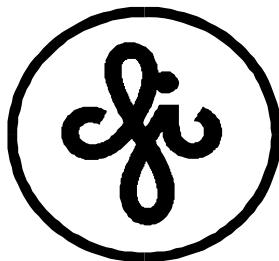


**Institute of Solid State Physics  
University of Latvia**



***ABSTRACTS***

***Of the 29th Scientific  
Conference***

**February 20 – 22, 2013  
Riga**

LU Cietvielu fizikas institūta 29.zinātniskās konferences, veltītas Institūta 35 gadu jubilejai, tēzes latviešu un angļu valodā.

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

Tēzes sakārtotas to nolasīšanas secībā.



# 18 gadi ar tehnoloģijām

**ARMGATE** **1994**

Divi ārsti dibina SIA "Armgate".  
Piegādā pirmo inkubatoru Latvijā jaundzimušo bērnu ar svaru zem 500 gramiem intensīvai aprūpei

Uzņēmums pievēršas analītiskajām iekārtām.  
Uzsāk sadarbību ar Shimadzu, vienu no vadošajiem analītisko iekārtu ražotājiem pasaulē.  
Pārdots pirmsais Shimadzu gāzu hromatogrāfs A/s Ventspils nafta.

**1996** **SHIMADZU**  
Excellence in Science

**SETARAM**  
Instrumentation  
KTP Technologies

**2001**

Armgate atver filiāli "UAB Arm Gate" Lietuvā, Viljā,  
iekārtojot ofisu bijušā tanku poligonā.

SIA Armgate iekļūst Latvijas 100 straujāk augošo uzņēmumu - "Gazeļu" sarakstā

**2002** **PAC**

**RESTEK**

**2003**

Piegādā VID Latvijā pirmās trīs mobilās laboratorijas degvielas kvalitātes kontrolei

Uzsāk ražot individuālus apmācību stendus koledžām un universitātēm.  
Pirmais stends tiek piegādāts Koksnes ķīmijas Institūtam

**2006**



**Rigaku**

**2007**

Uzņēmums uzsāk sadarbību ar Rigaku Corporation  
Tiek atvērts jauns ofiss Mārupē

Tiek atvērts Armgate ofiss Igaunijā. Tiek uzsākta sadarbība ar Hitachi High Technologies.  
Armgate kļūst par Latvijas Universitātes mecenātu.

**2008**

**HITACHI**

**Anton Paar** **2009**  
Iekārto modernāko Latvijā ķīmijas kabinetu Aizputes vidusskolā.

Uzņēmums uzsāk sadarbību ar National Instruments  
Tiek iekārtota multifunkcionāla laboratorija Ventspils Augstskolā

**2010**

**NATIONAL INSTRUMENTS**

**ELGA** **2011**

Sasniegts rekordliels apgrozījums: 4,4 milj. LVL  
Atver ofisu Erevānā, Armēnijā

Ofisi Latvijā, Lietuvā, Igaunijā un Armēnijā  
21 darbinieks četrās valstīs  
Sadarbība ar visām vadošajām universitātēm Baltijā  
Kopumā pārdotas vairāk nekā 900 analītiskās iekārtas  
Starp 1000 lielākajiem uzņēmumiem Latvijā pēc apgrozījuma  
Otoreiz iekļūst straujāk augošo uzņēmumu sarakstā "Gazele"  
Uzsāk savu medus ražošanu

**2012**



**Armgate - laika pārbaudītas vērtības**



# **OPTISKĀS ĪPAŠĪBAS**

# NETILTIŅA SKĀBEKĻA CENTRU ELEKTRONU PARAMAGNĒTISKĀS REZONANSES LEŅĶISKĀS ATKARĪBAS $\alpha$ -KVARCĀ

L.Skuja<sup>1</sup>, K. Kajihara<sup>2</sup>, A.Siliņš<sup>1</sup>, H.Hosono<sup>3</sup>

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

<sup>2</sup>*Tokijas Metropoles Universitāte*

<sup>3</sup>*Tokijas Tehnoloģiskais Institūts*

Norautās skābekļa saites ("NBOHC" – non bridging oxygen hole centers) ir fundamentāls punktdefekts, kas raksturīgs  $\text{SiO}_2$  stiklveida stāvoklim, un kas ir galvenais optiskās absorbcijas cēlonis [1] ar ultravioleto starojumu saistītos šī materiāla pielietojumos. Kopā ar optisko absorbciju, tā raksturīgākās spektroskopiskās pazīmes ir fotoluminiscences josla pie 1.9eV un elektronu paramagnētiskās rezonances (EPR) signāls ar g matricas īpašvērtībām  $g_1=1.9999$ ,  $g_2=2.0095$ ,  $g_3=2.078$ . EPR signāla reģistrāciju dažos gadījumos apgrūtina centra gandrīz degenerētais elektroniskais pamatstāvoklis un vielas amorfā stāvokļa strukturālā nesakārtotība. g-matricu tāpēc tiek aprēķināta, skaitiski simulējot nehomogeni paplašinātu signālu, ko dod stiklā haotiski orientēti NBOHC. Taču ar neutroniem apstarota kristāliska  $\text{SiO}_2$  ( $\alpha$ -kvarca) vietas-izšķiršanas luminiscences pētījumi norāda uz tādu NBOHC klātbūtni, kuru apkārtnē ir sakārtots kristālisks režīgs. Šajā darbā mēs identificējam NBOHC EPR signālu  $\alpha$ -kvarcā. Tā leņķiskās atkarības norāda, ka norautās O saites ir orientētas aptuveni "īso" Si-O saišu virzienā  $\alpha$ -kvarca struktūrā.

## ANGULAR DEPENDENCIES OF THE ELECTRON PARAMAGNETIC RESONANCE OF NON-BRIDGING OXYGEN CENTERS IN $\alpha$ -QUARTZ

L.Skuja<sup>1</sup>, K. Kajihara<sup>2</sup>, A.Siliņš<sup>1</sup>, H.Hosono<sup>3</sup>

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

<sup>2</sup>*Tokyo Metropolitan University*

<sup>3</sup>*Tokyo Institute of Technology*

Oxygen dangling bond ( "non-bridging oxygen hole center", "NBOHC") is a basic point defect characteristic to glassy  $\text{SiO}_2$  and a major source of optical absorption in UV-related applications of this material [1]. Apart from the optical absorption, its most characteristic spectroscopic "fingerprints" are: a photoluminescence band around 1.9 eV and an electron paramagnetic resonance (EPR) signal with  $g_1=1.9999$ ,  $g_2=2.0095$ ,  $g_3=2.078$  [1]. The detection of EPR is hindered in some cases by the nearly-degenerate electronic ground state of the center and by the structural disorder due to amorphous state. The g-matrix has been obtained by numerical simulation of the inhomogeneously broadened signal of randomly oriented NBOHCs in silica glass. However, site-selective PL studies of neutron-irradiated crystalline  $\text{SiO}_2$  ( $\alpha$ -quartz) point to the presence of NBOHCs in an ordered, crystal-like environment. In the present work we identify the EPR signal of NBOHCs in  $\alpha$ -quartz. Its angular dependence is consistent with orientation of the dangling O bond along the "short" Si-O bond directions in  $\alpha$ -quartz crystal.

[1] L. Skuja, K. Kajihara, M. Hirano, H. Hosono, Visible to vacuum-UV range optical absorption of oxygen dangling bonds in amorphous  $\text{SiO}_2$ , Phys.Rev.B 84, 205206 (2011).

## **EPR SPEKTRU LEŅĶISKĀS ATKARĪBAS LIYF<sub>4</sub> KRISTĀLĀ**

**A.Antuzevičs, A.Fedotovs, U.Rogulis**  
*Latvijas Universitātes Cietvielu fizikas institūts*

LiYF<sub>4</sub> kristālu pielietojumi ir saistīti ar cietvielu lāzeriem un scintilāciju detektoriem. Darbā veikti elektronu paramagnētiskās rezonances (EPR) un tā leņķisko atkarību mērījumi LiYF<sub>4</sub> kristālā, rotējot magnētisko lauku divās perpendikulārās plaknēs, pirms un pēc apstarošanas ar rentgenstariem istabas temperatūrā.

EPR spektru leņķiskās atkarības liecina par divu defektu klātbūtni – piejaukuma jona, kas radies kristāla audzēšanas laikā, un radiācijas defekta ar aptuvenu g faktora vērtību 2,0. Darbā apspriesti spektru parametri un iespējamie defekta modeļi. Radiācijas defekta EPR spektrs labi var aprakstīt ar skābekļa piejaukuma jona modeli, kurā ir lādiņu kompensējoša fluora vakance. [1]

## **EPR SPECTRUM ANGULAR DEPENDENCIES IN LIYF<sub>4</sub> CRYSTAL**

**A.Antuzevics, A.Fedotovs, U.Rogulis**  
*Institute of Solid State Physics, University of Latvia*

LiYF<sub>4</sub> can be used in solid-state lasers and scintillation detectors.

Electron paramagnetic resonance (EPR) measurements have been made for two perpendicular planes in a LiYF<sub>4</sub> crystal before and after x-ray irradiation at room temperature.

Analysis of the EPR spectrum angular dependency shows the presence of two defects – an impurity ion, which was embedded during the crystal growth process, and an x-ray induced defect with the g-factor of approx. 2.0. Parameters of the spectrum and possible defect models are discussed. The EPR spectrum of the radiation defect can be explained by an oxygen impurity model, with fluorine vacancy for charge compensation. [1]

[1] A.Antuzevičs, A.Fedotovs, U.Rogulis, Latvian Journal of Physics and Technical Sciences, 2012, Nr6(I), p.49

## RADIĀCIJAS DEFEKTU PĒTĪJUMI OKSIFLUORĪDU STIKLOS UN STIKLA KERAMIKĀS

**E.Elsts, O.Kiseļova, U.Rogulis, K.Bulindžs, A.Zolotarjovs, L.Trinklere**  
*Latvijas Universitātes Cietvielu fizikas institūts*

Mēs pētījām radiācijas defektus ar terbiju, cēriju un eiropiju aktivētās oksifluorīdu stikla keramikās. Termostimulētās luminiscences (TSL) mērījumi tika veikti, šķidrā slāpekļa temperatūrā ierosinot paraugus ar rentgenstariem (W anods, 30 kV, 10mA); pēc tam paraugi tika sildīti 85-600K diapazonā. Mēs novērojām, ka paraugam ar eiropija piejaukumiem visintensīvākie signāli ir pie 310 K un paraugiem ar terbiju vai cērija piejaukumiem - pie 150-160 K.

Ar eiropiju aktivētam paraugam, kas tika apstarots ar rentgenstariem istabas temperatūrā, tika mērīti optiskās absorbcijas spektri ar spektrofotometru Specord 210-2. Mēs novērojām, ka pēc stundu ilgas ierosināšanas ar rentgenstariem optiskais blīvums pieaug līdz aptuveni 0,5 pie 388-580 nm; inducētā absorbcija rāda divas platas defektu absorbcijas joslas, kas var ietekmēt luminiscences intensitāti pētāmajām stikla keramikām. Tiks apspriestas defektu centru īpašības, kas ir novērotas ar optiskās absorbcijas un TSL metodēm.

## STUDIES OF THE RADIATION EFFECT OF OXYFLUORIDE GLASSES AND GLASS CERAMICS

**O.Kiseļova, E.Elsts, U.Rogulis, K.Bulindžs, A.Zolotarjovs, L.Trinklere**  
*Institute of Solid State Physics, University of Latvia*

We have studied radiation defects of terbium-, cerium- and europium-activated oxyfluoride glass ceramics. Thermally stimulated luminescence (TSL) measurements were carried out using X-ray irradiation (W anode, 30 kV, 10mA) at liquid nitrogen temperature and heating the samples in the 85-600K range. We observed that the most intense signals appear at 310 K for europium doped sample and at 150-160 K for terbium and europium doped samples.

Optical absorption spectra of X-irradiated samples at room temperature have been measured using spectrophotometer Specord 210 - 2. We observed that after the X-ray irradiation for 1 hour optical density rises to about 0.5 at 388 – 580 nm; induced absorption shows two broad defect absorption bands, which may affect the luminescence intensity of investigated glass-ceramics. The nature of defect trap centers observed by the optical absorption and TSL will be discussed.

## TOPĀZA UN BERILA KRISTĀLU OPTISKĀS ĪPAŠĪBAS

**V. Skvorcova, N. Mironova - Ulmane**  
*Latvijas Universitātes Cietvielu fizikas institūts*

Pēdējos gados topāza un berila kristāli ir piesaistījusi lielu uzmanību sakarā ar to praktisko pielietojumu. Topāza kristāli ir piemērots materiāls dozimetrijai. Berila kristāli leģēti ar pārejas metālu joniem ir atraduši pielietojumu kā lāzera materiāli. Tomēr, jautājums par radiācijas ietekmi uz piemaisījumu īpašībām topāza un berila kristālos nav gluži skaidrs. Darbā tika pētīti pārejas metālu jonu optiskās īpašības topāza un berila kristāliem pirms un pēc apstarošanas.

Pirms apstarošanas topāza spektrā tika novērota josla, kas ir saistīta ar  $\text{Cr}^{3+}$  ionu elektronu pāreju  ${}^4\text{A}_{2g} \rightarrow {}^2\text{E}_g$ . Pēc apstarošanas absorbcijas spektrā parādās intensīva absorbcijas josla pie 230 nm un rodas raksturīgi maksimumi pie 305, 410, 446, ~590 nm. Pēc apstarošanas ar ātriem neitroniem ( $\Phi \geq 10^{15}\text{cm}^{-2}$ ) absorbcijas josla 590 nm paplašinās un tās maksimums pārbīdās uz 620 nm. Mēs uzskatam, ka josla ~620 nm ir sarežģīta un ietver ne tikai radiācijas defektu, bet arī apakšjoslas, kas ir saistītas ar piemaisījumiem  $\text{Cr}^{3+}$ ,  $\text{Fe}^{2+}$  un  $\text{Mn}^{2+}$ . Pētītie šajā darbā berila kristāli pirms apstarošanas uzrāda joslu infrasarkanajā diapazonā 820 nm. Joslu parasti attiecinā uz iekšējo elektronu pāreju  ${}^5\text{T}_2$  ( ${}^5\text{D}$ )  $\rightarrow$   ${}^5\text{E}$  ( ${}^5\text{D}$ )  $\text{Fe}_{\text{VI}}^{2+}$  jonas, kas ir lokalizēti oktaedriskos alumīnija mezglos berila kristālos. Pēc apstarošanas ar ātriem neitroniem ~820 nm joslas intensitāte samazinās, un parādās papildu joslas ar maksimumu 690 nm, kas ir saistīta ar bez fononu pāreju  ${}^4\text{A}_{2g}(\text{F}) \rightarrow {}^2\text{E}_g(\text{G})$   $\text{Cr}^{3+}$  ionā. Tieks secināts, ka josla ar maksimumu 690 nm atbilst sarežģītam centram, kas sastāv no  $\text{Cr}^{3+}$  jona un radiācijas defektiem.

## OPTICAL PROPERTIES OF TOPAZ AND BERYL CRYSTALS

**V. Skvortsova, N. Mironova - Ulmane**  
*Institute of Solid State Physics, University of Latvia*

During the last years topaz and beryl crystals have attracted a great deal of attention due to their interesting applications in different fields. Topaz crystal is a suitable material for dosimetry applications. Beryl crystals doped with transition metal ions find application as laser materials. There is little information about the influence of radiation on impurities behavior in topaz and beryl crystals. The paper presents a study of optical properties of transition metal ions in topaz and beryl crystals before and after irradiation.

Before irradiation several lines were observed in the region of the  $\text{Cr}^{3+}$  ion electron transition  ${}^4\text{A}_{2g} \rightarrow {}^2\text{E}_g$  in topaz spectra. After irradiation in the absorption spectra there appears an intense absorption band at 230 nm and occur the characteristic maxima at 305, 410, 446, ~590 nm. With increase of neutron fluence the absorption band 590 nm broadens and its maximum shifts to 620 nm. We assume that the band ~620 nm is complex and includes not only radiation defects but also the bands associated with the presence of impurities of  $\text{Cr}^{3+}$ ,  $\text{Fe}^{2+}$  and  $\text{Mn}^{2+}$  ions. Beryl crystals studied in the present work before irradiation had wide absorption band with peak in the near-infrared range at 820 nm. The band is generally ascribed to internal electron transition of  ${}^5\text{T}_2$  ( ${}^5\text{D}$ )  $\rightarrow$   ${}^5\text{E}$  ( ${}^5\text{D}$ ) of  $\text{Fe}_{\text{VI}}^{2+}$  ions localized in octahedral aluminum sites of beryl. After the fast neutron irradiation the intensity of ~820 nm band reduces and there appears the additional band with maxima 690 nm connected with zero phonon transition  ${}^4\text{A}_{2g}(\text{F}) \rightarrow {}^2\text{E}_g(\text{G})$  in  $\text{Cr}^{3+}$  ion. We suppose that the band with maxima 690 nm belongs to complex center which consists of  $\text{Cr}^{3+}$  ions and radiation defects.

## SINTĒZES APSTĀKĻU IETEKME UZ $\text{NaLaF}_4:\text{Er}^{3+}$ AUGŠUP- PĀRVEIDOTĀS LUMINISCENCES ĪPAŠĪBĀM

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

Ar augstu efektivitāti augšup-pārveidotās (AP) luminiscences procesi ir novērojami dažādos ar retzemju elementiem aktivētos materiālos. Par ļoti daudzsološiem AP luminiscences procesu izpētei un pielietojumiem ir atzīti dažādi fluorīdu un komplekso fluorīdu materiāli, tomēr arī tiem piemīt dažādas nepilnības. Kā vienu no būtiskākajām fluorīdu problēmām var minēt ar skābekli saistītu defektu rašanos sintēzes procesā. Savukārt skābekļa defektu esamība fluorīdos var apgrūtināt enerģijas pārdeves (ET) procesus, kas īpaši svarīgi ir AP luminiscences gadījumā, jo ET ceļā notikusi ierosinātā stāvokļa absorbcija (ESA) ir viens no efektīvākajiem AP luminiscences mehānismiem.

Šajā pētījumā tika veikta  $\text{NaLaF}_4:\text{Er}^{3+}$  sintēze atšķirīgās atmosfērās (gaisa vai fluora). Šiem paraugiem tika mērīti AP luminiscences spektri, kinētikas, ierosmes spektri un tika veikti citi optiskie mērījumi kā arī rentgendifrakcijas analīze.

Analizējot iegūtos datus tika secināts, ka atkarībā no sintēzes apstākļiem mainās dominējošais „zaļās” (540nm) AP luminiscences mehānisms. Gaisā sintezētajam paraugam AP luminescence pamatā veidojas ESA ceļā, savukārt, fluorā sintezētajam paraugam vadošais AP luminiscences mehānisms ir ET starp  $\text{Er}^{3+}$  joniem.

## IMPACT OF SYNTHESIS CONDITIONS ON THE PROPERTIES OF UP- CONVERSION LUMINESCENCE OF $\text{NaLaF}_4:\text{Er}^{3+}$

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

Highly efficient up-conversion (UC) luminescence can be observed in several rare-earth doped materials. Numerous fluoride and complex fluoride materials are considered as very promising for a research of UC mechanisms and applications; however there are some synthesis related problems with these materials. One of the most important problems of fluorides is emerging of oxygen-related defects which can act as luminescence “killers”. Additionally, the presence of oxygen defects in fluorides may disturb the energy transfer (ET) processes which are particularly important in the case of UC because excited state absorption (ESA) via ET is one of the most effective UC mechanisms.

In this research  $\text{NaLaF}_4:\text{Er}^{3+}$  were synthesized in different atmospheres (air or fluorine). For these samples UC spectra, kinetics, excitation spectra as well as other optical measurements and X-ray diffraction analysis were performed.

The analysis of the obtained data showed that, the dominant UC mechanism of the “green” (540nm) luminescence depends on the synthesis atmosphere. For the sample synthesized in the air atmosphere the dominant UC mechanism is ESA, while for the sample synthesized in fluorine atmosphere the UC process is governed by ET between  $\text{Er}^{3+}$  ions.

## AlN-Mn PULVERA LUMINISCENCE

R. Kiršteins, V. Korsaks, L. Trinklere, B. Bērziņa, J. Grabis<sup>1</sup>

*Latvijas Universitātes Cietvielu fizikas institūts*

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

AlN ir perspektīvs platzonu materiāls, un tā luminiscence ir novērojama plašā spektra rajonā, sākot ar tālo UV gaismu ap 200 nm (eksitonu luminiscence) un ietverot defektu radītu redzamo gaismu. Galveno luminiscences joslu novietojums spektrā ir atkarīgs ne tikai no dažādu defektu klātbūtnes, bet arī no materiāla struktūras un izmēriem. Šajā pētījumā AlN ir izraudzīts kā galvenā sastāvdaļa baltās gaismas radišanai. Mūsu iepriekšējie pētījumi ir parādījuši, ka AlN keramikai un makro izmēru pulverim galvenā ir zilā luminiscence pie 400 nm, bet nano izmēru pulverim tā ir novietota pie 480 nm. Bez tam, ir zināms, ka AlN ir novērojama arī 600 nm luminiscence, kas ir svarīga baltās gaismas sastāvdaļa, kuru varētu saistīt ar Mn piemaisījumiem.

Pētījums ir veltīts AlN makro izmēru pulvera spektrālai raksturošanai, kurā ir ievadītas dažādas Mn piemaisījuma koncentrācijas, un kas ir sintezēts RTU NĶI. Darbā tiek pētīti materiāla fotoluminiscences un tās ierosināšanas spektri plašā temperatūru rajonā no 8 K līdz 300 K. Tika atrasts, ka paraugos ar dažādām Mn koncentrācijām galvenā ir 600 nm luminiscences josla, turpretī 400 nm un 480 nm luminiscences ir vājas. Tieka analizēta Mn loma 600 nm luminiscences veidošanā.

## LUMINESCENCE OF AlN-Mn POWDER

R. Kirsteins, V. Korsaks, L. Trinkler, B. Berzina, J. Grabis<sup>1</sup>

*Institute of Solid State Physics, University of Latvia*

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

AlN is prospective wide band gap material with characteristic luminescence within the wide spectral region including far UV light around 200 nm (exciton luminescence) and defect-induced visible light. A position of the dominant luminescence bands in spectra depends not only of the different defect content but also of the material structure and size. In present investigation AlN is chosen as the main component for creation of the white light source. Our previous investigations showed that in AlN ceramics and macro-size powders the blue luminescence band around 400 nm is predominant, but in nano-size powder 480 nm luminescence is more intensive. Besides, in AlN the 600 nm luminescence also appears valid for white light formation, which could be related to Mn impurity.

The present work is devoted to spectral characterization of AlN macro-size powder with specially introduced Mn impurity at different contents, synthesized in Riga Technical University, Institute of Inorganic Chemistry. The photoluminescence (PL) spectra and its excitation (PLE) spectra were investigated within a wide temperature range between 8 K and 300 K. It was found that in all samples with different Mn content the 600 nm luminescence is predominant, whereas, the 400 nm and 480 nm luminescences are very weak. The Mn related origin of this luminescence is discussed.

*Research is supported by European Regional Development Fund ERDF Project Nr. 2010/0253/2DP/2.1.1.1.0/10/APIA/VIAA/079*

## **OPTISKI DETEKTĒJAMĀS MAGNĒTISKĀS REZONANSES SPEKTRI ZnO**

**Dz. Bērziņš, A. Fedotovs, U. Rogulis, K. Šmits, A. Medvids<sup>1</sup>, P. Onufrijevs<sup>1</sup>**

*Latvijas Universitātes Cietvielu fizikas institūts*

*Rīgas Tehniskās Universitātes Tehniskās fizikas institūts*

Veikti optiski detektēto magnētisko rezonanšu mērījumi pēc rekombinatīvās pēcspīdēšanas [1] ar Fe aktivētā un tīrā ZnO 1.5 K temperatūrā, izmantojot 53 GHz mikroviļņu frekvenci magnētiskajā laukā līdz 2 T. Ar Fe aktivētajā ZnO izzūd seklo donoru rezonanses līnija un izmainās akceptoru signāli. Rekombinatīvās pēcspīdēšanas spektrs ar Fe aktivētajā ZnO ir plata josla ar maksimumu pie 630 nm, un ir ļoti līdzīgs pēcspīdēšanas spektram tīrajā ZnO. Tiks diskutēti iespējamie rekombinatīvās pēcspīdēšanas mehānismi pēc UV apstarošanas ar Fe aktivētajā ZnO.

## **OPTICALLY DETECTED MAGNETIC RESONANCE SPECTRA IN ZnO**

**Dz. Berzins, A. Fedotovs, U. Rogulis, K. Smits, A. Medvids<sup>1</sup>, P. Onufrijevs<sup>1</sup>**

*Institute of Solid State Physics, University of Latvia*

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

We measured optically detected magnetic resonance spectra via recombination afterglow [1] in Fe-doped and undoped ZnO at temperature of 1.5 K, microwave frequency 53 GHz and magnetic fields up to 2 T. In the Fe-doped ZnO, the shallow donor resonance line disappeared, acceptor signals have changed as well. Spectrum of the recombination afterglow of the Fe-doped ZnO consists of a broad band at 630 nm, and is very similar to the spectrum of the undoped ZnO. Possible mechanisms of the recombination afterglow after UV irradiation in the Fe-doped ZnO will be discussed.

[1] P.G. Baranov et al, JETP Letters, 2006, vol. 84, pp. 409-413

## **HOLOGRAMMU KOHERENTĀ PAŠPASTIPRINĀŠANĀS SKALĀRAS UN VEKTORIĀLAS ČETRU VIĻŅU MIJIEDARBES GEOMETRIJĀ**

**A.Ozols, P.Augustovs, A.Belajevs, Dm. Saharovs, J.Mežiels**

*Rīgas Tehniskās Universitātes Materiālzinātnes un lietišķās ķīmijas fakultāte*

Līdz šim dinamisko hologrammu koherentā pašpastiprināšanās (KPP) ir pētīta tikai divu viļņu ģeometrijā. Šinī darbā ir pirmo reizi eksperimentāli izpētīta elementāro hologrammu - hologrāfisko režģu (HR) KPP skalāras [ierakstošo staru polarizācijas lineāras (*s-s-s*, *p-p-p*) vai cirkulāras (R-R-R)] un vektoriālas [ierakstošo staru polarizācijas lineāras (*s-p-p*) vai cirkulāras (R-L-L)] četru viļņu mijiedarbes (ČVM) ģeometrijā. Kā gaismas jutīgie ieraksta materiāli tika izmantotas amorfā halkogenīdu a-As<sub>2</sub>S<sub>3</sub> (As-S) un a-As<sub>40</sub>S<sub>15</sub>Se<sub>45</sub> (As-S-Se) kārtīņas, kā arī azosavienojumu K-RJ-4-3, W-75 un K-D-2 kārtīņas. HR periodi bija 2 μm, ieraksta un nolases viļņu garumi – 532 vai 633 nm atkarībā no materiāla. Maksimālais (inversās) atstarošanās koeficients skalārās ČVM gadījumā  $\rho_{max} = 6\%$  tika sasniegts ar *s-s-s* polarizācijām As-S kārtīņā, bet vektoriālās ČVM gadījumā  $\rho_{max} = 15\%$  - ar R-L-L polarizācijām K-RJ-4-3 kārtīņā. Savukārt skalārās ČVM gadījumā maksimālais KPP faktors  $\xi_{max} = 6.7$  tika sasniegts ar *s-s-s* polarizācijām K-RJ-4-3 kārtīņā, bet vektoriālās ČVM gadījumā  $\xi_{max} = 3.0$  tika sasniegts ar R-L-L polarizācijām As-S kārtīņā. Tādā kārtā ir eksperimentāli apstiprināta ČVM iespēja ne tikai paralēlu polarizāciju gadījumā, bet arī ortogonālu polarizāciju gadījumā. Pirmo reizi pierādīts, ka hologrammu KPP ir iespējama arī ČVM ģeometrijā – kā skalārā, tā vektoriālā.

## **COHERENT HOLOGRAM SELF-ENHANCEMENT IN SCALAR AND VECTOR FOUR-WAVE MIXING GEOMETRY**

**A.Ozols, P. Augustovs, A.Belayev, D.Saharov, J.Meziels,**

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

Up to now coherent self-enhancement (CSE) of dynamic holograms has been studied only in two-wave mixing geometry. In this paper, CSE of elementary holograms-holographic gratings (HG) is experimentally studied in scalar [ linear (*s-s-s*, *p-p-p*) or circular (R-R-R) recording beam polarizations] and vector [linear (*s-p-p*) or circular (R-L-L) recording beam polarizations] four-wave mixing (FWM) geometry. Chalcogenide a-As<sub>2</sub>S<sub>3</sub> (As-S) and a-As<sub>40</sub>S<sub>15</sub>Se<sub>45</sub> (As-S-Se) films as well as azocompound K-RJ-4-3, W-75 and K-D-2 films were used as photosensitive recording materials. HG periods were 2 μm, recording and readout wavelengths were 532 or 633 nm depending on material. The maximum (inverse) reflection coefficient in the case of scalar FWM  $\rho_{max} = 6\%$  was achieved with *s-s-s* polarizations in As-S film but in the case of vector FWM  $\rho_{max} = 15\%$  was achieved with R-L-L polarizations in K-RJ-4-3 film. The maximum CSE factor in the case of scalar FWM  $\xi_{max} = 6.7$  was found with *s-s-s* polarizations in K-RJ-4-3 film whereas in the case of vector FWM  $\xi_{max} = 3.0$  was found with R-L-L polarizations in As-S film. Thus we have confirmed the FWM possibility not only in the case of parallel polarizations but also in the case of orthogonal polarizations. It is also shown for the first time that CSE is possible in both scalar and vector FWM geometry.

## FOTOINDUCĒTIE PROCESI AZO-KRĀSVIELAS SATUROŠAJOS ORGANISKAJOS POLIMĒROS

J. Aleksejeva, J. Teteris

*Latvijas Universitātes Cietvielu fizikas institūts*

Darbā tika pētīti fotoinducētie procesi un hologrāfisks ieraksts poli(Disperse Red 1 – metil-metakrilāts) - P(DR1-MMA) plānās kārtīņās, kur azo krāsvielas DR1 molekulās ir ķīmiski saistītas ar metil-metakrilātu.

Paraugu veidošanai tika izmantoti dažādi šķīdinātāji un dažādas uzklāšanas metodes, kas ietekmēja parauga kvalitāti un biezumu. Iegūtajos paraugos tika pētīta fotoinducēta dubultlaušana un dihroisms pie 532 nm ierosinoša vilņa garuma. Hologrāfiskais ieraksts tika veikts pie dažādiem ieraksta apstākļiem ar 532 nm vilņa garumu. Režģa difrakcijas efektivitāte tika pētīta atkarībā no ierakstošo staru polarizācijas, intensitātes un parauga biezuma.

Azo-krāsvielas ķīmiska piesaiste pie polimēra nodrošinu efektīvu un ātru masas pārnesi, kas tika novērota arī eksperimentāli.

## PHOTOINDUCED PROCESSES IN AZO-DYE CONTAINING ORGANIC POLYMERS

J. Aleksejeva, J. Teteris

*Institute of Solid State Physics, University of Latvia*

In this work photoinduced phenomena and holographic recording in poly(Disperse Red 1 – methyl-metacrylate) – P(DR1-MMA) thin films were studied. In the used material azo-dye DR1 is chemically bonded to methyl-metacrylate.

For sample preparation different solvents and coating methods were used, that affected a thickness and quality of a sample. In the prepared samples photoinduced birefringence and dichroism at 532 nm induced wavelength were studied. Holographic recording was performed at different recording conditions by 532 nm laser wavelength. Diffraction efficiency dependence on recording beams intensity, polarization state and thickness of a sample was studied.

Chemically bonded azo-dye and polymer provides effective and fast mass transport during holographic recording that have been observed experimentally.

## **Ag NANODAĻIŅAS VEIDOŠANAS HOLOGRĀFISKĀ IERAKSTA PROCESĀ**

**A.Gerbreders, A.Bulanovs, J.Teteris**  
*Latvijas Universitātes Cietvielu fizikas institūts*

Darba gaitā tika sagatavotas kompozītu plānās kārtiņas uz polimetilmētakrilāta, brīvo radikāļu fotoiniciatora un sudraba perhlorāta bāzes. Tika izpētīti iegūto plāno kārtiņu optiskās caurlaidības spektri un to izmaiņas pēc paraugu apstarošanas ar dažāda viļņu garuma lāzerstarojumu. Tika nodemonstrēts, kā reducējošo reakciju rezultātā kompozītmateriālā veidojas sudraba nanodaļiņas.

Kompozītu plānajās kārtiņās tika ierakstīti hologrāfiskie difrakcijas režģi ar dažādiem eksponācijas un sudrabu koncentrācijas parametriem. Tika apskatīta kompozītu kārtiņas fotojutības atkarība no polimēru molekulārmasas. Režģu virsmas reljefs tika izpētīts ar atomspēku mikroskopa palīdzību.

## **Ag NANOPARTICLES FORMATION IN THE PROCESS OF HOLOGRAPHIC RECORD**

**A. Gerbreders, A. Bulanovs, J. Teteris**  
*Institute of Solid State Physics, University of Latvia*

The composite films with PMMA, free radical photoinitiator and silver perchlorate were prepared. Transmission spectra of the films before and after illumination by different laser lines were measured. Silver nanoparticles formation as a result of reduction reaction has been showed.

The holographic gratings were recorded by different exposure in the films with different concentration of silver salt. Also, the film sensitivity dependence on polymer molecular weight was studied. Surface relief of the gratings was measured by AFM.

## FOTOINDUCĒTĀ VIRSMAS RELJEFA VEIDOŠANĀS $\text{AS}_2\text{S}_3$ KĀRTIŅĀS

**E.Potanina, J.Teteris**

*Latvijas Universitātes Cietvielu fizikas institūts*

Pētījumā ir iekļauti rezultāti par virsmas reljefa veidošanās arsēna trisulfīda paraugos, kas tiek pakļauti lāzera starojumam.

Izvēlētais materiāls ir zināms kā neorganiskais polimērs un tam piemīt interesantas optiskās īpašības. Reljefa iegūšanas metode atšķiras no hologrāfiskā ieraksta. Masas pārbīde, kuras rezultātā izveidojas režģis, tiek sasniegta izmantojot ierosinošā lāzera stara polarizācijas modulāciju.

Dažāda biezuma paraugi tika izgatavoti izmantojot vakuumputināšanas metodi. Fotoinducētās izmaiņas uz parauga virsmas tika ierosinātas ar DPSS lāzera starojumu (532 nm). Tika iegūti un analizēti virsmas reljefu profili un pētītas atkarības – reljefa dziļums no paraugu biezuma un ekspozīcijas.

## PHOTOINDUCED FORMATION OF SURFACE RELIEF IN $\text{AS}_2\text{S}_3$ FILMS

**E.Potanina, J.Teteris**

*Institute of Solid State Physics, University of Latvia*

In this report we discuss the formation of surface relief in arsenic trisulfide films under laser light illumination.

Arsenic trisulfide is known as inorganic polymer with unusual optical properties. Formation of surface relief is obtained with method, what is different from holographic recording. The main reason for mass transfer is modulated polarization of light in laser beam.

Samples with different thickness were made using vacuum evaporation. The photoinduced changes on samples'surface were initiated by DPSS laser light (532 nm). Profiles of surface reliefs were observed and reliefs depth dependence on film thickness and exposure was studied.

# **FOTOINDUCĒTĀS MASAS PĀRVIETOŠANĀS VIRZIENA ATKARĪBA NO GAISMAS POLARIZĀCIJAS ORGANISKOS UN NEORGANISKOS FOTOHROMOS MATERIĀLOS**

**K. Klismeta, J.Teteris**

*Latvijas Universitātes Cietvielu fizikas institūts*

Tika pētīts masas pārvietošanās virziens organiskos (piemēram, molekulārais stikls) un neorganiskos (piemēram,  $\text{As}_2\text{S}_3$ ) savienojumos atkarībā no gaismas polarizācijas. Šajos paraugos notiek fotoinducētās pārmaiņas pie izmantotā lāzera 532 nm vilņa garuma – tiem absorbcijas josla atrodas pie šī vilņa garuma.  $\text{As}_2\text{S}_3$  paraugā tika pētīts reljefa dziļums un masas pārbīdes virziens atkarībā no gaismas intensitātes pie vienādas ekspozīcijas.

Uz parauga virsmas optiskajā shēma bija vienmērīgs apgaismojums, bet pastāvēja polarizācijas modulācija ar periodu apmēram 30  $\mu\text{m}$ . Zinot polarizācijas sadalījumu uz parauga, ar profilometru var izmērīt iegūto virsmas reljefu, un līdz ar to noteikt masas pārbīdes virzienu atkarībā no polarizācijas. Izmantojot šādu metodi, tika veikti eksperimenti arī pie citiem lāzera vilņa garumiem.

Darbā pētīto masas pārneses mehānismu sekmīgi izmanto tiešajam hologrāfiskajam ierakstam, kura laikā iegūtos režģus var pielietot optoelektronikā, telekomunikācijās, datu glabāšanā.

## **THE DEPENDENCE ON LIGHT POLARIZATION OF PHOTOINDUCED MASS TRANSFER'S DIRECTION IN ORGANIC AND INORGANIC PHOTOCHROMIC MATERIALS**

**K. Klismeta, J.Teteris**

*Institute of Solid State Physics, University of Latvia*

The direction's of mass transfer in organic (e.g. molecular glass) and inorganic (e.g.  $\text{As}_2\text{S}_3$ ) compounds dependence on light polarization were experimentally studied. In these samples changes are photoinduced by used 532 nm laser – the absorption band is at this wavelength. In the  $\text{As}_2\text{S}_3$  sample the surface relief depth's and the direction's of mass transfer dependence on light intensity with constant exposure were also experimentally studied.

On the sample surface in experimental set-up was a uniform irradiance but polarization modulation was present with a period of about 30  $\mu\text{m}$ . If the polarization distribution is known and the surface relief was measured with a profilometer, the direction of mass transfer can be determined. By using this method, experiments with other laser wavelengths were also carried.

The mechanism of mass transfer which was studied in this work is used in direct holographic recording, whose produced gratings can be used in optoelectronics, telecommunications and data storage.

## **GAISMAS INDUCĒTĀS IZMAIŅAS AMORFĀS $As_2S_3$ PLĀNĀS KĀRTIŅĀS**

**U.Gertners, J.Teteris**

*Latvijas Universitātes Cietviehu fizikas institūts*

Šajā darbā ir pētīts foto-inducētās izmaiņas amorfās plānās kārtiņās. Tiešā-ieraksta metode ietver sevī arī foto-inducētā virsmas-reljefa modificēšanu bez jebkādas ķīmiskās kodināšanas pēcapstrādes. Šīs metodes padziļināta izpēte ļaus uzlabot vai aizstāt līdz šim jau labi zināmās un izpētītās virsmas- vai tilpuma-reljefa strukturēšanas metodes gaismu jutīgos materiālos. Procesa pamatā ir anizotropisks gaismas sadalījums uz parauga virsmas un gaismas vai elektriskā lauka gradiента iespaidā ir iespējama masas pārbīde mums interesējošā virzienā. Darbā tiks pētīts šis process amorfās  $As_2S_3$  plānās kārtiņās. Ieraksts tiks realizēts ar 532nm vilņa garuma lāzeru. Tiks apskatīti iespējamie virsmas-reljefa veidošanās modeļi uz fotoinducētā plastiskuma bāzes.

