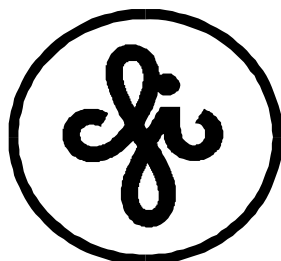


**Institute of Solid State Physics  
University of Latvia**



***ABSTRACTS***  
***Of the 28th Scientific  
Conference***

**February 8 – 10, 2012  
Riga**

LU Cietvielu fizikas institūta 28.zinātniskās konferences 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 piecās sekcijās to nolasīšanas secībā.

# **KODOLU TERMISKĀ SINTĒZE UN ŪDENRAŽA ENERĢĒTIKA**

## TERMISKĀS KODOLSINTĒZES PROJEKTA ITER ATTĪSTĪBAS CEĻŠ: EURATOM, F4E, PLAŠĀKĀ PIEEJA

**A.Šternbergs**

*Latvijas Universitātes Cietvielu fizikas institūts*

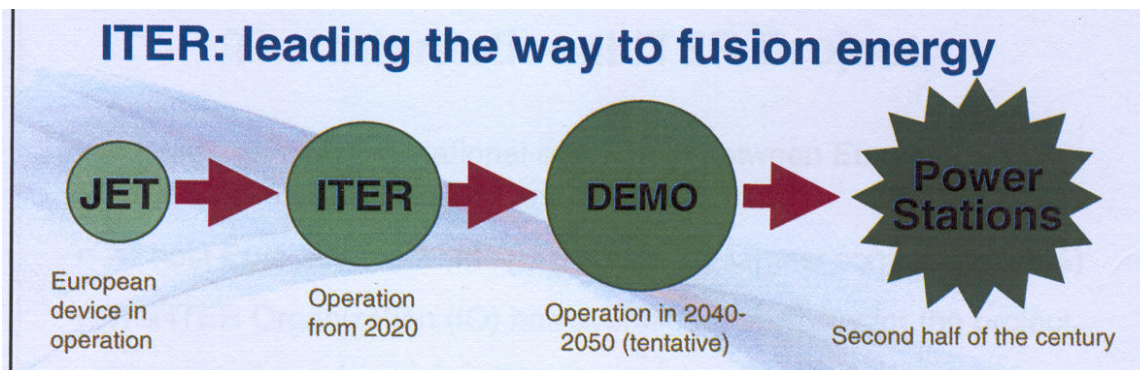
ITER (*International Thermonuclear Experimental Reactor*) projekta galvenais mērķis ir uzcelt un iedarbināt eksperimentālu kodolsintēzes reaktoru, kas būs galvenais solis virzienā uz kodolsintēzes uzmantošanu par ilgtspējīgu enerģijas avotu, piedāvājot iespēju iegūt neierobežotu, drošu un tīru enerģiju bez CO<sub>2</sub> emisijām. ITER ir daļa no Stratēģiskā Enerģijas Tehnoloģiju (SET) plāna, ar būtisku ieguldījumu Eiropa 2020 stratēģijā, globālas konkurences apstākļos aktīvi iesaistot Eiropas zinātni un augsto tehnoloģiju uzņēmumus šī izaicinājuma projekta izpildē. ITER projekts tiek pārvaldīts saskaņā ar starptautisku vienošanos par ITER Starptautiskās Kodolsintēzes Enerģijas organizācijas (IO) apvienotā ITER projekta īstenošanai izveidošanu starp Eiropas Kodolenerģijas Komiteju (EURATOM) un 6 citām Pusēm: Ķīnu, Japānu, Indiju, Koreju, Krieviju un ASV.

## DEVELOPMENT OF THERMONUCLEAR REACTOR ITER: EURATOM, F4E, BROADER APPROACH

**A.Sternberg**

*Institute of Solid State Physics, University of Latvia*

The main purpose of the ITER (*International Thermonuclear Experimental Reactor*) project is to build and operate an experimental fusion reactor. ITER is a major step towards the demonstration of fusion as a sustainable energy source. Due to its important advantages, such as the availability of large fuel reserves, lack of CO<sub>2</sub> emissions, inherent safety features that set it apart from traditional nuclear power, fusion could greatly contribute to the long-term EU energy strategy. ITER is part of the Strategic Energy Technology (SET) Plan and will contribute to the Europe 2020 strategy, as the involvement of European science and high tech industry should provide the EU with a global competitive advantage in this promising sector. The ITER project is conducted under the terms of the international Agreement between the European Atomic Energy Community (EURATOM) and 6 other Parties: China, India, Japan, Korea, Russia and the USA on the Establishment of the ITER International Fusion Energy Organization (IO) for the Joint Implementation of the ITER Project.



## KVAZIPERIODISKU PLAZMAS PERTURBĀCIJU ZEMU DIMENSIJU MODELIS

**D. Constantinescu<sup>1</sup>, O. Dumbrăjs<sup>2</sup>, V. Igochine<sup>3</sup>, K. Lackner<sup>3</sup>, R. Meyer-Spasche<sup>3</sup>,  
H. Zohm<sup>3</sup>, 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*

Plazmas nestabilitātes, kas nepārtrauc izlādi, bieži izsauc plazmas periodiskas nelineāras perturbācijas. Šo parādību var modelēt ar diviem vienādojumiem, pirmais apraksta sistēmas relaksācijas dinamiku, otrs sistēmas piedziņu:

$$\begin{cases} \frac{d^2}{dt_n^2} \xi_n = (p_n' - 1) \cdot \xi_n - \delta \cdot \frac{d}{dt_n} \xi_n \\ \frac{d}{dt_n} p_n' = \eta \cdot (h - p_n' - \alpha \cdot \xi_n^2 \cdot p_n') \end{cases}$$

kur  $\xi$  ir magnētiskā lauka nobīde,  $p'$  ir spiediena gradients,  $\delta$  ir disipācija,  $\eta$  ir attiecība starp normālo siltuma difūziju un perturbāciju rezultātā radušos siltuma difūziju,  $h$  ir sistēmā ievadītā jauda,  $\alpha$  ir attiecība starp anomālo un normālo siltuma difūziju, indekss  $n$  norāda, ka visi lielumi ir normēti (bez dimensijām). Modeļi var vispārināt tā, ka ar to var aprakstīt kodoldegvielas inžekciju plazmā.

## A LOW-DIMENSIONAL MODEL SYSTEM FOR QUASI-PERIODIC PLASMA PERTURBATIONS

**D. Constantinescu<sup>1</sup>, O. Dumbrăjs<sup>2</sup>, V. Igochine<sup>3</sup>, K. Lackner<sup>3</sup>, R. Meyer-Spasche<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*

Larger scale plasma instabilities not leading to an immediate termination of a discharge often result in periodic nonlinear perturbations of the plasma. A minimal possible model is formulated for description of the system with drive and relaxation processes which have different time scales. The model is based on two equations: the first being responsible for the relaxation dynamics and the second for the drive:

$$\begin{cases} \frac{d^2}{dt_n^2} \xi_n = (p_n' - 1) \cdot \xi_n - \delta \cdot \frac{d}{dt_n} \xi_n \\ \frac{d}{dt_n} p_n' = \eta \cdot (h - p_n' - \alpha \cdot \xi_n^2 \cdot p_n') \end{cases}$$

Here  $\xi$  is the displacement of the magnetic field,  $p'$  is the pressure gradient,  $\delta$  is dissipation,  $\eta$  is the ratio between the normal heat diffusion and heat diffusion due to perturbations,  $h$  is the power input into the system,  $\alpha$  is the ratio between the anomalous heat diffusion and the normal heat diffusion, and the index  $n$  means that quantities are normalized. The model can be generalized to describe the pellet injection.

## NEITRONOS STAROTU BERILIJA LODIŠU STRUKTŪRAS IZMAIŅAS TRITIJA TERMISKĀS DESORBCIJAS LAIKĀ

**E. Pajuste, G. Ķizāne, A. Vītiņš, V. Zubkovs**  
*Latvijas Universitātes Ķīmiskās fizikas institūts*

Eiropas Savienības tritiju atražojošā blanketā HCPB (*Helium Cooled Pebble Bed* – Ar Hēliju Dzesēts Lodīšu Kārtojums) berilija lodītes paredzēts izmantot kā neitronu pavairotājus. Neitronu starojuma ietekmē berilija īpašības mainās - tas kļūst trauslāks, kā arī uzbrīst kodolreakcijās radušos gāzu uzkrāšanās rezultātā (hēlijs un tritījs). Tritīja uzkrāšanās berilijā nav vēlama gan no ekonomisku, gan drošības jautājumu perspektīvas. Pētījumi par tritīja izdalīšanos dažādās temperatūrās un tās laikā notiekošajām berilija struktūras izmaiņām sniegtu labāku izpratni par tritīja izdalīšanos, kā arī tā uzkrāšanās novēršanas iespējām.

Darbā analizētas lodītes, kas starotas neitronos eksperimentā *Pebble Bed Assembly* (HFR, Nīderlande). Novērtēta saistība starp tritīja termiskās desorbcijas procesu un berilija mikrostruktūras izmaiņām. Darbā izmatotas temperatūras programmētās desorbcijas metode (TPD) un skenējošo elektronu mikroskopija (SEM). Lodīšu struktūra un tritīja izdalīšanās pētīta temperatūras diapazonā no 550°C līdz 1250°C.

Paaugstinātās temperatūrās konstatēta vērā ņemama korelācija starp tritīja uzvedību un berilija struktūras izmaiņām. Tritīja izdalīšanās sākums ~650°C temperatūrā sakrīt arī ar struktūras izmaiņu parādīšanos. Augstākās temperatūrās (850°C-950°C) sākas ievērojami straujāka tritīja izdalīšanās, kas saistās ar poru kanālu un plaisu veidošanos, kas atvieglo gāzu izkļūšanu no lielākajām porām un tehnoloģiskā dobuma, savukārt virs 1250°C berilija struktūra ir praktiski sabrukusi un to tilpumā tritījs vairs nav atrodams.

## STRUCTURAL CHANGES OF THE NEUTRON IRRADIATED BERYLLIUM PEBBLES DURING TRITIUM THERMODESORPTION

**E. Pajuste, G. Ķizāne, A. Vītiņš, V. Zubkovs**  
*University of Latvia Institute of Chemical Physics*

In the EU HCPB (Helium Cooled Pebble Bed) breeder blanket concept beryllium pebbles have been chosen as a reference material for a neutron multiplier. Tritium production as a result of neutron transmutations of beryllium and its retention in a bulk of pebbles is a significant safety issue. Studies on tritium desorption process and its relation to microstructural evolution of beryllium pebbles at a different temperatures could give a better understanding of issues related to tritium inventory in beryllium and possibilities to prevent it.

In this study, beryllium pebbles irradiated with neutrons in the experiment Pebble Bed Assembly (HFR, The Netherlands) has been investigated. Relations between tritium thermo desorption process and microstructural evolution of the pebbles has been assessed. Methods of temperature programmed desorption (TPD) and scanning electron microscopy (SEM) have been used. Microstructure of pebbles and tritium release has been studied in a temperature range from 500°C up to 1250°C

It was found that there is a strong correlation between tritium behaviour and beryllium structure evolution at the elevated temperature. At the temperature of 650°C tritium release starts and also the structure changes can be observed. At the temperature that corresponds to the tritium burst release (850°C -950°C) structure has changed considerably – there are large cracks connecting the technical void with a surface and also the connected pore system has been formed. At the temperatures above 1250°C the structure of beryllium is practically destroyed and no tritium can be found in the bulk of the pebble.

# TITĀNA DIOKSĪDA NANOCAURUĻU KVANTU ĶĪMIJAS MODELĒŠANA FOTOKATALĪTISKAJAI ŪDENRAŽA IEGUVEI

O. Lisovskis<sup>1</sup>, S. Piskunovs<sup>2,3,4</sup>, J. Žukovskis<sup>4</sup>, J. Ozoliņš<sup>1</sup>

<sup>1</sup>*Rīgas Tehniskā universitāte, Materiālzinātnes un lietišķās ķīmijas fakultāte*

<sup>2</sup>*Latvijas Universitāte, Datorikas fakultāte*

<sup>3</sup>*Latvijas Universitāte, Fizikas un matemātikas fakultāte*

<sup>4</sup>*Latvijas Universitāte, Cietvielu fizikas institūts*

TiO<sub>2</sub> ir viens no perspektīvākajiem fotokatalizatoriem ūdens šķelšanas nolūkiem. Lai disociētu ūdens molekulas līdz H atomu rašanās caur redzamas gaismas ietekmi, katalizatora aizliegtajai zonai ( $\Delta\varepsilon_g$ ) ir jāatrodas intervālā  $1.23 < \Delta\varepsilon_g < 2.5$  eV. Salīdzinot ar tilpuma fāzes katalizatoriem, TiO<sub>2</sub> nanocaurulēm piemīt lielāks virsmas laukums un, secīgi, labāka absorbcijas kapacitāte un augstāka fotokatalītiskā aktivitāte. Kaut gan nanocaurulēm ir raksturīga lielāka  $\Delta\varepsilon_g$  vērtība, salīdzinot ar TiO<sub>2</sub> tilpumā fāzē, nesenie eksperimentālie pētījumi apgalvo, ka zemdimentionālas TiO<sub>2</sub> struktūras ar  $\Delta\varepsilon_g > 3.0$  eV būtu labāk piemērotas piemaisījumu pievienošanai. Piemaisījumi veido inducētos līmeņus un līdz ar to aizliegto zonu platums ir mazāks nekā sliekšnis, kas ir jāpārvar, lai sadalītu ūdens molekulu.

Mēs piedāvājam relatīvi vienkāršus, bet efektīvus liela mēroga elektronu struktūras aprēķinus no pirmajiem principiem. Izmantojot hibrīdo apmaiņas-korelācijas funkcionālu elektronu blīvuma funkcionāla teorijas ietvaros (DFT), mēs paredzam enerģētiski stabilas TiO<sub>2</sub> nanocauruļes morfoloģiju. Šai nanocaurulei piemīt negatīva salocīšanas enerģija, kas padara to perspektīvu dopēšanai. Pašlaik mēs veicam aizliegto zonu aprēķinus nanocaurulēm, kas ir dopētas (un ko-dopētas) ar viegliem elementiem (C, N), sārnu metāla joniem (Cs<sup>+</sup>), pāreju metāla joniem (Ru<sup>3+</sup>), kā arī ar lantanīda joniem (Gd<sup>3+</sup>).

## QUANTUM CHEMICAL SIMULATIONS OF TiO<sub>2</sub> NANOTUBES FOR PHOTOCATALYTIC HYDROGEN GENERATION

O. Lisovski<sup>1</sup>, S. Piskunov<sup>2,3,4</sup>, Yu. Zhukovskii<sup>4</sup>, J. Ozolins<sup>1</sup>

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

<sup>2</sup>*Faculty of Computing, University of Latvia*

<sup>3</sup>*Faculty of Physics and Mathematics, University of Latvia*

<sup>4</sup>*Institute of Solid State Physics, University of Latvia*

TiO<sub>2</sub> samples (band gap  $\sim 3$  eV) are one of the most attractive photocatalysts proposed for water-splitting applications. To dissociate water molecules and to obtain hydrogen atoms under influence of visible light, the band gap ( $\Delta\varepsilon_g$ ) of catalysts must be adjusted into the range of  $1.23 < \Delta\varepsilon_g < 2.5$  eV. When comparing with conventional catalysts, titania nanotubes (NTs) possess larger surface area and, thus, have better adsorption capacity and higher photocatalytic activity. Although pristine NTs tend to have larger  $\Delta\varepsilon_g$  with respect to the bulk, recent experimental studies suggest that low-dimensional structures of TiO<sub>2</sub> with  $\Delta\varepsilon_g > 3.0$  eV are better starting point for doping which leads to the formation of the induced mid-gap states and, thus, the band gaps have smaller width than the threshold for water splitting.

We propose relatively cheap, but efficient large-scale *ab initio* calculations on the electronic structure. Using hybrid exchange-correlation functional within the density functional theory (DFT) we suggest the morphology of the energetically stable TiO<sub>2</sub> tubular structure. This nanotube possesses negative strain energy being attractive for doping. Calculations on real band structures for titania nanotubes doped (and co-doped) by: light elements (C, N), alkali metals ion (Cs<sup>+</sup>), transition metals ion (Ru<sup>3+</sup>), as well as lanthanide ions (Gd<sup>3+</sup>) are currently in progress.

# TERMOGRAVIMETRISKI ŪDEŅRAŽA ADSORBCIJAS PĒTĪJUMI DABISKA CEOLĪTA (KLINOPTILOLĪTS) MATERIĀLĀ PIRMS UN PĒC AKTIVĒŠANAS

**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*

Par ceolītu izmantošanu ūdeņraža uzglabāšanai ir daudz pretrunīgu ziņojumu, bet par vienu secinājumu pētnieki nestrīdas – proti, ka ceolītos kaut cik ievērojamu ūdeņraža daudzumu izdodas saistīt pie zemām temperatūrām (77 K, piemēram). Mēs esam novērojuši, ka arī pie istabas temperatūras ceolītā var saistīt ūdeņradi pat līdz 4 % no ceolīta svara. Ūdeņraža adsorbcijas mērījumiem adaptēta termogravimetrijas iekārta SHIMATZU DTG – 60/60H, gāzu caurplūdes sistēmai pievienojot divu gāzu – argons un ūdeņradis – balonus. Analizējamie paraugi tika mērīti sekojošā veidā: 1) izkarsēšana ar ātrumu 10 deg/min līdz 200 (300) °C argona atmosfērā; 2) dzesēšana automātiskā režīmā ūdeņraža atmosfērā līdz istabas temperatūrai. Dažos eksperimentos paraugu, neizņemot no iekārtas, vēlreiz izkarsēja argona un dzesēja ūdeņraža atmosfērā. Par izvēlētās metodes pielietojamību pārliecinājāmies, kā atskaites paraugu izmantojot palādija pulveri, jo tam dziestot ūdeņraža atmosfērā, ūdeņradis absorbējas eksotermiskā procesā, veidojot metālhidrīdu PdH<sub>x</sub> ar 0,7-0,8 svara procentiem ūdeņraža pie noteiktas temperatūras. Mērāmie paraugi tika sagatavoti no dabiskā klinoptilolīta (Ukraina), ko piegādātājs piedāvāja rupja, vidēji smalka un smalka pulvera veidā. Paraugu aktivēšana tika veikta gan jonu apmaiņas ceļā, izmērcējot ceolītu attiecīgā šķīdumā, gan pirolītiski, uznesot palādiju uz ceolīta daļiņām.

## THE THERMOGRAVIMETRIC HYDROGEN ADSORPTION STUDIES OF NATURAL ZEOLITE (CLINOPTILOLITE) MATERIAL BEFORE AND AFTER ACTIVATION

**P. Lesnicenoks<sup>1</sup>, L. Grinberga<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*

There is a lot of controversial reports about applicability of zeolite as appropriate material for hydrogen storage. On the one conclusion researchers shares - namely, that the zeolite adsorbs significant quantities of hydrogen at low temperatures (77 K, for example). We have shown that the zeolite can adsorb hydrogen up to 4 % by weight of zeolite at room temperature. For hydrogen adsorption measurements the thermogravimetric equipment SHIMATZU DTG - 60/60H was adapted, by adding two gases - argon and hydrogen – to gas flow system. Samples were analyzed in the following way: 1) heating to 200 (300) ° C in an argon atmosphere at the speed 10 deg/min, 2) cooling down in automatic mode to room temperature in the hydrogen atmosphere. In some experiments secondary heating in argon atmosphere and cooling down in hydrogen atmosphere were done without removing the sample from apparatus. The applicability of the method was tested using palladium powder as reference sample. It is known that palladium metal absorbs hydrogen at given temperature in exothermic reaction and palladium hydride PH<sub>0.7-0.8</sub> forms. Zeolite samples were prepared from natural clinoptilolite (Ukraine), supplied as a coarse, medium and fine powder material. Activation of the samples was carried out in ion-exchange process soaking zeolite powder in the solution, and in pyrolysis process, coating palladium nanoparticles on zeolite powder particles.



## KONCEPCIJA ŪDEŅRAŽA TEHNOLOĢIJU IZMANTOŠANAI LATVIJAS UNIVERSITĀTES AKADĒMISKĀ CENTRA ĒKU KOMPLEKSA ELEKTRĪBAS UN SILTUMA NODROŠINĀŠANAI

**J. Dimants<sup>1</sup>, I. Dimanta<sup>2</sup>, B. Sloka<sup>1</sup>, J. Kleperis<sup>3</sup>**

<sup>1</sup>Latvijas Universitātes Ekonomikas un vadības fakultāte

<sup>2</sup>Latvijas Universitātes Bioloģijas fakultāte

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

Latvijas Universitāte LU plāno līdz 2023. gadam Rīgas Torņakalnā uzbūvēt modernu mācību un administratīvo centru ar pieciem mācību ēku korpusiem un visu nepieciešamo studentu izmitināšanai un aktīvai dzīvei. Dabaszinātņu centra ēkā plānots realizēt iniovatīvas un modernas būvniecības tehnoloģijas, kā, piemēram, zaļo augu fasādes diennakts temperatūras svārstību ierobežošanai, vertikālās ass vēja ģeneratorus utt. Mūsu ierosinājums ir papildināt to ar Saules termokolektoriem un baterijām, kā arī ar vietējo bioloģisko atkritumu novietni un notekūdeņu attīrīšanas baseinus. Pats galvenais mūsu priekšlikumā ir LU centrā Torņakalnā izvietot Degvielas šūnu elektrostaciju (DŠE) siltuma un elektrības ražošanai. Par ūdeņraža resursu projekta pirmajā stadijā kalpos dabas gāze, bet tālākā nākotnē ūdeņraža iegūšanai plānots izveidot biogāzes savākšanu no notekūdeņu attīrīšanas baseiniem un atkritumu novietnes, kā arī jaudīgas ūdens elektrolīzes stacijas, kurai elektrību dotu tikai vietējie vēja ģeneratori un Saules baterijas. Tā ka atbilstošās jaudas DŠE (3 MW un vairāk) jāstrādā nepārtraukti, ūdeņradis netiek izmantots pilnībā un pārpalikumu plānots uzkrāt elektriskajam ūdeņraža transportam, lai pārvietotos pa LU mācību un administratīvo centru.

*Pateicība: Autori pateicas Valsts Pētījumu Programmai Enerģētikā par atbalstu.*

## CONCEPT OF IMPLEMENTATION THE HYDROGEN TECHNOLOGIES IN ACADEMIC CENTER COMPLEX OF UNIVERSITY OF LATVIA

**J. Dimants<sup>1</sup>, I. Dimanta<sup>2</sup>, B. Sloka<sup>1</sup>, J. Kleperis<sup>3</sup>**

<sup>1</sup>Faculty of Economics and Management, University of Latvia

<sup>2</sup>Faculty of Biology, University of Latvia

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

By 2023, the University of Latvia (UL) is going to create a modern learning infrastructure in Tornakalns, with five study blocks and all the necessary facilities for active student life. The faculties of natural sciences imply implementing innovative building technologies, such as a double facade made of green plants reducing temperature fluctuations in direct sunlight, as well as wind generators of vertical flow on the roof. From renewables the Sun, Wind and water will be available and suggestions will be elaborated to organize in the Campus local collection of wastewaters as well as biological wastes. The Fuel Cell Power Plant (FCPP) will be used for the power and heat generation (hydrogen resource in the first phase - natural gas, in the second phase - from the local biogas likewise). The fuel conversion system will be used to convert the locally available feedstock to a usable biogas. Anaerobic digestion system will be used to convert the organic feedstock and wastewater that University of Latvia campus will produce to biogas. Energy end-uses and their distribution (electricity, hydrogen and heat) on Campus from FCPP system will be examined in work. To make our design environmental friendly and also feasible, analysis will be performed and evaluated, as well as marketing and public education plan will be developed.

*Acknowledgement: Authors acknowledge National Research Program in Energy for support.*

# MODIFICĒTU POLI(ĒTERĒTERKETONA) POLIMĒRA MEMBRĀNU IZGATAVOŠANA, ĪPAŠĪBAS UN IZMANTOŠANA DEĢŠŪNĀS

**K. Jurgelis<sup>1</sup>, G. Vaivars<sup>1,2</sup>**

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

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

Šobrīd pasaulē tiek meklēti un attīstīti iespējamie alternatīvie risinājumi uz fosilo kurināmo bāzes balstītajai enerģētikas nozarei, kas darbotos efektīvi, izmantotu atjaunojamus dabas resursus un funkcionētu videi draudzīgā veidā. Viens no iespējamajiem risinājumiem ir degšūnas. Šobrīd ir izstrādāti un tiek attīstīti dažādi degšūnu tipi, no kuriem par vienu no perspektīvākajām to izmantošanai stacionārās spēkstacijās, zemas emisijas transporta līdzekļos un portatīvās elektroierīcēs tiek uzskatītas protonu apmaiņas membrānas degšūnas (PEMFC). Būtiskākais komponents PEMFC ir protonu apmaiņas membrāna, kurai degšūnā ir divas nozīmīgas funkcijas. Pirmkārt, tā darbojas kā barjera starp anoda un katoda telpu, atdalot degvielu no oksidējošā reaģenta un novēršot elektronu vadāmību. Otrkārt, membrāna nodrošina selektīvu protonu vadāmību. Pašlaik PEMFC kā protonu apmaiņas membrānas materiāls visbiežāk tiek izmantots poliperfluorsulfonskābes jonomērs Nafions<sup>®</sup> (*DuPont*), tomēr tā lietošana komerciālos nolūkos ir ievērojami ierobežota polimēra relatīvi augstās cenas dēļ. Pēdējā desmitgadē kā piemērotas membrānas to izmantošanai PEMFC tiek uzskatītas uz poli(ēterēterketona) (PEEK) polimēra bāzes izgatavotās polimēra membrānas.

Šajā darbā tika veikta modificēta poli(ēterēterketona) polimēra pagatavošana atbilstoši vēl izstrādes stadijā esošai sintēzei. Iegūtie polimēri tika analizēti ar infrasarkanās spektroskopijas un termogravimetriskās analīzes metodi.

*Pateicība: Autori pateicas Valsts Pētījumu Programmai Enerģētikā par atbalstu.*

## PREPARATION, PROPERTIES AND USE IN FUEL CELL OF MODIFIED POLY(ETHERETHERKETONE) POLYMER MEMBRANES

**K. Jurgelis<sup>1</sup>, G. Vaivars<sup>1,2</sup>**

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

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

Nowadays potential alternative solutions on the fossil fuel based energy industry are investigated and developed, which would work effectively, use renewable natural resources and function in nature friendly way. One of the potential solutions are fuel cells. Currently there have been developed different types of fuel cells, however proton exchange membrane fuel cells (PEMFC) have been considered for one of the most perspective in use in stationary power stations, low emission transport vehicles and portable electrical devices. The most important component in PEMFC is proton exchange membrane, which has two main functions. Firstly, it works as a barrier between anode and cathode room separating fuel from oxidizing agent and eliminating conductivity of electrons. Secondly, membrane provides selective conductivity of protons. Currently a polyperfluorosulfonic acid ionomer Nafions<sup>®</sup> (*DuPont*) is the mostly used proton exchange membrane in PEMFCs, however high cost of polymer limits the large-scale commercialization. Over the last decade, the proton exchange membranes based on polyetheretherketone (PEEK) have shown the considerable promises for PEMFC applications.

