperimentālais modelis šādu implantmateriālu potenciālai pielietošanai osteoporozes skarto kaulaudu bojājumu gadījumā. Turpināta sistemātiska divfāžu kalcija fosfātu (hidroksilapatīts/ $\beta$ -trikalcija fosfāts) mikrogranulu attīstība klīniskam pielietojumam atrofiska bezzobu žokļukaula pastiprināšanai.

Veikti pētījumi par koloīdu nanodaļiņu dispersā sastāva izmaiņām gravitācijas, ultracentrifugālās un magnētiskās separācijas ietekmē, kā arī ferokoloīdu nanodaļiņu transversālās separācijas eksperimentālie pētījumu neizotermiskā porainā slānī. Iegūtajiem rezultātiem praktiska nozīme magnētisko nanokoloīdu tehnoloģijā, tai skaitā arī biomedicīnas pielietojumos.

Programmas 3. posmā tālāk attīstītas inovatīvas signālapstrādes tehnoloģijas, galveno uzmanību veltot viedo sistēmu eksperimentālo maketu radīšanai, kuru darbība pamatojas uz iepriekšējos posmos izstrādātajiem signālapstrādes paņēmieniem un iegūtiem modelēšanas rezultātiem. Uzdevumā, kurš saistās ar laika notikumu reģistrēšanas elektroniku, ir izveidoti maketi attālumu mērījumiem satelītu lazerlokācijā, notikumu mērīšanai ar paaugstinātu veikspēju un dalītā tīkla laika mērīšanas sistēma. Superplatjoslas lokācijas uzdevumā ir izveidots vairākantenu tvdrarbības radara makets caursienas attēlveidošanai. Viedo transporta sistēmu uzdevuma ietvaros ir radīti viedā ceļa stabiņa, pasīvās stereoredzes, ceļa infrastruktūras un transportlīdzekļu datu pārraides maketi. Saistībā ar biomedicīnas signālu apstrādi ir izstrādātas plaukstas biometrijas un skoliozes monitoringa eksperimentālās sistēmas. Uz rotācijas leņķiem balstītas datu pārraides iekārtai ir radīti eksperimentāli Jakobi rotatora un Doplera radara signālu ciparapstrādes FPGA moduļi. Transporta sistēmu darbības uzlabošanai ir izveidoti starpautomobiļu komunikācijas sistēmas struktūra un eksperimentālais modelis. Savukārt mobilu ad-hoc tīklu efektivitātes paaugstināšanas uzdevumā ir izveidots eksperimentāls tīkla monitoringa rīks, izmantojot SNMP protokolu un programmu Mango. Projekta nākamajā posmā ir paredzēta izveidoto eksperimentālo maketu tālāka attīstīšana un aprobācija atbilstošās tautsaimniecības nozarēs.

2012. gadā ir veiksmīgi turpinājušies darbi pie grafisku domēnspecifisku rīku un sistēmu būves tehnoloģiju attīstīšanas, kā arī lielu ontoloģiju un kontrolēto dabīgo valodu apstrādes metožu izstrādes. Pabeigti projektēšanas un izstrādes darbi transformāciju vadītās arhitektūras pamatelementiem, kas nodrošina domēnspecifisko sistēmu būves platformas (GRADE3) komponentu savstarpējo sadarbību – TDA2 kodolam un RAAPI programmatūras saskarnei, kā arī transformāciju, dziņu un repozitoriju adapteru mehānisms. TDA dziņu un repozitoriju adapteru mehānisms nodrošina piekļuvi domēnspecifisku modelēšanas rīku bāzes servisiem sadarbībai ar ārējām lietojumprogrammām. Domēnspecifisku rīku būves platformai ir izstrādāts papildus konfigurācijas mehānisms, kas iekļauj uz transformācijām balstītus paplašināšanas punktus, kas ir būtiski paplašinājis grafisko modelēšanas rīku izstrādes iespējas. Minētie rezultāti ir ļāvuši izstrādāt lielu ontoloģiju fragmentācijas un strukturēšanas līdzekļus.

Jaunizveidotā, 6. projekta ietvaros darbs veltīts jaunas, nanostrukturētas grafīta modifikācijas – grafēna – iegūšanas metožu izstrādei un fizikāli – ķīmisko īpašību izpētei un perspektīvām to pielietošanai enerģijas pārveidotāju ierīcēs, virsmu pārklājumos, nanoierīcēs un sensoros. Veikta grafēna veidošana ar CVD metodēm, kā arī eksfoliējot no grafīta, izmantojot ķīmisko oksidāciju. Izstrādātas metodes grafēna pārklājumu veidošanai uz virsmām izmantojot Lengmēra-Blodžetas metodi, lāzera apstrādi ar sekojošu eksfoliāciju, kā

arī lokālā skalā izmantojot nanoelektromehāniskus masas sensorus un nanomanipulācijas sistēmas. Izpētītas grafēnaelektrovadāmības izmaiņas dopējot to ar jodu, kā arī parādīta slāpekļa jonu sorbcijas atkarība no grafēna oksidācijas pakāpes. Aprēķini parādīja, ka vismazākās kontaktprestības sagaidāmas ja par elektrodu materiāliem izmatos Au, Ag vai Pt elektrodus. Izstrādātas tehnoloģijas dažādu nanostrukturētā oglekļa modifikatoru (reducētā grafēna oksīda, vienslāņugrafēna) ievadīšanai polimēru un litija jonu bateriju elektrodu matricās, parādīta nanostrukturēto oglekļa modifikatoru ietekme uz polimēru kompozītu siltumfizikālajām, dielektriskajām īpašībām. Veikta magnētiskā lauka ietekmes izvērtēšana uz šo polimēru nanokompozītiem. Novērota pjezorezistīvais efekts (elektriskās pretestības atkarība no spiediena) poliizoprēna un termiski eksfoliētā grafīta kompozītiem, uz kuru bāzes var tikt izveidoti spiediena sensori. Sadarbībā ar 1. projektu un 3. projektu tiek izstrādātas metodes grafēna pārklājumu veidošanai un grafēna ievadīšanai polimēru kompozītos ar mērķi uzlabot to elastomehāniskās īpašības.

Programmas 3. posmā uzstādītie uzdevumi ir izpildīti.

Sasniegto rezultātu starptautiskai aprobācijai un sadarbībai ar ārzemju partneriem tika organizēts simpozījs „Bioceramics and cells for reinforcement of bone”, kas notika 2012. gada 18.-20. oktobrī Rīgā ar 18 vieslektoru piedalīšanos no 6 valstīm (Francija, Spānija, Vācija, Krievija, Lietuva, Igaunija).

2012. gada septembrī Liepājā, pateicoties programmas 3. projekta izpildītāju aktivitātēm, tika noorganizēts Baltijas polimēru simpozījs.

Programmas ietvaros organizēta ikgadējā starptautiskā konference “Functional Materials and Nanotechnologies (FM&NT-2012)”, kas notika 2012. gadā no 17. līdz 20. aprīlim Rīgā. Konferencē piedalījās vairāk nekā 270 dalībnieki no 23 valstīm: Austrijas, ASV, Baltkrievijas, Brazīlijas, Čehijas, Dānijas, Francijas, Gruzijas, Igaunijas, Itālijas, Kanādas, Kazahstānas, Krievijas, Lietuvas, Norvēģijas, Polijas, Portugāles, Somijas, Šveices, Ukrainas, Vācijas, Zviedrijas, un, protams, Latvijas. Kopumā FM&NT-2012 laikā tika prezentēti 2 plenārie, 16 ielūgtie, 57 mutiskie un 198 stenda referāti.

Lai stiprinātu zinātnisko institūciju sadarbību Eiropas līmeņa pētniecības attīstībā Programmas ietvaros tiek veicināta Eiropas Reģionālās attīstības fonda projekta „Nanostrukturēto un daudzfunkcionālo materiālu, konstrukciju un tehnoloģiju Valsts nozīmes pētniecības centra zinātniskās infrastruktūras attīstīšana” darbība.

Informācija par Programmas izpildi ir arī atrodamā mājas lapā: <http://www.cfi.lv/projekti/valsts-petijumu-programmas/vpp-materialzinatnes-un-infomacijas-tehnologijas/>

Paralēli tam, vēl 2. projektam ir izveidota atsevišķa mājas lapa: <http://www.edi.lv/lv/projekti/vpp-projekti/projekts-nr2/>.

Par programmu kopumā:

A. Sternbergs, M. Springis, M. Rutkis, Latvian National Research Program and Center as Framework for Polymer Material Development. *Baltic Polymer Symposium*, 2012, Liepaja, September 19.-22.

**Programmas 3.posma rezultatīvie rādītāji un to izpilde:**

Rezultatīvais rādītājs	Rezultāti					
	Plānots 2010 – 2013.g.	Sasniegts				
		2010.g.		2011.g.	2012.g.	2013.g.
		Kopā	t.sk., iepriekšējā periodā uzsākts			
<b>Zinātniskie rezultatīvie rādītāji</b>						
1. Programmas ietvaros <b>aizstāvētopromocijas darbu skaits</b>	<b>48</b>	<b>1</b>	<b>1</b>	<b>13</b>	<b>13</b>	
2. Programmas izpildē iesaistīto <b>jauno zinātnieku īpatsvars</b> pret kopējo programmā iesaistīto zinātnieku skaitu (PLE izteiksmē)		<b>0,21</b>		<b>0,42</b>		
3. Zinātniskajā periodikā <b>publicētozinātnisko publikāciju</b> , kas ir citētas zinātniskajā literatūrā un ir iekļautas starptautiski pieejamās zinātniskajās datu bāzēs (WoS, Scopus, ERIH u.c.):	<b>310</b>					
<b>absolūtais</b> skaits		<b>63</b>	<b>63</b>	<b>119</b>	<b>89</b>	
<b>relatīvais</b> skaits uz 1 zinātnieku (PLE izteiksmē)		<b>0,68</b>	<b>0,68</b>	<b>2,03</b>		
4. Programmas ietvaros sagatavoto un izdoto monogrāfiju skaits	<b>5</b>			<b>1</b>	<b>6</b>	
5. Iesaiste Eiropas Savienības programmās un vairāku valstu kopdarbos (publikācijās, patentos utt.), t.sk. ERA-Net projektos, JTI (Joint Technologies Initiatives), JP (Joint Programming), BONUS, Eiropas Tehnoloģiskās platformas u.tml. programmas izpildes ietvaros	<b>24</b>	<b>6</b>		<b>7</b>		
6. Programmas gaitas un rezultātu popularizēšanas interaktīvie pasākumi, kuru mērķu grupās iekļauti arī izglītojamie, skaits:						
konferences	<b>207 tēzes</b>	<b>140 tēzes</b>		<b>209 tēzes</b>	<b>162 tēzes</b>	
semināri	<b>24</b>	<b>3</b>		<b>2</b>		
rīkoti semināri		<b>1 starpt. konf. 1 starpt. seminārs</b>		<b>1 starpt. konf. 1 starpt. seminārs</b>		
populārzinātniskas publikācijas	<b>4</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>		
izstādes	<b>4</b>	<b>4</b>	<b>4</b>	<b>5</b>	<b>3</b>	
<b>Tautsaimnieciskie rezultatīvie rādītāji</b>						
1. Programmas ietvaros izstrādāto konkurētspējīgo produktu skaits, veicinot to eksportu un Latvijas tautsaimniecības						

izaugsmi						
2. Zinātniskajai institūcijai programmas ietvaros piesaistītā privātā finansējuma īpatsvars pret piešķirtā valsts budžeta finansējuma apjomu:						
<b>absolūtais</b> skaits	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>		
<b>relatīvais</b> skaits						
uz 1 zinātnieku (PLE izteiksmē)						
3. Programmas ietvaros pieteikto un reģistrēto patentu:						
<b>absolūtais</b> skaits	<b>23</b>	<b>2</b>	<b>2</b>	<b>5</b>	<b>5</b>	
<b>relatīvais</b> skaits		<b>0,02</b>	<b>0,02</b>	<b>0,08</b>		
uz 1 zinātnieku (PLE izteiksmē)						
4. Programmas ietvaros izstrādāto tehnoloģiju, metožu, pilotiekārtu vai pakalpojumu skaits, kas aprobētas uzņēmumos	<b>16</b>	<b>1</b>	<b>1</b>	<b>1</b>	<b>15</b>	

**1. Projekta Daudzfunkcionālie materiāli starojumu enerģijas konvertēšanai, informācijas ierakstam, uzglabāšanai, pārnesei un pārveidošanai, un to efektīviem pielietojumiem augsto tehnoloģiju ierīcēs mērķis** ir projektā izstrādās tehnoloģijas daudzfunkcionālu materiālu un to nanosakārtotu daudzslāņu pārklājumu iegūšanai un pielietojumiem enerģijas pārveidotāju ierīcēs. Izpētīs to fotofizikālās īpašības un optimizēs enerģijas konvertēšanas efektivitāti. No augstas optiskās izturības vai nelineāri optiskiem materiāliem izstrādās struktūras gaismas vadiem un spektrālām ierīcēm. Ir paredzēts iegūt perspektīvus oksīdu nanostrukturētus materiālus, izmantojamus sensoros ar optisku informācijas nolasīšanu.

**Projekta īstenošanā iesaistītās zinātniskās institūcijas**

1. Latvijas Universitātes Cietvielu fizikas institūts (LU CFI)
2. Latvijas Universitātes Ķīmiskās fizikas institūts (LU ĶFI)
3. Latvijas Universitātes Fizikas un matemātikas fakultāte (LU FMF)
4. Rīgas Tehniskās universitātes Materiālzinātņu un Lietišķās ķīmijas fakultāte (RTU LĶMF)
5. Rīgas Tehniskās universitātes Neorganiskās ķīmijas institūts (RTU NĶI)
6. Fizikālās enerģētikas institūts (FEI)

**Projekta 3.posma īstenošanai piešķirtais finansējums (latos)**

200091 Ls

<b>Plānotais 2010-2013. Ls</b>	<b>Apgūts 2010 Ls</b>	<b>Apgūts 2011 Ls</b>	<b>Apgūts 2012 Ls</b>	<b>Apgūts 2013 Ls</b>
	<b>258160 Ls</b>	<b>268666 Ls</b>	<b>200091 Ls</b>	

**Projekta 3.posma darba uzdevumā izvirzītie uzdevumi**

<b>Darba uzdevumi</b>	<b>Galvenie rezultāti</b>
1. Pētīt hBN materiāla dabīgo defektu luminiscenci un tās kinētiku atkarību no temperatūras, lai atklātu luminiscences mehānismus.	Ir pētīti heksagonālā bora nitrīda luminiscences spektri un luminiscences kinētika temperatūru rajonā no 8 K līdz 300 K. Pētījumi ir ļāvuši izstrādāt un piedāvāt 400 nm luminiscences mehānismu.

<p>2. Izpētīt stehiometrijas izmaiņu ietekmi uz silīcija dioksīdu saturošu amorfu vielu un ar tām saistīto optisko materiālu spektroskopiskajām īpašībām.</p>	<p>Ar iezīmēto atomu metodi pētītas stehiometrijas izmaiņas skābekļa difūzijas procesu laikā augstas tīrības, kā arī ar fluoru vai hidroksilgrupām leģētā stiklveida silīcija dioksīdā. Izmantojot izstrādāto eksperimentālo metodi, kas balstās uz skābekļa luminiscences fononu blakusjoslu reģistrāciju, izpētīti skābekļa apmaiņas procesi temperatūru rajonā zem 800C. Pirmo reizi reģistrēta molekulārā skābekļa luminiscence zemu temperatūru rekombinācijas procesos, kas var potenciāli tikt izmantota skābekļa stehiometrijas izmaiņu detektēšanā.</p>
<p>3. Izpētīt SiO<sub>2</sub> stiklas virsmas parametru izmaiņas ar atomspēku mikroskopu pēc virsmas tīrīšanas ar spirtu un apstrādes ar Se+Ar plazmu.</p>	<p>SiO<sub>2</sub> stikla virsmas tika apstrādātas gan ar ķīmiskām metodēm, gan ar plazmu. Ķīmiskajai apstrādei tika izvēlēti spirts (96%) un tekila (40%), savukārt apstrādei ar plazmu – Se+Ar un As+Ar plazmas. Virsmas reljefs pētīts ar AFM (atomspēku mikroskopu). Ķīmiskā apstrāde radīja vislielākos virsmas negludumus. Rezultāti parādīja, ka novērojamas arī atšķirības, virsmu apstrādājot ar dažāda sastāva plazmām.</p>
<p>4. Stiklošanas temperatūras ietekme uz luminiscences centriem kvarca stiklā.</p>	<p>Germanija piejaukums kvarc stiklāpalīdz izveidot telekomunikācijāsvarīgus optisko viļņu vadus. Ja stikls nav izgāzta kausēšanas posmā, germanija neiebūvējas struktūrā, ko var noteikt p luminiscences centru neveidošanās p temperatūrām zem stiklošanas temperatūras.</p>
<p>5. Iegūt jaunus benzantronaazaatvasinājumus un luminiscējošus kopolimērus ar vinilkarbazolu un aizvietotiem akrilātiem, raksturot to optiskas īpašības un uz to pamatā izstrādāt jaunus materiālus elektroluminiscentām ierīcēm.</p>	<p>Izpildot uzdevumu “Iegūt jaunus benzantrona un naftalskābes atvasinājumus kā potenciālus organiskus luminoforus, raksturot tos un uz to pamatā izstrādāt jaunus materiālus elektroluminiscentām ierīcēm (OLED) un hologrāfiskā pieraksta tehnoloģijām”, DU pētnieki 2012. gadā sintezēja un raksturoja virkni jaunu benzantrona atvasinājumu ar aizvietotām amino, amidino un imino grupām, ka arī</p>