## **PHOTO-INDUCED CHANGES IN AMORPHOUS CHALCOGENIDE FILMS**

**U.Gertners, J.Teteris**

*Institute of Solid State Physics, University of Latvia*

This work is devoted to the topical issue – photo-induced formation of relief in thin layers of chalcogenide vitreous semiconductors (ChVS) without following complicated chemical processing. Direct recording technique is one of the advanced methods for surface relief structuring in light sensitive materials. Because of the high light and electric field gradient it is possible to obtain surface-relief structures that can easily replace some of the chemical processing techniques. In this report the study of direct mass transfer on ChVS like  $As_2S_3$  has been presented. Experiments were performed by 532nm wavelength. Also the mechanism of the direct recording of surface-relief on amorphous chalcogenide films based on the photo-induced plasticity has been discussed.

# **KODOLU TERMISKĀ SINTĒZE UN ŪDENRĀŽA ENERĢĒTIKA**

# ATTĪSTĪBAS PLĀNS ENERĢIJAS IEGŪŠANAI KODOLSINTĒZES CEĻĀ

A.Šternbergs

*Latvijas Universitātes Cietvielu fizikas institūts*

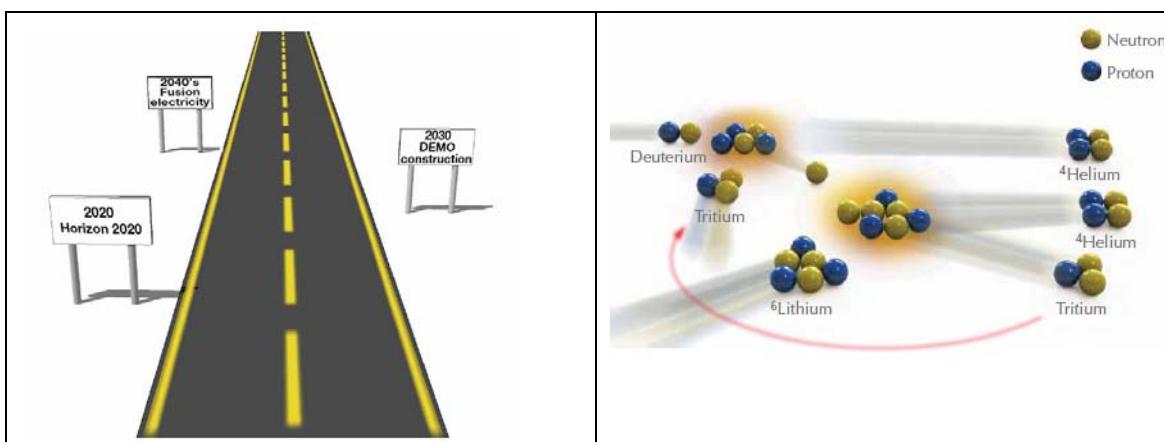
Termiskās kodolsintēzes eksperimentālā reaktora ITER izbūve ir attīstības plāna galvenais uzdevums, reizē veicinot plašu licenzētu industriālo inovāciju pielietošanu konstrukciju izstādē, izmantojot attīstītās modernās tehnoloģijas. Rezultātā izveidotā ITER konstrukcija un tās veiksmīga ekspluatācija būtu fundamentāls pavērsiena punkts ceļā uz termiskās kodolsintēzes elektrostaciju. Attīstības plānā ir izdalītas un izvērtētas astoņas dažādas misijas: (1) siltuma aizvadīšanas procesa risinājums termiskās kodolsintēzes elektrostacijā; (2) specializēta neutronu avota izstrāde blanketa un divertora materiālu izstrādei un pārbaudei; (3) tritija pašapgādes procesa izpēte un realizācija; (4) DEMO iekārtas projektēšana izmantojot ITER izstrādes gaitā iegūto pieredzi; (5) agrīna industrijas iesaiste DEMO formulēšanā un projektēšanā; (6) Eiropas Savienības stellaratora programmas optimizēšana; (7) plazmas un materiālu izstrādes teorija un modelēšana; (8) Eiropai jāizmanto visas iespējas mērķtiecīgai starptautiskajai sadarbībai.

## ROADMAP TO THE REALIZATION OF FUSION ENERGY

A.Sternberg

*Institute of Solid State Physics, University of Latvia*

ITER is the key facility in the roadmap: ITER construction is fostering industrial innovation on a number of enabling technologies. Its licensing, completion of construction and successful operation will be fundamental milestones towards the fusion power plant. Eight different roadmap missions have been defined and assessed: (1) a solution for the heat exhaust in the fusion power plant, (2) a dedicated neutron source for material development; (3) the R&D to ensure tritium self-sufficiency; (4) DEMO design with benefit from the experience that is being gained with the ITER construction; (5) early involvement of industry in the DEMO definition and design; (6) optimisation of the EU Stellarator programme; (7) theory and modelling in plasma and material physics; (8) Europe should seek all the opportunities for international collaborations.



**LU FIZIKAS INSTITŪTA PIEREDZE ELEKTROMAGNĒTISKO INDUKCIJAS  
SŪKŅU UZ PASTĀVĪGIEM MAGNĒTIEM DAŽĀDIEM ŠĶIDRIEM METĀLIEM  
PROJEKTĒŠANĀ, IZGATAVOŠANĀ UN SŪKŅU PARAMETRU OPTIMIZĀCIJĀ**

**I.Bucenieks, E.Platacis, A.Ziks**

*Latvijas Universitātes Fizikas institūts*

Šķidro metālu pārsūknēšanas problēmas arvien kļūst aktuālākas sakarā ar jaudīgu nākotnes jauno energijas iekārtu projektēšanu un pētīšanu kurās dažādi šķidrie metāli tiek izmantoti kā darba vide un reizē arī kā siltumnesējs. Acīmredzami lielas problēmas rodas izmantojot parastos mehāniskos sūkņus agresīvo šķidro metālu pārsūknēšanai. Ir skaidra MHD elektromagnētisko indukcijas sūkņu neapstrīdama priekšrocība kuru darbības princips balstās uz inducētiem šķidrajā metālā elektromagnētiskiem spēkiem bez kontakta ar šķidro metālu. Savukārt, starp dažāda tipa elektromagnētiskiem indukcijas sūkņiem būtiskas priekšrocības ir elektromagnētiskiem indukcijas sūkņiem uz rotējošiem pastāvīgiem magnētiem – galvenās priekšrocības ir sūkņu vienkāršāka konstrukcija un ito izgatavošana, kā arī būtiski lielāks lietderības koeficients.

Šāda tipa sūkņu efektivitātes pētīšana, to modelēšana un teorētiskie aprēķini, projektēšana un reālo sūkņu izgatavošana praktiskiem pielietojumiem tika iesākta LU Fizikas institūta pavisam nesen (tikai sākot no 2000. gada). Iegūta liela pieredze kas ļauj droši veikt sūkņu parametru teorētisku novērtēšanu un to optimizāciju dāžādiem šķidriem metāliem (kā vīgliem: nātrijs, lītijs un tā arī smagiem metāliem: dzīvsudrabam, svinam un tā sakausējumiem) plašā sūkņu ražotspējas un to ekspluatācijas darba temperatūru diapazonā. Parādīta galveno sūkņu konstruktīvo parametru ietekme uz sūkņu lietderības koeficientu.

**IPUL EXPERIENCE IN DESIGN AND PRODUCTION OF ELECTROMAGNETIC  
INDUCTION PUMPS BASING ON ROTATING PERMANENT MAGNETS FOR  
LIQUID METALS AND THEIR PARAMETERS OPTIMIZATION**

**I.Bucenieks, E.Platacis, A.Ziks**

*Institute of Physics, University of Latvia*

Problems associated with liquid metals transfer becoming more actual for next generation powerful plants design and study in which different liquid metals are used both as working media and heat transfer agents. Obviously big problems arise at using traditional mechanical pumps at transport of aggressive liquid metals. It is clear that MHD electromagnetic induction pumps have essential advantages as their principle of operation is basing on induced electromagnetic forces in liquid metal without contact with liquid metal being pumped. In its turn, between different types of electromagnetic induction pumps the pumps basing on the principle of rotating permanent magnets have essential advantages the main of which are their more simple construction and, consequently, their production, as well as essentially higher efficiency.

The fundamental investigations of the efficiency of such kind of pumps design, their modeling and their parameters theoretical evaluations and production for practical applications have been started at Institute of Physics of University of Latvia (IPUL) only from 2000. The big experience was gained which allows the theoretical evaluation and calculation of pumps parameters and their optimization for different liquid metals (both for light metals such as sodium lithium and heavy liquid metals such as mercury, lead and lead based eutectic melts) in wide range of pumps productivity and operating temperatures. The influence of the main pumps governing parameters on the pumps efficiency have been demonstrated.

## **ŠĶIDRS METĀLS KĀ JAUDAS NOVADĪTĀJS NĀKOTNES KODOLSINTĒZES REAKTOROS**

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

*Latvijas Universitātes Fizikas institūts*

Pierādīt, ka energiju iespējams ģenerēt ekonomiski izdevīgā veidā, tas ir viens no pašreizējo kodolsintēzes pētījumu pamatmērķiem. Paralēli sākts arī domāt, kāda varētu izskatīties atbilstošā kodolsintēzes spēkstacija - aizsākta EURATOM programma „Spēkstacijas fizika un tehnoloģija”. Šeit viena no problēmām- kā novadīt/noņemt jaudu, kas ģenerēta plazmas izlādes kamerā? Galvenās bažas rada tā saucamās divertora virsmas. Slodze te sasniegls  $25-45 \text{ MW/m}^2$ , pie tam tiešā saskarē ar plazmu. Jaudas novadīšanai no šīm virsmām ieteikts izmantot šķidros metālus, tādus kā litijs (Li) un gallijs (Ga). LU Fizikas institūtā veikti pētījumi, kas ļauj noskaidrot Ga priekšrocības. Tokamakā ISTTOK (Portugāle) šķidra Ga strūkla tika kontaktēta ar plazmu tieši izlādes kamerā. Tika pierādīts, ka Ga strūkla spēj novadīt jaudu arī pārsteidzoši lielas ( $2.5 \text{ kW/cm}^3$ ) tilpuma slodzes apstākļos. Noskaidrotas sakarības, kas ļauj noteikt šķidra metāla strūklu sabrukšanas punktu. Parādīts arī, ka atbilstošā Releja nestabilitāte atkarīga no magnētiskā lauka intensitātes. Novērtēts, ka Ga strūklu sistēma principā spējīga novadīt augstāk minētajai virsmas slodzei atbilstošo jaudu. Laukos ar intensitāti līdz  $5\text{T}$  pētītas MHD problēmas tādās sistēmās, kur cieto metalisko virsmu sedz ātras šķidrā metāla plēves.

## **LIQUID METAL FOR POWER EXHAUST IN THE FUTURE GENERATION OF FUSION REACTORS**

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

*Institute of Physics, University of Latvia*

To confirm that the power can be generated in an efficient enough way, it one of the main assignments for the research on fusion today. The question has already been risen how should the corresponding power station look like. An EURATOM programm „Power station physics and technology” has been launched. One of the problems here – what are the potential ways for the exhaust of the power which is generated in the discharge chamber. Most problematic are the so called divertor surfaces. The loads will reach here  $25-45 \text{ MW/m}^2$ , additionally, in a direct contact with the plasma. Proposals are under consideration to apply here with liquid metals, such as lithium (Li) and gallium (Ga). At the Institute of Physics of the Univ. of Latvia research has been performed confirming definite advantages of Ga. In the tokamak ISTTOK (Portugal) a jet of liquid Ga was brought in a contact with the plasma in directly in the discharge chamber. It was stated that such a jet is able to transfer the power under conditions when the volumetric load reaches a surprisingly high ( $2.5\text{kW/cm}^3$ ) value. Dependences have been proposed for the definition of the break-up length in the case of liquid metal jets. It has been shown the corresponding instability depends on the intensity of the magnetic field. According to a crude estimate a system of fast Ga jets is able to extract the power which corresponds to the mentioned surface load. In up to  $5\text{T}$  fields MHD problems have been investigated which are connected with the generation of fast film flows over solid backgrounds.

## MALĀ LOKALIZĒTU MODU APSPIEŠANA AR REZONĒJOŠĀM MAGNĒTISKĀM PERTURBĀCIJĀM

**D. Constantinescu<sup>1</sup>, O. Dumbrājs<sup>2</sup>, V. Igochine<sup>3</sup>, K. Lackner<sup>3</sup>, H. Zohm<sup>3</sup> un  
ASDEX Upgrade team<sup>3</sup>**

<sup>1</sup>*Kraiovas Universitātes Eksakto zinātņu fakultāte, Rumānija*

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

<sup>3</sup>*Maksa-Planka Plazmas fizikas institūts, Vācija*

Malā lokalizētas modas (ELM) ir nevēlama parādība toroidālās kodolplazmās, kuras tiek saturētas ar magnētisko lauku. Šīs modas korodē tokamaka sienu, pamazina augstfrekvences antenu saiti ar plazmu, izraisa citas magnētiskās hidrodinamikas (MHD) nestabilitātes. ELMu kontroles nozīmīgums tika saprasts pirms daudziem gadiem. Tika izstrādātas divas ELMu kontroles metodes: lodīšu inžekcija plazmā, rezonējošo magnētisko perturbāciju (RMP) izraisīšana. ELMu fizika ir ļoti sarežģīta. Tajā ir MHD modu nelineāra evolūcija plazmas malā, kuras cēlonis ir plazmas strāvas un spiediena gradienti. Spiediena lokālās izmaiņas, kas rodas lodīšu inžekcijas rezultātā, izraisa plazmas notriekšanu pret tokamaka sienu. ELMu fizika RMP klātbūtnē aizvien vēl nav skaidra. Mazu sadursmju tokamakā DIII-D tika novērots, ka magnētisko rezonanšu pārklāšanās plazmas malā rezultātā plazmas blīvums pazeminās un plazmas stabilitāte atjaunojas. Taču ASDEX tokamakā veiktie eksperimenti liek domāt, ka rezonances nav svarīgas, plazmas blīvums nepazeminās, ELMi vienmēr tiek apspiesti virs plazmas blīvuma sliekšņa. Mēs pētām šīs pretrunīgās parādības zemu dimensiju modeļa ietvaros [1].

## EDGE LOCALIZED MODE SUPPRESSION BY MEANS OF RESONANT MAGNETIC PERTURBATIONS

**D. Constantinescu<sup>1</sup>, O. Dumbrājs<sup>2</sup>, V. Igochine<sup>3</sup>, K. Lackner<sup>3</sup>, H. Zohm<sup>3</sup> and  
ASDEX Upgrade team<sup>3</sup>**

<sup>1</sup>*Faculty of Exact Sciences, University of Craiova,  
Association Euratom-MECTS, Romania*

<sup>2</sup>*Institute of Solid State Physics, University of Latvia,  
Association Euratom-UL, Latvia*

<sup>3</sup>*Max-Planck Institut für Plasmaphysik, Association Euratom-IPP, Germany*

Edge localized modes (ELM) are a significant concern in magnetically confined toroidal fusion plasmas because they can rapidly erode plasma facing material surfaces, reduce the coupling efficiency of rf antennas and trigger other MHD instabilities. The importance of ELM control was realized many years ago and different means of the ELM control were developed. Two main control strategies which are foreseen for ITER are: pellet injection and resonant magnetic perturbations (RMP). The ELM physics is quite complex and include non-linear evolution of MHD modes at the plasma boundary which are driven by the current and pressure gradients. Local changes of pressure due to pellet injection, trigger such a mode and produce a crash with a smaller load on the plasma facing components. The physical mechanisms of ELM behaviour in the presence of RMP is not yet clearly understood. At low collisionality, in the DIII-D, it was found that overlap of the magnetic resonances at the plasma boundary could lead to the density pumpout and thus move the plasma back into the stable region. Results from AUG suggest that the resonances are not important, density pumpout is not observed and the ELM suppression is achieved in all cases above a density threshold. We investigate these contradictory results by means of a low-dimensional model system for quasi-periodic plasma perturbations [1].

Reference

- [1] D. Constantinescu, O. Dumbrājs, V. Igochine, K. Lackner, R. Meyer-Spasche, H. Zohm, and ASDEX Upgrade Team, Phys. Plasmas 18, 062307 (2011)

## **DABĪGĀ RADIOAKTIVITĀTE CELTNIECĪBAS MATERIĀLOS UN TO IZEJVIELĀS LATVIJĀ**

**D.Riekstiņa, J.Bērzinš, O.Vēveris**  
*Latvijas Universitātes Cietvielu fizikas institūts*

Šodien celtniecībā tiek izmantoti ļoti dažādi būvmateriāli. Latvija ir viena no nedaudzām ES valstīm, kurā nav veikti visaptveroši dabīgo radionuklīdu mērījumi. Šī darba mērķis bija veikt dabīgo radionuklīdu mērījumus Latvijā pielietotajos dažāda tipa būvmateriālos, lai izpētītu to atbilstību MK Nr. 149 noteikumiem (09.04. 2002. g.). Saskaņā ar šiem noteikumiem, K-40 un Th-232, U-238 (Ra-226) saimju sabrukšanas produktu īpatnējā aktivitāte būvmateriālos un būvizstrādājumos nedrīkst pārsniegt noteiktas koncentrācijas. Darbā, izmantojot HPGe gamma-spektrometrus, veikti K-40 un Th-232, U-238 (Ra-226) aktivitātes mērījumi vairāk kā 100 dažāda tipa būvmateriāliem, lielāku uzmanību pievēršot Latvijā ražotiem.

Mērījumi parādīja, ka granītā, kā arī atsevišķām keramzīta un ugunsdrošo ķieģeļu šķirnēm dabīgo radionuklīdu koncentrācijas pārsniedz normatīvos minētās. Arī mālā un tā izstrādājumos konstatētas paaugstinātas Th-232, U-238 koncentrācijas.

Pamatojoties uz iegūtājiem rezultātiem, uzsākti pētījumi par dabīgo radionuklīdu (K-40, Ra-226, Th-232, U-238) saturu dažādu firmu ražotos celtniecības materiālos, kuru pamatā ir māls.

## **NATURAL RADIOACTIVITY OF BUILDING MATERIALS AND THEIR COMPONENTS IN LATVIA**

**D.Riekstiņa, J.Bērzinš, O.Vēveris**  
*Institute of Solid State Physics, University of Latvia*

Very different building materials are used in modern construction. Latvia is one of a few EU countries in which no one has performed comprehensive measurements of natural radionuclides. The aim of present work was to perform measurements of natural radionuclides in various types of building materials used in Latvia in order to establish their conformity with the Cabinet of Ministers regulations No.149 (adopted on 09.04.2002). These regulations set the maximal allowed limit for K-40 and Th-232, U-238 (Ra-226) decay chain product activity in building materials and construction elements. Employing HPGe gamma-spectrometers, the K-40 and Th-232, U-238 (Ra-226) activity measurements have been carried out for more than 100 building materials of various types. The greatest attention has been given to materials produced in Latvia.

Measurements have shown that the concentration of natural radionuclides in granite, and some sorts of ceramsite and fireproof bricks exceeds the limits allowed by regulations. An excess of Th-232, U-238 contents has been found also in clay and products made of clay.

Basing on obtained results, we have started a study of natural radionuclide (K-40, Ra-226, Th-232, U-238) contents in clay based building materials produced by different firms.

## DOPĒTO $\text{SrTiO}_3$ NANOCAU魯U KVANTU KIMIJAS MODELĒŠANA FOTOKATALITISKĀM REAKCIJĀM

J. Begens<sup>1,2</sup>, S. Piskunovs<sup>2</sup>, J. Žukovskis<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Rīgas Tehniskās universitātes Materiālzinātnes un lietišķās ķīmijas fakultāte

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

Dopēto  $\text{SrTiO}_3$  nanočauruļu (NTs) fotokatalizatori ir potenciālie kandidāti fotokatalītiskas ūdeņraža iegūšanas izmantošanai. Inducēti vidus zonu stāvokli var uzlabot augstspējīgo foto-elektroķīmisko elektrodu reaktivitāti zem redzamas gaismas ietekmes. Svarīgo lomu tālākajai NT modelēšanai spēlē izpratne par virsmas efektu ietekmi uz modelēto nanostruktūru aizliegto zonu.

Analizējot aprēķinu rezultātus, tika atrasts ka vakances  $\text{SrTiO}_3$  plāksnes ārējā slānī parāda lielo ietekmi uz nanostruktūru elektroniska lādiņa reorganizācijas dēļ. Tāpēc tika modelēta nanočaure ar ārējo un iekšējo vakances slāniem. Tika novērota kritiska aizliegtas joslas sašaurināšana kur pieveda pie tā, ka nanočaure ir kļuvusi vadītspējīga. Tādēļ, mēs liecinām, ka NT nanoplāksnes  $\text{SrTiO}_3$  kristāla plaknes maiņa būtu labāk piemērota mūsu uzdevumam. Tika arī noteikts izmēģināt jauno  $\text{SrTiO}_3$  NT modifīcēšanu ar iepriekš veiksmīgi izmantotiem dopantiem, piemēram, S un N atomiem skābekļa pozīcijās.

## QUANTUM CHEMICAL SIMULATIONS OF DOPED $\text{SrTiO}_3$ NANOTUBES FOR APPLICATION IN PHOTOCATALYTIC REACTIONS

J. Begens<sup>1,2</sup>, S. Piskunov<sup>2</sup>, Yu.F. Zhukovskii<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Faculty of Materials Science and Applied Chemistry, Riga Technical University

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

Photocatalysts made from doped  $\text{SrTiO}_3$  nanotubes (NTs) are potential candidates to be used in future photocatalytic hydrogen production. Induced mid-gap states may enhance the reactivity of high-performance photo-electrochemical electrodes under influence of visible light. A major role in further NT developing plays the understanding of surface effects' influence on band gap of modeled nanostructure.

Analyzing the results of calculations, it has been found that vacancies upon the outer layers of  $\text{SrTiO}_3$  slabs show great effect on nanostructure due to rearrangement of electronic charge. Hence, nanotube with inner and outer layers of vacancies was modeled. Critical narrowing of NTs band gap was observed, which leads to conductivity of nanotubes. Therefore, we suggest that changing the  $\text{SrTiO}_3$  plane of the NTs nanoslab would prove more suitable for our task. It was also decided to attempt doping of the novel  $\text{SrTiO}_3$  NT with successfully applied dopants, for example S and N atoms in oxygen positions.

## **ŪDEŅRADIS ENERĢĒTIKĀ, JEB LU CFI ŪDEŅRAŽA ENERĢĒTIKAS MATERIĀLU LABORATORIJAS STRATĒGIJA UN TAKTIKA 2013**

**J.Kleperis<sup>1</sup>, L.Grīnberga<sup>1</sup>, A.Starikovs<sup>1,2</sup>, J.Fricsons<sup>1,2</sup>**

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

<sup>2</sup>*Latvijas Ūdeņraža asociācija*

LU CFI Ūdeņraža enerģētikas materiālu laboratorijā veic elektrodu procesu pētījumus ūdens elektrolīzes laikā, izzinot elektroda materiāla, šūnas formas un pieliktā sprieguma impulsu savstarpējās sakārības. Tas nepieciešams, lai ūdeni sadalītu atsevišķās gāzēs, izmantojot mazāk enerģiju. Otrs pētījumu virziens saistīts ar ūdeņraža uzglabāšanu cietvielās, kas tiek uzskatīts par visdrošāko šīs gāzes uzglabāšanas veidu. Nanoporainas ceolītu struktūras varētu būt viens no piemērotākiem materiāliem atgriezeniskai liela daudzuma ūdeņraža adsorbcijai. Biomasas pārstrādē rūpniecībā un pārtikas ražošanā ir saistīta ar lielu daudzumu atkritumu uzkrāšanos. Pētījumi tiek veikti ar piena pārstrādes atkritumiem un glicerīnu, kas paliek pāri biodīzeļa ražošanas procesā, kurus iespējams fermentēt par gāzi, arī ūdeņradi, speciāli piemeklējot un optimizējot mikroorganismus. Saules gaisma vēl daudzās cilvēku paaudzēs būs neizsmēļams enerģijas avots, tāpēc liels izaicinājums ir sintezēt materiālus, veidot pārklājumus un šūnas ūdens sadalīšanai ūdeņradī un skābeklī. Pētījumi tiek veikti ar nanopulveru un pašsakārtotu nanostruktūru pārklājumiem, tos modifīcējot ar dažādu elementu piemaisījumiem - titāna dioksīdu, ferītiem un citiem materiāliem. Ūdeņraža katalītiska sadedzināšana elektrības iegūšanai kurināmā elementā notiek membrānas-elektrodu sistēmā, kuras pamatā ir protonus vadoša membrāna. Mūsu pētījumi virzīti uz lētāku un videi draudzīgākās tehnoloģijās iegūstamu membrānu sintēzi, kā arī membrānu ar jauktu elektronu un protonu vadītspēju iegūšanu efektīgākas membrānas-elektrodu sistēmas izveidei.

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

## **HYDROGEN IN ENERGY: STRATEGY AND TACTICS OF HYDROGEN ENERGY MATERIALS LABORATORY 2013**

**J. Kleperis<sup>1</sup>, L. Grīnberga<sup>1</sup>, A. Starikovs<sup>1,2</sup>, J. Fricsons<sup>1,2</sup>**

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

<sup>2</sup>*Latvijas Ūdeņraža asociācija*

Hydrogen Energy Materials Laboratory at ISSP carry out research of the electrode processes in water electrolysis, studying correlations between the electrode material, the cell shape and the applied voltage pulses. This is necessary to decrease the energy of the water splitting in hydrogen and oxygen gases. Another direction of research is related to hydrogen storage in solid media, which is considered the safest way to store this gas. Nano-porous zeolite structure may be one of the most suitable materials for reversible adsorption of large amounts of hydrogen. Biomass processing industry and food production is associated with the accumulation of large amounts of waste. Studies in laboratory are made with dairy waste and glycerol, which remains from the biodiesel production process, how to ferment them for hydrogen gas, optimizing specific microorganisms. Many more people generations will use the Sun as an inexhaustible source of energy, therefore our challenge is to synthesize materials and coatings, and build cells for water splitting in hydrogen and oxygen only with light. Research is being carried out with nanopowders and self-organized nano-coatings, modifying them with different elements – titania, ferrite compounds and other materials. Catalytic combustion of hydrogen in the fuel cell to produce electricity is based on the membrane-electrode assembly. Our research is directed to find cheaper and environmentally-friendly technologies of proton conducting membrane synthesis, and also to development of membranes with mixed electron-proton conductivity for more efficient membrane-electrode assembly.

*Acknowledgment: The authors thank the National Research Program LATENERGI for financial support of these researches.*

## **ŪDEŅRAŽA SAISTĪŠANĀS MEHĀNISMA CEOLĪTĀ IZPĒTE – EKSPERIMENTI UN SKAIDROJUMI**

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

*<sup>1</sup>Rīgas Tehniskās universitātes Materiālzinātnes un lietišķās ķīmijas fakultāte*

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

Pieaugošās prasības palielināt ūdeņraža uzglabāšanas apjomus noteiktās sistēmās, lai nostiprinātu ūdeņraža pielietošanu transporta un koģenerācijas sistēmās, noved pie jauniem atklājumiem gan inženierzinātnē, gan materiālzinātnē. Pateicoties ceolīta strukturālajai dažādībai un gandrīz 3 miljoniem teorētiski iespējamo strukturālo kombināciju, tie ir interesanti materiāli ūdeņraža enerģētikas nozarē. Ekonomiskais izdevīgums ir labs iemesls meklēt vienkāršus un pieejamus materiālus ūdeņraža uzglabāšanai un dabīgie materiāli šajā gadījumā ir īpaši saistoši.

Lai gan ir publicētas dažādas teorijas par ūdeņraža saistīšanos ar ceolītiem, piemēram, ka adsorbceja stingri seko Langmīra vienādojumam, ka procesu nosaka pārtecēšanas jeb *spillover* efekts, pateicoties spēcīgiem katalizatoriem, kas manipulē ar ūdeņraža gāzes molekulām un atomāriem ūdeņraža atomiem, jeb ka notiek vienkārša poru piepildīšanās, ko arī skaidro ar Langmīra vienādojumiem, to pielietojumi eksperimentālajiem rezultātiem ne vienmēr ir viennozīmīgi. Eksperimentējot un pielietojot dažādas metodes, lai precizētu adsorbcejas mehānismu un noteiku materiālu efektivitāti, novērotas vairākas nesakritības. Mūsu darbā dabīgie ceolīti ir pētīti ar masspektroskopiju, Sieverta tipa – tilpuma izmaiņas iekārtu un termogravimetriju. Noteikti zema spiediena, mitras atmosfēras un temperatūras ietekmes efekti uz ūdeņraža adsorbceju ceolītā, lai skaidrotu ūdeņraža saistīšanos pie ceolīta virsmas.

*Pateicība: Paldies ERAF projektam Nr. 2010/0188/2DP/2.1.1.1.0/10/APIA/VIAA/031 “Vēja un ūdeņraža elektroapgādes autonoma sistēma” par finansiālu atbalstu*

## **THE MECHANISM OF HYDROGEN BONDING IN ZEOLITE – EXPERIMENTS AND THEIR EXPLANATIONS**

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

*<sup>1</sup>Faculty of Materials Science and Applied Chemistry, Riga Technical University*

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

Growing demands of increase of volume for hydrogen storage, for launching hydrogen industry, leads to new developments in industry and scientific investigation. Due to its structural variety and almost 3 million theoretical structural combinations to create zeolite structures, it is a promising material for hydrogen storage. Economical convenience is a good reason to seek simple and common materials for storage, and natural materials are especially interesting.

Although there are couple of theories about hydrogen's bonding with zeolite, such as adsorption, mainly trough Langmuir equations, spillover effect – thanks to strong catalysts which manipulate hydrogen gas as well as atomic hydrogen, and basic filling of pores, also explained by Langmuir equations, results are not always consistent. While experimenting and using different methods to precise the mechanism of adsorption and measuring efficiency some irregularities has been found. In our work the various experiments using natural zeolite (clinoptiolite) are performed - mass spectroscopy, Sievert type – volumetric method and thermogravimetry. Effects of low pressure, air humidity, temperature on adsorption efficiency are investigated to explain their influence on hydrogen bonding process with zeolite.

*Acknowledgement: Thanks to ERDF project Nr. 2010/0188/2DP/2.1.1.1.0/10/APIA/VIAA/031 for financial support.*

## FEROMAGNĒTISKU CINKA FERĪTA NANODAĻIŅU PĒTĪJUMI ISTABAS TEMPERATŪRĀ

**A.Šutka<sup>1</sup>, A.Knoks<sup>2</sup>, Dz.Bērziņš<sup>2</sup>, G.Mežinskis<sup>1</sup>, J.Kleperis<sup>2</sup>**

<sup>1</sup>*Rīgas Tehniskās universitātes Silikātu materiālu institūts*

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

Mūsu darbā ZnFe<sub>2</sub>O<sub>4</sub> nano-pulveri ar izmēriem zem 30 nm sintezēti, izmantojot sol-gēla pašaizdedzināšanās metodi. Paraugi kristalizēti, tos apdedzinot gaisā temperatūrās 150, 300, 500 un 800 °C temperatūrās. Ar rentgenstaru fotoelektronu emisijas (XPS) metodi noteikts, ka sintezētie nanopulveru kristāli savā starpā atšķiras ar inversijas pakāpi, kurā daļa Zn(II) jonu atrodas oktaedriskajā tukšumā (B), bet daļa Fe(III) jonu – tetraedriskajā tukšumā (B). Inversijas pakāpe sintezētajiem nanopulveriem atkarīga no apdedzināšanas temperatūras, un samazinās, temperatūrai pieaugot virs 300 °C. Magnētiskās uzņēmības mērījumi rāda, ka vislielākā piesātinājuma magnetizācija un koercīvais spēks ir 300 °C apdedzinātam nanopulverim (60.7 emu/g un 56 Oe attiecīgi), kas samazinās, pieaugot apdedzināšanas temperatūrai. Šim paraugam augstākā piesātinājuma magnetizācija ir tādēļ, ka mazāks ir amorfās fāzes un nemagnētisku piemaisījumu satus, bet inversijas pakāpe, kā to rāda XPS, mazliet mazāka kā zemākās temperatūrās apdedzinātiem paraugiem. Savukārt, 800 °C apdedzinātam paraugam nav inversās špineļa fāzes piemaisījumu vispār, ir vāja magnetizācija, un izteikti atšķirīgs elektronu paramagnētiskās rezonances (EPR) spektrs. Istabas temperatūras EPR spektri izteikti atšķiras normālas (800 °C apdedzināts paraugs) un jauktas špineļa struktūras gadījumā. No jauktas špineļa struktūras paraugiem vislielākais EPR signāls ir 300 °C apdedzinātam paraugam, un raksturojas ar 2 līnijām – vienu intensīvu pie 3210 Oe (attālums starp maksimumiem 224 Oe) un otru vāju pie 2300 Oe. Normālas špineļa struktūras paraugam ir intensīvs nesimetrisks EPR signāls ar intensīvu līniju pie 2810 Oe un vājāku struktūru pie augstākām magnētiskā lauka intensitātes vērtībām.

*Pateicības: Autori pateicas Tartu Universitātes Fizikas institūta pētniekam R. Pärna, Igaunijas Nanotehnoloģiju Kompetences Centra pētniekam V. Kisand par XPS mērījumiem, un LU Fizikas institūta pētniekam Mihailam Majorovam par magnētisko īpašību mērījumiem.*

## STUDIES OF ROOM TEMPERATURE FERROMAGNETIC ZINC FERRITE NANOPARTICLES

**A. Sutka<sup>1</sup>, A. Knoks<sup>2</sup>, Dz. Berzins<sup>2</sup>, G. Mezinskis<sup>1</sup>, J. Kleperis<sup>2</sup>**

<sup>1</sup>*Institute of Silicate Materials, Riga Technical University*

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

Nanopowders of magnetic zinc ferrite ZnFe<sub>2</sub>O<sub>4</sub> with particle size less than 30 nm are synthesized by using sol-gel auto-combustion method and annealed in air at 150, 300, 500, 800 oC. Using local structure sensitive X-Ray photoelectron spectroscopy it has shown that synthesized low temperature (annealing temperature 300°C and lower) nano-crystals have anti-site defects with Zn(II) ions in octahedral sites and Fe(III) ions in tetrahedral sites of spinel structure. In spinel ferrites, magnetic properties originate from the anti-ferromagnetic coupling between the octahedral and tetrahedral sublattices. The inversion degree decreased, increasing annealing temperature above 300 °C. Magnetic susceptibility measurements of obtained ZnFe<sub>2</sub>O<sub>4</sub> nanopowders demonstrated high saturation magnetization and coercive force for sample annealed at 300 °C (60.7 emu/g and 56 Oe accordingly), which decreases increasing annealing temperature. The electron paramagnetic resonance (EPR) spectrum differs between spinel and inverse spinel structures. Nanopowder of zinc ferrite with highest inversion (annealed ad 300°C) at room temperature presents intense single broad line centered at 3210 Oe (224 Oe peak-peak separation) and weak band around 2300 Oe.

*Acknowledgments: The authors thank R. Pärna from Estonian Nanotechnology Competence Center and V. Kisand from Institute of Physics, University of Tartu for XPS measurements; and Mihail Maorov from Institute of Physics of UL and for measurement of magnetic properties.*

# **POLIOKSIMETILĒNA (POM) PLASTMASAS IZSTRĀDĀJUMU POTENCIĀLS UN PIELIETOJUMS LABORATORIJAS UN PILOT-BIOREAKTORU KONSTRUĒŠANĀ**

**A. Gruduls<sup>1</sup>, I. Dirnēna<sup>1</sup>, A.Ē. Šulžanoka<sup>2</sup> J. Kleperis<sup>1</sup>**

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

<sup>2</sup> *Latvijas - Igaunijas kopuzņēmums SIA „Industriplasts”*

Lai ieviestu inovatīvus bioloģiskos procesus rūpnieciskajā ražošanā, tos nepieciešams vispirms pārbaudīt laboratorijas mēroga iekārtās – bioreaktoros. Eksperimentālā laboratorijas aprīkojuma ražošanā mūsdienās izmanto galvenokārt nerūsošā tērauda materiālus. Termiski un ķīmiski izturīgi nerūsošā tērauda materiāli ir samērā dārgi. Ne vienmēr bioloģisko procesu nodrošināšanai ir nepieciešami tik augstas klases materiāli. Polioksimetilēns (poliacetāls, ertacetāls, POM) ir termoplastika plastmasa ar izcilām mehāniskās apstrādāšanas īpašībām. Detaļām, kas izgatavotas no POM, ir liela nodilumizturība, mazs berzes koeficients, laba termoizturība (līdz 170°C), laba ķīmiskā izturība pH diapazonā 4 – 11. Turklat POM detaļas mitrā vidē saglabā savus precīzos izmērus. Mūsu darbā parādīts, ka, laboratorijas mēroga un pilot-bioraektoru izgatavošanai veiksmīgi var izmantot POM materiālus. Izgatavoti trīs 5L bioreaktori eksperimentiem vienā no lielākajām Latvijas biogāzes stacijām. Izgatavoti arī trīs 0,6L laboratorijas bioreaktori un divus gadus veiksmīgi izmantoti eksperimentos ar bioūdeņradi un biogāzi. Reaktoru konstrukcijās izmantots POM, 316 markas nerūsošais tērauds, borsilikāta stikls. Aizstājot lielāko daļu nerūsošā tērauda detaļu ar POM materiāliem, nezaudējot efektivitāti iespējams samazināt reaktora pašizmaksu, atvieglot konstruēšanas procesu, samazināt konstrukcijas siltuma zudumus.

*Pateicība: Paldies ESF projektam Nr.2011/0015/IDP/1.1.2.1.1/11/IPIA/VIAA/008 „Atbalsts maģistra studiju programmu īstenošanai Latvijas Universitātē”*

## **POLYOXYMETHYLENE (POM) MATERIAL POTENTIAL AND USAGE IN CONSTRUCTION OF LABORATORY SCALE AND PILOT-BIOREACTORS.**

**A. Gruduls<sup>1</sup>, I. Dirnena<sup>1</sup>, A.E. Sulzanoka<sup>2</sup> J. Kleperis<sup>1</sup>**

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

<sup>2</sup> *Latvian - Estonian joint venture SIA „Industriplasts”*

The implementation of innovative biological processes in industrial production requires precise experiments in laboratory-scale test systems – bioreactors. Stainless steel materials are mostly used for laboratory equipment construction nowadays. Heat-resistant and chemically resistant stainless steel materials can be quite expensive. In addition for maintenance of biological processes such high grade materials are not always necessary. Polyoxyethylene (polyacetal, ertacetal, POM) is a thermo stable plastic with outstanding machining properties. Mechanical parts made of POM have great abrasion resistance; low friction coefficient; good thermal resistance (up to 170 °C) and high chemical resistance in pH range 4 – 11. In moist environment the parts from POM maintain strict specific manufacturing dimensions. Our work shows examples of successful POM material usage in laboratory-scale and pilot-bioreactor construction. We have built three pilot-bioreactors with total volume 5 liters each for experiments in one of the biggest biogas plant in Latvia. We also have built three laboratory- scale bioreactors with total volume 0.6 liters each. These have been used for more than two years in successful experiments with bio-hydrogen and biogas. For reactor construction stainless steel grade 316, POM and borosilicate glass have been used. Replacing most of the stainless steel parts with POM, it is possible to decrease reactor cost, facilitate construction process and reduce heat loss of system.

*Acknowledgement: Thanks to ESF project*

*Nr.2011/0015/IDP/1.1.2.1.1/11/IPIA/VIAA/008*

## **ELEKTROFORĒTISKI IEGŪTU NANOSTRUKTURĒTU Fe-TiO<sub>2</sub> PLĀNO KĀRTIŅU FIZIKĀLĀS ĪPAŠĪBAS UN FOTOAKTIVITĀTE**

**I.Liepiņa, G.Bajārs, J.Gabrusenoks, A.Lūsis, Ē.Pentjušs**  
*Latvijas Universitātes Cietvielu fizikas institūts*

Titāna dioksīdam kā fotokatalizatoram ir plašs pielietojuma klāsts sākot no pašattīrošajām virsmām un antibakteriāliem pārklājumiem līdz fotostrāvu ģenerējošām iekārtām. Tomēr tā aizliegtās zonas platum (3.2 eV) padara šo materiālu aktīvu tikai tuvajā UV apgabalā. Šajā darbā tika pētītas tā leģēšanas iespējas ar Fe<sup>3+</sup> joniem, lai titāna dioksīda fotoaktivitāte tiktu ierosināta jau redzamajā gaismā.