In this work modified poly(etheretherketone) polymers were prepared according to synthesis yet in development stage. Acquired polymers were analysed by using Infrared spectroscopy method and thermogravimetric analysis.

*Acknowledgment: The authors thank the National Research Program in Energy for support.*

## AR SĒRU LEGĒTA TiO<sub>2</sub> NANOCAURULĪŠU FOTOKATALIZATORA SINTĒZE UN FOTOKATALĪTISKĀS ĪPAŠĪBAS

**R. Drunka, J. Grabis, A. Patmalnieks**

*Latvijas Universitātes Cietvielu fizikas institūts, Rīgas Tehniskās Universitātes  
Neorganiskās ķīmijas institūts*

Titāna dioksīds ir ļoti perspektīvs materiāls, ko lieto kā fotokatalizatoru, lai noārdītu videi kaitīgus organiskos savienojumus un sadalītu ūdeni. No tā izgatavo pašattīrošos materiālus un solārās degvielas šūnas. Ir pierādīts, ka TiO<sub>2</sub> nanocaurulīšu fotokatalītiskā aktivitāte ir atkarīga no to virsmas laukuma, fāzu sastāva un modifikatoru klātbūtnes, kuri ļauj absorbēt tām arī redzamās gaismas starojumu.

Ar sēru modificētu TiO<sub>2</sub> nanocaurulīšu un nanoporu iegūšanai, tās karsētas 380°C H<sub>2</sub>S gāzes plūsmā vai izmantota mikroplazmas oksidēšanas metode sēru saturošos elektrolītos. Fotokatalītiskās īpašības pārbaudītas, sadalot metilēnzilā ūdens šķīdumu UV un redzamās gaismas starojumu ietekmē. Iegūtie fotokatalizatori ir ar augstāku aktivitāti salīdzinājumā ar nemodificētām TiO<sub>2</sub> nanocaurulītēm.

*Pateicība: Autori pateicas Valsts Pētījumu Programmai Enerģētikā par atbalstu.*

## SYNTHESIS AND PHOTOCATALYTIC PROPERTIES OF SULFUR DOPED TiO<sub>2</sub> NANOTUBES

**R. Drunka, J. Grabis, A. Patmalnieks**

*Institute of Solid State Physics, University of Latvia, Institute of Inorganic Chemistry,  
Riga Technical University*

Titanium dioxide is very promising material for photocatalysts, decomposition of organic compounds, splitting of water, for manufacturing self-cleaning materials and dye-sensitized solar cells. It is generally concluded that the photocatalytic activity depends on the specific surface area, phase composition and presence of dopants, which promotes absorption of visible light.

Doped with sulfur nanotubes and nanopores were prepared by their treatment at 380°C in H<sub>2</sub>S flow or by using method of micro arc oxidation in sulfur containing electrolyte. The catalytic activity was determined by degradation of MB solution under UV and visible light illumination. The prepared photocatalysts have higher activity with respect to pure TiO<sub>2</sub> nanotubes.

*Acknowledgement: Authors acknowledge National Research Program in Energy for support.*

## GLICERĪNA KĀ ŪDEŅRAŽA PRODUCENTU SUBSTRĀTA KONVERTĀCIJAS DINAMIKAS IZPĒTE UN BLAKUSPRODUKTU IDENTIFICĒŠANA

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

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

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

Ūdeņraža gāzi var iegūt fermentācijas procesā, baktērijām sadalot organiskas vielas anaerobos apstākļos. Lai izveidotu izmaksu efektīvu bio-ūdeņraža iegūvi, nepieciešams pilnveidot jau eksperimentāli izmēģinātās ūdeņraža iegūšanas un savākšanas metodes. Tāpat arī nepieciešams atrast iespējas konvertēt bio-ūdeņradī optimālus substrātus, kas ir plaši pieejami Latvijā kā rūpniecības atkritumi un optimizēt baktēriju augšanas apstākļus uz šiem substrātiem, ar mērķi nodrošināt efektīvu ūdeņraža iegūvi. Tika pārbaudītas mikroorganismu kultūras, kuras spēj efektīvi izmantot tehnisko glicerīnu ūdeņraža iegūšanai. Pārbaudīta dažu baktēriju tīrkultūru ūdeņraža veidošanās produktivitāte, izmantojot laboratorijā pašu konstruētas testsistēmas un komerciālos gāzu sensorus, kuras pilnveidotas, lai mērītu ūdeņraža koncentrāciju gan šķidrā, gan gāzes fāzē. Izmantotās metodes un izveidotās testsistēmas ļauj salīdzinoši novērtēt substrātu un producentu produktivitāti. Nozīmīgs faktors ūdeņraža veidošanā ir izmantojamā substrāta konvertācija un tās dinamika. Substrātu konvertācijas dinamikas izpētei un metabolisma blakusproduktu identificēšanai izmantotas pieejamās testsistēmas un izstrādātā metodika.

## INVESTIGATION OF GLYCEROL AS SUBSTRATE FOR HYDROGEN PRODUCERS CONVERTATION DYNAMICS AND BY-PRODUCTS IDENTIFICATION

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

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

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

Biological production of hydrogen by bacterial anaerobic fermentation of widely available renewable resources is a promising and advantageous area. Industrial waste products such as crude glycerol are perspective for usage in feedstock for hydrogen producing bacteria and it noticeably decreases the raw material cost. The process of biodiesel production results in crude glycerol as one of the by-products. Different bacterial isolates were tested for hydrogen gas production rates from glycerol substrate with test-systems constructed in our laboratory. Test-systems were optimised to allow adequate substrate and bacterial strain hydrogen productivity estimation in liquid and gaseous phase. It was concluded that several of the isolated bacterial strains are suitable for bio-hydrogen production using crude glycerol as substrate. Assessment was developed to establish whether microbial conversion of crude glycerol is viable possibility for bio-hydrogen production.

## SAISTĪTĀ ŪDEŅRAŽA DAUDZUMA PĒTĪJUMI AR Pd MODIFICĒTĀ KLINOPTILOLĪTĀ

A. Šivars<sup>1</sup>, L. Grīnberga<sup>1</sup>, J. Kleperis<sup>1</sup>, L. Kulikova<sup>2</sup>, V. Serga<sup>2</sup>

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

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

Attīstoties ūdeņraža ekonomikai, pieaug pētījumu skaits, kas ir saistīti ar hidrīdus veidojošu metālu izmantošanas iespējām ūdeņraža uzglabāšanai. Galvenais problēmu avots ir saistīts ar ērti un droši izmantojamo hidrīdu mazo sorbētā ūdeņraža masas attiecību pret paša metāla masu. Viens no galvenajiem pētījumu mērķiem, kurus esam sev izvirzījuši, nosaka to ka materiālam jābūt spējīgam sasniegt ievērojumu uzkrātā ūdeņraža daudzumu jau istabas temperatūrā un 1 līdz 10 bar spiedienā. Materiāls ar šādām īpašībām būtu gan drošāks no ekspluatācijas viedokļa, gan samazinātu degvielas tvertņu izgatavošanas un apkārtesošās infrastruktūras izdevumus. Tāpat, tiek ņemta vērā materiāla pieejamība un tā īpašības.

Mūsu pētījumi ir saistīti ar dabā plaši sastopama materiāla, kuram ir labi izteiktas gāzu adsorbcijas īpašības, modificēšanu, lai panāktu, ka iegūtais kompozīts varētu uzglabāt ūdeņradi ievērojamos daudzumos. Eksperimentos tiek izmantots ar pallādiiju (1,25 un 5 svāra procenti) pārklāts klinoptilolīts,  $(\text{Na,K})_4\text{Ca}(\text{Al}_6\text{Si}_{30}\text{O}_{72})\cdot 24(\text{H}_2\text{O})$ . Rezultāti liecina, ka šāda materiāla ūdeņraža sorbcijas spēja ir lielāka nekā katram materiālam atsevišķi.

*Pateicība: Paldies Valsts Pētījumu programmai enerģētikā par finansiālu atbalstu*

## STUDIES ON SORBED HYDROGEN AMOUNT IN Pd MODIFIED CLINOPTILOLITE

A. Sivars<sup>1</sup>, L. Grinberga<sup>1</sup>, J. Kleperis<sup>1</sup>, L. Kulikova<sup>2</sup>, V. Serga<sup>2</sup>

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

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

The number of studies that are related to the use of hydride-forming metals for the hydrogen storage increases due to the development of hydrogen economy. The main problem is that the metal hydrides, which are safe and convenient to use, usually are characterized with small sorbed hydrogen-mass ratio to the metal-mass.

The key research objective of this work is to find a material that is able to achieve a significant amount of accumulated hydrogen already at room temperature and at pressures ranging from 1 to 10 bar. Such material would be safer from the operational point of view and could reduce the production costs of hydrogen storage tanks and price of the related infrastructure. The availability of material and its properties is taken into account as well.

In our research clinoptilolite  $(\text{Na,K})_4\text{Ca}(\text{Al}_6\text{Si}_{30}\text{O}_{72})\cdot 24(\text{H}_2\text{O})$  is used, which is a widespread natural material with good gas sorption properties that is able to store significant quantities of hydrogen. In the sorption experiments pure and coated with palladium (1.25 and 5 weight percent) clinoptilolite samples were used. The results show that the hydrogen sorption capacity of the coated material is greater than for clinoptilolite or Pd alone.

*Acknowledgement:* Thanks to State Reresearch project in Energetics for financial support.

## ELEKTRODI AR NANOSTRUKTURĒTU PĀRKLĀJUMU ŪDENS FOTOKATALĪTISKAI SADALĪŠANAI

**L. Grīnberga**

*Latvijas Universitātes Cietvielu fizikas institūts*

Pašreiz ir atklāti vairāk nekā 130 dažādi materiāli un to kompozīti, kuri var sadalīt ūdeni fotoķīmiskā ceļā. Diemžēl lietderības koeficients ar kādu gaismas enerģija tiek pārveidota par ūdeņradi ir ļoti zems un, no ekonomiskā viedokļa, nepieņemams. Tāpat ir zināms, ka ķīmiskās un fizikālās īpašības, kuras nodrošina fotokatalītisko efektivitāti un ilgtspējību ir noteiktas un ierobežojošas.

Titāna dioksīda ( $\text{TiO}_2$ ) nanodaļiņas tiek plaši izmantotas dažādos produktos un ierīcēs. Šo materiālu uzskata par vienu no videi draudzīgākajiem fotokatalizatoriem, kas ultravioletās gaismas ietekmē ūdeni sadala ūdeņradī un skābeklī.

Nanodaļiņu izmantošana nodrošina daudz lielāku virsmas laukumu, tādējādi palielinot virsmas aktīvo vietu skaitu un paaugstinot fotokatalītisko aktivitāti. Tomēr virsmas laukuma palielināšana, palielina arī virsmas defektu skaitu, kuri kļūst par elektronu-caurumu rekombinācijas centriem. Tāpēc daļiņu optimālā izmēra atrašana un aktīvo vielu salāgošana ir viens no galvenajiem nosacījumiem veiksmīga fotokatalizatora izveidē.

Daudzi pasaules zinātnieki ir pētījuši dažādu  $\text{TiO}_2$  nanostrukturū morfoloģiju efektivitāti ūdens sadalīšanai. Šajā darbā ir salīdzināti dažādi elektrodi ar nanostrukturētu  $\text{TiO}_2$  pārklājumu un to fotokatalītiskās īpašības.

*Pateicība:* Paldies Eiropas sociālā fonda projektam Nr. 2009/0202/1DP/1.1.1.2.0/09/APIA/VIAA/141 par finansiālu atbalstu

## NANOSTRUCTURED COATING OF ELECTRODES FOR PHOTO-CATALYTIC WATER SPLITTING

**L. Grinberga**

*Institute of Solid State Physics, University of Latvia*

Today over 130 materials and their derivatives have been shown to split water photochemically. Unfortunately the conversion efficiency of light energy to hydrogen is unacceptably low for economic purposes for all of them. It is well known that the physical and chemical properties required to catalyze photolysis efficiently and sustainably are very restrictive.

Nanosized titanium dioxide particles are used in diverse products and devices. In addition,  $\text{TiO}_2$  is a photocatalyst that is considered as the most environmentally friendly photocatalyst. Under UV light, water is converted to hydrogen gas by photocatalytic water splitting on a  $\text{TiO}_2$  electrode.

The use of nanoparticles increases the surface area and enhances the concentration of available surface-active sites, thus leading to higher photocatalytic activity. Nevertheless, an increase in the surface area increases the number of surface defects which are electron-hole recombination centers. Therefore, an optimization of the crystallinity and of the particle size is required to maximize the efficiency of the photoelectrochemical cell.

A large variety of morphologies of  $\text{TiO}_2$  nanostructures, including nanoparticles, nanorods, nanowires, nanotubes, mesoporous structures have been studied by numerous of scientists around the world. In this work several nanostructured  $\text{TiO}_2$  coatings of electrodes for photocatalytic water splitting are compared.

*Acknowledgement:* Thanks to European Social Fund project Nr. 2009/0202/1DP/1.1.1.2.0/09/APIA/VIAA/141 for financial support.

# **STRUKTŪRA UN FĀŽU PĀREJAS**

## UN UN CITU AKTINĪDU VIRSMAS MODELĒŠANA: ŠODIENAS STĀVOKLIS UN PERSPEKTĪVAS

D. Bočarovs<sup>1,2,3</sup>, J. Žukovskis<sup>3</sup>, D. Grjaznovs<sup>3</sup>, J. Kotomins<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Latvijas Universitātes datorikas fakultāte

<sup>2</sup>Latvijas Universitātes fizikas un matemātikas fakultāte

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

Pirmā elektroniskās struktūras modelēšana aktinīdu virsmām un to reakciju spējai attiecībā uz molekulāro un atomāro skābekli tika paveikta tikai nesen. Tomēr tas nav pārsteigums, jo aktinīdu virsmu nevar viegli aprēķināt, izmantojot DFT metodes, sakarā ar lielo elektronu skaitu elementāršūnā. Taču daži  $\alpha$ -U,  $\delta$ -Pu un UO<sub>2</sub> virsmu modelēšanas rezultāti ir pieejami zinātniskajā literatūrā. Piemēram, Teilors parādīja, ka PAW metode ir piemērota (001) virsmas  $\alpha$ -U ticamiem aprēķiniem. PW91 funkcionālis tika izmantots UO<sub>2</sub> (111), (110) un (100) virsmas modelēšanai. Aprēķini, kurus veica Ata-Finns un Rejs, apstiprina DFT metodes efektivitāti O, C un N jonu hemisorbcijas modelēšanai virs  $\delta$ -Pu(111) virsmas.

Mēs pirmo reizi veicām UN virsmas un tās mijiedarbības ar skābekli detalizētu pētījumu, izmantojot plātnes modeli kombinācijā ar Blīvuma Funkcionāļa Teorijas (DFT) projektīvi paplašināto viļņu (PAW) metodi *VASP* aprēķinu programmas ietvaros. Veiktie liela mēroga DFT aprēķini ļauj mums piedāvāt enerģētiski iespējamo mehānismu defektīvas UN(001) virsmas daļējai piesātināšanai ar skābekļa atomiem, kas atbilst oksinitrīdiem līdzīgas struktūras veidošanai virsmas ārējos slāņos. Pamatojoties uz mūsu un citu autoru rezultātiem, referāta tiek arī apskatītas aktinīdu virsmas modelēšanas perspektīvas un raksturīgas problēmas.

## SURFACE MODELLING OF UN AND OTHER ACTINIDES: CURRENT STATE AND PROSPECTS

D. Bocharov<sup>1,2,3</sup>, Yu.F. Zhukovskii<sup>3</sup>, D. Gryaznov<sup>3</sup>, and E.A. Kotomin<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Faculty of Computing, University of Latvia

<sup>2</sup>Faculty of Physics and Mathematics, University of Latvia

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

The first electronic structure simulations on actinide surfaces and their reactivity towards the molecular and atomic oxygen were performed only recently, due to a large number of electrons *per* unit cell. Nevertheless, some results of simulations performed for  $\alpha$ -U,  $\delta$ -Pu and UO<sub>2</sub> surfaces are available in the literature. In particular, Taylor showed that the method of projector augmented-waves (PAW) is fitting for reliable calculations on the (001) surface of  $\alpha$ -U [1]. The Perdew-Wang (PW91) functional was used by Skomursky *et al.* for simulations on (111), (110), and (100) surfaces of UO<sub>2</sub> [2]. The calculations performed by Atta-Fynn and Ray [3] also confirm effectiveness of the Density Functional Theory (DFT) methods for calculations of O, C and N ions chemisorbed upon the  $\delta$ -Pu(111) surface.

We have performed the first detailed study of UN surfaces and their interaction with oxygen using the slab model. For calculations on UN slab models of different morphology, the DFT method within the PAW formalism (as implemented in the *VASP* computer code [4]) has been used. Large-scale DFT calculations allow us to propose an energetically feasible mechanism for the partial saturation of defective UN(001) substrate by oxygen atoms which corresponds to formation of oxynitride-like structure of the outer layer. The prospects and typical problems of actinide surface modeling are also observed in this presentation systematizing results obtained by us and other researchers.

[1] C.D. Taylor, Evaluation of first-principles techniques for obtaining materials parameters of  $\alpha$ -uranium and the (001)  $\alpha$ -uranium surface. - Phys. Rev. B, 2008, **77**, 094119 (p. 1-9).

[2] F.N. Skomurski, R.C. Ewing, A.L. Rohl, J.D. Gale, and U. Becker, Quantum mechanical vs. empirical potential modeling of uranium dioxide (UO<sub>2</sub>) surfaces: (111), (110), and (100). - Amer. Mineral., 2006, **91**, p. 1761-1772.

[3] R. Atta-Fynn and A. K. Ray, *Ab initio* full-potential fully relativistic study of atomic carbon, nitrogen, and oxygen chemisorption on the (111) surface of  $\delta$ -Pu. - Phys. Rev. B, 2007, **75**, 195112 (p. 1-13).

[4] G. Kresse and J. Furthmüller, *VASP the Guide*, University of Vienna, 2009; <http://cms.mpi.univie.ac.at/vasp/>



## ***H* CENTRU SrF<sub>2</sub>, KĀ ARĪ VIRSMAS *H* CENTRU UN *F* CENTRU AGREGĀCIJAS APRĒĶINI BaF<sub>2</sub>**

**R. I. Eglītis<sup>1</sup>, H. Shi<sup>2</sup>, R. Jia<sup>3</sup>, L. Yue<sup>4</sup> un X. He<sup>3</sup>**

<sup>1</sup>*Latvijas Universitātes Cietvielu Fizikas Institūts, Rīga, Latvija*

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

<sup>3</sup>*Wuppertāles Universitāte, Wuppertāle, Vācija*

<sup>4</sup>*Fizikas Departments, Osnabrūkas Universitāte, Vācija*

Mēs aprēķinām *H* centru SrF<sub>2</sub> kristālā priekš tā divām atšķirīgām orientācijām gar [100] un [111] asīm [1]. Aprēķinos mēs izmantojam blīvuma funkcionāla teoriju (DFT) kombinētu ar hibrīdu apmaiņas funkcionāli, proti DFT-B3PW. Enerģiju starpību aprēķini *H* centriem ar dažādām orientācijām parāda, ka *H* centrs orientēts [111] virzienā sārmu metālu fluorīdos ir enerģētiski visstabilākā konfigurācija.

BaF<sub>2</sub> kristālā mēs rūpīgi izpētījām divas virsmas *H* centru konfigurācijas [2]. Ap abām virsmas *H* centra konfigurācijām, virsmas efekta dēļ, mēs novērojām stipru atomu relaksāciju. Konfigurācijā, kad starprežģa flora atoms ir uz BaF<sub>2</sub> virsmas, nesapārotais elektrons ir gandrīz vienlīdzīgās daļās sadalīts pa *H* centra diviem atomiem, kas ir pilnīgi atšķirīgi no tilpuma *H* centra gadījuma.

Asociācijas enerģijas aprēķini *R* centram (defekts, kurš sastāv no 3 *F* centriem) BaF<sub>2</sub> [3] parāda, ka izolētiem *F* centriem piemīt tendence veidot defektu kompleksus (*R* centrus). *F* centru agregācijas rezultātā izveidojas ļoti liela ķīmiskās saites kovalence starp divām blakus esošām flora vakancēm ar satvertiem elektroniem.

Atsauces:

1. L. Yue, R. Jia, H. Shi, X. He and R. I. Eglitis, *J. Phys. Chem. A* **114**, 8444 (2010)
2. H. Shi, R. Jia and R. I. Eglitis, *Phys. Rev. B* **81**, 195101 (2010)
3. H. Shi, R. Jia and R. I. Eglitis, *Solid State Ionics* **187**, 1 (2011)

## ***AB INITIO* CALCULATIONS FOR THE *H* CENTERS IN SrF<sub>2</sub>, AS WELL AS SURFACE *H* CENTERS AND *F* CENTERS AGGREGATION IN BaF<sub>2</sub>**

**R. I. Eglitis<sup>1</sup>, H. Shi<sup>2</sup>, R. Jia<sup>3</sup>, L. Yue<sup>4</sup> and X. He<sup>3</sup>**

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

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

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

<sup>4</sup>*Fachbereich Physik, Universität Osnabrueck, Osnabrueck, Germany*

The ground state of *H*-center systems for the SrF<sub>2</sub> crystal is simulated with two different arrangements, which are oriented along either [100] or [111] axes [1]. The calculations are performed by using density functional theory (DFT) with hybrid exchange potentials, namely DFT-B3PW. The energy difference between *H* centers with different orientations shows that the *H* center oriented in the [111] direction in alkaline earth fluorides is the most stable configuration.

Two different configurations of surface *H* centers are investigated carefully in BaF<sub>2</sub> [2]. Both surface *H*-center systems have strong relaxations because of the surface effect. In the configuration that the interstitial fluorine atom is within the surface, the unpaired electron is almost equally distributed onto the two atoms of the *H*

The association energy calculations on *R* centers (a defect composed of three *F* centers) in BaF<sub>2</sub> [3] indicate stable aggregation of isolated *F* centers. During *F*-center aggregation, a considerable covalency between two neighbor fluorine vacancies with trapped electrons forms.

References:

1. L. Yue, R. Jia, H. Shi, X. He and R. I. Eglitis, *J. Phys. Chem. A* **114**, 8444 (2010)
2. H. Shi, R. Jia and R. I. Eglitis, *Phys. Rev. B* **81**, 195101 (2010)
3. H. Shi, R. Jia and R. I. Eglitis, *Solid State Ionics* **187**, 1 (2011)

## CINKA VAKANČU KONCENTRĀCIJAS IETEKME UZ ZNO ELEKTRONISKĀM ĪPAŠĪBĀM

**A. Sorokins, J. Žukovskis, D. Grjaznovs, J. Purāns, E. 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. Pie šādiem defektiem pieder arī Zn vakances, kas tiek radītas leģēšanas pirmajā posmā, tāpēc ir būtiski izpētīt to rašanas enerģētiku un ZnO: $V_{Zn}$  elektroniskās īpašības.

Šajā darbā, izmantojot datorprogrammu *CRYSTAL09*, kura darbojas LCAO tuvinājumā, un bezparametriskā korelācijas–apmaiņas funkcionāla PBE0, kas darbojas blīvuma funkcionāla teorijas ietvaros tika izpētītas cinka vakances divu izmēru superšūnās ar periodiskiem robežnosacījumiem: viena satur 32 atomus (defektu koncentrācija  $\chi \approx 6\%$ ), otra satur 108 atomus ( $\chi \approx 2\%$ ). Aprēķinus veica gan ar, gan bez spina polarizācijas ievērošanas, katru reizi pilnīgi relaksējot ģeometrisko struktūru.

Tika noskaidrots, ka neatkarīgi no defekta koncentrācijas sistēma ir n-tipa vadītājs. Spin-polarizētie aprēķini (ar  $S = 2$ ) parāda stabilāku konvergenci un zemāku pilnās enerģijas vērtību.

## INFLUENCE OF THE CONCENTRATION OF ZINC VACANCIES ON ELECTRONIC PROPERTIES OF ZNO

**A.V. Sorokin, 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 introducing defects one can make it highly conducting with retaining transparency. Electronic and optical properties of such a doped material depend on the type and the concentration of the dopants, as well as on the presence of other defects. The simplest defects are Zn vacancies, which arise in the beginning of the doping process. Thus, it is important to investigate energetics and electronic properties of ZnO: $V_{Zn}$ .

In the current study we use *CRYSTAL09* computer code that employs LCAO approach and null-parametric correlation–exchange hybrid functional PBE0 that works within the density functional theory in order to study vacancies of Zn in supercells of different sizes and periodic boundary conditions. First such a supercell contains 32 atoms (corresponding to the concentration of the defects  $\chi \approx 6\%$ ), while another one contains 108 atoms ( $\chi \approx 2\%$ ). The calculations have been performed with included and ignored spin polarization. The geometric structure has been fully optimized for each calculation.

It has been found, that the ZnO: $V_{Zn}$  system is an n-type conductor irrespectively on the concentration of the defect. Spin-polarized calculations (with  $S = 2$ ) give a more stable convergence and lower total energy values.

## Y UN O DEFEKTU KVANTU ĶĪMISKIE APRĒĶINI Fe REŽĢĪ TURPMĀKAI ODS TĒRAUDU KINĒTISKĀ MONTE-CARLO MODELĒŠANAI

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

Oksīdu stiprināto tēraudu materiālu (ODS) pielietošana izmantošanai kodolsintēzes reaktoros blanketu struktūrā ļauj palielināta reaktoru darbības temperatūru uz 100°C. Tas ir iemesls kāpēc ODS tēraudi ir apskatīti kā daudzsološi struktūru materiāli šiem reaktoriem. Gan oksīdu nogulšņu lielums, gan to telpiskais sadalījums būtiski ietekmē ODS tēraudu mehāniskās īpašības un radiācijas noturību.

Liela mēroga aprēķini no pirmajiem principiem tika veikti  $\gamma$ -Fe režģu 4×4×4 superšūnās lai saprast mijiedarbības starp dažādiem piemaisījumu un vakances defektiem dzelža režģī [1,2]. Tas iekļauj kā atsevišķus defektus (Fe-vakance, Y un O atomus) tā arī mijiedarbības starp tiem dažādās div- un trīs-atomu defektu klasteros. Šo aprēķinu rezultāti ir izmantoti ODS daļiņu izveidošanas režģa kinētiskā Monte-Carlo modelēšanā.

## AB INITIO CALCULATIONS OF BINDING ENERGIES BETWEEN DEFECTS IN *fcc* Fe LATTICE FOR FURTHER KINETIC MONTE-CARLO SIMULATION ON ODS STEEL

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 and 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

The implementation of the oxide dispersed strengthened (ODS) steel for fusion- and advanced fission-reactor blanket structures allows increasing the operation temperature by ~100°C. This is a reason why the ODS steels strengthened by the yttria precipitates are considered as promising construction materials for these reactors. The mechanical properties and radiation resistance of ODS steels are significantly sensitive to the size and spatial distribution of the oxide precipitates.

