

Zinātnisko pētījumu progresu apliecināšana dokumentācija

ERAF projekts No. 2010/0253/2DP / 2.1.1.1.0/10/APIA/VIAA/079

2013.g.1. maijs – 2013.g. 30. septembris

Aktivitāte Nr.1.

Projekta realizēšana

Turpinās darbs pie projekta realizēšanas. Tiek sekots zinātniskajai literatūrai par jauniem baltās gaismas avotiem un perspektīvu materiālu spektrālām īpašībām. Tiek veikti spektrālie pētījumi un rezultātu apkopošana atbilstoši paredzētajām aktivitātēm. Par iegūtiem rezultātiem ir ziņots starptautiskās konferencēs un sagatavotas publikācijas.

Aktivitāte Nr. 2.

AlN – baltās gaismas starotāja pamats, izstrāde un izpēte.

Tiek turpināts iesāktais darbs. Izvērtējot veiktos pētījumus par dažāda sastāva AlN spektrālām īpašībām, ir izveidots pulveru maisījums, kas sastāv no 3 komponentēm (AlN pulveris, AlN:Mn un AlN:Tb). Ir konstatēts, ka šāds pulveru maisījums staro balto gaismu, ja to ierosina ar 263 nm gaismu, kas atbilst Hg atomu starojumam, ko lieto luminiscentās lampās. Tiek atkārtoti pārbaudīts materiāla sastāvs, ko veido atsevišķas sastāvdaļas: AlN, AlN:Tb un AlN:Mn pulveri un PMMA saistviela-matrica, kurā ir iebūvēti minētie pulveri, kas atbilst to optimālai starotāja koncentrācijai.

Aktivitāte Nr.3.

Al₂O₃ – baltās gaismas starotāja pamats, izstrāde un izpēte.

Darbs pie aktivitātes Nr.3 ir pabeigts un tiek apkopotī iegūtie eksperimentālie rezultāti. Šie rezultāti ir parādījuši, ka materiāls nav perspektīvs baltās gaismas starotāja izveidei un daudz perspektīvāki ir materiāli, ko veido AlN pulveri ar dažādiem sastāviem.

Aktivitāte Nr.4.

Jaunu materiālu – salikto oksīdu pulveru YAO, ZYO, CaWO sagatavošana un luminiscento īpašību izpēte.

ZYO, CaWO un YAO nanopulverus aktivējot ar retzemju elementu trīsvērtīgiem pozitīviem joniem (RE³⁺) pamatvielā tiek izmainītas pašvielas defektu koncentrācijas. Aktivators RE³⁺ ir nepieciešams, lai iegūtu luminiscēci sarkano gaismu, kā tas paredzēts RGB sistēmas kombinētajos luminoforos, kuri emitē balto gaismu. Iebūvējoties ZYO aktivatora RE³⁺ jons aizvieto Zr⁴⁺ un sintēzes procesā lādiņa kompensācijai materiālā veidojās skābekļa vakances. Eksperimentos noskaidrojām, ka minētās vakances ievērojami kavē enerģijas un lādiņu pārneš, kādēļ samazinās luminiscences efektivitāte. Lai panāktu augstāku luminiscences efektivitāti ZYO aktivatora RE³⁺ lādiņa kompensācijai materiālā papildus tika ievadīts Nb⁵⁺, cerot, ka samazināsies skābekļa vakanču daudzums. Iepriekšējā posma beigās tika

veikti atbilstošie eksperimenti un konstatēts, ka minētā dubultā aktivēšana luminiscences efektivitāti palielina vairākas reizes. Taču Nb ir dārgs metāls, tādēļ šajā posmā tika meklēta iespēja aizvietot Nb ar citu metālu un izpētīti ZYO dubultaktivētie nanopulveri, kuros viens aktivators bija Eu^{3+} , bet otrs aktivators tika meklēts virknē V, Cr, Mo, Sb. Labākie rezultāti iegūti par otro aktivatoru izmantojot V un Mo. CaWO aktivators RE^{3+} iebūvējās slikti, pārsvarā šajā materialā RE iebūvējās Ca vieta un aktivators ir RE^{2+} , kurš izmantojams RGB sistēmas kombinētajos luminoforos zilās komponentes iegūšanai.

Aktivitāte Nr.5.

Keramikū sacepināšana no YAO, ZYO, CaWO, ZnO pulveriem un luminiscento īpašību izpēte.