Plāno kārtiņu iegūšanai izmantota elektroforētiskā uznešana, kas nodrošina viendabīgu klājumu ar lielu virsmas laukumu. Fe-TiO<sub>2</sub> kārtiņu raksturošanai izmantota rentgenstaru difrakcija, rentgenfluorescentā analīze un skenējošā elektronu mikroskopija. Fotoaktivitātes aprēķināšanai izmantoja atvērtās ķēdes potenciāla un fotostrāvas blīvuma mēriņus.

## **ELECTROPHORETICALLY OBTAINED NANOSTRUCTURED Fe-TiO<sub>2</sub> THIN FILM PHYSICAL PROPERTIES AND PHOTOACTIVITY**

**I.Liepina, G.Bajars, J.Gabrusenoks, A.Lusis, E.Pentjuss**  
*Institute of Solid State Physics, University of Latvia*

Titanium dioxide as photocatalyst has a wide range of application field – from self-cleaning surfaces and antibacterial coatings to photocurrent generating devices. Since TiO<sub>2</sub> has a wide band gap (3.2 eV), this material is active only in near UV spectrum. In current work the doping possibilities with Fe<sup>3+</sup> ion have been studied in order to initiate photoactivity in the visible light.

Electrophoretic deposition was used for thin film obtaining, because it provides the homogeneous films with large surface area. Fe-TiO<sub>2</sub> films were characterized by studies of X-ray diffraction, X-ray fluorescence and scanning electron microscopy. Photoactivity was calculated from open-circuit voltage and photocurrent density measurements.

## **MITRUMA IETEKME UZ STIKLA ŠĶIEDRAS UN TEKSTILŠĶIEDRAS ELEKTRISKAJĀM ĪPAŠĪBĀM**

**R.Janeliukštis<sup>1</sup>, J.Zandersons<sup>2</sup>, U.Sidoroviča<sup>3</sup>, Ē.Pentjuš<sup>2</sup>, A.Lūsis<sup>2</sup>**

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

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

<sup>3</sup>*Rīgas Tehniskās universitātes Materiālzinātnes un lietišķās ķīmijas fakultāte*

Mitrums lielā mērā ietekmē stikla šķiedru un tekstilšķiedru fizikālās un ķīmiskās īpašības. Šķiedrās mitrums tiek absorbēts galvenokārt porās. Mitruma daudzumam šķiedrās ir jābūt kontrolējamam, un viena no metodēm ir impedances spektroskopija. Ir iespējams modifīcēt virsmas īpašības, veicot metāla (Ni) daļiņu uznešanu ar magnetrona uzputināšanas metodi.

Darbā veikta impedances spektroskopijas analīze sausiem un mitriem auduma paraugiem ar niķeļa pārklājumu un bez tā sprieguma frekvenču diapazonā no 0,1Hz līdz 65 MHz. Tika veikti pētījumi arī citā režīmā – pie mainīgas spriegumu polaritātes (-1 V līdz 1 V) un fiksētas frekvences 0,1 Hz. Veikta arī audumu ūdens sorbcijas un žūšanas kinētikas procesu izpēte.

Tika secināts, ka auduma paraugos absorbētais ūdens samazina elektrisko vadāmību, bet izžūstot paraugs uzrāda kondensatoram raksturīgas elektriskās īpašības. Mitriem paraugiem impedances absolūtā vērtība uzrāda maksimumu pie aptuveni vienas un tās pašas sprieguma vērtības. Audumi bez pārklājuma labāk absorbē apkārtējā vidē esošo mitrumu nekā audumi ar Ni pārklājumu.

## **INFLUENCE OF MOISTURE ON THE ELECTRICAL PROPERTIES OF GLASS FIBERS AND TEXTILE FIBERS**

**R.Janeliukštis<sup>1</sup>, J.Zandersons<sup>2</sup>, U.Sidorovica<sup>3</sup>, E.Pentjuss<sup>2</sup>, A.Lusis<sup>2</sup>**

<sup>1</sup>*Physics & mathematics faculty, University of Latvia*

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

<sup>3</sup>*Material science & applied chemistry faculty, Riga Technical university*

Moisture has a significant influence on physical and chemical properties of glass and textile fibers. The moisture absorbed by fibers is mainly located in pores. It is useful, if the amount of moisture in fibers can be controlled, and one of the methods used for this purpose is impedance spectroscopy. It is possible to modify surface properties by applying metal (Ni) particle coatings using DC magnetron sputtering method.

Impedance spectroscopy analysis was carried out for dry and wet samples with and without nickel coating in voltage frequency rang from 0,1Hz to 65 MHz. Measurements were also made in another mode – changing voltage polarity (from -1 V to 1 V) by constant frequency 0,1 Hz. Research on water sorption and drying kinetics of fabrics was carried out as well.

It can be concluded that the water absorbed in fabrics decreases electric conductivity but when the sample dries out, it shows properties that are similar to those of capacitance. For wet samples absolute value of impedance shows a maximum at approximately one and the same voltage. Samples without coatings better absorb water from the surrounding environment than samples with Ni coating.

# **STRUKTŪRA, FĀŽU PĀREJAS UN ORGANISKIE MATERIĀLI**

## FĀŽU PĀREJAS AR Ca MODIFICĒTOS $\text{Na}_{1/2}\text{Bi}_{1/2}\text{TiO}_3\text{-SrTiO}_3\text{-PbTiO}_3$ CIETAJOS ŠĶĪDUMOS

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

$0.4\text{Na}_{1/2}\text{Bi}_{1/2}\text{TiO}_3\text{-(0.6-x)SrTiO}_3\text{-xPbTiO}_3$  cietajos šķīdumos, palielinoties Pb koncentrācijai x, relaksoru stāvokļa stabilitāte, ko var raksturot ar temperatūras intervālu starp dielektriskās caurlaidības maksimumu  $T_m$  un spontānās fāžu pārejas starp relaksoru un segnetoelektrisko stāvokli temperatūru  $T_t$ , samazinās. Sastāvs  $0.4\text{Na}_{1/2}\text{Bi}_{1/2}\text{TiO}_3\text{-}0.4\text{SrTiO}_3\text{-}0.2\text{PbTiO}_3$  atrodas  $(T,x)$  fāžu diagrammas daļā, kurā spontānā fāžu pāreja starp segnetoelektrisko un relaksoru stāvokli ir sasniegusi  $T_m$ . Darbā pētīta ietekme uz relaksoru stāvokli un fāžu pāreju, ko  $0.4\text{Na}_{1/2}\text{Bi}_{1/2}\text{TiO}_3\text{-}0.4\text{SrTiO}_3\text{-}0.2\text{PbTiO}_3$  rada pakāpeniska Sr aizvietošana ar Ca. Fāžu pārejas temperatūras un relaksoru stāvokļa stabilitāti raksturo vāja atkarība no Ca koncentrācijas pie mazām Ca koncentrācijām un strauja atkarības palielināšanās, sākot ar noteiktu Ca koncentrāciju. Fāžu pāreju, polarizācijas stabilitātes un dielektrisko īpašību straujā samazināšanās skaidrota ar polāro nanoapgabalu veidošanās raksturu un dielektriskās caurlaidības iespējamo mehānismu relaksoros.

## PHASE TRANSITIONS IN Ca MODIFIED $\text{Na}_{1/2}\text{Bi}_{1/2}\text{TiO}_3\text{-SrTiO}_3\text{-PbTiO}_3$ SOLID SOLUTIONS

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

In  $0.4\text{Na}_{1/2}\text{Bi}_{1/2}\text{TiO}_3\text{-(0.6-x)SrTiO}_3\text{-xPbTiO}_3$  family of solid solutions stability of relaxor state, evaluated as temperature region between maximum of dielectric permittivity  $T_m$  and temperature of spontaneous phase transition between relaxor and ferroelectric state  $T_t$ , decreases, if concentration of Pb x increases. Composition  $0.4\text{Na}_{1/2}\text{Bi}_{1/2}\text{TiO}_3\text{-}0.4\text{SrTiO}_3\text{-}0.2\text{PbTiO}_3$  is located in the region of  $(T,x)$  phase diagram, where  $T_t$  reaches  $T_m$ . The influence on relaxor state and phase transitions are studied, if Sr in  $0.4\text{Na}_{1/2}\text{Bi}_{1/2}\text{TiO}_3\text{-}0.4\text{SrTiO}_3\text{-}0.2\text{PbTiO}_3$  is gradually replaced by Ca. Stability of the relaxor state and the temperature of phase transition is weakly dependent on Ca at low concentration of Ca and steeply increases starting from certain Ca concentration. Stability of phase transition and polarization from one side and steep decreasing of dielectric properties at the same time at low concentration of Ca is explained by behaviour of polar nanoregions.

# **SrTiO<sub>3</sub> UN SrTi<sup>18</sup>O<sub>3</sub> LOKĀLĀS STRUKTŪRAS ANALĪZE IZMANTOJOT RENTGENABSORBCIJAS SPEKTROSKOPIJU**

**A.Anspoks, D.Bočarovs, J.Purāns, F.Rocca<sup>1</sup>, V.Trepakov<sup>2</sup>**

*Latvijas Universitātes Cietvielu fizikas institūts*

*<sup>1</sup>Fotonikas un Nanotehnoloģiju institūts, Trento, Itālija*

*<sup>2</sup>Fizikas institūts, Prāga, Čehija*

SrTiO<sub>3</sub> ir labi pazīstams kvantu paralektriskais materials, kurā segnetoelektrisko sakārtošanos nomāc jonu nulles svārstības. Mainot šo nulles svārstību un dipolu mijiedarbības balansu ar dopēšanas, ārējā spiediena vai nomainot <sup>16</sup>O ar <sup>18</sup>O, šajā materiālā var panākt tā saucamo kvantu segnetoelektrību.

Šajā darbā mēs veicām lokālās atomu struktūras ap Ti joniem pētījumus SrTi<sup>16</sup>O<sub>3</sub> (STO) un SrTi<sup>18</sup>O<sub>3</sub> (STO18) ar rentgenabsorbcijas spektroskopijas palīdzību, izmantojot rentgenabsorbcijas spektra izstiepto sīkstruktūru (EXAFS) un rentgenabsorbcijas spektra piemalas struktūru (XANES) temperatūras diapazonā 6 - 300K. salīdzinot STO un STO18 datus mēs identificējām izotopa efektu, kas izpaužas zemo temperatūru diapazonā (T < 50K).

## **LOCAL STRUCTURE ANALYSIS OF SrTiO<sub>3</sub> AND SrTi<sup>18</sup>O<sub>3</sub> BY X-ray ABSORPTION SPECTROSCOPY**

**A.Anspoks, D.Bočarovs, J.Purans, F.Rocca<sup>1</sup>, V.Trepakov<sup>2</sup>**

*Institute of Solid State Physics, University of Latvia*

*<sup>1</sup> IFN-CNR, Institute for Photonics and Nanotechnologies, Unit 'FBK-Photonics' of  
Trento, Povo (Trento), Italy*

*<sup>2</sup> Institute of Physics, AS CR, Prague, Czech Republic*

SrTiO<sub>3</sub> is well known quantum paraelectric material where ferroelectric ordering is suppressed by ion zero-point vibrations. By controlling the balance between the dipole-dipole interaction and the quantum fluctuation by doping, applying pressure, and exchanging <sup>16</sup>O with <sup>18</sup>O, this material shows so-called quantum ferroelectricity.

In the present work we performed local structure studies of Ti in SrTi<sup>16</sup>O<sub>3</sub> (STO) and SrTi<sup>18</sup>O<sub>3</sub> (STO18) by X-ray absorption spectroscopy using extended x-ray absorption fine structure (EXAFS) and x-ray absorption near edge structure (XANES) spectra in the temperature range 6 - 300K. By comparing the data from STO and STO18 we have identified the isotope effect which constitutes in low temperature range (T < 50K).

## TEMPERATŪRAS IETEKME UZ ZnO SKĀBEKĻA VAKANČU TERMODINAMISKĀM ĪPAŠĪBĀM

**A. Sorokins, J. Žukovskis, D. Grjaznovs, J. Purāns, J. Kotomins**  
*Latvijas Universitātes Cietvielu fizikas institūts*

Cinka oksīds ir daudzsološs materiāls caurspīdīgo elektrodu veidošanā. Tīrais ZnO ir platzonas izolators, bet, ieviešot tajā defektus, var panākt elektrovadošā stāvokļa iestāšanos, saglabājot labu caurspīdību. Iegūtā leģētā materiāla elektroniskās un optiskās īpašības ir stipri atkarīgas no aizvietotāju tipa un koncentrācijas, kā arī no citu defektu klātbūtnes. Skābekļa vakances ( $V_O$ ) var viegli veidoties ZnO kristāliskajā režģī, kas padara to termodinamisku parametru pētījumus svarīgus, lai novērtētu efektus, kas varētu ietekmēt ar metala atomiem leģētu struktūru īpašības.

Šajā darbā mēs izpētījam cinka oksīda ar skābekļa vakancēm ( $ZnO:V_O$ ) termodinamiskas īpašības ar kvantu ķīmijas simulācijām, izmantojot šim nolūkam *CRYSTAL09* datorprogrammu, kura darbojas LCAO tuvinājumā, un bezparametisko korelācijas-apmaiņas funkcionāli PBE0, kas balstās uz blīvuma funkcionāļa teorijas. Dažadas vakanču koncentrācijas tika modelētas ar superšūnu piegājienu, koncentracijas mainot no 6 % 32 atomu lielā superšūnā līdz 2 % 108 atomu lielā superšūnā.

Skābekļa vakanču veidošanas Gibbsa brīvā enerģijas tika izrēķinātas visām struktūrām caur cietās fāzes un skābekļa molekulas fononu energijām. To atkarība no temperatūras tika izskaitīta pie  $T$  no 0 līdz 1000 K, un iegūtie rezultāti atrodas labā saskaņā ar eksperimentaliem pētījumiem.

### TEMPERATURE DEPENDENCE OF THERMODYNAMIC PROPERTIES OF OXYGEN VACANCIES IN ZnO: FIRST-PRINCIPLE CALCULATIONS

**A.V. Sorokine, Yu.F. Zhukovskii, D. Gryaznov, J. Purans, E.A. Kotomin**  
*Institute for Solid State Physics, University of Latvia*

Zinc oxide is a promising material in the transparent electrode industry. Pure ZnO is a wide-gap insulator, whereas introduced defects can make it highly conducting while retaining optical transparency. Electronic and optical properties of doped ZnO depend on types and concentrations of dopants, as well as on the presence of other defects. Oxygen vacancies ( $V_O$ ) are readily formed in the crystal lattice of ZnO, making it important to study their thermodynamic properties in order to take effects they introduce into account, when calculating metal-doped structures.

In current study, we investigate thermodynamic properties of ZnO with vacancies of oxygen ( $ZnO:V_O$ ) through the quantum chemistry simulations using *CRYSTAL09* computer code that employs LCAO approach and null-parametric correlation-exchange hybrid functional PBE0 that is based on the density functional theory. Different concentrations of vacancies are modelled within supercell approach, being varied from 6 % in 32-atom supercell down to 2 % in 108-atom supercell.

Gibbs free energy has been calculated for the formation of  $V_O$  in all the structures through phonon energies for solid-state phase and a molecule of oxygen. Its dependence on temperature has been computed in the range from 0 to 1000 K and is in a good agreement with experimental studies.

# NIKELA NANOVADA IEVIETOŠANA VIENSIENAS OGLEKĻA NANOCURULĒS AR DAŽĀDĀM HIRALITĀTĒM: BLĪVUMA FUNKCIJONĀLA TEORIJAS APRĒĶINI

J. Kazerovskis<sup>1,2</sup>, S. Piskunovs<sup>2</sup>, J. Žukovskis<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Rīgas Tehniskās universitātes Materiālzinātnes un lietišķās ķīmijas fakultāte

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

Šajā pētījumā mēs izmeklējām niķela atomu kēdes tipa nanostruktūru, kas tika ievietota viensienas oglekļa nanocaurulēs (CNTs) ar zig-zag ( $n,0$ ) un krēsla ( $n,n$ ) hiralitātēm un dažādiem  $n$  indeksiem. Tika noteikti optimālie oglekļa nanocauruļu izmēri un niķela nanovada atomu izvietojums tajās. Aprēķiniem tika pielietota elektronu blīvuma funkcionāla teorija (DFT), kura tika īstenota *CRYSTAL-09* kodā, kas ļāva iegūt līdzsvara ģeometriju niķela atomu nanovadam viensienās nanocaurulēs.

Izmantojot PBE-DFT apmaiņu-korelācijas funkcionalu ( $E_{xc}$ ) mēs prognozejam Ni nanovadu fragmentāciju ( $n,0$ ) CNTs iekšā ja  $n > 10$ , turprēti ( $n,n$ ) nanocaurulēs nanoķēde sastādīta no Ni atomiem ir stabilas neatkarīgi no CNT diametra. Visās Ni@CNT konfigurācijās niķela nanovadam ir rakstūrīgas ferromagnetiskas īpašības. Pēc mūsu aprēķiniem, visas oglekļa nanocaurules ar niķela nanovadu iekšā uzrādā metāliskas īpašības pat ja nanocaurule ar tukšu vidu pieder pie pusvādītājiem.

## ATOMIC AND ELECTRONIC PROPERTIES OF Ni NANOFILAMENT ENCAPSULATED INSIDE SINGLE-WALLED NANOTUBES OF DIFFERENT CHIRALITIES

J. Kazerovskis<sup>1,2</sup>, S. Piskunov<sup>2</sup>, Yu.F. Zhukovskii<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Department of Materials Science and Applied Chemistry, Riga Technical University

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

In this study we consider monoatomic chains of nickel atoms encapsulated into single-walled carbon nanotubes (CNTs) of zigzag-type ( $n,0$ ) and armchair-type ( $n,n$ ) chiralities with varied  $n$  indices. We determine the optimal size of the CNT for encapsulating a single atomic wire, as well as the most stable atomic arrangement adopted by the wire. By means of large-scale calculations within the Density Functional Theory (DFT) as implemented in *CRYSTAL-09* code we obtain the equilibrium geometry of single Ni filament inside CNTs.

Using the PBE-DFT exchange-correlation functional ( $E_{xc}$ ), we predict the fragmentation of Ni nanofilament inside ( $n,0$ ) CNTs for  $n > 10$ , while in ( $n,n$ ) NTs the nanochain composed from Ni atoms is stable irrespectively of nanotube diameter. In all Ni@CNT configurations, nickel nanofilament preserves a ferromagnetic ground state. Our calculations indicate that CNTs with encapsulated Ni nanofilament exhibit metallic behavior, even if initially hollow nanotube is a semiconductor.

## **STRUKTŪRAS IZMAIŅAS MgO KRISTĀLOS, APSTAROJOT AR ĀTRAJIEM Au UN N JONIEM**

**R.Zabels, R.Grants**

*Latvijas Universitātes Cietvielu fizikas institūts*

MgO pateicoties savai augstajai radiācijas izturībai ir perspektīvs materiāls kodoldegvielu uzglabāšanas matricām. Šī iemesla dēļ svarīgi zināt MgO struktūras un mehānisko īpašību izmaiņas radiācijas ietekmē.

Veiktajā pētījumā MgO monokristāli apstaroti ar augstas enerģijas (GeV diapazons) smagajiem (Au, U) un vieglajiem (N) joniem. Apstarošanas dozas sniedzas līdz  $7 \times 10^{13}$  joni/cm<sup>2</sup> smago jonus gadījumā un līdz  $5 \times 10^{15}$  joni/cm<sup>2</sup> vieglo jonus gadījumā. Apstarotie MgO paraugi pētīti ar instrumentētās indentēšanas, optiskās absorbcijas, rentgendifrakcijas un atomspēku mikroskopijas metodēm. Indentēšanas mēriumi parādīja, ka apstarošana ar smagajiem joniem izsauc MgO cietības pieaugumu līdz 56% kā arī plastiskuma samazināšanos, savukārt vieglie N joni izsauc tikai līdz 16% lielu cietības pieaugumu. Struktūras pētījumi parādīja kristālu nesakārtības pieaugumu. Atomspēku mikroskopijas rezultāti uzrādīja dislokāciju blīvuma palielināšanos apstarotajā zonā, kas var dot būtisku ieguldījumu eksperimentos novērotajā MgO cietības pieaugumā.

Neskatoties uz ļoti lielām radiācijas dozām, MgO paraugi saglabā savu monokristāliskumu, kas parāda šī materiāla apbrīnojamo spēju izturēt agresīvu apstarošanu ar GeV-enerģijas joniem.

## **STRUCTURAL CHANGES IN MgO CRYSTALS UNDER IRRADIATION WITH SWIFT Au AND N IONS**

**R.Zabels, R.Grants**

*Institute of Solid State Physics, University of Latvia*

Due to a very high resistance to radiation MgO is a perspective material for nuclear containment matrix. For this reason it is important to know the changes in the structure and mechanical properties of MgO after irradiation.

In the presented research MgO single crystals were irradiated with high energy (GeV-range) heavy (Au, U) and light (N) ions. Irradiation doses reached up to  $7 \times 10^{13}$  ions/cm<sup>2</sup> in the case of heavy ions and up to  $5 \times 10^{15}$  ions/cm<sup>2</sup> in the case of light ions. The irradiated MgO samples were investigated with instrumented indentation, optical absorption, X-ray diffraction and atomic force microscopy methods. The indentation results showed, that irradiation with heavy ions leads to a significant (up to 56%) increase of hardness and a marginal decrease of plasticity, whereas light N ions cause only up to 16% increase of hardness. Structural research revealed an increase of disorder in the irradiated crystals. The results of atomic force microscopy showed an increased dislocation density in the irradiated zone, which can play a substantial role in the experimentally observed increase of hardness in MgO.

Despite the high doses of radiation MgO samples maintain their single crystalline state, which shows a remarkable ability of this material to withstand aggressive irradiations with GeV-energy ions.

## AZOBENZOLU FRAGMENTUS SATUROŠU UN AMORFO FĀZI VEIDOJOŠO MATERIĀLU NELINEĀRI OPTISKIE PETĪJUMI

Z. Kalniņa<sup>1</sup>, A.Tokmakovs<sup>1</sup>, M.Rutkis<sup>1</sup>, V. Kokars<sup>2</sup>, E.Zariņš<sup>2</sup>, K. Traskovskis<sup>2</sup>

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

<sup>2</sup> Rīgas Tehniskā universitāte

Organiskie materiāli ar mazu dielektrisko konstanti un lielu nelineāri-optisko (NLO) efektivitāti varētu tikt izmantoti kā aktīvās komponentes NLO ierīcēs, un līdz ar to tie piesaista arvien lielāko zinātnisko un tehnoloģisko interesi.

Rīgas Tehniskās universitātēs ķīmijas fakultātē tika uzsintezētas vairāk nekā 6 jaunas organisko stiklu fāzi veidojošas NLO aktīvas vielas, kombinējot azobenzola skeleta struktūras, amorfu fāzi veidojošas alkil-tritīl un alkil-tritīloksi grupas un donora un akceptoru daļas. Šo vielu absorbcijas maksimumi ir diapazonā no 455nm līdz 517 nm, NLO efektivitāti ( $d_{33}$ ) no 10 pm/V līdz 126pm/V, termālo stabilitāti ( $T_{SH150} = 50\%$  NLO signāla intensitātes samazināšana) no 58 līdz 88 grādiem. Referāta tiks apspriesta jauno materiālu NLO efektivitāte un to termiskās stabilitātes atkarību no to struktūras.

$\lambda$ max	$T_{SH150}$	$D_{33}$
515	87	126
517	74	62
507	83	24
455	58	23
462	61	15
457	88	14
462	70	10

## AZOBENZENE BASED FRAGMENT GLASY STATE FORMING NONLINEAR OPTICAL MATERIAL PROPERTIES RESURCH

Z.Kalnina<sup>1</sup>, A.Tokmakov<sup>1</sup>, M.Rutkis<sup>1</sup>, V. Kokars<sup>2</sup>, E.Zariņš<sup>2</sup>, K. Traskovskis<sup>2</sup>

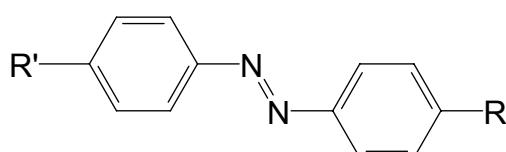
<sup>1</sup> Institute of Solid State Physics, University of Latvia

<sup>2</sup>Riga Technical University

Large and fast nonlinear optical (NLO) response, low dielectric constant and easiness of processing make organic materials of great current scientific and technological interest for application in NLO devices.

NLO properties and thermostability dependence from the chemical structure of more than 6 new glass state forming compounds will be discussed. These compounds are azobenzene based structures with alkyl-tritīl and alkyl- tritīloksi groups forming amorphous phase and with different donor and acceptor parts. The absorption peak is in the range from 455nm to 517 nm.

Influence of compound structure on NLO efficiency and thermal stability will be discussed.



Azobenzene base structure

## **LĀDIŅNESĒJU KUSTĪGUMA NOTEIKŠANA PIRANILIDEN FRAGMENTU SATUROŠU SAVIENOJUMU PLĀNĀS KĀRTIŅĀS**

**K.Pudžs, A.Vembrijs**

*Latvijas Universitātes Cietvielu fizikas institūts*

Vienas no vienkāršākajām un lētākajām plānu kārtiņu iegūšanas metodēm ir liešanas metodes, kurās kārtiņas tiek pagatavotas no šķīduma. Tādēļ savienojumi, kas veido amorfas struktūras plānu kārtiņu no šķīduma ir perspektīvi organiskajā elektronikā, it sevišķi ja tie ir mazmolekulārie savienojumi. Organisko materiālu elektriskās īpašības ir svarīgas šādās ierīcēs. Viens no būtiskiem parametriem, kas raksturo elektriskās īpašības ir lādiņnesēju kustīgums.

Darbā pētīti lādiņnesēju kustīgums piraniliden fragmentu saturošu savienojumu plānās kārtiņās. Eksperimentā izmantoti „sendviča” tipa paraugi, kuros organiskais slānis atrodas starp ITO un Al elektrodiem. Organiskā materiāla slānis izveidots ar rotējošā diska uznešanas metodi no hloroforma šķīduma. Pētījumos izmantotas klasiskās un modificētās CELIV (carrier extraction by linearly increasing voltage), photo-CELIV un ToF (Time of Flight) metodes. Prezentācijā tiks apskatīti metožu pielietošanas ierobežojumi un iespējamie risinājumi pētāmiem savienojumiem.

## **DETERMINATION OF CHARGE CARRIER MOBILITY IN THIN FILMS OF PYRANYLIDEN FRAGMENT CONTAINING COMPOUNDS**

**K.Pudzs, A.Vembrijs**

*Institute of Solid State Physics, University of Latvia*

Thin film deposition by solution casting method is one of the easiest and low cost processing methods. Therefore, compounds that form amorphous structure from solution are perspective in organic electronics, especially low molecular weight compounds. Electrical properties of organic compounds are important in such devices. Charge carrier mobility is one of the key parameter that characterizes electrical properties.

In this work charge carrier mobility in thin films of pyranylidene fragment containing compounds was studied. “Sandwich” type samples of organic compound layer between ITO and Al electrode were prepared. The organic thin films were made by spin-coating method from chloroform solution. Charge carrier mobility was determined by classical and modified CELIV (carrier extraction by linearly increasing voltage), photo-CELIV and ToF (Time of Flight) methods. Application limits and possible solutions of charge carrier mobility determination methods for such compounds will be discussed.

## **TEMPERATŪRAS IETEKME UZ AZOBENZOLU MOLEKULU OPTISKI IEROSINĀTĀM ĪPAŠĪBĀM PLĀNĀS KĀRTIŅĀS**

**M.Narels, E.Laizāne, A.Vembrijs**  
*Latvijas Universitātes Cietvielu fizikas institūts*

Azobenzolu atvasinājumi ir plaši pazīstami ar to īpašību veikt izomerizāciju gaismas ietekmē. Tas nozīmē, ka azobenzolu molekulām fotoreakcijā ir iespējama pārslēgšanās starp diviem stāvokļiem – trans un cis izomēru. Cis→trans izomerizācijas gadījumā izmaiņas molekulā var inducēt arī ar termālo reakciju, jo cis stāvoklis ir metastabils. Termālā reakcija istabas temperatūrā ir daudzkārt lēnāka par fotoreakciju, tomēr tās ietekmi nedrīkst ignorēt. Lai iegūtu informāciju par temperatūras ietekmi uz izomerizācijas procesu, ir nepieciešams veikt izomerizācijas procesa kinētikas analīzi.

Darbā izmantots oriģināls azobenzolu atvasinājums A45. Molekulas tika iejauktas polimēra matricā dažādās koncentrācijās. Plānās kārtiņas iegūtas no hloroforma šķīduma, izmantojot rotēšanas (spin-coating) metodi. Visi paraugi tika apstaroti ar 360nm un 450nm gaismu, kas atbilst, respektīvi, trans→cis un cis→trans izomerizācijai, vienlaicīgi reģistrējot caurizgājušās gaismas intensitāti pie 360nm. Fotoizomerizācijas process tika novērots pie temperatūrām no 100K līdz 300K. Darbā tiks parādīta temperatūras ietekme uz fotoizomerizācijas procesa parametriem.

### **INFLUENCE OF TEMPERATURE ON PHOTOINDUCED PROPERTIES OF AZOBENZENE MOLECULES DOPED IN POLYMER THIN FILM**

**M.Narels, E.Laizāne, A.Vembrijs**  
*Institute of Solid State Physics, University of Latvia*

Azobenzene derivatives are well-known for their capability to isomerize. It means that azobenzene molecules can be switched between two states - trans and cis isomer - by photoreaction. *Cis→trans* isomerization can be induced also by thermal reaction due to the fact that *cis* isomer is metastable. The thermal reaction at room temperature is slower compared to the photoreaction, nonetheless it has impact which cannot be ignored. Analysis of the kinetics of isomerization process at various temperatures is useful to obtain information about influence of temperature on molecule isomerization.

In the work original azobenzene derivative A45 was chosen. Molecules were doped in polymer matrix at various concentrations. Thin films were prepared from chloroform solutions by spin – coating method. Samples were irradiated with alternate light in ultraviolet spectral region at ~360nm and visible spectral region at ~450nm, which correspond to *trans→cis* and *cis→trans* isomerization, respectively. At the same time light intensity at 360nm which pass through the sample was recorded. Photoisomerization process was observed at temperatures from 100 to 300 K. Temperature influence on parameters of photoisomerization process will be showed.

**AR TERC BUTIL GRUPU MODIFICĒTU UN PIRANILIDEN FRAGMENTU  
SATUROŠU MOLEKULĀRO STIKLU OPTISKĀS UN  
ELEKTROLUMINISCENTĀS ĪPAŠĪBAS**

**S.Popova<sup>1</sup>, A.Vembiris<sup>1</sup>, E.Zariņš<sup>2</sup>, V.Kokars<sup>2</sup>**

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

<sup>2</sup>*Rīgas Tehniskās universitātes Lietišķās ķīmijas institūts*

Darbā prezentējamiem savienojumiem, pateicoties to vienkāršai un atkārtojamai sintēzei, ir zināmas perspektīvas nākotnes optoelektronikā.

Praksē plaši pielietotas sarkanā spektrā luminiscējošas vielas satur piraniliden atvasinājumu. Šajā prezentācija tiks apskatītas trīs oriģinālu amorfās struktūras veidojošu pirinaliden fragmentu saturošu vielu plānu kārtīnu optiskās un elektriskās īpašības. Organiskās vielas slānis iegūts ar „spin-coating” metodi. Termiskā sublimēšana vakuumā tika izmantota elektrodu un papildus slāņu izveidošanai. Elektroluminiscences (EL) mēriņumiem tika izveidota sistēma ITO/PEDOT:PSS/Organiskā viela/BaF/Al. Elektroluminiscences spektrs ir identisks fotoluminiscences spektram, kas liecina par vienādiem luminiscences rašanās mehānismiem. Paraugu zemā elektroluminiscences efektivitāte varētu būt skaidrojama ar elektronu-caurumu disbalancu, ko iespējams novērs ievietojot Alq<sub>3</sub> slāni starp elektroluminiscējošo slāni un BaF. Šādām sistēmām efektivitāte uzlabojās, bet tai pašā laikā ievērojami paaugstinās ieslēgšanas spriegums. EL spektri ar un bez Alq<sub>3</sub> neatšķirās, kas nozīmē, ka Alq<sub>3</sub> neemitē gaismu.

**OPTICAL AND ELECTROLUMINESCENCE PROPERTIES OF  
MOLECULAR GLASSES MODIFIED WITH TERC BUTYL GROUP AND A  
PYRANILIDEN FRAGMENT AS A BACKBONE**

**S.Popova<sup>1</sup>, A.Vembiris<sup>1</sup>, E.Zariņš<sup>2</sup>, V.Kokars<sup>2</sup>**

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

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

Presented compounds could be perspective in next generation optoelectronic devices due to their repeatable and simple synthesis.

One of common red luminescent materials contain pyranyliden fragment as backbone. In this presentation optical and electrical characteristics of three original glasses forming pyranyliden fragment containing compounds are presented. Organic layers were deposited by spin-coting method. For metal and intermediate layers thermal evaporation in vacuum was applied. ITO/PEDOT:PSS/Organic compound/BaF/Al system was made for electroluminescence (EL) measurements. Electroluminescence and photoluminescence spectrum of the compounds were identical showing similar origin of both luminescences. The EL efficiency was low for these samples. Additional Alq<sub>3</sub> layer between electroluminescence and BaF layers could enhance balance of injected electrons and holes thus increase EL efficiency. It was achieve but unfortunately EL appears at higher voltage. EL spectrum with and without Alq<sub>3</sub> are the same, so Alq<sub>3</sub> doesn't emit light.

## **STIKLU VEIDOJOŠU PIRANILIDEN ATVASINĀJUMU ENERĢĒTISKIE LĪMEŅI**

**R.Gržibovskis<sup>1</sup>, K.Pudzs<sup>1</sup>, B.Turovska<sup>2</sup>, M.Rutkis<sup>1</sup>, A.Vembris<sup>1</sup>**

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

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

Mūsdienās arvien nozīmīgāka kļūst organisko materiālu izmantošana elektronikā, tādā veidā aizstājot klasiskos materiālus. Uz organiskajiem materiāliem balstītas elektronikas priekšrocība varētu būt vienkāršāka un lētāka izgatavošana. Lai varētu spriest par iespējamiem pielietojumiem un izveidot enerģētiski salāgotas sistēmas, ir nepieciešams noskaidrot organisko savienojumu enerģētisko līmeņu struktūru.

Darbā pētīti stiklveida struktūras veidojošu piraniliden atvasinājumu enerģētiskie līmeņi šķīdumā un plānās kārtīnās. No šķīdumu un plānu kārtīnu absorbcijas spektriem noteikta pētāmo savienojumu optiskā sprauga, bet no fotovadāmības kvantu efektivitāšu spektrālās atkarības- fotovadāmības sliekšņa vērtība. Savienojumu veidoto plāno kārtīnu lādiņnesēju lokālie lamatu līmeņi tika noteikti ar temperatūras modulēto telpas lādiņu ierobežoto strāvu metodi. No cikliskām voltamperogrammām noteikti oksidēšanās un reducēšanās potenciāli pētītajām vielām. Noteikto enerģētisko līmeņu korelācija tiks analizēta prezentācijā.

## **ENERGETICAL LEVELS OF GLASS FORMING PYRANYLIDEN DERIVATIVES**

**R.Gržibovskis<sup>1</sup>, K.Pudzs<sup>1</sup>, B.Turovska<sup>2</sup>, M.Rutkis<sup>1</sup>, A.Vembris<sup>1</sup>**

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

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

Nowadays in electronics different classical materials are replaced by organic compounds. Electronics that is based on organic compounds would have several advantages as low cost and simple production. To estimate possible applications of organic compounds and fabricate high efficiency devices it is important to determine their energetical structure.

In this work energetical levels of glass forming pyranylidene derivatives was studied. Optical gap from absorption spectra of solutions and thin films and photoconductivity threshold energy value form spectral dependence of photoconductivity quantum efficiency was obtained. Charge carrier local trap states of organic thin films were determined by temperature modulated space charge limited current method. From cyclic voltammetry oxidation and reduction potentials of studied derivatives were obtained. Correlation of determinated energy levels will be analysed.

# **STENDA REFERĀTU SEKCIJA**

## NANOSTRUKTURĒTU SALIKTO NITRĪDU AlGaN LUMINISCENCE

**J. Grigorjeva, V. Korsaks, L.Trinklere un B. Bērziņa, Li-Chyong Chen<sup>1</sup>**

*Latvijas Universitātes Cietvielu fizikas institūts*

*<sup>1</sup>Nacionālā Taivānas Universitāte, Kondensētās vielas zinātnu centrs, Taipeja*

Saliktie  $\text{Al}_x\text{Ga}_{1-x}\text{N}$  savienojumi ir perspektīvi platzonu materiāli, kuru aizliegtās zonas platums var mainīties robežās no 6,2 eV līdz 3,2 eV, un kurus var pielietot kā UV gaismas starotājus. Veiktais pētījums ietver  $\text{Al}_x\text{Ga}_{1-x}\text{N}$  viendimensiju (1D) un divdimensiju (2D) nanostruktūru (nanostienīši un plānās kārtīņas) spektrālos pētījumus. Paraugi ir sintezēti, lietojot dažādas metodes (MOCVD, MBE uc.) Nacionālajā Taivānas Universitātē, Kondensētās vielas zinātnu centrā. Pamatelementu koncentrācija  $x$  saliktos materiālos  $\text{Al}_x\text{Ga}_{1-x}\text{N}$  mainās robežās no 3,1% līdz 7,7%.

$\text{Al}_x\text{Ga}_{1-x}\text{N}$  paraugos, tos ierosinot ar 263 nm lāzera gaismu, tika mērīti fotoluminiscences spektri temperatūru rajonā no 8 K līdz 300 K. Tika novērota eksitonu radītās luminiscences josla spektrālā rajonā no 320 nm līdz 400 nm, kuras novietojums ir atkarīgs no augstāk minētās koncentrācijas  $x$ . Tika novērots, ka, pieaugot paraugu temperatūrai no 8K līdz 300 K, luminiscences joslas maksimums pārbīdās spektrā uz garo vilņu pusi, bet luminiscences intensitāte samazinās.

## LUMINISCENCE OF NANOSTRUCTURED COMPOUND NITRIDES AlGaN

**J. Grigorjeva, V. Korsaks, L. Trinkler, and B. Berzina, Li-Chyong Chen<sup>1</sup>**

*Institute of Solid State Physics, University of Latvia*

*<sup>1</sup>National Taiwan University, Center for Condensed Matter Sciences, Taipei*

Compound  $\text{Al}_x\text{Ga}_{1-x}\text{N}$  is one of prospective wide band gap materials with variable band gap energy within a range between 6,2 eV and 3,2 eV applicable for UV light emitting devices. The present investigation is devoted to spectral characterization of quasi one-dimensional (1D) and two dimensional (2D) nanostructures of  $\text{Al}_{1-x}\text{Ga}_x\text{N}$  (nanorods and thin layers) synthesized using different methods (MOCVD, plasma assisted MBE et.al) in National Taiwan University, Center for Condensed Matter Sciences. The values of host element concentrations  $x$  in compound materials are restricted – ranging between 3.1% and 7,7%.