Large scale first-principle calculations have been performed on the  $\gamma$ -Fe lattice 4×4×4 supercells, in order to study the interactions between different types of impurity and vacancy defects inside the iron lattice [1,2]. This includes the calculations of both the single defects (Fe-vacancy, Y and O atoms) and the interactions between them in various two- and three-atom defect clusters. The results of these calculations are used in the lattice kinetic Monte-Carlo modeling of the ODS particle formation in the steel matrix.

[1] A. Gopejenko, Yu.F. Zhukovskii, P.V. Vladimirov, E.A. Kotomin, and A. Möslang, *Ab initio* simulation of yttrium oxide nanocluster formation on *fcc* Fe lattice. - *J. Nucl. Mater.*, 2010, 406, p. 345–350.

[2] A. Gopejenko, Yu.F. Zhukovskii, P.V. Vladimirov, E.A. Kotomin, and A. Möslang, Modeling of yttrium, oxygen atoms and vacancies in  $\gamma$ -iron lattice. - *J. Nucl. Mater.*, 2011, 416, p. 40-44.

## NANOKRISTĀLU STRUKTŪRAS PĒTĪJUMI AR EXAFS

**A.Anspoks, A.Kuzmins, A.Kaļinko**  
*Latvijas Universitātes Cietvielu fizikas institūts*

Samazinoties daļiņu izmēriem līdz nanomērogam notiek to struktūras relaksācija, kas novērojama kā daļiņu elementāršūnas tilpuma izplešanās vai saspiešanās. Tā kā vielas struktūra lielā mērā nosaka tās fizikālās īpašības, tad nanoobjektu struktūras pētījumiem ir būtiska nozīme jaunu nanomateriālu izstrādē un to īpašības sapratnē.

Šajā darbā mēs parādīsim, kā kombinējot rentgena absorbcijas sīkstruktūras spektroskopijas (EXAFS) eksperimentālās un teorētiskās modelēšanas pieejas, iespējams iegūt informāciju par nanoobjektu atomāro struktūru un defektiem.

Izmantojot nesen izstrādāto molekulārās dinamikas un pirmo principu EXAFS aprēķinu (MD-EXAFS) metodi, mēs spējam modelēt nanoobjektus reālos izmēros, līdz ar to nodrošinām iespēju salīdzināt dažādus modeļus ar eksperimentāliem datiem. Mūsu pētījumi parāda, ka NiO nanokristālu daļiņas satur defektus – Ni vakances, kā arī parāda to, ka nanodaļiņām ir komplikēts izmēru sadalījums.

Šo darbu atbalsta ESF projekts 2009/0202/1DP/1.1.1.2.0/09/APIA/VIAA/141.

## EXAFS STUDY OF STRUCTURE RELAXATION IN NANOCRYSTALLINE NiO

**A.Anspoks, A.Kuzmin, A.Kalinko**  
*Institute of Solid State Physics, University of Latvia*

A decrease of particle size down to nanoscale leads to its structure relaxation, which is often observed as unit cell volume expansion or compression. Since the material structure determines its physical properties, the studies of nano-objects structure are essential to the development of new nanomaterials and an understanding of their properties.

In this work, we show how a combination of X-ray absorption fine structure (EXAFS) spectroscopy and theoretical modelling allows us to obtain information about atomic structure of nanosized objects and their defects.

Recently developed method, combining molecular dynamics and ab initio EXAFS calculations (MD-EXAFS), allows us to model real size nanoobjects and to compare these data with experiment. Our studies reveal that NiO nanoparticles contain Ni vacancies and have a complex size distribution.

This work was supported by the ESF project 2009/0202/1DP/1.1.1.2.0/09/APIA/VIAA/141.

# POLIKRISTĀLISKO VOLFRAMĀTU $AWO_4$ (A= Ca, Sr, Ba) PĒTĪŠANA AR MD-EXAFS METODIKU

**A. Kaļinko, A. Kuzmins**

*Latvijas Universitātes Cietvielu fizikas institūts*

Struktūras modelēšana ir neatņemama daļa EXAFS spektru analīzē. Nesen ir izstrādāta moderna pieeja [1], kas balstās uz molekulāras dinamikas (MD) metodi kopā ar *ab initio* EXAFS spektru aprēķiniem. Tā ļauj veikt analīzi aiz pirmās koordinācijas sfēras korekti ņemot vērā termiskās atomu kustības un daudzkartīgās izkliedes efektus [2].

Šajā darbā MD-EXAFS metode tika sekmīgi pielietota W  $L_3$ -malas EXAFS spektru interpretācijai  $AWO_4$  (A=Ca, Sr, Ba) savienojumos ar šeelīta tipa struktūru, kas veidota no  $[WO_4]$  tetraedriem un  $[AO_8]$  daudzskaldņiem. Darba gaitā tika izstrādāti mijiedarbības potenciālu modeļi, kas apraksta volframātu fizikālās īpašības: režģa parametrus, elastīgas konstantes un fononu frekvences. Potenciālu modeļi tika izmantoti MD simulācijās NVT-ansablī, lai iegūtu 3D atomu konfigurāciju kopu. Tālāk, vidējie pēc konfigurācijām W  $L_3$ -malas EXAFS spektri tika sarēķināti izmantojot *ab initio* daudzkartīgās izkliedes teoriju un parādīja labu sakritību ar mūsu eksperimentāliem datiem. Tika noteikta daudzkartīgās izkliedes efektu ietekme EXAFS signālos un noteikts koordinācijas sfēru ieguldījums līdz 6 Å.

## MD-EXAFS STUDY OF POLYCRYSTALLINE TUNGSTATES $AWO_4$ (A= Ca, Sr, Ba)

**A. Kalinko, A. Kuzmin**

*Institute of Solid State Physics, University of Latvia*

Structure modelling is an essential part of the EXAFS spectra analysis. Recently, a modern analysis approach based on molecular dynamics (MD) method combined with *ab initio* EXAFS spectra calculations has been proposed [1]. It allows an extension of the analysis beyond the first coordination shell with proper accounting of thermal atomic motion and multiple-scattering effects [2].

In this work the MD-EXAFS method was successfully applied to the W  $L_3$ -edge EXAFS spectra interpretation in  $AWO_4$  (A = Ca, Sr, Ba) compounds with scheelite-type structure, being composed of  $[WO_4]$  tetrahedra and  $[AO_8]$  polyhedra. First, we developed the force-field models able to describe the physical properties of tungstates, such as lattice parameters, elastic constants and phonon frequencies. Next, the force-field models were used in the NVT-ensemble MD simulations to obtain the 3D atomic configurations. Finally, the configuration-averaged W  $L_3$ -edge EXAFS spectra were calculated using *ab initio* multiple-scattering theory. Thus obtained EXAFS spectra are in good agreement with our experimental data. The influence of the multiple-scattering effects on the EXAFS signals was also studied, and the contributions of the coordination shells up to 6 Å signal were determined.

[1] A. Kuzmin, R.A. Evarestov, J. Phys.: Condens. Matter 21 (2009) 055401 (6 pp).

[2] A. Kalinko, R.A. Evarestov, A. Kuzmin, J. Purans, J. Phys.: Conf. Series 190 (2009) 012080 (4pp).

## ScF<sub>3</sub> STRUKTŪRAS *AB INITIO* APRĒĶINI

P. Žguns<sup>1</sup>, A. Kuzmins<sup>2</sup>, D. Bočarovs<sup>1,2,3</sup>, S. Piskunovs<sup>1,2,3</sup>

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

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

<sup>3</sup>*Latvijas Universitātes datorikas fakultāte*

ScF<sub>3</sub> ir perovskita tipa materiāls ar vienkāršu kubisko ReO<sub>3</sub>-tipa struktūru (telpiska grupa *Pm-3m*). Nesen tika atklāts, ka šim materiālam piemīt negatīvas termiskās izplešanās (NTI) efekts plašā temperatūras diapazonā no 10 līdz 1100 K [1]. ScF<sub>3</sub>, tā kubiskās struktūras dēļ, ir vienkārša sistēma NTI izcelsmes izpētei. Viena no hipotēzēm NTI efekta izskaidrošanai paredz, ka koptilpuma samazināšanās notiek nelokāmo fragmentu (ScF<sub>6</sub> oktaedru) svārstību dēļ [2].

Šajā darbā mēs veicām ScF<sub>3</sub> struktūras *ab initio* LCAO aprēķinus ar *Crystal09* programmu [3]. Galvenās materiāla īpašības – režģa konstante, aizliegtās zonas platums un tilpuma elastības modulis – tika aprēķināti, izmantojot vairākus HF-DFT hibridu funkcionāļus un mainot nelokālo Foka apmaiņas daļu. Rezultāti tika salīdzināti ar eksperimentāliem datiem, kas palīdzēja veikt piemērota funkcionāļa izvēli. Tie tika izmantoti ScF<sub>3</sub> svārstību īpašību aprēķināšanā (fononu modas Brilljuena zonā), kas ir nepieciešams režģa dinamikas simulācijai. Kopā ar gaidāmiem EXAFS eksperimenta datiem tas ļauj cerēt uz ScF<sub>3</sub> NTI efekta izcelsmes izprašanu.

[1] B.K. Greve, et al., J. Am. Chem. Soc. 132, 15496 (2010).

[2] C.W. Li, et al, Phy. Rev. Lett. 107, 195504 (2011).

[3] R. Dovesi, et al., CRYSTAL09 User's Manual (University of Torino, Torino, 2009).

## *AB INITIO* CALCULATIONS OF THE STRUCTURE OF ScF<sub>3</sub>

P. Zhgun<sup>1</sup>, A. Kuzmin<sup>2</sup>, D. Bocharov<sup>1,2,3</sup>, S. Piskunov<sup>1,2,3</sup>

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

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

<sup>3</sup>*Faculty of Computing, University of Latvia*

ScF<sub>3</sub> is a perovskite-type material with a cubic ReO<sub>3</sub>-type structure (space group *Pm-3m*). Recently it was found that ScF<sub>3</sub> undergoes strong negative thermal expansion (NTE) over a wide range of temperatures from 10 to 1100 K [1]. Having a simple structure, ScF<sub>3</sub> is promising model system to study the origin of NTE. It was proposed recently [2] that the lattice contraction is caused by specific vibrational modes of rigid ScF<sub>6</sub> octahedral units.

Here we present *ab initio* LCAO calculations of ScF<sub>3</sub> performed with *Crystal09* program [3]. Main properties of ScF<sub>3</sub>, namely, lattice constant, band gap and bulk modulus were calculated with various hybrid HF-DFT functionals, changing the weight of non-local Fock exchange part. The agreement between obtained results and available experimental data was used as a criterion to select the most appropriate functional. It was used next to calculate the vibrational properties of ScF<sub>3</sub>, i.e. the phonon modes across the Brillouin zone, which are required for the reliable construction of the force field model. The latter, together with the forthcoming EXAFS experiment, will hopefully help us to understand the origin of NTE in ScF<sub>3</sub>.

[1] B.K. Greve, et al., J. Am. Chem. Soc. 132, 15496 (2010).

[2] C.W. Li, et al, Phy. Rev. Lett. 107, 195504 (2011).

[3] R. Dovesi, et al., CRYSTAL09 User's Manual (University of Torino, Torino, 2009).

## PLĀNU POLIMĒRU KĀRTIŅU IEKŠĒJĀS STRUKTŪRAS PĒTĪJUMI PĒC ORIENTĒŠANAS AR KORONAS TRIODI

**E. Titavs, E. Nitišs, M. Rutkis**

*Latvijas Universitātes Cietvielu fizikas institūts*

LU CFI Organisko Materiālu laboratorijā viens no pētījumu virzieniem ir jaunu, nelineāri optiski (NLO) aktīvu polimēru un organisko stiklu materiālu radīšana, kurus varētu izmantot kā elektrooptiski aktīvās komponentes. Šādu organisko materiālu nelinearitāte tiek panākta tos orientējot elektriskajā laukā. Viena no populārākajām metodēm materiālu orientēšanai ir pielietot koronas izlādi. Šim mērķim ir izveidota koronas triodes iekārta, kas ļauj kontrolēt orientēšanas parametrus: tīkliņspriegumu ( $U_g$ ), orientēšanas temperatūru ( $T_o$ ) u.c.

Novērots, ka pie noteiktiem triodes parametriem orientēšanas procesā parauga orientēšanas apgabalā notiek strukturālas izmaiņas. Šajā apgabalā veidojas virsmas un tilpuma neregularitātes, kas izkliedē gaismu un samazina orientētās daļas nelinearitāti. Pielietojot noteiktu pirmsorientēšanas procedūru, šo neregularitāšu veidošanos iespējams novērst, tādējādi palielinot kopējo nelinearitāti vairākas reizes. Referātā tiks apskatīti polimēru kārtiņas struktūras pētījumu rezultāti, kā arī skaidrota neregularitāšu izcelsme un pirmsorientēšanas procedūras ietekme uz sistēmas orientēšanas efektivitāti.

## STUDY OF INTERNAL STRUCTURE OF THIN POLYMER LAYERS AFTER POLING WITH CORONA TRIODE

**E. Titavs, E. Nitišs, M. Rutkis**

*Institute of Solid State Physics, University of Latvia*

One of research directions in UL ISSP Laboratory of Organic Materials is development of new nonlinear optical (NLO) active polymers and organic glass material, which could be used as electro-optical active components. Nonlinearity in such materials is achieved by poling them in electric field. One of the most popular methods for material poling is via corona discharge. For this purpose corona triode was built, which allows to control the poling parameters: grid potential ( $U_g$ ), poling temperature ( $T_o$ ), etc.

It has been observed that under certain poling parameters, some structural changes in the poled area of sample occur. Some surface and spatial irregularities are formed, which diffuses light and reduces nonlinearity. Using certain pre-poling procedure, the forming of these irregularities can be prevented, thereby increasing the total nonlinearity several times. Research on structure in polymer films will be discussed in this paper, as well as an explanation on why these irregularities appear and why the pre-poling procedure is so effective will be given.

## **Sb-Se PLĀNO KĀRTIŅU VIRSMAS MODIFICĒŠANA AR ELEKTRONU STAROJUMA UN ĶĪMISKĀS KODINĀŠANAS PALĪDZĪBU**

**O.Šimane**

*Daugavpils Universitātes Inovatīvās mikroskopijas centrs*

Sb<sub>40</sub>Se<sub>60</sub> plānās kārtiņas tika apstarotas ar elektronu staru un kodinātas uz organiskas bāzes izgatavotos šķīdumos, piemēram, amīnos. vai Sb<sub>40</sub>Se<sub>60</sub> plānās kārtiņas tika apstarotas ar elektronu staru un kodinātas uz organiskas bāzes izgatavotos šķīdumos (amīnos). Tika novērotas virsmas reljefa izmaiņas. Mēs parādījām sakarību starp ar elektronu apstaroto un neapstaroto Sb<sub>40</sub>Se<sub>60</sub> plānās kārtiņas apgabalu kodināšanas iespējām attiecībā pret virsmas kvalitāti. Tika izpētīta arī virsmas reljefa raksturlielumu atkarība no starojuma parametriem, tādiem kā ekspozīcijas laiks un elektronu stara strāvas stiprums. Plāno kārtiņu modificēšana ietver sevī izmēru izmaiņu gan laterāli, gan vertikāli, kas ir tipiski mikrometru un sub- mikrometru diapazonā.

## **SURFACE MODIFICATION OF Sb-Se THIN FILMS INDUCED BY ELECTRON BEAM IRRADIATION AND ETCHING**

**O.Shiman**

*Innovative Microscopy center, Daugavpils University*

Sb<sub>40</sub>Se<sub>60</sub> thin films have been irradiated by an electron beam with followed by etching in organic based solution e.g. amines. A surface modification has been observed. We showed the etching possibilities between electron beam treated and untreated areas of Sb<sub>40</sub>Se<sub>60</sub> thin films with regard to the surface quality. The dependence of patterns characteristics on irradiation parameters such as exposure time and beam current have also been studied. The modification of the film surface includes lateral and vertical resizing which is typically in the micrometre and sub- micrometre range.



## LITIJA JONU BATERIJU KATODMATERIĀLA $\text{Li}_2\text{FeSiO}_4$ SINTĒZE UN STRUKTŪRAS ANALĪZE

**G.Kučinskis, G.Bajārs, J.Kleperis**

*Latvijas Universitātes Cietvielu fizikas institūts*

Pieaugot pārnēsājamās elektronikas popularitātei un jaudai, kā arī paaugstinoties autobūves industrijas pieprasījumam pēc lētām un ietilpīgām elektriskās enerģijas uzglabāšanas ierīcēm, aizvien aktuālāki kļūst litija jonu bateriju katodmateriālu pētījumi.  $\text{Li}_2\text{FeSiO}_4$  ir salīdzinoši maz pētīts un industriāli gandrīz nepielietots vairakkārt uzlādējamo litija jonu bateriju katodmateriāls, kam piemīt laba ciklētābība, salīdzinoši augsta lādiņietilpība, tas ir arī videi draudzīgāks un lētāks par lielāko daļu konkurentu.

$\text{Li}_2\text{FeSiO}_4$  tika sintezēts no  $\text{CH}_3\text{COOLi}$ ,  $\text{FeC}_2\text{O}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ ,  $\text{Si}(\text{OC}_2\text{H}_5)_4$ , to šķīdumu etanolā  $50^\circ\text{C}$  maisot vispirms 10h noslēgtā traukā, tad iztvaicējot etanolu. Procesa rezultātā iegūtais pulveris tika malts lodīšu dzirnavās un karsēts  $630^\circ\text{C}$   $\text{N}_2$  atmosfērā 10 h. Karsēšanas procesam veikta termogravimetriskā analīze. Sintezētā materiāla struktūra tika raksturota ar rentgenstaru difrakcijas analīzes palīdzību, nosakot iegūtajai  $\text{Li}_2\text{FeSiO}_4$  olivīna tipa struktūrai atbilstošo telpisko grupu, kā arī piemaisījumu daudzumu, ķīmisko sastāvu un stabilitāti laikā, lai optimizētu sintēzes procesu.

## SYNTHESIS AND STRUCTURAL ANALYSIS OF $\text{Li}_2\text{FeSiO}_4$ CATHODE MATERIAL FOR LITHIUM-ION BATTERIES

**G.Kucinskis, G.Bajars, J.Kleperis**

*Institute of Solid State Physics, University of Latvia*

With growing popularity and power of portable electronics as well as with increasing demand from automotive industry for cheap ways of storing electricity, the research of lithium ion battery cathode materials is expanding.  $\text{Li}_2\text{FeSiO}_4$  is a relatively little researched cathode material for secondary lithium ion batteries with virtually no commercialization so far. It has, however, a good cyclability, relatively high charge capacity, it is environmentally friendlier and cheaper than most of the competing materials.  $\text{Li}_2\text{FeSiO}_4$  has been synthesized by stirring a  $\text{CH}_3\text{COOLi}$ ,  $\text{FeC}_2\text{O}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$  and  $\text{Si}(\text{OC}_2\text{H}_5)_4$  solution in ethanol at  $50^\circ\text{C}$  for 10 h in a closed container. Ethanol was evaporated and the acquired precursor ball-milled, then heated in a nitrogen atmosphere for 10 h at  $630^\circ\text{C}$ . Thermogravimetric analysis has been carried out for the heating process. Structure of the as-prepared material has been studied by x-ray diffraction. The space-group corresponding to the synthesized  $\text{Li}_2\text{FeSiO}_4$  olivine-type material has been determined. Impurities and chemical stability of the as-prepared material have been studied in order to optimize the synthesis.

## FĀŽU PĀREJAS UN FIZIKĀLĀS ĪPAŠĪBAS $\text{Na}_{1/2}\text{Bi}_{1/2}\text{TiO}_3\text{-BaTiO}_3$ CIETAJOS ŠĶĪDUMOS

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

$\text{Na}_{1/2}\text{Bi}_{1/2}\text{TiO}_3$  un uz tā bāzes veidotie cietie šķīdumi piesaista interesi pamatā kā alternatīva pašreiz plaši pielietotajiem svīnu saturošajiem segnetoelektriskajiem materiāliem, kuru izmantošana tiek pakāpeniski ierobežota ekoloģisko apsvērumu dēļ.

Labas pjezoelektriskās īpašības uzrāda  $\text{Na}_{1/2}\text{Bi}_{1/2}\text{TiO}_3$  cietie šķīdumi ar  $\text{BaTiO}_3$  jeb  $(1-x)\text{NBT-xBT}$ . Lielākā daļa  $(1-x)\text{NBT-xBT}$  pētījumu ir veltīta koncentrāciju apgabalam morfotropās fāžu robežas tuvumā, kas novērota pie BT koncentrācijas  $0,05 \leq x \leq 0,07$ . Informācija par sastāviem ar augstākām BT koncentrācijām ir nepilnīga.

Šajā darbā ir veikti dielektrisko īpašību, polarizācijas un rentgendifrakcijas pētījumi  $(1-x)\text{NBT-xBT}$  cietajiem šķīdumiem koncentrāciju diapazonā virs morfotropās fāžu robežas. Noskaidrota kristāliskās struktūras un fāžu pāreju raksturojošo parametru maiņa atkarībā no cietā šķīduma komponentu attiecības. Rezultāti parāda, ka visiem pētāmajiem sastāviem ir raksturīga tetragonāla simetrija ar tendenci tetragonalitātei samazināties, palielinoties BT koncentrācijai. Plašā koncentrāciju intervālā novērotas segnetoelektrisko relaksoru īpašības ar spontānu pāreju uz segnetoelektrisko stāvokli pie temperatūras zem dielektriskās caurlaidības maksimuma temperatūras. Tikai sastāviem ar zemu NBT koncentrāciju notiek fāžu pārejas rakstura maiņa uz tradicionālo segnetoelektrisko-paraelektrisko fāžu pāreju, kas raksturīga tīram BT. Izpētīta dielektriskās caurlaidības temperatūras atkarības maksimuma izplūšanas maiņa, izmantojot pakāpes likumu, un termiskā histerēze atkarībā no koncentrācijas. Ir aplūkoti mehānismi, kas ietekmē fāžu pārejas rakstura maiņu un sekmē relaksora stāvokļa parādīšanos.

## PHASE TRANSITIONS AND PHYSICAL PROPERTIES IN $\text{Na}_{1/2}\text{Bi}_{1/2}\text{TiO}_3\text{-BaTiO}_3$ SOLID SOLUTIONS

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

$\text{Na}_{1/2}\text{Bi}_{1/2}\text{TiO}_3$  and its solid solutions attract interest mostly as an alternative for nowadays widely used lead-containing ferroelectric, use of which is gradually limited due to ecological considerations.

$\text{Na}_{1/2}\text{Bi}_{1/2}\text{TiO}_3$  solid solutions with  $\text{BaTiO}_3$  or  $(1-x)\text{NBT-xBT}$  show good piezoelectric properties. Most of the studies of  $(1-x)\text{NBT-xBT}$  are focused on the region around the morphotropic phase boundary, which is observed at BT concentration  $0.05 \leq x \leq 0.07$ . There is very little information about the compositions with higher BT content.

In this work dielectric properties, polarization and x-ray diffraction are studied for NBT-BT solid solutions in a concentration range above the morphotropic phase boundary. Parameters, characterizing crystallographic structure and phase transition, are determined depending on the ratio of components of the solid solution. The results show that all the studied compositions have tetragonal structure with a tendency of the tetragonality to decrease on increasing BT concentration. In a wide concentration range ferroelectric relaxor properties are observed with a spontaneous transition to ferroelectric state at a temperature below the maximum of dielectric permittivity. Only for compositions with low NBT concentration the change of the phase transition character to the traditional ferroelectric-paraelectric phase transition, which is characteristic to pure BT, occurs. The change of diffuseness of the temperature dependence of dielectric permittivity is studied, using the power law. Attention is paid also to the concentration dependence of the thermal hysteresis. Mechanisms, which influence the change of the phase transition character and promote the appearance of the relaxor state, are discussed.

## AUGSTAS ENERĢIJAS JONU IZRAISĪTĀS MEHĀNISKO ĪPAŠĪBU UN STRUKTŪRAS IZMAIŅAS GRAFĪTA POLIKRISTĀLOS

**R. Zabels, J. Maniks, R. Grants**

*Latvijas Universitātes Cietvielu fizikas institūts*

Grafīts ir daudzsološs materiāls nākotnes augstas enerģijas jonu kūļa ierīcēs. Smalkgraudaina izotropa grafīta (R6650, SGL Carbon) struktūras un mehānisko īpašību izmaiņas pēc apstarošanas istabas temperatūrā ar  $^{238}\text{U}$  joniem (2.5 GeV, fluence  $10^{12}$  -  $10^{13}$  joni/cm<sup>2</sup>) pētītas ar nanoindentēšanas un Ramana spektroskopijas metodēm. Salīdzināti nanoindentēšanas procesi polikristāliskā grafīta un HOPG (stipri sakārtotā pirolītiskā grafīta) paraugos un parādītas polikristāliskā grafīta priekšrocības. Indentēšana apstiprina smalkgraudainā grafīta spēju izturēt augstas enerģijas jonu apstarošanu, parādot būtisku Junga moduļa un cietības pieaugumu. Pēc apstarošanas Ramana spektri uzrāda grafīta un stiklveida oglekļa maisījuma veidošanos. Līdzīgas izmaiņas Ramana spektros un Junga modulī novērotas arī ar augstas enerģijas joniem apstarotos HOPG kristālos. Uzsākti pētījumi par temperatūras ietekmi uz apstarošanas izraisīto efektu nanocietībā. Augstām apstarošanas temperatūrām atrasta ievērojama efekta samazināšanās struktūras atjaunošanās rezultātā.

## HIGH ENERGY ION INDUCED CHANGES OF STRUCTURE AND MECHANICAL PROPERTIES IN POLYCRYSTALLINE GRAPHITE

**R. Zabels, J. Maniks, R. Grants**

*Institute of Solid State Physics, University of Latvia*

The graphite is a promising material for future high-energy ion beam facilities. Modifications of the structure and mechanical properties of isotropic fine-grained graphite (grade R6650, SGL Carbon) irradiated with 2.6 GeV  $^{238}\text{U}$  ions at fluences from  $10^{12}$  to  $10^{13}$  ions/cm<sup>2</sup> at room temperature were studied using nanoindentation and Raman spectroscopy. A comparison of indentation behaviour between polycrystalline graphite and HOPG (highly ordered pyrolytic graphite) has been performed and advantages of polycrystalline graphite have been determined. The indentation tests confirm that the fine-grained graphite withstands high-fluence irradiation and shows substantial increase of Young's modulus and hardness. After irradiation the Raman spectrum shows features of a mixture of graphite and glassy carbon. Similar changes of Young's modulus and Raman spectra have been observed on HOPG crystals after irradiations with high energy ions. A study of temperature influence on the irradiation caused effect in nanohardness has been started. A significant decrease of hardening due to restoration of structure has been found at high irradiation temperatures.