	<p>izpētīja 3-N-alilaminobenzantrona kopolimerizēšanu ar N-vinilkarbazolu. Darba laikā tika iegūtas luminoforu kristāliskas un plānslāņu struktūras un izpētīti tās spektroskopiskie un strukturālie parametri.</p>
<p>6. Izmantojot <i>abinitio</i> kvantu ķīmijas metodes veikt projekta ietvaros eksperimentāli pētīto organisko savienojumu modelēšanu, kā arī aprēķināt to jonizācijas potenciālu un elektronu afinitāti vakuumā, šķīdumos un kondensētā stāvoklī.</p>	<p>Veikta <i>abinitio</i> kvantu ķīmiskā modelēšana un aprēķināti jonizācijas potenciāli un elektronu afinitāte vakuumā, acetonitrilā un amorfā kondensētā stāvoklī 17 dažādiem 4'-aizvietotiem 2-benzil-1,3-indandiona atvasinājumiem.</p>
<p>7. Iegūt projektam aktuālo organisko savienojumu plāno kārtiņu struktūras un novērtēt to enerģētiskos līmeņus.</p>	<p>Izmantojot Kelvina zondes metodi novērtēts plāno kārtiņu struktūru elektronu izejas darbs (Fermī līmenis) 12 dažādiem 4'-aizvietotiem 2-benzil-1,3-indandiona atvasinājumiem.</p>
<p>8. Pētīt šī projekta ietvaros sintezēto luminiscējošo organisko vielu plāno kārtiņu optiskās, elektriskās un elektroluminiscences īpašības.</p>	<p>Izpētītas vielu ZWK-1TB, JWK-1TB, DWK-1TB un KWK-1TB plāno kārtiņu optiskās (absorbīcija, luminiscence un pastiprinātā spontānā emisija), elektriskās (voltampēru raksturlielne, lādiņnesēju lamatu līmeņu un fotovadāmības sliekšņa vērtība) un elektroluminiscences īpašības.</p>
<p>9. Izstrādāt metodiku elektronu un caurumu kustīgumu noteikšanai organiskajās vielās.</p>	<p>Izstrādāta metodika elektronu un caurumu kustīgumu noteikšanai organiskajās vielās ar lādiņnesēju ekstrahēšanu ar lineāri izvērstu spriegumu metodi.</p>
<p>10. Izpētīt Latvijā radīto elektrooptiski aktīvo mazmolekulāro organisko stiklu lineārās un nelineāri optiskās īpašības (NLO), to stabilitāti, kā arī optimizēt hromoforu orientēšanas procesu tajos.</p>	<p>Izpētītas no 13 oriģināliem savienojumiem veidotu mazmolekulāro organisko stiklu lineārās un nelineāri optiskās īpašības, veikta hromoforu orientēšanas optimizācija tajos.</p>
<p>11. Izstrādāt jauna oriģināla bihromofora 1,3-bis[4-(1,3-dioksoidan-2-iliden)-metil]fenil-1,3-dimetilurīnvielas sintēzes metodi, realizēt sintēzi un pētījumus.</p>	<p>Bihromofori ar fiksētu un nefiksētu hromoforu telpisko izvietojumu var kalpot kābāze, lai izveidotu polimēros elektrooptiskos materiālus ar lēnāku īpašību pasliktināšanos laikā nekā hromoforu veidoto materiālu gadījumā. Sintezēts jauns bihromofors, kura struktūra pierādīta, izmantojot KMR, FTIR un MS metodes. Ar UV-Vis</p>



	metodi notektibihromoforaspektroskopiskie raksturojumi. Hromoforu raksturo plata absorbcijas josla 330-450 nm diapazona. Savienojumam nav fluorofora īpašību.
12. Izstrādāt glicerīna ēterus saturošu metālu ftalocianīnu sintēzes metodes. Realizētsvinaftalocianīnusintēzi un pētījumus.	Sintezēti vara, niķeļa, cinka, svina, kā arī bezmetālaftalocianīni, kas molekulā satur 4 glicerīna ētera paliekas. Tā kā svina ftalocianīnu tiešā ciklizācijas ceļā neizdevās iegūt, tas sintezēts no attiecīgā bezmetālaftalocianīna. Pētītas ftalocianīnu īpašības.
13. Sintezēt N-mono un N,N-bis (5,5,5-trifenilpentil) aizvietotus benzamīna atvasinājumus un izmantot tos gan fotorefraktīvopiranilidenazo atvasinājumu iegūšanai ar mērķi pētīt šo savienojumu plāno kārtiņu fotorefraktīvās-virsmas reljefu veidojošās īpašības, gan arī luminoforo savienojumu iegūšanai ar mērķi pētīt to optiskās, elektriskās un elektroluminiscences īpašības gaismas emitējošām ierīcēm laboratorijā.	Vispirms tika izstrādātas metodikas galveno izejvielu 5,5,5-trifenilpentiljodīda un tālāk attiecīgā benzaldehīda (1 vai 2) un arī azogrupu saturoša aldehīda (3) iegūšanai atbilstoši sekojošai shēmai: Iegūto aldehīdu kondensācijas reakcijās ar aktīvo metilēngrupu (malonnitrils, indān-1,3-dions un barbiturskābes atvasinājumi) saturošiem savienojumiem vai kondensēties spējīgām metilgrupām (pirona un izohorona atvasinājumi) sintezēti fotoaktīviemērķsavienojumi. Piemēram, dažu savienojumu struktūras: Raksturotas sintezēto savienojumu optiskās, elektriskās un elektroluminiscences īpašības.
14. 2012.gadā sintezētu diazenilfragmentus saturošu molekulāro stiklu kārtiņu optisko un hologrāfisko īpašību eksperimentāla noskaidrošana atkarībā no gaismas viļņa garuma un polarizācijas. Hologrāfiskorežģutumsasrelaksācijastālākiepētījumi.	Veikta diazenilfragmentus saturošu K-RJ sērijas molekulāro stiklu kārtiņu hologrāfisko un optisko īpašību izpēte saskaņā ar uzdevumu. Ar 532 nm lāzeru sasniegta maksimālā pašdifrakcijas efektivitāte 20% caurlaidības režīmā, bet 2.60%-atstarošanas režīmā. 633 nm viļņa garuma gadījumā attiecīgās efektivitātes bija 6.4% un 3.0%. Konstatēta izteiktahologrāfiskā ieraksta atkarība no gaismas polarizācijas, un ir izpētīta ieraksta anizotropijas atkarība no laika. Hologrāfisko režģu relaksācijas pētījumi uzrādīja to saglabāšanos un par pastiprināšanos, ja režģa periods pārsniedz 2 μm. Pie mazāka perioda

	režģi dziest.
15. Gaismas intensitātes un režģa perioda variāciju ietekmes eksperimentāla izpēte uz labāko paraugu hologrāfiskajiem parametriem.	Hologrāfiskie mērījumi neuzrādīja būtisku ieraksta efektivitātes atkarību no gaismas intensitātes. Toties izteikta ir tās atkarība no režģa perioda. Ja režģa periods ir no 2 līdz 9 $\mu\text{m}$ , tad difrakcijas efektivitāte ir robežās no 5 līdz 24%. Pie maziem periodiem (ap 0.5 $\mu\text{m}$ ) tā ir daudz mazāka (difrakcijas efektivitāte ne lielāka par 0.3%). Tas varētu liecināt par molekulāru klasteru izveidi ar izmēriem, kas salīdzināmi ar režģa periodu.
16. Masas fotoinducētās pārbīdes procesa izpēte amorfās As-S-Se kārtiņās un As-Se sistēmas kārtiņās.	Izpētīta ierakstošās gaismas polarizācijas ietekme. Izpētīta fotoinducētā masas pārbīde As-Se kārtiņās.
17. Amorfo halkogenīdu kārtiņu biezuma ietekme uz virsmas reljefa veidošanās procesu.	Izpētīta kārtiņu biezuma ietekme uz virsmas reljefa veidošanās procesu un parādīts, ka tas notiek tilpumā.
18. Veikt detalizētus koherento signālu procesu mērījumus un to teorētisko modelēšanu rubīdija tvaikos ar precīzu magnētiskā lauka kontroli plašā diapazonā.	Ierosinot rubīdija tvaikus pie $D_2$ līnijas tika veikti detalizēti koherento signālu procesu mērījumi un to teorētiskā modelēšana ar precīzu magnētiskā lauka kontroli plašā diapazonā. $D_2$ līnijasastāv no vairākiem apakšlīmeņiem, kas krustojas pie konkrētām magnētiskā lauka vērtībām, kas izveido rezonanses LIF signālā atkarībā no magnētiskā lauka. Kā redzams attēlā (1. Attēls), mainot lāzera starojuma frekvenci, iespējams mainīt rezonances kontrastu, kas ir saistīts ar atoma leņķiskā momenta sadalījuma izmaiņām (2. Attēls), kas demonstrē teorijas paredzētās koherences izmaiņas magnētiskā lauka ietekmes dēļ. Īpašos apstākļos iespējams pārveidot lineāri polarizētu ierosinošo gaismu par cirkulāri polarizētu fluorescenci (3. Attēls). Projektā iegūtos rezultātus var izmantot, izstrādājot metodi, kas ļaus uzlabot signālu kontrastu līmeņu krustošanās spektroskopijā, kas tiek plaši izmantota precīzos mērījumos.
19. Izpētīt vara jonu lokālo elektronisko, atomāro un svārstību struktūru cietvielu plāno kārtiņu elektrolītos jonu tipa atmiņas pielietošanai.	Tika izpētīta vara jonu lokālā elektroniskā, atomārā un svārstību struktūra $\text{Cu-WO}_3$ cietvielu plāno kārtiņu elektrolītos jonu tipa atmiņas pielietošanai. Tika parādīts, ka sagatavotās $\text{WO}_3/\text{Cu}/\text{WO}_3/\text{Si}$ un $\text{WO}_3/\text{Cu}/\text{Si}$ daudzslāņu struktūras saturnano-

	<p>metāliskovaru, kas tiek oksidēts, karsējot pie apm. 135°C; tajā pašā laikā cieto elektrolītu <math>\text{WO}_3</math> slānis būtiski nemainās; vara joni (<math>\text{Cu}^+</math>) ar nelielu jonu izmērus spēj difundēt cauri daudzslāņu struktūrai un tādējādi piedalīties vadošo kanālu veidošanā cietā elektrolīta slānī. Papildus tika izstrādāts no pirmajiem principiem teorētiskais modelis, lai izskaidrotu lokālās struktūras deformāciju <math>\text{CuWO}_4</math> volframātā un līdzīgos savienojumos (<math>\text{NiWO}_4</math>, <math>\text{CoWO}_4</math>, <math>\text{MnWO}_4</math>), kuri tika izmantoti par modeļobjektu.</p>
<p>20. Komplekso oksīdu (<math>\text{YAl}_5\text{O}_{12}</math>, <math>\text{SrAl}_2\text{O}_4</math>) spektrāli – kinētisko īpašību izpēte atkarībā no aktivatora koncentrācijas un sintēzes metodes.</p>	<p>Ar sol-gel metodi sintezēti ar RE joniem dopēti YAG un stroncija alumīnātu savienojumu nanopulveri un keramikas. Pētītas šo materiālu spektrāli-kinētiskas raksturīpašības. Rezultāti apkopoti divās publikācijās un aizstāvēts viens bakalaura darbs.</p>
<p>21. Sintezēt litija – titāna difosfātus ar kopējo formulu <math>\text{LiTi}(\text{Al}, \text{Y})\text{P}_2\text{O}_7</math>, kur savienojumā <math>\text{TiP}_2\text{O}_7</math> titāns daļēji aizvietots ar litija un trīs vērtīgiem metāliem – alumīniju, itriju. Veikt iegūto paraugu analīzi un noteikt to struktūru, režģa parametrus, raksturīgās temperatūras un keramisko paraugu elektrovadītspēju.</p>	<p>Izdevās sintezēt tīrus <math>\text{Li}_{4x}\text{Ti}_{1-x}(\text{P}_2\text{O}_7)</math> (<math>x = 0.06, 0.1, 0.2</math>) savienojumu pulverus, izmantojot cietfāžu augsttemperatūras (<math>1000-1100^\circ \text{C}</math>) sintēzes metodi. Rentgenfāžu analīze pierāda, ka pētāmie savienojumi ir ar kubisku simetriju (telpiskā grupa <math>\text{Pa}\bar{3}</math>) ar 108 formulas vienībām šūnā. Veiktie mērījumi (<math>400 - 700</math>) K temperatūru intervālā parādīja, ka elektrovadītspēja <math>\text{Li}_{4x}\text{Ti}_{1-x}(\text{P}_2\text{O}_7)</math> (<math>x = 0.06, 0.1, 0.2</math>) keramikas paraugiem palielinās, pieaugot <math>x</math> faktoram savienojumos. Sintezēti arī savienojumi ar vispārīgo formulu <math>\text{Li}_{1.3}\text{Al}_{0.3-y}\text{Y}_y\text{Ti}_{1.7}(\text{P}_2\text{O}_7)_{2.25}</math> (<math>y = 0.15, 0.1, 0.2</math>), noteikta to struktūra un noteikta elektrovadītspēja frekvenču intervālā (<math>10^{-3}-10^9</math>) Hz.</p>
<p>22. Turpināt darbu pie nanostrukturētu pārejas metālu oksīdu pārklājumu sintēzes (galvenokārt, <math>\text{TiO}_2</math> nanocaurulītes), izmantojot elektroķīmiskās metodes, mainot anodēšanas nosacījumus. Noteikt iegūto materiālu struktūru, sastāvu un foto-fizikālās īpašības.</p>	<p>Ir uz sintezēti dažādi <math>\text{TiO}_2</math> nanocaurulīšu pārklājumi, izmantojot elektroķīmiskas anodēšanas un sol-gel metodes, kā pamatni izmantojot Ti, ITO un Cu plāksnītes. Iegūtas orientētu titāna(IV) oksīda anatāza fāzes kārtiņas un veikti fotoaktivitātes mērījumi UV un VIS diapazonā. Ir pierādīts, ka 1 h laikā var izaudzēt 350 nm garas caurulītes, kuras atkvēlinātas 500 Celsija grādu</p>

	temperturā galvenokārt uzrāda anatāza struktūru. Iegūtāscaurulītes ir fotokatalītiski aktīvas galvenokārt UV apgabalā.
23. Izpētīt aktivētu oksifluorīdu stikla keramiku īpašības pielietojumiem scintilatoros un luminoforos.	Noteikts, ka ar Tb aktivētas oksifluorīdu stikla keramikas SALL:Tb rentgenluminiscences intensitāte sastāda apmēram desmito daļu plaši pielietotā scintilatora CsI:Tl rentgenluminiscences intensitātes. Ar Eu aktivētās stiklu keramikas SALL:Eu intensitāte ir apmēram 20 reizes vājāka. Tās varētu nodarēt scintilatoru un luminoforu pielietojumos, kur netiek prasīta maksimāla luminiscences intensitāte, bet priekšrocības dod vienkāršākā stikla keramikas izgatavošanas tehnoloģija, salīdzinot ar monokristālu audzēšanu.
24. Izpētīt UV un IR starojumu enerģijas relaksāciju ar retzemju joniem aktivētos kompleksos halogenīdos.	Izpētīta UV starojuma enerģijas relaksācija ar Nd un Er aktivētā NaLaF <sub>4</sub> ; konstatēta enerģijas migrācija starp Nd un Er joniem, kas nosaka NaLaF <sub>4</sub> fotoluminiscences spektrālo sastāvu. Konstatēta „augšpārveidotās” luminiscences spektrāli-kinētisko īpašību līdzība kubiskā un heksagonālā NaYF <sub>4</sub> struktūrā ar ievērojamu starojuma efektivitāti heksagonālajā NaYF <sub>4</sub> .
25. Ķīmiski modificētu un nemodificētu stikla šķiedras audumu ar metālu Al, Cu un Ni un to oksīdu pārklājumiem elektrisko un elektroķīmisko īpašību izpēte un pielietojuma izvērtēšana, tai skaitā: apgūt stikla šķiedras audumu virsmas modificēšanu jonu lielgabala argona plazmā; izveidot ekvivalento shēmu modeļus elektropārneses mehānisma noteikšanai no funkcionalizētu stikla šķiedras audumu impedances spektriem; pētīt mitruma ietekmi uz elektriskajām un elektroķīmiskajām īpašībām stikla šķiedras audumiem ar metālu un to oksīdu pārklājumiem.	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Apgūta stikla šķiedras audumu virsmas modificēšana ar argona jonu plazmas lielgabalu;</li> <li>2. Izveidota ekvivalento shēmu modeļi elektropārneses mehānisma notiekšanai no funkcionalizētu stikla šķiedras audumu impedances spektri;</li> <li>3. Veikti pētījumi par mitruma ietekmi uz elektriskajām un elektroķīmiskajām īpašībām stikla šķiedras audumiem ar metālu un to oksīdu pārklājumiem.</li> </ol>
26. Izpētīt mikromehānisko īpašību izmaiņas ar ātrajiem zelta joniem apstarotā grafītā paaugstināto temperatūru diapazonā līdz 1500 <sup>o</sup> C.	Veikts pētījums par polikristāliskā grafīta R6650 radiācijas izturību un tā mikromehānisko īpašību izmaiņām, apstarojot augstā temperatūrā (445-1500 <sup>o</sup> C) ar 8,6 MeV/u <sup>197</sup> Au joniem. Pētījuma mērķis bija noskaidrot grafītapielietojamību jaunās paaudzes jonu pātrinātāju ierīcēs, kur tas pakļauts apstarošanai ar GeV enerģijas smagajiem joniem (Au, U) kā arī augstas

	<p>temperatūras, termisko un mehānisko spriegumu iedarbībai. Šajā pētījumā ārzemju sadarbības partneri (GSI, Darmštate, Vācija u.c.) veica ierīcēs sagaidāmo termisko režīmu aprēķinus, termiskās vadītspējas novērtējumus un paraugu apstarošanu, bet mūsu pētījumi bija vērsti uz apstarotā materiāla mikromehānisko īpašību izpēti. Pētījumi parādīja, ka apstarošana paaugstinātā temperatūrā labvēlīgi iespaido grafīta radiācijas izturību. Apstarošanas temperatūrās virs 1000 °C tika novērota degradācijas procesu radikāla samazināšanāsdifūzijas procesu intensificēšanās un radiācijas defektu anihilācijas rezultātā. Pat pie augstām apstarošanas dozām (fluence 10<sup>14</sup> joni/cm<sup>2</sup>) novērotās apstarotā grafīta nanocietības un Junga moduļa vērtības tuvojās neapstarotam grafītam raksturīgajām, paverot iespēju termisko spriegumu un jonu kūļa trieciena radīto mehānisko spriegumu relaksācijai un sagraušanas procesu novēršanai. Tas izskaidrots ar augstās temperatūrās. Par iegūtajiem rezultātiem publicēts 1 raksts starptautiski citējamā žurnālā un sniegts viens zinātniskais ziņojums.</p>
<p>27. Noteikt izgatavošanas tehnoloģijas ietekmi uz Na<sub>1/2</sub>Bi<sub>1/2</sub>TiO<sub>3</sub> cieto šķīdumu mikrostrukūru un dielektriskajām īpašībām.</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Izgatavoti Na<sub>1/2</sub>Bi<sub>1/2</sub>TiO<sub>3</sub>-SrTiO<sub>3</sub>-PbTiO<sub>3</sub> sastāvi ar standarta keramisko metodi un karstās presēšanas metodi pie dažādiem režīmiem, kā arī izmantojot tādus modifikatorus kā Li, K un Ag;</li> <li>▪ Materiālu struktūru būtiski uzlabo lielāka Pb koncentrācija;</li> <li>▪ Atedzināšanas temperatūras palielināšana, tāpat kā karstā presēšana ar sekojošu atdedzināšanu skābekļa atmosfērā sašaurina segnetoelektriskās-relaksora fāzu pārejas apgabalu;</li> <li>▪ Neliela Bi virsstehiometrija (līdz 2%) būtiski samazina elektrovadītspēju, savukārt lielāka koncentrācija destabilizē segnetoelektrisko stāvokli;</li> <li>▪ Izmantojot kā modifikatoru Li, iespējams nobīdīt segnetoelektrisko-relaksora fāzu pāreju uz augstāku temperatūru pusi, bet izmantojot Ag – uz zemāku temperatūru pusi, pie tam nesamazinoties paliekošai polarizācijai;</li> </ul>