Photoluminescence spectra of  $\text{Al}_x\text{Ga}_{1-x}\text{N}$  samples were measured under excitation of 263 nm laser light within a temperature range from 8 K up to 300 K. The exciton-induced luminescence band was observed between 320 nm – 400 nm with a peak position dependent on  $x$  value. Increase of the sample temperature from 8 K up to 300 K results in a “red shift” of the luminescence band maximum and decrease of the luminescence intensity.

## **HOLOGRĀFISKAIS IERAKSTS As-S KĀRTIŅĀS Ar 473 nm LĀZERI**

**A. Kiseļovs, J. Teteris**

*Latvijas Universitātes Cietvielu fizikas institūts*

Darbā tiek pētītas hologrāfiskā ieraksta īpašības As-S kārtiņās. Paraugi tika apstaroti ar lāzeri, kura vilņa garums  $\lambda=473$  nm. Lāzera staru sadala divos staros un novirza to tā, ka uz parauga veidojas interferences aina – ierakstās hologrāfiskais režģis. Ierakstošo staru polarizācija darba gaitā ir nemainīga,  $+45^0$  un  $-45^0$ . Darba gaitā tika pētītas režģa ieraksta process atkarībā no ierakstošo staru intensitātes.

## **HOLOGRAPHIC RECORDING IN As-S LAYERS WITH 473 nm LASER**

**A.Kiselovs, J. Teteris**

*Institute of Solid State Physics, University of Latvia*

The properties of As-S holographic lattice were studied during work. For recording the laser with  $\lambda=473$  nm was used. An interference pattern was created on the sample surface. The polarization of recording light was  $+45^0$  and  $-45^0$ . The dependence of light intensity was examined.

## FOTOINDUCĒTĀ VIRSMAS RELJEFA VEIDOŠANĀS MASĪVĀ As<sub>2</sub>S<sub>3</sub>

**M. Jirgensons, J. Teteris**

*Latvijas Universitātes Cietvielu fizikas institūts*

Dotajā darbā tika pētīta fotoinducētā virsmas reljefa veidošanās masīvā As<sub>2</sub>S<sub>3</sub>. Reljefa veidošanāš tika pētīta ar lineāri polarizētu gaismu pie vilņu garumiem 671 nm, 532 nm un 473 nm. Tika pētīta virsmas reljefa veidošanās atkarībā no laika, intensitātes un polarizācijas virziena. Reljefa veidošanās masīvā As<sub>2</sub>S<sub>3</sub> tika novērota mainot režīga periodus.

## PHOTOINDUCED SURFACE RELIEF FORMATION IN As<sub>2</sub>S<sub>3</sub> BULK

**M. Jirgensons, J. Teteris**

*Institute of Solid State Physics, University of Latvia*

The photoinduced surface relief formation was observed in As<sub>2</sub>S<sub>3</sub> bulk. Relief formation was researched with linearly polarised light beams at these wavelengths - 671 nm, 532 nm and 473 nm. Surface relief formation was researched by changing polarisation axis, intensity of the light beam and the time of light beam induction. Relief formation in the bulk was observed at different grating periods.

## **FOTOINDUCĒTAIS DIHROISMS As-S SAVIENOJUMU PLĀNĀS KĀRTIŅĀS**

**I.Rundāne, J. Teteris**

*Latvijas Universitātes Cietvielu fizikas institūts*

Dotajā darbā tika pētīts fotoinducētais optiskais dihroisms amorfās As-S savienojumu plānās kārtiņās. Optiskās caurlaidības tika pētīta ar lineāri polarizētu gaismu pie viļņa garuma 532 nm. Optiskā anizotropija paraugos tika inducēta ar lineāri polarizētu 532 nm lāzera staru. Tika pētītas optiskās caurlaidības izmaiņas gan paralēlam, gan perpendikulāram polarizācijas virzieniem attiecībā pret ierosinošā stara polarizāciju.

## **PHOTOINDUCED DICHROISM IN THIN As-S FILMS**

**I.Rundāne, J. Teteris**

*Institute of Solid State Physics, University of Latvia*

The photoinduced optical dichroism was studied in amorphous As-S thin films. The photoinduced optical transparency was studied with linear polarized light at wavelength of 532 nm. The optical anisotropy in the samples was induced by linear polarized 532 nm laser beam. The changes of optical transparency both for perpendicular and parallel directions regarding the polarisation of exciting beam were studied.

## **ZnO MONOKRISTĀLU LUMINISCENCE UN INDUCĒTĀ ABSORBCIJA**

**M.Vanks, D.Millers, L.Grigorjeva, K.Šmits**

*Latvijas Universitātes Cietvielu fizikas institūts*

Salīdzināta luminiscence, kā arī inducētā īsi dzīvojošā absorbcija trijiem dažādās izcelsmes ZnO monokristāliem pie dažādām temperatūrām. Luminiscence ierosināta gan ar lāzera starojuma impulsiem (266 nm), gan ar liela blīvuma elektronu kūļa ( $10^{12}$  el/cm<sup>2</sup>, 10 ns, 270 keV) impulsiem, inducētā īsi dzīvojošā absorbcija ierosināta tikai ar elektronu kūļa impulsiem. Atrasts, ka spektra apgabalā 2.8 – 3.4 eV ir relatīvi šauras luminiscences joslas, un šo joslu novietojums spektrā visiem paraugiem tuvs, kaut gan joslu intensitātes atšķirīgas. Spektra apgabalā 1.7 - 2.75 eV novērota plata, iespējams salikta luminiscences josla, kura saistīta ar elektronu pārejām defektos un daudzkārt minēta publikācijās.

Divos pētījajos paraugos novērota plata inducētā īsi dzīvojošās absorbcijas josla, kura pārklāj spektra apgabalu 1.1 – 2.7 eV, vienā paraugā šāda josla nav novērojama. Salīdzinot luminiscences un īsi dzīvojošās absorbcijas kinētikas parādīts, ka īsi dzīvojošā absorbcija nav saistīta ar tiem ierosinātajiem stāvokļiem, kuri atbildīgi par novēroto luminiscenci. Diskutēti inducētās īsi dzīvojošās absorbcijas iespējamie cēloņi pētījajos ZnO monokristālos.

## **THE LUMINESCENCE AND INDUCED ABSORPTION OF ZnO SINGLE CRYSTALS**

**M.Vanks, D.Millers, L.Grigorjeva, K.Smits**

*Institute of Solid State Physics, University of Latvia*

The luminescence as well as transient absorption was compared at different temperatures for three ZnO single crystalline samples obtained from different sources. The luminescence was excited by a pulsed laser beam (266 nm) as well as by a high density pulsed electron beam ( $10^{12}$  el/cm<sup>2</sup>, 10 ns, 270 keV), the transient absorption was excited by pulsed electron beam only. The relative narrow luminescence bands were observed in spectra within 2.8 – 3.4 eV and it was found the band positions are very close for all samples studied; however the intensities of bands differ. The wide luminescence band was observed within 1.7 – 2.75 eV. This band is known to be due to electron transitions in defects as it is described in papers.

The wide band of transient absorption covering spectrum region 1.1 – 2.7 eV was observed in two samples, whereas in one sample not. Comparison of kinetics for luminescence and transient absorption suggested the excited states responsible for luminescence were not the origin of transient absorption. The possible origin of transient absorption is discussed.

## **STRONCIJA ALUMINĀTA ILGI SPĪDOŠĀS LUMINISCENCES ĪPAŠĪBAS**

**V.Liepiņa, K.Šmits, Dz.Jankoviča, L.Grigorjeva, D.Millers**

*Latvijas Universitātes Cietvielu fizikas institūts*

*Rīgas Tehniskās universitātes Neorganiskās ķīmijas institūts*

Ar eiropiju un disproziju aktivēti stroncija alumināti ir vieni no efektīvākajiem un ilgāk spīdošajiem šobrīd zināmajiem luminoforiem. To luminiscentās īpašības ir tikušas pētītas jau ilgāku laiku ar mērķi iegūt pēc iespējas ilgāk spīdošu un efektīvu luminoforu, bet par ilgo spīdēšanu atbildīgais mehānisms vēl joprojām nav skaidrs. Ja tiktu noskaidrots pēcspīdēšanā iesaistīto ierosinājumu uzglabāšanas modelis, tad sintēzes parametrus varētu mainīt apzināti, lai iegūtu efektīvāku luminoforu. Šī pētījuma mērķis ir dot ieguldījumu stroncija aluminātu luminoforu ilgās pēcspīdēšanas modeļa noskaidrošanā.

Šajā referātā apskatīta  $\text{SrAl}_2\text{O}_4$ : Eu, Dy ilgi spīdošās luminiscences kinētiku analīze, kā arī termostimulētās luminiscences pētījumi ar dažādiem ierosmes avotiem (rentgena lampu, deitērija lampu, 266 nm Nd:YAG lāzeru). Veicot TSL mērījumus un salīdzinot spekrālo sadalījumu pie dažādām temperatūrām, novērtēts lādiņnesēju ķērājcentru dziļums un veids. Analizēta materiāla luminescence un tās pēcspīdēšana selektīvā piejaukumiņu ierosmē. Apskatīts iespējamais enerģijas pārneses mehānisms starp aktivatoriem.

## **THE LUMINESCENT PROPERTIES OF LONG-LASTING STRONTIUM ALUMINATE PHOSPHOR**

**V.Liepiņa, K.Šmits, Dz.Jankoviča, L.Grigorjeva, D.Millers**

*Institute of Solid State Physics, University of Latvia*

*Institute of Inorganic Chemistry, Riga Technical University*

Eu and Dy doped strontium aluminates are widely known for their intensive long lasting phosphorescence. The luminescent properties of strontium aluminate phosphors have been studied for some time in order to obtain even longer lasting and more intensive phosphorescence, but the mechanism responsible for the long lasting afterglow is not yet clear. Knowing the model, it would be possible to purposefully change the synthesis parameters to obtain a more efficient phosphor. The goal of this research is to contribute to the knowledge of the mechanism responsible for the long lasting phosphorescence.

In this report the analysis of the kinetics of  $\text{SrAl}_2\text{O}_4$ : Eu, Dy has been described, as well as the investigation of thermally stimulated luminescence with different excitation sources (X-ray lamp, deuterium lamp, 266 nm Nd:YAG laser). By TSL measurements and comparison of their spectral distribution dependence on temperature the depth and the nature of the charge trapping centres has been determined. The luminescence and afterglow of the sample after selective dopant excitation has been investigated. The possible mechanism of energy transfer has been discussed.

## **AR EU UN CE JONIEM AKTIVĒTO HIDROKSILAPATĪTU LUMINESCENCE**

**L.Puķina, L.Grigorjeva, D.Millers, Dz.Jankoviča, K.Šmits**

*Latvijas Universitātes Cietvielu fizikas institūts*

*Rīgas Tehniskās universitātes Neorganiskās ķīmijas institūts*

Neaktivēti un ar Eu un Ce joniem aktivēti hidroksilapatītu  $\text{Ca}_{10}(\text{PO}_4)_6(\text{OH})_2$  (HAp) nanokristāli sintezēti ar izgulsnēšanās no šķidrās fāzes metodi. Visi pulveri sintezēti vienādos apstākļos. Nanopulveru struktūras raksturošanai reģistrēti rentgendifracijas un infrasarkanās absorbācijas (FTIR) spektri. No rentgendifracijas spektriem, lietojot Debaja-Šerera formulu, ir novērtēts pulveru graudu izmērs (~20-25 nm).

FTIR spektru analīze veikta  $\text{OH}^-$  grupu svārstību spektra apgabalā, kā arī  $(\text{PO}_4)^{3-}$  grupas valento ( $800-1200 \text{ cm}^{-1}$ ) un deformatīvo ( $530-700 \text{ cm}^{-1}$ ) svārstību apgabalā.

Fotoluminiscences pētījumi veikti ar spektrāli-kinētiskām metodēm luminiscences ierosināšanai izmantots  $266 \text{ nm}$  lāzerstarojums. Fotoluminiscences spektrālais sastāvs salīdzināts ar rentgenluminiscences spektrālo sastāvu. Tika novērota HAp pašvielas defektu luminiscences josla neaktivētos nanopulveros. Noteiktas Eu un Ce jonu luminiscences raksturīpašības, analizējot  $\text{Eu}^{3+}$  luminiscences spektru novērtēta šo jonu apkārtējā lauka simetrija.

### **Eu AND Ce DOPED HYDROXYLEAPATITE LUMINESCENCE**

**L.Pukina, L.Grigorjeva, D.Millers, Dz.Jankovica, K.Smits**

*Institute of Solid State Physics, University of Latvia*

*Institute of Inorganic Chemistry, Riga Technical University*

The  $\text{Ca}_{10}(\text{PO}_4)_6(\text{OH})_2$  hydroxyapatite (HAp) nanocrystals undoped and doped with Eu and Ce ions were synthesized by co-precipitation method at the same experimental conditions. The structure of nanopowders were characterized by x-ray diffraction (XRD) and infrared (FTIR) absorption spectra. The powder grain size (20-25 nm) was estimates from XRD spectra by Debye-Scherrer formula.

The analysis of FTIR spectra was carried out in  $\text{OH}^-$  group stretching vibration region as well as  $(\text{PO}_4)^{3-}$  group stretching ( $800-1200 \text{ cm}^{-1}$ ) and  $(\text{PO}_4)^{3-}$  group bending ( $530-700 \text{ cm}^{-1}$ ) vibration regions.

The photoluminescence studies were conducted using the spectral-kinetic methods and luminescence was excited by  $266 \text{ nm}$  laser beam. The photoluminescence and radioluminescence spectra were compared. The photoluminescence due to native Hap defect was found. The luminescence characteristics of Eu and Ce ions in Hap were obtained, the analysis of  $\text{Eu}^{3+}$  luminescence spectrum was used for ion crystalline field symmetry estimation.

## **TSL IEKĀRTAS MODIFICEŠANA UN PROGRAMMATŪRAS IZVEIDE**

**A.Zolotarjovs, K.Šmits, D.Millers**  
*Latvijas Universitātes Cietvielu fizikas institūts*

Termostimulēta luminiscence (TSL) ir metode, kurā pētamais objekts tiek ierosināts pie zemām temperatūram un mainot temperatūru atbilstoši kādam algoritmam (lineāri, lēcienveidīgi (frakcionētā TSL)) tiek reģistrēta luminiscences intensitāte. Mūsu gadījumā tiek reģistrēta nevis viena luminescence intensitātes vērtība katrā temperatūras punktā, bet pilns luminiscences spektrs, kas ļauj izveidot trīsdimensionālu attēlu.

Izveidotā TSL mērīšanas iekārtā sastāv no spektru reģistrēšanas ierīces un temperatūras kontroles moduļa. Iekārta ir veidota lai varētu mainīt mērīšanas temperatūru diapazonus, mainot temperatūras kontroles moduļus: krāsniņu (300-800K), slāpeķla kriostatu (80-500K) un hēlija kriostatu (8-300K). Spektru registrācijai lietots Andor Shamrock SR-303I-B spektrometrs ar Andor IDus CCD kamерu izejā. Iekārtas shēma ir viegli modificējama konkrētu uzdevumu izpildei (piem., pievienojot fotoelektronu pavairotāju). Papildus izveidota programmatūra frakcionētās TSL mērījumiem.

Programmatūra veidota National Instruments Labview 9 programmēšanas vidē. Katra kriostata izmantošanai izveidots atsevišķs programmu komplekts, kas ļauj ātri modificēt noteiktu mērīšanas algoritmu nemainot citus. Izveidotas vairākas rezultātu apstrādes programmas – izejas matricu adaptēšana ievadam Origin datu apstrādes vidē, spektrometra korekcijas pielietošana, kā arī citas apstrādes operācijas.

### **MODIFICATION OF TSL EQUIPMENT AND SOFTWARE DEVELOPMENT**

**A.Zolotarjovs, K.Smits, D.Millers**  
*Institute of Solid State Physics, University of Latvia*

Thermostimulated luminescence (TSL) is a method, where the sample is excited at low temperature and luminescence intensity dependence on temperature is recorded (glow curve) according to chosen algorithm (linear, fractioned (FGT)). In our case instead of integral intensity of luminescence to every temperature point, the whole spectrum is registered, which allow us to make three dimension images.

TSL measurement equipment consists of spectrometer and temperature control module. Equipment is set up in such way, that it is easily possible to change temperature range by changing temperature control modules: heater (300-800K), liquid nitrogen cryostat (80-500K) and helium cryostat (8-300K). To acquire spectra Andor Shamrock SR-303I-B spectrometer supplied with Andor IDus CCD camera was used. Equipment setup can be easily modified to resolve specific tasks (e.g. attaching photomultiplier).

For software development National Instruments Labview 9 environment was used. For each cryostat different application suite was made, which allows quick modification of a particular measurement algorithm without affecting the other ones. Various data processing applications were made – output matrix adaptation to fit Origin 8 data analysis environment, the spectrometer correction, as well as some other operations.

## **AR Ce UN Eu JONIEM AKTIVĒTAS OKSIFLUORĪDU STIKLU UN STIKLA KERAMIKAS LUMINISCENCES PĒTĪJUMI**

**I.Brice, U.Rogulis, E.Elsts, J.Grūbe**  
*Latvijas Universitātes Cietvielu fizikas institūts*

Oksifluorīdi ir interesanti savienojumi, un ir piesaistījuši uzmanību, apvienojot fluorīdu zemo fononu energiju un silikāta stikla termisko, mehānisko un ķīmisko stabilitāti. Oksifluorīdu materiāliem ir plašas pielietojumu iespējas fotonikā izvēloties atbilstošus retzemju aktivatorus.

Joprojām tiek meklēti jauni luminofori, ko varētu izmantot baltās gaismas diodēs jeb LED lampās, jo salīdzinot ar kvēlpuldzēm, tās ir daudz energoefektīvākas. Mūsu darbā tiek izgatavoti aktivēti oksifluorīdu stiklu un keramikas paraugai, kuriem kā aktivators ir izmantots  $\text{Ce}^{3+}$  un  $\text{Eu}^{2+}$  joni. Šo aktivatora jonu luminiscences josla ir ne tikai intensīva, bet arī plata, un tiek pētīta to luminiscence no redzamās gaismas luminoforu pielietojumu viedokļa.

Izgatavoti  $\text{SiAl}_2\text{ZnSrO}_3\text{F}_4:\text{Eu}$  stikla paraugai, kuru sastāvā ir mol 1%  $\text{EuF}_3$ , kas ir bezkrāsains un caurspīdīgs, un mol 2%  $\text{EuF}_3$ , kas ir daļēji caurspīdīgs, kā arī stikla keramikas, kas karsētas 700°C un 800°C. Paraugiem tiek pētīta un salīdzināta luminiscences intensitāte un luminiscences spektri.

## **LUMINESCENCE OF OXYFLUORIDE GLASS AND GLASS CERAMICS DOPED WITH Eu AND Ce IONS**

**I.Brice, U.Rogulis, E.Elsts, J.Grūbe**  
*Institute of Solid State Physics, University of Latvia*

Oxyfluorides are interesting compounds and they have drawn attention by combining the low-fluoride phonon energy with the thermal, mechanical and chemical stability of the silica glass. Oxyfluoride materials have broad applications possibilities in photonics by doping the material with appropriate rare earth activators.

New better visible light phosphors are still being sought that could be used in LED lamps because when compared to incandescent lamps, they are much more energy-efficient. In our work, activated oxyfluoride glass and ceramic samples are prepared doped with  $\text{Ce}^{3+}$  and  $\text{Eu}^{2+}$  ions. The luminescence bands of these ions are not only intense but also wide, and are studied from the visible light luminophores application point of view.

Glass samples of  $\text{SiAl}_2\text{ZnSrO}_3\text{F}_4:\text{Eu}$  containing 1% mol  $\text{EuF}_3$ , the sample is colourless and transparent, and 2% mol  $\text{EuF}_3$ , the sample is semi-transparent, were made as well as glass ceramic samples by heating glass samples to 700 °C and 800 °C. These samples are studied by comparing their luminescence intensity and luminescence spectra.

## **AR Tm UN Yb AKTIVĒTA NaLaF<sub>4</sub> LUMINISCENCE**

**J. Grūbe, G. Doķe, A. Šarakovskis, M. Sprīngis**  
*Latvijas Universitātes Cietvielu fiziķu institūts*

Iepriekšējie mūsu pētījumi parādīja, ka ar retzemju elementiem aktivēts NaLaF<sub>4</sub> ir perspektīvs augšup-pārveidotās luminiscences materiāls. Izmantojot šo materiālu, kas aktivēts ar Tm<sup>3+</sup> un Yb<sup>3+</sup>, ir iespējams iegūt augšup-pārveidoto luminiscenci plašā spektra apgabalā, piemēram, sarkanā, zilā, UV.

Šai nolūkā tika sintezēti ar Tm<sup>3+</sup> un Yb<sup>3+</sup> aktivēti NaLaF<sub>4</sub> polikristāliski paraugi. Ierosinot šos paraugus ar 980nm starojumu, tika novērota intensīva zilā augšup-pārveidotā luminiscence. Dažādā veidā apstrādājot sintezēto materiālu, piemēram, smalcinot vai izputinot ar lāzerablācijas metodi, izdevās iegūt paraugu, kuram salīdzinājumā ar sākuma materiāli, ir relatīvi intensīva ultravioletā augšup-pārveidotā luminiscence.

No iegūtajiem eksperimentālajiem rezultātiem tiek spriests par dažādiem procesiem, kas norisinās NaLaF<sub>4</sub>:Tm<sup>3+</sup>,Yb<sup>3+</sup>.

## **LUMINESCENCE OF NaLaF<sub>4</sub> DOPED WITH Tm AND Yb**

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

Our previous studies have showed that NaLaF<sub>4</sub> doped with rare-earth elements is a perspective material for up-conversion luminescence. It is possible to obtain up-conversion luminescence in a wide spectral region (red, blue, UV) using this material doped with Tm<sup>3+</sup> and Yb<sup>3+</sup>.

Therefore polycrystalline NaLaF<sub>4</sub> doped with Tm<sup>3+</sup> and Yb<sup>3+</sup> ions was synthesized. There was observed intensive blue up-conversion luminescence under 980nm excitation of these samples. When the samples were treated in different ways, for example grinding or deposited on a substrate using laser ablation technique, we could achieve also relative intensive ultraviolet up-conversion luminescence.

Based on the experimental results peculiarities of different processes which take place in NaLaF<sub>4</sub>:Tm<sup>3+</sup>,Yb<sup>3+</sup> ions will be discussed.

**NANOKRISTĀLU LUMINISCENCES UN ULTRAVIOLĒTA  
IEROSINĀJUMA SPEKTROSKOPIJAS PĒTĪJUMI, IZMANTOJOT  
SINHROTRONA STAROJUMU**

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

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

<sup>2</sup>*HASYLAB at DESY, Hamburga, Vācija*

<sup>3</sup>*Neorganiskās ķīmijas institūts, KIT*

Dotajā darbā ir apkopoti luminiscences mērījumu rezultāti dažāda sastāva nanodalīņām (to starp ar retzemju joniem leģētiem LaPO<sub>4</sub>, CaMoO<sub>4</sub>, CaF<sub>2</sub> nanokristāliem), kam ir liela praktiska nozīme. Visi nanokristāli izgatavoti izmantojot jaunu mikroviļņu laukā aktivizētu sintēzi jonu šķidrumos. Šī sintēzes metode ļauj efektīvi kontrolēt nanodalīņu izmēru, struktūru, kā arī leģējuma līmeni. Luminiscences mērījumi veikti izmantojot elektronu sinhrotrona DESY (Hamburga) starojumu HASYLAB, SUPERLUMI stacijā vakuuma ultravioletā spektra diapazonā (3.6 – 40 eV), kas parasti nav sasniedzams, izmantojot komerciālos spektrometrus. Darbā iegūti luminiscences un ierosinājuma spektri, parādītas to īpatnības saistība ar virsmas stāvokļu ietekmi.

**SYNCHROTRON RADIATION BASED EMISSION AND ULTRAVIOLET  
EXCITATION SPECTROSCOPY OF LUMINESCENCE NANOCRYSTALS**

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

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

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

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

In present work we have summarized results for several types of luminescence nanoparticles (rare earth doped LaPO<sub>4</sub>, CaMoO<sub>4</sub>, CaF<sub>2</sub>, etc.) having a high practical interest. All nanocrystals in the current study were produced by means of the microwave-assisted synthesis in ionic liquids. This synthesis method allows the efficient control of nanoparticles size, their morphology and impurity level. The luminescence emission and excitation measurements were carried out under pulsed synchrotron radiation (3.6 – 40 eV) emitted from DORIS III storage ring on the SUPERLUMI station of HASYLAB at DESY (Hamburg, Germany). Special attention was paid to the vacuum ultraviolet spectral range, which is not reachable in standard commercial spectrometers and “in house” equipment. Peculiarities in emission and excitation spectra of luminescent nanoparticles as well as the influence of surface states on luminescence properties of nanoparticle will be demonstrated and discussed.

## HIDROKSILA PIEMAISĪJUMU APRĒĶINI $\text{CaF}_2$ UN $\text{BaF}_2$ KRISTĀLOS NO PIRMAJIEM PRINCIPIEM

<sup>1</sup>R.I. Eglītis, <sup>2</sup>H. Shi, <sup>3</sup>R. Jia and <sup>2</sup>L. Chang

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

<sup>2</sup>*Pekinas Tehnoloģijas Institūts, Pekina, Ķīna*

<sup>3</sup>*Matemātikas un Dabaszinātņu Nodaļa, Wupertāles Universitāte, Wupertāle, Vācija*

$\text{OH}^-$  piemaisījumi  $\text{CaF}_2$  un  $\text{BaF}_2$  kristālos un uz to (111) virsmām tika pētīti izmantojot blīvuma funkcionāla teoriju (DFT) ar hibrīda apmaiņas potenciāliem, proti DFT-B3PW [1,2]. Tika izpētītas trīs tilpuma un 20 virsmas  $\text{OH}^-$  konfigurācijas  $\text{CaF}_2$  un mēs atradām, ka kofigurācijas  $\text{OH}_{(111)}$  priekš tilpuma gadījuma un  $\text{HO}_{(11)}^{(\text{l})}$  un  $\text{HO}_{\text{full}}^{(\text{l})}$  priekš virsmu gadījuma ir enerģētiski visizdevīgākās konfigurācijas [1,2]. Ķīmisko saišu apdzīvotības analīze parāda, ka starp skābekļa un ūdeņraža atomiem ķīmiskā saite ir izteikti kovalenta, un virsmas effekts pastiprina virsmas  $\text{OH}^-$  piemaisījumu kovalenci. Zonu struktūru un stāvokļu blīvumu aprēķini priekš virsmas  $\text{OH}^-$  piemaisījumu sistēmas parāda, ka aizliegtajā zonā parādās divi defektu līmeņi, kurus izraisa šis  $\text{OH}^-$  piemaisījums. O p orbitāles veido divus superpozicionētus O līmeņus, kuri atrodas virs valences zonas (VBs), un H s orbitāles dod lielāko ieguldījumu neaizņemtai H zonai, kura atrodas zem vadāmības zonas.

### FIRST PRINCIPLES CALCULATIONS OF HYDROXYL IMPURITIES IN $\text{CaF}_2$ AND $\text{BaF}_2$ CRYSTALS

<sup>1</sup>R.I. Eglītis, <sup>2</sup>H. Shi, <sup>3</sup>R. Jia and <sup>2</sup>L. Chang

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

<sup>2</sup>*Beijing Institute of Technology, Beijing, China*

<sup>3</sup>*Department of Mathematics and Natural Sciences, Universität Wuppertal, Germany*

$\text{OH}^-$  in  $\text{CaF}_2$  and  $\text{BaF}_2$  crystals and on the (111) surfaces have been studied by using density functional theory (DFT) with hybrid exchange potentials, namely, DFT-B3PW [1,2]. Three bulk and 20 surface  $\text{OH}^-$  configurations were investigated in  $\text{CaF}_2$ , and we found that Configs  $\text{OH}_{(111)}$  for the bulk case and  $\text{HO}_{(11)}^{(\text{l})}$  and  $\text{HO}_{\text{full}}^{(\text{l})}$  for the surface case are the energetically most favorable configurations. Bond population analysis shows that there is a considerable covalency between the oxygen and hydrogen atoms, and the surface effect strengthens the covalency of surface  $\text{OH}^-$  impurities. The studies on band structures and density of states of the surface  $\text{OH}^-$  impurity systems demonstrate that there are two defect levels induced by  $\text{OH}^-$  impurities. The O p orbitals form two superposed occupied O bands, located above the valence bands (VBs), and the H s orbitals do the major contribution to an empty H band, located below the conduction bands.

#### References:

1. H. Shi, L. Chang, R. Jia and R.I. Eglītis, *Ab initio* calculations of hydroxyl impurities in  $\text{CaF}_2$ , *J. Phys. Chem. C* 116, 6392-6400 (2012).
2. H. Shi, R. Jia and R.I. Eglītis, First-principles calculations on surface hydroxyl impurities in  $\text{BaF}_2$ , *Computat. Mater. Sci.* 53, 220-225 (2012).

## **EIROPAS APVIENOTAJĀ TORĀ IESPĒJAMO PUTEKĻU, PLĒKŠNU UN GARU ĶĒŽU OGLŪDENRAŽU SAVIENOJUMU TERMISKĀ ANALĪZE**

**L. Avotiņa<sup>1</sup>, G.Kizāne<sup>1</sup>, A.Zariņš<sup>1</sup>, J.Kalnačs<sup>2</sup>, S. Gruenhagen Romanelli<sup>3</sup> un EFDA JET sadarbības  
partneri<sup>4</sup>**

<sup>1</sup>*Latvijas Universitātes Ķīmiskās fizikas institūts*, <sup>2</sup>*Fizikālās enerģētikas institūts*

<sup>3</sup>*CCFE Klemmas Zinātniskais centrs*, <sup>4</sup>*JET-EFDA Klemmas Zinātniskais centrs*

Oglekļa šķiedras kompozītmateriāli (CFC – carbon fiber composite) ir vieni no materiāliem, ko izmanto kodolsintēzes reaktoru, tai skaitā Apvienotā Eiropas Tora (JET – Joint European Torus) vakuumkameras un konstrukcijas elementu aizsardzībai, divertora materiālos, lai novērtētu iespēju izmantot ITER vajadzībām. Plazmas kameru aizsargājošie materiāli reaktora darbības laikā ir pakļauti kodolsaplūšanas reakcijas komponentu, ūdeņraža izotopu, tritija (T) un deitērija (D), kā arī kodolsintēzes reakcijas produktu ietekmei. Plazmas procesos notiek CFC virsmas slāņu erozija, radot putekļus un plēksnes [1], kas uzkrājas uz divertora virsmas un darbojas kā kodoldegvielas, tai skaitā tritija saķērējs.

Pētījumā analizēti putekļi un plēksnes, kas iegūti no plazmas neskarta CFC ķieģeļa, kā arī fullerēnu ( $C_{60}$ ) saturoši paraugi. Darba mērķis – izpētīt un savstarpēji salīdzināt dažu garu ķēžu oglūdenražu, fullerēnu, un JET CFC putekļu un plēkšņu oksidēšanās un sublimācijas procesus, aprēķināt šo procesu aktivācijas energijas.

CFC un fullerēnu paraugu oksidēšana (gaisa atmosfēra, 20-1000°C) un sublimēšana (Ar atmosfēra, gāzes plūsmas ātrums ~100 mL/min, 20-1000°C) veikta ar derivatogrāfu (EXSTAR TG/DTA6300) ar dažādiem karsēšanas ātrumiem. Oksidēšanās un sublimācijas procesu aktivācijas energiju aprēķiniem pielieto divas izokonversionālas metodes neizotermāliem datiem – Kissinger (*Kissinger*) metodi un OFW (*Ozawa-Flynn-Wall*) metodi. Aprēķinos pieņem, ka vielas pārvērtību pakāpe ( $\alpha$ ) mainās attiecīgi tikai viena procesa ietekmē: gaisa atmosfērā – oksidēšanās un argona atmosfērā – sublimēšanās procesa ietekmē.

Noteikts, ka fullerēnu paraugu oksidēšanās aktivācijas energijas ir mazākas nekā JET CFC putekļu un plēkšņu oksidēšanās aktivācijas enerģija, kas kļūdas robežas atbilst grafta oksidēšanas aktivācijas enerģijai, 2,01 eV [2]. Savukārt sublimācijas procesā aprēķinātā sublimācijas aktivācijas energija kristāliskam fullerēna paraugam ir lielāka nekā pulverveida paraugiem.

## **THERMAL ANALYSIS OF DUST AND FLAKES AND LONG-CHAIN HYDROCARBON COMPOUNDS PROBABLY FORMED IN THE JET VACUUM VESSEL**

**L. Avotina<sup>1</sup>, G.Kizane<sup>1</sup>, A.Zarins<sup>1</sup>, J.Kalnacs<sup>2</sup>, S.Gruenhagen Romanelli<sup>3</sup> and  
EFDA JET contributors<sup>4</sup>**

<sup>1</sup>*Institute of Chemical Physics, University of Latvia*, <sup>2</sup>*Institute of Physical Energetics* <sup>3</sup>*EURATOM / CCFE Fusion Association, Culham Science Centre, Abingdon, Oxon, OX14 3DB, UK*, <sup>4</sup>*JET-EFDA, Culham Science Centre, Abingdon, OX14 3DB, UK*

Carbon fibre composites (CFC) are materials, used in fusion reactors, including Joint European Torus (JET) until 2009, as plasma facing first wall and divertor material. During plasma operations, plasma-wall interaction causes erosion, transport and deposition of first wall material to the divertor leading codeposits, dust and flakes [1] which can contain tritium and build-up an inventory. In the 2009 shutdown the liquid nitrogen panel (LN2) of the Pumped Divertor was regenerated to ambient temperature, the released gas was analyzed and the gas chromatography analyses have shown that hydrocarbons from methane up to nonane (C9) have been trapped by the cryopanel. The fact that hydrocarbons up to C9 have been found does not preclude the formation of even higher species and indicates that long-chain hydrocarbons could be present in deposits, dust or flakes from the JET divertor. In order to investigate these formations analyses of 1) inactive carbon bulk material (non-plasma exposed CFC dust/flakes) and 2) a synthetic sample of  $C_{60}$  and long-chain hydrocarbons were carried out employing a differential thermal analyser (EXSTAR TG/DTA6300). The samples had no tritium or beryllium content. The aim of this research was to analyse and compare the oxidation and sublimation processes of the different samples and to calculate the activation energies of these processes.

The oxidation (air atmosphere, 293-1273K) and sublimation process (argon atmosphere, 293-1273K) of both, fullerene containing samples and CFC dust and flakes samples were done at different heating rates. Two isoconversional methods for non-isothermal data – Kissinger and Ozawa-Flynn-Wall method were used for the calculation of the activation energies. The calculations were made, assuming that conversion fraction ( $\alpha$ ) changes according to only one process, in air atmosphere this is oxidation and in argon atmosphere this is sublimation.

It was observed that the activation energy of oxidation of fullerene containing samples is lower than the activation energy of the JET CFC samples which complies with the graphite oxidation activation energy equal to 2.01 eV [2]. The activation energy of sublimation process for sample with crystalline structure is higher than that for powders.

\* The Appendix of F.Romanelli et al., Proceedings of 23<sup>rd</sup> IAEA Fusion Energy Conference 2010, Daejeon, Korea

[1] Ph.Chappuis et al. Dust characterization and analysis it Tore-Supra, J. Nucl. Mat. 290-293 (2001) 245-249

[2] Hahn J.R. Kinetic study of graphite oxidation along two lattice directions. Carbon 43, 1506-1511, 2005

## TRITIJU ĢENRĒJOŠĀS KERAMIKAS $\text{Li}_2\text{CO}_3$ PIEVIRSMAS SLĀNA VEIDOŠANĀS CĒLOŅI: TERMISKĀS APSTRĀDES PROCESĀ GAISA ATMOSFĒRĀ

A. Zarins<sup>1</sup>, G. Kizane<sup>1</sup>, A. Supe<sup>1</sup>, R. Knitter<sup>2</sup>, L. Ansone<sup>3</sup>

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

<sup>2</sup>*Karlsruhes tehnoloģiju institūta Funkcionālo materiālu institūts*

<sup>3</sup>*Latvijas Universitātes Ģeogrāfijas un Zemes zinātņu fakultāte*

Pašlaik viena no piemērotākajām tritiju ģenerējošām keramikām kodoltermiskās sintēzes reaktoriem ir  $\text{Li}_4\text{SiO}_4$  minilodītes ( $\varnothing_{lod}=0,25\text{-}0,63 \text{ mm}$ ) [1] – 90 mol%  $\text{Li}_4\text{SiO}_4$  un 10 mol%  $\text{Li}_2\text{SiO}_3$ . Taču uz  $\text{Li}_4\text{SiO}_4$  bāzes ražotām keramikas minilodītēm ir būtiska tehnoloģiska problēma – pēc termiskās apstrādes (t.i.  $T_{max}=970^\circ\text{C}$ ,  $t_{max}=168 \text{ h}$ , gaisa atmosfēra) uz to virsmas veidojas  $\text{Li}_2\text{CO}_3$  saturošs pievirsmas slānis [2], kurš ietekmē gan tritija difūziju, gan tritija izdalīšanās formu. Dotā pētījuma novitātē un mērķis ir  $\text{Li}_2\text{CO}_3$  slāna veidošanās mehānismu un cēlonu, kuri pilnībā vēl nav izprasti, izpēte uz  $\text{Li}_4\text{SiO}_4$  minilodīšu virsmas termiskās apstrādes laikā, kā arī šī procesa novēršanas iespējamību novērtēšana.

$\text{Li}_4\text{SiO}_4$  minilodīšu (sērija: FZK OSI 07/M,  $\varnothing_{lod}\approx0,50 \text{ mm}$ ) termiskās apstrādes procesa ( $T_{max}=900^\circ\text{C}$ ,  $t_{max}=1 \text{ h}$ , gaisa atmosfēra) simulēšanai izmanto derivatogrāfu (EXSTAR TG/DTA 6300). Noteikts, ka eksponenciālas dzišanas rezultātā ( $\leq 320^\circ\text{C}$ ) uz minilodīšu virsmas divās stadijās ( $320\text{-}200$  un  $60\text{-}20^\circ\text{C}$ ) hemisorbējas  $\text{CO}_2$  un  $\text{H}_2\text{O}$  tvaiks ( $0,39\pm0,05\%$ ), veidojot  $\text{Li}_2\text{CO}_3$  ( $0,9\pm0,1\%$ ) un  $\text{LiOH}$  ( $0,2\pm0,1\%$ ). Balstoties uz iegūtajiem rezultātiem secināts, ka  $\text{CO}_2$  hemisorbcija, kas norisinās  $320\text{-}200$  ( $0,27\pm0,05\%$ ) un  $60\text{-}20^\circ\text{C}$  ( $0,12\pm0,05\%$ ), ticamākais ir  $\text{H}_2\text{O}$  tvaika ierosināts process, kas noris relatīvi lēna dzesēšanas ātruma dēļ ( $\leq 5^\circ\text{C min}^{-1}$ ). Rekomendēts palielināt dzesēšanas ātrumu termiskās apstrādes procesā vai arī apsvērt iespēju izmainīt  $\text{Li}_4\text{SiO}_4$  keramikas sastāvu – pievienot mazāk reaģējošu litiju saturošu fāzi, piemēram,  $\text{Li}_2\text{TiO}_3$ .