# **OPTISKĀS ĪPAŠĪBAS UN DEFEKTI**

## FOSFORA DOPĒTU KRISTĀLISKO UN STIKLVEIDA SILICIJA DIOKSĪDU PĒTĪJUMI

**A.N.Truhins, J. Teteris**

*Latvijas Universitātes Cietvielu fizikas institūts*

Daudziem silīcija materiāliem, kas izgatavoti “normālas” spiediena apstākļos silīcija raksturīgā koordinācija ir 4. Piemēram, alfa-kvarcs, kvarcu stikls, dažādi silikātu stikli. Tanī pašā laikā stiklu gadījumā ir raksturīgas blīvuma fluktuācijas uz lielo vai mazo blīvumu pusi. Tetraedriskā struktūra ar silīcija orbitāļu  $sp^3$  hibridizāciju ļauj eksistēt blīvuma fluktuācijas plašam spektram. Tetraedriski struktūrēts silīcija dioksīda kristāls ar blīvumu ir koezīts ar  $2.915 \text{ g/cm}^3$ . Lielāko blīvumu panāk ar hibridizācijas izmaiņu. oktaedriski koordinēto silīciju, kuram piemīt  $d^2sp^3$  hibridizācija. Attiecīgais kristāls ir stishovīts ar blīvumu  $4.5 \text{ g/cm}^3$ . Fosfosilikata kristālā ( $\text{SiP}_2\text{O}_7$ ) silīcija pamat koordinācija ir 6 un līdz ar to fosfosilikātu pētījumi ļaus apgaismot situāciju ar oktaedriskas struktūras iespaidu pētot fosfosilikātu stiklus salīdzinot tos ar attiecīgiem kristāliem. Mēs pētījām optiskās īpašības fosfosilikātu stiklos un fosfor dopētos alfa-kvarca kristālos. Tika novērota luminiscence šajos materiālos, kura nevienmēr sakrīt kristāla un stikla gadījumos, bet ātrā (40-60 ns) ultravioleta luminiscence, kura ierosinās  $7.6 \text{ eV}$  fotonu enerģijas apgabalā, piemīt abiem materiāliem – stiklam un kristālam. Šī luminiscence ir līdzīga ar skābekļa deficīta saistīto luminiscenci tūrā kvarca stiklā. Iespējamā interpretācija : defekts atbildīgais par šo luminiscenci satur oktaedriski koordinēto silīciju, kura eksistenci stimulē fosfora klātbūtne. Tālākie pētījumi ir nepieciešami.

## STUDY OF PHOSPHORUS DOPED CRYSTALLINE AND GLASSY $\text{SiO}_2$

**A.N.Trukhin, J. Teteris**

*Solid State Physics Institute, University of Latvia*

The main coordination of silicon in many materials, produced in “normal” pressure, is four. The  $\alpha$ -quartz crystal, silica glass, different silicate glasses are example of those materials. However, in the case of glasses the density fluctuations with deviation of density to both directions higher and lower from “normal” are possible. Tetrahedron structure with  $sp^3$  hybridization of silicon orbital allows wide range of fluctuations of density with creation of small rings. Example of dense tetrahedron structured silicon dioxide crystal is coesite with density gravity 2.915. Next modifications are related to principal change of silicon atomic orbital hybridization. High density fluctuation could be related to creation of sixfold-coordination silicon with  $d^2sp^3$  hybridization. phosphosilicate crystal ( $\text{SiP}_2\text{O}_7$ ), possesses mainly sixfold-coordinated silicon, then investigation of properties of that in phosphosilicate glasses should be performed for octahedron structure role clarification. Therefore we have studied samples of phosphosilicate glasses and samples of syntethic crystalline  $\alpha$ -quartz doped with phosphorus. Beside many differences in these samples we had found similar fast (40 – 60 ns) ultraviolet luminescence excited in the range of  $7.6 \text{ eV}$  in them showing similarity with oxygen deficient luminescence of silica. So the possible explanation is proposed: the defect responsible for this luminescence is phosphorus stimulated sixfold coordinated silicon. Further investigations are needed.

## OKSIFLUORĪDU STIKLA KERAMIKAS KATODLUMINISCENCE

**E.Elsts<sup>1</sup>, J.Jansons<sup>1</sup>, U.Rogulis<sup>1</sup>, A.Šarakovskis<sup>1</sup>,  
G.Doķe<sup>1</sup>, A.Stunda<sup>2</sup>, K.Kundziņš<sup>1</sup>**

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

<sup>2</sup>*RTU Rīgas Biomateriālu inovācijas un attīstības centrs*

Mūsu iepriekšējā pētījumā oksifluorīdu stikla paraugiem ar sastāvu  $\text{SiO}_2 \cdot \text{Al}_2\text{O}_3 \cdot \text{Na}_2\text{O} \cdot \text{LaF}_3 \cdot \text{NaF} \cdot \text{Tb}_2\text{O}_3 \cdot \text{YbF}_3$  tika analizēta terbija koncentrācijas ietekme uz to katodluminiscences spektriem un dzišanas laikiem [1]. Šajā referātā tiks apskatīti katodluminiscences spektri un to dzišanas laiki CFI izveidotiem stiklu keramiku paraugiem ar sastāvu  $\text{SiO}_2 \cdot \text{Al}_2\text{O}_3 \cdot \text{Li}_2\text{O} \cdot \text{LaF}_3$ , kas aktivēti ar terbiju, cēriju un eiropiju. Šie paraugi tika pētīti arī ar DTA (Diferenciāli termiskās analīzes), XRD (rentgenstaru difrakcijas), SEM (skenējošās elektronu mikroskopijas) un EDS (enerģijas dispersīvās rentgenstaru spektroskopijas) metodēm. Pēc karsēšanas pie  $750^\circ\text{C}$  visiem ar XRD pētītiem paraugiem tika novērota  $\text{LaF}_3$ ,  $\text{LiAlSiO}_4$  un  $\text{LiLaSiO}_4$  kristalītu veidošanās. Pie  $750^\circ\text{C}$  karsētajam paraugam ar terbija piejaukumiem tika novērots katodluminiscences intensitātes pieaugums un dzišanas laika izmaiņas. Parauga ar cēriju piejaukumiem gadījumā stikla paraugam un karsētajam paraugam katodluminiscences spektra maksimumi bija atšķirīgi, taču to intensitāte bija gandrīz vienāda.

[1] E. Elsts et al., *Latvian Journal of Physics and Technical Sciences*, 5 (2010) p. 48.

## CATHODOLUMNESCENCE OF OXYFLUORIDE GLASS CERAMICS

**E.Elsts<sup>1</sup>, J.Jansons<sup>1</sup>, U.Rogulis<sup>1</sup>, A.Šarakovskis<sup>1</sup>,  
G.Doķe<sup>1</sup>, A.Stunda<sup>2</sup>, K.Kundziņš<sup>1</sup>**

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

<sup>2</sup>*RTU Riga Biomaterials Innovation and Development Centre*

In our previous research we analyzed terbium concentration influence on the cathodoluminescence spectra and decay times of the oxyfluoride glass samples with the composition  $\text{SiO}_2 \cdot \text{Al}_2\text{O}_3 \cdot \text{Na}_2\text{O} \cdot \text{LaF}_3 \cdot \text{NaF} \cdot \text{Tb}_2\text{O}_3 \cdot \text{YbF}_3$  [1]. In this report we will discuss cathodoluminescence spectra and decay times of the terbium, cerium and europium activated glass ceramics with compositions  $\text{SiO}_2 \cdot \text{Al}_2\text{O}_3 \cdot \text{Li}_2\text{O} \cdot \text{LaF}_3$ , which were synthesized at the ISSP. These samples were studied also by DTA (Differential thermal analyzer), XRD (X – ray diffraction), SEM (scanning electron microscope) and EDS (energy dispersive x-ray spectroscopy) methods. The formation of  $\text{LaF}_3$ ,  $\text{LiAlSiO}_4$  and  $\text{LiLaSiO}_4$  crystallites were observed by XRD after heating at  $750^\circ\text{C}$  for all studied samples. Enhancement of the cathodoluminescence intensity and changes of decay times have been observed after annealing of terbium doped samples at  $750^\circ\text{C}$ . In the case of cerium doped oxyfluorides cathodoluminescence spectral shapes of glass samples and annealed samples were different, but with almost the same intensity.

[1] E. Elsts et al., *Latvian Journal of Physics and Technical Sciences*, 5 (2010) p. 48.

## FOTOLUMINISCENCE AR Nd<sup>3+</sup> UN Er<sup>3+</sup> AKTIVĒTĀ NaLaF<sub>4</sub> MATERIĀLĀ

**G.Doķe, M.Voss, J.Grūbe, A.Šarakovskis, M.Springis**

*Latvijas Universitātes Cietvielu fizikas institūts*

Šī darba mērķis ir izpētīt Nd<sup>3+</sup> un Er<sup>3+</sup> jonu koncentrācijas ietekmi uz fotoluminiscences procesiem NaLaF<sub>4</sub> materiālā, īpašu uzmanību veltot atšķirīgajiem sarkanās luminiscences joslas (ap 660 nm) rašanās mehānismiem.

Darba gaitā ir sintezēti vairāki ar Er<sup>3+</sup> un Nd<sup>3+</sup> aktivēti NaLaF<sub>4</sub> paraugi. Mainot aktivātoru koncentrāciju un ierosmes gaismas viļņa garumus, tika novērotas izmaiņas luminiscences spektros un kinētikās.

Balstoties uz eksperimentāli iegūtajiem rezultātiem, tiks spriests par aktivātoru koncentrāciju ietekmi uz luminiscences spektra formu un sarkanās luminiscences joslas rašanās mehānismiem šajos materiālos.

*Pateicības: Autori pasakās Valsts Pētījumu Programmas IMIS 1.projekta, kā arī ESF projekta 2009/0202/1DP/1.1.1.2.0/09/APIA/VIAA/141 finansiālajam atbalstam*

## PHOTOLUMINESCENCE OF Nd<sup>3+</sup> AND Er<sup>3+</sup> DOPED NaLaF<sub>4</sub> MATERIAL

**G.Doke, M.Voss, J.Grube, A.Sarakovskis, M.Springis**

*Institute of Solid State Physics, University of Latvia*

The aim of this work was to investigate effects on photoluminescence processes in NaLaF<sub>4</sub> material, paying special attention to generation mechanisms of the red luminescence band (around 660 nm), at different Nd<sup>3+</sup> and Er<sup>3+</sup> concentrations.

In the course of this research several NaLaF<sub>4</sub> samples doped with different Er<sup>3+</sup> and Nd<sup>3+</sup> concentrations were synthesized. Variations of the activators concentrations and excitation wavelength resulted in the variations in the luminescence spectra and kinetics.

Based on the obtained results, the impact of activator concentration on the luminescence and the red band generation mechanisms in these materials are discussed.

*Acknowledgements: the financial support of State Research Program IMIS (project 1) as well as ESF project 2009/0202/1DP/1.1.1.2.0/09/APIA/VIAA/141 is highly appreciated*

## **Er<sup>3+</sup> ZAĻĀS LUMINISCENCES DZIŠANAS KINĒTIKU ANALĪZE NaLaF<sub>4</sub> MATRICĀ**

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

Intensīva zaļā luminiscence, kurai ir svarīga praktiska nozīme, ir novērojama ar Er<sup>3+</sup> joniem aktivētos materiālos, tai skaitā NaLaF<sub>4</sub>:Er<sup>3+</sup>. Zaļās luminiscences dzišanas kinētika var mainīties atkarībā no Er<sup>3+</sup> jonu koncentrācijas NaLaF<sub>4</sub> materiālā, jo notiek dažādi ierosmes enerģijas relaksācijas mehānismi.

Darba gaitā tika sintezēti ar dažādām Er<sup>3+</sup> jonu koncentrācijām aktivēti NaLaF<sub>4</sub> paraugi. Pētot NaLaF<sub>4</sub> ar dažādām Er<sup>3+</sup> jona koncentrācijām, tika novērotas zaļās luminiscences (atbilst pārejai no <sup>4</sup>S<sub>3/2</sub> uz <sup>4</sup>I<sub>15/2</sub> līmeni) kinētikas izmaiņas. Šīs izmaiņas tiek skaidrotas ar dažādiem enerģijas pārdeves procesiem starp Er<sup>3+</sup> joniem.

No iegūtajiem eksperimentālajiem rezultātiem tiks spriests par galvenajiem enerģijas pārdeves procesiem un to saistību ar Er<sup>3+</sup> jonu koncentrāciju.

*Pateicības: autori pasakās Valsts Pētījumu Programmas IMIS 1.projekta, kā arī ESF projekta 2009/0202/1DP/1.1.1.2.0/09/APIA/VIAA/141 finansētajam atbalstam.*

## **Er<sup>3+</sup> GREEN LUMINESCENCE DECAY KINETICS ANALYSIS IN NaLaF<sub>4</sub>**

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

Intensive green luminescence band, which has a wide practical application, is observed in Er<sup>3+</sup> ion doped materials, including NaLaF<sub>4</sub>:Er<sup>3+</sup>. Luminescence decay kinetics can vary in relation to Er<sup>3+</sup> ion concentration in NaLaF<sub>4</sub> material because several energy transfer processes can occur.

In this work Er<sup>3+</sup> doped NaLaF<sub>4</sub> at different Er<sup>3+</sup> concentrations was synthesized. Studying of NaLaF<sub>4</sub> doped with different Er<sup>3+</sup> ion concentration reveals that there was changes in the green luminescence (origin from <sup>4</sup>S<sub>3/2</sub> to <sup>4</sup>I<sub>15/2</sub> transition) decay kinetic. These changes are interpreted as energy transfer processes between Er<sup>3+</sup> ions.

Based on the experimental results peculiarities of energy transfer processes and their variation at different Er<sup>3+</sup> content will be discussed.

*Acknowledgements: the financial support of State Research Program IMIS (project 1) as well as ESF project 2009/0202/1DP/1.1.1.2.0/09/APIA/VIAA/141 is highly appreciated.*



## TRĪSKOMPONENŠU NANOMATERIĀLA AlGaN LUMINISCENCE

**J. Grigorjeva, B. Bērziņa, L. Trinklere, A. Šarakovskis**  
*Latvijas Universitātes Cietvielu fizikas institūts*

Trīskomponenšu savienojumu AlGaN veido divi platzonu materiāli AlN un GaN, kurus raksturo aizliegtās enerģijas zonas ar atšķirīgiem platumiem  $E_g$  (attiecīgi 6,2 eV un 3,2 eV), un, kas kopā veido cietu šķīdumu ar kopīgu  $E_g$ , kura lielums ir atkarīgs no Al un Ga atomu koncentrāciju attiecības materiālā. Tādēļ, mainot Al un Ga komponentu attiecību  $Al_{1-x}Ga_xN$ , ir iespējams mainīt materiāla  $E_g$  atbilstoši plašam ultravioletās gaismas spektra rajonam, nodrošinot materiāla pielietojumu gaismu emitējošās ierīcēs.

$Al_{1-x}Ga_xN$  kvazi viendimensiju (1D) un divu dimensiju (2D) nanostruktūras (nanostieņi un plānās kārtiņas) tika sintezētas Taivānas Nacionālā Universitātē, Kondensētās vielas zinātņu centrā, lietojot dažādas metodes (MOCVD un MBE uc.). Turpat tika veikta arī materiālu izpēte ar XRD, SEM un TEM metodēm.

Šajā darbā sintezētiem materiāliem –  $Al_{1-x}Ga_xN$  nanostieņiem un plānām kārtiņām (4 paraugi) tika veikta spektrālo raksturojumu izpēte. Tika pētīti luminiscences spektri plašā temperatūru rajonā no 8 K līdz 300 K, ierosinot materiālus ar 266 nm un 310 nm lāzera starojuma impulsiem. Tika novērota eksitonu luminiscences josla, kas atrodas spektra rajonā no 320 nm līdz 400 nm, un tika konstatēts, ka tās maksimuma novietojums ir atkarīgs no lieluma  $x$ , kas raksturo  $Al_{1-x}Ga_xN$  materiālu.

## LUMINISCENCE OF TERNARY NANOSTRUCTURE AlGaN

**J. Grigorjeva, B. Berzina, L. Trinkler, A. Sharakovskis**  
*Institute of Solid State Physics, University of Latvia*

Ternary compound AlGaN consists of two wide band gap components AlN and GaN with different band gaps  $E_g$  (6,2 eV and 3,2 eV, respectively) forming solid solution with common  $E_g$  depending on reciprocal concentration of Al and Ga atoms in material. Therefore, variation of concentration of Al and Ga components in  $Al_{1-x}Ga_xN$  allows obtain material with variable band gap corresponding to wide spectral range of ultraviolet light providing its application in light emitting devices.

Quazi one-dimensional (1D) and two dimensional (2D) nanostructures of  $Al_{1-x}Ga_xN$  (nanorods and thin layers) were synthesized using different methods (MOCVD, plasma assisted MBE et.al) in Taiwan National University, Center for Condensed Matter Sciences. Material characterization using XRD, SEM and TEM methods was also carried out in Taiwan University.

Spectral characterization of synthesized materials (nanorods and thin layers, 4 samples) was performed. The luminescence spectra were measured within wide temperature range from 8 K up to 300 K under sample excitation with laser light pulses at 266 nm and 310 nm. It was found that the exciton related luminescence band is observed within the spectral range of 320 nm – 400 nm and location of its maximum depends on value  $x$  characterizing the  $Al_{1-x}Ga_xN$  material.

**PARAMAGNĒTISKĀ JONA  $Mn^{2+}$  IZMANTOŠANA  $CaF_2$ ,  $BaF_2$  UN  $SrF_2$   
KRISTALĪTU STRUKTŪRAS PĒTĪŠANAI OKSIFLUORĪDU  
STIKLA KERAMIKĀS**

**O. Kiseļova, A. Fedotovs, Dz. Bērziņš, A. Šarakovskis**  
*Latvijas Universitātes Cietvielu fizikas institūts*

Oksifluorīdu stikla keramikas ir perspektīvi materiāli, kuros, termiski apstrādājot, izveidojas nanoizmēru kristālisku fāžu ieslēgumi (kristalīti) un kuru īpašības ir atkarīgas no šo kristalītu struktūras.

Lai izpētītu oksifluorīdu stikla keramikās esošo kristalītu struktūru, tajās tiek ievadīti piemaisījuma joni ar izteiktām paramagnētiskām īpašībām. Tādējādi var izmantot atbilstošu struktūrjutīgu pētniecisko metodi - elektronu paramagnētisko rezonansi (EPR).

Referātā tiks aplūkoti ar EPR eksperimentālo metodi iegūtie spektri  $CaF_2$ ,  $BaF_2$  un  $SrF_2$  kristalītus saturošos oksifluorīdu stikla keramikas paraugos, kā paramagnētisko zondi izmantojot  $Mn^{2+}$  jonu. Iegūtie spektri tiek interpretēti, salīdzinot tos ar  $Mn^{2+}$  jona EPR spektriem attiecīgajos  $CaF_2$ ,  $BaF_2$  un  $SrF_2$  pulverveida paraugos, kā arī balstoties uz teorētiski aprēķinātajiem spektriem, kuru pamatā ir mangāna superhipersīkstruktūras mijiedarbība ar noteiktu skaitu apkārtesošiem fluora atomu kodoliem.

**PARAMAGNETIC ION  $Mn^{2+}$  FOR STRUCTURES STUDIES OF  $CaF_2$ ,  $BaF_2$  AND  
 $SrF_2$  CRYSTALLITES IN OXYFLUORIDE GLASS CERAMICS**

**O. Kiselova, A. Fedotovs, Dz. Berzins, A. Sarakovskis**  
*Institute of Solid State Physics, University of Latvia*

Oxyfluoride glass ceramics are perspective materials which form nano-sized crystalline inclusions (crystallites) upon heat treatment, and their properties depend on the structure of these crystallites.

In order to obtain information about structure of the formed crystallites, ion with explicit paramagnetic properties should be entered into the glass ceramics. Therefore one can use appropriate structure sensitive research method – electron paramagnetic resonance (EPR).

In this report experimentally obtained EPR spectra of the  $CaF_2$ ,  $BaF_2$  and  $SrF_2$  crystallites in the oxyfluoride glass ceramics doped with  $Mn^{2+}$  ion as a paramagnetic probe will be discussed. The obtained spectra are interpreted by comparing them to EPR spectra of  $Mn^{2+}$  ion in the  $CaF_2$ ,  $BaF_2$  and  $SrF_2$  powder samples, and theoretically calculated spectra which are based on the superhyperfine interaction of the manganese ion with a certain number of surrounding fluorine nuclei.

## POLARIZĀCIJAS REŽĢU RELAKSĀCIJA ORGANISKĀS UN NEORGANISKĀS KĀRTIŅĀS

**A.Ozols, V.Kokars, P.Augustovs, K.Ķēniņš, K.Traskovskis, E.Zariņš**  
*Rīgas Tehniskās Universitātes Materiālzinātnes un lietišķās ķīmijas fakultāte*

Eksperimentāli ir izpētīta ar dažādu polarizāciju (lineāras *s-s*, *p-p*, *s-p* polarizācijas, cirkulāras ortogonālas C-1, C-2 polarizācijas) lāzerstariem ierakstītu hologrāfisko režģu (HR) tumsas relaksācija neorganiskā a-As<sub>2</sub>S<sub>3</sub> kārtiņā un organiskā molekulārā azostikla W-50 kārtiņā istabas temperatūrā viena mēneša laikā. HR periodi bija 2 μm, ieraksta viļņa garums – 532 nm, nolases viļņa garums-633 nm. Ierakstošās gaismas intensitāte – 1.76 W/cm<sup>2</sup>. Ierakstot tika mērīta pašdifrakcijas efektivitāte (PDE), bet pētot HR relaksāciju – difrakcijas efektivitāte (DE). Amorfā As<sub>2</sub>S<sub>3</sub> kārtiņā maksimālās PDE un DE vērtības - 3.0% un 17.3%- tika sasniegtas attiecīgi ar C-1 un *p-p* polarizācijām. W-50 kārtiņā tās bija 19% un 16.7% C-2 polarizācijas gadījumā. Abos materiālos relaksācijas kinētika bija līdzīga: asimetriskas DE oscilācijas ap vidējo vērtību, kas bija tuva sākotnējai W-50 gadījumā, bet nedaudz pieauga a-As<sub>2</sub>S<sub>3</sub> gadījumā. Oscilāciju vidējā kvadrātiskā vērtība (OVKV) abos materiālos bija stipri atkarīga no ieraksta polarizācijas un auga sekojošā secībā: C-1, *p-p*, C-2. Vislielākā OVKV tika novērota *s-s* polarizācijām a-As<sub>2</sub>S<sub>3</sub> kārtiņā un *s-p* polarizācijām W-50 kārtiņā. Novērojumu iespējamie skaidrojumi tiks doti referātā.

## RELAXATION OF POLARIZATION GRATINGS IN ORGANIC AND INORGANIC FILMS

**A.Ozols, V.Kokars, P. Augustovs, K.Kenins, E.Zarins**  
*Faculty of Material Science and Applied Chemistry, Riga Technical University*

Dark relaxation during a month of holographic gratings (HG) recorded with differently polarized laser beams (with linear *s-s*, *p-p*, *s-p* polarizations and with orthogonal C-1 and C-2 polarizations) in an inorganic a-As<sub>2</sub>S<sub>3</sub> film and in an organic W-50 film at room temperature has been experimentally studied. HG periods were 2 μm, recording wavelength was 532 nm, readout wavelength was 633 nm. Recording light intensity was 1.76 W/cm<sup>2</sup>. Self-diffraction efficiency (SDE) was measured during the recording and diffraction efficiency (DE) was measured during the relaxation studies. The maximal SDE and DE values of 3.0% and 17.3% have been achieved with C-1 and *p-p* polarizations, respectively, in the a-As<sub>2</sub>S<sub>3</sub> film. The maximal SDE and DE values in the W-50 film were 19% and 16.7% achieved with C-2 polarization. Dark relaxation kinetic was similar in both materials. Asymmetric oscillations around the average DE level were observed. This average level was close to the initial DE in the case of W-50 film, and it was slightly growing in the case of a-As<sub>2</sub>S<sub>3</sub> film. The root mean square value of oscillations (RMSVO) in both materials strongly depended on recording polarizations. They were growing in the following order: C-1, *p-p*, C-2. The maximum RMSVO took place in the case of *s-s* and *s-p* polarizations for a-As<sub>2</sub>S<sub>3</sub> and W-50 films, respectively. Possible explanations of the observations will be given in the talk.

## **FOTOINDUCĒTIE PROCESI AZO-KRĀSVIELU UN BEZŪDENS ŽELATĪNA KĀRTIŅĀS**

**J. Aleksejeva, J. Teteris**

*Latvijas Universitātes Cietvielu fizikas institūts*

Šajā darbā tika pētīti fotoinducētie procesi azokrāsvielu-želatīna kārtiņās. Paraugi tika izgatavoti leģējot azokrāsvielas – Disperse Red 1, Disperse Red 13, Amido Black un metilēnzilo bezūdens želatīna matricā, par šķīdinātāju izmantojot dimetilsulfoksīdu un etiķskābi.

Mainot pH, vielu koncentrāciju un paraugu biezumu, izgatavotos paraugos tika pētītas fotoinducētā dihroisma un dubultlaušanas īpašības pie 532nm un 634nm lāzera starojuma.

## **PHOTOINDUCED PROCESS IN AZO-DYED NON-AQUEOUS GELATIN MATRIX**

**J. Aleksejeva, J. Teteris**

*Institute of Solid State Physics, University of Latvia*

In this report photoinduced processes in azo-dyed gelatin thin films were studied. Samples were prepared by adding azo-dyes - Disperse Red 1, Disperse Red 13, Amido Black and methylenblue into non-aqueous gelatin matrix. As gelatine solvents dimethylsulfoxide and acetic acid were used.

Different sample were prepared by changing pH, material concentration and thickness of the sample, then photoinduced dihydroism and birefringence were investigated at 532nm and 634nm laser radiation.

## NANOSTRUKTURĒTAS HALKOGENIDU As-Se-S PLĀNAS KĀRTIŅAS

**V.Kolbjonoks<sup>1</sup>, V.Gerbreders<sup>1</sup>, J.Teteris<sup>2</sup>, A.Bulanovs<sup>2</sup>**

*<sup>1</sup>Daugavpils Universitāte, IMC*

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

Plāno As-Se-S halkogenidu kārtiņu nanostrukturēšanas iespējas izmantojot elektronu staru pētīti šajā rakstā. Pēc apstarošanas ar elektronu kūli halkogenidu plānas kārtiņas attīstās sārmainā amīnu šķīdinātājā ar augstu selektivitāti. Šķīšanas ātrums ir lineāri proporcionāls elektronu dozai. Augstā izšķirtspēja un labas kvalitātes nano struktūru profila formas, iegūti izmantojot halkogenidu plānas kārtiņas. Attīstītā parauga augstums tiek kontrolēts mainot elektronu dozu, apstarošanas laikā. Šīs īpašības padara paņēmieni ievērojami un var pielietot optikā un mikro-elektro-mehānisku sistēmu jomā (MEMS). Mēs piedāvājam datus, kurus var izmantot, lai labāk izprastu dažādu atkarību un tādēļ panākt labākus profila un virsmas izpratni.