	<p>K ietekme uz fāzu pārejas temperatūru ir ļoti vāja un tas nedaudz samazina paliekošo polarizāciju.</p>
<p>28. Cinka molibdāta nanodaļiņu sintēzes metodes izstrāde, optimizācija un fotokatalītisko īpašību noteikšana.</p>	<p>Iegūti cinka molibdāta nanopulveri ar īpatnējo virsmu 7,3-13,9 m<sup>2</sup>/g un kristālītu izmēriem 30-45 nm, noteikta to fotokatalītiskā aktivitāte metilēnzilā sadalīšanā. Neskatoties uz daļiņu nelielajiem izmēriem, cinka molibdāta fotokatalītiskā aktivitāte ir neliela, 40 min laikā tā klātbūtnē sadalās tikai 8-10% metilēnzilā šķīdumā.</p>
<p>29. Dopantu ievadīšana bismuta volframāta nanodaļiņās, to efektivitātes noteikšana fotokatalītiskos procesos.</p>	<p>Iegūti BiWO<sub>4</sub>/WO<sub>3</sub> nanodaļiņu kompozīti ar kristālītu izmēriem 25-48 nm. BiWO<sub>4</sub> dopēšana ar WO<sub>3</sub> (2-5 masas%) 1,3 reizes palielina nanodaļiņu fotokatalītisko aktivitāti UV un redzamajā starojumā.</p>
<p>30. Savienojumu veidošanās sistēmā ZnO-SnO<sub>2</sub> atkarībā no sintēzes paņēmiena (degšanas metode, kausēto sāļu metode) un to lietojums elektronikā un liesmas slāpēšanā.</p>	<p>Izstrādāta un salīdzināta ZnO-Sn nanopulveru sintēze ar degšanas un kausēto sāļu metodēm un noteikta to fotokatalītiskā aktivitāte. Izmantojot dažādus degšanas aģentus, noskaidrots, ka maksimālo Zn<sub>2</sub>SnO<sub>4</sub> iznākumu (80%) un minimālos kristālītu izmērus (55-60 nm), īpatnējo virsmu līdz 21,3 m<sup>2</sup>/g nodrošina etilēnglikola izmantošana sintēzes procesā. Ar kausēto sāļu metodi iegūti nanodaļiņu kompozīti SnO-ZnO-Zn<sub>2</sub>SnO<sub>4</sub> ar īpatnējo virsmu 19,2 m<sup>2</sup>/g. Iegūto nanodaļiņu fotokatalītiskā aktivitāte UV starojumā palielinās līdz ar daļiņu īpatnējo virsmu un ir atkarīga no vides pH, iegūšanas metodes un fāzu attiecības. Aktīvākās nanodaļiņas UV starojumā sadala metilēnzilā šķīdumu 15-30 min, kas liecina par to perspektivitāti ūdeņraža iegūšanā ūdens pirolīzes procesā. SnO<sub>2</sub>-ZnO sistēmas nanodaļiņas ir teicami, videi nekaitīgi liesmas slāpētāji organisko savienojumu, dabīgo materiālu matricās. Kopā ar Zviedrijas (IVFAB), Beļģijas (Foam Flex BVAV), Itālijas (IRIS), Anglijas (ITRIS LTD) institūcijām sagatavots projekta pieteikums NMP 2012.2.2.2.-5 programmā „Halogēnus nesaturoši liesmas slāpētāji”.</p>
<p>31. Veikt elektroniskās, un atomārās un nanometriskās struktūras aprēķinus oksīdu kristālos ar mākslīgiem defektiem optiskiem un fotooptiskiem pielietojumiem.</p>	<p>Pētījumi par oksīdu atomārās un elektroniskās struktūras īpatnībām fotooptiskos pielietojumos veikti izmantojot kvantu mehāniskos modeļus (i) elektromagnētiskā starojuma mijiedarbībai ar elektronu</p>

	<p>gāzi un (ii) elektronu mijiedarbībai ar fononiem kristāliskā režģī.</p> <p>Parādīts, ka abu fundamentālo mijiedarbību apvienojums irkonceptuāli izšķirīgs faktors neklasisku efektu aprakstam dielektriķos un pusvadītājos.</p> <p>Tehniskais rezultāts ir sistemātisks uz pirmiem principiem balstīts aprēķins ar sekojošām pamatīpašībām:</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1) Aprēķinā ietilpst visas galvenās kvantu sistēmas komponentes transformētas formā, kas ļaujizprast un viennozīmīgi izskaidrot mikroskopiskos mehānismus elektromagnētiskajam starojumam mijiedarbojoties ar oksīdu kristāliem.</li> <li>2) Fizikālo lielumu aprēķins savietojams arHartri-Foka metodi.</li> </ol> <p>Rezultāts ir piemērots konceptuāliem un tehniskiem papildinājumiem.</p>
<p>32. (Ba,Sr)(Co,Fe)(O<sub>3</sub>) struktūras stabilitātes aprēķini kurināmo elementu pielietojumiem.</p>	<p>Veikti Ba<sub>x</sub>Sr<sub>1-x</sub>Co<sub>y</sub>Fe<sub>1-y</sub>O<sub>3-δ</sub> (BSCF) perovskītu struktūras aprēķini,izmantojot uz pirmiem principiem balstītu blīvuma funkcionāļa teoriju.</p> <p>Aprēķinu rezultātā viennozīmīgi izskaidrotaBSCF kristāliskā režģa tieksme zemās temperatūrās sadalīties kubiskās un heksagonālāsperovskīta un/vai oksīdu fāzēs , kuru stabilitāti raksturo fāžu sadalīšanās enerģija un skābekļa vakanču veidošanās enerģija.</p> <p>Kristāliskā režģa nestabilitāte ir ierobežojošs faktors BSCFpotenciāliem pielietojumiem ar skābekļa jonu pārnesei saistītās ķīmiskās reakcijās tostarp cietās kurināmā šūnās un skābekli atdalošās keramiskās membrānās.</p> <p>Izstrādāta vispārēja metodoloģija režģa stabilitātes aprēķiniem citiem enerģijas pārveidošanai paredzētajiem materiāliem.</p>
<p>33. Izpētīt matricās sakārtotu antimona sulfīda nanovadu fotovadāmību.</p>	<p>Izpētītas porainā alumīnija oksīda matricās sintezētu sulfīda antimona nanovadu fotovadāmības kinētikas,</p>

	fotovadāmības atkarībā no starojuma viļņa garuma un intensitātes. Parādīta matricas ietekme uz Sb <sub>2</sub> S <sub>3</sub> nanovalu fotovadāmību.
34. Veikt fotostrāvas kvantu efektivitātes spektrālo atkarību pētījumus kompozītos, kas satur neplanāros ftalocianīnus, lai novērtētu to izmantošanas iespējas infrasarkanajā spektra daļā.	Veikta kompozīta, kas satur neplanārohidroksigallijaftalocianīnu (GaOHPc) un poliheksiltiofēnu (P3HT), kā elektronu donorus un šķīstošo fullerēna C <sub>60</sub> atvasinājumu kā elektronu akceptorus īsslēguma fotostrāvas kvantu efektivitātes (EQE) spektrālo atkarību mērījumi 370-1000 nm spektra rajonā. GaOHPc ievadīšana kompozītā paplašināja fotošūnas jutības spektru līdz pat 850-870 nm. Taču GaOHPc absorbcijas joslā īsslēguma fotostrāvas vērtības vēl ir 2-3 reizes zemākas nekā P3HT absorbcijas joslā. Lai palielinātu šūnas EQE vērtības infrasarkanajā spektra daļā, būtu vēlams GaOHPc aizvietot ar svina ftalocianīnu(PbPc).Tāpēc nākamo pētījumu etapu būtu jāvēlī polikristāliskuPbPc slānīšu iegūšanai triklīnajāsingonijā.
<b>Rezultatīvie rādītāji</b>	

### Rezultatīvie rādītāji

Rezultatīvais rādītājs		Publicēts/ sasniegts/ aizstāvēts	pieņemts	iesniegts	sagatavots iesniegšanai
Zinātniskās publikācijas	Monogrāfijas				
	Nodaļas monogrāfijās				
	Publikācijas, kas atrodamas SCI, SCOPUS vai Web of Science datubāžu izdevumos	21		8	1
	Citi zinātniskie izdevumi	8			
	Populārzinātniskie raksti				
Konferenču tēzes		70			
Bakalauru darbi		2			



Maģistru darbi	3			
Promocijas darbi				
Patenti	1			
Izstādes				
Nolasītas lekcijas/referāti starptautiskos kongresos / konferencēs				
Tehnoloģiju, metožu, pilotiekārtu vai pakalpojumu skaits, kas aprobētas uzņēmumos	1			
Citi sasniegtie rādītāji	1			

**2. Projekta** *Inovātīvas signālapstrādes tehnoloģijas viedu un efektīvu elektronisko sistēmu radīšanai* **mērķis** ir oriģinālu signālapstrādes tehnoloģiju izstrāde un izpēte, kuras orientētas uz praktiskiem pielietojumiem aktuālu tautsaimniecisku problēmu risināšanai un dod iespēju konkurētspējīgu zinātņu ietilpīgu produktu ražošanai.

**Projekta īstenošanā iesaistītās zinātniskās institūcijas**

1. Rīgas Tehniskā universitāte (RTU)
2. Latvijas Universitātes Ķīmijas fakultāte (LU ĶF)
3. Latvijas Universitātes Polimēru mehānikas institūts (LU PMI)

**Projekta 3.posma īstenošanai piešķirtais finansējums (latos)**

157740 Ls

Plānotais 2010-2013. Ls	Apgūts 2010 Ls	Apgūts 2011 Ls	Apgūts 2012 Ls	Apgūts 2013 Ls
	152186 Ls	130119 Ls	157740 Ls	

**Projekta 3.posma darba uzdevumā izvirzītie uzdevumi**

Darba uzdevumi	Galvenie rezultāti
1. Laika notikumu mērīšanas sistēmas prototipu izveide, lai demonstrētu iespējas nodrošināt pikosekunžu precizitāti dažādos pielietojumos (satelītlāzerlokācijā, fluorescences raksturojošo laiku mērījumu spektroskopija, <i>time-of-flight</i> masas spektroskopija u.c.).	Izveidoti laika notikumu mērīšanas sistēmas prototipi 1) laika notikumu mērīšanas sistēma satelītu lazerlokācijai, 2) laika notikumu mērīšanas sistēma ar paaugstinātu veiktspēju, 3) dalītā tīkla laika notikumu mērīšanas sistēma. Laika notikumu mērīšanas sistēmas precizitātes paaugstināšanai attīstītas korekcijas funkcijas noteikšanas metode ar optimizētu linearitāti, atvasināta signāla laika noteikšana ar spektrālu koeficientu palīdzību. Laika notikumu mērīšanas sistēmas kvalificējošu parametru noteikšanai veikta 1) mērīšanas precizitātes novērtēšana, 2) intervālu nelinearitātes novērtēšana, 3) interpolācijas nelinearitātes novērtēšana, 4) parametru temperatūras deviācijas novērtēšana.
2. Superlatjoslas tuvdarbības impulsu radara vairākantenu prototipa izstrāde un tā iegūto signālu efektīvas apstrādes	Izveidots tuvdarbības impulsa radara prototips, kā arī izstrādāts programmnodrošinājums radara signālu

<p>optimizācija.</p>	<p>apstrādei un vizualizācijai. Izstrādāti 2D un 3D lokācijas modeļi izmantojot dažādas antenu izvietošanas konfigurācijas. Veikti 2D un 3D lokācijas testi.</p>
<p>3. Viedo transporta sensoru tīklu, tai skaitā, auto mezglpunktu un satiksmē iesaistīto objektu ārpus auto, izstrāde, iekļaujot iegultu sistēmu pielietošanu un energoefektīvas programmatūras izveidi.</p>	<p>Izstrādāts unificēts 802.11p <i>transportlīdzeklis-ceļa infrastruktūra</i> mezglu prototips, uz kura bāzes tiek veidots eksperimentāls 802.11p standarta datu pārraides tīkls. Izstrādāts eksperimentāls viedā transporta sensoru tīkla auto mezglpunkta prototips. Kooperatīvās un adaptīvās kruīzkontroles attīstīšanai, izveidots viedā auto stereoredzes prototipa izveide. Radīts viedā transporta sensoru tīkla infrastruktūras objekts - viedā ceļa stabiņa projekts un atsevišķu mezglu maketi.</p>
<p>4. Biomedicīnas signālu registrācijas iekārtu prototipu izstrāde, iesaistot sensoru tīkla tehnoloģijas un attīstīto signālapstrādes algoritmu adaptāciju konkrētiem pielietojumiem.</p>	<p>Kompleksās salāgotās filtrācijas algoritms adaptēts un implementēts plaukstas attēlu izmantojošas biometriskās iekārtas prototipa izveidē. Iekārta nākamajā posmā tiks aprobēta Rīgas domes ITC. Izveidots sensoru tīkls muguras formas atpazīšanai un skoliozes ārstēšanai, kuru nākamā posmā paredzēts aprobēt rehabilitācijas centrā.</p>
<p>5. Uz rotācijas leņķiem balstītas (ar vispārināto OFDM) datu pārraides iekārtas prototipa izveide. Jaunu pārveidojumu, tiem atbilstošu algoritmu/moduļu izstrāde un to pielietojamības izpēte signālapstrādē (radaros, attēlu apstrādē, u.c., t.sk. materiālzinātnē).</p>	<p>Vispārinātā OFDM jomā ir izstrādāts un notestēts bloku sinhronizācijas algoritms, kā arī izveidots eksperimentāls, uz CORDIC balstīts, Jakobi rotatora FPGA modulis. Ir veikta vispārinātās Jakobi matricas faktorizācija, kas ļauj izpildīt vispārināto rotāciju, izmantojot 5 reālu vērtību rotācijas. Radaru pielietojuma jomā ir izstrādāti uz minimālo kvadrātu metodes balstīti Doplera radara signālu ciparapstrādes algoritmi, kas implementēti FPGA modulī.</p>
<p>6. Radioviļņu daudzceļu izplatīšanās modeļu uzlabošana izplatīšanās apstākļos ar gariem koridoriem un dzelzbetona griestu pārsegumiem</p>	<p>Izpētītas metodes radioviļņu izplatīšanās modeļu parametru noteikšanai, ievērojot ātrā fedinga apstākļus. Izpētīts Doplera nobīdes frekvences iespaids uz radioviļņu izplatīšanās modeļu parametriem.</p>
<p>7. Starpautomobiļu komunikācijas sistēmas struktūras un eksperimentālā modeļa izstrāde datu pārraides ātrumu starp kustīgā objekta iekārtām un bāzes stacijām novērtēšanai, kā arī mobilo objektu vietas noteikšanas ar satelītu</p>	<p>Izstrādāts transporta līdzekļa pārvietošanās modelis un modelis, kas ļauj novērtēt datu pārraides ātrumu starp kustīgā objekta iekārtām un bāzes stacijām, ievērojot transporta līdzekļu skaitu bāzes stacijas darbības zonā un ņemot vērā iepriekšējā</p>

<p>sistēmu precizitātes pētījumi, izmantojot reāllaika kinemātikas datu apstrādi, komplekso datu apstrādi un vairāku frekvenču uztvērēju.</p>	<p>etapa rezultātus. Modelējot noteikts reālo datu pārraides ātrums starp kustīgo objektu un bāzes staciju, ievērojot transporta līdzekļa pārvietošanās ātrumu un zudumus, kas rodas bāzes stacijām pārslēdzoties. Saistībā ar satelītu vairāku frekvenču uztvērēja reāllaika datu apstrādi veikti precizitātes pētījumi mobilo objektu vietas noteikšanai ar satelītu sistēmu, izmantojot reāllaika kinemātikas datu apstrādi, komplekso datu apstrādi un vairāku frekvenču uztvērēju.</p>
<p>8. Efektivitātes paaugstināšana daudzu ceļu datplūsmu sadarbības scenārijiem mobilos bezvadu ad-hoc tīklos (MANET) izmantojot OSI starp-līmeņu saites un viedo (cognitive) radio tīklu tehnoloģijas.</p>	<p>Pētītas metodes m-pakalpojumu radītu datplūsmu efektīvākai pārraidei, veicot to sadalīšanu vairākās apakšplūsmās pārraidīšanai MANET tīklos pa vairākiem ceļiem, izmantojot virziendarbības antenas traucējumu mazināšanai. Izstrādāts Matlab/Simulink modelis viedā radio virziendarbības realizācijai, kurā, izmantojot MAC līmeņa informāciju par paketes adresātu, var mainīt antenas vērsumu un izstaroto jaudu tā virzienā. Izveidots eksperimentāla bezvadu ad-hoc tīkla (testbed) monitoringa rīks, izmantojot SNMP protokolu un programmu Mango.</p>
<p><b>Rezultatīvie rādītāji</b></p>	

### Rezultatīvie rādītāji

Rezultatīvais rādītājs		Publicēts/ sasniegts/ aizstāvēts	pieņemts	iesniegts	sagatavots iesniegšanai
Zinātniskās publikācijas	Monogrāfijas				
	Nodaļas monogrāfijās				
	Publikācijas, kas atrodamas SCI, SCOPUS vai Web of Science datubāžu izdevumos	25			
	Citi zinātniskie izdevumi	8			
	Populārzinātniskie raksti				
Konferenču tēzes		5			
Bakalauru darbi		10			

Maģistru darbi	7			
Promocijas darbi	4			
Patenti	1			
Izstādes	1			
Nolasītas lekcijas/referāti starptautiskos kongresos / konferencēs	7			
Tehnoloģiju, metožu, pilotiekārtu vai pakalpojumu skaits, kas aprobētas uzņēmumos	13			
Citi sasniegtie rādītāji				

**3. Projekta** *Nanostrukturēti modifikatorus saturoši pašarmēti polimēru kompozīti un to atbilstošo tehnoloģiju izstrāde pielietojumiem inteligētajos materiālos un ierīcēs* **mērķis** ir izstrādātpašarmētus, daudzfunkcionālu polimēru kompozītus ar inovatīviem nanostrukturētiem modifikatoriem un to atbilstošās tehnoloģijas funkcionālo inženierkompozītu izgatavošanai, superelastīgiem elektronikas un fotonikas elementiem, termonosēdmateriāliem, izstrādājumiem ar antistatiskām īpašībām.