## REASONS OF FORMATION OF $\text{Li}_2\text{CO}_3$ LAYER ON SUB-SURFACE OF TRITIUM BREEDING CERAMIC: THERMAL TREATMENT PROCESS IN AIR ATMOSPHERE

A. Zarins<sup>1</sup>, G. Kizane<sup>1</sup>, A. Supe<sup>1</sup>, R. Knitter<sup>2</sup>, L. Ansone<sup>3</sup>

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

<sup>2</sup>*Institute for Applied Materials, Karlsruhe Institute of Technology*

<sup>3</sup>*Department of Geography and Earth Science, University of Latvia*

$\text{Li}_4\text{SiO}_4$  pebbles ( $\varnothing_{peb}=0.25\text{-}0.63 \text{ mm}$ , 90 mol%  $\text{Li}_4\text{SiO}_4$  and 10 mol%  $\text{Li}_2\text{SiO}_3$ ) are currently one of the most suitable tritium breeding ceramics for fusion reactors [1]. However, there is an essential technological problem - after a thermal treatment (e.g.  $T_{max}=970^\circ\text{C}$ ,  $t_{max}=168\text{h}$ , air atmosphere) a  $\text{Li}_2\text{CO}_3$  containing sub-surface layer is formed on  $\text{Li}_4\text{SiO}_4$  based ceramic pebbles [2], which influences both tritium diffusion, and the released species. Novelty and aim of this work was to investigate the formation mechanism of the  $\text{Li}_2\text{CO}_3$  containing layer on the surface of  $\text{Li}_4\text{SiO}_4$  pebbles at thermal treatment processes, where the reason is not yet completely understood, as well as to evaluate possibilities to prevent this process.

To simulate a thermal treatment process ( $T_{max}=900^\circ\text{C}$ ,  $t_{max}=1\text{h}$ , air atmosphere) of  $\text{Li}_4\text{SiO}_4$  pebbles (series: FZK OSI 07/M,  $\varnothing_{peb}\approx0.50 \text{ mm}$ ) thermal analysis (EXSTAR TG/DTA 6300) was used. It was observed that by exponential quenching ( $\leq 320^\circ\text{C}$ )  $\text{CO}_2$  and  $\text{H}_2\text{O}$  vapour ( $0.39\pm0.05\text{wt \%}$ ) were chemisorbed on the surface of pebbles in two stages ( $320\text{-}200$  and  $60\text{-}20^\circ\text{C}$ ), forming  $\text{Li}_2\text{CO}_3$  ( $0.9\pm0.1\text{wt \%}$ ) and  $\text{LiOH}$  ( $0.2\pm0.1\text{wt \%}$ ). On the basis of the obtained results it can be concluded that chemisorption of  $\text{CO}_2$  on the surface of  $\text{Li}_4\text{SiO}_4$  pebbles, which occurs at  $320\text{-}200$  ( $0.27\pm0.05\text{wt \%}$ ) and  $60\text{-}20^\circ\text{C}$  ( $0.12\pm0.05\text{wt \%}$ ), is most likely caused by  $\text{H}_2\text{O}$  vapour, and is due to the relatively slow cooling rate ( $\leq 5^\circ\text{C min}^{-1}$ ). It is recommended to increase the cooling rate of thermal treatment or to consider the possibility to change composition of  $\text{Li}_4\text{SiO}_4$  ceramic – to add a less reactive lithium containing phase, such as  $\text{Li}_2\text{TiO}_3$ .

[1] L. V. Boccaccini et. al. J. Nucl. Mater. 329-333 (2004) 148-155.

[2] M.H.H. Kolb et. al. J. Nucl. Mater. 427 (2012) 126-132.

## TRITIJA IZDALĪŠANĀS NO HIDOBE-01 BERILIIJA LODĪTĒM TEMPERATŪRAS, ELEKTRONU STAROJUMA UN MAGNĒTISKĀ LAUKA IEDARBĪBĀ

A. Vītiņš<sup>1,2</sup>, G. Kizāne<sup>1</sup>, A. Matīss<sup>1</sup>, G. Ivanov<sup>1</sup>, V. Kinerte<sup>1</sup>, J. Jansons<sup>1</sup>,  
A.J. Magielsen<sup>3</sup>, M. Zmitko<sup>4</sup>

<sup>1</sup> Latvijas Universitātes Ķīmiskās fizikas institūts, Rīga, Latvija

<sup>2</sup> Latvijas Universitātes Cietvielu fizikas institūts, Rīga, Latvija

<sup>3</sup> Kodolpētījumu un konsultāciju grupa „NRG”, Pettena, Nīderlande

<sup>4</sup> „Kodolsintēze Enerģijai” (Fusion for Energy (F4E), Barselona, Spānija)

Berilija lodītes ir paredzēts izmantot par neutronu pavairotāju tritija atražošanai keramiskajā brīderī nākotnes kodolsintēzes reaktora blanketa zonā. Hēlijs un tritijs berilijā rodas neutronu plūsmas izraisītu kodolreakciju rezultātā. Viens no blanketa zonas konstruēšanas uzdevumiem ir samazināt tritija uzkrāšanos berilija lodītēs. Darbā pētīta tritija izdalīšanās no berilija lodītēm, kas starotas ar neutroniem (fluenss  $6.94 \times 10^{25}$  n/m<sup>2</sup>, E>1,0 MeV) 525 °C temperatūrā HIDOBE-01 eksperimentā Pettenas reaktorā Nīderlandē 2005.-2007. gadā [1-3]. Tritija izdalīšanās pētīta 500-800 °C temperatūras apgabalā, starojot lodītes 3 stundas ar 5 MeV elektroniem ar dozas jaudu 10-13 MGy/h gan 1,7 T magnētiskā laukā (B=1,7 T), gan bez magnētiskā lauka (B=0). Septiņu starošanas eksperimentu sērijā 500-800 °C temperatūrā no lodītēm ar  $\varnothing \approx 1$  mm attiecīgi izdalījās 16,6 GBq/g (B=1.7 T) un 9,9 GBq/g (B=0) tritija. Vienā starošanas eksperimentā 797-806 °C temperatūrā no lodītēm ar  $\varnothing \approx 0,5$  mm attiecīgi izdalījās 22,2 GBq/g (B=1.7 T) un 14,3 GBq/g (B=0) tritija. Saskaņā ar novērtējumu [3] HIDOBE-01 neutronu starošanas rezultātā berilijā radušies 25,4 GBq/g tritija.

## TRITIUM RELEASE FROM HIDOBE-01 BERYLLIUM PEBBLES ON ANNEALING WITH SIMULTANEOUS ELECTRON RADIATION AND MAGNETIC FIELD

A. Vītiņš<sup>1,2</sup>, G. Kizāne<sup>1</sup>, A. Matīss<sup>1</sup>, G. Ivanov<sup>1</sup>, V. Kinerte<sup>1</sup>, J. Jansons<sup>1</sup>,  
A.J. Magielsen<sup>3</sup>, M. Zmitko<sup>4</sup>

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

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

<sup>3</sup> Nuclear Research and Consultancy Group, Petten, The Netherlands

<sup>4</sup> Fusion for Energy (F4E), Barcelona, Spain

Beryllium pebbles are foreseen as a neutron multiplier to ensure sufficient tritium breeding in a ceramic breeder in a blanket of a future fusion power reactor. Helium and tritium are produced in beryllium as a result of neutron-induced transmutations. One of tasks of blanket designs is to reduce tritium inventory in the beryllium pebbles. In this paper, we present results on tritium release from the beryllium pebbles irradiated for 646 full power days from June 2005 to October 2007 to the neutron fluence of  $6.94 \times 10^{25}$  m<sup>-2</sup> (E>1.0 MeV) at temperature 525 °C in the HIDOBE-01 experiment in the High Flux Reactor at Petten, The Netherlands [1-3]. This paper is a report on post irradiation tritium release on annealing at 500-800 °C for 3 h with simultaneous 5 MeV fast electron irradiation of 10-13 MGy/h both without (B=0) and in a magnetic field of 1.7 T (B=1.7 T). 7 successive electron irradiations at 500-800 °C released 16.6 GBq/g (B=1.7 T) and 9.9 GBq/g (B=0) of tritium from the pebbles with  $\varnothing \approx 1$  mm. An electron irradiation at 797-806 °C released 22.2 GBq/g (B=1.7 T) and 14.3 GBq/g (B=0) of tritium from the pebbles with  $\varnothing \approx 0.5$  mm. According to the estimation in [3], the HIDOBE-01 neutron irradiation produced 25.4 GBq/g of tritium in beryllium.

### Atsauses / References:

- [1] J.B.J. Hegeman, J. G. van der Laan, H. Kawamura et al, Fusion Eng. Des. 75-79 (2005) 769-773.
- [2] S. van Til, J.B.J. Hegeman, H.L. Cobussen, M.P. Stijkel, Fusion Eng. Des. 86 (2011) 2258-2261.
- [3] S. van Til et al, Poster D-21 (15-129) at ICFRM-15, Charleston, SC, USA, October 16-21, 2011.

# KODOLA FORMAS MAINĀS IZRAISĪTO EFEKTU PĒTĪJUMI A~190 APGABALĀ

**T.Krasta, M.Balodis, J.Bērzinš, L.Simonova, V. Bondarenko**  
*Latvijas Universitātes Cietvielu fizikas institūts*

Kodola masas skaitļa apgabalā pie A~190 notiek pāreja no stipri aksiāli-simetriski deformētās izstieptās formas, kas ir raksturīga kodoliem deformācijas apgabala vidū, uz kodola sfērisko formu pie aizpildītām daļiņu čaulām Z=82 un N=126. Samazinoties kodola deformācijai, tā forma kļūst  $\gamma$ -nestabila, kas ievērojami iespaido kodola īpašības, it īpaši tā zemāko enerģijas līmeni sabrukuma shēmu. Neaksiālās deformācijas gadījumā, pateicoties tam ka kodola iekšējie ierosinājumi vairs nav spoguļsimetriski gar kodola serdes simetrijas asi, valences daļiņas orbitālā momenta projekcija  $\Omega$ , tāpat kā kodola pilnā momenta projekcija K, vairs nav labi kvantu skaitļi. Tā rezultātā: a) pie katras kodola spina I vērtības ir papildus  $K\pm 2$ ,  $K\pm 4$ ,... stāvokļi, dēļ kā ievērojami pieaug līmeni blīvums jau pie relatīvi zemām enerģijas vērtībām; b) ievērojami pastiprinās viendaļiņu pāreju intensitāte, salīdzinot ar kolektīvajām iekšjoslas pārejām; c) parādās “apgrieztās joslas” - atšķirīgas iekšējās struktūras līmeni secības, kuras saista intensīvas  $\gamma$ -pāreju kaskādes. Mūsu A~190 apgabala kodolu pētījumos “apgrieztās joslas” tika atrastas nepāra  $^{183,185,187}\text{W}$  kodolu shēmās. Nepāra-nepāra kodolu gadījumā ( $^{188}\text{Re}$ ,  $^{192,194}\text{Ir}$ ) galvenās neaksialitātes izpausmes ir paaugstināto ierosināto stāvokļu blīvums un paātrinātās viendaļiņu pārejas. Tieki analizēta dažādu viendaļiņu stāvokļu enerģijas atkarība no kodola serdes polarizācijas, kā arī valences nuklonu atlikuma mijiedarbības nozīmīgums atkarībā no neaksialitātes parametra  $\gamma$  vērtības.

## STUDY OF EFFECTS DUE TO NUCLEAR SHAPE CHANGE IN A~190 REGION NUCLEI

**T.Krasta, M.Balodis, J.Bērzinš, L.Simonova, V. Bondarenko**  
*Institute of Solid State Physics, University of Latvia*

In the nuclear mass number A~190 region, one observes transition from the strong axially-symmetric prolate shape, characteristic to nuclei in the middle of deformation region, to the spherical shape at Z=82 and N=126 particle shell closures. Weakening of nuclear deformation results in the  $\gamma$  instability of nuclear shape, which notably affects nuclear properties, especially its low-energy decay scheme. In the case of non-axial deformation, intrinsic nuclear excitations lose their reflection symmetry along the nuclear core symmetry axis, and valence particle orbital momentum projection  $\Omega$ , just like the total nuclear momentum projection K, are not good quantum numbers any more. As a result: a) for each nuclear spin I value, one has additional  $K\pm 2$ ,  $K\pm 4$ ,... states, giving considerably higher level density even at relatively low energy values; b) one observes considerable enhancement of single-particle transitions in comparison with collective intra-band transitions; c) one observes “inverted bands” - level sequences with different internal structure but connected with intense cascade  $\gamma$ -transitions. In our studies of the A~190 region nuclei, the “inverted bands” have been found in the level schemes of odd  $^{183,185,187}\text{W}$  nuclei. In the case of odd-odd nuclei ( $^{188}\text{Re}$ ,  $^{192,194}\text{Ir}$ ), non-axiality results in the increased density of excited levels and enhanced single-particle transitions. The energy of different single-particle orbits in dependence on nuclear core polarization, as well as the significance of valence particle residual interaction in dependence on the non-axiality parameter  $\gamma$  value are analyzed.

## SALASPILS KODOLREAKTORA MONITORINGS 2012. GADĀ

J. Alksnis<sup>1</sup>, J.Bērziņš<sup>2</sup>, J. Derums<sup>1</sup>, J. Rudzītis<sup>1</sup>, D. Riekstiņa<sup>1,2</sup>, A. Popelis<sup>1</sup>,  
V.Pēde<sup>1</sup>, <sup>1</sup>O.Skrypnik<sup>1</sup>

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

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

Salaspils zinātniski pētnieciskā tipveida kodolreaktora IRT (issledovatelskij reactor tipovoj) aktīvas zonas darbību pārtrauca 1998. jūnijā. 2005. gadā izveda nelietoto un 2008. gadā lietoto kodoldegvielu. Pamatojoties uz LR likumdošanu, laboratorijas darbiniekiem Salaspils kodolreaktora un tā apkārtējas vides monitorings jāveic nepārtraukti, lai novērtētu reālo situāciju un noteiktu radioaktivitātes līmeni.

Analīzei augsnes, ūdens, gaisa paraugi tiek noņemti saskaņā ar Radiācijas drošības centra apstiprinātu programmu. Radioaktivitātes kā arī teritorijas fona mēriņumus veic ar standarta metodēm.

Darba procesā beta starojuma mērišanai izmanto šķidro scintilātoru metodi, gamma starojuma mēriņumus paraugos veic ar gamma spektrometriju, izmantojot pusvadītāju detektoru.

Iegūtie dati liecina, ka 2012. gada monitoringa rezultāti būtiski neatšķiras no iepriekšējā gada rezultātiem.

## SALASPILS NUCLEAR REACTOR MONITORING IN THE YEAR 2012

J. Alksnis<sup>1</sup>, J.Berzins<sup>2</sup>, J. Derums<sup>1</sup>, J. Rudzitis<sup>1</sup>, D. Riekstins<sup>1,2</sup>, A. Popelis<sup>1</sup>,  
V. Pede<sup>1</sup>, O.Skrypnik<sup>1</sup>

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

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

The operation at the nuclear core zone of Latvian Salaspils scientific research reactor, model IRT (issledovatelskij tipovoj reactor) was stopped in June, 1998. The unused nuclear fuel was sent away in 2005, while the used fuel was removed and sent in 2008. In accordance to the legislation of Latvia, the laboratory personnel should continuously monitor the Salaspils nuclear reactor and the surrounding environment in order to assess the real situation and to determine the existing level of radioactivity.

Samples for analysis of soil, water and air are being taken in accordance with the program approved by Radiation Safety Centre. The level of radioactivity and the area background measurements are done in accordance with the standard methods.

In the process of measuring beta radiation the liquid scintillator method is used. Gamma radiation measurements are performed with gamma spectrometry using a semiconductor detector.

The data acquired in 2012 indicates that the monitoring results do not significantly differ from the results of the previous years.

## **Y UN VAKANCES MIJIEDARBĪBAS AB INITIO APRĒĶINI *fcc* Fe REŽĢI**

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

<sup>1</sup>*Latvijas Universitātes Cietvielu fizikas institūts, Rīga, Latvija*

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

Teraudu materiāli ar samazināto aktivācijas spēju stiprināti ar itrija oksida nogulsnējumiem ir apskatīta ka struktūras materiālu kandidāti nākotnes kodolsintēzes reaktoriem. Ši materiālu pielietošana ļauj palielināt reaktoru darba temperatūru uz ~100°C. Izpratne par Y<sub>2</sub>O<sub>3</sub> nanodaļiņu formēšanas mehānismu un kinētiku tēraudā matricā ir nepieciešama oksīdu stiprinātu tēraudu attīstībai.

Aprēķinu rezultāti skaidri rada ka vakancēm ir būtiska lomā lai radīt saites starp defektiem *fcc* dzelža režģī. Tika atrasts ka saites enerģija starp vakancēm strauji palielinās četru vakanču gadījuma salīdzinot ar konfigurācijām ar divām vai trim vakancēm. Vislielāka saites enerģija tika atrasta konfigurācijai ar vienu Y atomu un dažiem vakancēm. Saites enerģijas starp konfigurācijai ar diviem Y atomiem un vakanči palielinās ar attāluma palielināšanu starp diviem Y atomiem un gadījuma kad Y atomi atrodas 4-NN pozīcijas ir redzama Y atomu savstarpēja pievilkšana režģī.

## **AB INITIO CALCULATIONS OF Y AND VACANCIES INTERACTIONS IN *fcc* Fe LATTICE**

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

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

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

Reduced activation ferritic-martensitic steels (RAFM) strengthened by yttria precipitates are promising structure materials for future fission and fusion reactors. Implementation of these materials allows increasing the operation temperature of the reactors by ~100°C. The understanding of the mechanism and kinetics of the yttria nanoparticle formation in the steel matrix is required for the development of the oxide dispersed strengthened (ODS) steels.

The results of these calculations clearly show that vacancies play a major role in binding between defects in the *fcc* iron lattice. It was found that binding energy between vacancies significantly increases in the case of four vacancies in comparison to the configurations with two or three vacancies. The largest binding energies were found for the configurations with one Y atom and several vacancies. The binding energies for the configuration between two Y atoms and vacancy increase with the increase of distance between two Y atoms and in the case of the 4-NN attraction was observed between two Y atoms inside the lattice.

## DIVERTORA POLOIDĀLA MAGNĒTISKĀ LAUKA IETEKME UZ ŠĶIDRA METĀLA TECĒŠANU

A.Šiško, F.Muktepāvela<sup>1</sup>, A.Klukins, Ē.Platacis, A.Sobolevs

*Latvijas Universitātes Fizikas institūts*

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

Divertoriem ar šķidro metālu komponenti ir lielākas priekšrocības salīdzinājumā ar cietiem materiāliem, jo tekošie šķidrumi ļauj ar plazmu kontaktējošām virsmām pastāvīgi atjaunoties un piedāvā plašākas iespējas tritija efektīvai pārstrādei. Šobrīd pienācis laiks reāli izpētīt tehnoloģisko faktoru ietekmi uz šķidro metāla plūsmas tecēšanu. Lai veiktu eksperimentus, kuri atbilst TOKAMAK divertoram ar poloidālo magnētisko lauku, LU Fizikas institūtā izstrādāta un izgatavota speciāla vakuma iekārta, kas ļauj supravadošā magnēta "Magdalena" solenoidā realizēt un vizualizēt Li un InGaSn plānas plūsmas tecēšanu pie  $B_o=0\text{T}$ ,  $2\text{T}$  un  $4\text{T}$ . Pie diviem pamatnes slīpuma leņķiem pret horizontu  $\alpha=5^\circ$  un  $15^\circ$  veikti eksperimenti parādīja, ka vienmērīga stacionāra plēves veida tecēšana ar lineāro caurteci  $q=10^{-2}\text{cm}^2/\text{s}$  realizējas tikai pie  $\alpha=15^\circ$  un spēcīgā magnētiskajā laukā ( $B_o=4\text{T}$ ,  $B_z=1\text{T}$ ). Darbā veiktie teorētiskie aprēķini par MHD efekta ietekmi uz metālu plūsmas vienveidību parādīja, ka atkarībā no slīpuma leņķiem, caurteces un elektromagnētiskā spēka normālās komponentes lieluma MHD spiediena zudumi var palielināties 6.8 reizes InGaSn un 26.5 reizes litijam, kas izmaina metāla tecēšanas ātrumu un plūsmas vienmēribu. Aprēķini saskan ar iegūtajiem eksperimentālajiem datiem un var kalpot par inženierijas risinājumu pamatu divertoriem ar poloidālo magnētisko lauku.

*Darbi veikti saskaņā ar ERAF projektu Nr. 2010/0262/2DP/2.1.1.1.0/10/APIA/VIAA/176*

## THE EFFECT OF DIVERTER POLOIDAL MAGNETIC FIELD ON THE LIQUID METAL FLOW

A.Shishko, F.Muktepavela<sup>1</sup>, A.Klukins, E.Platacis, A.Sobolevs

*Institute of Physics, University of Latvia*

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

Divertors based on liquid metal component have advantages in comparison to solid materials because the liquid flow allows a constant renewal of surfaces that are in contact with the plasma they also offer a better pathway to an efficient tritium recycling. For a successful utilization of lithium or other liquid metals it is necessary to investigate the influence of many technological factors on the continuity of metal flow. To conduct experiments which correspond to TOKOMAK diverter with a poloidal magnetic field, a new vacuum setup was designed and built in the Institute of Physics, University of Latvia. This setup allows to realize and visualize a flow of thin layer of Li and InGaSn at magnetic field  $B_o=0\text{T}$ ,  $2\text{T}$  and  $4\text{T}$ , using a superconducting magnet "Magdalena" solenoid. The results of experiments conducted at two tilt angles of  $\alpha=5^\circ$  and  $15^\circ$  in respect to the horizon showed that a homogeneous uniform flow with a linear culvert  $q = 10^{-2}\text{cm}^2/\text{s}$  can be achieved only at  $\alpha=15^\circ$  and at strong magnetic fields ( $B_o = 4\text{T}$ ,  $B_z = 1\text{T}$ ). The theoretical calculations about the MHD effect on the uniformity of the metal flow showed that in dependence on the tilt angles, culvert and electromagnetic normal force component values, MHD pressure losses can increase 6.8 and 26.5 times in the case of InGaSn and lithium respectively, which affects the uniformity and the velocity of the metal flow. These results are consistent with the experimental data and can serve as a basis for engineering solutions for different diverters with a poloidal magnetic field.

*The work has been done within ERAF project №  
2010/0262/2DP/2.1.1.1.0/10/APIA/VIAA/176*

## **POLIMĒRU UN NEORGANISKO SAVIENOJUMU KOMPOZĪTMATERIĀLI PIELIETOJUMIEM DEGVIELAS ŠŪNĀS**

**J. Hodakovska, J.Kleperis**

*Latvijas Universitātes Cietvielu fīzikas institūts*

Polimēru elektrolīta membrānas degvielas šūnas ir tehnoloģija, kas piesaista lielu uzmanību vairāku īpašību dēļ - augsts lietderības koeficients, degvielas pieejamība, elektrības ražošana ar mazāku (vai nulles) izmešu daudzumu, zems trokšņu līmenis un citas. Tomēr joprojām nepieciešams vairākas komponentes degvielas šūnās uzlabot, lai, piemēram, izmaksu ziņā tās varētu sacensties ar praksē plaši izmantotām tehnoloģijām. Viena no tādām komponentēm ir membrānas-elektrodu sistēma. Mērķa sasniegšanai izmanto vairākas metodes: sinteze jaunus polimērus, izmanto vairāku polimēru šķīdumus kompozīta membrānas izgatavošanai, vai savieno polimērus ar organiskiem un neorganiskiem materiāliem.

Neorganisko un organisko vielu kompozīti visdažādākajos praktiskajos pielietojumos ir plaši pētītas, arī LU CFI. Mazāk ir pētīti neorganisko vielu/polimēru kompozīti pielietojumiem degvielas šūnās, kā atsevišķa membrānas-elektrodu sistēmas sastāvdaļa. Mūsu darbā apkopoti zinātniskajās publikācijās atrodamie pētījumi par neorganisko savienojumu-polimēru kompozītiem, kā arī prezentēsim savus pirmos rezultātus šajā virzienā.

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

## **COMPOSITE POLYMER AND INORGANIC COMPOUND MATERIALS FOR FUEL CELLS**

**J.Hodakovska, J.Kleperis**

*Institute of Solid State Physics, University of Latvia*

Polymer electrolyte membrane fuel cells are in focus of interest for multiple reasons (high efficiency, fuel availability, producing electricity with less emission and noise etc.). However, there are number of components in fuel cells to be improved, for example, to compete about cost efficiency with widely used technologies. One of such part is membrane-electrode assembly (MEA). To achieve this goal, several methods are used: synthesis of new polymers, multi-composite membrane manufacturing from solution of different polymers, linking polymers with organic and inorganic materials in composite.

Composites from inorganic compounds and organic materials for wide variety of practical applications have been broadly studied, also in the ISSP UL. Inorganic compound for different application are widely worked with in ISSP, but fuel cells fell out from the list till now. Our work summarizes published scientific researches on inorganic-polymer composites. Our first results in this direction also will be presented.

*Acknowledgment: The authors thank the National Research Program LATENERGI the financial support for research.*

## KAUSĒTO SĀĻU SINTEZĒTA CINKA VOLFRAMĀTA FOTOKATALĪTISKĀS ĪPAŠĪBAS

**S. Didrihsone, M. Kodols, J. Grabis**

*Rīgas Tehniskās universitātes Neorganiskās ķīmijas institūts*

Cinka volframāts kristalizējas monoklīnajā singonijā un tam piemīt plašas izmantošanas iespējas dažādās jomās - fotoluminiscēcē, optiskajās šķiedrās, scintilatoru materiālos, mitruma sensoros un fotokatalītiskajos procesos dažādu organisku vielu un piesārņotāju sadalīšanā.

Cinka volframātu iegūst vairākos veidos, no kurām zināmākās ir sola-gela, sadedzināšanas sintēze, kausēto sāļu sintēze, izgulsnēšanas metode, hidrotermālā un mikrovilņu sintēzes metodes. Šajā pētījumā apskatīts cinka volframāts  $ZnWO_4$ , kas iegūts kausēto sāļu metodes sintēzē. Kausēto sāļu metodē par kausējuma vidi izmantoti  $KCl$ ,  $LiNO_3$ ,  $KNO_2$ ,  $NaNO_3$ ,  $NaCl-KCl$ ,  $K_2SO_4-Na_2SO_4$  sāļi un to maisījumi, sintēze veikta temperatūru diapazonā no 270 līdz 850 °C. Iegūto pulveru īpatnējās virsmas laukums ir robežas no 8,7 līdz 28,5  $m^2/g$  un kristalītu lielumi no 25 nm līdz 110 nm. Darbā parādīts, ka fotoaktivitāte ir atkarīga no paraugu īpatnējās virsmas laukuma, kristalītu lieluma un morfoloģijas.

*Pateicība: Autori (S.D. un J.G.) pateicas Valsts Pētījumu programmai enerģētikā  
LATENERGI par finansiālu atbalstu*

## PHOTOCATALYTIC PROPERTIES OF ZINC TUNGSTATE PREPARED BY MOLTEN SALT METHOD

**S. Didrihsone, M. Kodols, J. Grabis**

*Institute of Inorganic Chemistry, Riga Technical University*

Zinc tungstate crystallizes in monoclinic crystal system and it has wide application range in different areas such as in photoluminescence, optical fibers, scintillation materials, humidity sensors, and photocatalyst for the photo-degradation of organic pollutants and chemical contaminants.

Zinc tungstate can be obtained by different methods such as sol-gel, combustion synthesis, molten salt synthesis, co-precipitation synthesis, hydrothermal and microwave methods. In this work,  $ZnWO_4$  photocatalyst is prepared by molten salt method using  $KCl$ ,  $LiNO_3$ ,  $KNO_2$ ,  $NaNO_3$ ,  $NaCl-KCl$ , and  $K_2SO_4-Na_2SO_4$  as synthesis environment. The annealing process was performed in temperature range of 270 - 850 °C. The specific surface area of obtained powders is determined within 8,7 - 28,5  $m^2/g$  and crystallite size 25 nm to 110 nm. It is shown that photo-catalytic activity of material depends on specific surface area, crystallite size and morphology.

*Acknowledgement:* Authors (S.D. and J.G.) thanks to National research Program LATENERGI for financial support.

## **VIETĒJIE BIOMASAS ENERGORESURSI UN TO IZMANTOŠANA TRIĢENERĀCIJĀ ŪDEŅRAŽĀ KURINĀMO ELEMENTU SPĒKSTACIJĀ REĢIONOS UN VALSTĪ**

**M. Gudakovska<sup>1</sup>, A. Kālis<sup>2</sup>, J. Kleperis<sup>3</sup>**

<sup>1</sup>*Latvijas Universitātes Ģeogrāfijas un zemes zinātņu fakultāte*

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

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

Par biomasu uzskata bioloģiskas izceļsmes resursus, ko ir iespējams izmantot enerģētikā un kas ir siltumnīcefekta gāzu emisiju neitrāli. Latvijā izplatītākie biomasas resursi ir koksnes pārstrādes atkritumu produkti, atkritumi lauksaimniecībā, kā arī pārtikas rūpniecībā, bioloģiskie sadzīves atkritumi un noteķudeņi. Biomasas resursi ir pieejami visos Latvijas novados un reģionos, līdz ar to ir iespējams energijas ražošanu lokalizēt tuvāk energijas patēriņtājam, kas samazina gan kurināmā transporta izmaksas, gan atkarību no ārējiem piegādātājiem.

Trīgenerācija ir kombinēta siltuma, aukstuma un elektroenerģijas ražošana, vai arī siltuma, elektroenerģijas un ūdeņraža kā degvielas autotransportā ražošana. Tā kā sistēmā tiek apvienoti vismaz trīs dažādu izmantošanas veidu energijas virzieni, ir iespējams sasniegt sistēmas augstāku kopējo efektivitāti un līdz ar to samazināt arī izmešus uz saražotās energijas vienību. Lai maksimāli efektīvi izmantotu atjaunojamos energoresursus, triģenerācijas stacijā ir vēlams izmantot ūdeņraža kurināmo elementu spēkstaciju, jo tās efektivitāte sasniedz 85%.

Ūdeņradim no biomasas, izmantojot to ūdeņraža kurināmo elementu spēkstacijā, ir potenciāls būt gan ekonomiskai, gan atjaunojamai degvielai. Pārveidojot biomasu, ir iespējams iegūt ar ūdeņradi bagātu gāzi, kuru tālāk attīra un rezultātā tiek iegūta tīra energija. Šobrīd komerciāli pieejamo iekārtu jauda variē sākot ar 200 kW līdz vairākiem megawatiem. Darbā novērtēti ekonomiskie un vides ieguvumi, pārejot Latvijā uz kurināmo elementu spēkstacijām, kuras izmanto vietējos energoresursus Latvijā.

## **LOCAL BIOMASS ENERGY AND ITS USE IN TRIGENERATION WITH HYDROGEN FUEL CELL IN COUNTRY AND REGIONS**

**M. Gudakovska<sup>1</sup>, A. Kalis<sup>2</sup>, J. Kleperis<sup>3</sup>**

<sup>1</sup>*Faculty of Geography and Earth Sciences, University of Latvia*

<sup>2</sup>*Faculty of Computer Sciences, University of Latvia*

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

The biomass is considered a biological resource that can be used for energy and is greenhouse gas emissions neutral. In Latvia most common are the wastes from timber industry, from agricultural and food industry, sewage and organic household waste. Biomass resources are available in all regions of Latvia, so it is possible to localize the production of energy closer to the energy consumer, reducing costs for fuel and transportation, and reducing dependence on external suppliers of energy resources.

Trigeneration is a combined generation of heat, cold and power, or combined generation of heat, power and hydrogen fuel for vehicles. Since the system is a combination of three different types of energy, it is possible to achieve higher overall efficiency of system and thereby reduce emissions. To make the most efficient use of renewable resources, trigeneration plant is desirable to build up as hydrogen fuel cell (FC) power plant, because its efficiency reaches 85%.

Hydrogen, that has been produced from biomass and used in the hydrogen FC, has the potential to be both – economical and renewable fuel. Biomass in reformation or fermentation processes is converted to hydrogen-rich gas, which is further purified and resulting in clean energy. Typical commercial FC plants today are ranging from 200 kW to several megawatts. In our work the evaluation of economic and environmental benefits is gained for the process of switching to the FC power plants in Latvia using domestic biomass residuals as energy resource.

# **OPTISKĀS UN FOTOELEKTRISKĀS ĪPAŠĪBAS AMORFA SILĪCIJA PLĀNĀM KĀRTIŅĀM**

**J.Bergmane<sup>1</sup>, J.Kleperis<sup>2</sup>**

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

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

Darbā pētītas ar MOCVD metodi iegūtas plānas amorfā silīcija kārtiņas bez piemaisījumiem, un ar n- un p-tipa vadāmību veidojošiem piemaisījumiem. Noteiktas to elektriskās, fotoelektriskās un optiskās īpašības pirms un pēc rekrystalizācijas. No redzamās gaismas absorbcijas spektriem noteikta absorbcijas mala. Iepriekšējie pētījumi rāda, ka absorbcijas mala ir atkarīga no paraugu iegūšanas apstākļiem, kā arī izkarsēšanas (kristalizācijas), un mainās plašās robežās – no 0,8 – 1,8 eV. Uzskata, ka kristalizācijai raksturīga malas zilā nobīde (uz lielākām enerģijām. Mūsu iegūtām amorfajām silīcija kārtiņām netiešo pāreju absorbcijas mala ir intervālā 1,6 - 2,1 eV. Fotoelektroķīmisko īpašību pētīšanai kārtiņas tiek nestas uz caurspīdīgas vadošas ITO pamatnes. Rekrystalizācija veikta ar dažādām metodēm - impulsu lāzera palīdzību, izkarsēšanu krāsnī, baltās gaismas impulsu lampu. Salīdzinātas elektrisko, fotoelektrisko un optisko īpašību izmaiņas amorfām un rekrystalizētām kārtiņām.

*Pateicība: Autore pateicas LU CFI pētniekam Guntim Mārciņam par paraugu iegūšanu un AS ALFA RPAR rūpniecas vadošajam inženierim Aleksejam Muhinam par konsultācijām un tehnisko palīdzību.*

## **OPTICAL AND PHOTOELECTRIC PROPERTIES OF AMORPHOUS SILICIUM THIN FILMS**

**J.Bergmane<sup>1</sup>, J. Kleperis<sup>2</sup>**

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

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

Amorphous silicon thin films obtained by the MOCVD method without impurities, and with impurities forming the n-and p-type conductivities are studied in this work. Electrical, optical and photoelectric properties before and after crystallization are measured. From the visible light absorption spectra the absorption edge is determinate. Previous studies have shown that the absorption edge of amorphous silicon changes over a wide range - from 0.8 - 1.8 eV and is dependent on the sample preparation conditions and annealing. It is considered that the crystallization leads to characteristic blue shift of absorption edge (to higher energies). We find indirect transition absorption edge of amorphous silicon thin films in the range from 1.6 to 2.1 eV in dependence from evaporation conditions. Samples for photo-electric investigations are sputtered on transparent conducting ITO substrates. Crystallization of thin amorphous films is carried out by different methods - pulse laser, oven, and intense white light pulse tube. Electric, photo-electric and optical properties are compared of amorphous and crystallized silicon thin films.

*Acknowledgment: Author (JB) thanks the Researcher of ISSP UL Guntis Marcins ISSP for making thin film samples, and Leading Engineer of AS ALFA RPAR Factory Alexei Muhin for advices and technical assistance.*

# **AR MAGNETRONA PUTINĀŠANAS METODI IEGŪTU PLĀNO SI KĀRTIŅU STRUKTŪRAS UN KRISTALIZĀCIJAS LIKUMSAKARĪBU PĒTĪŠANA**

**A.Romanova<sup>1</sup>, J.Kleperis<sup>2</sup>**

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

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

Ar magnetrona izputināšanas metodi argona-ūdeņraža atmosfērā iegūtas plānas amorfā silīcija kārtiņas. Veikta kārtiņu kristalizācija, izmantojot dažādas metodes (izkarsēšana krāsnī, impulsu lāzers, baltās gaismas impulsu lampa). Kārtiņu struktūra pētīta ar struktūras jutīgām metodēm - rentgenstaru izkliedes un infrasarkanās (Furje) un Ramana spektroskopijas metodēm. Pēc līniju pusplatumiem rentgenstaru izkliedes spektrā mēģināts novērtēt kristalizācijas pakāpi. Optiskās un elektriskās īpašības mērītas dažādi kristalizētām kārtiņām, un izmantotas, lai raksturotu kārtiņas pirms un pēc kristalizācijas.

*Pateicība: Autore pateicas LU CFI pētniekam Guntim Mārciņam par paraugu iegūšanu un AS ALFA RPAR rūpniecas vadošajam inženierim Aleksejam Muhinam par konsultācijām un tehnisko palīdzību.*

## **CRYSTALLIZATION AND STRUCTURAL RESEARCH OFF AMORPHOUS SILICIUM THIN FILMS OBTAINED BY MAGNETRON SPUTTERING**

**A.Romanova<sup>1</sup>, J. Kleperis<sup>2</sup>**

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

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

Thin amorphous silicon layers are obtained by magnetron sputtering in mixed argon-hydrogen atmosphere. Crystallization of amorphous film is performed using different methods (annealing in the oven, irradiation with high energy laser pulses, and irradiation with white light pulse tube. The structural properties of crystallized films are studied by structure sensitive methods - X-ray diffraction (XRD) and infrared (Fourier) and Raman spectroscopy. The morphological properties of amorphous silicon thin films before and after crystallization are inspected with microscopically methods. After the line half-width in XRD spectra the degree of crystallization is assessed. Optical and electrical properties of amorphous and crystallized samples are measured with aim to characterize the films before and after crystallization.

*Acknowledgment: Author (AL) thanks the Researcher of ISSP UL Guntis Marcins ISSP for making thin film samples, and Leading Engineer of AS ALFA RPAR Factory Alexei Muhin for advices and technical assistance.*

## **OKSĪDU SINTĒZES METODIKA ŪDEŅRAŽA UZKRĀŠANAI**

**A. Šivars, L. Grīnberga, J. Kleperis**  
*Latvijas Universitātes Cietvielu fizikas institūts*

Ceolīti ir sārmu un sārmzemju metālu hidratēti alumosilikāti. Režģa mezglos esošie  $\text{SiO}_4$  un  $\text{AlO}_4$  tetraedri rada atvērtas struktūras, kuras var modifīcēt sintēzes procesa laikā.

Iepriekš ūdeņraža uzglabāšanas eksperimentos mēs izmantojām jau gatavus dažādus oksīdus ( $\text{SiO}_2$ ,  $\text{Y}_2\text{O}_3$ , u.c) un dabisko ceolītu - klinoptitolītu. Tagad mēs vēlētos paši sintezēt ceolītus un uz Si balstītus oksīdus, izmantojot sol-gel metodi. Sintēzes laikā tiktu pievienoti arī hidrīdus veidojoši metāla aktivatori.

Galvenais šo eksperimentu mērķis ir palielināt ūdeņraža sorbcijas spēju oksīdu tipa materiālos istabas temperatūrā un atmosfēras spiedienā. Pēc veiksmīgas sintēzes tiktu pētīta Si koncentrācijas ietekme uz sorbcijas īpašībām, pārbaudīta virsmas morfoloģija, fizikāli - ķīmiskās īpašības un jauno materiālu ūdeņraža sorbcijas spēja.

*Pateicība: Paldies Valsts Pētījumu programmai 'LATENERGI' par finansiālo atbalstu*

## **METHODICS OF OXIDE SYNTHESIS FOR HYDROGEN STORAGE**

**A. Sivars, L. Grinberga, J. Kleperis**  
*Institute of Solid State Physics, University of Latvia*

Zeolites are hydrated aluminosilicates of the alkaline and alkaline-earth metals where corner sharing of  $\text{SiO}_4$  and  $\text{AlO}_4$  tetrahedras makes an open framework structures that can be modified within the process of synthesis.

Previously we used already made different oxides ( $\text{SiO}_2$ ,  $\text{Y}_2\text{O}_3$ , etc) and natural zeolite – clinoptilolite – for hydrogen storage purposes. Now we would like to synthesize zeolites and Si based oxides by our own via sol-gel process using necessary oxide solutions and hydride forming metal particles as dopants. The idea is to increase hydrogen sorption possibility in such kind of materials at the room temperature and atmospheric pressure.