## NANOSTRUCTURED CHALCOGENIDE As-Se-S THIN FILMS

**V.Kolbjonoks<sup>1</sup>, V.Gerbreders<sup>1</sup>, J.Teteris<sup>2</sup>, A.Bulanovs<sup>2</sup>**

*<sup>1</sup>Daugavpils University, IMC Physics Department*

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

Nanostructuring capabilities of As-Se-S chalcogenide (ChG) glasses using electron beam (EB) lithography have been investigated in this study. After exposure with EB the thin films of these inorganic glasses can be etched in alkaline amine solvent with high selectivity. Dissolution rate is linearly proportional to the electron. High resolution, smooth shaped nanostructures have been fabricated using ChG thin films. Height of developed pattern can be controlled through changing applied electron dose. These characteristics make the technique greatly applicable in the fields of photonics, optics and micro-electro-mechanical-systems (MEMS). We present data that can be used to better understand the different dependencies and therefore achieve better profile and surface roughness management.

## RETZEMJU ELEMENTU AKTIVĒTU ALUMINĀTU LUMINESCENTĀS ĪPAŠĪBAS

**V.Liepiņa, K.Šmits, L.Grigorjeva, D.Millers**  
*Latvijas Universitātes Cietvielu fizikas institūts*

Energoefektīvu ierīču izstrādē pastiprinātu interesi ir piesaistījuši ilgi spīdoši fosfori – materiāli, kuru luminiscenci novēro vēl vairākas stundas pēc ierosmes avota izslēgšanas. Šobrīd labākie rezultāti ir iegūti, izmantojot ar retzemju elementiem aktivētus sārmmetālu aluminātus un arī silikātus (pēc literatūras datiem SrAl<sub>2</sub>O<sub>4</sub>: Eu Dy pēc ierosmes avota izslēgšanas spīd ilgāk kā 30 h, labas luminiscentās īpašības uzrāda arī citi stroncija aluminātu kompleksie oksīdi). Plaša izpēte šobrīd tiek veltīta dažādām modifikācijām (izmaiņām sintēzē, piejaukumvielu koncentrācijā, u.t.t.) šo fosforu efektivitātes (ilga luminiscences dzišana, augsts kvantu iznākums) palielināšanas nolūkā, kas novestu pie vēl plašākām to izmantošanas iespējām.

Ilgī spīdošos fosforos ierosmes rezultātā retzemju elementiem tiek izmainīts lādiņu stāvoklis un pēc ierosmes pārtraukšanas lādiņi (caurumi, elektroni) tiek pakāpeniski atbrīvoti, to rekombinācija ir ilgās spīdēšanas cēlonis. Nav detalizētu pētījumu par to, kā mainās lādiņu ķerājcentru līmeņu dziļums atkarībā no materiālu sintēzes metodēm, iespējamajiem piemaisījumiem un termiskā apstrādes. Mūsu gadījumā tika sintezēti ar Eu, Dy aktivēti stroncija alumināti ar cietās fāzes sintēzes, sol gel u.c. metodēm, ar rentgendifrakcijas analīzes metodi tika noskaidrota šo materiālu struktūra un fāzes. Tika veikti paraugu luminiscento īpašību mērījumi – luminiscences dzišanas kinētikas un spektrālais sastāvs, kā arī termostimulētā luminiscence, lai iegūtu informāciju par lādiņu ķerājcentru dziļumu un par iespējamo ierosinājumu modeli. Iegūtie rezultāti tiks izmantoti turpmākos pētījumos, lai mērķtiecīgi mainītu materiāla luminiscentās īpašības.

## THE LUMINESCENT PROPERTIES OF RARE EARTH DOPED ALUMINATES

**V.Liepiņa, K.Šmits, L.Grigorjeva, D.Millers**  
*Institute of Solid State Physics, University of Latvia*

Long lasting phosphors (materials with afterglow that lasts several hours after the elimination of the excitation source) have attracted the interest due to the wide range of possible applications in energoeffective appliances. At this point the best luminescent properties are exhibited by alkali-earth aluminates doped with rare earth ions (the literature notes that after irradiation the afterglow of SrAl<sub>2</sub>O<sub>4</sub>: Eu Dy lasts longer than 30 hours, other strontium aluminate complex compounds exhibit good luminescent properties as well). Large attention is now stressed on the modifications – the differences in synthesis, concentration of dopants etc. in order to enhance the efficiency of these phosphors – longer lasting afterglow, high quantum efficiency – in order to broaden the range of possible applications.

As a result of the irradiation the dopant is recharged and after the end of irradiation the charges (electrons, holes) are gradually released and its mutual recombination is the reason of the long lasting afterglow. There is no detailed research on how the depth of the charge carrier levels changes as the method of synthesis, the dopants and the thermal processing differs. In our case strontium aluminates doped with Eu and Dy were synthesized with different methods, the structure and phase differences of the obtained materials were determined by X-ray diffraction method. Luminescent properties of the materials were studied– the decay kinetics, thermally stimulated luminescence, and the luminescence spectra. The study was conducted in order to obtain information about the depth of the charge carrier trap level depth and the possible model of excitation. The results will be used in further research in order to purposefully alter the luminescent properties of the materials.

# MANGĀNA, HROMA UN DZELZS JONU OPTISKĀS ĪPAŠĪBAS APSTAROTOS OKSĪDU KRISTĀLOS

V. Skvorcova

*Latvijas Universitātes Cietvielu fizikas institūts*

Oksīda kristāli, tādi kā magnija oksīds, magnija alumīnija špinelis, itrija alumīnija granāts un citi tiek plaši izmantoti. Piemaisījumu jonu veids, atrašanās vieta režģī un oksidācijas stāvoklis būtiski ietekmē materiālu īpašības. Pašlaik vēl nav pilnībā izveidota izpratne par pārejas metālu piemaisījumu lomu magnija oksīda (MgO), magnija alumīnija špineļos (MgO·nAl<sub>2</sub>O<sub>3</sub>) un itrija alumīnija granātā (Y<sub>3</sub>Al<sub>5</sub>O<sub>12</sub>) optiskajā absorbcijā un fotoluminiscencē, īpaši attiecībā uz neitronu apstarošanas iedarbību šajos materiālos. Darbā tiek pētīti fotoluminiscence (PL) un absorbcijas spektri MgO, MgO·nAl<sub>2</sub>O<sub>3</sub> un Y<sub>3</sub>Al<sub>5</sub>O<sub>12</sub> paraugiem ar dažādām dzelzs jonu piemaisījumu koncentrācijām pēc apstarošanas ar ātriem neitroniem.

Visiem kristāliem luminiscences spektros tika konstatētas šauras līnijas, kas ir saistītas ar Cr<sup>3+</sup> joniem. Zaļā luminiscence tiek novērota sintētiskos stehiometriskos un nestehiometriskos špineļos ar mangāna piemaisījumu. Pēc neitronu apstarošanas MgO·Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> ar 0,1 mas.% Mn fotoluminiscences spektrā parādās 570 nm josla. Itrija alumīnija granātā (Y<sub>3</sub>Al<sub>5</sub>O<sub>12</sub>) ar Mn piemaisījumu pēc apstarošanas absorbcijas spektros papildus parādās joslas ar maksimumiem 549,5, 595,2 un 714,3 nm. Joslu 370 un 500 nm intensitātes palielinās, bet 830 nm joslas intensitāte samazinās. Luminiscences joslas granātu kristālos pēc neitronu apstarošanas paplašinās. Papildus absorbcijas joslas un luminiscences joslas paplašināšanas kristālos ir saistīti vai nu ar piemaisījumu jonu simetrijas izmaiņu no oktaēdriskās līdz tetragonālās vai arī ar apmaiņas mijiedarbību starp radiācijas defektiem un piemaisījumu joniem neitronu apstarošanas laikā.

## OPTICAL PROPERTIES OF MANGANESE, CHROMIUM AND IRON IONS IN IRRADIATED OXIDE CRYSTALS

V. Skvortsova

*Institute of Solid State Physics, University of Latvia*

Oxide crystals such as magnesium oxide, magnesium aluminum spinel, yttrium aluminum garnet and other have extensive application. The type, site distribution and oxidation state of dopant ions strongly influence the properties of materials. The current understanding of the role of transition metal impurities in optical absorption and photoluminescence in magnesium oxide (MgO), magnesium aluminum spinel (MgO·nAl<sub>2</sub>O<sub>3</sub>) and yttrium aluminum garnet (Y<sub>3</sub>Al<sub>5</sub>O<sub>12</sub>) is not yet completely established, particularly in relation to the effect of neutron irradiation in this material. The photoluminescence (PL) and optical absorption of MgO, MgO·nAl<sub>2</sub>O<sub>3</sub> and Y<sub>3</sub>Al<sub>5</sub>O<sub>12</sub> containing transition metal ions and defects produced by fast neutron irradiation are investigated.

In all crystals several zero-phonon lines were observed in the region of the Cr<sup>3+</sup> ion electron transition  ${}^2E_g \rightarrow {}^4A_{2g}$ . Green emission has been observed in synthetic stoichiometric and nonstoichiometric spinel with manganese impurity. After irradiation a band at 570 nm appears in photoluminescence spectra of MgO·Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> crystal containing 0.1 mass% of manganese. After neutron irradiation in absorption spectra of Y<sub>3</sub>Al<sub>5</sub>O<sub>12</sub> containing manganese impurities additional bands with maxima 549,5, 595,2 and 714,3 nm appear. The 370 and 500 nm bands intensity increases but the 830 nm band intensity decreases. After irradiation in the luminescence spectra of garnet crystals band broadening is observed. Probably, appearance of addition lines and luminescence bands broadening in investigated crystals is connected either with impurity ion symmetry change from octahedral to tetragonal or with exchange interaction between radiation defect and impurity ions during neutron irradiation.

# **STENDA REFERĀTI**



## IESPĒJA MODELISKI INTERPRETĒT $^{188}\text{Re}$ KODOLA LĪMEŅUS LĪDZ 2 MeV ENERĢIJAI

**J.Bērziņš, Ļ.Simonova, M.Balodis, T.Krasta, V. Bondarenko, M.Jentschel<sup>1</sup>,  
W.Urban<sup>1</sup>, I.Tomandl<sup>2</sup>**

*Latvijas Universitātes Cietvielu fizikas institūta Radiācijas fizikas laboratorija*

<sup>1</sup>*Institut Laue-Langevin, Grenoble, France*

<sup>2</sup>*Research Centrum, Rež, Czech Republic*

Mūsu iepriekšējais nepāru-nepāru kodola  $^{188}\text{Re}$  pētījums [1] pamatā balstījās uz  $\gamma\gamma$ -sakrišanu analīzi. Tas ļāva paplašināt agrāko [2]  $^{188}\text{Re}$  līmeņu shēmu līdz 800 keV enerģijai, interpretējot šo līmeņu struktūru līdz apmēram 500-600 keV. Ar kristāldifrakcijas spektrometru GAMS5 (ILL, Grenoble) nomērīto spektru analīze deva iespēju iegūt  $^{188}\text{Re}$  līmeņu shēmu līdz pāri par 1500 keV enerģijai, kā arī paplašināt shēmas interpretēto daļu līdz vidējo enerģiju apgabalam 500-1000 keV. Shēmas interpretācijai, papildus standarta aksiāli-simetriskam Nilsona daļiņas plus rotatora modelim, tika izmantota pieeja, kas balstās uz kodola serdes neaksialitātes ievērošanu (skat., piem., [3]). Ar neaksiālo deformāciju saistītās struktūras tika novērotas arī nesenajos kaimiņu nepāru kodolu pētījumos [4].

## MODEL INTERPRETATION POSSIBILITIES FOR LEVELS OF THE $^{188}\text{Re}$ NUCLEUS UP TO ABOUT 2 MeV ENERGY

**J.Bērziņš, Ļ.Simonova, M.Balodis, T.Krasta, V. Bondarenko, M.Jentschel<sup>1</sup>,  
W.Urban<sup>1</sup>, I.Tomandl<sup>2</sup>**

*Radiation Physics Laboratory, Institute of Solid State Physics, University of Latvia*

<sup>1</sup>*Institut Laue-Langevin, Grenoble, France*

<sup>2</sup>*Research Centrum, Rež, Czech Republic*

Our previous study [1] of the doubly odd  $^{188}\text{Re}$  nucleus was based mainly on  $\gamma\gamma$ -coincidences. It allowed to extend the earlier  $^{188}\text{Re}$  level scheme [2] up to 800 keV energy, and to provide its structure interpretation – up to about 500-600 keV. Analysis of crystal diffraction spectra, measured with GAMS5 at ILL, allowed to obtain level scheme of  $^{188}\text{Re}$  up to more than 1500 keV, as well as to extend its model interpretation to medium energy range of about 500-1000 keV. Approaches beyond axially-symmetric Nilsson particle-plus-rotor model (see, e.g., [3]) have been used. This is in agreement with recent observations in structure of neighbouring odd nuclei [4].

[1] M.Balodis et al., Nucl.Phys.A 847 (2010) 121.

[2] E.B. Shera et al., Phys.Rev.C 6 (1972) 537.

[3] S.E.Larsson, G.Leander and I.Ragnarsson, Nucl.Phys.A 307 (1978) 189.

[4] V.Bondarenko et al., Nucl.Phys.A 856 (2011) 1.

## SLAPINĀŠANAS PROCESU IZPĒTE UZ Li UN TĒRAUDA SS316L KONTAKTVIRSMAS, IZMANTOJOT MIKROSTRUKTŪRAS ANALĪZI

**E.Platacis, F.Muktepāvela<sup>1</sup>, A.Šiško, A.Sobolevs, A.Kļukins, A.Ziks**

*Latvijas Universitātes Fizikas institūts*

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

Mūsdienu kodolsintēzes iekārtu projektos liela uzmanība tiek pievērsta ar plazmu kontaktējošo divertora materiālu meklēšanai. Litījs ir viens no vadošajiem kandidātiem, bet tā izmantošana saistīta ar šķidra superplāna (0.1mm) Li slāņu plūsmas iegūšanu, ko pat laboratorijas apstākļos eksperimentu veikšanai ir grūti izdarīt. Viena no galvenajām problēmām ir pilnas slapināšanas litijam ar tērauda pamatni iegūšana. Darba mērķis bija izpētīt slapināšanas procesus atkarībā no virsmas tīrības un temperatūras. Lai veiktu eksperimentus ar tīru šķidrā litija brīvo virsmu, LU Fizikas institūtā izstrādāta un izgatavota speciālā vakuuma iekārta, kas ļauj iegūt vienmērīgu litija slāņa plūsmu pa tērauda SS316L pamatnes slīpo virsmu. Iekārta ļauj veikt eksperimentus pie dažādām temperatūrām – līdz 500 °C, un optiski fiksēt eksperimenta norisi.

Slapināšanas novērtēšana veikta LU CFI izmantojot mikrostruktūras analīzi mikroskopā Nikon Eclipse L150. Paraugu aizsardzībai pret oksidēšanos tie bija pārklāti ar plānu vakuuma eļļas slāni. Rezultāti parādīja, ka tērauda oksīds sekmē slapināšanu, savukārt Li<sub>2</sub>O nemijiedarbojas ar tēraudu un ir šķērslis slapināšanai. Tīra Li virsma slapina tēraudu jau pie 350°C. Li izplūšanas ātrumam ir eksponenciāla atkarība no temperatūras.

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

## MICROSTRUCTURAL ANALYSIS OF THE WETTING PROCESSES ON STEEL SS316L/Li INTERFACES

**E.Platacis, F.Muktepāvela<sup>1</sup>, A.Shishko, A.Sobolev, A.Kļukin, A.Zik**

*Institute of Physics, University of Latvia,*

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

In projects of modern nuclear fusion devices a large portion of effort is spent in finding suitable material that will be in the contact with the plasma in the diverter. Lithium is one of the leading candidates for this role. Nevertheless, the utilization of Li requires flow of ultrathin (100 μm) clean layers of liquid metal, which is a challenging task to solve even in the controlled environment of a laboratory. One of the main problems is achieving complete wetting of Li with the steel substrate. The aim of this work was to investigate how the surface contamination and temperature influences wetting processes. To conduct the experiments with a pure surface of liquid lithium, a specialized vacuum setup was designed and manufactured at the Institute of Physics (University of Latvia). This setup allows obtaining a steady flow of liquid lithium on a tilted steel SS316L substrate with the options to change temperature (up to 500 °C) and optically observe the whole process.

The evaluation of wetting was performed at the Institute of Solid State Physics (University of Latvia) on an optical microscope Nikon Eclipse L150 by analyzing microstructure. To protect the samples from oxidation of lithium they were coated with a thin layer of vacuum oil. The results show that the steel oxides have a positive influence on wetting whereas Li<sub>2</sub>O does not interact with steel and interferes. A clean lithium surface wets the surface of steel already at 350°C. The spreading rate of lithium exponentially depends on the temperature.

*The work has been done within ERAF project N° 2010/0262/2DP/2.1.1.1.0/10/APIA/VIAA/176 .*

## TERMISKĀS APSTRĀDES IETEKME UZ LITIJA ORTOSILIKĀTA RADIĀCIJAS STABILITĀTI UN RADIOLĪZI GAISA ATMOSFĒRĀ

A. Zariņš<sup>1</sup>, G. Ķizāne<sup>1</sup>, A. Supe<sup>1</sup>, L. Baumanē<sup>1</sup>, A. Bērziņš<sup>2</sup>, Dz. Rašmane<sup>3</sup>, I. Šteins<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Latvijas Universitātes Ķīmiskās fizikas institūts, <sup>2</sup>Latvijas Universitātes Ķīmijas fakultāte,

<sup>3</sup>Rīgas Tehniskās universitātes Neorganiskās ķīmijas institūts

Pašlaik viena no perspektīvākajām tritiju ģenerējošām keramikām kodolsintēzes reaktoriem ir nestehiometriskās  $\text{Li}_4\text{SiO}_4$  minilodītes ( $90\pm 3\%$   $\text{Li}_4\text{SiO}_4$  un  $10\pm 3\%$   $\text{Li}_2\text{SiO}_3$ ). Pakļaujot tās ilglaicīgi (120 stundas) paātrināto elektronu starojuma (dozas jauda –  $24,4 \text{ kGy}\cdot\text{s}^{-1}$ ) iedarbībai,  $300\pm 20^\circ\text{C}$ , gaisa atmosfērā, tām ir  $\sim 130$  reizes augstāka jonradikāļu koncentrācija nekā inertā atmosfērā starotām minilodītēm. Izvirzīta hipotēze, ka  $300^\circ\text{C}$  no gaisa atmosfēras hemisorbējas  $\text{CO}_2$ , veidojot  $\text{Li}_2\text{CO}_3$ . Litija karbonāts  $\text{Li}_4\text{SiO}_4$  primāro radiācijas defektu iedarbībā reducējas par reaģētspējīgo jonradikāli -  $\text{CO}_3^{3-}$ , kas reaģējot ar  $\text{Li}_4\text{SiO}_4$  samazina minilodīšu radiācijas stabilitāti. Pamatojoties uz p-XRD, TG-DTA un FT-IR spektroskopijas datiem, pierādīts, ka  $\text{Li}_4\text{SiO}_4$  nanopulverī ( $95\pm 10\%$   $\text{Li}_4\text{SiO}_4$  un  $5\pm 10\%$   $\text{Li}_2\text{SiO}_3$ ,  $D_{\text{vid}} = 400\pm 100 \text{ nm}$ ,  $S_{\text{ip}} = 21,8 \text{ m}^2\cdot\text{g}^{-1}$ )  $300\pm 20^\circ\text{C}$  temperatūrā, vienas stundas laikā, no gaisa atmosfēras ne tikai hemisorbējas  $7,8\%$   $\text{CO}_2$  ( $11,4\%$   $\text{Li}_2\text{CO}_3$  un  $17,0\%$   $\text{Li}_2\text{SiO}_3$ ), bet arī sorbējas  $11,3\%$   $\text{H}_2\text{O}$  ( $15,0\%$   $\text{LiOH}$  un  $12,3\%$   $(\text{H}_2\text{SiO}_3)_n$ ). Gamma starojuma (absorbētā doza  $56 \text{ kGy}$ ) iedarbībā veidojas ne tikai  $\text{Li}_4\text{SiO}_4$  un  $\text{Li}_2\text{SiO}_3$ , bet arī  $\text{LiOH}$  un  $\text{Li}_2\text{CO}_3$  radiācijas defekti, piemēram,  $\text{H}^\circ$  u.c. Īpaši ir jāizceļ, ka hemisorbcijas produktu radiācijas defekti, augstās reaģēt spējas, nanopulveros uzkrājas relatīvi maz –  $2,2\cdot 10^{17} \text{ daļ}\cdot\text{g}^{-1}$ .

## INFLUENCE OF THERMAL TREATMENT ON RADIATION STABILITY AND RADIOLYSIS ON NANOPOWDERS OF LITHIUM ORTHOSILICATE IN AIR ATMOSPHERE

A. Zarins<sup>1</sup>, G. Kizane<sup>1</sup>, A. Supe<sup>1</sup>, L. Baumanē<sup>1</sup>, A. Berzins<sup>2</sup>, Dz. Rasmane<sup>3</sup>, I. Steins<sup>4</sup>

<sup>1</sup>Institute of Chemical physics University of Latvia, <sup>2</sup>Department of Chemistry University of Latvia,

<sup>3</sup>Institute of Inorganic chemistry Riga Technical University

Currently one of the most promising tritium breeding ceramics for fusion reactors is slightly overstoichiometric  $\text{Li}_4\text{SiO}_4$  pebbles ( $90\pm 3\%$   $\text{Li}_4\text{SiO}_4$  and  $10\pm 3\%$   $\text{Li}_2\text{SiO}_3$ ). Under long-term action (120 hours) of accelerated electrons (dose rate -  $24.4 \text{ kGy}\cdot\text{s}^{-1}$ ) at  $300\pm 20^\circ\text{C}$  in air atmosphere has  $\sim 130$  times higher concentration of ionradicals than in inert atmosphere irradiated pebbles. A hypothesis was proposed that at  $300^\circ\text{C}$  from air atmosphere chemisorbs  $\text{CO}_2$ , forming  $\text{Li}_2\text{CO}_3$ . Lithium carbonate under action of primary defects of  $\text{Li}_4\text{SiO}_4$  reduces to reactive ionradical -  $\text{CO}_3^{3-}$ , which reacting with  $\text{Li}_4\text{SiO}_4$  reduces radiation stability of pebbles. On the basis of results of p-XRD, TG-DTA and FT-IR spectroscopy proved that in nanopowders of  $\text{Li}_4\text{SiO}_4$  ( $95\pm 10\%$   $\text{Li}_4\text{SiO}_4$  un  $5\pm 10\%$   $\text{Li}_2\text{SiO}_3$ ,  $D_{\text{aver}} = 400\pm 100 \text{ nm}$ ,  $S_{\text{spec}} = 21.8 \text{ m}^2\cdot\text{g}^{-1}$ ) at temperature  $300\pm 20^\circ\text{C}$  for one hour from air atmosphere chemisorbs not only  $7.8\%$  of  $\text{CO}_2$  ( $11.4\%$   $\text{Li}_2\text{CO}_3$  un  $17.0\%$   $\text{Li}_2\text{SiO}_3$ ) but also sorbs  $11.3\%$   $\text{H}_2\text{O}$  ( $15.0\%$   $\text{LiOH}$  and  $12.3\%$   $(\text{H}_2\text{SiO}_3)_n$ ). Under action of gamma radiation (absorbed dose  $56 \text{ kGy}$ ) forms not only radiation defects of  $\text{Li}_4\text{SiO}_4$  and  $\text{Li}_2\text{SiO}_3$ , but also radiation defects of  $\text{Li}_2\text{CO}_3$  and  $\text{LiOH}$  e.g.  $\text{H}^\circ$  etc. Especially need to be highlighted those very reactive radiation defects of chemisorptions products in nanopowders accumulates relatively little -  $2.2\cdot 10^{17} \text{ part}\cdot\text{g}^{-1}$ .

## KODOLSINTĒZES DIVERTORA ĶIEĢEĻOS AKUMULĒTĀ TRITIJA IZDALĪŠANĀS ATŠĶIRĪGU ĀRĒJO FAKTORU IETEKMĒ

M. Haļitovs, G. Ķizāne, L. Avotiņa, A. Vītiņš, E. Pajuste, J. Jansons  
*Latvijas Universitātes Ķīmiskās fizikas institūts*

Efektīva un droša kodoldegvielas izmantošana ir nozīmīgs aspekts kodolsintēzes iekārtās. Reaktorā injicētais tritījs daļēji akumulējas plazmas saskares materiālos. Akumulētais tritījs pakļauts neitronu starojumam magnētiskajā laukā. Zinot šo faktoru iedarbību uz tritīja izdalīšanos, iespējams izstrādāt efektīvākas metodes plazmas saskares materiālu attīrīšanai.

Lielākā daļa tritīja reaktorā akumulējas divertora daļā oglekļa kompozītmateriālos, difūzijas ceļā sorbējas no erozijas materiālu nosēdumu slāņa uz ķieģeļu virsmas. Tādēļ lielākā uzmanība pievērsta tieši šo materiālu izpētei. Pētījumos izmantoti JET (Apvienotais Eiropas tors) kodolsintēzes reaktora oglekļa kompozītmateriālu MkII-SRP (SRP - starpsienu aizvietojoša plātne) veida divertora ķieģeļa paraugi no virsmas slāņa. Paraugi 30 vai 180 minūtes apstaroti ar elektronu starojumu (5 MeV, 14 MGy/h) magnētiskajā laukā (1,7 T), eksperimenta laikā nosakot izdalītā tritīja daudzumu.

Lai noteiktu kopējo paraugos esošo tritīja daudzumu un izvērtētu elektronu starojuma un magnētiskā lauka ietekmi uz tritīja izdalīšanos, izmantota pilnīgās oksidēšanās metode. Atšķirīgi paraugi pakļauti vienlaicīgai elektronu starojuma un magnētiskā lauka iedarbībai vai tikai elektronu starojuma iedarbībai. Tas ļauj papildus izvērtēt tieši magnētiskā lauka ietekmi uz tritīja izdalīšanos no oglekļa kompozītmateriāliem.

Pētīto paraugu īpatnējā aktivitāte –  $(1,2 \div 8,8) \cdot 10^6 \text{ Bq} \cdot \text{g}^{-1}$ . Eksperimentos secināts, ka elektronu starojuma apstākļos no paraugiem izdalās 33 – 50 % no kopējā akumulētā tritīja daudzuma. Turpretī vienlaicīga elektronu starojuma un magnētiskā lauka apstākļos no paraugiem izdalās līdz 63 % no kopējā akumulētā tritīja daudzuma. Tas ļauj secināt, ka magnētiskais lauks ievērojami uzlabo tritīja izdalīšanās efektivitāti no oglekļa kompozītmateriāliem.

## EXTRACTION OF TRITIUM ACCUMULATED IN FUSION DIVERTOR TILES UNDER VARIOUS EXTERNAL CONDITIONS

M. Haļitovs, G. Ķizāne, L. Avotiņa, A. Vītiņš, E. Pajuste, J. Jansons  
*Institute of Chemical Physics, University of Latvia*

Effective and safe usage of nuclear fuel is one of the most essential aspects in nuclear fusion devices. Tritium injected into fusion reactors partially accumulates in plasma facing materials. The accumulated tritium is affected by neutron irradiation and magnetic field. Knowing the influence of these factors on the extraction of tritium helps to develop more efficient methods for detritiation.