**Projekta īstenošanā iesaistītās zinātniskās institūcijas**

1. Elektronikas un datorzinātņu institūts (EDI)
2. Rīgas Tehniskā universitāte (RTU)

**Projekta 3.posma īstenošanai piešķirtais finansējums (latos)**

45380 Ls

Plānotais 2010-2013. Ls	Apgūts 2010 Ls	Apgūts 2011 Ls	Apgūts 2012 Ls	Apgūts 2013 Ls
	42000 Ls	75667 Ls	45380 Ls	

**Projekta 3.posma darba uzdevumā izvirzītie uzdevumi**

Darba uzdevumi	Galvenie rezultāti
1. Izstrādāt tehnoloģiju poliolefīnu/šķidro kristālu polimēru/slāņaino silikātu nanokompozītu iegūšanai un iegūt kompozīcijas noteiktā polimēra-pildvielas proporcionālo attiecību diapazonā.	Izstrādāta tehnoloģija poliolefīnu/šķidro kristālu polimēru (ŠKP)/ modificētu slāņaino silikātu (SSil) nanokompozītu iegūšanai no kausējuma. Noteikti nanokompozītu iegūšanas svarīgākie tehnoloģiskie parametri: ingredientu samaisīšanas temperatūru diapazons (190°C-235°C modificējot PE matricu ar ŠKP pirmajā iegūšanas etapā un 160°C modificējot pirmajā etapā iegūto PE/ŠKP kompozītu ar SSil), ekstrūdera gliemežu rotācijas ātrums (150 apgr./min.). Vienlaicīgi konstatēts, ka samaisīšana procesa augstās temperatūras dēļ optimāla ir iegūto nanokompozītu dzesēšana ūdens vidē. Izmantojot izstrādāto tehnoloģiju iegūtas kompozīciju ar mainīgu dažāda veida ŠKP (robežās no 0 – 10 m. %) un dažāda veida SSil saturu (robežās no 0 – 10 m. %). Vienlaicīgi kompozīciju iegūšana pamatota ar atbilstošiem reoloģiskajiem eksperimentiem, kuros konstatēts, ka pētāmajā koncentrāciju diapazonā iespējams pateicoties modifikatoru specifiskajai ko-iedarbībai, būtiski netiek izmainīta kompozīciju pārstrādes

		reoloģija.
2.	Izvērtēt poliolefīnu/šķidro kristālu polimēru/slāņaino silikātu nanokompozītu struktūru un ekspluatācijas īpašības.	Pētīta ŠKP un SSil ietekme uz poliolefīna matricas nanokompozītu struktūru un ekspluatācijas īpašībām (stiprības-deformācijas rādītājiem, trieciena īpašībām, mikromehāniskajiem rādītājiem (mikrocietību), termogravimetriskajām un kalorimetriskajām īpašībām. Konstatēts, ka gan ŠKP, gan abu veidu SSil ievadīšanas rezultātā novērojama kompozīciju elastības moduļa, stiprības un termiskās izturības palielināšanās, it īpaši gadījumos, ja piedevas saturs nepārsniedza 3-5 m. %, kas teorētiski pamatots ar labāku pildvielas disperģējamību polimēra matricā. Novērota arī sinerģiska ŠKP un SSil ietekme uz atsevišķām kompozīta ekspluatācijas īpašībām, t.sk., gan mehāniskajām, gan termiskajām, kas saistīts ar izvēlēto modifikatoru sākotnējo (SSil plāksnītes) vai kausējumā <i>in situ</i> izveidojušos formu, tās orientācijas specifiku polimēra matricā un to ķīmiskajām un fizikālajām īpašībām.
3.	Izstrādāt precizētu datorprogrammu elastības konstanšu noteikšanai nanokompozītiem ar komplānāri un haotiski izvietotām eksfoliētām un interkalētām slāņainām silikāta daļiņām. Teorētiski izanalizēt slāņaino silikāta pakešu interkalācijas pakāpes ietekmi uz nanokompozīta elastības konstantēm. Analīzes rezultātus salīdzināt ar eksperimentālajiem rezultātiem, tādējādi precizējot jaunveidojamo materiālu īpašību prognozēšanas teorētisko modeli.	Izstrādāta datorprogramma elastības īpašību prognozēšanai nanokompozītiem ar komplānāri un haotiski izvietotām pilnīgi eksfoliētām slāņainām silikāta daļiņām. Nanokompozīta struktūras modelī pildvielu nanodaļiņu forma modelēta ar rotācijas elipsoīdu un, izmantojot Mori–Tanaka metodi un <i>Eshelby</i> risinājumu, iegūtas galīgas analītiskas sakarības ceturrtā ranga elastības tenzora komponentu aprēķināšanai izotropiem un monotropiem nanokompozītiem. Tas ļauj precīzāk ņemt vērā tādus eksfoliētopolimērsilikātunanokompozītu struktūras parametrus kā daļiņu anizometriju ( <i>aspectratio</i> ), telpisko orientāciju un koncentrāciju kompozītā. Piedāvātais modelis izmantots montmorillonīta mālus saturoša nanokompozīta elastības īpašību analīzei (materiāla paraugi gatavoti RTU Polimērmateriālu institūtā). Konstatēts, ka, pieaugot koncentrācijai, MMT potenciālais armēšanas efekts krasi samazinās. Tātad ir nepieciešama pildvielas disperģēšanas (eksfoliācijas) tehnoloģijas tālāka pilnveidošana. Lai būtu iespējams teorētiski noteikt slāņainā silikāta daļiņu nepilnīgās eksfoliācijas ietekmi, augšminētā datorprogramma papildināta ar īpašu bloku pildvielas interkalēto slāņaino daļiņu fizikālo un ģeometrisko parametru iepriekšējai noteikšanai. Paredzēts ņemt vērā nanoslāņu skaitu paketē un to savstarpējo attālumu (galerijas biezumu). Transversāli izotropo slāņaino daļiņu neatkarīgās elastības konstantes tiek noteiktas atbilstoši slāņainas vides elastības teorijai. Analīzes rezultāti liecina, ka, samazinoties silikāta pakešu eksfoliācijas pakāpei, ievērojami samazinās

	<p>armēšanas efekts. Piemēram, ievadot vienu un to pašu pildvielas daudzumu, kas vienāds ar 10 svara %, MMT daļiņu nanoslāņu skaita palielināšana no 1 līdz 10 samazina haotiski armēta kompozīta elastīgo stingumu gandrīz divas reizes.</p> <p>Darba rezultāti par eksfoliācijas efektiem tiks apkopoti un sīki izklāstīti zinātniskā rakstā nākamajā gadā.</p>
<p>4. Balstoties uz iepriekšējos etapos izstrādāto tehnoloģiju, izgatavot poliizoprēna/MWCNT kompozītus ar dažāda garuma nanocaurulēm un izpētīt to ķīmiskā sensora īpašības, ar nolūku noskaidrot optimālo MWCNT garumu.</p>	<p>Izgatavoti poliizoprēna/MWCNT kompozīti izmantojot 2 veidu MWCNT: garāsdaudzsienu oglekļa nanocaurulītes (GMWCNT) ar sekojošiem parametriem - ārējais diametrs 40-60 nm, iekšējais diametrs 5-10 nm, garums 0,5-500µm, maksimālā g/dattiecība 12500 (iegādātas no Aldrich); īsās daudzsienu oglekļa nanocaurulītes(IMWCNT) ar parametriem - ārējais diametrs 50-80 nm, iekšējais diametrs 5-15 nm, garums 0,5-2µm, maksimālā g/d attiecība 40, īpatnējā virsma 40m<sup>2</sup>/g, elektrovadītspēja 100S/cm un blīvums 2,1 g/cm<sup>3</sup> (iegādātas no CheapTube).</p> <p>Noteikta kompozītu vadītspēja atkarībā no MWCNT koncentrācijas kompozītā. PiGMWCNT un PiIMWCNT pārbaudīts gaistošo organisko savienojumu (GOS) sensorefekts, kompozītus pakļaujot dažādu GOS iedarbībai.</p> <p>Darba gaitā izgatavots GOS detektēšanas iekārtas prototips, kurā integrēts viens un pēc vajadzības nomaināms polimēra/nanostrukturēta oglekļa kompozīta sensorelements(att.).</p> 
<p>5. Gaistošo organisko savienojumu kontroles iespēju pārbaude pārtikas produktos (piens, alkoholiskie dzērieni), izmantojot iepriekšējā etapā izgatavotos polimēra/nanostrukturēta oglekļa sensoru materiālus ar mērķi ieviest tos pārtikas kvalitātes kontrolē.</p>	<p>Izmērīta PNOK relatīvā elektriskās pretestības izmaiņa, kad PNOK eksponēts GOS, kas atrodas virs piena un alus. Mērījumi veikti tos secīgi atkārtojot, kamēr pārtikas produkts uzglabājas istabas apstākļos, noslēgtā traukā. Novērtotās elektriskās pretestības izmaiņas izskaidrojamas ar to, ka pienarūgšanas laikā veidojas tādi GOS kā pienskābe, etanols un etiķskābe, kas var būt par pamatu novērotajam relatīvās elektriskās pretestības izmaiņas kāpumam. Savukārt, alus rūgšanas procesā izdalās etanols, tādēļ novērojam</p>

	kompozīta relatīvās elektriskās pretestības izmaiņas pieaugumu. Turpmāk ir jāveic precizējoši mērījumi.
<p>6. Turpināt pētījumus par jaunu viedu materiālu (termonosēdmateriālu un magnetoplastu) izveidi ar regulējamu īpašību kompleksu no radiācijas modificētām multifāzu polimēru kompozīcijām, izmantojot termoplastus ar augstu kristāliskuma pakāpi kā bāzes materiālus, bisfenil-□- dimetakrilātu kā radiācijas sensibilizatoru un šķidro kristālu polimērus kā plastificējošās piedevas.</p>	<p>Projekta 3. posmā pētīti poliolefīnu (augsta blīvuma polietilēna ABPE, polipropilēna PP) nanokompozīti (termonosēdmateriāli un magnetoplasti), kas satur armējošo magnētisko nanopildvielu (dzelzs ferītu (<math>\text{Fe}_3\text{O}_4</math>), 0...10 m.%), akrilātu modifikatorus (bifenola-□-dimetakrilātu (BAD) vaitrimetilpropānatriakrilātu (TMPTA), 0,5...3 m.%). Novērtētas iegūto nanokompozīciju stiprības-deformāciju rādītāji stiepē un šļūdē, kā arī struktūras un termiskās īpašības, izmantojot rentgenstaru difraktometriju (RD), DSK, TG un infrasarkano spektrometriju (IS). Sadarbībā ar LU Fizikas institūta pētnieku Dr. M. Maiorovu kompozīcijām ar magnētisko pildvielu noteikti magnētisko īpašību raksturlielumi (magnetizācijas histerēzes līknes). Novērtēta kompozītu elastības moduļa atkarība no fāžu sastāva. Iegūtie rezultāti norāda uz būtisku stiprības (elastības moduļa un tecēšanas robežsprieguma) pieaugumu, palielinoties magnētiskās pildvielas saturam no 2 līdz 10 m.%, tajā pat laikā būtiski pazeminās kompozīciju deformējamība. Noteikts, ka kompozīciju modificēšana ar paaugstinātu BAD akrilātu piedevu (3 m.%) efektīvi uzlabo deformatīvo izturību un norāda uz kompatibilizējošu efektu starp matricu un nanopildvielu, ko nosaka BAD bifenola grupu plastificējošā daba. Veikta arī minēto kompozītu radiācijas iniciētā makromolekulušķērssaistīšana, izmantojot apstarošanu uz elektronu paātrinātāja, kā rezultātā noteikta nanopildvielas strukturējošā ietekme tādām materiāla īpašībām, kas saistītas ar termosēdmateriālu izveidi (palielinās termorelaksācijas spriegumu un paliekošo nosēd spēku vērtības orientētiem (100...200%) paraugiem.</p>
<p>7. Izvērtēt lielas intensitātes impulsu veida magnētiskā lauka ietekmi uz izvēlētu kompozītu stiprības-deformācijas (t.sk., īslaicīgās šļūdes) īpašībām.</p>	<p>Veikta impulsu veida magnēta izveide, lai noteiktu magnētiskā lauka ietekmi uz magnetoplastu (poliolefīnu kompozīciju ar magnētiskām pildvielām) stiprības-deformācijas izmaiņām. Izveidotā impulsu magnēta parametri: tinumu skaits spolē – 209, <math>I = 100\text{A}</math>, spoles iekšējais rādiuss – 0,025 m, <math>H = 4,18 \cdot 10^6 \text{ A/m}</math>, magnētiskā lauka indukcija <math>B = 4 \text{ T}</math>. Iegūtie rezultāti uzrāda, ka pētītajām ABPE kompozīcijām ar ferīta <math>\text{Fe}_3\text{O}_4</math> 2...10 m.% piedevu pēc izturēšanas impulsu magnētiskā laukā (līdz 5 minūtēm) būtisku samazinās deformatīvās īpašības, ja tās ir modificētas ar 3 m.% BAD piedevu. Turpmākā darba virziens saistīts ar impulsa veida magnētiskā lauka ietekmes uz poliolefīnu kompozīcijām ar atšķirīgu komponentu funkcionālo grupu magnētisko</p>

	uzņēmību pētījumiem.
8. Nano polimērhibrīdkompozīta (polivinilspirts (PVS) - polivinilacetāts (PVA) - plastifikators (P) – nanomontmorilonīts (NMM)) sastāva optimizācija, kā optimizācijas kritērijus izmantojot kompozīta elastības moduli (plānsienu cilindriskās čaulas metode), absorbētā ūdens līdzsvara vērtību un bioasadalīšanās tempu.	PVS-PVA maisījumu kompozītos ir ievadīti 5% MCC (-mikrokristaliskā celuloze) vai 5% MMT (nanomontmorilonīta mali). Salīdzinot iegūto pildītopolimērhibrīdkompozītu elastības moduļa vērtības secināts, ka visu PVS-PVA attiecību diapazonā nepildītu kompozītu elastības moduļa vērtības ir zemākās salīdzinājumā ar MCC vai MMT modificētiem kompozītiem. Turklāt, dažos gadījumos starpība ir lielāka nekā 5 reizes. Pārbaudot PVS kompozītsistēmubiodestruktiju augsnē kontrolējamās laboratorijas apstākļos, konstatēts, ka biodestruktijas ātrumu ietekmē piedevu veids un saturs.MCC pievienošanaļaujpaātrinātbiodestruktijuvairākasreizes.
9. Fotoķīmiski šķērssaistošos oligomēru slāņu elastības moduļa izmaiņu pētījumi, izmantojot daudzslāņu cilindriskus plānsienu paraugus.	Testēti sekojoši pārklājumi: <i>Gelish</i> bāzes slānis, <i>Gelish</i> top slānis, <i>Shield</i> bāzes slānis, <i>Shield</i> top slānis. Pēc pirmajiem eksperimentiem un iegūtajiem rezultātiem varam secināt, ka sistēmai pievienojot PMMA, tās elastības modulis strauji krītas. Sistēmas mehāniskās īpašības galvenokārt nosaka tajā ieejošie oligomēri. Vislielāko ietekmi uz elastības moduļa pieaugumu dod oligomēri <i>Exothane</i> 10 un <i>Exothane</i> 26. Uz doto brīdi iegūtā sistēma, kurai būtu vislielākais elastības modulis satur 28% oligomēra <i>Exothane</i> 26 un 14% <i>Exothane</i> 10 un 14% <i>Exothane</i> 8.
10. Daudzslāņu cilindriskā plānsienu parauga optimizācija, lai precizētu regresijas vienādojumu TWCS (plānsienu cilindriskās čaulas) metodē.	Izmantojot eksperimenta plānu, modelēšanu pēc galīgo elementu metodes un aprēķinus spiedē, ir izveidots 6 pakāpes regresijas vienādojums divslāņu cilindra veida paraugam, kura viena slāņa elastības modulis nav zināms. Projekta posma ietvaros izstrādātā metode dod iespēju noteikt materiāla nezināmo elastības moduli izmantojot regresijas vienādojumu pie zināmiem parauga ģeometriskiem lielumiem un viena slāņa īpašībām. Nezināmam slānim biezums var būt robežās 0.1-1 mm. Elastības modulis tiek aprēķināts robežās no 1000-5000 MPa. Piedāvātā metodika dod iespēju atrast elastības moduli dažādās robežās atkarībā no optimizācijas parametriem un sastādītā regresijas vienādojuma.
11. Turpināt pētīt oglekļa nanocaurulītes saturošu epoksīdmatricas Hexcel RTM6 kompozītu sorbcijas, kvazistatiskās stiepes un lieces, kā arī cikliskās šļūdes īpašības.	Plānotais uzdevums izpildīts. Veikti eksperimenti un rezultātā iegūta unikālu datu kopa par epoksīdu matricas un oglekļa kompozīta mehāniskajām un šļūdes īpašībām un oglekļa nanocaurulīšu pildījuma ietekmi uz šīm īpašībām. Datu kopa var tikt izmantota izejas datu iegūšanai nanokompozītu materiālu deformēšanās modeļu izstrādei un verifikācijai.
12. Veikt nemodoificētas epoksīda matricas Araldite LY 564 un ar Nanocyl nanocaurulītēm (nanocaurulīšu saturs: 0, 0,01,	Uzdevums izpildīts. Izgatavoti paraugi ar ONC koncentrāciju 0, 0,01, 0,1, 0,27, 0,54, 1,09, 1,63 un 2,17% pēc masas. Veikti eksperimenti, lai noskaidrotu oglekļa nanocaurulīšu koncentrācijas



<p>0,27, 0,54, 1,09, 1,63 un 2,17% pēc masas) stiegtu epoksīda nanokompozītu kvazistatisko stiepes un šļūdes eksperimentus, pētīt to sorbcijas un termofizikālās īpašības, izvērtēt iegūtos rezultātus.</p>	<p>epoksīdu matricā ietekmi uz nanokompozītadeformatīvajām un stiprības īpašībām. Konstatēts, ka epoksīda sveķu mehāniskās īpašības nedaudz uzlabojas, pievienojot oglekļa nanocaurulītes, bet mehānisko raksturlielumu uzlabošanās absolūtās vērtībās ir niecīgas. Tam, ka netiek sasniegti sagaidāmie rezultāti no nanopildvielas, iemesls varētu būt saistīts ar nepietiekami homogēnu pildvielas sadalījumu, kas izraisa nehomogenitātes materiālā un tādējādi neļauj ONC darboties kā nanopildvielai. Ir zināms, ka pie lielākām ONC koncentrācijām mehānisko īpašību uzlabojumu līmenis ir ierobežots kompozīta lielas viskozitātes dēļ, kā rezultātā rodas aglomerāti, nehomogenitātes un citi defekti. Iegūtie rezultāti iekļaujami kopējā datu kopā un kalpos par pamatu izvērtējot tālāko pētījumu virzienu lietderību.</p>
<p><b>Rezultatīvie rādītāji</b></p>	

### Rezultatīvie rādītāji

Rezultatīvais rādītājs		Publicēts/ sasniegts/ aizstāvēts	pieņemts	iesniegts	sagatavots iesniegšanai
Zinātniskās publikācijas	Monogrāfijas	1			
	Nodaļas monogrāfijās				
	Publikācijas, kas atrodamas SCI, SCOPUS vai Web of Science datubāžu izdevumos	10		2	
	Citi zinātniskie izdevumi				
	Populārzinātniskie raksti				
Konferenču tēzes		21			
Bakalauru darbi		2			
Maģistru darbi					
Promocijas darbi		1			
Patenti					
Izstādes					
Nolasītas lekcijas/referāti starptautiskos kongresos / konferencēs		1			
Tehnoloģiju, metožu, pilotiekārtu vai pakalpojumu skaits, kas aprobētas		1			

uzņēmumos				
Citi sasniegtie rādītāji				

**4. Projekta Jauni materiāli un tehnoloģijas bioloģisko audu izvērtēšanai un aizvietošanai mērķis** ir izstrādāt laboratorijas tehnoloģijas inovatīvu biomateriālu ieguvei un jaunu metožu pielietošanai medicīnas tehnoloģijās: ortotopiski ar autologām cilmes šūnām uzlādēti kalcija fosfātu biokeramiskie veidņi kaulaudu defektu aizvietošanai; kaulu cementi implantu fiksācijai un kaulu defektu labošanai; vīrusveida daļiņas jauniem nanomateriāliem; ādas pigmentācijas sadalījuma metodes un acs optisko aberāciju metodes.