After successful synthesis we are going to study the influence of Si concentration on morphology, physico-chemical characteristics as well as hydrogen sorption properties of the new materials.

*Acknowledgement:* Thanks to State Research project 'LATENERGI' for financial support.

## KOBALTA FERĪTA UN TITĀNA DIOKSĪDA DAUDZSLĀŅU KĀRTIŅU OPTISKĀS UN FOTOELEKTRISKĀS ĪPAŠĪBAS

A.Knoks<sup>1</sup>, J. Kleperis<sup>2</sup>

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

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

Atjaunojamo energoresursu ieviešana sadzīvē ir ļoti aktuāla tēma pasaules mērogā. Saules enerģiju var savākt, izmantojot foto-elektriskos paneļus, no kuriem šodien komerciāli vislabāk izstrādāti kristāliska silīcija paneļi. Otrās paaudzes foto-elektriskie saules elementi ir izgatavoti no amorfā silīcija vai citu pusvadītāju materiālu plāniem slāņiem, kuru biezums nepārsniedz vienu līdz dažus mikronus. Pateicoties tam, šādus elementus var iegūt uz metāla folijas, tie ir elastīgi, un tos var klāt uz lieliem laukumiem – jumtiem, fasādēm, logiem. Plāno kārtiņu saules paneļi ir ar mazāku lietderību, un noveco ātrāk kā kristāliskie, tādēļ tiek turpināti pētījumi, variējot materiālus, to fizikālos parametrus, plāno kārtiņu sakārtojumu. Mūsu darbā tiek pētītas kobalta ferīta un titāna dioksīda plānās kārtiņas gan atsevišķi, gan vairākslāņu pārkājumos (struktūra, optiskās un foto-elektriskās īpašības). Kārtiņas iegūtas ar pirolīzes izsmidzināšanas metodi, izmantojot dažādu koncentrāciju kobalta nitrātu un tetrabutil ortotitanāta šķīdumiem. Iegūtajām kārtiņām optiskās īpašības noteiktas, mērot gaismas absorbcijas spektrus tuvajā ultravioletajā un redzamajā gaismas diapazonā; noteikta absorbcijas mala atkarībā no kārtiņu sastāva. Foto-elektriskās īpašības mērītas, reģistrējot atvērtas lēdes potenciāla izmaiņas ultravioletās un redzamās gaismas spektra rajonos.

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

## OPTICAL AND PHOTOELECTRIC PROPERTIES OF COBALT FERRITE AND TiO<sub>2</sub> MULTILAYER THIN FILMS

A.Knoks<sup>1</sup>, J. Kleperis<sup>2</sup>

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

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

Implementation of renewable energy in everyday life is important topic worldwide. Solar energy can be harvested using photovoltaic panels, from which the most commercially developed currently are crystalline silicon panels. The second generation of photovoltaic solar cell is based on thin multi-layer system from amorphous silicon or other semiconductor materials with a thickness less than few microns. Thin film solar cells can be obtained on the metal foil is flexible and can be mounted on different surfaces with large areas - roofs, facades, windows. Typically thin films solar panels at a with lower efficiency, faster aging than crystalline silicon panels, therefore it is important to study more different material thin films, their characteristics, multi-layer systems. Our work is focusing on cobalt ferrite and titanium dioxide thin films, both individually and multilayer coatings (structure, optical and photo-electrical properties). Thin films are obtained by spray pyrolysis, using solutions of cobalt nitrate and tetrabutyl orthotitanate with various concentrations. Optical properties of obtained films are determined by measuring the absorption spectrum in the near-ultraviolet and visible light ranges; the absorption edge is determinate in dependence from the composition of film and multi-layer system. Photo-electrical properties are measured by recording the open circuit potential change in the presence of ultraviolet and visible light.

*Acknowledgement: Authors thanks financial support from National Research Program LATENERGI*

## **IESPĒJAS BIO-ŪDENRAŽA IZOLĒŠANAI ŠĶIDRAJĀ FĀZĒ: EKSPERIMENTĀLA PĀRBAUDE**

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

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

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

Videi draudzīgs un ilgtspējīgs enerģijas nesējs ir ūdeņradis, it īpaši, ja tas tiek iegūts ar atjaunojamiem energoresursiem. Baktērijas veido ūdeņradi šķidrā vidē anaerobos apstākļos, un, sasniedzot termodynamiska līdzsvara koncentrāciju, ūdeņradis no šķidrās fāzes pāriet gāzes fāzē. No gāzes fāzes ūdeņradis var tikt savākts, izmantojot dažādas gāzu atdalīšanas metodes. Esam pierādījuši, ka baktēriju barotnē fermentācijas laikā veidojas ar ūdeņraža gāzi pārsātināts šķidums, tādēļ fermentācijas procesa paātrināšanai nepieciešams veikt ūdeņraža aizvākšanu no šķidrās fāzes. To var darīt, izmantojot ūdeņradi selektīvi absorbējošus materiālus (piemēram, hidrīdus veidojošus metālus), vai selektīvi caurlaidīgas membrānas. Veikti eksperimenti ar pallādija (Pd) foliju, lai absorbētu baktēriju saražoto molekulāro ūdeņradi. Pieņemot, ka šķidumā esošais molekulārais H<sub>2</sub> uz Pd sadalās atomārā ūdeņradī un difundē Pd tilpumā, to iespējams uzkrāt metālā un pēc tam, metālu ievietojot noslēgta kamerā un sildot, reģistrēt gāzes izdalīšanos (ar massspektrometru). Pētījuma mērķis ir atrast optimālu metodi/materiālu ūdeņraža izdalīšanai no šķidrās fāzes un izveidot pielietojamu bioreaktora prototipu efektīvākai baktēriju saražotā ūdeņraža gāzes iegūšanai un izmantošanai.

## **POSSIBILITIES TO EXTRACT HYDROGEN IN BIO-REACTOR LIQUID PHASE: EXPERIMENTAL VERIFICATION**

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

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

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

Environmentally friendly and sustainable energy carrier is hydrogen, especially if it is produced by renewable energy sources. Bacteria produce hydrogen in liquid medium under anaerobic conditions and when thermodynamic equilibrium concentration is reached, hydrogen from the liquid phase moves to the gaseous phase. From the gaseous phase hydrogen may be collected using a variety of gas separation methods. We have shown that in a bacterial culture medium during the fermentation process oversaturated hydrogen solution forms and because of that it is necessary to collect hydrogen from the liquid phase. This can be done by using selective hydrogen-absorbing materials (such as metals to form hydrides) or selectively permeable membranes. Experiments were performed with palladium (Pd) foil in order to absorb bacterial produced molecular hydrogen. Assuming that the solution of the current molecular H<sub>2</sub> on Pd is divided into atomic hydrogen and diffuses into the Pd volume, it is possible to accumulate hydrogen in metal. The metal was inserted in a sealed chamber and with constant heating gas release was registered (with a massspectrometer). The study aims to find an optimal method / materials for hydrogen release from the liquid phase and to build a bioreactor prototype for more efficient bacterial production of hydrogen gas extraction and usage.

## **PROJEKTS ‘SCIENCE LINK’**

**L. Grīnberga, A. Šternbergs**

*Latvijas Universitātes Cietvielu fizikas institūts*

Projekta ‘Science Link’ mērķis ir atbalstīt un veicināt inovācijas un uzņēmējdarbību Baltijas jūras reģionā, tādējādi stiprinot reģiona konkurētspēju globālajā kontekstā.

Šās inovāciju un jauno ideju politikas mērķis ir sekmēt ekonomisko izaugsmi un zināšanu palielināšanu valstu, reģionu un iesaistīto organizāciju vidū. Daži inovāciju un lielisko ideju piemēri, kas mainīja pasaulli, ir labi zināmi un tiek izmantoti vēl šodien, piemēram, lodīšu gultņi, rāvējslēdzējs un sērkociņi.

Viens no veidiem, kā rosināt inovāciju ieviešanu ir palielināt informētību par esošajiem pētījumiem un zinātnes resursiem uzņēmēju vidū. Tajā pat laikā ir nepieciešams arī atvieglot piekļuvi pētniecības infrastruktūrām, kas atrodas tuvumā, kas paātrinātu inovāciju attīstību reģionā. Uzņēmumiem tā ir iespēja testēt un izstrādāt jaunus vai uzlabotus produktus ar labāku konkurētspēju globālajā tirgū.

Ir svarīgi jau tagad atbalstīt uzņēmēju iespējas piekļūt lielajām pētniecības infrastruktūrām no visām Baltijas jūras reģiona valstīm, izveidojot ‘tīklu’, kas ietver dažādas ieinteresētās pusēs. ‘Science Link’ mērķis ir palīdzēt veidot tiltu starp biznesu un zinātni.

## **PROJEKTS ‘SCIENCE LINK’**

**L. Grinberga, A. Sternberg**

*Institute of Solid State Physics, University of Latvia*

The purpose of the project ‘Science Link’ is to support and encourage innovation and entrepreneurship in the Baltic Sea Region, to strengthen the competitiveness of the region in the global context.

The purpose of the special policy for innovation and new ideas is to promote economic growth and increase knowledge in a country, region and amongst the involved organisations. Some well-known results of innovations and bright ideas are ball bearings, zipper and matches.

One way of encouraging innovation is by increasing the awareness about the existing research and scientific resources amongst companies. Also one should facilitate access to the valuable resources at hand. By doing so the process of innovation in the region can be accelerated, companies can develop new or improved products that can better compete in the global market.

It is important to already now encourage and pave way for commercial access to the facilities from all countries in the Baltic Sea region. By creating a network that comprises a variety of stake holders Science Link aims to help bridge and eventually also help overcome the challenges to link together business and science.

## FOTOKATALIZATORA $\text{BaCo}_x\text{Nb}_y\text{O}_3$ SINTĒZE UN ĪPAŠĪBU NOTEIKŠANA

L. Grīnberga<sup>1</sup>, Dz. Jankoviča<sup>2</sup>

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

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

Pēdējo gadu laikā tiek meklēti arvien jauni fotokatalizatori, kas kļūst fotoaktīvi jau redzamās gaismas diapazonā.

Vieni no cerīgākajiem ir  $\text{ABO}_3$  tipa perovskīti, kuros B vietas režģī aizņem kobalta un niobia joni. Tieks uzskatīts, ka valences un vadāmības zonas šajos savienojumos sastāv no attiecīgi kobalta jonu 3d un niobia jonu 4d stāvokļiem, kas uzlabo materiāla fotokatalītiskās īpašības redzamās gaismas diapazonā.

Pētījumos ir sintezēts  $\text{ABO}_3$  tipa fotokatalizators, izmantojot sol-gel metodi, kur A = Ba, bet B = Co un Nb. Lai noskaidrotu termiskās apstrādes ietekmi uz daļīnu morfoloģiju, pulveri ar dažādu kobalta daudzumu tika karsēti vairākās temperatūrās. Tika noteiktas arī fotokatalītiskās īpašības redzamā un UV starojuma diapazonā.

*Pateicība: Paldies Valsts Pētījumu programmai ‘IMIS’ par finansiālo atbalstu*

## PREPARATION AND CHARACTERISATION OF $\text{BaCo}_x\text{Nb}_y\text{O}_3$ PHOTOCATALYST

L. Grīnberga<sup>1</sup>, Dz. Jankoviča<sup>2</sup>

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

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

In recent years search for new photocatalysts that would be active in the visible light range became very popular.

Among the most promising is the  $\text{ABO}_3$  type perovskites, where B lattice sites are occupied by cobalt and niobium ions. It is assumed that the valence and conduction bands in these compounds are composed of 3d states of cobalt ions and 4d states of niobium ions, respectively, which improves the photocatalytic properties of the material in the range of visible light.

We have studied  $\text{ABO}_3$  type photocatalyst that is synthesised using a sol-gel method, where A = Ba, B = Co and Nb. Powders with different amounts of cobalt were heated at different temperatures to determine the effects of heat treatment on the morphology of particles. Other characteristics of the new material were also determined.

*Acknowledgement:* Thanks to State Research project ‘IMIS’ for financial support.

## **LiFePO<sub>4</sub> LITIJU JONU BATERIJU KATODMATERIĀLA SINTĒZES PROCESA OPTIMIZĀCIJA**

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

Darbā ticus pētīts LiFePO<sub>4</sub> – par perspektīvu un videi draudzīgu uzskatītais litija jonu bateriju katodmateriāls. Pētītas LiFePO<sub>4</sub> sintēzes optimizācijas iespējas, piemeklējot cietfāzu sintēzes temperatūru, kura ļautu iegūt LiFePO<sub>4</sub> ar visaugstāko lādiņietilpību.

LiFePO<sub>4</sub> iegūts cietfāzu sintēzes ceļā, par reāgentiem izmantojot FeC<sub>2</sub>O<sub>4</sub>·2H<sub>2</sub>O, LiH<sub>2</sub>PO<sub>4</sub> un citronskābi. Reāgentu suspensija etanolā malta lodīšu dzirnaviņās, pēc tam reāgentus 5 h karsējot 350 °C N<sub>2</sub> atmosfērā, tādējādi citronskābi sadalot un uz LiFePO<sub>4</sub> daļinām veidojot vienmērīgu ogles pārklājumu. Pēc tam reāgenti 5 h karsēti 650, 700, 750 vai 800 °C N<sub>2</sub> atmosfērā. Rentgenstaru difrakcijas analīzes rezultāti liecina, ka sintezētajos materiālos nav piemaisījumu. Izmantojot termogravimetriskās analīzes metodi noteikts, ka ogles saturs paraugos svārstās no 0.5 – 1.0 %, un ir lielāks pie zemākām sintēzes temperatūrām, skenējošā elektronu mikroskopijā uzrāda graudu izmēru ap 100 nm. Noteiktā LiFePO<sub>4</sub> gravimetriskā lādiņietilpība ir augstākā pie 700 °C, liecinot, ka konkrētajos apstākļos šī ir optimālākā LiFePO<sub>4</sub> sintēzes temperatūra.

## **THE OPTIMISATION OF LiFePO<sub>4</sub> LITHIUM ION BATTERY CATHODE MATERIAL**

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

In this work LiFePO<sub>4</sub>, a perspective and environmentally friendly lithium ion battery cathode material, has been studied. The possibilities of optimizing the synthesis of LiFePO<sub>4</sub> have been studied. The temperature of the solid state synthesis, which would allow obtaining LiFePO<sub>4</sub> with the highest gravimetric discharge capacity, has been found.

LiFePO<sub>4</sub> has been prepared via solid state synthesis, by using FeC<sub>2</sub>O<sub>4</sub>·H<sub>2</sub>O, LiH<sub>2</sub>PO<sub>4</sub> and citric acid as the precursor. The suspension of the aforementioned reactants in ethanol has been ball milled and heated in 350 °C at N<sub>2</sub> atmosphere for 5 hours afterwards, thus degrading citric acid and carbon coating LiFePO<sub>4</sub> particles. The obtained material was then heated at 650, 700, 750 or 800 °C in N<sub>2</sub> for 5 hours. No impurities have been observed by X-ray diffraction analysis in the obtained LiFePO<sub>4</sub> materials. Carbon content of 0.5 – 1.0 wt. % has been determined via thermogravimetric analysis – it is higher at lower synthesis temperatures. The grain size has been determined to be approximately 100 nm by scanning electron microscopy. It has been determined that the LiFePO<sub>4</sub> prepared at 700 °C has the highest gravimetric discharge capacity, thus it has been found that in current settings 700 °C is the most optimal temperature for LiFePO<sub>4</sub> synthesis.

## NaAlSi STIKLA ŠĶIEDRAS VIRSMAS KARBONIZĒTĀ SLĀŅA PĒTĪJUMI

**Ē.Pentjušs, A.Lūsis, J.Gabrusenoks, G.Bajārs**  
*Latvijas Universitātes Cietvielu fizikas institūts*

Stikla šķiedras audumus lieto sausā un mitrā atmosfērā un ūdenī pie paaugstinātās un mainīgas temperatūras. Vides maiņa var izsaukt procesus audumā, kuri maina tā līdzvara stāvokli un fizikālās īpašības. Izmaiņas var būt neatgriezeniskas. Pieņemts [1], ka sārmu silikātu stiklu mijiedarbības ar ūdeni vai skābēm rezultātā  $\text{Na}^+$  joni difundē uz virsmu, bet  $\text{H}^+$  vai  $\text{H}_3\text{O}^+$  joni aizpilda to vakances. Izskatās ka  $\text{Na}^+$  joni uz stikla virsmas un  $\text{H}_2\text{O}$  un  $\text{CO}_2$  no atmosfēras veido  $\text{Na}_2\text{CO}_3 \cdot \text{H}_2\text{O}$  un  $\text{Na}_3\text{H}(\text{CO}_3)_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$  čaulu uz stikla, kuru var šķīdināt ūdenī un skābē (atsārmot) [2]. Karsēšana virs  $55\text{-}57\ ^\circ\text{C}$  rada svara zudumus sadaloties  $2(\text{Na}_3\text{H}(\text{CO}_3)_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}) \rightarrow 3\text{Na}_2\text{CO}_3 + \text{CO}_2 \uparrow + 5\text{H}_2\text{O} \uparrow$  un virs  $100\ ^\circ\text{C}$  dehidratējoties  $\text{Na}_2\text{CO}_3 \cdot \text{H}_2\text{O}$  [3]. Noteikta neatsārmoto un atsārmoto K-stikla ((18-22)  $\text{Na}_2\text{O}$  (3-5)  $\text{Al}_2\text{O}_3$  (73-79)  $\text{SiO}_2$ ) auduma paraugu svara atjaunošanās pēc dažādas termiskās apstrādes. Eksperimentālās svara-laiķa līknes analizētas izmantojot regresiju tehniku. Abu tipu paraugiem dažu desmitu minūšu laikā pēc apstrādes novērota ātra svara atjaunošanās un neatsārmotiņiem paraugiem dažu simtu stundu garumā izteikti lēnāka atjaunošanās līdz līdzvara sasniegšanai. Analīze norāda, ka neatsārmotu paraugu ātrā svara atjaunošanās saistīta ar diviem vienlaicīgiem procesiem uz karbonātu čaulas ārējās virsmas - ūdens absorbciju un difuziju no virsmas čaulas iekšienē. Savukārt, lēnā atjaunošanās saistīta ar ūdens saturu atjaunošanos un stabilizēšanos visā karbonātu čaulas tilpumā. Atsārmotu audumu gadījumā virsmas procesi ir daudz ātrāki. Apstrādes temperatūras paaugstināšana ( $170\ ^\circ\text{C}$ ) izsauc neatgriezeniskus svara zudumus ar viena virsmas procesa pazušanu un stikla virsmas mitruma absorbcijas ātruma krišanu, domājams, saistītu ar virsmas nelīdzenumu augšanu.

## RESEARCH OF CARBONIZED LAYER ON SURFACE OF NaAlSi GLASS FIBERS

**E. Pentjuss, A.Lusis, J.Gabrusenoks, G. Bajars**  
*Institute of Solid State Physics, University of Latvia*

Glass fiber fabrics are used in dry and wet atmosphere and in water at elevated and changeable temperatures. The changes in environment can initiate processes in the glass fabric that lead to a new its equilibrium state and changed physical properties. Some of them may be irreversible. It is accepted [1] that interaction of alkali silicate glasses with water or mineral acids proceeds by ionic exchange by diffusion of  $\text{Na}^+$  ions to glass surface and  $\text{H}^+$  or  $\text{H}_3\text{O}^+$  from water into the bulk of glass to fill the vacancies of  $\text{Na}^+$  ions. It looks that  $\text{Na}^+$  ions and  $\text{H}_2\text{O}$  and  $\text{CO}_2$  from atmosphere form the shell of  $\text{Na}_2\text{CO}_3 \cdot \text{H}_2\text{O}$  and  $\text{Na}_3\text{H}(\text{CO}_3)_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$  mixture on the surface of glass fibers. Such shell can be dissolved in water and acids (leached) [2]. The heating leads to weight loss associated with decomposition by reaction of  $2(\text{Na}_3\text{H}(\text{CO}_3)_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}) \rightarrow 3\text{Na}_2\text{CO}_3 + \text{CO}_2 \uparrow + 5\text{H}_2\text{O} \uparrow$  at temperature over  $55\text{-}57\ ^\circ\text{C}$ , and dehydration of  $\text{Na}_2\text{CO}_3 \cdot \text{H}_2\text{O}$  over  $100\ ^\circ\text{C}$  [3]. There are studied the weight uptake after different thermal treatment of not leached and leached K-glass fabric ((18-22)  $\text{Na}_2\text{O}$  (3-5)  $\text{Al}_2\text{O}_3$  (73-79)  $\text{SiO}_2$ ). The experimental weight-time curves were analyzed using regression technique. There are observed fast uptake of weight during the first tenths of minutes after heating for both types of samples and much slower (hundreds of hours) uptake up to equilibrium weight for not leached samples. Analysis indicated that fast weight uptake consist of two simultaneously going processes on surface of shell. One of them should be associated with water absorption, and second, with water diffusion from surface inside the shell. The late uptake should be associated with hydration of bulk of shell. In a case of leached samples the surface process are much faster. An increased temperature ( $170\ ^\circ\text{C}$ ) treatment leads to increase of weight losses and decrease of absorption rate that should be caused by increase of roughness of glass surface. The late slow uptake of weight of leached samples is negligible.

- [1] Veal B.W., Lam D.J., Karim D.P. *Nuclear Technology* 51 (1980) 136.
- [2] Pentjuss E., Lusis A., Bajars G., Gabrusenoks J., Jekabsone L. *IOP Conf. Series: Materials Science and Engineering* 38 (2012) doi:10.1088/1757-899X/38/1/012021.
- [3] Gärtner R.S., Witkamp G.J. *Hydrometallurgy* 88 (2007) 75

## MELNU EMALJU STAROJUMA ABSORBCIJAS UN EMISIJAS RAKSTURLĪKŅU NOTEIKŠANAS METODIKAS IZSTRĀDE

J. Gabrusenoks<sup>1</sup>, A. Lūsis<sup>1</sup>, G. Mežinskis<sup>2</sup>

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

<sup>2</sup>*Rīgas Tehniskās universitātes Silikātu materiālu institūts*

Selektīvo Saules starojuma absorbcijas pārklājumu izstrādei tiek izmantotas emaljas uz dzelzs-hroma oksīdu pigmenta bāzes. Emalju spektrālo īpašību raksturošanai tika pielietota infrasarkanā un redzamā gaismas diapazona spektroskopija. Iegūtie melnās emaljas paraugi uzrāda pietiekoši labas Saules starojuma absorbcijas īpašības redzamajā spektra apgabalā un tuvajā infrasarkanajā (300-1000 nm). Šeit atstarotais starojums ir mazāks par 10% no krītoša starojuma. Infrasarkanajā apgabalā saglabājas tas pats atstarošanās līmenis. Tas nav pietiekoši labu selektīvo pārklājumu izveidošanai. Šādas spektrālās īpašības nenodrošina minimālu termiskās emisijas enerģiju infrasarkanā starojuma apgabalā (<2000 nm).

## DEVELOPMENT OF METHOD FOR DETERMINATION THE RADIATION ABSORPTION AND EMISSION CHARACTERISTICS OF BLACK ENAMEL

J. Gabrusenoks<sup>1</sup>, A. Lūsis<sup>1</sup>, G. Mežinskis<sup>2</sup>

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

<sup>2</sup>*Institute of Silicate Material, Riga Technical University*

Selective absorption of solar radiation in the development of coatings is used enamel on iron-chromium oxide pigment base. The spectral characterization of the enamel was applied to infrared and visible light spectroscopy. The resulting black enamel samples show good enough solar radiation absorption properties in the visible spectrum and near-infrared region (300-1000 nm). This reflected radiation is less than 10% of the incident energy. Infrared region will remain the same level of reflection. It's not good enough to create low-emission coating. Such spectral properties does not provide minimal thermal energy emission in the infrared region (<2000 nm).

# METĀLU UN OKSĪDU PĀRKLĀJUMU MORFOLOGISKĀS UN OPTISKĀS ĪPAŠĪBAS UZ MELNĀM EMALJĀM

**J. Balodis<sup>1</sup>, A. Lūsis<sup>1</sup>, G. Mežinskis<sup>2</sup>, J. Gabrusenoks<sup>1</sup>**

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

<sup>2</sup>*Rīgas Tehniskās universitātes Silikātu materiālu institūts*

Lai uzlabotu saules enerģijas absorbcijas un siltuma emisijas parametrus koncentrēta saules starojuma kolektora materiālam, izmanto metālu un oksīdu pārklājumus. Darbā apskatītas metāla un tā oksīda pārklājuma morfoloģiskās un optiskās īpašības uz stikla pamatnes un melnām emaljām atkarībā no iegūšanas procesa apstākļiem. Ja DC magnetrona procesā gāzes maisījums saturēja argonu virs 85%, bet pārējais bija skābeklis, tad veidojās Cu<sub>2</sub>O kārtīņas, kā to uzrādīja rentgena difraktogrammas. Vara oksīdu absorbcijas pētījumi parādīja, ka salīdzinot CuO un Cu<sub>2</sub>O absorbcijas grafikus, pēdējā grafiku maksimumiem ir tendence pārbīdīties uz lielāko enerģiju pusī, kas principā sakrīt ar literatūras datiem. Uzputināto niķeļa oksīda plāno kārtīņu difraktogrammas, kas iegūtas DC magnetrona procesā, izmantojot gāzes maisījumu Ar/O<sub>2</sub> attiecībā 80%/20% un Ni mērķi, pie dažādiem magnetrona barošanas spriegumiem, vienmēr uzrādīja NiO klātbūtni.

## MORPHOLOGICAL AND OPTICAL PROPERTIES OF METAL AND OXIDE COATINGS ON THE BLACK ENAMEL

**J. Balodis<sup>1</sup>, A. Lūsis<sup>1</sup>, G. Mežinskis<sup>2</sup>, J. Gabrusenoks<sup>1</sup>**

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

<sup>2</sup>*Institute of Silicate Materials, Riga Technical University*

To enhance solar energy absorption and thermal emission parameters of concentrated solar radiation collector material are used multilayer thin film coatings. The paper deals with metal and its oxide coating morphological and optical properties on the glass substrate and black enamel, depending on the circumstances of the deposition process. If the DC magnetron process gas mixture containing argon above 85%, while the rest was oxygen, the formation Cu<sub>2</sub>O films as showed X-ray diffraction. Copper oxide absorption studies showed that compared to CuO and Cu<sub>2</sub>O absorption graphs last graph peaks tend to move the most energy side, which coincides with the literature data. The X-ray diffraction graphs of nickel oxide thin films obtained in DC magnetron process with gas mixture of Ar/O<sub>2</sub> 80% / 20% and Ni target at different magnetron power supply voltages always showed the presence of NiO.

## **WOCl<sub>4</sub> REŽGA SVĀRSTĪBU SPEKTRU APRĒĶINI**

**J.Gabrusenoks**

*Latvijas Universitātes Cietvielu fizikas institūts*

Darbā tika pētīti volframa oksitetrahlorīda Ramana spektri. Grupu teorētiskie aprēķini C<sub>4</sub> simetrijas gadījumā dod četras A, trīs B un četras E simetrijas svārstības. Skaitliskie aprēķini tika veikti izmantojot programmu pašeti CRYSTAL09 hibrīdā apmaiņas blīvuma funkcionāļa tuvinājumā. Tieks salīdzinātas eksperimentāli un teorētiski iegūtās svārstību īpašības.

## **LATTICE DYNAMICS CALCULATIONS OF WOCl<sub>4</sub>**

**J.Gabrusenoks**

*Institute of Solid State Physics, University of Latvia*

Raman spectra of tungsten oxide tetrachloride have been investigated. The group theoretical methods for symmetry C<sub>4</sub> predict four A, three B and four E vibrations. Numerical calculations have been performed by using hybrid exchange density functional theory as implemented within the CRYSYAL09 program. The experimental and theoretical behavior of vibrations are compared.

## **FLUENCES IETEKME UZ DISLOKĀCIJU KUSTĪGUMU AR ĀTRAJIEM $^{36}\text{S}$ JONIEM APSTAROTOS LiF KRISTĀLOS**

**L.Brauna, R.Grants**

*Latvijas Universitātes Cietvielu fizikas institūts*

Darbā pētīts dislokāciju kustīgums ar 410 MeV enerģijas  $^{36}\text{S}$  joniem apstarotos LiF kristālos fluenču  $10^{11} - 10^{13}$  joni/cm<sup>2</sup> apgabalā, izmantojot indentēšanas un selektīvās kodināšanas metodes. Rezultāti rāda dislokāciju kustīguma samazināšanos, palielinot fluenci. Tas izskaidrojams ar komplekso krāsu centru un defektu agregātu veidošanos, kuri kalpo kā šķēršļi dislokācijām. Plastiskās deformācijas zonas analīze liecina, ka sasniedzot  $10^{13}$  joni/cm<sup>2</sup> fluenci, deformācijas iespējas dislokāciju slīdēšanas celā ir izsmeltas, tā vietā stājoties deformācijas lokalizācijai bīdes zonās. Līdzīga deformācijas mehānisma maiņa tika novērota ar smagajiem joniem apstarotos LiF kristālos [1], taču novērotās sliekšņa fluences ir zemākas kā vieglo  $^{36}\text{S}$  jonus gadījumā. Domājams, ka šis mehānisms ir līdzīgs amorfiem metāliem raksturīgajam, kur masas pārnese lokalizētās bīdes zonās notiek atomu vai atomu grupu pārvietošanās celā pie augsta mehāniskā sprieguma.

## **FLUENCE EFFECT ON DISLOCATION MOBILITY IN LiF CRYSTALS IRRADIATED WITH SWIFT $^{36}\text{S}$ IONS**

**L.Brauna, R.Grants**

*Institute of Solid State Physics, University of Latvia*

In this work dislocation mobility in LiF crystals irradiated with 410 MeV energy  $^{36}\text{S}$  ions in the fluence range of  $10^{11} - 10^{13}$  ions/cm<sup>2</sup> was investigated by indentation and selective chemical etching. Results show a decrease of dislocation mobility with increased ion fluence. It can be explained by occurrence of complex color-centers and defect aggregates, which act as barriers for dislocation movement. The analysis of the plastic deformation zone shows that at the fluence of  $10^{13}$  ions/cm<sup>2</sup> the mechanism of dislocation gliding is depleted and a new mechanism of shear banding is engaged. A similar change in deformation mechanisms has been observed also in LiF crystals irradiated with heavy ions [1], only the threshold fluence was lower than in the case of  $^{36}\text{S}$  ions. It can be assumed that this mechanism might be similar to one that is characteristic in amorphous metals, where mass transfer in localized shear bands occurs due to the movement of atoms or atom groups in the presence of a high mechanical stress.

- [1] J Maniks, R Zabels, I Manika. Shear banding mechanism of plastic deformation in LiF irradiated with swift heavy ions. IOP Conf.Series:Materials Science and Engineering 38 (2012) 012017.

## AUGSTAS JAUDAS IMPULSA MAGNETRONA IZPUTINĀŠANAS PROCESS ZnO:Al PĀRKLĀJUMU IEGŪŠANAI

M.Zubkins<sup>1</sup>, E.Mačevskis<sup>2</sup>, A.Ēcis<sup>1</sup>, A.Kaļinko<sup>1</sup>, R.Kalendarevs<sup>1</sup>, K.Vilnis<sup>1</sup>,  
A.Āzens<sup>1</sup>, V.Kozlovs<sup>2</sup>, J.Purāns<sup>1</sup>

<sup>1</sup>*Latvijas Universitātes Cietvielu fizikas institūts, <sup>2</sup>A/S Sidrabe*

Augstas jaudas impulsu magnetronā izputināšana (HIPIMS) ir fīzikālo tvaiku uzklāšanas (PVD) tehnika, kur jaudu mērķim pievada ar retiem, jaudīgiem impulsiem. Šādā režīmā var sasniegt augsta blīvuma plazmu ar unikālām īpašībām, kā, piemēram, augstu jonizācijas pakāpi izputinātajiem atomiem.

Ar HIPIMS tehniku tika iegūti ZnO:Al pārklājumi uz poliestera plēves. Process tika kontrolēts ar elektriskiem parametriem, mainot skābekļa plūsmu. Procesa monitoringam tika izmantota plazmas optiskā emisijas spektroskopija un fotodiode ar oscilogrāfu.

Eksperimentu sērijas vājākā vieta izrādījās HIPIMS barošanas bloka spēja nodrošināt stabili no dzirksteļošanas brīvu izputināšanas režīmu pie pietiekami augstas jaudas. Lai arī ar fotodiodes palīdzību tika novērota plazmas pulsēšana, plazmas optiskie spektri uzrādīja tikai neitrālu atomu spektrāllīnijas. Stabilā režīmā iegūstamā impulsa pīķa jauda bija tikai par kārtu lielāka par vidējo jaudu. Palielinot jaudu, jaudas devējs darbojās trokšņaini, un plazma dzirkstēja. Visi šie novērojumi liecina, ka HIPIMS režīms netika sasniegts, un izputināšana tika veikta pārejas apgabalā starp HIPIMS un klasisku pulsējošas līdzstrāvas režīmu. Sakarā ar nepilnībām HIPIMS režīmā iegūto ZnO:Al pārklājumu elektriskā vadītspēja bija zemāka nekā labākajiem literatūrā aprakstītajiem paraugiem.

### *Pateicība*

Darbs ir veikts ERAF projekta 2010/0272/2DP/2.1.1.1.0/10/APIA/VIAA/088 ietvaros.

## HIGH POWER PULSED MAGNETRON SPUTTERING PROCESS FOR DEPOSITION OF ZnO:Al COATINGS

M.Zubkins<sup>1</sup>, E.Mačevskis<sup>2</sup>, A.Ēcis<sup>1</sup>, A. Kaļinko<sup>1</sup>, R.Kalendarevs<sup>1</sup>, K.Vilnis<sup>1</sup>, A.Āzens<sup>1</sup>,  
V.Kozlovs<sup>2</sup>, J.Purāns<sup>1</sup>

<sup>1</sup>*Institute of Solid State Physics, University of Latvia, <sup>2</sup>A/S Sidrabe*

High power pulsed magnetron sputtering (HIPIMS) is a physical vapour deposition (PVD) technique in which the power is applied to the target in high intensity pulses of low duty cycle. This mode of operation results in generation of ultra-dense plasma with unique properties, such as a high degree of ionization of the sputtered atoms.

HIPIMS was used in an attempt to deposit ZnO:Al coatings on polyester substrate rolls. Process was controlled by electrical parameters and varied oxygen flow. Plasma optical emission spectroscopy and a photodiode with an oscilloscope were used for process monitoring.

The limiting part in this set of experiments was the ability of the HIPIMS power source to provide stable arc-free deposition conditions at sufficiently high power levels. Eventhough pulses of plasma were observed by the photodiode, only spectral lines of neutral atoms were present in plasma optical emission spectra. The peak power in a single pulse was only by one order of magnitude higher than the average power. These observations indicate that the power supply did not work properly and the sputtering took place in a transition mode between HIPIMS and the traditional pulsed DC sputtering mode. Due to the problems with reaching a stable HIPIMS regime, the electrical conductivity of the deposited ZnO:Al coatings were not as high as the best examples reported in the literature.

### *Acknowledgement*

The work has been performed within ERAF project  
2010/0272/2DP/2.1.1.1.0/10/APIA/VIAA/088.

## DURVJU KONTROLIERI

**I.Gvardina, A.Kristiņš, J.Melderis**  
*Latvijas Universitātes Cietvielu fizikas institūts*

LU CFI RE laboratorijā ir izstrādāta virkne piekļuves sistēmu durvju kontrolieru (DK), kuri pārklāj visai plašu pielietojamības spektru:

1. DK atsevišķām durvīm ar lietotāju skaitu līdz 30-50 bez notikumu reģistrācijas
  - ieeja ar karti, izeja ar pogu vai durvju rokturi,
  - ieeja un izeja ar karti, (avārijas gadījumā izeja ar trauksmes pogu).
2. DK atsevišķām durvīm ar RS-485 portu un notikumu reģistrāciju
  - ieeja ar karti, izeja ar pogu, iespējams pilnas atvēršanas režīms,
  - ieeja un izeja ar karti, (avārijas gadījumā izeja ar trauksmes pogu).
3. Iepriekšējā punkta kontrolieri ar papildus pogu lokālo durvju pieslēgšanai/atslēgšanai signalizācijai.
4. Tīkla kontrolieris vienām vai divām durvīm ar iespēju strādāt autonomā režīmā, gadījumos kad pazūd sakari ar serveri.

Referātā sniegtā izvērsta informācija par šo durvju kontrolieru praktisko pielietošanu.

## DOOR CONTROLLERS

**I.Gvardina, A.Kristiņš, J.Melderis**  
*Institute of Solid State Physics, University of Latvia*

ISSP RE laboratory has developed a series of door access system controllers (DC), which covers a rather wide range of applicability:

1. DC for separate door with the number of users from 30 to 50 and without event registration:
  - entry by card, exit by button or door handle,
  - entry and exit by card (emergency opening by alarm button).
2. DC for separate door with the RS-485 port and event registration:
  - entry by card, exit by button, can be a continuous opening mode,
  - entry and exit by card (emergency opening by alarm button).
3. The above mentioned controller with extra button for local room signalization arming/disarming.
4. Network controller for one or two doors, with the ability to work in stand alone mode, in case the lost communication with the server.

The report will provide detailed information on the practical application of door controllers.

## **AR LĪDZSTRĀVAS MAGNETRONU IZPUTINĀTO ZnO PLĀNO KĀRTIŅU RAKSTUROŠANA AR INFRASARKANO SPEKTROSKOPIJU**

**I.Skārda, A. Kaļinko, R. Kalendarev, J. Purāns**

*Latvijas Universitātes Cietvielu fizikas institūts*

Cinka oksīda plānās kārtiņas ir perspektīvs materiāls caurspīdīgiem, vadošiem elektrodiem un citiem mikroelektronikas pielietojumiem. ZnO priekšrocības ir tā plašā pieejamība, spēja mainīt tā elektrisko vadītspēju ar dažādiem piejaukumiem kā, Ga, Al, un lētās izmaksas.

Šajā darbā tika veikta ZnO un ZnO:Al plāno kārtiņu iegūšana uz Si un stikla pamatnēm ar līdzstrāvas magnetronu izputināšanas metodi. Iegūtas plānas kārtiņas tika raksturotas ar konfokālo mikroskopiju, infrasarkano un Ramana spektroskopiju. Plāno kārtiņu biezuma noteikšanai tika izmantots profilometrs.

## **INFRA-RED CHARACTERIZATION OF ZnO THIN FILMS PREPARED BY DC MAGNETRON SPUTTERING**

**I. Skarda, A. Kalinko, R. Kalendarev, J. Purans**

*Institute of Solid State Physics, University of Latvia*

Zinc oxide thin films are a perspective material for transparent conductive electrodes and other microelectronics applications. The advantages of ZnO are its wide availability, ability to change its electrical conductivity with different dopants such as Ga, Al, and low costs.

In this study ZnO and ZnO:Al thin films were obtained on Si and glass substrate by DC magnetron sputtering technique. These thin films were characterized with confocal microscope, infrared and Raman spectroscopy. Profilometer was used to detect the thickness of the thin films.