Nanopulveru (brīvo nanokristālu) izmantošana dažādās ierīcēs, arī gaismas avotos, ir saistīta ar sarežģītu tehnisku problēmu risināšanu, galvenokārt ar nepieciešamību pulverus mehāniski nostiprināt ierīcē. Literatūras izpēte parādīja, ka perspektīvāki materiāli gaismas avotiem ir no nanokristāliem izgatavotas keramikas, sevišķi tās, kuras ir optiski caurspīdīgas. Alternatīvas varētu būt luminiscējošas nanodaļiņas stiklos vai arī polimēros. Pēdējais variants vērtējams kā ļoti perspektīvs un viena no tā sagaidāmajām priekšrocībām ir iespējamā ļoti lētā izgatavošana.

Iepriekšējā pētījumu posmā izdevās iegūt neliela izmēra caurspīdīgu ZYO keramiku un aktivēt to ar retzemju elementiem (RE). Svarīgi ir, ka šajā keramikā var realizēt augšūppārveidoto luminiscenci. Tas nozīmē, ka luminiscenci spektra redzamajā daļā var ieosināt ar infrasarkanā starojuma. Šajā posmā veikto pētījumu rezultāti parādīja, ka ZYO keramikā iespējams iegūt agšūppārveidoto luminiscenci spektra sarkanajā daļā un arī spektra zaļajā daļā. Lai iegūtu baltās gaismas luminoforu vēl nepieciešama luminiscence spektra zilajā daļā. Veiktie pētījumi par RE elektronisko līmeņu novietojumu ļauj pronozēt, ka šāda iespēja pastāv. Līdz ar to ir iespējamība, ka varētu būt pusvadītāju diodes, kuru emitēto tuvo infrasarkanā starojuma luminofors pārveidotu baltajā gaismā.

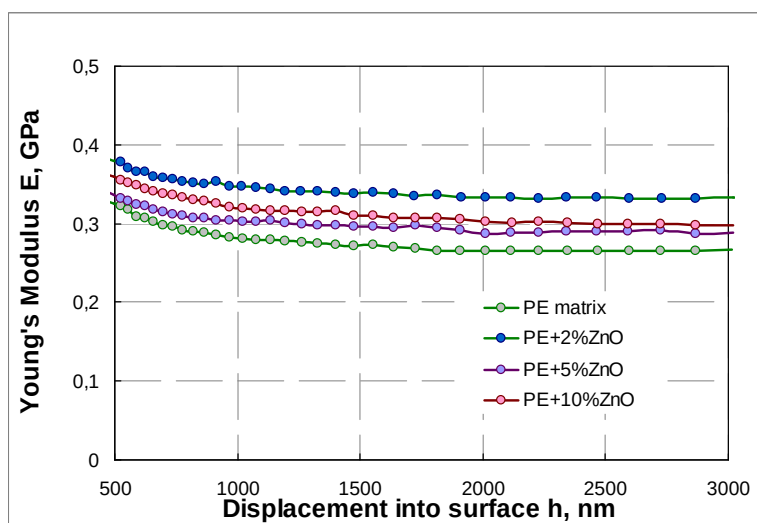
Šajā projekta posmā tika turpināti arī eksperimenti ar ZnO keramiku, kura dod luminiscenci spektra zilajā un arī zaļajā daļā, un ir iegūtas šīs keramikas ar lielāku blīvumu nekā tās, kuras izgatavojām projekta iepriekšējā posmā.

Aktivitāte Nr.6.

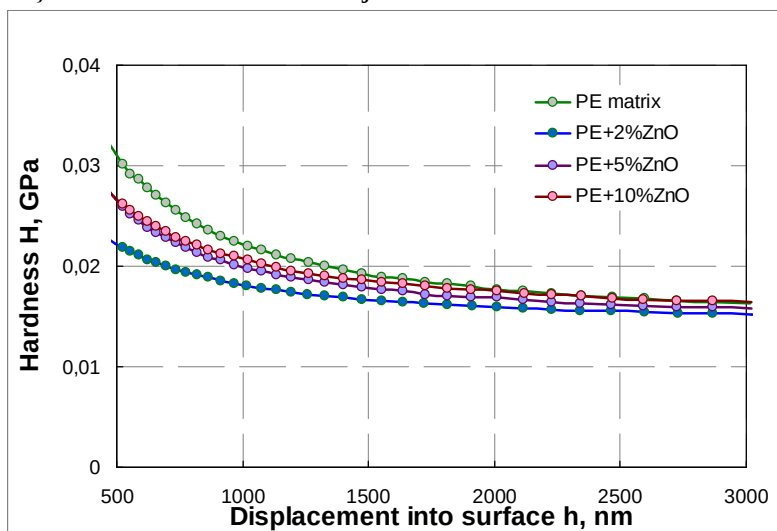
Nanostrukturēto ZnO paraugu sintēze un īpašību izpēte