Biggest fraction of tritium in the reactor accumulates in carbon fibre composites of divertor and sorbs from layer of erosion materials on the top of divertor tiles via diffusion. Therefore these materials are of the biggest consideration for research. Samples of top layer from carbon fibre composite tiles of MkII-SRP (SRP – Septum Replacement Plate) divertor type from JET (Joint European Torus) fusion reactor are used. For 30 or 180 minutes samples are under effect of electron irradiation (5 MeV, 14 MGy/h) and 1.7 T magnetic field. Amount of extracted tritium is detected during the experiment.

Method of full oxidation is used to detect the total amount of accumulated tritium and to evaluate the influence of electron irradiation and magnetic field on sample detritiation. Various samples were treated either by simultaneous electron irradiation and magnetic field or electron irradiation only. It additionally allows evaluating the effect of magnetic field on sample detritiation.

The mass activity of samples is  $(1.2 \div 8.8) \cdot 10^6 \text{ Bq} \cdot \text{g}^{-1}$ . Experiments show that 33 ÷ 50 % of total amount accumulated tritium is extracted under electron irradiation. However, up to 63 % of tritium is extracted under simultaneous electron irradiation and magnetic field influence. It can be concluded that magnetic field noticeably increases the extraction ratio of tritium from carbon fibre composites.

## JET DIVERTORA ĶIEĢEĻA 14BWG4B TILPUMA STRUKTŪRAS ATŠĶIRĪBAS ATTIECĪBĀ PRET PLAZMAS SASKARES VIRSMU

L. Avotiņa<sup>1</sup>, G.Ķizāne<sup>1</sup>, M.Halītovs<sup>1</sup>, J.Gabrusenoks<sup>2</sup>, A.Bērziņš<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Latvijas Universitātes Ķīmiskās fizikas institūts, <sup>2</sup>Latvijas Universitātes Cietvielu fizikas institūts,  
<sup>3</sup>Latvijas Universitātes Ķīmijas fakultāte

Kodolsinēzes reaktora JET (Apvienotais Eiropas tors) vakuumkameras un konstrukcijas elementu aizsardzībai izmanto divertoru un tas ir pakļauts kodolsaplūšanas reakcijas komponentu tritija (T) un deitērija (D) iedarbībai. Pētījumos izmantots no oglekļa šķiedras kompozītmateriāla (CFC – carbon fiber composite) veidots, MkII-SRP (SRP – starpsienu aizvietojoša plātne) tipa divertora ķieģelis 14BWG4B. Pētītais ķieģelis atradās JET reaktorā no 2001.līdz 2004.gadam sekojošos apstākļos – veikti D+D plazmas 6797 impulsi (kopējais plazmas laiks 83000 s) un 2003.gadā papildus ievadīti 380 mg tritija.

Divertora ķieģeļa izlases kārtībā izvēlētiem paraugiem (no ķieģeļa izzāģētiem diskiem) uzņemtas rentgendifraktogrammas, FT-IR un Ramana spektri. Pētāmo paraugu izvēle veikta tā, lai raksturotu materiāla struktūru visās trīs analizējamā ķieģeļa dimensijās – poloidalā, toroidālā virzienā un tilpumā.

Iegūtie rentgendifraktometrijas rezultāti par struktūru ķieģeļa dziļumā liecina par tās neviendabīgumu, kas saistīta gan ar ķieģeļa izgatavošanas tehnoloģiju, gan arī ar plazmas un tās reakcijas komponentu iedarbību. Salīdzinot rezultātus par kristāliskuma pakāpi ar tritija sadalījumu attiecīgajā ķieģeļa apgabalā, tie ir analogiski tritija sadalījumam ķieģeļa tilpumā. Tas varētu liecināt par tritija akumulācijas saistību ar ķieģeļa materiāla kristāliskumu.

Savukārt ar FT-IR metodi T un D savienojumu ar oglekli signālus neizdevās novērot, iespējams, ka ķieģelī esošo savienojumu daudzums ir mazāks par metodes jutību, novēro tikai gaisa atmosfērā esošo gāzveida vielu (H<sub>2</sub>O un CO<sub>2</sub>) raksturīgos spektrus – fona signālus.

## DIFFERENCIES OF STRUCTURE INTO BULK OF THE JET DIVERTOR TILE 14BWG4B AGAINST PLASMA FACING SURFACE

L. Avotina<sup>1</sup>, G.Kizane<sup>1</sup>, M.Halītovs<sup>1</sup>, J.Gabrusenoks<sup>2</sup>, A.Berzins<sup>3</sup>

<sup>1</sup> Institute of Chemical physics University of Latvia, Institute of Solid States physics, University of Latvia, <sup>3</sup>Department of Chemistry University of Latvia

The divertor is used for protection of vacuum camera and structural elements in fusion reactors, including JET (Joint European Torus). Divertor is located directly in vacuum vessel and interacts with components of fusion reaction –deuterium (D) and tritium (T). Studies were made with divertor tile of MkII-SRP (SRP – septum replacement plate) tipe divertor of JET fusion reactor. Tile 14BWG4B made from carbon fiber composites (CFC) was used in reactor from 2001 to 2004, 6797 pulses of D+D plasma were made (total time of plasma 83000 s) and 380 mg of T were additionally introduced in year 2003.

Divertor tile samples (discs cut from the tile) are taken to characterise the structure of material in all three dimensions of the tile. The samples were analyzed with the methods of X-ray diffractometry, Raman spectroscopy and Fourier transform infrared spectroscopy (**FTIR**).

The obtained results of X-ray diffractometry about depth of the tile show the heterogeneity of the structure. That is linked to manufacturing technology of the material and interactions with plasma and therefore with fuel components.

Comparing the results with tritium distribution in the volume of tile, they mostly coincide with tritium distribution. This probably indicates that accumulation of tritium in the bulk of material is linked with crystalinity of the tile material.

FTIR method, however, is not currently applicable for reseach of CFC, probably because the content of compounds in tile is smaller than the detection limit of the method, only characteristic spectra from gaseous components in air atmosphere – H<sub>2</sub>O and CO<sub>2</sub> (as background signal) are observed.

# INTERMETALĪTISKO SAVIENOJUMU VEIDOŠANĀS UN TO IZRAISĪTĀS METĀLU SAKAUSĒJUMU STRUKTŪRU IZMAIŅAS ATKARĪBĀ NO METĀLU ĶĪMISKĀ ELEMENTU SASTĀVA

I.Vītiņa, V.Belmane, A.Krūmiņa

*Rīgas Tehniskās universitātes Neorganiskās ķīmijas institūts*

Dažādu leģējumu tēraudos to ķīmiskais elementu sastāvs un daudzums mas.% var mainīties no tradicionālajiem 5 elementiem Cr, Ni, Mo, Mn, Si (bez Fe, C, P, S) līdz pat 10 un vairāk, kad papildus tērauds satur V, W, Ti, Nb, Al, Co, Ta, Zr, Re. Līdzīga ir vara sakausējumu daudzveidība, kuros bez tradicionālajiem sakausējumu elementiem Cu, Zn, Sn būtiska ir Pb, Ni, Fe, Co, Ti, Zr, Cr u.c.elementu klātbūtne, kas kopumā ir ar mērķi tiem nodrošināt augstu mehānisko, augsttemperatūras un ķīmiskās pretkorozijas izturību. Mūsu pētījumu rezultātā, pielietojot optisko mikroskopiju, metālu elementu un rentgenfāžu analīzi, ir noteikts, ka tēraudos pie eksploataācijas prasībām, neatbilstošā ķīmiskā elementu sastāva, sākotnējās neviendabīgās sakausējuma struktūras, mehāniskā un termiskā slogojuma apstākļos veidojas virkne intermetalītisku savienojumu, piemēram FeC, Fe<sub>3</sub>C, Fe<sub>2</sub>W<sub>3</sub>C, Fe<sub>4</sub>W<sub>2</sub>C, Fe<sub>3</sub>Mo<sub>3</sub>C, kas metālam piedod trauslumu un ir cēlonis tērauda izstrādājumu lūšanai. Citā gadījumā tērauda nepietiekams leģējums ar Cr, Ni, V un eksploataācijas mehāniskais un temperatūras slogojums ir izraisījis pilnīgu metāla kristalizāciju ar savienojuma Mn<sub>4,6</sub>Fe<sub>0,4</sub>Si<sub>3</sub> veidošanos, Fe<sub>3</sub>C, Fe<sub>4</sub>C sadalīšanos un ar C izdalīšanos rentgenamorfa grafīta veidā. Līdzīgi vara sakausējumos atkarībā no iekonomēta leģējošo elementu daudzuma jau metalurģiskajā procesā veidojas trauslo intermetalīdu savienojumi CuZn, Cu<sub>5</sub>Zn<sub>8</sub>, kā rezultātā izstrādājumi lūst. Trauslumu metālu pārklājumiem gan pie to iegūšanas no metālu kausējumiem, gan elektroķīmijas procesos pie sakausējumu elektroizgulsnēšanas nosaka intermetalīdu savienojumu veidošanās. Karstajā cinkošanas procesā pārklājuma vertikālo un horizontālo plaisāšanu, atslāņošanu no pamatmetāla izraisa ļoti trauslais Fe<sub>3</sub>Zn<sub>10</sub> bez parasti veidojamiem intermetalīdam FeZn<sub>13</sub>. Elektroizgulsnēto Sn-Co sakausējumu slāņiem plaisāšanu var izraisīt trauslā CoSn<sub>2</sub> savienojuma veidošanās biežā slānī.

## FORMATION OF INTERMETALLIC COMPOUNDS AND CHANGES IN METAL ALLOY STRUCTURES CAUSED BY THEM FOR DIFFERENT ELEMENTAL COMPOSITIONS OF THE METAL ALLOYS

I. Vītiņa, V. Belmane, A. Krūmiņa

*Institute of Inorganic Chemistry, Riga Technical University*

Elemental composition of different steel alloys may vary from traditional 5 elements Cr, Ni, Mo, Mn, Si (apart from Fe, C, P, S) with different wt. % to even 10 or more, when the steel alloy contains also V, W, Ti, Nb, Al, Co, Ta, Zr, Re. There is a similar variety of copper alloys, where presence of Pb, Ni, Fe, Co, Ti, Zr, Cr and other elements apart from conventional alloy elements Cu, Zn, Sn is significant in whole with the aim to ensure them high mechanical, heat and corrosion resistance. As a result of our studies, using optical microscopy, metal elemental and X-ray diffraction analysis, it was found that a number of intermetallic compounds, e.g. FeC, Fe<sub>3</sub>C, Fe<sub>2</sub>W<sub>3</sub>C, Fe<sub>4</sub>W<sub>2</sub>C, form under exploitation conditions, in the case of inadequate elemental composition, initial non-uniform alloy structure and under mechanical and thermal loads. The intermetallic compounds embrittle the metal alloy and are the reason of breaking of steel articles. In another case, insufficient alloying of the steel with Cr, Ni, V and exploitation mechanical and thermal loads have caused a complete metal crystallization with formation of Mn<sub>4,6</sub>Fe<sub>0,4</sub>Si<sub>3</sub> compound, decomposition of Fe<sub>3</sub>C and Fe<sub>4</sub>C and carbon release as X-ray amorphous graphite. Similarly in copper alloys with a reduced content of alloying metals, brittle intermetallic CuZn and Cu<sub>5</sub>Zn<sub>8</sub> compounds form already in the metallurgical process, causing breaking of the articles. Both hot-dip and electrodeposited metal coatings are embrittled on their obtaining by formation of intermetallic compounds. In hot-dip galvanizing, formation of vertical and horizontal cracks in the zinc coating and scaling of the zinc coating off a substratum are caused by a very brittle Fe<sub>3</sub>Zn<sub>10</sub>, which forms apart from a usually formed intermetallic FeZn<sub>13</sub>. Formation of cracks in Sn-Co alloy layers may be caused by formation of CoSn<sub>2</sub> compound in a thick layer.

## ELEKTROLĪZES EFEKTIVITĀTES PĒTĪJUMI TĒRAUDA ELEKTRODIEM AR RANEJA NIĶEĻA PĀRKLĀJUMU

**P. Aizpurietis<sup>1</sup>, M. Vanags<sup>2</sup>, J. Kleperis<sup>2</sup>**

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

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

Latvijā tādi atjaunojamie energoresursi kā Saule, vējš un ūdens pieejami epizodiski, tādēļ aktuāls to saražotās elektroenerģijas uzkrāšanas jautājums. Var izmantot ūdeņradi kā enerģijas nesēju, ko saražo ar elektrību, kas iegūta no atjaunojamiem energoresursiem. Lai ar doto elektrības daudzumu iegūtu pēc iespējas vairāk ūdeņraža, nepieciešami efektīvi elektrolīzeri. Mūsu darbā pētīts, kā, izmantojot porainus elektrodus un modificētu barošanas spriegumu, elektrolīzi padarīt efektīvāku. Poraini elektrodi iegūti, plazmas izsmidzināšanas metodē pārklājot nerūsējošā tērauda 316L plāksni ar Ni-Al sakausējuma (attiecībā 4:1) kārtiņu un kodinot to karstā KOH sārma šķīdumā. Ar potenciostatu Voltalab 310 mērītas voltampēru un impedances raksturliķnes elektrodēm 5M KOH šķīdumā, par atskaites elektrodu izmantojot kalomela elektrodu. Salīdzināti elektroķīmiskie raksturliķumi (apmaiņas strāva, korozijas stabilitāte, ūdeņraža izdalīšanās potenciāls) gan svaigiem, gan ilgāku laiku elektrolīzei pakļautiem elektrodēm. Atrasts, ka Ni-Al pārklājums palielina elektrolīzes efektivitāti un elektroda stabilitāti elektrolīzes procesā.

*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*

## ELECTROLYSIS EFFICIENCY STUDIES OF STEEL ELECTRODES WITH RANEY NICKEL PLATING

**P. Aizpurietis<sup>1</sup>, M. Vanags<sup>2</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*

The renewable energy from such resources as Sun, wind and water are available occasionally in Latvia, so the actual issue is storage of produced electricity. Hydrogen as an energy carrier can be used to store the electricity produced from renewable energy resources. Effective electrolyzers are necessary to produce hydrogen as much as possible using a given quantity of electricity. Our work research is done how make electrolysis more efficient through the porous electrodes and modified supply voltage. Porous electrodes are obtained by plasma spray coating a Ni-Al alloy (ratio 4:1) layer onto 316L stainless steel plate as substrate, and etching it in the hot alkaline solution of KOH. Volt-ampere and impedance characteristics are measured of electrodes in 5M KOH solution and calomel electrode as reference, using potentiostat Voltalab 310. Electrochemical characteristics (value of exchange current, corrosion stability, hydrogen evolution potential) are compared for both fresh and long time exposed to electrolysis electrodes. It is found that the Ni-Al coating increases the electrolysis efficiency and stability of the electrode during electrolysis.

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

## MATERIĀLU SINTĒZE UN ĪPAŠĪBU PĒTĪJUMI NANOIZMĒRA MAGNĒTISKI CIETU PARAUGU IEGŪŠANAI

I. Dirba<sup>1</sup>, A. Šutka<sup>2</sup>, G. Mežinskis<sup>2</sup>, M. Majorovs<sup>3</sup>, J. Kleperis<sup>1</sup>

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

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

<sup>3</sup> Latvijas Universitātes Fizikas institūts

Magnētiskie nanomateriāli pētniekus ir interesējuši jau sen, un apgūtas dažādas to sintēzes metodes. Taču palicis izaicinājums atrast metodi, kā nanodaļiņai piemītošo magnētisko momentu saglabāt atbilstošā no nanodaļiņām veidotā lielāka tilpuma materiālā, kurā izteikti lielās virsmas dominējošā nesakārtotība dzēš atsevišķo daļiņu magnētiskos momentus. Zināms, ka izmantojot magnētisku nanomateriālu ķīmiskās ieguves metodes, plašās robežās, iespējams variēt šo savienojumu struktūras un magnētiskās īpašības. Tas paver iespējas modelēt jaunus magnētiskos materiālus atmiņas ierīču uzlabošanai.

Mūsu darba uzdevums ir izstrādāt sintēzes metodes magnētiski cietiem nano daļiņu pulverveida materiāliem un to plānām kārtiņām, saglabājot nanodaļiņu magnētisko momentu orientāciju noteiktā virzienā. Tādus materiālus raksturotu augsta koercivitāte un tie būtu piemēroti dažādās magnētiskās atmiņas un mikro-elektroģeneratoru ierīcēs. Darbā magnētisko  $\text{CoFe}_2\text{O}_4$  un  $\text{BaFe}_{12}\text{O}_{19}$  nanopulveru un  $\text{ZnFe}_2\text{O}_4$  plāno kārtiņu iegūšanai izmantotas attiecīgi sola-gēla pašaizdegšanās un izsmidzināšanas-pirolīzes metodes. Kā izejmateriāli tika izmantoti attiecīgo metāla katjonu nitrāti, kurus noteiktā, savstarpēji molārā attiecībā izšķīdināja destilētā ūdenī. Sintezēto paraugu struktūru un sastāvu noteica, izmantojot rentgenstaru difraktometru un rentgenfluorescences spektrometru. Sintezēto nano-izmēra pulveru un plāno kārtiņu morfoloģija pētīta ar skenējošo elektronu mikroskopu. Magnētiskās īpašības mērīja magnētiskās uzņēmības standā Fizikas institūtā.

*Pateicība: Autors (ID) pateicas Eiropas Sociālā Fonda projektam „Atbalsts doktora studijām Latvijas Universitātē”.*

## SYNTHESIS AND PROPERTIES OF NANO-SIZED MAGNETIC HARD MATERIALS

I. Dirba<sup>1</sup>, A. Sutka<sup>2</sup>, G. Mežinskis<sup>2</sup>, M. Majorovs<sup>3</sup>, J. Kleperis<sup>1</sup>

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

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

<sup>3</sup> Institute of Physics, University of Latvia

Researchers have long been interested in magnetic nanoparticles, and developed a variety of synthesis methods. In bulk material made from nanoparticles the high surface/volume ratio makes the surface disorder effect to be dominant and magnetic moments from nanosized particles are compensated, therefore still a challenge remains to find a method to keep the magnetic moments of nanoparticles oriented in bulk material. The structure and properties of ferromagnetic nanomaterials can be tailored to adjust necessary magnetization or hysteresis what is used as magnetic memory.

The task of this work is to acquire synthesis of magnetically hard nano-sized materials and their thin films with high coercivity of oriented magnetic moments from nanoparticles for application in different magnetic memory and micro-generation devices. Magnetic  $\text{CoFe}_2\text{O}_4$  and  $\text{BaFe}_{12}\text{O}_{19}$   $\text{ZnFe}_2\text{O}_4$  nanopowders and thin films were obtained using sol-gel auto-ignition and spray-pyrolysis methods. As raw materials the nitrates of the corresponding metal cations were used, which were dissolved in distilled water at respective molar ratio. Structure and composition of synthesized materials were measured with X-ray diffractometer and X-ray fluorescence (XRF) spectrometer with micro-focused X-ray excitation. The morphology of nano-size powders and thin film is examined with SEM. Magnetic properties were measured on magnetic susceptibility stand in Institute of Physics.

*Acknowledgement: The author (ID) thanks the European Social Fund project "Support for doctoral studies at the Latvian University of Latvia"*



## **PĒTĪJUMS PAR SEKUNDĀRĀ MAGNĒTISKĀ LAUKA ĢENERATORU: TEORIJA UN PRAKSE**

**K. Alsbergs, M. Vanags, I. Dirba**

*Latvijas Universitātes Cietvielu fizikas institūts*

Vai sekundāro jeb inducēto magnētisko lauku var uzskatīt par neatkarīgu magnētisko lauku un izmantot to darba darīšanai? Tas tiek darīts, mēģinot kontrolēt inducēto strāvu radītās magnētiskās plūsmas caur dažādas magnētiskās caurlaidības vidēm/vielām. Tāda magnētisko lauku virzienu kontrole, iespējams, uzlabotu ģenerēšanas efektivitāti elektriskajās mašīnās, bet pētījumi par šo tēmu ir ļoti skopī, nav arī teorētisku modeļu un darbības skaidrojuma. Tiek uzskatīts, ka tas ir daļa no tā sauktās brīvās enerģijas, vai ierīču ar lietderības koeficientu lielāku par 1 jomas.

Mūsu darba mērķis ir teorētiski un eksperimentāli pārbaudīt šo hipotēzi. Praktiski tas tiek realizēts, izmantojot spolē inducētās strāvas radītos magnētiskos laukus, kas mijiedarbojas ar citiem magnētiskās ķēdes/slēguma elementiem. Izveidotajam sekundārā magnētiskā lauka ģeneratoram veikti mērījumi, kā arī radīts teorētiskais modelis, kas risināts programmā FEM. Izveidotas datorsimulācijas ģeneratoram darbībā.

Sekundārā magnētiskā lauka ģeneratoru varētu izmantot vēja ģeneratorā, jo tas, iespējams, ļoti efektīvi ļautu regulēt jaudu, nesamazinot, vai nepalielinot rotora apgriezienus.

*Pateicība: Autori pateicas Valsts Pētījumu Programmai Enerģētikā par atbalstu.*

## **STUDY OF THE SECONDARY MAGNETIC FIELD GENERATOR: THEORY AND PRACTICE**

**K. Alsbergs, M. Vanags, I. Dirba**

*Institute of Solid State Physics, University of Latvia*

Can be secondary or induced magnetic field considered as independent magnetic field able to do the job? This is done with aim to control the magnetic flux arising from induced currents, through interaction with magnetic permeability of different environments/substances. This magnetic field direction control may perhaps be part of the operation or behavior of a free energy, or over unity device. The electromagnetic fields such as in and emitted by iron rods were to attract magnetic fields of nearby permanent magnets and at the same time (the electromagnet) magnetically repel magnetic fields of permanent magnets to control the flow of magnetic fields of these magnets in iron rods or bars.

Our work aims to theoretically and experimentally verify this hypothesis. In practice, this is realized through the coil induced currents caused by magnetic fields that interact with other magnetic circuits/circuit elements. Created a secondary magnetic field generator in their measurements, as well as created a theoretical model that addresses the program FEM. Created computer simulations generator operation.

Secondary magnetic field generator could be used in wind generator as it may be very effective in order to regulate power, without reducing or increasing the rotor speed.

*Acknowledgment: The authors thank the National Research Program in Energy for support.*

# MEMBRĀNU VADĪTSPĒJAS NOTEIKŠANAS METODES UN TO SALĪDZINĀJUMS

**J. Hodakovska J. Kleperis**

*Latvijas Universitātes Cietvielu fizikas institūts*

Degvielas šūnas ir daudzsološas ierīces, kas potenciāli spēj atrisināt dažus enerģētikas jautājumus, virzot cilvēci uz videi draudzīgām tehnoloģijām. Viens no degvielas šūnu veidiem ir polimēru elektrolīta degvielas šūnas. Šo degvielas šūnu darbību nodrošina polimēru membrānas spēja vadīt protonus, līdzīgi elektrolītiem, nelaižot cauri gāzes.

Lai noteiktu polimēru membrānas vadītspēju, izmanto divus metožu tipus: divu un četru elektrodu metodes (1. att.). Divu elektrodu shēmā vadītspēja membrānai tiek noteikta darba virzienā, t.i. perpendikulāri membrānas plaknei, bet lai nodrošinātu to, ir nepieciešami elektrodi ar salīdzinoši lielu laukumu, un tiem jānodrošina labs kontakts visas virsmas platībā, kas nav vienkārši. Četru elektrodu metodes shēmu var realizēt ar punktveida un līnijveida elektrodiem, pie tam elektrodi var atrasties membrānas vienā vai abās pusēs. Ja elektrodi ir membrānas vienā pusē, tad vadītspēja tiek noteikta gar membrānas virsmas plakni, bet ja abās pusēs – gan virsmas, gan tilpuma vadītspējas tiek reģistrētas.

Darbā ir apskatītas abas metodes attiecībā uz membrānas vadītspējas noteikšanu, analizēti to trūkumi un priekšrocības gan no mērījumu rezultātu, gan arī no tehniskas realizācijas viedokļiem.

*Pateicība:* JH pateicas LZP projektam Nr.09.1553 ‘Nanostrukturēti materiāli videi draudzīgām tehnoloģijām un enerģētikai’ par finansiālu atbalstu.

## COMPARISON OF METHODS TO MEASURE MEMBRANE CONDUCTIVITY

**J. Hodakovska, J. Kleperis**

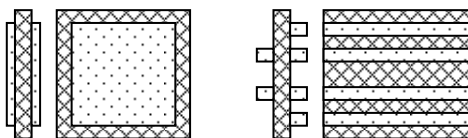
*Institute of Solid State Physics, University of Latvia*

Fuel cells are promising devices in environmental friendly energetic development, allowing realise energy conversion from chemical to electrical forms. One of fuel cell types is polymer electrolyte membrane fuel cells. Polymer membrane is most important part of fuel cell, and its property to separate protons and electrons from each other is key point in material choice.

To measure membrane conductivity two methods are used: two and four probe (Fig.1). Two probe method allows determining membrane's conductivity through plane, which is work direction, but in this case electrode area is comparably high, which could result in problems with contact. Four electrode schemes are two types: point and wire detectors from one or both sides, and all of them significantly decrease contact areas. In this case conductivity is determined parallel or parallel/perpendicular to membrane's plane.

In our work two and four probe methods for polymer membrane conductivity measurements are compared, their advantages and disadvantages both from acquiring proper results and technical side of view analysed.

*Acknowledgement:* JH would like to thank LZP project Nr.09.1553 ‘Nanostructured materials for environmental friendly technologies and energetics’ for financial support.



1. attēls. Divu (k) un četru (l) elektrodu vadītspējas noteikšanas shēmas.

▣ - membrāna; □ - elektrods.

Figure 1. Two (l) and four (r) electrode conductivity measurement schemes.

▣ - Membrane; □ - Electrode.

## **CO<sub>2</sub> IESAISTĪŠANĀS METĀNA VEIDOŠANĀS FERMENTĀCIJAS REAKTORĀ AR METĀNU UN ŪDEŅRADI PRODUCĒJOŠĀM BAKTĒRIJĀM**

**I. Dirnēna<sup>1</sup>, I. Dimanta<sup>1</sup>, A. Gruduls<sup>1</sup>, V. Nikolajeva<sup>2</sup>**

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

<sup>2</sup>*Latvijas Universitātes Bioloģijas fakultātes Mikrobioloģijas un biotehnoloģijas katedra*

Pēdējo gadu laikā Latvijas zinātnieku un uzņēmēju vidū ir palielinājusies ieinteresētība par biogāzes iegūšanas un izmantošanas iespējām. Biogāze kā enerģijas avots varētu samazināt fosilā energoresursa – dabasgāzes - izmantošanu, taču joprojām ir nepietiekams zināšanu daudzums par metāna veidošanos no dabas atjaunojamajiem resursiem, kā arī procesā iesaistītā oglekļa dioksīda (CO<sub>2</sub>) veidošanos un metabolismu saistībā ar organisko vielu degradācijas un oksidācijas procesiem. Dabā organisko vielu anaerobās noārdīšanās procesā sintrofi iesaistās četras metaboliski atšķirīgas baktēriju grupas – hidrolītiskās, acidogēnās, acetogēnās un metanogēnās. Metanogēnās iedalāmas hidrogenotrofajās un acetotrofajās baktērijās. Acidoģenēzes un acetogēnēzes procesos kā viens no produktiem veidojas CO<sub>2</sub>, kurš vai nu tālāk iesaistās metabolismā vai uzkrājas apkārtējā vidē. Metanogēnēzes procesā papildus pievadot ūdeņradi, tas tiktu izmantots kā elektronu akceptors un hidrogenotrofās metanogēnās baktērijās reducēs uzkrāto CO<sub>2</sub> un veidos metānu, kura iznākums ir atkarīgs arī no vides apstākļiem – temperatūras, pH, kas ietekmē mikroorganismu populāciju dinamiku.