## NAFION UN JONU ŠĶIDRUMU VEIDOTO KOMPOZĪTU ĪPAŠĪBAS

V.Garajevs<sup>1</sup>, S.Pavloviča<sup>1</sup>, R.Merijs Meri<sup>3</sup>, J.Zicāns<sup>3</sup>, G.Vaivars<sup>1,2</sup>

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

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

<sup>3</sup>*Rīgas Tehniskās universitātes Polimērmateriālu institūts*

Uz oglūdeņražiem balstīta enerģētika piesārņo apkārtējo vidi, arvien spēcīgāk negatīvi ietekmējot pasaules ekonomiku kopumā. Oglūdeņražu krājumi strauji izsīkst un kādu dienu tie beigsies. Šīs problēmas piespiež cilvēci meklēt alternatīvus enerģijas avotus, kas būtu atjaunojami un nepiesārņotu vidi. Viens no risinājumiem ir ūdeņraža un degvielu šūnu izmantošana. No daudzajiem tipiem kā perspektīva ir atzīmējama protonus vadošas elektrolīta membrānas (PEM) degvielas šūna. Būtiska tās sastāvdaļa ir protonu apmaiņas membrāna. Patreiz kā protonu apmaiņas membrānu visbiežāk lieto komerciālo sulfonētu tetrafluoretilēnu kopolimēru jeb Nafion®. Šim materiālam ir lieliska termiskā un ķīmiskā stabilitāte, kā arī augsta protonu vadāmība. Tomēr ir arī trūkums. Pie tipiskas PEM degvielu šūnas darbības temperatūras (80 °C) Nafion® zaudē ūdeni, līdz ar to tam ievērojami samazinās protonu vadāmība. Viens no risinājumiem ir kompozītu pagatavošana, Nafion® impregnējot ar jonu šķidrumu.

Šajā darba tika izmantoti videi draudzīgi 2-hidroksietilamonijs jonu šķidrumi. Pagatavotajiem kompozītiem tika veikta mehāniskās stiprības analīze, noteikta īslaicīgā šķīde, kā arī noteikta stiklošanās temperatūra izmantojot diferenciālo skenējošo kalorimetriju (DSK).

## PROPERTIES OF THE COMPOSITES OF NAFION AND IONIC LIQUIDS

V.Garajevs<sup>1</sup>, S.Pavloviča<sup>1</sup>, R.Merijs Meri<sup>3</sup>, J.Zicāns<sup>3</sup>, G.Vaivars<sup>1,2</sup>

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

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

<sup>3</sup>*Institute of Polymer Materials, Riga Technical University*

Energetic based on hydrocarbons usage pollutes the environment, and that affects the world economic. Additionally, the hydrocarbons reserves decreases and some day it runs out. These problems make mankind search for alternative energy sources, which are renewable and non-polluting. One of the potential solutions is a hydrogen and fuel cells. Proton exchange membrane (PEM) fuel cell is one of the most perspective from the many different types of fuel cells. The basic component is proton exchange membrane. Nowadays, the sulfonated tetrafluoroethylene copolymer or Nafion® is one of the most common proton exchange membrane. This material is characterized by great thermal and chemical stability with high proton conductivity. However, it is losing water at the typically PEM fuel cell operating temperature (80 °C), thereafter proton conductivity properly decreases. One of the potential solutions is impregnating Nafion® with an ionic liquid.

In this work, environmentally friendly 2-hydroxyethylammonium ionic liquids were used for impregnation. Prepared composites are characterized by stress-strain analysis and creep analysis, and glass transition temperatures were determined by the differential scanning calorimetry (DSC).

**Na<sub>1/2</sub>Bi<sub>1/2</sub>TiO<sub>3</sub> - BaTiO<sub>3</sub> CIETO ŠĶĪDUMU STRUKTŪRA FĀŽU  
PĀREJAS APGABALĀ**

**R.Ignatāns, A.Plaude, M.Antonova, Ē.Birks**  
*Latvijas Universitātes Cietvielu fizikas institūts*

Na<sub>1/2</sub>Bi<sub>1/2</sub>TiO<sub>3</sub> cietajiem šķīdumiem ar BaTiO<sub>3</sub> piemīt labas pjezoelektriskās īpašības un tie izraisa interesu kā svinu nesaturoši segnetoelektriskie materiāli. Šajā darbā ar rentgena difrakciju pētītas cieto šķīdumu rindas (1-x)Na<sub>1/2</sub>Bi<sub>1/2</sub>TiO<sub>3</sub> – (x)BaTiO<sub>3</sub> (0,10<x<0,97) struktūras izmaiņas atkarībā no temperatūras un BaTiO<sub>3</sub> koncentrācijas. Visiem sastāviem [200] difrakcijas maksimuma šķelšanās raksturs fāzu pārejas rajonā liecina par tetragonālās un kubiskās fāzes koeksistenci. Temperatūras rajons, kurā novērojama fāzu koeksistence, ir atkarīga no BaTiO<sub>3</sub> koncentrācijas. Veicot eksperimentālo datu apstrādi ar Rietvalda metodi, konstatēts, ka metode dod labus rezultātus fāzu sastāva kvantitatīvai analīzei sastāviem sākot no 40% BaTiO<sub>3</sub> koncentrācijas. Sliktāki metodes izmantošanas rezultāti pie zemākām koncentrācijām acīmredzami ir saistīti ar lielākām lokālām deformācijām, kas izraisa difrakcijas maksimumu platuma palielināšanos un apgrūtina fāzu atdalīšanu.

**STRUCTURE OF Na<sub>1/2</sub>Bi<sub>1/2</sub>TiO<sub>3</sub> - BaTiO<sub>3</sub> SOLID SOLUTIONS IN THE  
PHASE TRANSITION REGION**

**R.Ignatans, A.Plaude, M.Antonova, Ē.Birks**  
*Institute of Solid State Physics, University of Latvia*

Na<sub>1/2</sub>Bi<sub>1/2</sub>TiO<sub>3</sub> solid solutions with BaTiO<sub>3</sub> exhibit good piezoelectric properties and attract interest as a lead-free ferroelectric material. In this work x-ray diffraction of solid solutions (1-x)Na<sub>1/2</sub>Bi<sub>1/2</sub>TiO<sub>3</sub> – (x)BaTiO<sub>3</sub> (0.10≤x≤0.97) as function on temperature and concentration is studied. Character of splitting of [200] diffraction maximum evidences coexistence of tetragonal and cubic phases in the region of phase transition. The width of coexistence region depends on BaTiO<sub>3</sub> concentration. Treatment of experimental data by Rietvald method allows extracting temperature dependence of concentration of both phases in concentration range starting from 40% BaTiO<sub>3</sub>. Failing of method at lower BaTiO<sub>3</sub> concentrations apparently reflects influence of local deformations on width of diffraction maxima, making separation of phases difficult.

**PLZT 8/65/35 RELAKSORU TIPO ELEKTOOPTISKĀS KERAMIKAS  
DIELEKTRISKO ĪPAŠĪBU IZMAIŅAS ATKARĪBĀ NO Cu  
PIEDEVU KONCENTRĀCIJAS**

**L.Kundziņa, M.Kundziņš, M.Līviņš, M.Antonova, V.Dimza**  
*Latvijas Universitātes Cietvielu fiziķu institūts*

Iepriekšējā mūsu darbā /1/ mēs aprakstījām PLZT8/65/35 elektrooptiskās keramikas (La8) relaxor īpašību izmaiņas leģējot tos ar 3d elementiem (Me=Mn, Fe, Co, Ni, Cu) pie vienas konstantas 3d dopanta koncentrācijas -1,0 sv.%.

Turpinot šo pētījumu ciklu par La8+Me efektiem, šajā darbā akcents tiek likts uz dielektrisko īpašību izmaiņām atkarībā no Me=Cu koncentrācijas (0,005; 0,1; 0,5; 1,0 un 3,0 sv.%).

Tiek mērīta kompleksā dielektriskā caurlaidība  $\epsilon^* = \epsilon' - i\epsilon''$  20-400 °C temperatūru un frekvenču  $10^2$ - $10^6$  Hz diapazonā. Tieki analizētas Kola-Kola diagrammas,  $\epsilon'$  un  $\epsilon''$  ferekvenču atkarības pie dažādām temperatūrām.

Konstatēts, ka pieaugot Cu koncentrācijai:

- 1) notiek  $\epsilon'(T)$  maksimuma temperatūras  $T_{me}$  nobīde uz augsto temperatūru pusī;
- 2) divu jaunu dielektriskās dispersijas mehānismu parādīšanās, kuri pārkļājas ar parasto klasisko relaxor (nanoapgābalu) dispersiju.

Tiek analizēti minēto izmaiņu iespējamie mikromehānismi.

Literatūra.

1. The Effects of 3d Admixtures on Properties of Relaxor PLZT8/65/35 Ceramics Kundzina L., Kundzins M., Kundzins K., Plaude, A., Livinsh M., Antonova M., Dimza V. Ferroelectrics, Volume 436, Number 1, 2012 , pp. 38-48(11)

**THE CHANGE OF DIELECTRIC PROPERTIES WITH THE  
CONCENTRATION OF Cu ADMIXTURE IN PLZT8/65/35 ELECTROOPTIC  
RELAXOR CERAMICS**

**L.Kundziņa, M.Kundziņš, M.Līviņš, M.Antonova, V.Dimza**  
*Institute of Solid State Physics, University of Latvia*

The change of relaxor properties of PLZT8/65/35(La8) electro-optic ceramics modified by addition of 1.0 % wt. of a series of 3d elements (Me = Mn, Fe, Co, Ni, and Cu) has been explored in an earlier study /1/. Presently, in order to continue the research circle about effects in La8+Me, the dielectric properties in a series Cu = 0.005, 0.1, 0.5, 1.0, and 3,0 % by weight are examined.

The complex dielectric permeability  $\epsilon^* = \epsilon' - \epsilon''$  is measured within the thermal range of 20–400 °C and the  $10^2$ – $10^6$  Hz frequency range the Cole-Cole diagrams and frequency dependence of  $\epsilon'$  and  $\epsilon''$  at different temperatures being analysed.

With increasing the concentration of Cu it is observed that:

- 1) the temperature  $T_{me}$  of the  $\epsilon'(T)$  maximum shifts to a higher temperature;
- 2) two additional relaxation mechanisms appear the frequency range of which overlaps with that of the “classical” nano-size domain relaxors.

The microscopic mechanisms of the observed effects are looked for.  
References.

1. The Effects of 3d Admixtures on Properties of Relaxor PLZT8/65/35 Ceramics Kundzina L., Kundzins M., Kundzins K., Plaude, A., Livinsh M., Antonova M., Dimza V. Ferroelectrics, Volume 436, Number 1, 2012 , pp. 38-48(11).

# **SrTi<sup>18</sup>O<sub>3</sub> PĒTĪJUMI AR RENTGENABSORBCIJAS SPEKTROSKOPIJU UN OPTISKĀS OTRĀS HARMONIKAS ĢENERĀCIJAS METODI**

**A.Anspoks, D.Bočarovs, J.Purāns, F.Rocca<sup>1</sup>, A.Šarakovskis, V.Trepakov<sup>2</sup>**

*Latvijas Universitātes Cietvielu fizikas institūts*

*<sup>1</sup> Fotonikas un Nanotehnoloģiju institūts, Trento, Itālija*

*<sup>2</sup> Fizikas institūts, Prāga, Čehija*

SrTiO<sub>3</sub> ir labi pazīstams kvantu paralektriskais materials, kurā segnetoelektrisko sakārtošanos nomāc jonu nulles svārstības. Aizstājot vismaz 35% <sup>16</sup>O ar <sup>18</sup>O izotopu, šajā materiālā var panākt tā saucamo kvantu segnetoelektrību.

Šajā darbā mēs veicām rentgenabsorbēcijas spektroskopijas un optiskās otrās harmonikas pētījumus SrTiO<sub>3</sub>, kurā daļa skābekļa aizstāta ar <sup>18</sup>O, temperatūras diapazonā no 20 līdz 300K. Kombinējot abas metodes mēs varējām skaidri identificēt fāzu pāreju lomu un raksturu, kā arī to ietekmi uz lokālo atomāro struktūru Ti jona apkaimē. Mēs identificējām 3 temperatūras apgabalus, kuriem atbilst 3 dažādas SrTi<sup>18</sup>O<sub>3</sub> fāzes: tā sauktā kubiskā, tetragonālā paraelektriskā un tetragonālā segnetoelektriskā.

## **X-RAY ABSORPTION SPECTROSCOPY AND SECOND HARMONIC GENERATION ANALYSIS OF SRTI<sup>18</sup>O<sub>3</sub>**

**A.Anspoks, D.Bočarovs, J.Purāns, F.Rocca<sup>1</sup>, A.Šarakovskis, V.Trepakov<sup>2</sup>**

*Institute of Solid State Physics, University of Latvia*

*<sup>1</sup> IFN-CNR, Institute for Photonics and Nanotechnologies, Unit 'FBK-Photonics' of  
Trento, Povo (Trento), Italy*

*<sup>2</sup> Institute of Physics, AS CR, Prague, Czech Republic*

SrTiO<sub>3</sub> is well known quantum paraelectric material where ferroelectric ordering is suppressed by zero-point vibrations. By controlling exchanging <sup>16</sup>O with <sup>18</sup>O this material shows so-called quantum ferroelectricity.

In the present study we performed an X-ray absorption spectroscopy study and an optical second harmonic generation studies of <sup>18</sup>O-exchanged SrTiO<sub>3</sub> in temperature range from 20-300K. Combining these data we can clarify role and character of the phase transitions and their influence on the local structure of Ti. We have identified 3 temperature regions which correspond to 3 different phases of SrTi<sup>18</sup>O<sub>3</sub>: so called cubic, tetragonal paraelectric and tetragonal ferroelectric.

# DAUDZFUNKCIONĀLA KRĀSU REDZES TESTĒŠANAS IEKĀRTA

R.Trukša<sup>1</sup>, S.Fomins<sup>2</sup>, M.Ozoliņš<sup>1,2</sup>

<sup>1</sup> Latvijas Universitātes Optometrijas un redzes zinātnes nodaļa

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

Iepriekš veiktajā pētījuma tika izveidota krāsu redzes diagnosticēšanas iekārta[1], ar kuru ir iespējams atšķirt sarkanās-zalās krāsu redzes deficitus. Šī pētījuma mērķis ir izveidot un kalibrēt daudzfunkcionālu krāsu redzes un temporālās uztveres pētījumiem paredzētu iekārtu, kurā ir iekļautas sarkanās-zalās, dzeltenās-zilās krāsu redzes testi, kā arī heterohromatiskā flikera tests un gaismas spožuma modulācijas funkcija. Iekārtā ir iekļauta mikroshēma gaismas diožu un servo motoru vadībai, kas paredzēti interferences filtru pozīcijas maiņai pret gaismas avotiem, lai nodrošinātu vairāku krāsu un temporālās uztveres testu integrāciju vienā iekārtā. Interferences filtri paredzēti, lai ievērojami uzlabotu gaismas avotu spektrālās īpašības. Iekārtu paredzēts izmantot krāsu redzes pētījumos un klīnikā, lai konstatētu dzīves laikā iegūtos krāsu redzes deficitus.

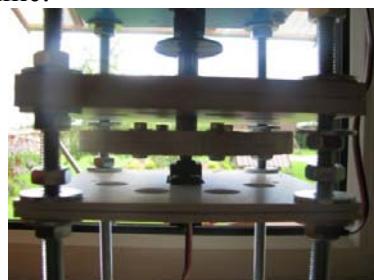
## MULTIFUNCTIONAL COLOUR VISION TESTING DEVICE

R.Trukša<sup>1</sup>, S.Fomins<sup>2</sup>, M.Ozoliņš<sup>1,2</sup>

<sup>1</sup> University of Latvia, Optometry and Vision Science Department

<sup>2</sup> Institute of Solid State Physics

Previously we presented a LED based anomaloscope with what we were able to distinguish red-green colour vision deficiencies [1]. The aim of this research is to build and approbate multifunctional device-method which includes red-green, yellow-blue colour vision tests, heterochromatic flicker photometry flicker test and light modulation function as well. Device incorporates electronic circuit to employ four wide band LEDs with four coloured segments each and two servo motors to switch interference filters positions, to enhance light source quality device is equipped with seven interference filters which will greatly enhance specificity of the device. The fields of application are colour vision research, evaluation of inherited and acquired colour vision deficiencies in clinic.



**Figure 1** to realize different colour vision tests we have designed LEDs and interference filters discs system. There are two interference discs included, one of the discs have 3 interference filters for red-green colour vision testing, second disc have interference 4 filters for blue-yellow colour vision testing. It is possible to change both filter discs positions separately what enables us to include heterochromatic flicker function as well. Designing electronic circuit we have included function for changing LEDs brightness in time, i.e., temporal brightness modulation function.

### References

- Trukša, R., Fomins, S., Ozoliņš, M. Rayleigh Equation Anomaloscope from Commercially Available LEDs. *MATERIALS SCIENCE (MEDŽIAGOTYRA)*. Vol 18, No 2 (2012).

# **POLIMĒRU ELEKTROOPTISKĀ KOEFICIENTA NOTEIKŠANA AR INTERFEROMETRISKU METODI, IZMANTOJOT GAISMAS AVOTA FĀZES TROKSNI**

**A. Bundulis, E. Nitišs, M. Rutkis**

*Latvijas Universitātes Cietvielu fizikas institūts*

Organiskie materiāli ar nelineāri optiskajām (NLO) īpašībām varētu būt plaši pielietojami fotonikas tehnoloģijā, un aizvietot neorganiskās NLO komponentes. Lai šos materiālus izmantotu iepriekš minētajās tehnoloģijās, svarīgi ir novērtēt to NLO īpašības, kur viens no svarīgākajiem raksturlielumiem ir to elektro optiskais (EO) koeficients. Lai noteiktu (EO) koeficientu, mēs izmantojām Maha-Zendera interferometrisko (MZI) metodi, par gaismas avotu izmantojot lēni mainīga viļņa garuma lāzeru.

MZI metode balstās uz parauga EO efekta radītās interferējošo staru fāzu starpības izmaiņas novērtēšanu. Fāzu starpība nosaka gaismas intensitāti interferometra izejā, ko iespējams detektēt ar sinhrdetekcijas tehniku. Materiāla EO koeficiente noteikšanai mērījums ir jāveic pie dažādām interferējošo staru fāzu starpībām. Tradicionāli fāzu starpība tiek mainīta ar MZI plecā ievietotu fāzes griezēju. Mēs izmantojām gaismas avotu ar laikā mainīgu viļņa garumu. Rezultātā, notiek haotiska mērījumu punktu izvēle. Tomēr, veicot pietiekami daudz mērījumus, var uzskatīt, ka ir apskatītas visas interferējošo staru fāzu starpības vērtības. Referātā demonstrēts EO koeficiente mērījums DMABI+PMMA 10wt% plānām kārtīnām.

## **DETERMINATION OF POLYMER ELECTRO OPTICAL COEFFICIENT BY INTERFEROMETRIC METHOD USING LIGHT SOURCE PHASE NOISE**

**A. Bundulis, E. Nitišs, M. Rutkis**

*Institute of Solid State Physics, University of Latvia*

Organic materials with non-linear optical (NLO) properties could be widely used in the technology of photonics and could be cheaper and more efficient substitutes for inorganic components in the NLO devices. To use these materials in the technologies mentioned above, it is important to estimate their NLO properties. One of the most important attributes is their electro-optical (EO) coefficient. To determine the EO coefficient we used the Mach - Zehnder interferometric (MZI) method with slowly varying wavelength laser.

The MZI method is based on the evaluation of the EO effect caused change in the phase difference between the two interfering beams. The phase difference determines the light intensity in the interferometer output which can be detected by lock-in detection technique. To determine the EO coefficient for a material the measurement should be made with various phase differences between interfering beams. Traditionally the difference between phases is adjusted with a phase retarder that is inserted in the reference beam path. We used a light source that changes its wavelength in time which causes the measurement point change chaotically eventually covering all of the measurement range. In this report we demonstrate that it is possible to evaluate the EO coefficient with this method. Results on DMABI+PMMA 10wt% thin film EO coefficient measurements will be discussed.

## ULTRAVIOLETĀ LUMINISCENCE $\text{ScPo}_4$ , $\text{AlPo}_4$ , $\text{GaPo}_4$ KRISTĀLOS

A.Truhins<sup>1</sup>, K.Šmits<sup>1</sup>, J.Jansons<sup>1</sup>, L.Boatners<sup>2</sup>

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

<sup>2</sup>*Okridj Nacionaālā Laboratorija, ASV*

Jau 1996. g. tika atrasta  $\text{ScPO}_4$  kristālos autolokalizēto eksitonu luminiscence (trukhin, Boatner). Luminiscences josla atrodas UV spektrālajā apgabalā ( $\sim 210$  nm jeb  $\sim 5.8$  eV). Tagad mēs turpinājām šo luminiscenci pētīt un mēginājām atrast līdzīgu luminiscenci  $\text{AlPO}_4$  un  $\text{GaPO}_4$  kristālos, kuri arī ir ortofosfāti. Neskatoties uz to, ka šiem kristāliem struktūra ir atšķirīga no  $\text{ScPO}_4$  un tā ir vienāda ar alfa-kvarca struktūru, mēginājums izdevās. Iepriekš atrastā autolokalizēto eksitonu luminiscence  $\text{AlPO}_4$  un  $\text{GaPO}_4$  kristālos ir līdzīga silīcija dioksīda alfa-kvarcam un atrodas spektra redzamajā apgabalā (Trukhin, 1994). Tagad mēs atradām, ka  $\text{AlPO}_4$  un  $\text{GaPO}_4$  kristālos blakus šādam autolokalizētam eksitonam, kā alfa-kvarcam, ir arī otra autolokalizēto eksitonu josla, bet UV apgabalā, līdzīga, kā  $\text{ScPO}_4$  kristālam, ar līdzīgu luminiscences dzišanas kinētiku. To izmantojam, lai argumentētu autolokalizēto eksitonu dabu ortofosfatu grupai.

Luminiscences dzišanas kinētiku pētījām plašā temperatūras apgabalā no 8 līdz 300 K, ierosinot ar fluora eksimera lāzera impulsiem (157 nm). Konstatējām, ka kinētikai piemīt īpašības kā elektronu pārejām no autolokalizēto eksitonu tripla stāvokļa, kas ir sašķelts nulles magnētiskā laukā. Luminiscences dzišanas kinētikai ir arī ātrā komponente, ko skaidrojam kā singleta-singleta pareju. Šai pārejai luminiscences josla ir nobīdīta uz lielākām enerģijām neka tripla-singleta pārejām. Tādā veidā tika reģistrēta singleta-tripleta šķelšanās autolokalizētam eksitonam  $\text{ScPO}_4$  kristāliem ( $\sim 0.15$  eV). Šī šķelšanās ir neliela un raksturo autolokalizēto eksitonu vilņu funkcijas telpisko izsmērēšanos.

## ULTRAVIOLET LUMINESCENCE OF $\text{ScPo}_4$ , $\text{AlPo}_4$ , $\text{GaPo}_4$ CRYSTALS

A.N.Trukhin<sup>1</sup>, K.Smits<sup>1</sup>, J.Jansons<sup>1</sup>, L.A.Boatner<sup>2</sup>

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

<sup>2</sup>*Oak Ridge National Laboratory, USA*

Luminescence of the self-trapped excitons was found for  $\text{ScPO}_4$  crystal (Trukhin A.N., L.A.Boatner, 1996). The band is situated in UV range of spectra ( $\sim 210$  nm or  $\sim 5.8$  eV). Now we are continuing this luminescence study and trying find similar luminescence in  $\text{AlPO}_4$ ,  $\text{GaPO}_4$  crystals – also orthophosphates. This try was successful, in spite of their structure is different from  $\text{ScPO}_4$  and it is of  $\alpha$ -quartz structure. Previously found self-trapped exciton luminescence in  $\text{AlPO}_4$ ,  $\text{GaPO}_4$  well resemble that of  $\alpha$ -quartz silicon dioxide crystal (Trukhin A.N. 1994). Now we found that in  $\text{AlPO}_4$ ,  $\text{GaPO}_4$  crystals beside to  $\alpha$ -quartz-like STE there is an UV luminescence similar in position, and decay properties to that of  $\text{ScPO}_4$  crystal. Possibly it is a second STE in  $\text{AlPO}_4$ ,  $\text{GaPO}_4$  crystals. That can be used as argument of correspondence of STE of  $\text{ScPO}_4$  crystal to orthophosphate group.

Decay kinetics of UV luminescence of  $\text{ScPO}_4$  crystal was studied in wide range of temperature from 8 K to 300 K and it is found some peculiarities of decay under pulses of  $\text{F}_2$  excimer laser (157 nm) which could be ascribed to triplet state of STE splits in zero magnetic field. Fast decay of STE was detected as well and therefore it is concluded that beside slow luminescence corresponding to transition from triplet state there are singlet-singlet transitions of STE. Time resolved spectra of slow and fast decay possess small shift ( $\sim 0.15$  eV). That means the singlet –triplet splitting is small and corresponding wave function of STE is widely spread over the atoms of  $\text{ScPO}_4$  crystal where STE is created.

## GRAFĒNA UN CITU OGLEKĻA STRUKTŪRU ADSORBCIJAS ĪPATNĪBAS

**V.Grehovs, J.Kalnačs, A.Murašovs, A.Vilķens**  
*Fizikālās enerģētikas institūts*

Ar sorbcijas iekārtu Autosorb- 1 (Quantochrome Instruments Co, Florida, USA) pētīta termiski eksfoliēta grafita slāpekļa sorbcijas spēja salīdzinājumā ar citu oglekļa struktūru sorbciju tādos pašos apstākļos. Atrasti divi izotermu rajoni, kas raksturojas ar mazu ( $S_{BET1}$ ) un palielinātu ( $S_{BET2}$ ) īpatnējo virsmu. Šāda veida izotermas raksturīgas slikti adsorbējošiem materiāliem, pie kādiem pieder arī akvadags – sīki dispersa grafita emulsija ūdenī pēc žāvēšanas. Labi adsorbējošās oglekļa struktūrām, tādām kā aktīvā ogle un oglekļa nanocaurules, raksturīgas cita veida izotermas. Rezultāti par dažādu oglekļa struktūru sorbcijas spēju apkopoti tabulā. Dota eksperimentālo rezultātu interpretācija.

Paraugs	Apstrāde	Diapozons 1		$C_{BET1}$	$S_{BET1}$	Diapozons 2		$C_{BET2}$	$S_{BET2}$
		p/p0			m2/g	p/p0			m2/g
TEG		0.0004	0.002	5848	24.6	0.2	0.38	5.1	72
TEG	Calcination 6 h 1100C°	0.0005	0.003	6427	33.6	0.21	0.38	8.4	73.7
TEGspirit	Calcination 6 h 1050C°	0.0004	0.003	5470	15.7	0.18	0.41	5.2	48.2
AQUADAG		0.0004	0.002	4973	6.8	0.23	0.41	5.5	21
CNT SG65		0.08	0.33	73	788	0.13	0.3	65.7	792
AC AG3		0.009	0.2	230	1347	0.009	0.2	230	1347

## PECULIARITIES OF GRAPHENE AND OTHER CARBON STRUCTURES ADSORBTION

**V.Grehov, J.Kalnacs, A.Murashov, A.Vilkens**  
*Institute of Physical Energetics*

Adsorption by thermochemically exfoliated graphite (TEG) is studied and compared with that by other carbon structures under the same conditions. In determination of the specific surface area ( $S_{BET}$ ) for the TEG samples it was found that formally possible isotherms in BET approximation are located in two different pressure ranges. Two areas of BET approximation are also visible for the isotherms of aquadag and milled graphite. The experimental results are collected in the table and discussed and their interpretation proposed.

Sample	Special treatment	Region 1		$C_{BET1}$	$S_{BET1}$	Region 2		$C_{BET2}$	$S_{BET2}$
		p/p0			m2/g	p/p0			m2/g
TEG		0.0004	0.002	5848	24.6	0.2	0.38	5.1	72
TEG	Calcination 6 h 1100C°	0.0005	0.003	6427	33.6	0.21	0.38	8.4	73.7
TEGspirit	Calcination 6 h 1050C°	0.0004	0.003	5470	15.7	0.18	0.41	5.2	48.2
AQUADAG		0.0004	0.002	4973	6.8	0.23	0.41	5.5	21
CNT SG65		0.08	0.33	73	788	0.13	0.3	65.7	792
AC AG3		0.009	0.2	230	1347	0.009	0.2	230	1347

## **GRAFĒNA PĀRNESE UN RAKSTUROŠANA *IN SITU***

**J.Kosmača<sup>1</sup>, J.Andžāne<sup>1</sup>, J.D.Holmes<sup>2</sup>, D.Erts<sup>1</sup>**

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

<sup>2</sup>*Nacionālās Īrijas universitātes Ķīmijas nodaļa, Cork, Īrija*

Grafēns ir perspektīvs nanomateriāls nākotnes elektronikas un citos pielietojumos. Grafēns nepastāv dabā brīvā formā, tāpēc aktuālā problēmā uz grafēna balstītu ierīču veidošanā ir grafēna paraugu iegūšana, raksturošana un transports.

Darbā demonstrēta grafēna pārnese un raksturošana lietojot Ge nanovada masas sensoru. Grafēna paraugi tika iegūti, atšķelot plānas kārtīņas no augsti orientēta pirolītiskā grafita virsmas. Grafēna kārtīņas satur vienu vai dažus grafita monoslāņus. Eksperimentu vizualizāciju nodrošina skenējošais elektronu mikroskops.

Integrējot Ge nanovadu kā kustīgu elementu nanomanipulāciju sistēmā to izmanto grafēna paraugu atlasei un pārnesei uz substrāta. Pārnese balstās uz adhēzijas mijiedarbības starp virsmām. Parādīta atsevišķu grafēna paraugu kontrolēta pārnese izvelētajā pozīcijā. Parauga masa tiek aprēķināta balstoties uz Ge nanovada rezonances frekvences nobīdi. Atomāru slāņu skaitu paraugā novērtē, zinot grafēna masu, virsmas laukumu un starpslāņu attālumu.

Grafēna kontrolēta pārnese atvieglo nanoierīču prototipu veidošanu laboratorijas apstākļos. Pārnese un raksturošana *in situ* ļauj izvairīties no apkārtējās vides ietekmes, sagatavojot paraugu tālākiem eksperimentiem.

## **TRANSFER AND CHARACTERIZATION OF GRAPHENE *IN SITU***

**J.Kosmaca<sup>1</sup>, J.Andzane<sup>1</sup>, J.D.Holmes<sup>2</sup>, D.Erts<sup>1</sup>**

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

<sup>2</sup>*Department of Chemistry, National University Ireland, Cork, Ireland*

Graphene is a promising nanomaterial for future electronics applications. In nature, graphene does not exist in free form, therefore, the actual problem of graphene-based product development is graphene sample production, characterization and transport.

Transfer and characterization of graphene by using a Ge nanowire based mass sensor is demonstrated. Graphene samples are produced by splitting thin layers from a highly oriented pyrolytic graphite surface. The graphene flakes consist of one or few graphite layers. A scanning electron microscope provides the visualization of the experiments.

A Ge nanowire is integrated into a nanomanipulation system as a moving element. The nanowire is used for graphene sampling and transferring to a substrate. The transfer is based on the adhesion interaction between the surfaces. We demonstrate an individual graphene sample transfer to a selected position. The mass of the sample to be transferred is calculated by the Ge nanowire resonant frequency shift. By knowing the graphene mass, geometry and interplanar spacing between the graphite layers, it is possible to estimate the number of layers in the flake.

A controlled transfer of graphene facilitates the fabrication of nanodevice prototypes under laboratory conditions. The graphene transfer and characterization *in situ* prevents environmental impact during the preparation of samples for future experiments.

## **GRAFĪTA OKSĪDA TERMISKA DEOKSIGENĒŠANA**

**V.Kampars, P.Romanovskis, K.Lazdoviča**

*Rīgas Tehniskā universitāte*

Termiska vai ķīmiska skābekļa atoma atraušana (deoksigenēšana) no grafitā oksīda ar  $Csp^2$  lokšņu atjaunošanu ir perspektīvs lielu daudzumu grafēna sintēzes veids. Lai iegūtu grafitā oksīda termiskās deoksigenēšanas pamatraksturojumus, šajā darbā veikti ar modificētu Hammera metodi sintezēta un vakuumā 60 °C izžāvēta grafitā oksīda termogravimetrijas pētījumi. Termogravimetriskie pētījumi veikti slāpekļa atmosfērā, mainot lineārās temperatūras celšanas ātrumus līdz 800 °C. Vienīgi temperatūras celšanas ātrums 1 °C/min atļauj reģistrēt pilnu masas zuduma līkni visā apgabalā, kura sastāv no četrām  $H_2O$ , CO and  $CO_2$  izdalīšanas stadijām. Pārējos gadījumos novērojams spontāns masas zudums pie 130 °C ar pētāmās vielas izmešanu no karsēšanas trauka. Izmesto produktu FTIR un XRD spektri apliecina, ka notikusi termiskā deoksigenēšana ar vienlaicīdu eksfoliēšanu, jo iegūtajam produktam nav raksturīgās skābekli saturošo funkcionālo grupu absorbcijas joslu un grafitam vai grafitā oksīdam atbilstošo rentgendifraktogrammu pīķu. Sintezētā grafitā oksīda termiskā deoksigenēšana notiek ievērojami zemākās temperatūrās nekā aprakstīts literatūrā.

## **THERMAL DEOXYGENATION OF GRAPHITE OXIDE**

**V. Kampars, P.Romanovskis, K.Lazdoviča**

*Riga Technical University*

Thermal or chemical removing of the oxygen atoms (deoxygenation) from graphite oxide with the recovering of the  $Csp^2$  sheet is an effective way to produce graphene in large quantities. In order to obtain preliminary information about the thermal characteristics of graphite oxide we have synthesised the graphite oxide accordingly to the modified Hummer's method and after drying under vacuum at 60 °C made the thermogravimetric analysis of the obtained product. The thermogravimetric investigation has been done under nitrogen atmosphere at different heating rates. Only when the heating rate is 1 °C/min it is possible to register the mass loss curve of synthesised graphite oxide until 800 °C consisting of four stages of  $H_2O$ , CO and  $CO_2$  release. The heating rates exceeding 1 °C/min set off a spontaneous mass loss at 130 °C indicating the near to full deoxygenation and defoliation of graphite oxide. The FTIR spectra of products throw out from the sample pan do not show the presence of oxygen atom containing bond absorption. The deoxygenation temperature for obtained product is remarkably lower than the characteristic temperatures of graphene deoxygenation.

**ANIZOMETRISKU OGLEKĻA MODIFIKATORU IETEKME UZ  
POLIMĒRU NANOKOMPOZĪTU STRUKTŪRAS  
UN ELASTISKAJĀM ĪPAŠĪBĀM**

**J. Zicāns<sup>1</sup>, R. Merijs Meri<sup>1</sup>, T. Ivanova<sup>1</sup>, V. Kalkis<sup>2</sup>, J. Bitenieks<sup>1</sup>, I. Reinholds<sup>2</sup>**

*<sup>1</sup>Rīgas Tehniskās universitātes Polimērmateriālu institūts*

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

Konkrētais pētījums veltīts dažādu oglekļa alotropu – daudzsienu oglekļa nanocaurulīšu un grafēna – ietekmes izvērtēšanai uz polimēru matricas – stirola-akrilāta kopolimēra – struktūru un elastiskajām īpašībām. Nolūkā nodrošināt pēc iespējas augstāku oglekļa nanopildvielas disperģējamības pakāpi stirola-akrilāta kopolimēra matricā izvērtēta gan starpfāžu modifikatora, gan ultraskaņas apstrādes režīmu ietekme uz sistēmu „oglekļa alotrops-ūdens”, „oglekļa alotrops-stirola-akrilāta kopolimērs” stabilitāti nanopildvielas koncentrāciju diapazonā no 0,01 līdz 10 masas %. Vienlaicīgi veikti iegūto stirola-akrilāta kopolimēra nanokompozītu kalorimetrisko, termogravimetrisko un elastisko īpašību pētījumi. Konstatēts, ka starpfāžu modifikatora klātbūtnē oglekļa nanopildviela ļauj ievērojami uzlabot nanokompozītu stingumu/elastības moduli, kas ir saistīts ar noteiktu polimēra matricas un nanopildvielas mijiedarbību. Vienlaicīgi konstatēts, ka nanopildvielas klātbūtnē uzlabojas kompozīta termiskās barjeras īpašības, kas ir saistīts gan ar izmantoto oglekļa alotropo daļiņu formu, gan ar to siltumtehniskajām īpašībām.

**THE EFFECT OF ANISOMETRIC CARBON MODIFIERS ON THE  
STRUCTURAL AND ELASTIC PROPERTIES OF  
POLYMER NANOCOMPOSITES**

**J. Zicāns<sup>1</sup>, R. Merijs Meri<sup>1</sup>, T. Ivanova<sup>1</sup>, V. Kalkis<sup>2</sup>, J. Bitenieks<sup>1</sup>, I. Reinholds<sup>2</sup>**

*<sup>1</sup>Institute of Polymer Materials, Riga Technical University*

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

The current research is devoted to evaluation of the effects of various carbon allotropes – multi-walled carbon nanotubes and graphene – on the structure and elastic properties of styrene-acrylate copolymer. To ensure desirable distribution of the carbonaceous nanofillers in the styrene-acrylate copolymer matrix, the effect of interfacial agent and ultrasound treatment on the stability of “carbon allotrope-water” and “carbon allotrope-styrene-acrylate copolymer” dispersions in the nanofiller concentration range 0,01-10 wt. % are evaluated. Besides it calorimetric, thermogravimetric and elastic properties of the obtained styrene-acrylate copolymer nanocomposites are investigated. It is determined that in the presence of the interfacial agent the carbonaceous nanofillers allow considerably improve stiffness/modulus of the nanocomposites, which is most probably connected with certain interaction between the polymer matrix and nanofiller. In addition, it is determined that in the presence of the carbonaceous nanofillers improvement of thermal barrier properties occur, which is dependant on the shape of the carbon allotropes used and their thermo-physical properties.

## **LiFePO<sub>4</sub>/GRAFĒNS NANOKOMPOZĪTS LITIJA JONU BATERIJĀM**

**G.Kučinskis, G.Bajārs, J.Kleperis, K.Bikova**

*Latvijas Universitātes Cietvielu fizikas institūts*

LiFePO<sub>4</sub> ir videi draudzīgs litija jonu bateriju katodmateriāls ar salīdzinoši augstu lādiņietilpību, tomēr materiālam ir zema elektronu vadītspēja, kas samazina tā lādiņietilpību un padara uzlādi un izlādi ilgāku. Darbā pētītas grafēna kā elektrovadošas piedevas iespējas uzlabot LiFePO<sub>4</sub> elektrokīmiskās īpašības.

Cietfāzu sintēzes ceļā sagatavoti LiFePO<sub>4</sub>/C un LiFePO<sub>4</sub>/C/grafēns (LiFePO<sub>4</sub>/C/G) kompozītmateriāli. LiFePO<sub>4</sub>/C/G nanokompozīts iegūts divos veidos – pievienojot grafēna oksīda (GO) nanoslāņus reāgentiem pirms LiFePO<sub>4</sub> sintēzes un pēc tās. Otrajā gadījumā tikuši veikti papildus soļi grafēna oksīda nanoslāņu reducēšanai – LiFePO<sub>4</sub>/C/GO karsēts 700 °C temperatūrā reducējošā Ar/H (95:5) atmosfērā. Rentgenstaru difrakcijas analīzes rezultāti iegūtajos materiālos neuzrāda piemaisījumus. GO nanoslāņus pievienojot pirms un pēc sintēzes, iegūstami materiāli ar atšķirīgām makroskopiskām struktūrām. Elektrokīmiskās īpašības norāda uz lādiņa pārneses pretestības samazināšanos, pievienojot materiālam papildus grafēnu. Tāpat secināts, ka grafēns uzlabo LiFePO<sub>4</sub> lādiņietilpību, īpaši pie augstiem uzlādes-izlādes strāvas blīvumiem.

## **LiFePO<sub>4</sub>/GRAPHENE NANOCOMPOSITE CATHODE FOR LITHIUM ION BATTERIES**

**G.Kucinskis, G.Bajars, J.Kleperis, K.Bikova**

*Institute of Solid State Physics, University of Latvia*

LiFePO<sub>4</sub> is environmentally friendly lithium ion battery cathode material with a relatively high charge capacity. However, its low electric conductivity reduces its charge capacity and increases the time required for proper LiFePO<sub>4</sub> charging and discharging. In this work the possibilities of adding graphene in order to improve LiFePO<sub>4</sub> electrochemical properties have been studied.