Turpināta polietilēna/ZnO nanokompozītu mikromehānisko īpašību izpēte. Noskaidrots, ka cieto ZnO nanopulveru ievadīšana polimēra matricā paaugstina kompozīta Junga moduli (Zīm.1). Efekts ir atkarīgs no nanopulvera koncentrācijas un sasniedz maksimumu nanokompozītiem ar 2 svara % ZnO pulvera saturu. Augstākām koncentrācijām efekts samazinās, kas izskaidrojams ar nanopulveru aglomerāciju. Daļiņām salīpot, vāji saistītās robežvirsmas starp tām pazemina mehāniskās īpašības. Pulveru dispersijas uzlabošana turpmākajos eksperimentos ir aktuāls uzdevums. Nanokompazīta cietība maz atšķiras no matricas cietības. Novērojams pat neliela nanokompozīta mīkstināšanās (Zīm.2), kas liecina par vāju mijiedarbību uz matricas robežvirsmām ar pulveri. Tādēļ plastiskās deformācijas procesā dominē matricas īpašības. Mijiedarbības procesi uz nanokompozīta robežvirsmām būtiski iespaido ZnO nanodaļiņu virsmas luminiscences ieguldījumu. Zema adhēzija ļauj saglabāt virsmas luminiscences ieguldījumu, bet augstāka to var dzēst. PE/ZnO nanokompozīti ir interesanti objekti luminiscences uzlabošanai apstarošanas ceļā, jo

ļauj variēt virsmas luminescences ieguldījumu, ievadot plastifikatorus vai citas aktīvas piedevas matricā.



Zīm.1. Polietilena/ZnO nanokompozīta Junga moduļa atkarība no indentora iespiešanas dziļuma un ZnO koncentrācijas



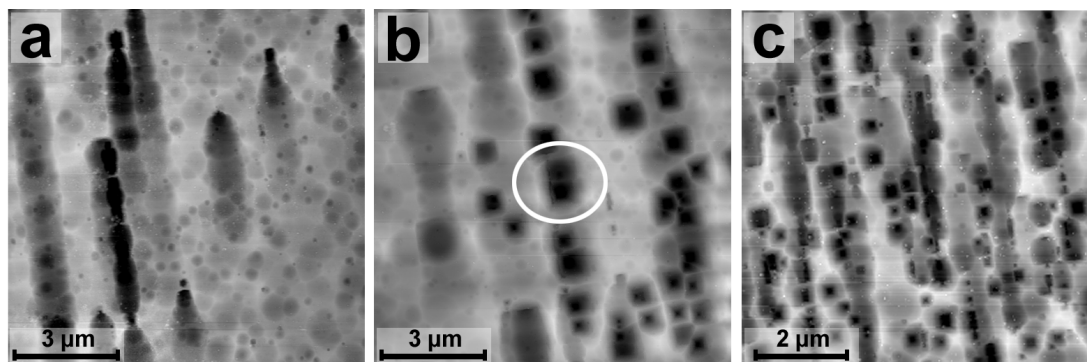
Zīm.2. Polietilena/ZnO nanokompozīta nanocietības atkarība no indentora iespiešanas dziļuma un ZnO koncentrācijas

Aktivitāte Nr.7.

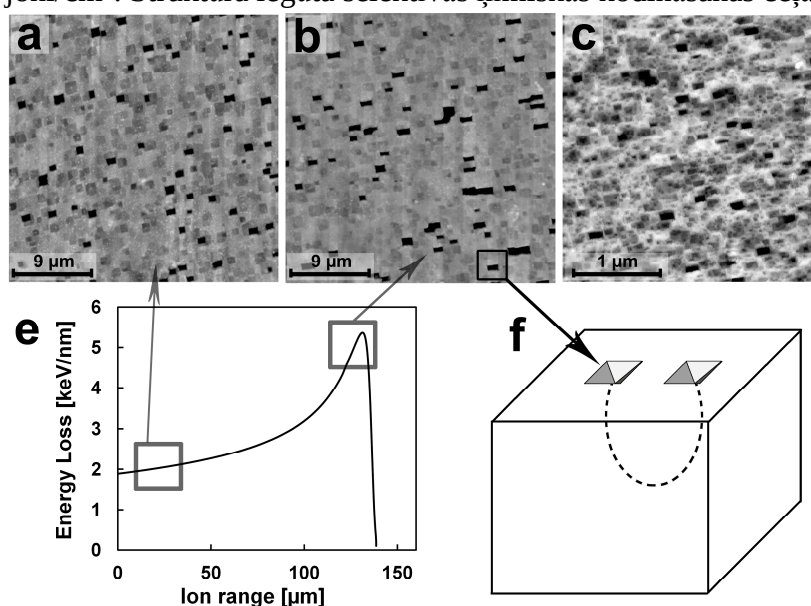
Projektā izstrādāto materiālu mikromehānisko īpašību raksturojums.