Mūsu pētījuma mērķis ir radīt pēc iespējas noslēgtu biogāzes iegūšanas sistēmu, kura efektīvi izmanto pieejamās izejvielas un rada pēc iespējas mazāk gaistošās atkritumvielas, samazinot to nokļūšanu ekosistēmā. Pētījuma galvenais uzdevums ir saistīt uzkrāto CO<sub>2</sub> kā substrātu, jo ir zināms, ka pēdējo gadu laikā, palielinoties CO<sub>2</sub> izmešu daudzumam, palielinās "siltumnīcas" efekts (aug gaisa temperatūra uz zemeslodes).

## **CO<sub>2</sub> INVOLVEMENT IN THE FORMATION OF METHANE FERMENTATION REACTOR WITH METHANE AND HYDROGEN-PRODUCING BACTERIA**

**I. Dirnena<sup>1</sup>, I. Dimanta<sup>1</sup>, A. Gruduls<sup>1</sup>, V. Nikolajeva<sup>2</sup>**

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

<sup>2</sup>*Department of Microbiology and Biotechnology, Faculty of Biology, University of Latvia*

In the recent years Latvian scientists and employers have increased their interest in biogas production and utilization facilities. Biogas as a source of energy can serve to reduce the increasing use of fossil resource - natural gas, but there is still insufficient knowledge about the production of methane gas from biomass, as well as the formation and metabolism carbon dioxide (CO<sub>2</sub>) in the processes of organic matter degradation and oxidation.

In nature, in the process of anaerobic degradation of organic matter, the four major metabolic groups of syntrophic bacteria are involved – hydrolytic-fermentative, acidogenic, acetogenic and methanogenic bacteria. Methanogenic bacteria are divided into hydrogenotrophic and acetotrophic bacteria. In acidogenesis and acetogenesis processes one of the products is CO<sub>2</sub>, which either is more involved in the metabolism or accumulates in the environment. In addition to providing hydrogen to – the process of methanogenesis, - H<sub>2</sub> is used as an electron acceptor to form methane: hydrogenotrophic methanogens reduce the accumulated CO<sub>2</sub>. Methane output growth also depends on environmental conditions – temperature, pH – as they affect the dynamics of microorganisms population.

The study aims to generate as many closed off biogas production systems as possible, which make efficient use of the available raw materials and cause the least possible release of volatile substances, reducing their release into the ecosystem. The main task of the study is to know how much CO<sub>2</sub> accumulates in the system, because it is known that in the recent years the increasing CO<sub>2</sub> emissions contributed to the „greenhouse” effect on the Globe.

## ŠŪNAS IZVEIDE MEMBRĀNU GĀZU CAURLAIDĪBAS MĒRĪJUMIEM: PIRMIE REZULTĀTI

**J. Kleperis, J. Straumēns, L. Jēkabsons**  
*Latvijas Universitātes Cietvielu fizikas institūts*

Gāzu caurlaidīgas membrānas nepieciešamas dažādās tautsaimniecības nozarēs, gan pārtikas rūpniecībā, gan ķīmiskajās tehnoloģijās, gan arī enerģētikā. Selektīvas gāzu membrānas tiek veidotas no keramikas, no metālu pulveriem, retāk no polimēriem. Polimēru membrānas plaši tiek izmantotas ūdeņraža tehnoloģijās – gan elektrolīzes ierīcēs, gan kurināmā elementos. Tādēļ pēdējā laikā plaši tiek pētītas arī iespējas veidot selektīvas gāzu membrānas no polimēriem, kas ļautu tās integrēt esošajās tehnoloģiskajās ierīcēs, piemēram, degvielas gāzes tīrības nodrošināšanai.

Darbā aprakstīta pašu veidota ierīce membrānas gāzu caurlaidības mērīšanai, izmantojot konstantus tilpumus, spiediena gradientu un divus spiediena sensorus. Membrāna balstās uz porainas nerūsējošā metāla membrānas, kurai pie neliela pārspiediena jebkura gāze (darbā izmantotās gāzes:  $N_2$ ,  $H_2$ ,  $CO_2$ , He) iet viegli cauri. Vispirms tiek atsūknēts gaiss no kamerām abās membrānu pusēs, izmantojot bez-eļļas priekš-vakuuma un turbomolekulāro sūkņus. Pēc tam tiek ielaista mērāmā gāze vai gāzu maisījums no kameras ar zināmu tilpumu un spiedienu kamerā virs membrānas, spiediena kontrolei izmantojot divus ar datoru saslēgtus spiediena sensorus. Spiediena sensori reģistrē spiediena izmaiņas abās kamerās, kas atkarībā no izmantotās membrānas un darba gāzes var ilgt no stundas līdz vairākām dienām. Pirmie mērījumi veikti dažādām komerciālām polimēru plēvēm, kā arī pallādijs metāla folijai.

*Pateicība: Autori pateicas ERAF projektam Nr. 2DP/2.1.1.1.0/10/APIA/VIAA/095 „Jauna tehnoloģija kalcijs karbonāta un bioūdeņraža ieguvei biomasas reakcijā ar sārnu” par atbalstu.*

## DEVELOPMENT OF CELL FOR GAS PERMEABILITY MEASUREMENTS IN MEMBRANES: FIRST RESULTS

**J. Kleperis, J. Straumens, L. Jekabsons**  
*Institute of Solid State Physics, University of Latvia*

Gas permeable membranes are required in various sectors of the economy, both in the food industry and chemical technology, as well as energy. Selective gas membranes typically are made from ceramic, the pressed metal powders, less of the polymers. Polymer membranes are widely used in hydrogen technology - both electrolysis devices and fuel cells. Therefore, researchers around entire World extensively are studying selective gas membranes from polymers, to enable them to integrate in the existing hydrogen technological devices, for cleaning the fuel gas, for hydrogen isolation from a gas mixture.

Our work describes a self-made device to measure the membrane gas permeability, using the constant volume cameras, pressure gradient, and two pressure sensors. The test membrane is lie on a porous stainless steel membrane, which is gas permeable to any gas (working gases used in our research were  $N_2$ ,  $H_2$ ,  $CO_2$ , He). During measurement, first, air is pumped from the chambers on both sides of the membrane using a oil-free vacuum pump and turbomolecular vacuum pump. The next step is gas supply from the chamber of known volume and pressure in the chamber above the membrane, and pressure is monitored via two sensors connected to computer. Pressure sensors record the change in pressure in both chambers, which, depending on the membrane and the gas can last from hours to several days. The first measurements with our device were made for various commercial polymer films, as well as palladium metal foil as testy material.

*Acknowledgement: Authors acknowledge project No2DP/2.1.1.1.0/10/APIA/VIAA/095 from ERDF for support.*

## MATERIĀLA APSTRĀDES IETEKME UZ ŪDEŅRAŽA SORBCIJAS KINĒTIKU

**A. Šivars, L. Grīnberga, J. Kleperis**

*Latvijas Universitātes Cietvielu fizikas institūts*

Pētot materiāla spēju sorbēt ūdeņradi, rodas jautājums, kādi parametri ietekmē sorbcijas procesa ātrumu, un, kad tālāka šī parametra maiņa, vairs neatstāj vērā ņemamu ietekmi uz sorbcijas procesu. Eksperimentos konstatēts, ka pirms paraugs sasniedz maksimālo ūdeņraža sorbcijas spēju, to nepieciešams attīrīt no piemaisījumu gāzēm un oksīdiem.

Parasti paraugu attīrīšanu veic izmantojot atkārtotus gāzes absorbcijas-desorbcijas ciklus. Pirms sākt mērījumus, paraugu uzkaršē, tad vakuūmē. Pēc tam notur kādu laiku ūdeņraža atmosfērā paaugstinātā temperatūrā un veic strauju dzesēšanu. Karšējot un absorbējot ūdeņraža gāzi metāla kristālrežģis izplešas, bet dzesējot un desorbējot ūdeņradi - saraujas. Tas izsauc materiāla daļiņu sadrupšanu, palielinot aktīvās virsmas laukumu.

Aktīvās virsmas laukumu var palielināt arī samazinot daļiņu izmēru, piemēram maļot lodīšu dzirnavās un tad veicot pāris ūdeņraža absorbcijas-desorbcijas ciklus.

Nosakot graudu izmēru, pie kura aktivācija notiek optimālāk, tika salīdzināts vai graudu izmēru samazināšana, tos mehāniski samaļot, ir efektīvāka metode, nekā to sasmalcināšana ūdeņraža sorbcijas-desorbcijas procesā.

*Pateicība: Paldies LZP pētījumu projektam 09.1553 par finansiālu atbalstu*

## INFLUENCE OF MATERIAL TREATMENT ON HYDROGEN SORPTION KINETICS

**A. Sivars, L. Grinberga, J. Kleperis**

*Institute of Solid State Physics, University of Latvia*

The question what parameters affect the rate of hydrogen sorption is essential. Furthermore, it is important to find out when the subsequent change of these parameters is not impacting the sorption process anymore. Experimental data shows that maximal sorption capacity material can reach after pre-treatment procedures to dispose the impurity gasses and oxides.

Usually the sample purification is performed by repeating gas absorption-desorption cycles. Before starting the initial measurements, the sample is heated in vacuum. Then it is held for some time in the hydrogen atmosphere at elevated temperatures and then rapidly cooled down. The metal lattice expands when heated up and/or absorbing hydrogen gas, but shrinks when cooled down and/or desorbing hydrogen. This causes the degradation of material particles, increasing the active surface area.

The active surface area can be increased by reducing the particle size, such as grinding in the ball mill and then through a sequence of hydrogen absorption-desorption cycles.

By measuring the grain size, at which the activation is optimal, a comparison of grain size reduction by the mechanical grinding and by sequential hydrogen sorption-desorption cycles was performed.

*Acknowledgement:* Thanks to research project 09.1553 of Latvian Council of Science for financial support.

## ŪDEŅRAŽA UZGLABĀŠANAS TVERTNES PROTOTIPA FUNKCIONĀLĀ SHĒMA

**L. Grīnberga, J. Kleperis**

*Latvijas Universitātes Cietvielu fizikas institūts*

Transportlīdzeklī, lai nepieciešamo enerģiju iegūtu ‘uz vietas’, ūdeņradi var uzglabāt trīs veidos: gāzes veidā - augstā spiedienā, šķidrā veidā - zemā temperatūrā, un cietās vielās - saistītā veidā. Tvertnes, kurās ūdeņradis ir saistīts vietās vielās, iespējams ir automobiļu degvielas uzglabāšanas nākotne.

Lai izveidotā ūdeņraža uzglabāšanas sistēma būtu ekonomiski izdevīga un lietojama, tai jābūt tik ietilpīgai, lai līdz nākošajai uzpildei varētu nobraukt vismaz 500 km. Tāpat jāņem vērā arī ierobežojošie transportlīdzekļa parametri – kopējais svars, tilpums, efektivitāte, drošība un izmaksas. Šādu sistēmu kopējam dzīves ciklam arī ir jābūt atbilstošam un pārbaudītam, tāpat uzpildes laikam jābūt pietiekoši ātram.

Ūdeņraža uzglabāšanas tvertnes izmaksu aprēķiniem ir jāietver visi nepieciešamie dati un saistītie izdevumi, kā piemēram spiediena regulatori, sensori, vārsti, temperatūras kontrolieri, tvertnes materiāls, ūdeņradi uzglabājošais materiāls, uzpildes ierīces, drošību nodrošinošie sensori un sistēmas u.t.t.

Šajā darbā ir apskatīta ūdeņraža uzglabāšanas tvertnes funkcionālā shēma, kas domāta ūdeņraža uzglabāšanai cietā vielā. Tiks diskutēts par laboratorijā iegūto materiālu izmantošanu šādās degvielas tvertnēs.

*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*

## FUNCTIONAL SCHEME OF HYDROGEN STORAGE TANK

**L. Grinberga, J. Kleperis**

*Institute of Solid State Physics, University of Latvia*

Three options are currently possible for onboard hydrogen storage: gaseous storage under high pressure, liquid storage at low temperature and solid storage. Solid storage tanks are perhaps the future for hydrogen storage for cars.

The hydrogen storage system to be useful must be capable of storing hydrogen for a conventional driving range, taking into account the limitations of weight, volume, efficiency, safety, and cost. Durability over the performance lifetime of these systems must also be verified and validated, and acceptable refueling times must be achieved.

The computation of the hydrogen storage tank cost and performance must include all necessary data and information such as pressure relief devices, valves, temperature controllers, what is the material of the tank and storage media, filling, safety etc.

In this work the functional scheme for solid hydrogen storage is described and possible self-made hydrogen storage material use is discussed.

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

## **TiO<sub>2</sub> PLĀNO KĀRTIŅU IEGŪŠANA AR SOLA-GĒLA UN ELEKTROFORĒZES METODI**

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

Titāna dioksīda plānās kārtiņas ir daudzsoļi materiāli to pielietošanai gāzu sensoros, membrānu filtros, fotokatalizē un saules baterijās. Lai paaugstinātu to efektivitāti ir nepieciešams iegūt porainas plānās kārtiņas ar lielu virsmas laukumu. Praksē izmantoto metožu klāsts šādu kārtiņu iegūšanai ir visai plašs. Šajā darbā nanokristālisku TiO<sub>2</sub> plāno kārtiņu iegūšanai tiek izmantotas sola-gēla un elektroforēzes metodes.

Darba mērķis ir atrast optimālās TiO<sub>2</sub> plāno kārtiņu uznešanas metodes uz dažādu materiālu pamatnēm un tālākā darba gaitā optimizēt izvēlēta procesa (sola-gēla vai elektroforēzes) parametrus. Iegūto plāno kārtiņu raksturošanai ir izmantotas optiskās mikroskopijas, rentgenstruktūranalīzes un Ramana spektroskopijas metodes. Darbā parādītas TiO<sub>2</sub> plāno kārtiņu struktūras pārvērtības atkarībā no to izkarsēšanas temperatūras.

Autori pateicas Eiropas Reģionālās attīstības fonda projektam No.2010/0243/2DP/2.1.1.1,0/10/APIA/VIAA/156 par finansiālu atbalstu.

## **PREPARATION OF TiO<sub>2</sub> THIN FILMS BY SOL-GEL AND ELECTROPHORETIC METHODS**

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

Titanium dioxide thin films are promising materials for gas sensors, ultrafiltration membranes, photocatalysis, solar cells and photovoltaic applications. Many efforts have been made to improve their properties by preparing porous films with high surface area. There are a wide variety of preparation methods for TiO<sub>2</sub> thin films, e.g. sol-gel, doctor blade, spin coating, chemical vapor and sputter deposition. In this study nanocrystalline TiO<sub>2</sub> thin films have been prepared by sol-gel and electrophoretic deposition process.

The purpose of current work is to find the optimal deposition method to obtain TiO<sub>2</sub> thin films on various substrates with following optimization of the parameters for the deposition (sol-gel or electrophoretic) process. Obtained TiO<sub>2</sub> thin films were characterized by phase composition, morphology and their microstructures using X-ray diffraction, Raman spectroscopy, as well as optical microscopy. The dependence of structural changes for TiO<sub>2</sub> thin films from annealing temperature has been demonstrated in this work.

This work was financially supported by European Regional Development Fund project No.2010/0243/2DP/2.1.1.1,0/10/APIA/VIAA/156.

## TiO<sub>2</sub> PLĀNO KĀRTIŅU FOTOKATALĪTISKĀS ĪPAŠĪBAS

I. Liepiņa, G.Bajārs, L.Grīnberga, J.Linītis, J.Kleperis, A.Lūsis

*Latvijas Universitātes Cietvielu fizikas institūts*

Titāna dioksīda nanostrukturētām plānajām kārtiņām piemīt pusvadītāju īpašības. Tās ir nejūtīgas attiecībā pret redzamo gaismu (aizliegtās zonas platums 3.2 eV), kas ļauj tām absorbēt tikai tuvajā UV apgabalā. Tāpēc šajā darbā TiO<sub>2</sub> plāno kārtiņu fotokatalītiskās īpašības eksperimentāli ir pētītas tieši šajā starojuma diapazonā, jo tas neprasa papildus kārtiņu apstrādi, lai padarītu tās jutīgas attiecībā pret redzamo gaismu.

Fotokatalītiskajiem pētījumiem izmantotās TiO<sub>2</sub> plānās kārtiņas tika iegūtas ar sol-gēla un elektroforēzes metodēm. Mērījumi tika veikti divu elektrodu šūnā kā elektrolītu izmantojot 1 M Na<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> ūdens šķīdumu un Pt salīdzināšanas elektrodu, kas vienlaicīgi kalpoja kā palīgelektrods. Atvērtās ķēdes potenciāls un fotostrāva tika reģistrēta ar potenciostatu VoltaLab PGZ 301. Darbā analizēta fotokatalītiskā aktivitāte atkarībā no pamatnes materiāla, kārtiņas iegūšanas metodes, struktūras un biezuma.

*Pateicība: Paldies Valsts Pētījumu programmai materiālzinātnēs par finansiālu atbalstu.*

## PHOTOCATALYTIC PROPERTIES OF TiO<sub>2</sub> THIN FILMS

I. Liepina, G.Bajars, L.Grīnberga, J.Linītis, J.Kleperis, A.Lūsis

*Institute of Solid State Physics, University of Latvia*

Nanostructured thin films of titanium dioxide shows properties of the semiconductors. Its insensitivity to visible light due to the broad band gap (3.2 eV), enables an absorption only in the near ultraviolet region. Therefore in current work the experimental investigations of their photocatalytic properties have been performed exactly in the near ultraviolet region. There is no necessity for additional treatment of TiO<sub>2</sub> thin films to make them sensitive to visible light.

In this work, TiO<sub>2</sub> thin films were prepared by a sol-gel dip coating and sol-electrophoretic process. Measurements were carried out in two electrode cell with a 1 M Na<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> water solution as an electrolyte and Pt foil as reference electrode and counter electrode. The open-circuit voltage and photocurrent density were measured by potentiostat VoltaLab PGZ 301. The possible correlations between the photocatalytic activity and various parameters such as substrate material, preparation method, structural properties and thickness of thin films are discussed.

*Acknowledgement:* Thanks to State Research project in the material sciences for financial support.



## JONU ENERĢIJAS IETEKME UZ NANOSTRUKTŪRAS VEIDOŠANOS LiF KRISTĀLOS

**R. Grants, R. Zabels, I. Manika**

*Latvijas Universitātes Cietvielu fizikas institūts*

Ar MeV un GeV enerģiju Au joniem apstarotu LiF monokristālu struktūras un nanocietības izmaiņas pētītas ar nanoindentēšanas, ķīmiskās kodināšanas un atomspēku mikroskopijas metodēm. Struktūras pētījumi parādīja, ka apstarošana ar MeV joniem, kuru enerģijas ievērojama daļa tiek atdota elastiskajās sadursmēs ar mērķa atomiem, izsauc ar dislokācijām bagātas struktūras veidošanos. Apstarošanas dozai palielinoties, notiek dislokāciju uzkrāšanās, sakārtošanās un mozaikas veida struktūras rašanās, kas sastāv no nanoizmēra LiF graudiem ar mazo leņķu graudu robežām starp tiem. Struktūras izmaiņām seko ievērojama LiF cietības palielināšanās. Arī apstarošana ar GeV joniem, kuru mijiedarbībā ar vielu dominē elektroniskie enerģijas zudumi, izsauc nanostrukturēšanos. Taču līdzīga efekta izraisīšanai GeV jonu gadījumā ir pietiekama par aptuveni divām kārtām zemāka fluence. Ievērojamas ir arī atšķirības nanostrukturētā slāņa biezumā. GeV jonu gadījumā tās sniedzas lielā dziļumā (ap 100  $\mu\text{m}$ ), bet MeV joniem struktūras izmaiņas lokalizētas plānā (daži  $\mu\text{m}$ ) virsmas slānī. Taču, izmantojot MeV jonus, šajā slānī iespējams sasniegt ievērojami augstāku jonu atdotās enerģijas blīvumu un augstāku radiācijas izraisīto defektu agregatizācijas pakāpi. Ar jonu apstarošanu radītā nanostrukturā ir stabila istabas temperatūrā, bet tās termiskā sabrukšana sākas virs 530 K un noslēdzas 810-830 K temperatūrā.

## IMPACT OF ION ENERGY ON NANOSTRUCTURE FORMATION IN LiF CRYSTALS

**R. Grants, R. Zabels, I. Manika**

*Institute of Solid State Physics, University of Latvia*

The modification of structure and nano-hardness of LiF crystals irradiated with MeV- and GeV-energy Au ions have been studied using nanoindentation, chemical etching and atomic force microscopy. The structural study shows that irradiation of LiF single crystals to high fluences, initially leads to the formation of dislocation-rich structure. Accumulation of dislocations due to increased fluences results in formation of a bulk mosaic type nanostructure consisting of nanoscale LiF grains. The observed structural changes are accompanied by a strong increase of indentation hardness. Irradiation with ions in the MeV-energy range, which deposit a significant fraction of their energy *via* elastic collisions with the target atoms, shows some peculiarities relative to GeV ions, the stopping of which in LiF is dominated by electronic energy loss. For MeV ions, the modifications are localized in a thin surface layer (few  $\mu\text{m}$ ), were a much higher density of the deposited energy and a deeper stage of the aggregation of radiation defects than for GeV-energy ions can be reached. However, about two orders of magnitude higher fluence for comparable hardening is required in the case of MeV ions. The study of thermal stability of ion-induced nanostructure showed a significant recovery of structure and hardness at  $T \geq 530$  K. Complete recovery is reached after annealing at 810-830 K.

## AR $\text{Eu}^{3+}$ AKTIVĒTA $\text{NaLaF}_4$ SINTĒZE UN LUMINISCENCE

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

Šobrīd liela uzmanība tiek pievērsta efektīvu luminiscences materiālu meklējumiem, kuriem varētu rasties pielietojums dažādās jomās, piemēram, plazmas paneļos vai fluorescences lampās. Ar retzemju elementiem (t.sk. eiropiju) aktivēti materiāli varētu būt perspektīvi šajās jomās, tādēļ ir aktuāla šādu materiālu izpēte.

Šajā darbā no  $\text{LaF}_3$  un  $\text{NaF}$  maisījumiem ar dažādām  $\text{EuF}_3$  koncentrācijām (0.05, 0.1, 0.5, 1 un 2mol%), tika sintezēti  $\text{NaLaF}_4:\text{Eu}^{3+}$  paraugi dažādās temperatūrās (450, 500, 550, 600, 650°C). Iegūtajiem paraugiem tika mērīti luminiscences un ierosmes spektri, kā arī luminiscences kinētikas.

No iegūtajiem eksperimentālajiem rezultātiem tiks spriests par sintezēto paraugu sastāvu un kvalitāti, kā arī to luminiscences īpašībām atkarībā no maisījuma karsēšanas temperatūras.

*Pateicības: Autori pasakās Valsts Pētījumu Programmas IMIS 1.projekta, kā arī ESF projekta 2009/0202/1DP/1.1.1.2.0/09/APIA/VIAA/141 finansētajam atbalstam*

## SYNTHESIS AND LUMINISCENCE STUDIES OF $\text{Eu}^{3+}$ DOPED $\text{NaLaF}_4$

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

Great attention has been paid for searching of perspective luminescence materials which could be used in various areas, for example, plasma panels or fluorescent lamps. Rare-earth (including europium) doped materials have been found to be perspective candidates for such uses thereby further investigation of their properties is required.

In this work  $\text{LaF}_3$  and  $\text{NaF}$  mixtures with different  $\text{EuF}_3$  concentrations (0.05, 0.1, 0.5, 1 and 2mol%) were annealed at different temperatures (450, 500, 550, 600, 650°C) to obtain  $\text{NaLaF}_4:\text{Eu}^{3+}$ . For the obtained samples luminescence and excitation spectra as well as luminescence decay kinetics were measured.

Based on the experimental results peculiarities of the sample composition, quality and luminescence properties and their dependence on the annealing temperature will be discussed.

*Acknowledgements: the financial support of State Research Program IMIS (project 1) as well as ESF project 2009/0202/1DP/1.1.1.2.0/09/APIA/VIAA/141 is highly appreciated.*

## DABĪGO DEFEKTU LUMINISCENCE DAŽĀDI STRUKTURĒTOS hBN

**V. Korsaks, B. Bērziņa, L. Trinklere**  
*Latvijas Universitātes Cietvielu fizikas institūts*

Heksagonālais bora nitrīds ir perspektīvs platzonu materiāls ar iespējamu pielietojumu gaismu starojošās ierīcēs. Cerībā uzlabot hBN optiskās īpašības pēdējā desmitgadē ir sintezēti dažādi jauni šī materiāla veidi, kas ietver nanostruktūras un monokristālus. Piedāvātais ziņojums ietver makromateriāla – hBN pulvera un nanomateriāla – daudzsienu nanocauruļu (BNNTs) kompleksus spektrālo īpašību pētījumus. Fotoluminiscences un tās ierosmes spektri un luminiscences kinētika tika pētīti plašā temperatūru rajonā no 8 K līdz 300 K.

Tika konstatēts, ka hBN kristāliskajā režģī, neatkarīgi no materiāla izmēriem, vienmēr klātesoši ir divu veidu luminiscences centri, kurus rada dabīgie defekti. Šie defekti ir atbildīgi par divām intensīvākajām luminiscences joslām pie 320 nm un 400 nm. Veiktie spektrālie pētījumi ļauj atklāt 320 nm un 400 nm luminiscenču mehānismus. Ir konstatēts, ka 320 nm luminiscenci rada iekšcentra procesi, kur gaismas absorbcija un emisija notiek vienā un tai pašā atomā. 400 nm luminiscences gadījumā noteicošie ir rekombinācijas procesi.

## NATIVE DEFECT LUMINESCENCE OF DIFFERENT STRUCTURED hBN

**V. Korsaks, B. Berzina, L. Trinkler**  
*Institute of Solid State Physics, University of Latvia*

Hexagonal boron nitride is one of prospective wide band gap materials with possible application in light emitting devices. In order to perfect the optical characteristics of hBN during last decade different new types of this material were synthesized including nanostructures and single crystals. The present report comprises the complex studies of spectral characteristics of macro material – hBN powder and nanomaterial - multiwall nanotubes (BNNTs). Photoluminescence spectra, its excitation spectra and kinetics were studied within a wide temperature range between 8 K and 300 K.