LiFePO<sub>4</sub> and LiFePO<sub>4</sub>/C/graphene (LiFePO<sub>4</sub>/C/G) composites have been prepared via solid-state synthesis. LiFePO<sub>4</sub>/C/G nanocomposite has been acquired by adding graphene oxide (GO) nanosheets to LiFePO<sub>4</sub> synthesis precursor or to as-prepared LiFePO<sub>4</sub>. When added to an already prepared LiFePO<sub>4</sub>, additional steps for reducing GO nanosheets have been taken – LiFePO<sub>4</sub>/C/GO was heated at 700 °C in a reducing Ar/H (95:5) atmosphere. X-ray diffraction analysis shows no impurities in the prepared materials. Materials with different macroscopic structure are acquired by adding graphene oxide to the material before or after LiFePO<sub>4</sub> synthesis. LiFePO<sub>4</sub>/C/G charge transfer resistance is lower, when compared to that of LiFePO<sub>4</sub>/C. LiFePO<sub>4</sub>/C/G material also has a higher charge capacity and better rate capability.

# **INOVĀCIJAS UN GRAFĒNS**

## KVADRUPOLA MASSPEKTROMETRA PIELIETOJUMU IESPĒJAS LU CFI

L.Skuja

*Latvijas Universitātes Cietvielu fizikas institūts*

Referāta mērķis ir iepazīstināt potenciālos lietotājus ar masspektrometu "Ametek Dycor LC-D" un tā aprīkojumu, kuri ir uzstādīti ERAF līdzfinansētā projekta „Nanostrukturēto un daudzfunkcionālo materiālu, konstrukciju un tehnoloģiju Valsts nozīmes pētniecības centra zinātniskās infrastruktūras attīstīšana” ietvaros. Iekārtai ir viegli pānēsājama, tā ietver kvadrupola masspektrometu, bezeļas vakuumsistēmu ar turbomolekulāro sūkni ar adatventili gāzu kontrolētai ievadei masspektrometrā un Ethernet saskarni datorvadībai.

Iekārtai paredzētie uzdevumi CFI ir: 1) nodrošināt vakuma sistēmu diagnostiku (vakuma pārpalikuma gāzu analīze, teču meklēšana), 2) ar vakuumu saistīto tehnoloģisko procesu vides analīze, 3) cieto vielu analīze vakuma apstākļos (termostimulētās desorbcijas analīze, lāzerablācijas analīze u. tml.), 4) atmosfēras spiediena gāzu un tvaiku sastāva analīze.

Referātā tiks demonstrēti iekārtas izmēģinājumu eksperimentu dati, tiks apspriestas praktisko mērījumu iespējas, iekārtas stiprās pusēs, trūkumi un tālākas attīstības ceļi.

## PROSPECTIVE APPLICATIONS OF A QUADRUPOLE MASS-SPECTROMETER IN LU ISSP

L.Skuja

*Institute of Solid State Physics, University of Latvia*

The aim of this paper is to provide an information to the eventual users on the mass-spectrometer "Ametek Dycor LC-D" and its accessories, which have been installed at ISSP in the framework of the ERDF co-sponsored project on the development of National Level Research Center . The spectrometer system comprises a quadrupole mass-spectrometer head with an Ethernet interface for control and data acquisition, an oil-free turbomolecular pump-based vacuum system with a needle valve for a controlled inlet of the analyte gas/vapor into the vacuum camera.

The following tasks are planned for the instrument: 1) the general diagnostics of vacuum systems, including the residual gas analysis and (He) vacuum leak-detection, 2) the analysis and monitoring of vacuum-related technological processes, 3) the analysis of solids under vacuum conditions, e.g., thermostimulated desorption, laser ablation, 4) the analysis of gases or vapors at atmospheric pressure conditions.

The results of the first test- and exploratory experiments will be presented, the practically available experimental options, the merits, the weak points and the paths to the further development will be discussed.

## MAGNETRONU IZPUTINĀŠANAS TEHNOLOĢIJAS ATTĪSTĪBA LU CFI

J. Purāns

*Latvijas Universitātes Cietvielu fizikas institūts*

Daudzām enerģētikas un elektronikas plāno kartiņu ierīcēm (saules bateriju paneļi, elektrohromie un termohromie stikli, moderni (touch screen) displeji un caurspīdīga elektronika) ir vajadzīgi caurspīdīgu vadošu oksīdu (TCO) pārklājumi kā nepieciešamais elements to veidošanai. Tas rada nozīmīgu komerciālu pieprasījumu pēc tehnoloģijām šādu TCO pārklājumu iegūšanai. Patlaban pieejamās tehnoloģijas šādu TCO pārklājumu ražošanai balstās uz dārgo indija oksīda (ITO) materiālu kā starta izejvielu, lai ražotu TCO pārklājumus ar augstāko kvalitāti. LU CFI izstrādā vakuumtehnoloģijas ar daudz zemākām augstākās kvalitātes TCO plāno kārtiņu pārklājumu izmaksām.

LU CFI tiek veikta dažādu materiālu, jaunu izsmidzināšanas tehnoloģiju un risinājumu izpēte uz līdzstrāvas un impulsa magnetrona avota bāzes (High Power Impulse Magnetron Sputtering - HIPIMS US patents, pirmais industriālais tehnoloģijas pielietojums - UK 2004.g.). LU CFI izstrādā tehnoloģijas ar daudz zemākām TCO plāno kārtiņu pārklājumu izmaksām, kas var tikt ietvertas jaunā iekārtu sistēmā ar impulsa HIPIMS magnetrona avotu, kas balstās uz (i) alumīnija (Al) (AZO) n-tipa TCO, (ii) Nikēļa vai irīdija (Ir) (IRZO) p-tipa TCO, (iii) gallija (Ga) cinka oksīdu (GZO) n-tipa TCO, kā arī (iv) uz daudzslāņu cinka oksīdu ZnO/Me/ZnO pārklājumu (Me=Ni, Mo,..) struktūrām.

Pateicība: Darbs ir veikts ERAF projekta  
2010/0272/2DP/2.1.1.0/10/APIA/VIAA/088 ietvaros.

## MAGNETRON SPUTTERING TECHNOLOGY DEVELOPMENT AT THE ISSP LU

J. Purans

*Institute for Solid State Physics, University of Latvia*

Many energy and electronics thin film devices (solar cells, electrochromic and thermochromic glasses, touch screen displays and transparent electronics) need a transparent conductive oxide (TCO) coatings as a necessary thin layer element in the formation of multilayer devices. This creates a significant commercial demand for sputtering techniques for such TCO coatings. Currently available technology is based on the expensive indium-tin mixed oxides (ITO) as a starting material for the production of TCO coatings of the highest quality. ISSP LU is developing vacuum technology for deposition of the highest quality TCO thin film coatings at much lower costs.

ISSP LU studies different materials and new sputtering technologies of DC and High Power Impulse Magnetron Sputtering (HIPIMS U.S. patent, the first industrial application of technology - UK 2004) to develop the basic technology at a much lower TCO thin films cost that may be included in a new machine system with impulse magnetron source HIPIMS based on (i), aluminium (Al), (AZO) n-type TCO, (ii) Nickel or iridium (IRZO) p-type TCO, (iii) gallium (Ga), zinc oxide (GZO) n-type TCO, and (iv) multi-layer of zinc oxide ZnO / Me / ZnO coatings (Me = Ni, Mo, .) structures.

## **HOLLA EFEKTA MĒRĪJUMI LU CFI: IEKĀRTA, IESPĒJAS UN REZULTĀTI CINKA OKSĪDA PĀRKLĀJUMIEM**

**M. Zubkins, A. Kalinko, J. Purāns**

*Latvijas Universitātes Cietvielu fizikas institūts*

Latvijas Universitātes Cietvielu fizikas institūtā ir iespējams mērīt Holla efektu pusvadītāju ( $10^{-4}$  -  $10^7$  Ωcm) pārklājumiem ar iekārtu HMS5000. Iekārtā mēra elektrisko pretestību un magnetopretestību, Holla koeficientu, lādiņu nesēju koncentrāciju un kustīgumu. Iespējams uzņemt šo fizikālo lielumu atkarību no temperatūras diapazonā 80 - 350 K. Rezultātus var aplūkot tabulu vai grafiku veidā un saglabāt ASCII formātā. Sagatavotajam paraugam jābūt kvadrātveida no 5 X 5 līdz 20 X 20 mm un ne biezākam par 1.5 mm (pārklājums + pamatne).

Iekārtā izmanto *Van der Pauw* tehniku, kas paredzēta 2D materiāliem. Lai izmantotu šo tehniku, pārklājumam jābūt plakanam un ar konstantu biezumu. Tam jābūt homogēnam un izotropam, un tas nedrīkst saturēt izolējošus punktus. Stūros ir jāpievieno četri omiski kontakti, kuru izmēri ir vismaz par kārtu mazāki nekā visa parauga izmērs.

Ar šo iekārtu tika mērīti ZnO:Al un ZnIrO pārklājumi. ZnO:Al gadījumā rezultāti bija ticami un ar labu atkārtojamību. ZnIrO gadījumā atkārtojamība bija slikta, ko var skaidrot ar sliktu lādiņa nesēju kustīgumu ( $< 1 \text{ cm}^2/(\text{V}\cdot\text{s})$ ), kas ir ārpus pieļaujamā diapazona.

### *Pateicība*

Darbs ir veikts ERAF projekta 2010/0272/2DP/2.1.1.1.0/10/APIA/VIAA/088 ietvaros.

## **MEASURMENTS OF HALL EFFECT AT LU CFI: EQUIPMENT, POTENTIALITY AND RESULTS OF ZINC OXIDE THIN FILMS**

**M. Zubkins, A. Kalinko, J. Purāns**

*Institute of Solid State Physics, University of Latvia*

At Institute of Solid State Physics, University of Latvia can be measured the Hall effect of semiconductor ( $10^{-4}$  -  $10^7$  Ωcm) thin films by equipment HMS5000. Equipment measures electrical resistivity and magnetoresistance, Hall coefficient, charge carrier concentration and mobility. It is possible to measure these physical properties versus temperature in range 80 – 350K. The system provides results as tabular data as well as in graph form and can be saved in ASCII format. Sample must be square shape from 5 X 5 to 20 X 20 mm and no thicker than 1.5 (film + substrate).

Equipment uses *Van der Pauw* technique which designed for 2D materials. To use this technique film must have a flat shape of uniform thickness. It must be homogeneous, isotropic and must not have any isolated holes. Four ohmic contacts must be located at the edges of the film and area of any individual contact should be least an order of magnitude smaller then area of the entire sample.

ZnO:Al and ZnIrO thin films were measured by this equipment. ZnO:Al results were credible and repeatable. ZnIrO repeatability of results was poor and it can be explained by low carrier mobility ( $< 1 \text{ cm}^2/(\text{V}\cdot\text{s})$ ) which is out of acceptable range.

### *Acknowledgement*

The work has been performed within ERAF project  
2010/0272/2DP/2.1.1.1.0/10/APIA/VIAA/088.

## **ŠŪPOLES – JAUNA LU CFI IZSTRĀDNE**

**I.Gvardina, A.Kristiņš, J.Melderis, J.Straumēns**  
*Latvijas Universitātes Cietvielu fīzikas institūts*

Darbā aprakstīta izstrādātā un izgatavotā LU CFI atrakciju iekārta „Šūpoles”. Paredzētas vienai personai, 6 m augstas, šūpošanās ilgums 3, 5, 10 vai vairāk minūtes, šūpošanās leņķi 30, 45, 60 un 75 grādi ar iespēju pāriet no vienas vērtības uz otru šūpošanās laikā.

Darbā apskatīts šūpoļu darbības algoritms, kurš ļem vērā klienta svaru, uzdoto šūpošanās maksimālo leņķi, spiediena izmaiņas pneimatiskajā sistēmā un vēja ietekmi uz šūpošanās procesu dinamikā trijos pamatrežīmos (iešūpošana, šūpošanās, apstāšanās), kā arī visa veida citas darbības, saistītās ar apkalpojošā personāla un klienta drošību. Elektroniskā vadības sistēma izveidota uz *Rabbit 3000* kontroliera bāzes. Šūpoļu darbība pārbaudīta ar dažādiem etalonā svariem diapazonā no 0 līdz 140 kg dažādos laika apstākļos. Šūpoles ir sertificētas un var tikt izmantotas atrakciju parkos.

## **SWING**

**I.Gvardina, A.Kristiņš, J.Melderis, J.Straumēns**  
*Institute of Solid State Physics, University of Latvia*

The report describes the designed and manufactured by ISSP amusement device "Swing". It is intended for one person, 6 m high, swinging time of 3, 5, 10 or more minutes, angle to the vertical of 30, 45, 60 and 75 degrees with the possibility of changing of this value during of swinging time.

The report dealt with the swing algorithm, which takes into account the weight of the client, the predetermined maximum angle to the vertical, pressure changes in the pneumatic system and the effects of wind on the swinging process dynamics in three basic regimes (initial swinging, maintaining a predetermined angle, braking), as well as all other activities related to the maintenance staff and client safety. Electronic control system created on the base of Rabbit 3000 controller. Swing into action tested with different weights in range from 0 to 140 kg in different weather conditions. Swing is certified and can be used in amusement parks.

## JAUNAS TENDENCES IELU APGAISMOŠANAS KONTROLĒ

**P.Annus<sup>1,2</sup>, E. Reilent<sup>1</sup>, A.Kuusik<sup>1</sup>, T.Tammet<sup>1</sup>, A.Kristiņš<sup>3</sup>**

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

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

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

Mūsdieni elektriskās enerģijas tehnoloģiju tendences raksturo stabili pieaugošs izkliedētu atjaunojamo energijas avotu skaits. Lai sabalansētu atjaunojamo enerģijas avotu mainīgo jaudu, enerģijas uzglabāšanas ierīcēm jābūt savienotām tīklā. Tā kā lielākā daļa no atjaunojamajiem enerģijas avotiem un enerģijas uzkrāšanas ierīcēm darbojas ar līdzspriegumu, tad perspektīvā ir vēlams uz līdzspriegumu balstīts tīkls. Turklāt līdzstrāvas tīklam nav daudzu problēmu, kas ir raksturīgas maiņsprieguma tīklam, piemēram, nav problēmu ar sinhronizāciju, ar reaktīvo jaudu un harmonikām utt.

Līdzstrāvas mikrotīkls ir sakopojums no vairākiem primāriem un sekundāriem energoavotiem ar vairāku līmeņu enerģijas uzglabāšanas ierīcēm un daudzām kontrolējamām slodzēm. Mikrotīkls ietver arī informācijas un komunikācijas tehnoloģijas (IKT). Faktiski IKT ir galvenais, lai sasniegtu augstāko elastīgumu, uzticamību (ieskaitot kiberdrošību) un efektivitāti.

Arhitektūra *end-to-end Smart-Grid IP* ir atslēga uz panākumiem, kas garantē atklātus standartus un savietojamību, kā tas lielā mērā pierādījies, ikdienā izmantojot internetu. Intelīgentā līdzstrāvas mikrotīkla koncepcija palīdzēs izveidot vienmērīgus un drošus elektropārvades ceļus IPv6 balstītam tīklam, ne tikai intelīgentiem patēriņjiem, bet arī intelīgentai mikro ražošanai un uzglabāšanas iekārtām - prosumeriem. Tas var izrādīties revolucionārs jaunums enerģijas sadales un lietošanas tehnoloģiju jomā.

Elektriskās enerģijas patēriņš ielu un āra apgaismojumam ir ievērojama daļa no kopējā enerģijas patēriņa. Līdzstrāvas intelīgentā mikrotīkla tehnoloģijas ieviešana samazinātu vadības izmaksas, palielinātu uzticamību, efektivitāti un caurskatāmību apgaismes tīklos.

## NEW TRENDS IN STREETLIGHTING CONTROL

**P.Annus<sup>1,2</sup>, E. Reilent<sup>2</sup>, A.Kuusik<sup>1,2</sup>, T.Tammet<sup>2</sup>, A.Kristiņš<sup>3</sup>**

<sup>1</sup>*Department of Electronics, Tallinn University of Technology, Tallinn, Estonia*

<sup>2</sup>*ELIKO Competence Center, Tallinn, Estonia*

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

Modern trends in electrical energy technology are characterized by a steadily growing number of distributed renewable energy sources. To balance the variable power of renewable energy sources, energy storage devices need to be connected to the grid. Since most of the renewable energy sources and energy storage devices operate with DC voltage, a DC based grid is preferable in the future. In addition the DC grid avoids many problems typical for an AC grid e.g. no synchronization issues, no problems related to reactive power and harmonics etc.

DC Microgrid is an aggregation of multiple primary and secondary energy sources with several levels of energy storage and numerous controllable loads. Microgrid involves also information and communication technology (ICT). In fact ICT is the key to achieve the highest flexibility, reliability (incl. Cyber security) and efficiency.

An end-to-end Smart-Grid IP architecture is the key to success by guaranteeing open standards and interoperability as largely demonstrated through the daily use of the Internet. The Intelligent DC Microgrid concept will help to create smooth and secure transition paths for electric utilities towards IPv6 based grid with not only intelligent consumers, but also intelligent micro production and storage facilities - prosumers. As such it may well prove to be the new disruptive technology in the area of energy distribution and use.

Electrical energy consumption of street and outdoor lighting constitutes an important part of total energy consumption. Intelligent DC Microgrid technologies, if implemented, will reduce management costs, increase reliability, efficiency and transparency of the lightning grid.

## **LENGMĪRA - BLODŽETAS TEHNOLOGIJAS IESPĒJU IZVĒRTĒŠANA VADOŠU GRAFĒNA PĀRKLĀJUMU IEGŪŠANAI**

**M. Rutkis, L. Gerca, K. Kundziņš**

*Latvijas Universitātes Cietvielu fizikas institūts*

Mūsdienās liela uzmanība tiek pievērsta vienslāņa grafēna (VG) pētījumiem. Tam par iemeslu ir šī materiāla izcilās īpašības – augsta optiskā caurlaidība, termiskā un elektrovadītspēja. Aizstājot optoelektroniskajās ierīcēs tradicionālos caurspīdīgo elektrodu materiālus ar VG tad pateicoties šādu unikālu īpašību apvienojumam vienā nateriālā izdotos ievērojami palielināt šādu ierīču veiktspēju. Perspektīvākie pielietojumi varētu būt saules baterijas un cietvielu apgaismes ierīces. Tām nepieciešami liela laukuma VG pārklājumi. Viens no iespējamiem šādu pārklājumu iegūšanas ceļiem ir vienslāņa grafēna oksīda (VGO) suspensijas izmantošana, kuru var iegūt lielos daudzumos izmantojot šķidrās fāzes grafita eksfoliāciju. Lai iegūtu vadošus pārklājumus vispirms VGO, kontrolēti jāpārnes uz atbilstošas pamatnes. To var veikt izmantojot VGO Lengmīra monoslāni no ūdens/gaiss robežvirsmas, kuru iespējams pārnest uz pamatnes ar Lengmīra – Blodžetas metodi. Kad pusvadītāja VGO slānis iegūts nākamais uzdevums ir tā ķīmiska un termiska reducēšana par augsti vadošu VG kārtiņu. Optisko un elektrisko īpašību optimizācija iespējama, variējot VG LB kārtiņu skaitu. Prezentācijā tiks apskatīti sasniegumi, iespējas un ierobežojumi pielietojot LB tehnoloģiju savienojumā ar ķīmisko un termisko reducēšanu, lai iegūtu vadošus grafēna elektrodus. Tiks apskatīta arī Organisko materiālu laboratorijas pieredze LB tehnoloģijai izmantojot komerciāli pieejamo (Cheap Tubes Inc.) VGO.

## **ASSESSMENT OF LANGMUIR – BLODGETT TECHNOLOGY CAPABILITIES FOR PRODUCTION OF CONDUCTIVE GRAPHENE COATINGS**

**M. Rutkis, L. Gerca, K. Kundziņš**

*Institute of Solid State Physics, University of Latvia*

Nowadays a huge attention is paid to single-sheet graphene (SG), an outstanding transparent material with a high electrical and thermal conduction. Due to these properties, replacement of traditional transparent electrodes by SG could lead to enhanced performance of optoelectronic devices. Large area substrates should be covered by SG for future applications like solid state lighting and solar cells. One of the possible routes of obtaining such films is to use dispersion of single-sheet graphene oxide (SGO) what can be produced in large scale by use of the different liquid phase graphite exfoliation methods. The first challenge for producing conductive graphene coatings from dispersion is how to transfer SGO from dispersion on to substrate in controlled manner. One of such possibilities is to obtain Langmuir monolayer of SGO at the air/water interface and then transfer it to substrate by Langmuir-Blodgett (LB) deposition method. The second challenge is to reduction of semiconducting SGO to highly conductive SG. Optimization of optical and electrical properties could be achieved within a thickness control of SGO films upon repeated deposition process. In presentation we would like to give brief review of achievements in producing conductive graphene coatings by mentioned above two stage technology: LB deposition + chemical and thermal reduction SGO to SG. Results of investigations accomplished in Laboratory of Organic Materials with commercially available (Cheap Tubes Inc.) submicron size dried SGO will be presented.

## CVD AUDZĒTA GRAFĒNA MONOSLĀŅA DOPĒŠANA SORBĒJOT V-VII GRUPAS ELEMENTUS

**J. Andžāne, J. Kosmača, G. Kunakova, D.Erts**  
*Latvijas Universitātes Ķīmiskās fizikas institūts*

Grafēns ir divu dimensiju (2D) materiāls. Tas ir atomu monoslānis, kuram piemīt neordināras īpašības. Izmantojot grafēnu elektroniskās ierīces, šīs īpašības ir pētītas un pielietotas divās dimensijās. Grafēna aizliegtās zonas platums ir 0eV. Tomēr lielākā daļa elektronisko ierīču darbojas pateicoties aizliegtai zonai ierīces pusvadītāja aktīvajā elementā. Dopēšana ir viena no vislabākajām metodēm grafēna pusvadītāja īpašību kontrolei.

Grafēnam ir lielākā iespējamā virsmas un tilpuma attiecība, kā rezultātā grafēnam ir jābūt ļoti jutīgam pret virsmas modificēšanu. Virsmas dopēšanai vajadzētu ļaut mainīt grafēna elektroniskās īpašības ar augstu precīzitāti.

Šeit mēs piedāvājam CVD audzēta vienslāņa grafēna dopēšanu ar adsorbciju. Tādi V-VII grupas elementi kā jods, sērs un antimons tika izmantoti kā dopanti. Eksperimentālie apstākļi un virsmas modifikācijas metodes tiek prezentētas un apspriestas šajā darbā. Dopēšanas metodes ietver gan visas virsmas, gan lokālo pārveidošanu. Grafēna paraugi tika sagatavoti dopēšanai un pētīšanai, izmantojot elektroniskās litogrāfijas un nanomanipulāciju metodes.

## CVD GROWN MONOLAYER GRAPHENE DOPING BY SORPTION OF V-VII GROUP ELEMENTS

**J. Andzane, J. Kosmaca, G. Kunakova, D.Erts**  
*Institute of Chemical Physics, University of Latvia*

Graphene, a two-dimentional (2D) material with only one atom layer thick, has many extraordinary properties. By using graphene in electronic devices, these properties are explored in two-dimensions. Graphene itself has zero band gap. However, most electronic applications are operating due to presence of a semiconducting gap in device's active element. To control the semiconducting properties of graphene, doping is one of the most useful methods.

Graphene has an maximum of the surface area to volume ratio. Otherwise, it should be sensitive to surface modification. Surface doping should obtain fine control of electronic properties of graphene.

Here we present CVD grown monolayer graphene doping by adsorption. V-VII group elements as iodine, sulfur, antimony were used as dopants. Experimental conditions and surface modification methods are presented and discussed in this work. Doping methods include both full-surface modification and local surface modification. Graphene samples are prepared for doping and further research using electronic lithography and nanomanipulation techniques.

# LĀZERA HOPG SPIEDOGA GRAVĒŠANA GRAFĒNA UZNEŠANAI UZ Si PAMATNES

**J. Butikova, B. Poļakovs, L. Dimitročenko, E. Butanovs, I. Tāle**  
*Latvijas Universitātes Cietvielu fizikas institūts*

Pirolītiskais grafs (HOPG) tika gravēts ar impulsu lāzera staru, lai iegūtu kvadrātveida laukumu rakstu. Grafs virsmas gravēšana atvieglo grafēna slāņu atdalīšanos pārneses laikā. Tika salīdzināta tieša vairākslāņu grafēna pārnese no grafsa spiedoga uz paraugu un pārnese ar līmes klātbūtni. Uznestās grafēna loksnes tika apskatītas ar optisko un skenējošo elektronu mikroskopu. Grafēna slāņu skaits tika mērīts ar atomspēku mikroskopu. Spiedogošana ar līmes klātbūtni ļauj pārnest salīdzinoši lielas grafēna loksnes ( $40 \times 40 \mu\text{m}$ ) uz silīcija pamatnes, kas var būt nozīmīgi mikroelektronikas ražošanā. Piedāvātā metode ir vieglāk īstenojama un pielāgojama nekā vairums pašreizējo metožu grafēna lokšņu uznešanai uz parauga.

## LASER SCRIBING ON HOPG FOR GRAPHENE STAMP PRINTING ON SILICON WAFER

**J. Butikova, B. Polyakov, L. Dimitrochenko, E. Butanovs, I. Tale**  
*Institute of Solid State Physics, University of Latvia*

Highly oriented pyrolytic graphite (HOPG) was scribed by pulsed laser beam to produce square patterns. Patterning of HOPG surface facilitates the detachment of graphene layers during contact printing. Direct HOPG-to-substrate and glue-assisted stamp printing of a few-layers graphene was compared. Printed graphene sheets were visualized by optical and scanning electron microscopy. The number of graphene layers was measured by atomic force microscopy. Glue-assisted stamp printing allows printing relatively large graphene sheets ( $40 \times 40 \mu\text{m}$ ) onto a silicon wafer, which can be important for microelectronics fabrication. The presented method is easier to implement and is more flexible than the majority of existing ways of placing graphene sheets onto a substrate.

## **GRAFĒNA NANOLENŠU UN OGLEKĻA NANOCAU魯U NANOSENSORU SISTĒMU MODELĒŠANA**

**J.Šuņins<sup>1,2</sup>, J.Žukovskis<sup>1</sup>, V.Gopejenko<sup>2</sup>, T.Lobanova-Šunina<sup>2</sup>,  
N.Burlucka<sup>2</sup>, S.Bellucci<sup>3</sup>**

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

<sup>2</sup>*Informācijas Sistēmu Menedžmenta Augstskola, Rīga, Latvija*

<sup>3</sup>*INFN-Laboratori Nazionali di Frascati, Frascati, Itālija*

Daži svarīgie oglekļa nanocau魯u (ONC) un grafēna nanolenšu(GNL) interfeisi ar citiem materiāliem tiek pielietoti modernās nanoierīcēs. Fundamentālās elektronu ierīces ir lauka efekta tranzistori (LET), kuri ir ļoti jutīgi pret dažādas dabas ārējiem ietekmēm, piemēram, mehāniskām, ķīmiskām, bioloģiskām, elektriskām, magnētiskām uc. Uz ONCs un GNLs uzbūvētie nano-LETs demonstrē nanooglekļa komponenšu elektriskās īpašības izmaiņu saskaņā ar lokālo ārējo faktoru ietekmi. ONCs, GNLs un viņu dažādu starpsavienojumu unikālas fizikālās īpašības ļauj uzskatīt tos par sensoru nanomateriāliem, kuri piemēroti dažādu veidu sensoriem (spiediena, plūsmas, siltuma, gāzes, optiskie, masu, stāvokļa, mehāniskā sprieguma, ķīmiskie un bioloģiskie sensori).

Kubo-Grinvuda nosacījumu analīze attiecībā uz ONCs, un GNLs morfoloģiju tiek demonstrēta, ņemot vērā elektronu transporta pastāvīgas strāvas  $dc$  ( $\omega = 0$ ) un maiņstrāvas  $ac$  ( $\omega \neq 0$ ) režīmus un temperatūras faktoru. Vadītspējas parametriskās skaitliskās simulačijas tika paveiktas dažādām ONCs, un GNLs morfoloģijām. ONCs, un GNLs vadītspējas jutīgums uz lokālo elektronisko stāvokļu blīvumu lokālo piemaisījumu (N un B atomi)) gadījumos tika pierādīta. Šis jutīgums nozīmē ONCs, un GNLs nanoierīču potenciālo iespēju izmantot viņus kā nanosensoru sistēmas.

## **GNRs AND CNTs BASED NANOSENSOR SYSTEMS MODELLING**

**Yu.Shunin<sup>1,2</sup>, Yu.Zhukovskii<sup>1</sup>, V.Gopeyenko<sup>2</sup>, T.Lobanova-Shunina<sup>2</sup>,  
N.Burlutskaya<sup>2</sup>, S.Bellucci<sup>3</sup>**

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

<sup>2</sup>*Information Systems Management University, Riga, Latvia*

<sup>3</sup>*INFN-Laboratori Nazionali di Frascati, Via Enrico Fermi 40, Frascati, Italy*

There are important applications of CNTs and GNRs interfaces with other materials for novel nanosensor devices. The fundamental electron devices are FET type transistors which are very sensitive to various external influences of different nature such as mechanical, chemical, biological, electrical, magnetic etc. In CNTs and GNRs based nano-FETs the electrical properties of nanocarbon components change under the influence of local external factors. Unique physical properties of CNTs and GNRs and their various interconnects allow considering them as sensing nanomaterials in various kinds of sensors (pressure, flow, thermal, gas, optical, mass, position, stress, chemical, and biological sensors).

The analysis of Kubo-Greenwood's conditions in respect of CNT (GNR) morphology is presented taking into account  $dc$  ( $\omega = 0$ ),  $ac$  ( $\omega \neq 0$ ) regimes and the temperature factor of electron transport. Parametrical numerical simulations of conductivity have been carried out for various morphologies of CNTs and GNRs. The sensitivity of conductivity to the local electronic density of states in CNTs and GNRs with local impurities (N and B atoms) have been demonstrated. In particular, this sensitivity means that the potential possibility of CNT-based nanodevices is to be used as nanosensing systems.

## **INOVATĪVI VIEDIE POLIMĒRA/NANOGRAFĪTA KOMPOZĪTI**

**A.Linarts, G.Šakale, J.Zavickis, M.Knīte**

*Rīgas Tehniskās universitātes Tehniskās fiziķu institūts*

Iepriekšējos pētījumos ir pierādīts, ka poliizoprēna nanografitā kompozītu piezoresistīvā jutība pret ārēju mehānisku iedarbību ir atkarīga no oglekļa nanodaļiņu formas, izmēriem un kompozītu izgatavošanas apstākļiem. Šajā darbā mēs esam pētījuši termiski eksfoliēta grafitā sadalīšanu organiskā šķīdinātājā pie dažādām ultraskaņas homogenizātora jaudām un disperģēšanas laikiem. Iegūto nanografitu daļiņu izmēri noteikti izmantojot skanējošo elektronu mikroskopu, kā arī ir noteiktas nanografitu pulveru elektriskās pretestības atkarības no apkārtējās vides temperatūras. No iegūtajiem rezultātiem noteikti optimālie ultraskaņas homogenizēšanas parametri, kas tālāk tiks izmantoti poliizoprēna termiski eksfoliēta nanografitā kompozītu izgatavošanai ar mērķi tos pielietot ķīmiskās un mehāniskās iedarbības sensoros. Salīdzinātas tiek arī iepriekš iegūto poliizoprēna nanografitu kompozītu ķīmiskās un mehāniskās sensorīpašības, kuros kā pildvielas izmantoti grafitizēti īpaši elektrovadoši oglekļa kvēpi un daudzsieniņu oglekļa nanocaurulītes.

## **INNOVATIVE POLYMER/NANOGRAPHITE SMART COMPOSITES**

**A.Linarts, G.Šakale, J.Zavickis, M.Knīte**

*Institute of Technical Physics, Riga Technical University*

Previous studies of polymer nanographite composites shows, that piezoresistive sensitivity under external mechanical influence is strongly affected by carbon nanoparticle size, shape, and conditions of composite manufacture. In this work we studied ultrasonic milling of thermally exfoliated graphite in organic solvent using various power modes of ultrasonic homogenizer and sonification times. The particle sizes of achieved nanographites was determined using scanning electron microscope, as well as temperature dependence of electrical resistivity has been determined for each sample. Based on these results the optimal ultrasonification parameters has been determined, which hereafter will be used for fabrication of polyisoprene thermally exfoliated nanographite composites to use them as chemical and mechanical sensors. Also we compare the previous results of polyisoprene nanographite composite chemical and mechanical sensing properties, where as the fillers graphitized extra conductive carbon black and multi wall carbon nanotubes are used.

## A

Aleksejeva	14
Alksnis	60
Andžane	90, 101
Annus	99
Ansone	57
Anspoks	34, 85
Antonova	33, 83, 84
Antuzevičs	7
ASDEX	23
Augustovs	13
Avotiņa	56
Āzens	79

## B

Bajārs	30, 73, 74, 93
Balodis J.	76
Balodis M.	59
Begens	25
Belluči	103
Beļajevs	13
Bergmane	66
Bērziņa	11, 44
Bērziņš Dz.	12, 28
Bērziņš J.	24, 59, 60
Bikova	73, 93
Birks	33, 83
Bitenieks	92
Boatners	88
Bočarovs	34, 85
Bondarenko	59
Brauna	78
Brice	52
Bucenieks	21
Bulanovs	15
Bulindžs	8
Bundulis	87
Burlucka	103
Butanovs	102
Butikova	102

## C

Chang	55
Constantinescu	23

## D

Derums	60
Didrihsone	64
Dimanta	70
Dimitročenko	102
Dimza	84
Dirnēna	29
Doķe	10, 53
Dumbrājs	23
Dunce	33

## E

Ēcis	79
EFDA JET	56

Eglītis	55
Elsts	8, 52
Erts	90, 101

## F

Fedotovs	7, 12
Feldmann	54
Fomins	86
Fricsons	26

## G

Gabrusenoks	30, 74, 75, 76, 77
Garajevs	82
Gerbreders	15
Gerca	100
Gertners	18
Gopejenko A.	61
Gopejenko V.	103
Grabis	11, 64
Grants	37, 78
Grehovs	89
Grigorjeva J.	44
Grigorjeva L.	48, 49, 50
Grīnberga	26, 27, 68, 71, 72
Grjaznovs	35
Grūbe	10, 52, 53
Gruduls	29, 70
Gruenhagen Romanelli	56
Gržibovskis	42
Gudakovska	65
Gvardina	80, 98

## H

Hodakovska	63
Holmes	90
Hosono	6

## I

Ignatāns	83
Igochine	23
Ivanov	58
Ivanova	92

## J

Janeliukštis	31
Jankoviča	49, 50, 72
Jansons Jānis	88
Jansons Juris	58
Jia	55
Jirgensons	46

## K

Kajihara	6
Kalendarevs	79, 81
Kālis	65
Kalkis	92
Kalnačs	56, 89
Kalniņa	38
Kaļinko	79, 81, 97

Kampars .....	91
Kazerovskis .....	36
Kinerte .....	58
Kiršteins .....	11
Kiseļova .....	8
Kiseļovs .....	45
Kleperis .....	26, 27, 28, 29, 63, 65, 66, 67, 68, 69, 70, 73, 93
Klismeta .....	17
Kļukins .....	22, 62
Knite .....	104
Knitter .....	57
Knoks .....	28, 69
Kodols .....	64
Kokars .....	38, 41
Korsaks .....	11, 44
Kosmača .....	90, 101
Kotlov .....	54
Kotomins .....	35, 61
Kozlovs .....	79
Krasta .....	59
Kristiņš .....	80, 98, 99
Kučinskis .....	73, 93
Kunakova .....	101
Kundziņa .....	84
Kundziņš K. ....	100
Kundziņš M. ....	84
Kuusik .....	99
Kuzmanoski .....	54
Kizāne .....	56, 57, 58

## L

Lackner .....	23
Laizāne .....	40
Lazdoviča .....	91
Lesničenoks .....	27
Li-Chyong Chen .....	44
Lielausis .....	22
Liepiņa I. ....	30
Liepiņa V. ....	49
Linarts .....	104
Līviņš .....	84
Lobanova-Šunina .....	103
Lūsis .....	30, 31, 74, 75, 76

## M

Mačevskis .....	79
Magielsen .....	58
Mastrikovs .....	61
Matīss .....	58
Medvids .....	12
Melderis .....	80, 98
Merijs Meri .....	82, 92
Mežiels .....	13
Mežinskis .....	28, 75, 76
Millers .....	48, 49, 50, 51
Mironova -Ulmane .....	9
Mišņovs .....	33
Möslang .....	61
Muižnieks .....	70
Muktepāvela .....	62
Murašovs .....	89

## N

Narels .....	40
Nitišs .....	87

## O

Onufrijevs .....	12
Ozoliņš .....	86
Ozols .....	13

## P

Pankratov .....	54
Pavloviča .....	82
Pēde .....	60
Peinbergs .....	22
Pentjušs .....	30, 31, 74
Piskunovs .....	25, 36
Platacis .....	21, 22, 62
Plaude .....	83
Poļakovs .....	102
Popelis .....	60
Popova .....	41
Potaņina .....	16
Pudžs .....	39, 42
Puķina .....	50
Purāns .....	34, 35, 79, 81, 85, 96, 97

## R

Reilent .....	99
Reinholds .....	92
Riekstiņa .....	24, 60
Rocca .....	34, 85
Rogulis .....	7, 8, 12, 52
Romanova .....	67
Romanovskis .....	91
Rudzītis .....	60
Rundāne .....	47
Rutkis .....	38, 42, 87, 100

## S

Saharovs .....	13
Shi .....	55
Sidoroviča .....	31
Siliņš .....	6
Simonova .....	59
Skārda .....	81
Skrypnik .....	60
Skuja .....	6, 95
Skvorcova .....	9
Soboļevs .....	62
Sorokins .....	35
Springis .....	10, 53
Starikovs .....	26
Straumēns .....	98
Supe .....	57
Šakale .....	104
Šarakovskis .....	10, 53, 85
Sirmane .....	54
Šiško .....	62
Šivars .....	68
Šmits .....	12, 48, 49, 50, 51, 88
Sternbergs .....	20, 33, 71

<b>Šuļžanoka</b> .....	29
<b>Šuņins</b> .....	103
<b>Šutka</b> .....	28

## T

<b>Tāle</b> .....	102
<b>Tammet</b> .....	99
<b>Teteris</b> .....	14, 15, 16, 17, 18, 45, 46, 47
<b>Tokmakovs</b> .....	38
<b>Traskovskis</b> .....	38
<b>Trepakov</b> .....	34, 85
<b>Trinklere</b> .....	8, 11, 44
<b>Truhins</b> .....	88
<b>Trukša</b> .....	86
<b>Turovska</b> .....	42

## V

<b>Vaivars</b> .....	82
<b>Vanks</b> .....	48

<b>Vembris</b> .....	39, 40, 41, 42
<b>Vēveris</b> .....	24
<b>Vilnis</b> .....	79
<b>Vilķens</b> .....	89
<b>Vitiņš</b> .....	58
<b>Vladimirov</b> .....	61

## Z

<b>Zabels</b> .....	37
<b>Zandersons</b> .....	31
<b>Zariņš</b> .....	38, 41, 56, 57
<b>Zavickis</b> .....	104
<b>Zicāns</b> .....	82, 92
<b>Ziks</b> .....	21
<b>Zmitko</b> .....	58
<b>Zohm</b> .....	23
<b>Zolotarjovs</b> .....	8, 51
<b>Zubkins</b> .....	79, 97
<b>Žukovskis</b> .....	25, 35, 36, 61, 103