**Projekta īstenošanā iesaistītās zinātniskās institūcijas**

1. Rīgas Tehniskās Universitātes Materiālzinātnes un lietišķās ķīmijas fakultāte (RTU MĶF)
2. Rīgas Stradiņa Universitātes Anatomijas un antropoloģijas institūts (RSU AAI)
3. Rīgas Stradiņa Universitātes Sejas žokļu ķirurģijas katedra (RSU SŽĶK)
4. Latvijas Universitātes Cietvielu fizikas institūts (LU CFI)
5. Latvijas Biomedicīnas pētījumu un studiju centrs (LBPSC)
6. Latvijas Organiskās sintēzes institūts (LOSI)
7. Latvijas Universitātes Atomfizikas un spektroskopijas institūts (LU ASI)
8. Latvijas Universitātes Fizikas institūts (LU FI)

**Projekta 3.posma īstenošanai piešķirtais finansējums (latos)**

100413 Ls

Plānotais 2010-2013. Ls	Apgūts 2010 Ls	Apgūts 2011 Ls	Apgūts 2012 Ls	Apgūts 2013 Ls
	96875 Ls	100817 Ls	100413 Ls	

**Projekta 3.posma darba uzdevumā izvirzītie uzdevumi**

Darba uzdevumi	Galvenie rezultāti
1. Izpētīt ar sudraba un magnija joniem modificētu kalcija fosfātu produktu struktūru pēc sintēzes un augsttemperatūras apstrādes.	Modificējot izejvielas, sintēzes temperatūru, pH un citus parametrus pārskata periodā izstrādāta sintēzes metode ar sudraba joniem modificētu kalcija fosfātu iegūšanai. Izmantojot rentgendifraktometrijas metodi un augsttemperatūras mikroskopiju noteikta fāžu pāreja augsttemperatūras apstrādes gaitā, kā arī veikti morfoloģiskie pētījumi iegūtajiem pulvera paraugiem un pamatnēm. Noteikts, ka pēc augsttemperatūras apstrādes sudraba saturošais hidroksilapatīts veido jaukto kristālu, kuru sastāvā ir hidroksilapatīts, sudrabs un sudraba oksīds. Savukārt saķepšanas temperatūra ir atkarīga gan no sudraba daudzuma, gan sintēzes metodes. Darba mērķi sasniegti pilnībā. Nosakot fizikālās īpašības un struktūru iespējams precīzāk raksturot iegūtā produkta dabu, kā arī noteikt tā pielietojumu kā implantmateriālu. Turpmākajos darbos plānots pārbaudīt sagatavotos materiālus simulētajā ķermeņa šķīdumā. Projekta uzdevuma ietvaros izstrādāts un aizstāvēts maģistra darbs „Ar magniju aizvietota hidroksilapatīta sintēze, izmantojot šķīduma ķīmisko nogulsnešanas metodi”, L.Stīpniece (2012). Modificējot iepriekšējā projekta periodā izstrādāto hidroksilapatīta sintēzes metodi, iegūti ar Mg aizvietoti hidroksilapatīta produkti ar Mg saturu robežās no 0.21-4.72 svara %. Kompleksi izpētīta Mg saturošu hidroksilapatīta

	<p>produktu īpašības pēc sintēzes un augsttemperatūras pastrādes. Konstatēts, ka Mg koncentrācijas variācija hidroksilapatīta biokeramikas produktos ietekmē to mikrostruktūras izmaiņas un termisko stabilitāti.</p>
<p>2. Izpētīt kalcija fosfātu sintēzes mērogošanas iespējas un izstrādāt mērogošanas modeli.</p>	<p>Projekta uzdevuma ietvaros izstrādāti un aizstāvēti bakalaura darbi „<i>Kalcija hidroksīda daļiņu izmaiņas hidroksilapatīta sintēzes laikā</i>”, S.Buliņa (2012); „<i>Maisīšanas parametru ietekme uz hidroksilapatīta sintēzi</i>”, A.Putniņš (2012). Veiktas vairākas hidroksilapatīta sintēzes palielināta tilpuma reaktorā. Sintēzes mērogotas, izmantojot empīrisku pieeju, kas nodrošina šķietami ātrāku rezultātu, taču nenodrošina efektīvu mērogošanas lielumu izmaiņu. Balstoties uz laboratorijas reaktorā veikto sintēžu pētījumiem, noskaidrots, ka būtiska nozīme ir ortofosforskābes koncentrācijas gradientam sintēzes tilpumā. Lai iegūtu kvalitatīvu produktu – HAp – koncentrācijas gradienta veidošanās ir jānovērš, realizējot efektīvu šķidrums maisīšanu. Savukārt kā otrs ierobežojošais faktors ir fosforskābes, kalcija hidroksīda un reakcijas starpproduktu difūzija no un uz heterogēno vidi veidojošo daļiņu virsmas. Lai noskaidrotu sistēmas robežgadījumus un limitējošos parametrus, izstrādāts matemātiskais modelis, kas veido daļu no sintēzes kopējā matemātiskā modeļa. Izveidots difūzijas matemātiskais modelis balstoties uz Fika otro likumu sfēriskai daļiņai.</p>
<p>3. Apkopot un izvērtēt iegūtos pētījumu rezultātus par biogēnas izcelsmes kalcija oksīdu saturošu izejmateriālu ietekmi uz kalcija fosfātu biokeramikas struktūru.</p>	<p>Pirmo reizi pētīti un sistemātiski salīdzināti no biogēnas un sintētiskas izcelsmes kalcija oksīdu saturošiem izejmateriāliem iegūti hidroksilapatīta biokeramikas produkti. Eksperimentāli konstatēts, ka ar katru no izejmateriāliem iegūta hidroksilapatīta biokeramika ar atšķirīgu mikrostruktūru. Hidroksilapatīta produktu ķīmiskā mikroelementu analīzē ar induktīvi saistītās plazmas maspektrometriju ICP-MS konstatēts atšķirīgs mikroelementu Mn, Zn, Cu, Sr, Cd, Pb, Ba daudzums. Secināts, ka iegūtā hidroksilapatīta biokeramikas mikrostruktūra ir atkarīga no specifisko mikroelementu klātbūtnes hidroksilapatīta struktūrā, kas būtiski ietekmē kristālrežģa parametrus. Sistemātiskie pētījumi pierāda, ka kalcija oksīdu izcelsme būtiski ietekmē biokeramisko implantmateriālu struktūru un īpašības, kas savukārt nosaka šī materiāla biosaderību un bioaktivitāti cilvēka organismā.</p>
<p>4. Veikt alfa trikalcija fosfāta augsttemperatūras sintēzi kaulu cementu īpašību optimizēšanai.</p>	<p>Projekta uzdevuma rezultāti apkopoti un aprobēti promocijas darbā „<i>Kaulu cementu uz <math>\alpha</math>-trikalcija fosfāta bāzes sastāva ietekme uz struktūru un īpašībām</i>”, Z.Irbe (2012). Projekta posmā veiktas vairākas <math>\alpha</math>-trikalcija fosfāta augsttemperatūras sintēzes cementu īpašību optimizēšanai, izmantojot dažādas izcelsmes reaģentus (kalcija karbonātu (3 dažādi reaģenti) un kalcija hidrogēnfosfāta dihidrātu (3 dažādi reaģenti)). Konstatēts, ka izejvielu kvalitātei ir izšķiroša nozīme <math>\alpha</math>-trikalcija fosfāta sintēzē (t.i. <math>\beta</math>-trikalcija fosfāta piemaisījuma saturam). Dzesēšanas procedūrai un ilgstošai izturēšanai (1 h vai 5 h) sintēzes temperatūrā (1300°C vai 1400°C) nav izšķirošas nozīmes nevēlamā <math>\beta</math>-trikalcija fosfāta piemaisījuma satura samazināšanā. Domājams, ka noteicošais faktors izejvielu (kalcija karbonāts un kalcija hidrogēnfosfāta dihidrāts) kvalitātei ir magnija saturs. Jo augstāks magnija saturs izejvielās, jo lielāks <math>\beta</math>-trikalcija fosfāta</p>

	<p>piemaisījuma daudzums. Ar mērķi paplašināt projekta ietvaros izstrādāto un aprobēto biomateriālu pielietojumu kaulaudu reģenerācijai, veikti sistemātiski <i>in vitro</i> un <i>in vivo</i> pētījumi kaulu cementiem uz alfa trikalcijs fosfāta bāzes. Izstrādātajiem cementiem tika veiktas <i>in vivo</i> (truša modelis) un <i>in vitro</i> (izmainīti cilvēka osteoblasti) pārbaudes. Tika konstatēts, ka izstrādātais cementa sastāvs (50 % porainība) pilnībā biodegradējies un aizstāts ar jauniem kaulaudiem pēc 3 mēnešiem (<i>in vivo</i> pārbaudes). <i>In vitro</i> pārbaudēs konstatēts, ka ievērojami vairāk šūnu (110% salīdzinājumā ar 1-4%) piestiprinās uz cementa virsmas, ja tā šķidrā fāzē satur 0,375 M nātrija hidrogēnfosfāta un 0,125 M nātrija dihidrogēnfosfāta (kristālvioletā tests).</p>
<p>5. Apkopot Nb-saturošu stikla keramikas kristalizācijas kinētikas pētījumus, fāžu veidošanās un pārejas pētījumus stikla keramikos sastāvos, kas modificēti ar 8mol% Na<sub>2</sub>O, kā arī sagatavot paraugus virsmas bioaktivitātes novērtējumam .</p>	<p>Projekta uzdevuma rezultāti apkopoti un aprobēti promocijas darbā „Na<sub>2</sub>O-CaO-Nb<sub>2</sub>O<sub>5</sub>-P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> sistēmas stikla kristalizācijas pētījumi”, A.Stunda-Zujeva (2012). Pirmo reizi sistemātiski veikti CaO-Nb<sub>2</sub>O<sub>5</sub>-P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>-Na<sub>2</sub>O sistēmas stikla kristalizācijas procesu pētījumi, noteikts kristalizācijas mehānisms un kristālisko fāžu veidošanās likumsakarības un tās ietekmējošie parametri. Visos CaO-Nb<sub>2</sub>O<sub>5</sub>-P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>-Na<sub>2</sub>O sistēmas punktos kristalizējas niobiju saturoši savienojumi. Fāžu veidošanās temperatūra ir ievērojami atkarīga no karsēšanas ātruma, bet karsēšanas ātrums neietekmē veidojošās fāžu sastāvu vai to secību. Pie straujākiem karsēšanas ātrumiem pieaug maksimālās temperatūras izturēšanas laika nozīme. Lēnāk karsējot, veidojas garenākas formas kristāli. Ar mērķi paplašināt projekta ietvaros izstrādāto un aprobēto biomateriālu pielietojumu kaulaudu reģenerācijai, veikti sistemātiski <i>in vitro</i> un <i>in vivo</i> pētījumi oriģinālas strukturētas stikla keramikai ar paaugstinātu mehānisko slodzi. 8N stiklu kontrolēti kristalizējot, var iegūt dažādas kristāliskuma pakāpes stikla keramiku, kas <i>in vitro</i> un <i>in vivo</i> pētījumos uzrāda teicamu biosaderību: osteoblastu šūnas uz materiāla proliferē 2,5 reizes labāk nekā kontroles lauciņā, baktēriju <i>P. aeruginosa</i> un <i>S. epidermidis</i> daudzums, lai notiktu materiāla inficēšana, ir vismaz 10<sup>2</sup> KVV/ml. <i>S. epidermidis</i> uz 8N stikla keramikas truša mīkstajos audos neaug.</p>
<p>6. Veikt komerciālo stomatoloģisko materiālu salīdzinošos pētījumus ar izstrādāto stikla keramiku un sniegt novērtējumu par izstrādāto materiālu potenciālo pielietojumu.</p>	<p>Projekta uzdevuma ietvaros izstrādāts un aizstāvēts maģistra darbs „8N stikla piemērotība zobu restaurācijai”, S.Rabkēviča (2012). 8N stikls pēc estētiskām īpašībām un uzlabojot tā mehāniskās īpašības būtu piemērots nelielām, zobu virsmas atjaunojošām restaurācijām. 8N stikla estētika ir atkarīga no materiāla termiskās apstrādes režīma. Dabīgam zobam atbilstošu estētiku uzrāda labi saķepis (atvērtā porainība &lt;0,65%), bet vēl nesakristalizējies materiāls. Nepietiekami saķepis, kā arī daļēji kristalizējies materiāls ir balts un matēts. 8N stikls uzrāda mikrocietību (9,8 GPa), kas ir piemērota zobu restaurācijām. Lieces un spiedes izturības 8N stikla paraugiem ir zemākas salīdzinot ar ekperimentālos pētījumos noteiktiem dentīna un emaljas komerciālās keramikas paraugiem, kā arī literatūrā minētām keramisko materiālu vērtībām.</p>
<p>7. Veikt</p>	<p>Projekta uzdevuma ietvaros izstrādāts un aizstāvēts bakalaura darbs</p>

<p>izstrādātā stikla keramikā materiāla mikrostrukturās modelēšanu, mainot apstrādes tehnoloģiskos parametrus.</p>	<p>„<i>Mikrostrukturās ietekme uz stikla keramikas īpašībām</i>”, E. Rubina (2012). Pirmo reizi sistemātiski pētīti un apkopoti rezultāti par dažādu tehnoloģisko parametru ietekmi un 8N stikla keramikas mikrostruktūru un tās saistību ar mehāniskajām un elektriskajām īpašībām. 8N paraugu atvērtā porainība ir 0,11% – 2,18%. Porainība palielinās pie augstākas kristalizācijas pakāpes un mazāka karsēšanas ātruma. Maksimālais presēšanas spiediens, tā sasniegšanas ātrums un lietotās piedevas neietekmē 8N paraugu porainību. Kristalīti veidojas īsāki un sazaroti pie lēnāka karsēšanas ātruma un zemākas kristalizācijas temperatūras. 8N stikla keramikas maksimālā spiedes izturība ir 117,3 MPa, lieces - 75,76 MPa. Lielāka mehāniskā izturība ir paraugiem ar augstāku kristāliskuma pakāpi un mazāku atvērtu porainību.</p>
<p>8. Novērtēt titāna oksīdu saturošu biokeramisko materiālu antimikrobiālās īpašības <i>in vitro</i> un <i>in vivo</i> studijās.</p>	<p>Veikti mikrobioloģiskie pētījumi ekstrudētai titāna oksīdu saturošai (TiO<sub>2</sub>) keramikai. ar <i>Staphylococcus epidermidis</i> (ATCC 12228,) un <i>Pseudomonas aeruginosa</i> (ATCC 27853), noteikta baktēriju adhēzija (pēc 2 h) un kolonizācijas intensitāte pēc 24 h. Konstatēts, ka abu baktēriju veidu adhēzija ir ļoti minimāla uz TiO<sub>2</sub> paraugiem, kuri termiski apstrādāti tikai gaisa vidē. Savukārt uz TiO<sub>2</sub> keramikas paraugiem, kas papildus termiski apstrādāti vakuumā, lielāka tieksme piesaistīties <i>Ps. aeruginosa</i>. Pēc kolonizācijas intensitātes noteikšanas secināts, ka uz papildus vakuumā apstrādātā parauga ir lielāks skaits koloniju veidojošās vienības, un arī šajā gadījumā vislielāko kolonizētās spēju uzrāda <i>Ps. aeruginosa</i>. TiO<sub>2</sub> keramikas paraugi, kas termiski apstrādāti gaisa vidē, ir daudz blīvāki un ar mazāku porainību – šie faktori var būt noteicoši baktēriju piesaistīšanās un kolonizēšanās spējai uz materiāla virsmas. Izvērtējot abu TiO<sub>2</sub> keramisko materiālu mikrobioloģiskās īpašas, konstatēts, ka tie ir piemēroti pielietošanai biomateriālu izstrādei. Projekta uzdevuma ietvaros izstrādāts un aizstāvēts maģistra darbs „<i>Titāna oksīda keramikas struktūras un īpašību pētījumi</i>”, Inga Narkevica (2012).</p>
<p>9. Izgatavot individuālas formas 3-dimensionālus porainus implanta prototipus klīniskajām pārbaudēm.</p>	<p>Izgatavotas individuālas formas 3-dimensionālas porainas implantu prototipu sagataves. Porainas struktūras iegūšanai izmantota viskozā uzpuotošanas metode, kur amonija hidroģēnkarbonāts izmantots kā puotojošais aģents. Šī tehnoloģija ļauj iegūt gan makro-, gan mikroporainu materiāla struktūru. Izveidotās 3-dimensionālās porainās implantu prototipu sagataves ir taisnstūrveida un tām var būt dažādas dimensijas no 5 cm x 5 cm līdz 1.5 cm x 1.5 cm. Iespēja variēt ar dimensijām paplašina keramisko sagatavju pielietošanu dažāda izmēra kaulu defektu labošanai vai aizpildīšanai.</p>
<p>10. Izgatavot analoga sastāva un 3-dimensionālas struktūras šūnu pamatnes (skafoldus) mijiedarbības pētījumiem ar cilmes šūnām.</p>	<p>Pamatojoties uz kalcija fosfātu sintēzes produktu atkārtotāmību, izgatavotas 3-dimensionālas struktūras kalcija fosfātu keramikas pamatnes, kas paredzētas mijiedarbības pētījumiem ar cilmes šūnām - histoloģiskās un morfoloģiskās reakcijas salīdzinošam novērtējumam ar/bez uzlādes ar cilmes šūnām. Izveidotas diskveida (D = 7 mm) pamatnes, kuru porainība ir robežās no 50-70 %. Pētīto pamatņu fāžu sastāvs ir sekojošs: 100 % hidroksilapatīts, 95 % hidroksilapatīts un 5 % β-trikalcija fosfāts, kā arī 80 % hidroksilapatīts un 20 % β-trikalcija fosfāts.</p>

<p>11. Izvērtēt kontaktaudu histoloģisko un funkcionāli morfoloģisko reakciju uz kalcija fosfāta biokeramikas materiāliem, kuri modificēti ar autologām kaulu smadzeņu mezenhimālajām šūnām, pēc heterotopas implantācijas eksperimenta dzīvniekiem.</p>	<p>Izvērtēta kontaktaudu morfoloģiskā reakcija ar histoloģiskām un imunohistoķīmiskām metodēm pēc „tīru” un uzpildītu ar autologām kaula smadzeņu mezenhimālajām šūnām divfāžu kalcija fosfātu (hidroksilapatīts/<math>\beta</math>-trikalcija fosfāts=90/10) biokeramikas materiālu pēc trim mēnešiem pēc implantācijas 12 trušu zemādas audos. Projekta uzdevuma ietvaros sasniegtie rezultāti starptautiski aprobēti (3 referāti) ar ārzemju partneriem organizētajā simpozijā „Bioceramics and cells for reinforcement of bone”, 2012.gada 18.-20.oktobrī Rīgā.</p>
<p>12. Noskaidrot HAp/TCP biokeramikas materiālu virsmas izmaiņas pēc eksplantācijas no implantācijas vietām eksperimenta dzīvniekiem, salīdzinot virsmas struktūru izmaiņas „tīrām” un ar autologām mezenhimālām šūnām modificētām biokeramikas tabletēm.</p>	<p>Izmaiņas uz hidroksilapatīta/<math>\beta</math>-trikalcija fosfāta biokeramikas virsmas pēc eksplantācijas no trušu zemādas audiem (novērtētas ar SEM) uzrādīja kolagēno šķiedru ieaugšanu tabletes virsmā, kolagēnās šķiedras veido kūlīšus. No šūnām pārsvarā fibrocīti.</p>
<p>13. Izveidot osteoporozes eksperimentālu modeli ar kaulaudu histoloģisku</p>	<p>Izveidots eksperimentāls osteoporozes modelis 12 trušu mātītēm, veicot ovariectomiju un trīs mēnešus ievadot metilprednizolonu 1 mg/kg svara 2,5 mēnešus un 2,5 gadus veciem dzīvniekiem. Paņemti paraugi kaulaudu histoloģiskai un imunohistoķīmiskai izmeklēšanai no veselīgiem tāda pat vecuma trušiem (kontroles grupa) un no 6 trušiem ar eksperimentālo osteoporozi.</p>