Saistībā ar apstarošanas ietekmi uz pētāmo materiālu (ZnO, MgO un LiF) luminescentām un mikromehāniskām pētīta dislokāciju veidošanās, apstarojot tos ar MeV enerģijas smagajiem (urāns) un vieglajiem (sērs) joniem. Spektroskopiskie un struktūras pētījumi ar augstu fluenci apstarotos kristālos uzrāda ne tikai primāro krāsu

centru (F-centri), bet arī to agregātu (prizmatisko dislokāciju cilpu) veidošanos, to izmēram atkarībā no dozas mainoties no dažiem desmitiem līdz simtiem nanometru un koncentrācijai sniedzoties līdz 10^{10} cm^{-2} . Detalizēta izpēte veikta ar ātrajiem sēra un urāna joniem apstarotos LiF kristālos kā modeļa materiālos. Atomspēka mikroskopijas attēli (Zīm.1) parāda struktūras evolūciju, palielinoties apstarošanas doza ar smagajiem joniem.



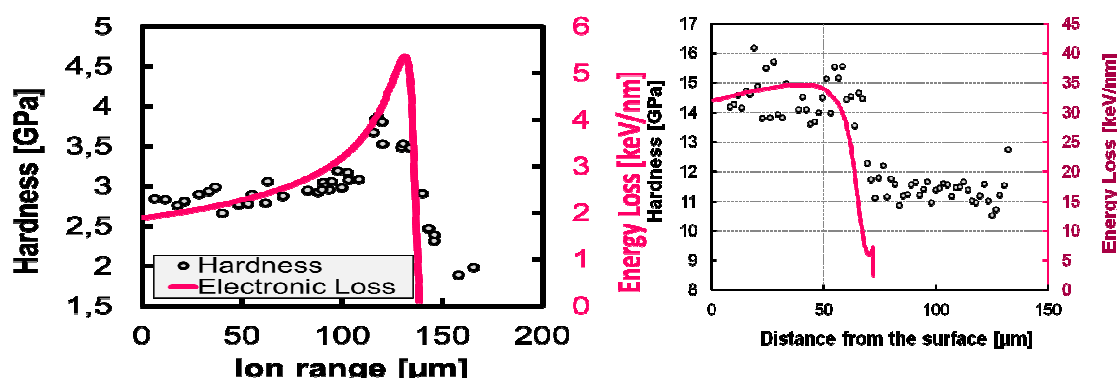
Zīm.1. Dislokāciju aizmetņu (a) un dislokāciju rindu (b) un (c) veidošanās LiF kristālā pēc apstarošanas ar 2.6 GeV urāna joniem pie dozām 10^8 , 10^9 un 5×10^9 joni/ cm^2 . Struktūra iegūta selektīvās ķīmiskās kodināšanas ceļā.



Zīm.2 (a) un (b) - dislokācijas LiF kristālā pēc apstarošanas ar 410 MeV sēra joniem pie dozas $10^{12} \text{ S.cm}^{-2}$ jonu trajektorijas vietās ar atšķirīgu elektronisko enerģijas zudumu līmeni (parādīts ar bultiņu), (c)- dislokācijas pie augstākas fluences ($4 \times 10^{13} \text{ S.cm}^{-2}$), (e) – aprēķinātā jonu elektronisko enerģijas zudumu līkne, (f) - dislokāciju cilpas shēma.

Zīm.2 parāda dislokāciju struktūras evolūciju sēra jonu gadījumā. Noskaidrots, ka dislokāciju veidošanai nepieciešamā sliekšņa doza urāna joniem ir 10^9 cm^{-2} , bet sēra joniem 10^{10} cm^{-2} . Vieglajiem sēra joniem raksturīgs ir nevienmērīgs defektu sagalījums gar jona trajektoriju, kas saskan ar aprēķināto enerģijas zudumu izmaiņām (Zīm.2 (e)). Dislokāciju veidošanās notiek jonu treku pārklāšanās stadijā, primāro radiācijas defektu koncentrācijai sasniedzot piesātinājumu. Saskaņā ar Hobsa modeli, dislokāciju veidošanās mehānismā noteicošā loma ir dihalīdu molekulu veidošanai un

to difūzijai, kas intensīvi notiek jau istabas temperatūrā. Nanoindentēšanas pētījumi parādīja, ka nanoizmēra defektu (dislokāciju) veidošanos pavada ievērojams materiāla cietības pieaugums.