<p>un imūnhistoķīmisku izmeklēšanu, eksperimentālu lūzumu dzīšanas morfoloģisku un rentgenoloģisku novērtēšanu ar un bez HAp/TCP granulu pievadīšanas eksperimentāla lūzuma zonā.</p>	
<p>14. Veikt klīnisku, morfoloģisku un radioloģisku novērojumu par osteoporotiska gūžas kaula lūzumu dzīšanas procesu ar un bez HAp/TCP granulu pievadīšanas lūzuma zonā kompleksā ar Ca un P homeostāzes rādītājiem.</p>	<p>Veikta 350 osteoporotisku gūžas kaulu lūzumu slimnieku, kuri ārstējušies Rīgas 2. slimnīcas Traumatoloģijas nodaļā statistiska analīze. Rīgas 2. slimnīcā uzsākta RTU Rūdolfa Cimdiņa Rīgas Biomateriālu inovāciju un attīstības centrā ražoto hidroksilapatīta/<math>\beta</math>-trikalcijs fosfāta 90/10 granulu implantācija osteoporotisku kaulu lūzumu zonā un lielo stobra kaulu defektos kopā 25 pacientiem ar labiem klīniskiem rezultātiem un pozitīvu rentgenoloģiskā izmeklējuma dinamiku. Projekta uzdevuma ietvaros sasniegtie rezultāti starptautiski aprobēti (1 referāts) ar ārzemju partneriem organizētajā simpozijā „Bioceramics and cells for reinforcement of bone”, 2012.gada 18.-20.oktobrī Rīgā.</p>
<p>15. Veikt atrofiska bezzobu žokļa pastiprināšanu ar kalcija fosfātu biokeramikas materiālu implantāciju klīnisku un radioloģisku</p>	<p>Veikta klīniska, radioloģiska un morfoloģiska izpēte par atrofiska bezzobu žokļa kaula un kalcija fosfātu biokeramikas materiālu implantācijas zonas izmaiņām vēlīnā periodā pēc biokeramikas materiālu un zobu implantācijas. Ar koniska stara 3D CT, ieskaitot radiodensitometriju, izvērtēti rezultāti 22 pacientiem, kuriem ar biokeramiku pastiprinātos žokļos ievietoti 48 zobu implantāti. Konstatēta stabila zobu implantātu osseointegrācija un reziduālā alveolāra kaula minerālblīvuma paaugstināšanās. Projekta uzdevuma ietvaros sasniegtie rezultāti starptautiski aprobēti (2 referāts) ar ārzemju partneriem organizētajā simpozijā „Bioceramics and cells for reinforcement of bone”, 2012.gada 18.-20.oktobrī Rīgā.</p>

<p>novērtējumu vēlinā pēcimplantācijas periodā.</p>	
<p>16. Veikt autologu taukaudu, no tiem izdalītu mezenhimālo šūnu un HAp/TCP mikrogranulu injicējama maisījuma tehnoloģijas izstrādi ar sekojošu morfoloģisku novērojumu pēc implantācijas eksperimenta dzīvniekiem.</p>	<p>Veikta autologu mezenhimālu šūnu izdalīšana no 12 trušu taukaudiem salīdzinājumā ar 6 trušu materiālu no kaula smadzenēm ar sekojošu šūnu pavairošanu un sasaldēšanu tālākai transplantācijai kopā ar kalcija fosfātu biokeramikas materiāliem. Taukaudi no 18 trušiem tika izmantoti mezenhimālo šūnu ieguvei balstoties uz Torres et al., 2007.g. rakstā aprakstīto šūnu izdalīšanas protokolu. Īsumā, taukaudi tika homogenizēti un apstrādāti ar kolagenāzi XI 50 min 37°C. Truša mezenhimālo šūnu iegūšana no kaula un kaula smadzeņu paraugiem bija ievērojami grūtāka, jo dzīvniekam kaulu smadzenes femūra galviņā ir salīdzinoši mazs tilpums. Tādēļ šūnu izdalīšanai tika izmantots viss bioloģiskais materiāls (kauls un kaula smadzenes). Enzimātiska apstrāde nepieciešama saistaudu sagraušanai, tomēr ilgstoša enzīma iedarbība var ietekmēt šūnu izdzīvošanu. Taukaudi arī satur mezenhimālas izcelsmes šūnas un to iegūšana ir salīdzinoši vieglāka un ātrāka. Šūnu izdalīšanas un kultivēšanas procesā tika novērots, ka no taukiem izdalītās šūnas bija skaitliski vairāk un arī ātrāk proliferēja.</p>
<p>17. Ādas hromoforu un fluoroforu <i>in-vivo</i> optiskā kartēšana.</p>	<p>Projekta uzdevuma ietvaros izstrādāts un aizstāvēts bakalaura darbs „Spektrālās attēlošanas izmantošana ādas kairinājumu un bojājumu neinvazīvai novērtēšanai”, M.Laņģe (2012), kā arī maģistra darbs „Ādas hromoforu sadalījuma noteikšana ādā ar spektrālo attēlošanu”, I.Saknīte (2012). Izveidota ierīce un algoritms ādas hemoglobīna koncentrācijas novērtēšanai pēc RGB attēliem. RGB attēlošanas ierīce un algoritms tika aprobēti klīniskos mērījumos. Rezultātā izstrādāta metode asinsvadu veidojumu terapijas rezultāta novērtēšanai pēc eritēmas indeksa kontrasta. RGB attēlošana izmantota arī sasitumu (zilumu) novērtēšanai. Izveidots algoritms hemoglobīna un bilirubīna izšķiršanai no krāsu RGB attēliem. Minētie parametri (hemoglobīna un bilirubīna koncentrācija) izmantoti sasituma (ziluma) vecuma novērtēšanai. RGB attēlošanas priekšrocība ir vienkāršs un lēts tehniskais risinājums, ko varētu izmantot primārajā skrīningā un kriminālistikas ekspertīzēs. Analizēti arī ādas fluoroforu attēli, autofluorescences ierosmei izmantojot zemas jaudas lāzera starojumu. Tika veikta autofluorescences fotoizbalēšanas īpašību analīze dažādām ādas patoloģijām un rezultātā izveidota klīnisko mērījumu datubāze, kā arī veikta statistiskā analīze. Konstatēts, ka zemas jaudas lāzera starojums ietekmē ādas hemoglobīna koncentrācijas izmaiņu.</p>
<p>18. Polidispersu ferokoloīdu gravitācijas, centrifugālā un augstgradienta magnētiskā</p>	<p>Veikti pētījumi par koloīdu nanodaļiņu dispersā sastāva izmaiņām gravitācijas, ultracentrifugālās un magnētiskās separācijas ietekmē. Noskaidroti nanodaļiņu ansamblu parametri (daļiņu koncentrācija un izmēri), virs kuriem tradicionālais Stoksa sedimentācijas modelis aizvietojams ar Batčelora modeli. Eksperimentāli pierādīts, ka gan ultracentrifugālās, gan magnētiskās separācijas ceļā iespējams izdalīt koloīdu frakcijas ar būtiski izmainītiem sākotnējā lognormāla</p>



separācija.	sadalījuma parametriem. Iegūtajiem rezultātiem praktiska nozīme magnētisko nanokoloīdu tehnoloģijā, tai skaitā arī biomedicīnas pielietojumos.
19. Magnētisko nanokoloīdu termostabilā separācija porainā membrānā.	Veikti ferokoloīdu nanodaļiņu transversālās separācijas eksperimentālie pētījumi neizotermiskā porainā slānī. Noskaidrots, ka magnētiskais lauks, kas vērsts temperatūras gradienta virzienā, izraisa būtiskas nanodaļiņu transporta parādību izmaiņas, kas nav izskaidrojamas ar līdz šim zināmo magnētisko Soret efektu un magnetodifūziju. Pierādīta magnetotermozmozes ietekme uz nanodaļiņu separācijas intensitāti un izvirzīta hipotēze par jaunu pārnese mehānismu – magnētisko nanodaļiņu reverso termomagnetoosmozi. Izvirzītā pārnese mehānisma apstiprināšanai nepieciešami turpmāki pētījumi.
20. Magnētiska dipola ar piesaistītu stīgu kā pašdzinoša mikromehāniska ierīce.	Veikti dotā mikrodzinēja darbības skaitliska simulācija. Par projekta veikto uzdevumu publicēts darbs: R.Livanovics, and A.Cēbers. Magnetic dipole with a flexible tail as a self-propelling microdevice. <i>Phys. Rev.E</i> -2012, v.85,041502.
21. Mikroanaerobu magnētisku bakteriju pašorganizācijas nehomogēnos skābekļa koncentrācijas laukos.	Veikti baktēriju migrācijas eksperimentāli pētījumi un izveidots parādības teorētisks modelis. Publikācijas sagatavošanai nepieciešams veikt ūdenī izšķīdušā skābekļa koncentrācijas mērījumus.
22. Magnētisku vezikulu sintēze un īpašības.	Sintezētas magnetoliposomas uz jauna katjontipa lipīda bāzes un veikti to elastības īpašību mērījumi. Dotās liposomas potenciāli var tikt izmantotas kā ģenētiskās informācijas nesēji. Iesniegta publikācija: O.Petrichenko, .K.Ērglis, A.Plotniece, K.Pajuste, G.Bealle, Ch.Menager, E.Dubois, R.Perzynski, and A.Cēbers. Properties of bilayers formed by cationic pyridine amphiphile. <i>Eur. Phys. J. E: Soft Matter and Biological Physics</i> .
23. Magnētiskās mikrokonvekcijas skaitliski un eksperimentāli pētījumi.	Veikti 1983.gadā atklātās magnētiskās mikrokonvekcijas parādības eksperimentāli, skaitliski un teorētiski pētījumi. Pirmoreiz, izmantojot particle image velocimetry, noteikts mikrokonvekcijas ātruma lauks. Pirmoreiz teorētiski aprakstīta samaisošos šķidrumu difūzās robežas nestabilitāte tai perpendikulārā laukā. Dotā parādība ir potenciāli interesanta šķidrumu maisīšanai mikrofluidikā. Par magnētisko mikrokonvekciju sagatavota plaša publikācija, kura pieņemta publicēšanai ļoti respektablā žurnālā <i>Journal of Fluid Mechanics</i> (Camb.Univ.Press):K.Ērglis,A.Tatulcenkov,G.Kitenbergs,O.Petrichenko, A.Cēbers. Magnetic field driven microconvection in the Hele-Shaw cell. <i>J. Fluid Mech.</i> (accepted).
24. Viļņu frontes kroplojumu	Projekta uzdevuma rezultāti apkopoti un aprobēti promocijas darbā „Optisko un neirālo faktoru ietekme uz uztvertā attāla kvalitāti”.

<p>noteikšanas metodiku, ko izsauc dažādas simetrijas acs aberācijas, novērtēšana dažādos viļņu garumos. Acs aberāciju izraisītu viļņu frontes kropļojumu kompensēšana s pētījumi ar pjezooptisku optiskās fāzes korektoru un profilētu fotorezista slāni.</p>	<p>V.Karitāns (2012), kā arī aizstāvēts maģistra darbs „Attēlu veidošanās acs optiskajā sistēmā”, E.Skutele (2012). Veikti pētījumi par acs tīklenes attēla kvalitātes un uztvertā attēla izšķiršanas spējas atkarību no acs optisko segmentu ģeometrijas un signālu apstrādes smadzeņu garozā. Veikti pētījumi par acs tīklenes refleksa intensitātes izmaiņām izkompensētai acij un acij ar aberāciju radītu viļņu frontes deformāciju. Izstrādāta metodika acs tīklenes makulas pigmentu un luteina un zeaksantīna koncentrāciju attiecības noteikšanai.</p>
<p>25. Biomateriālu pētīšana izmantojot Raman spektroskopiju .</p>	<p>Pēdējos gados lielu interesi izraisa biogēnu jūras un sauszemes izcelsmes kalcija karbonātu, tādi kā korāļi, jūras un sauszemes gliemežvāki, olu čaumalas potenciālas pielietojuma iespējas nanotehnoloģiju un biomateriālu jomā. Priekšpētījumos konstatēts, ka biogēnie karbonāti var būt pamatizemmateriāls kalcija fosfātu biomateriālu izstrādei. Projekta uzdevuma ietvaros veiktas dažādu biogēno karbonātu (olu čaumalas, korāļi, perlamutrs u.c.) Raman spektroskopijas studijas. Konstatēts, ka dažādiem kalciju karbonātu saturošiem biogēniem materiāliem ir atšķirīgas kalcija karbonāta polimorfās formas, tādas kā kalcīts vai aragonīts. Turpmākajā darbā paredzēts sintezēt kalcija fosfātus no biogēniem izemmateriāliem un raksturot iegūto produktu fizikālķīmiskās īpašības potenciālam pielietojuma biomateriālu jomā.</p>
<p><b>Rezultatīvie rādītāji</b></p>	

### Rezultatīvie rādītāji

Rezultatīvais rādītājs		Publicēts/ sasniegts/ aizstāvēts	pieņemts	iesniegts	sagatavots iesniegšanai
Zinātniskās publikācijas	Monogrāfijas				
	Nodaļas monogrāfijās	1			
	Publikācijas, kas atrodamas SCI, SCOPUS vai Web of Science datubāžu izdevumos	21	4	2	

	Citi zinātniskie izdevumi	5		1	
	Populārzinātniskie raksti				
Konferenču tēzes		66			
Bakalauru darbi		4			
Maģistru darbi		7			
Promocijas darbi		3			1
Patenti		3			
Izstādes					
Nolasītas lekcijas/referāti starptautiskos kongresos / konferencēs		66			
Tehnoloģiju, metožu, pilotiekārtu vai pakalpojumu skaits, kas aprobētas uzņēmumos					
Citi sasniegtie rādītāji		3			

**5. Projekta** *Jaunas informācijas tehnoloģijas balstītas uz ontoloģijām un modeļu transformācijām mērķis* ir izstrādāt modeļu vadītās arhitektūras (MDA) tehnoloģijas un uz ontoloģijām un modeļu transformācijām balstītas sistēmu būves metodes un rīkus lietojumiem informācijas tehnoloģiju ražotnēs.

**Projekta īstenošanā iesaistītās zinātniskās institūcijas**

1. Latvijas Universitātes Matemātikas un informātikas institūts (LU MII)
2. Rīgas Tehniskā universitātes Datorzinātnes un informācijas tehnoloģijas fakultāte (RTU DITF)

**Projekta 3.posma īstenošanai piešķirtais finansējums (latos)**

153630 Ls

Plānotais 2010-2013. Ls	Apgūts 2010 Ls	Apgūts 2011 Ls	Apgūts 2012 Ls	Apgūts 2013 Ls
	148217 Ls	154248 Ls	153630 Ls	

**Projekta 3.posma darba uzdevumā izvirzītie uzdevumi**

Darba uzdevumi	Galvenie rezultāti
1. Izstrādāt domēnspecifisku rīku konfigurācijas mehānismu, iekļaujot tajā uz transformācijām balstītus paplašināšanas punktus.	Izstrādāts domēnspecifisku rīku konfigurācijas mehānisms, kura pamatā ir inovatīvi stereotipu definēšanas līdzekļi. Šie līdzekļi ir ļāvuši konfigurācijas mehānismā iekļaut precīzi definētus uz transformācijām balstītus paplašināšanas punktus, ar kuru palīdzību domēnspecifiskā rīkā iespējams viegli iekļaut pēc noklusējuma neatbalstītas iespējas.(skat. publ. [11])
2. Tālāk attīstīt un realizēt transformāciju vadītās arhitektūras (TDA 2) pamatelementus domēnspecifisko sistēmu būves platformas (GRADE3) vajadzībām,	Pabeigti projektēšanas un izstrādes darbi transformāciju vadītās arhitektūras pamatelementiem, kas nodrošina domēnspecifisko sistēmu būves platformas

<p>nodrošinot platformas komponentu savstarpējās sadarbības iespējas.</p>	<p>(GRADE3) komponentu savstarpējo sadarbību – TDA2 kodolam un RAAPI programmatūras saskarnei, kā arī transformāciju, dziņu un repozitoriju adapteru mehānisms. TDA2 dziņu un repozitoriju adapteru mehānisms nodrošina piekļuvi domēnspecifisku modelēšanas rīku bāzes servisiem sadarbībai ar ārējām lietojumprogrammām. (publ. [14], prom. d. [79])</p>
<p>3. Izstrādāt domēnspecifiskiem modelēšanas rīkiem pielāgojamu bāzes servisu komplektu (sadarbībai ar ārējām lietojumprogrammām), domēnspecifisko sistēmu būves platformas (GRADE3) vajadzībām.</p>	<p>Pabeigta domēnspecifiskiem modelēšanas rīkiem pielāgojamu bāzes servisu izstrāde, kas ļauj izstrādātajiem rīkiem sadarboties ar ārējām lietojumprogrammām, kā piemēram, modeļu transformācijām tiek nodrošināta piekļuve relāciju datubāzēm, grafiskie modeļi tiek eksportēti uz ar tīmekļa servisiem savietojamiem formātiem – HTML un SVG. Minētie servisi izmantoti domēnspecifisku procesu modelēšanas rīku prototipu izstrādē Latvijas Universitātes Datorikas un Medicīnas fakultāšu vajadzībām. (publ. [21] [12] [3] [23] [25] [18] [46] [19] [24] , prom. d. [74])</p>
<p>4. Tālāk attīstīt domēnspecifisku rīku un sistēmas būves arhitektūru balstītu uz interfeisu metamodeļiem un dziņiem.</p>	<p>Turpinās darbs pie domēnspecifisku rīku un sistēmu būves arhitektūras izstrādes. Izstrādāta metodoloģija un specializēta modeļu transformāciju valoda, kas ļauj mazināt problēmas ar konkrētas domēnspecifiskas modelēšanas valodas implementāciju, piemēram, biznesa procesu modelēšanas valodu realizāciju, izmantojot izpildāmu valodu dziņus. (publ. [1], prom. d. [76])</p>
<p>5. Tālāk attīstīt lielu ontoloģiju grafiskās apstrādes un strukturēšanas līdzekļus.</p>	<p>Turpinās darbs pie lielu ontoloģiju grafiskās apstrādes un strukturēšanas līdzekļu attīstīšanas, kā pamatu izmantojot jau iepriekšējos posmos izstrādāto ontoloģiju apstrādes rīku OWLGrEd. Izstrādāta metode, kas ļauj vizualizēt ontoloģijas fragmentus, izmantojot OWL API modularizācijas mehānismu. (publ. [10][22][2][13][20][15])</p>
<p>6. Izpētīt teksta plānošanas metodes un izstrādāt principus kontrolētā dabīgā valodā ģenerētas ontoloģijas aksiomu kārtošanai un apvienošanai saistītā tekstā, ņemot vērā diskursa struktūru.</p>	<p>Šajā projekta posmā ir izstrādāta teorētiska, multilingvāla metode kā ontoloģijas pārvērst kontrolētas, taču iespējami dabīgas, viegli uztveramas valodas tekstā, kontrolētās valodas (t.i., ontoloģijas verbalizācijas) ģenerēšanai izmantojot freimu semantikas metodes, konkrēti</p>

	<p>FrameNet kā starpvalodu. Šī metode, izmantojot ieviesto mikrorelāciju jēdzienu, tekstā ļauj modelēt arī anaforiskas references un laika dimensiju (t.i., diskursa struktūru). Tā kā pamatinformācija par faktiem tiek attēlota ontoloģiju formā, tad ir iespējams lietot automatiskos secinātājus un citas ontoloģiju apstrādes iespējas, vienlaikus saglabājot iespēju iegūt skaidrojumus dabīgā valodā. (publ. [4][26][27][43][44])</p>
<p>7. Izstrādāt rīku problēmsfēras specifisku ontoloģiju un konceptu karšu savstarpējo transformāciju realizēšanai, balstoties uz iepriekšējos posmos definētajiem algoritmiem.</p>	<p>Ir izstrādāts rīks (I4S), kurā ir implementēta struktūrmodelēšanas pieeja un kas atbalsta transformācijas algoritmu īstenošanu (prom.d. [78]). Rīks sastāv no 3 pamatkomponentēm: lietojuma, datu bāzes (DB) un zināšanu bāzes (ZB). Visās pamatkomponentēs ir implementēta pielāgota zināšanu atspoguļošanas shēma - freimu kopa, kas nodrošina to integritāti. Rīkā ir implementēti modeļu vizualizēšanas algoritmi, kas nodrošina automatizētu modeļu konstruēšanu no pieejamām zināšanām. Turklāt rīkā ir implementēti struktūras analīzes algoritmi, kas ļauj iegūtos struktūras modeļus analizēt. Ir izdota monogrāfija par struktūrmodelēšanas teorētiskajiem pamatiem un praktisko lietojumu ([48])</p>
<p>8. Izstrādāt formālu metodi zināšanu struktūru (konceptu karšu) salīdzināšanai.</p>	<p>Izmantojot iepriekšējos posmos izstrādātos ontoloģiju un konceptu karšu transformāciju algoritmus, ir veikti vairāki praktiski to novērtējumi. Algoritmi ir implementēti rīkā un to darbība ir vērtēta. Transformācijas algoritma un rīka pārbaudi veica, risinot mācību kursu un studiju programmu salīdzināšanas uzdevumos. Pirmajā uzdevumā no viena mācību kursa vairākām konceptu kartēm, pielietojot to transformāciju uz ontoloģijām un vēlāk izmantojot ontoloģiju apvienošanas rīkus, ir iegūta visa kursa ontoloģija ([32]). Savukārt, pielietojot inverso transformāciju, tika iegūta apvienotā konceptu karte, kas ir lietotājam daudz vieglāk saprotama un uztverama nekā ontoloģija. Bet otrajā uzdevumā, kas ir saistīts ar studiju programmu salīdzināšanu, konceptu kartes tika izmantotas, kā zināšanu struktūra, kurā glabāt informāciju par studiju</p>

	<p>programmām un izmantojot ontoloģiju analīzes un klasterēšanas metodes, ir meklētas studiju programmu līdzības ([29]). Arī šeit ir pārbaudīta transformācija no konceptu kartes uz ontoloģiju.</p>
<p>9. Pilnveidot zināšanu struktūru novērtēšanas metodi.</p>	<p>Konceptu karšu (KK) analīzes rezultātā ir noteikts, ka ir liela uz KK balstītu uzdevumu daudzveidība ([28]), Taču, kā tika noskaidrots literatūras analīzē, zināšanu vērtēšanai tiek izmantoti 23 dažādi uzdevumu veidi. Septiņi no tiem minēti vairāk nekā trīs literatūras avotos (3 no tiem ir KK aizpildīšanas, bet 4-konstruēšanas uzdevumi). Tika izpētīta arī šos uzdevumus veidojošo faktoru savstarpējā atkarība ([36]). Veicot literatūras analīzi, ir identificēti KK uzdevumu vērtēšanai izmantotie kritēriji: 21 kritērijs KK komponentu vērtēšanai, 16 KK struktūras mēri un 5 cita veida kritēriji. Ne visi kritēriji ir piemēroti visu veidu KK uzdevumu vērtēšanai, tāpēc tie ir sagrupēti pēc to piemērotības dažādiem KK uzdevumu veidiem, lai būtu iespējams izstrādāt katram uzdevumu veidam piemērotāko vērtēšanas metodi. Lai pamatotu lēmumu KK vērtēšanā iekļaut arī attieksmi aprakstošās frāzes analīzi, ar aprēķiniem ir pierādīts, ka tai ir būtiska ietekme uz kopējo KK vērtējumu ([37]).</p>
<p>10. Izstrādāt rīku struktūrmodelēšanas pieejas un modeļu transformācijas algoritmu atbalstam.</p>	<p>Analizējot a) iepriekšējo gadu studentu konceptu kartes, b) IKAS savākto statistiku par to, cik daudz studentu samazina/paaugstina uzdevuma grūtības pakāpi, kā arī c) studentu atbildes uz anketas jautājumiem par uzdevuma grūtības pakāpēm un pārejām starp dažādām grūtības pakāpēm, gatavojot IKAS studentu zināšanu vērtēšanai jaunajā mācību gadā tika secināts, ka par sākotnējo uzdevuma grūtības pakāpi ir jāuzstāda 6. grūtības pakāpe. Iemesls tam ir tāds, ka tieši šī uzdevuma grūtības pakāpe ļauj katram studentam atrast viņam vispiemērotāko grūtības pakāpi, jo a) nodrošina visvairāk iespēju samazināt grūtības pakāpi, b) ļauj studentiem redzēt, ar ko atšķiras dažādu grūtības pakāpju uzdevumi, un c) studentiem, kam ir augsts zināšanu līmenis, nodrošina iespēju neizpildīt pārāk vienkāršus uzdevumus, lai</p>

	<p>sasniegtu visaugstāko grūtības pakāpi ([38], [41]). IKAS ir papildināta ar studenta modeli, kas paaugstina adaptivitāti katram studentam (prom.d. [77]).</p>
<p>11. Izstrādāt dzīvotspējīgo sistēmu modelī sakņotu zināšanu plūsmu modeli.</p>	<p>Veikti pētījumi par mobilo tehnoloģiju attīstību pāris pēdējo gadu laikā un dažādu jaunu mobilo ierīču un to pieejamību un izplatību, salīdzinot ar vienkāršiem mobilajiem tālruniem. Veikti pētījumi aģentu tehnoloģijas jomā ar uzsvāru uz integrācijas aspektu ar mobilo tehnoloģiju risinājumiem. Tajā skaitā ir pētītas darba plūsmu pieejas izmantošanas iespējas aģentu un mobilo tehnoloģiju kontekstā. Rastie risinājumi ir pielietoti papildus veikto pētījumu jomā par personīgo zināšanu pārvaldības sistēmas (PZPS) konceptuālo attīstību un tās pielietojumu mācību vides atbalstam ([50]).</p> <p>Veikti pētījumi par darba plūsmu un biznesa procesu modelēšanu ar aģentu tehnoloģijām. Tā rezultātā ir izstrādāta pieeja integrācijas nodrošināšanai starp mākoņskaitļojamām biznesa procesu vadības sistēmām BPVS un organizācijās esošajām informācijas sistēmām un aparāturu, kas pamatojas uz darbā piedāvāto mobilo aģentu sistēmas arhitektūru ([6], [34], [16]).</p> <p>Ir veikti sākotnēji pētījumi par studiju programmu aprakstīšanu konceptu karšu veidā, lai vēlāk tos būtu iespējams analizēt un izmantot personalizētu mācīšanās ceļu izveidošanai ([7])</p> <p>Ir veikta ontoloģiju analīze, lai novērtētu iespējas no tām iegūt likumus, kam varētu izmantot tradicionālos izveduma mehānismus ([9])</p>
<p>12. IZanalizēt alternatīvas zināšanu struktūru klasifikācijas iespējas un salīdzināt ar interaktīvo induktīvās apmācības sistēmu zināšanu struktūru klasifikācijai.</p>	<p>Uzdevuma izpildei ir izvēlēta izglītības joma un datu avots - universitātes kursu apraksti, kas satur problēmspecifiskus datus - kursus iegūstamās zināšanas, prasmes, un kompetences. Rezultātā ir izstrādāta metode, kas ietver zināšanu struktūru (zināšanu standartu, vārdnīcu, taksonomiju) un pielāgota teksta apstrādes risinājuma izmantošanu, lai datu avotos identificētu zināšanu struktūrās esošos konceptus. Izstrādātajā metodē papildus</p>

	<p>zināšanu struktūrām ir izmantotas dabīgās valodas apstrādes metodes: vārdu identificēšana, vārdu sakņu izdalīšana (angl. <i>stemming</i>) un lieko vārdu (angl. <i>stopwords</i>) izslēgšana, kas uzlabo konceptu identificēšanu tekstā. Metodes darbināšanai izstrādāts programmatūras prototips, kas ir komponents teksta analīzes platformā <i>Apache UIMA</i>. Raksturoti scenāriji, kā identificētos konceptus (problēmspecifiskos datus) var izmantot tālākai apstrādei, piemēram, lai savā starpā salīdzinātu kursus; salīdzinātu kursus ar darba sludinājumiem, tādā veidā nodrošinot informāciju lēmumu pieņemšanai, piemēram, par kursa satura pārskatīšanu. Izmantojot metodi un programmatūras prototipu, ir veikta analīze par <i>Software Engineering Body of Knowledge</i> standarta saistību ar RTU bakalaura līmeņa studiju programmu "Datorsistēmas". ([8], [39], [40], [45])</p>
<p>13. Izstrādāt metodi problēmspecifisku datu izgūšanai no dokumentiem, izmantojot Web tehnoloģijas un dažādas zināšanu struktūras.</p>	<p>Uzdevuma izpildei ir izvēlēta izglītības joma un datu avots - universitātes kursu apraksti, kas satur problēmspecifiskus datus -ursos iegūstamās zināšanas, prasmes, un kompetences. Rezultātā ir izstrādāta metode, kas ietver zināšanu struktūru (zināšanu standartu, vārdnīcu, taksonomiju) un pielāgota teksta apstrādes risinājuma izmantošanu, lai datu avotos identificētu zināšanu struktūrās esošos konceptus. Izstrādātajā metodē papildus zināšanu struktūrām ir izmantotas dabīgās valodas apstrādes metodes: vārdu identificēšana, vārdu sakņu izdalīšana (angl. <i>stemming</i>) un lieko vārdu (angl. <i>stopwords</i>) izslēgšana, kas uzlabo konceptu identificēšanu tekstā. Metodes darbināšanai izstrādāts programmatūras prototips, kas ir komponents teksta analīzes platformā <i>Apache UIMA</i>. Raksturoti scenāriji, kā identificētos konceptus (problēmspecifiskos datus) var izmantot tālākai apstrādei, piemēram, lai savā starpā salīdzinātu kursus; salīdzinātu kursus ar darba sludinājumiem, tādā veidā nodrošinot informāciju lēmumu pieņemšanai, piemēram, par kursa satura pārskatīšanu. Izmantojot metodi un programmatūras prototipu, ir veikta analīze</p>



	par <i>Software Engineering Body of Knowledge</i> standarta saistību ar RTU bakalaura līmeņa studiju programmu "Datorsistēmas". ([8], [39], [40], [45])
14. Paplašināt integrēto portālu ietvaru ar semantiskā tīmekļa tehnoloģijām.	Ir izpētīta semantiskā tīmekļa tehnoloģiju pielietošana portālu komponentu izstrādē, noteiktas šo tehnoloģiju izmantošanas priekšrocības un problēmas, kas var rasties, tās izmantojot, kā arī ir parādīts, kā atbilstoši mainās portālu izstrādes metodoloģija. Ir izstrādāti vairāki portāli, kas ir izvietoti demonstrācijas portālā, kas ir viens no iepriekšējā posma rezultātiem ([33], [42]). Izstrādātie portāli demonstrē semantiskā tīmekļa tehnoloģiju izmantošanas ieguvumus datu integrēšanas un atkārtotas izmantošanas kontekstā. Portāli ir izstrādāti atbilstoši nozares standartiem un var tikt izmantoti arī citos portālos.
<b>Rezultatīvie rādītāji</b>	

### Rezultatīvie rādītāji

Rezultatīvais rādītājs		Publicēts/ sasniegts/ aizstāvēts	pieņemts	iesniegts	sagatavots iesniegšanai
Zinātniskās publikācijas	Monogrāfijas	1			
	Nodaļas monogrāfijās	2			
	Publikācijas, kas atrodamas SCI, SCOPUS vai Web of Science datubāžu izdevumos	9	8	2	
	Citi zinātniskie izdevumi	23	3	1	1
	Populārzinātniskie raksti				
Konferenču tēzes					
Bakalauru darbi		40			
Maģistru darbi		23			
Promocijas darbi		5		1	
Patenti					
Izstādes					
Nolasītas lekcijas/referāti starptautiskos kongresos / konferencēs					

Tehnoloģiju, metožu, pilotiekārtu vai pakalpojumu skaits, kas aprobētas uzņēmumos				
Citi sasniegtie rādītāji				

**6. Projekta** Grafēns, modificēts grafēns un grafēnu saturoši kompozītmateriāli perspektīviem pielietojumiem pārklājumos, nanoierīcēs un sensoros, enerģijas konversācijai **mērķis** ir izstrādāt metodes grafēna, modificētagrafēnu saturošu kompozītmateriālu iegūšanai, izpētīt iegūto materiālu ķīmiskās un fizikālās īpašības un perspektīvas to pielietošanai enerģijas pārveidotāju ierīcēs, virsmu pārklājumos, nanoierīcēs un sensoros.

**Projekta īstenošanā iesaistītās zinātniskās institūcijas**

1. Latvijas Universitāte (LU)
2. Latvijas Universitātes Cietvielu fizikas institūts (LU CFI)
3. Rīgas Tehniskā universitāte (RTU)
4. Fizikāli enerģētiskais institūts (FEI)

**Projekta 3.posma īstenošanai piešķirtais finansējums (latos)**

115440 Ls

Plānotais 2010-2013. Ls	Apgūts 2010 Ls	Apgūts 2011 Ls	Apgūts 2012 Ls	Apgūts 2013 Ls
			115440 Ls	

**Projekta 3.posma darba uzdevumā izvirzītie uzdevumi un galvenie rezultāti**

Darba uzdevumi	Galvenie rezultāti
1. Grafēna atdalīšanas no grafitā, slāņu daudzuma noteikšanas un to novietojuma definētā vietā metodes izstrādāšana.	Izstrādāta metode grafēna slāņu atdalīšanai no grafitā virsmas, izmantojot grafēna adsorbciju un Ge nanovadiem. Izmantojot Ge nanovadu kā nanoelektromehānisko masas sensoru, tika noteikta grafēna masa un aprēķināts grafēna monoslāņu skaits paraugā. Realizēta grafēna pārnese uz definētām pozīcijām uz virsmas.
2. Grafēna modificēšana sorbcijas procesos	CVD audzēts grafēna monoslānis modificēts sorbcējot uz tā jodu dažādās temperatūrās. Parādīta vadāmības samazināšanās grafēnā joda sorbcijas rezultātā. Noteikta ar jodu dopēta grafēna fotovadāmība.
3. Lielas intensitātes impulsu veida magnētiskā lauka ietekmes izvērtēšana uz oglekļa nanocaurulītes saturošiem polimēru nanokompozītiem	Izstrādāta eksperimentālā bāze polimēru kompozīciju deformatīvo īpašību izpētei impulsu magnētiskā laukā. Veikta impulsu magnētiskā lauka ietekmes izvērtēšana oglekļa nanocaurulītes saturošu stirola-akrilāta kopolimēra nanokompozītiem.
4. Izpētīt iespēju iegūt grafēna oksīda vienslāņa un daudzslāņu pārklājumus izmantojot Lengmīra-Blodžetas (LB) tehnoloģiju	Izstrādāta metodika Lengmīra-Blodžetas (LB) tehnoloģijas izmantošanai vienslāņa un daudzslāņu grafēna oksīda pārklājumu iegūšanai uz stikla paliktņiem.
5. Izpētīt grafēna un modificēta grafēna mikroelektrofizikālās īpašības.	Grafēna un modificēta grafēna vadītspējas noteikta ar modificētu atomspēku mikroskopa palīdzību, veikti virsmas potenciāla mērījumi ar Kelvina zondes AFM.
6. Grafēna nanolenču-metāla (GNR-Me: Au, Ag, Ni, Co, Pt, Pd, Cu)	Kvantu izkliedes teorija un klasteru pieeja efektīvas vides tuvinājumā ietvaros tika izstrādāts grafēna