Zīm.3. Nanocietība un aprēķinātie jonu enerģijas zudumi atkarībā no jona noskrējiena: (a) – LiF apstarots ar 410 MeV ^{36}S joniem, doza 10^{12} cm^{-2} , (b) – MgO apstarots ar 2.2 GeV Au joniem, doza $7 \times 10^{13} \text{ cm}^{-2}$.

Vājāk izteiktā veidā dislokāciju veidošanās un ar to saistītā mikromehānisko īpašību izmaiņa tika novērota arī apstarotos MgO (Zīm.3) un ZnO kristālos.

Aktivitāte Nr. 8.

Publicitāte

Atskaites laika posmā par projektā veiktiem pētījumiem ir prezentēti 2 referāti starptautiskās un vietējās konferencēs. Pieņemts publicēšanai un pieejams internetā viens raksts [6].

Konferences (atskaites periodā)

2013 Spring World Congress on Engineering and Technology (SCET 2013), May 31 – June 2, 2013, Wuhan, China

- 1) B.Berziņa, V.Korsaks and L.Trinkler „Blue luminescence of hexagonal boron nitride”.
- 2) L.Trinkler and B.Berzina „Luminescence properties of Al_2O_3 nanopowders with different phases”.

Publikācijas (pilnais saraksts)

- 1) Laima Trinkler, Baiba Berzina, Zhanna Jevsjutina, Janis Grabis and Ints Steins, C.J. Baily. „Photoluminescence of Al_2O_3 nanopowders of different phases”.Optical Materials **34** (2012) 1553 – 1557; DOI: org/10.1016/j.optmat.2012.03.029.
- 2) V.Korsaks, B.Berzina, L.Trinkler. „Influence of air, oxygen, nitrogen and argon on 400 nm luminescence in hexagonal boron nitride”. Latvian Journal of Phys. And Techn. Sciences, N2 (2012) 57 – 61. DOI: 10.2478/v10047-012-0012-6
- 3) R.Zabels, I.Manika, R.Grants. „The impact of light on micromechanical properties of ZnSe”. Program and materials of 4th International Conference on

Radiation Interaction with Material and Its Use in Technologies, 2012, pp. 490-493.

- 4) 4) V.Liepina, K.Smits, D.Millers, L.Grigorjeva, C.Monty „The luminescence properties of persistent strontium aluminate phosphor prepared by Solar induced solid state synthesis”. IOP Conf. Series: Material science and Engineering, vol **38**, (2012), 012045
- 5) D.Millers, V.Dimza, L.Grigorjeva, M.Antonova, K.Smits, M.Livins „The electron beam induced short lived absorption in PLZT optical ceramics”, Optical Materials, **35**, 5 (2013) 1090 – 1094; doi.org/10.1016/j.optmat.2012.12.029.
- 6) L.Trinkler, B.Berzina. „Recombination luminescence in aluminum nitride ceramics”. Phys. Status Solidi B, 1-7 (2013); doi: 10.1002/pssb.201350090.
- 7) A. Zolotarjovs, A.N. Trukhin, K. Smits, D. Millers “TSL and fractional glow study of Ge-doped α -quartz”, IOP Conference series, Material Science, 2013, 4 pages (iesniegts)
- 8) I.Manika, J.Maniks, R.Zabels, K.Schwartz, R.Grants, A.Dauletbekova, A.Rusakova, M.Zdorovets. „Modification of LiF structure by irradiation with swift heavy ions under oblique incidence”, IOP Conference series, Material Science, 2013, 4 pages (akceptēts publicēšanai).

Mājas lapa.

Informācija par projekta izpildes gaitu ir pieejama LU CFI mājas lapā. Pēdējo reizi informācija ir atjaunota 2013.g. 20. novembrī.

Aktivitate Nr. 9.

Pētniecības rezultātu rūpnieciskā īpašuma nostiprināšana

Tiek strādāts pie starptautiska patenta sagatavošanas un noformēšanas. Tiek patentēts materiāla sastāvs, ko veido kompozītmateriāls, kas sastāv no dažādi aktivētu AlN pulveru maisījuma, kas iekausēts PMMA matricā, un kura starojums atbilst baltajai gaismai.