<p>starsavienojumu elektriskās vadītspējas modeļu izstrāde un elektriskās pretestības izskaitļošana.</p>	<p>nanolenšu-metāla (GNR-Me: Au, Ag, Ni, Co, Pt, Pd, Cu) un starsavienojumu elektriskās vadītspējas modelis.</p> <p>Minēto starsavienojumu elektriskās pretestības skaitliskie pētījumi atkarībā no kontaktu variantiem un morfoloģijas starsavienojumu elektriskās prioritātes. Parādīts, kā Ag, Au un Pt kontakti demonstrē redzami zemāko elektrisku pretestību.</p>	
<p>7. Pētīt LiFePO<sub>4</sub> materiāla struktūras un elektroķīmisko īpašību izmaiņas, to kristalizējot. Līdzīgas struktūras materiālu Li<sub>2</sub>MXO<sub>4</sub> tipa (M = Fe, Mn, X=Si, C) un to plāno kārtiņu fizikāli ķīmisko īpašību izpēte pielietojumiem baterijās, ja viens no elektrodiem ir grafēns vai tā kompozīts.</p>	<p>Veikta analīze par grafēnu un tā pielietojumiem, lai uzlabotu elektrovadītspēju litija jonu bateriju katodmateriālos.</p> <p>Pētīti LiFePO<sub>4</sub> un Li<sub>2</sub>FeSiO<sub>4</sub> tilpuma materiāli un plānās kārtiņas, nosakot raksturīgos fizikālos un elektroķīmiskos parametrus. Pilnveidota mērķa sagatavošanas metode, noskaidrojot, optimālāko pamatnes materiālu, turpmākajiem eksperimentiem, izmantojot grafēna piemaisījumus, kā daļu no elektrodu kompozītmateriāla.</p>	
<p>8. Aprobēt esošo MOCVD iekārtu CVD procesa realizēšanai grafēna pārklājuma iegūšanai. Izstrādāt specializētu reaktoru CVD procesa realizācijai ar atbilstošu aprīkojumu. Izstrādāt metodiku grafēna pārklājumu iegūšanai uz izolējoša un pusvadītāja substrāta.</p>	<p>Sintezēts grafēns uz vara folijas CVD procesā ar esošo MOCVD iekārtu. Grafēna kārtiņas vienmērība mērīta ar SEM. Izstrādāta metode grafēna atdalīšanas no grafīta un to novietošanas uz silīcija virsmas izmantojot grafīta (HOPG) griešanu (dziļums 1000 nm) ar impulsa lāzeru veidojot 40x40 mikrometru struktūru masīvus, kurus pēc tam pārnes uz silīcija virsmu ar “zīmoga” kontaktprintēšanu. Rezultāta sasniegts 5x5 milimetru laukums pārklāts ar 40x40 mikrometru no 1 līdz 5 slāņiem grafēna kvadrātiņiem.</p>	
<p>9. Oglekļa nanocaurulīšu ievadīšanas tehnoloģijas izstrāde akrilātu polimēru matricā, dispersijas kvalitātes izvērtēšana.</p>	<p>Veikta tehnoloģijas izstrāde daudzsienu nanocaurulīšu ievadīšanai stirola akrilāta kopolimēru (SAK) matricās. Veikti būtiski uzlabojumi nanokompozītu iegūšanas tehnoloģijā nolūkā samazināt to iegūšanas ciklu. Pārskata perioda ietvaros pētītie nanokompozīti iegūti plašā sastāva diapazonā (0,01 – 2,0 m. %). Uzsākti aktuālie pētījumi par nanodaļiņu disperģējamības novērtēšanu ūdenī, kā arī polimēra matricas suspensijā. Vienlaicīgi tiek veikti pētījumi par nanodaļiņu disperģēšanas pakāpes atkarību no laika.</p>	
<p>10. Oglekļa nanocaurulīšu / akrilātu polimēru nanokompozītu struktūras un ekspluatācijas īpašību pētījumi.</p>	<p>Pētītas ar uzlaboto metodi iegūto SAK matricas nanokompozītu kalorimetriskās un stiprības-deformācijas īpašības. Tā, konstatēts, ka ar modificēto tehnoloģiju iegūtā nanokompozīta stiepes tecēšanas spriegums pie 2% pildvielas satura ir aptuveni par 40% augstāks nekā izmantojot sākotnējo iegūšanas tehnoloģiju. Vienlaicīgi turpināti pētījumi par SAK matricas nanokompozītu relaksācijas procesiem, izmantojot termomehāniskās un dilatometriskās, dinamiski mehāniski termiskās analīzes analīzes un diferenciāli skenējošās kalorimetrijas mērījumu metodikas. Noteikts, ka nanodaļiņu ievadīšanas rezultātā novērojama stirola un</p>	

	<p>akrilātu grupu raksturīgo pāreju novirze augstāku temperatūru virzienā. Noteikti nanokompozītu lineārās termiskās izplešanās koeficienti. Konstatēts, ka nanopildvielas ievadīšanas rezultātā nanokompozītu lineārie termiskās izplešanās koeficienti būtiski samazinās, kas acīmredzot ir saistīts ar noteiktu polimērmatrixas un nanodaļiņām mijiedarbību. Konstatēts, ka lineāro termiskās izplešanās koeficientu samazināšanās korelē ar nanokompozītu elastības moduļa un stiprības pieaugumu.</p>	
<p>11. Grafēna ievadīšanas tehnoloģijas izstrāde akrilātu polimēru matricā, dispersijas kvalitātes izvērtēšana.</p>	<p>Ievērojot oglekļa nanocaurulītes saturošo SAK matricas nanokompozītu iegūšanas pieredzi, uzsākts darbs pie grafēnu saturošo polimēru nanokompozītu iegūšanas tehnoloģijas izstrādes, pamatzināšanu piešķirot dažāda veida grafēnu augstas dispersijas kvalitātes nodrošināšanai ūdenī, kā arī polimēra matricas suspensijā ilgstošā laika periodā. Vienlaicīgi uzsākta arī metodikas izstrāde grafēnu saturošo sistēmu dispersijas kvalitātes novērtēšanai. Iegūtas grafēnu saturošas kompozīcijas, nanopildvielas sastāva diapazonā 0,01 līdz 2 m. %. Grafēna ievadīšanas kvalitāte novērtēta veicot termogravimetriskās analīzes eksperimentus. Vienlaicīgi veikti arī pirmie pētījumi par iegūto kompozīciju struktūru.</p>	
<p>12. Izstrādāt nanostruktūras dizainu polimēru/grafīta nanostruktūru (PGN) polimēru/termiski eksfoliētā grafīta (PTEG) kompozītiem, kuri uzrāda pjezorezistīvo efektu.</p>	<p>Izstrādāts poliiizoprēna/MWCNT kompozītu un poliiizoprēna/TEG kompozītu nanostruktūras dizains. Maksimāls pjezorezistīvais efekts šādos kompozītos sagaidāms pie nanostrukturētās pildvielas vērtībām, kas par 3 līdz 5 masas daļām pārsniedz elektrovadītspējas perkolācijas sliekšņa vērtības. Grafīta nanostruktūrām polimēra matricā ir jāveido agregāti, kas savukārt veidos elektrovadošos kanālus.</p>	
<p>13. Izstrādāt tehnoloģiju tādu polimēru/grafīta nanostruktūru (PGN) un PTEG kompozītu izgatavošanai, kuriem piemīt pjezorezistīvais efekts.</p>	<p>Izstrādāta inovatīva tehnoloģija PGN un PTEG kompozītu izgatavošanai, kas satur šādus soļus: 1) GN un TEG pulveru dispersija piemērotā organiskajā šķīdinātājā (OŠ), izmantojot ultraskaņas homogenizatoru optimālā jaudas režīmā; 2) polimēra izšķīdināšana atbilstošajā OŠ; 3) dispersijas un šķīduma savstarpēja sajaukšana, pielietojot magnētisko maisītāju; 4) šķīdinātāju iztvaicēšana; paraugu izgatavošana termiski vulkanizējot.</p>	
<p>14. Izgatavot PTEG kompozītu paraugus.</p>	<p>Izmantojot aprakstīto tehnoloģiju, izgatavoti paraugi ar dažādu nanografīta pulveru dažādām koncentrācijām.</p>	
<p>15. Izstrādāt tehnoloģiju plānu superelastīgu spiediena sensora elementu ieguvei uz PGN bāzes un izgatavot paraugus.</p>	<p>Izstrādāta plānu superelastīgu PGN kompozītu spiediena sensora elementu iegūšanas tehnoloģija. Atrasti atsevišķo kompozītu kārtu optimāli priekšvulkanizēšanas parametri, kā rezultātā veicot visu kompozītu kārtu galīgo savulkanizēšanu vienotā sensora elementā, nenotiek slāņainās struktūras izkropļošana.</p>	

16. Izmērīt elektrisko un mehānisko īpašību parametrus izgatavotajiem paraugiem.	Izgatavotajiem poliizoprēna/MWCNT kompozītu un poliizoprēna/TEG kompozītu paraugiem veikti elektriskās pretestības mērījumi atkarībā no mehāniskā spiediena.	
17. Izmantot grafēna reakcijas ar arēndiazonija vai heteroarēndiazonija sāļiem un grafēna oksīda karboksilgrupu reakcijas ar amīniem un amīdiem nolūkā iegūt jaunus grafēna oksīda un grafēna kovalentus atvasinājumus.	Veiktas grafēna grafēna reakcijas ar diazotētu sulfanilskābi (diazotided sulfanilate) ūdens šķīdumos 0-5 °C temperatūrā, mainot reakcijas laiku un reaģentu attiecības. Parādīts, ka arilēšanas rezultātā ievadītais sulfogrupu saturošais benzola gredzens palielina šķīdību polāros šķīdinātājos, kuros veidojas stabilākas suspensijas. Ievadīto arilgrupu skaits ir neliels un pētījumi tiek turpināti, izmantojot ultrasonifikāciju. Veikta arēndiazonija sāļu sintēze un tetrafluorborāta sāls veidā iegūti un attīrīti tādi para vietā elektronu akceptorus aizvietotājus ( -CN un -NO <sub>2</sub> ) saturošie benzoldiazonija sāļi, kuriem IS spektrā ir raksturīgas svārstības, salīdzinot ar RGO. Veikti GO un RGO arilēšanas reakcijas ar iegūtajiem diazonija sāļiem.	
18. Pētīt iegūto grafēna oksīdu un grafēna kovalento atvasinājumu spektroskopiskās un citas īpašības.	Sintezēto grafēna oksīdu un to kovalento atvasinājumu pētīšanai izmantotas DRUV-Vis, ATR FTIR, NIR, XRD metodes. Savienojumu spektros dominē grafīta un grafēna oksīdiem raksturīgie absorbcijas pīķi. Pārbaudītās un analizētas sekojošas oksidētāju sistēmas grafēna oksīda (GO) sintēzei: <i>Brodie</i> metode: Oksidētāja sistēma: KClO <sub>3</sub> + kūp.HNO <sub>3</sub> (konc.>90%). <i>Staudenmaier</i> metode : oksidētāja sistēma KClO <sub>3</sub> -kūp.HNO <sub>3</sub> - H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> . <i>Hummers</i> metode: Oksidētāja sistēma: H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> +NaNO <sub>3</sub> + KMnO <sub>4</sub> . Salīdzinoši par vispiemērotāko GO sintēze atzīta <i>Hummers</i> metode, kas ir salīdzinoši efektīvāk un drošāk realizējama. Karboksi- un hidroksil- grupu esamību produktā apstiprina IR spektri, v: 3400,1719,1619cm <sup>-1</sup> .	
19. Grafēna oksīda karboksilgrupu izmantošana reakcijās ar amīniem un amīdiem ar mērķi iegūt grafēnu ar paaugstinātu šķīdību.	Grafēna un grafēna oksīda karboksilgrupas mēģināts izmantot šķīstošu sāļu un amīdu iegūšanai. Veikto eksperimentu apjoms ir nepietiekams, lai izdarītu drošus secinājumus par karboksilgrupas izmantošanas iespējām. Sintezēti vienu vai divas hidroksilgrupas saturoši azohromofori ( piemēram 4-((4-(bis(2-hidroksietil)amino)fenil)-diazenil)benzonitrils ) un sākti RGO perifēro karboksilgrupu, modificēšanas reakciju pētīšana ar iegūtajiem savienojumiem. Veikti pētījumi RGO perifēro karboksilgrupu ēsteru veidošanās efektivitātes novērtēšanai dažādās sistēmās, piemēram, jonu šķīdumos.	
20. Funkcionalizēto un nefunkcionalizēto grafēna oksīdu reducēšana par grafēnu.	GO eksfoliācija ūdenī tika veikta, izmantojot sonifikāciju. Pētījumu rezultātā jāsecina, ka mūsu apstākļiem piemērotākā ir reducēšana ar tiourīnvielu,	

	jo salīdzinājumā ar hidrazīna hidrātu vai dimetilhidrazīnu, tiourīnvielai ir zema toksitāte, tā nav gaistoša, t.i. īpašības, kuras padara reducēšanas procesu drošāku. Dažos gadījumos var izmantot arī reducēšanu ar hidrazīnu (ievērojot noteiktus apstākļus un hidrazīna koncentrāciju).	
21. CVD metodes attīstīšana tās pielietojumiem grafēna sintēzei.	Izveidots un pārbaudīts CVD reaktors, tā aprīkojums un izstrādāta metodika grafēna ieguvei. Reaktorā izveidotais gāzu maisījums var tikt padots uz termogravimetrijas kompleksu, kurā līdzīgos apstākļos uz speciāla paliktņa arī var tikt realizēts CVD process „in situ” procesa pētījumiem. CVD iekārta ļauj realizēt grafēna ieguvi plašā temperatūru un gāzu maisījuma spiedienu diapazonā un uz dažādiem paliktņiem.	
22. Slāpekļa sorbcijas noteikšana šķidrā slāpekļa temperatūrās.	Eksfoliētā grafīta struktūra ir ļoti tuva daudzslāņu grafēna struktūrai, kādu iegūstam ar CVD metodi un aktivāciju. Pārādīts, ka pētītā termoeksfoliētā grafīta gāzu absorbcijas modelis ir līdzīgs grafīta absorbcijai, bet atšķiras ar divu specifisku apgabalu klātbūtni uz izotermām, kas nav raksturīgi citu oglekļa struktūru izotermām. Analīze rāda, ka ar termoeksfoliāciju metodi iegūtais daudzslāņu grafēnam (t.s. grafēna papīrs) līdzīgais materiāls ir daudzslāņu struktūra, ar sorbcijas mehānismu līdzīgu sīki dispersām grafīta struktūrām, kur adsorbcijai porās ir maza nozīme. Noteikts, ka sorbcijas spēja grafēna tipa struktūrām ir maza un sastāda 0,1 – 0,15%, kas sakrīt ar līdzīgu struktūru sorbcijas spēju pēc literatūras datiem.	
<b>Rezultatīvie rādītāji</b>		

### Rezultatīvie rādītāji

Rezultatīvais rādītājs		Publicēts/ sasniegts/ aizstāvēts	pieņemts	iesniegts	sagatavots iesniegšanai
Zinātniskās publikācijas	Monogrāfijas				
	Nodaļas monogrāfijās	1			
	Publikācijas, kas atrodamas SCI, SCOPUS vai Web of Science datubāžu izdevumos	3	1	4	3
	Citi zinātniskie izdevumi	2			
	Populārzinātniskie raksti				

Konferenču tēzes	29			
Bakalauru darbi				
Maģistru darbi	2			3
Promocijas darbi				4
Patenti				
Izstādes	2			
Nolasītas lekcijas/referāti starptautiskos kongresos / konferencēs	10 mutisks 19 stenda			
Tehnoloģiju, metožu, pilotiekārtu vai pakalpojumu skaits, kas aprobētas uzņēmumos				4
Citi sasniegtie rādītāji				

**6.5. Projekta mērķis, „Latvijas zinātnieku līdzdalības nodrošināšana Eiropas Savienības programmā ERA-NET MATERA+”**

**Projekta īstenošanā iesaistītās zinātniskās institūcijas**

1. Rīgas Tehniskā universitāte (RTU)

**Projekta 3.posma īstenošanai piešķirtais finansējums (latos)**

40 090 Ls

Plānotais 2010-2013. Ls	Apgūts 2010 Ls	Apgūts 2011 Ls	Apgūts 2012 Ls	Apgūts 2013 Ls
			40 090 Ls	

**Projekta 3.posma darba uzdevumā izvirzītie uzdevumi**

Darba uzdevumi	Galvenie rezultāti
1. Latvijas zinātnieku līdzdalība ERA-Net Plus projekta MATERA+ ietvaros atbalstītā pētniecības projekta "Nanostructured CdTe Solar Cells" īstenošanā.	<p>Noskaidrots, ka lietojot CdTe saules elementam par pamata materiālu Na stiklu, turpmākajā tehnoloģiskajā procesā Na difundē cauri plānajām kartiņām un būtiski pasliktina saules elementa efektivitāti. Labākais risinājums – par pamata materiālu lietot borsilikāta stiklu.</p> <p>Par labāko priekšējo, caurspīdīgo elektrodu pēdējā laikā atrasts ar alumīniju legēts cinka oksīds (AZO).</p> <p>Noskaidrots, ka CdTe saules elementa logam piemērotākais materiāls ir CdS. Lai tā biezums nesamazinātu saules elementa efektivitāti, biezumu izdevies samazināt līdz 80 nm.</p> <p>Tika parādīta iespēja samazināt CdS kristāla raupjumu ar Nd:YAG lāzeru ar intensitāti 2 MW/cm<sup>2</sup> un izaudzēt konusveida nanostruktūras.</p> <p>Apstarojot ZnO kristālu ar stipri absorbējamu lāzera starojumu ar intensitāti 15-20 MW/cm<sup>2</sup>, kristāla struktūras uzlabošanās bija ievērojamāka nekā</p>

	<p>atdedzinot kristālus krāsni.</p> <p>Tika konstatēts, ka pēc ZnO pārklājuma apstrādes ar lāzera starojumu ar intensitāti lielāku par <math>I_{\max} = 15 \text{ MW/cm}^2</math>, ZnO pārklājuma adhēzija samazinās.</p> <p>Tika parādīta iespēja veidot nanostruktūras uz CdTe virsmas ar Nd:YAG lāzeru. Apstarojot ar intensitāti <math>6-8 \text{ MW/cm}^2</math> uz CdTe virsmas veidojas nanokonusi ar izmēru no 20 nm līdz 50 nm, apstarojot ar intensitāti <math>10 \text{ MW/cm}^2</math> -veidojas nanokonusi ar izmēru no 10 nm līdz 30 nm.</p> <p>Tika parādīta iespēja pielietot tumsas strāvas dzišnas kinētiku, lai raksturotu elektrisko kontaktu kvalitāti.</p>
<b>Rezultatīvie rādītāji</b>	

### Rezultatīvie rādītāji

Rezultatīvais rādītājs	Publicēts/ sasniegts/ aizstāvēts	pieņemts	iesniegts	sagatavots iesniegšanai	
Zinātniskās publikācijas	Monogrāfijas				
	Nodaļas monogrāfijās				
	Publikācijas, kas atrodamas SCI, SCOPUS vai Web of Science datubāžu izdevumos	1			
	Citi zinātniskie izdevumi	1			
	Populārzinātniskie raksti				
Konferenču tēzes	1				
Bakalauru darbi					
Maģistru darbi					
Promocijas darbi					
Patenti					
Izstādes					
Nolasītas lekcijas/referāti starptautiskos kongresos / konferencēs					
Tehnoloģiju, metožu, pilotiekārtu vai pakalpojumu skaits, kas aprobētas uzņēmumos					
Citi sasniegtie rādītāji					



Projekta vadītājs	<u>Māris Sprīngis</u> (vārds, uzvārds)	<u>(paraksts*)</u>	<u>(datums*)</u>
Projekta vadītājs	<u>Modris Greitāns</u> (vārds, uzvārds)	<u>(paraksts*)</u>	<u>(datums*)</u>
Projekta vadītājs	<u>Jānis Zicāns</u> (vārds, uzvārds)	<u>(paraksts*)</u>	<u>(datums*)</u>
Projekta vadītājs	<u>Līga Bērziņa-Cimdiņa</u> (vārds, uzvārds)	<u>(paraksts*)</u>	<u>(datums*)</u>
Projekta vadītājs	<u>Jānis Bārzdiņš</u> (vārds, uzvārds)	<u>(paraksts*)</u>	<u>(datums*)</u>
Projekta vadītājs	<u>Donāts Erts</u> (vārds, uzvārds)	<u>(paraksts*)</u>	<u>(datums*)</u>
Projekta vadītājs	<u>Maija Bundule</u> (vārds, uzvārds)	<u>(paraksts*)</u>	<u>(datums*)</u>
Projekta vadītājs	<u>Andris Šternbergs</u> (vārds, uzvārds)	<u>(paraksts*)</u>	<u>(datums*)</u>