It was found that there are two different types of luminescence centers caused by native defects, always present in hBN crystalline lattice irrespective of size. These defects are responsible for two dominant luminescence bands at 320 nm and 400 nm. The spectral studies performed allow reveal the mechanisms of 320 nm and 400 nm luminescence. It was found that the 320 nm luminescence is caused by the inter-center processes where light absorption and emission occur in one and the same atom. In the case of the 400 nm luminescence the recombination processes are predominant.

## **HOLOGRĀFISKAIS IERAKSTS AMORFĀS As-S-Se PLĀNĀS KĀRTIŅĀS**

**A. Kiseļovs, J. Teteris**

*Latvijas Universitātes Cietvielu fizikas institūts*

Darbā tika pētītas hologrāfiskā ieraksta īpašības amorfās As-S-Se plānās kārtiņās. Ierakstam tika izmantots lāzeris ar  $\lambda=671$  nm līniju. Lāzera staru sadala divos staros un novirza to tā, ka uz parauga veidojas interferences aina – ierakstās hologrāfiskais režģis. Darba gaitā tika pētītas režģa ieraksta process atkarībā no staru polarizācijas un režģa perioda.

## **HOLOGRAPHIC RECORDING IN AMORPHOUS As-S-Se THIN LAYER**

**A.Kiselovs, J. Teteris**

*Institute of Solid State Physics, University of Latvia*

The properties of As-S-Se holographic lattice were studied during work. For recording the laser with  $\lambda= 671$  nm was used. An interference pattern was created on the sample surface. The dependence of light polarizitation and lattice period was examined.

## **AZO-KRĀSVIELU UN ŽELATĪNA SISTĒMAS OPTISKĀS ĪPAŠĪBAS**

**K.Klismeta, J. Teteris**

*Latvijas Universitātes Cietvielu fizikas institūts*

Tika pētītas sistēmas azo-krāsviela (Methyl red) un želatīns optiskās īpašības. Šī krāsviela tika izmantota galvenokārt tāpēc, ka tā šķīst ūdenī, savukārt želatīns, kas ir viegli pieejams un lēts materiāls, kalpo kā polimēra matrica.

Paraugi tika izgatavoti divos veidos, saistot krāsvielu un polimēru „guest-host” sistēmā. Vienā gadījumā tika izmantotas jau gatavas hologrāfiskās plates – to paraugi mērcēti Methyl red šķīdumā. Otrā gadījumā Methyl red šķīdums tika sildīts kopā ar želatīna pulveri un tad tas uzklāts uz stikla.

Pēc izžūšanas paraugiem tika uzņemti transmisijas spektri, kā arī tajos rakstīts hologrāfiskais režģis.

## **OPTICAL PROPERTIES OF AZO DYES AND GELATIN SYSTEM**

**K. Klismeta, J. Teteris**

*Institute of Solid State Physics, University of Latvia*

Optical properties of azo dye (Methyl red) and gelatin as polymer matrix were experimentally studied. This specific dye was chosen because it is soluble in water, while gelatin is common and cheap material.

Samples were made in two ways by joining the dye and polymer in a „guest-host” system. Firstly, already made holographic plates were soaked in Methyl red solution. Secondly, Methyl red solution was heated with gelatin powder and then it was applied on glass. After drying transmission spectra was taken and a holographic grating was recorded.

## **OPTISKO ĪPAŠĪBU FOTOINDUCĒTĀS IZMAIŅAS SISTĒMĀ DISPERSE RED1-POLIMĒRS**

**E. Potanina, J. Teteris**

*Latvijas Universitātes Cietvielu fizikas institūts*

Sistēmai azo-krāsviela – polimērs tiek pievērsta uzmanība, jo atkarībā no izvēlētām sastāvdaļām, bet pie līdzīgiem eksperimenta apstākļiem, parauga optiskās īpašības mainās plašā diapazonā gan difrakcijas režģa izveidošanā, gan difrakcijas režģa efektivitātes ziņā. Pie noteiktas vielu kombinācijas režģis paraugā neveidojas vispār, veidojas lēni, vai arī ļoti strauji, tikko kā paragus tiek pakļauts lāzera starošanai. Līdzīgi ir ar parauga relaksāciju. Tas, kā notiek process, parāda vai izmaiņas saglabājās paraugā, vai pakāpeniski/ātri pazūd, kad tas netiek pakļauts lāzera starojumam. Gadījumā, ja režģis paraugā veidojas, tad difrakcijas režģa efektivitātes vērtība mainās no procentu simtdaļām līdz veseram procentu skaitam. Tiek meklēts materiāls, kurš atjaunotu savas īpašības pēc tam, kad tas tika pakļauts starošanai, un būtu izmantojams vairākas reizes.

## **PHOTOINDUCED CHANGES OF OPTICAL PROPERTIES IN DISPERSE RED1 POLYMER MATRIX**

**E. Potanina, J. Teteris**

*Institute of Solid State Physics, University of Latvia*

In the same conditions (same wave length and intensity), but changing the polymer matrix or dye, it is possible to get absolutely different results and optical changes in samples. Choice of material combination (polymer + dye) affects forming diffraction grating in layer and the speed, how it will be formed. The forms of relaxation graphics are different, too. It shows how fast optical changes (diffraction grating) disappear from layer, when sample is not under laser radiation. If diffraction grating in layer is forming its efficiency can change hundred times, depending on what dye or polymer is chosen for making sample. The material what we are searching for must have ability to renew its optical properties after laser radiation.

## **UV OPTISKAIS IERAKSTS UN VIRSMAS RELJEFA VEIDOŠANĀS POLIMĒRU PLĒVĒS**

**A. Gerbreders, J. Teteris**

*Latvijas Universitātes Cietvielu fizikas institūts*

Tika pētīta iespēja veikt UV optisko ierakstu un elektronu staru litogrāfijas ierakstu dažādu veidu organisko polimēru plēvēs. Apskatīti molekulārās struktūras izmaiņu mehānismi: fotoizomerizācija, destrukcija, sašūšana un oksidēšana. Aprakstīti poliuretānu, poliakrilātu un dažādu blok-kopolimēru plēvju apstarošanas ar UV impulsiem (248 nm) rezultāti. Tika veikta polibutadienu kopolimēru elementu analīze un plēvju caurlaidības spektru pētīšana līdz un pēc apstarošanas ar UV starojumu. Izpētīta izšķirtspēja pie informācijas ieraksta ar elektronu staru litogrāfijas palīdzību polimēru plēvēs.

## **UV OPTICAL RECORD AND SURFACE RELIEF FORMATION IN POLYMER FILMS**

**A. Gerbreders, J. Teteris**

*Institute of Solid State Physics, University of Latvia*

Possibility of UV optical record and electron beam lithography in different type of polymeric films was studied. Mechanisms of molecular structure changes: photoisomerization, destruction, cross-linking and oxidation have been discussed. The results of UV illumination of polyurethanes, polyacrilates, and some block-copolymers were described. The element analysis of polybutadien block copolymer was performed before and after UV illumination, and the changes in transmission spectra of the polymer film were measured. The resolution of electron beam lithography on polymeric films also was studied.

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

**M. Jirgensons un J. Teteris**  
*Latvijas Universitātes Cietvielu fizikas institūts*

Dotajā darbā tika pētīts fotoinducētais optiskais dihroisms amorfās As-S-Se plānās kārtiņās. Optiskās caurlaidības fotoinducētā anizotropija tika pētīta ar lineāri polarizētu gaismu pie viļņa garuma 635 nm. Optiskā anizotropija paraugos tika inducēta ar lineāri polarizētu 635 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-Se FILMS**

**M.Jirgensons, J.Teteris**  
*Institute of Solid State Physics, University of Latvia*

The photoinduced optical dichroism was studied in amorphous As-S-Se thin films. The photoinduced anisotropy of optical transparency was studied with linear polarized light at wavelength of 635 nm. The optical anisotropy in the samples was induced by linear polarized 635 nm laser beam. The changes of optical transparency both for perpendicular and parallel directions regarding the polarisation of excitng beam were studied.



## ELEKTRISKO ĪPAŠĪBU PĒTĪJUMI PERILĒNA ATVASINĀJUMU PLĀNĀS KĀRTIŅĀS

**K.Pudzis<sup>1</sup>, I.Muzikante<sup>1</sup>, M.Rutkis<sup>1</sup>, J.V.Grazulevicius<sup>2</sup>, R.Reghu<sup>2</sup>**

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

<sup>2</sup>*Kauņas Tehnoloģiskā universitātes Organiskās Tehnoloģijas nodaļa, Kauņa, Lietuva*

Perilēna atvasinājumi ir labi zināmi elektron-vadoši organiskie pusvadītāji. Tos plaši izmanto organiskajā elektronikā un optoelektronikā. Tiem piesaistot caurum-vadošas grupas varētu izveidot molekulas, kuras labi vadītu gan elektronus, gan caurumus. Karbozola molekulām ir laba caurumu vadītspēja, tādēļ to kovalenti piesaistot pie perilēna atvasinājumiem varētu izveidot molekulas ar bipolāru vadāmību.

Šajā darbā esam pētījuši elektriskās īpašības diviem savienojumiem, kuri sastāv no perilēna atvasinājuma un tam abpusēji pievienotām karbazolil grupām. Tika izveidoti "Sandwich" tipa paraugi, kas sastāv no pētāmās vielas kā aktīvā slāņa, kas atrodas starp diviem elektrodēm. Visos gadījumos apakšējais elektrods bija zelts, bet augšējais bija alumīnijs, pallādijs un varš. Organiskā slāņa biezums bija ap 1 μm. Tas ļauj pielietot telpas lādiņa ierobežotās strāvas metodi. Elektriskās vadītspējas termiskā atkarība tika pētīta telpas lādiņu ierobežotās strāvas režīmā. Fotovadāmības sliekšņa vērtības  $E_{th}$  tika noteiktas no fotovadāmības kvantu efektivitātes spektriem.

Augstākās izpildītās molekulārās orbitāles (HOMO) un zemākais neizpildītās molekulārās orbitāles (LUMO) līmeņi tika noteikti izmantojot kvantu ķīmijas aprēķinus.

## STUDY OF ELECTRICAL PROPERTIES OF THIN FILM OF PERYLENE DERIVATIVES

**K.Pudzis<sup>1</sup>, I.Muzikante<sup>1</sup>, M.Rutkis<sup>1</sup>, J.V.Grazulevicius<sup>2</sup>, R.Reghu<sup>2</sup>**

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

<sup>2</sup>*Department of Organic Technology of Kaunas University of Technology,  
Kaunas, Lithuania*

Perylene bisimide derivatives are well-known organic semiconductors with good electron mobility. They widely employed in organic electronics and optoelectronics. Nevertheless perylene bisimide derivatives could be improved by attaching hole-transporting groups thereby obtaining bipolar molecules. Carbazole molecules are good candidate for hole-transporting groups. Carbazole covalently linked to perylene bisimide derivatives could lead to bipolar molecules.

In this work we have studied electrical properties of two bay carbazolyl substituted perylene bisimide derivatives. "Sandwich" type samples consisting of investigated compounds as an active layer between two electrodes were prepared. Gold was used as bottom electrode and Aluminum, Palladium and Cuprum as top electrode. The organic film thickness was about 1 μm. The thermal dependencies of electrical conductivity were investigated in space charge limited current regime. Values of threshold energies  $E_{th}$  from spectral dependences of photoconductivity were obtained.

Highest occupied molecular orbital (HOMO) and lowest unoccupied molecular orbital (LUMO) levels were obtained by quantum chemical calculations.

## FOTOVADĀMĪBAS PROCESI DMABI ATVASINĀJUMU POLIKRISTĀLISKĀS KĀRTIŅĀS

**R.Gržibovskis, I.Muzikante, J.Latvels, B.Turovska<sup>1</sup>, P.J.Pastors<sup>1</sup>, V.Kampars<sup>1</sup>**

*Latvijas Universitātes Cietvielu fizikas institūts*

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

Starp citiem pusvadītājiem, indandiona grupas savienojumi ar savu termisko un ķīmisko stabilitāti un fotoelektriskajām īpašībām ir labi kandidāti izmantošanai jaunās elektroniskās ierīcēs, piemēram, organiskajās saules baterijās.

Lai varētu veidot šādas saules baterijas, ir nepieciešams zināt izmantojamo vielu enerģētisko struktūru. Jonizācijas potenciāls un aizliegtā enerģētiskā sprauga tieši nosaka tādu elektrisko procesus kā lādiņnesēju ģenerācija un transports. Lai raksturotu enerģētisko struktūru, ir noteikti vairāki vielas parametri- optiskā enerģētiskā sprauga  $E_{Opt}^G$ , fotovadāmības kvantu efektivitātes sliekšņa vērtība  $E_{th}$ , starpība starp oksidēšanās un reducēšanās potenciāliem  $U_{redox}$ . Ir noteikta fotovadāmības kvantu efektivitāte un tās spektrālā atkarība dimetilaminobenzilidēn-1,3-indandionam (DMABI) un vairākiem tā atvasinājumiem. No fotovadāmības kvantu efektivitātes ir noteikta arī sliekšņa vērtība  $E_{th}$ . No absorbcijas spektra noteikta optiskā enerģētiskā sprauga  $E_{Opt}^G$ .

Mēs esam noteikuši lineāru sakarību starp optisko spraugu  $E_{Opt}^G$  un sliekšņa vērtību  $E_{th}$  DMABI un vairākiem tā atvasinājumiem atkarībā no oksidēšanās-reducēšanās potenciāla  $U_{redox}$ . Ir pētīta arī starpības starp optisko spraugu  $E_{Opt}^G$  un sliekšņa vērtību  $E_{th}$  atkarība no molekulas dipola momenta.

## PHOTOCONDUCTIVITY PROCESSES IN POLYCRYSTALLINE FILMS OF DMABI DERIVATIVES

**R.Gržibovskis, I.Muzikante, J.Latvels, B.Turovska<sup>1</sup>, P.J.Pastors<sup>1</sup>, V.Kampars<sup>1</sup>**

*Institute of Solid State Physics, University of Latvia*

<sup>1</sup> *Faculty of materials science and applied chemistry, Riga Technical University*

Among organic semiconductors, group of indandione molecules with their thermal and chemical stability and photoelectrical properties are good candidates for using them in novel electronic devices, for example- organic solar cells. The fundamental part of designing such solar cells is knowledge of energetic parameters of materials. An ionization potential and energy gap directly affect such important electronic processes as charge carrier generation and transport. In order to characterise energy structure several parameters are determined such as and optical energy gap  $E_{Opt}^G$ , a threshold of quantum efficiency of photoconductivity  $E_{th}$ , difference between oxidation and reduction potential ( $U_{redox}$ ).

Photoconductivity quantum efficiency and its spectral dependence of dimetilaminobenzylidene-1,3-indandione (DMABI) and several its derivatives was obtained. Value of the threshold energy  $E_{th}$  from spectral dependence of quantum efficiency of photoconductivity is obtained. From optical absorption spectra the values of optical gap ( $E_{Opt}^G$ ) were determined.

We have determined linear relation between values of optical gap  $E_{Opt}^G$  and quantum efficiency of photoconductivity  $E_{th}$  for DMABI and its derivatives depending on redox potential  $U_{redox}$ . Also relation of the difference between optical gap  $E_{Opt}^G$  and quantum efficiency of photoconductivity  $E_{th}$  depending on molecule dipole moment is studied.

## **AMORFU FĀZI VEIDOJOŠO ORGANISKO VIELU ELEKTROLUMINISCENCES ĪPAŠĪBAS**

**S.Popova, A.Vembris, I.Muzikante**

*Latvijas Universitātes Cietvielu fizikas institūts*

Mazmolekulārie savienojumi, kuri veido amorfu struktūru varētu būt perspektīvi nākošās paaudzes optoelektronikas ierīcēs. Viens no plaši lietotajiem sarkani luminiscējošām organiskām vielām satur piraniliden atvasinājumu. Tam pievienojot telpisku tritiloksietil grupu ir iespējams panākt amorfās struktūras veidošanos no organiskiem šķīdinātājiem.

Šajā darbā mēs parādīsim optiskās un elektroluminiscentās īpašības četriem oriģināliem dažādu akceptoru piraniliden atvasinājumiem, kuri veido amorfu struktūru. Fotoluminiscences spektrs ir atkarīgs no akceptorās grupas un pārklāj spektrālo apgabalu no oranžas līdz tumši sarkanai. Pie kam vājāka akceptorā grupa nobīda spektru uz sarkano pusi.

No pētāmām vielām tika pagatavoti paraugi elektroluminiscences mērījumiem. Fotoluminiscences un elektroluminiscences spektri sakrīta. Papildus darbā tiks apskatītas elektriskās īpašības un elektroluminiscences efektivitāte atkarība no molekulas struktūras.

## **ELECTROLUMINESCENCE PROPERTIES OF ORGANIC COMPOUNDS IN AMORPHOUS STATE**

**S. Popova, A.Vembris, I.Muzikante**

*Institute of Solid State Physics, University of Latvia*

Glass forming low molecular weight organic compounds could be perspective in next generation optoelectronic devices due to there easier synthesis and thin film processing. One of common red luminescent materials contain pyraniliden fragment as backbone. Attached bulky trityloxyethyl groups lead to glass forming thin film from organic solvents.

In this presentation we will show optical and electroluminescence properties of four original glasses forming pyraniliden fragment containing molecules with different acceptor groups. Photoluminescence spectra of compounds in thin film depend on acceptor group and cover spectral region from orange to deep red. Weaker acceptor group gives red-shift of luminescence spectra.

Electroluminescence devices were prepared from investigated compounds by spin-coating method. Maximum position and shape of electroluminescence and photoluminescence spectra is similar. Electrical properties as well as electroluminescence efficiency will be discussed.

## **PROGRAMMATŪRA UN MĒRAPARATŪRA TSL INTENSITĀTES UN SPEKTRU REGISTRĒŠANAI**

**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 luminiscenci reģistrē paraugu sildot ar uzdoto ātrumu.

Izstrādāta vizualizācijas, kontroles un datu apstrādes programma National Instruments Labview 9 programmēšanas vidē, kura vada temperatūras kontroles un spektru registrācijas ierīces.

Temperatūras kontrole realizēta ar VISIO 350-RA-22 PLK (Programmējams Logiskais Kontrolieris) ierīci, kurai programmatūra izstrādāta iekšējā VisiLogic programmēšanas vidē. Lineārai sildīšanai izmanto Proporcioniāli-Integrāli-Diferenciālo algoritmu, kas veic sildītajam pievadītas elektriskās jaudas kontroli izmantojot simistoru. Temperatūras reģistrēšanai izmanto termoprestību (PT100) un termopāri (T-tips). Datu pārraides nodrošināšanai starp VISIO ierīci un pamatprogrammu ir izmantots OPC (OLE for Process Control) serveris. Spektru registrācijai lietots Andor Shamrock SR-303I-B spektrometrs ar Andor IDus CCD kameru izejā, kontrolei izmantots Andor SDK modulis. Programmā tiek uzdoti sākumparametri: temperatūru diapozons, sildīšanas ātrums, laika intervāls starp registrējamiem spektriem, kā arī monohromatora un CCD kameras uzstādījumi. Parauga sildīšanas procesā vienādos laika intervālos tiek uzņemti luminiscences spektri. Rezultātā iegūst 3D datu masīvu ar luminiscences spektrālā sastāva un intensitātes atkarību no temperatūras.

Izveidotā mērsistēma viegli modificējot saslēdzama gan ar slāpekļa gan ar hēlija kriostatiem, kur pirmajā gadījumā iespējams TSL diapozons ir no 77-850K, bet otrajā no 10-400K.

## **SOFTWARE AND HARDWARE FOR TSL INTENSITY AND SPECTRA MEASUREMENT**

**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 is measured during the sample is heated.

The visualization, control and data processing software was developed using National Instruments Labview 9 software, which controls temperature and spectra registration devices.

Temperature control was performed using VISIO 350-RA-22 PLC (Programmable Logic Controller) device, software to PLC was developed using built-in VisiLogic development environment. For linear heating Proportional-Integral-Derivative method was used, which via simistor modulates the width of electric power pulse for heater. For temperature control, thermoresistor (PT100) and thermocouple (T-type) were used. The OPC (OLE for Process Control) server was used to transfer the data from PLC to main software. To acquire spectra Andor Shamrock SR-303I-B spectrometer and Andor IDus CCD camera attached to it were used. To control spectrometer and CCD camera Andor SDK module was used. The starting parameters must be defined: the temperature region, heating rate, time interval between spectra registration, as well as monochromator and CCD camera settings. During the sample heating, the luminescence spectra at defined time intervals were measured. As a result, 3D data matrix with luminescence intensity, spectra and temperature was obtained.

Equipment will be easy modified for LNT and LHeT cryostats. For the first option, temperature range is 77-850K, but with LHeT cryostat – 10-400K.

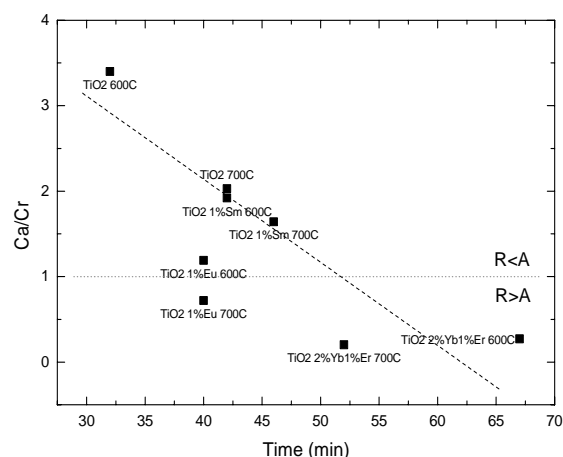
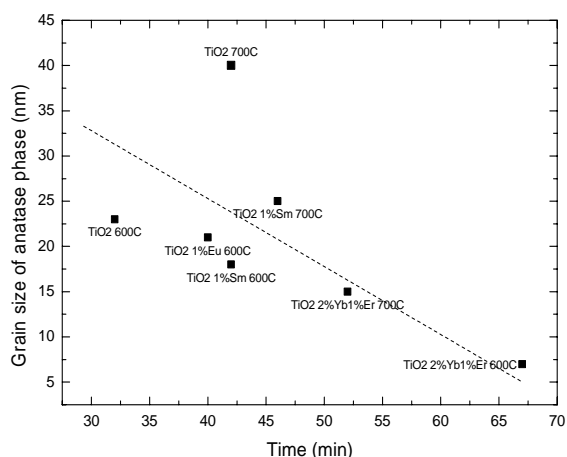
## TiO<sub>2</sub> NANOPULVERU FOTOKATALĪZES EFEKTIVITĀTES PĒTĪJUMI

J. Rikveilis, L. Grigorjeva, D. Millers, K. Šmits

*Latvijas Universitātes Cietvielu fizikas institūts*

Fotokatalīzes efektivitāte (FKE) tika pētīta un salīdzināta TiO<sub>2</sub> nanopulveriem (ar grauda izmēriem no 25 nm līdz 70 nm), kas dopēti ar Er, Yb un Sm joniem. Sagatavoto pulveru FKE novērtēta pēc metilēnzilā šķīdumā sabrukšanas apstarojot ar UV lampu. Mētilēnzilā absorbcijas spektri reģistrēti pie dažādiem apstarošanas laikiem 190-1100 nm spektra apgabalā. Pētīta sakarība starp FKE un pulveru graudu izmēriem, anatasa un rutila fāžu attiecībām (Ca/Cr). Rentgenstaru difrakcija izmantota fāžu sastāva un graudu izmēra novērtēšanai.

Iegūtie rezultāti rāda, ka novērotajos fotokatalīzes procesos anatasa un rutila fāžu attiecība ir nozīmīgāka par grauda izmēriem. Nanopulveri ar mazākiem grauda izmēriem neuzrāda lielāku FKE, iespējams tādēļ, ka ir liela virsmas defektu koncentrācija.



## PHOTOCATALYTIC EFFICIENCY STUDIES OF TiO<sub>2</sub> NANOPOWDERS

J. Rikveilis, L. Grigorjeva, D. Millers, K. Šmits

*Institute of Solid State Physics, University of Latvia*

Photocatalytic efficiency (PE) of nanosized (ranging from 25 nm to 70 nm) TiO<sub>2</sub> powders with different rare earth ions (Er, Yb, and Sm) doping were studied. PE of the prepared powders was evaluated by degradation of methylene blue aqueous solution. Absorption spectra from 190-1100 nm were measured during solution UV light illumination. A dependence of PE on particle size, rutile to anatase phase ratio (Ca/Cr) were studied and analyzed. The XRD was used for anatase-rutile phase composition and grain size estimation.

Experimental results show that anatase to rutile phase ratio has more significant role than grain size in PE. The smaller grain size does not lead to greater performance, possible due to high concentration of surface defects.

## **JAUDAS REGULATORS AKTĪVAI SLODZEI**

**A.Kristiņš, J.Melderis**

*Latvijas Universitātes Cietvielu fizikas institūts*

Veicot dažādus eksperimentus dažreiz rodas nepieciešamība sildīt lielas masas objektu (aktīva slodze) un vienlaicīgi veikt precīzus parametru mērījumus. Jaudas regulēšanai tādos gadījumos visbiežāk lieto tiristoru regulatorus ar aizdedzes fāzes regulēšanu. Šiem regulatoriem piemīt būtisks trūkums – liels elektromagnētisko trokšņu līmenis tiristoru komutācijas momentos, kas apgrūtina precīzās mēraparatūras darbību. Tiek piedāvāts jaudas regulators, kurā trokšņu līmenis ir būtiski mazāks, jo visas komutācijas notiek tuvu barojošā sprieguma nulles līmeņa pārejai. Jaudas regulēšana notiek izslēdzot veselus pusperiodus no sildīšanas procesa. Jo vairāk pusperiodu laika vienībā nepiedalās sildīšanā, jo mazāka jauda izdalās sildāmajā objektā. Izkrītošie pusperiodi vienmērīgi sadalīti laikā, tāpēc masīvajā sildāmajā objektā tas nerada ievērojamas temperatūras svārstības.

## **POWER CONTROLLER FOR ACTIVE LOAD**

**A.Kristiņš, J.Melderis**

*Institute of Solid State Physics, University of Latvia*

Sometimes there is necessity of heating objects with significant mass (active load) and simultaneously perform the accurate parameter measurements at the same time. Thyristor regulators with ignition phase adjustment most frequently are used in these situations. These regulators have fundamental deficiency - large electromagnetic noise level during of thyristor switching moments which makes precision measuring operations difficult. There is proposed a power regulator with noise level significantly lower, because all switching is close to the power voltage zero transition. Power adjustment is organized by removing full half-cycles from the heating process. Decreased half-cycles in time unit provides less heating power for heating object. Non-activated half-cycles are evenly distributed in time, so massive heating object has not significant temperature fluctuations.

## STIKLA AUDUMA ELEKTROĶĪMISKĀS IMPEDANCES RAKSTURLĪKNES UN MITRUMA SATURS

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

Analizēta nātrija alumosilikātu stikla diegu auduma elektroķīmiskā impedance atkarībā no auduma mitruma. Diegu elementi saturēja poras, pildītas ar sārmu metālu oksīdiem, kuru daudzumu varēja mainīt ar auduma izskalošanu ūdenī vai skābē. Lietots HP 16451B parauga turētājs ar uznestu Ni vai cita metāla kārtiņu. Visi paraugi ar mitruma saturu mazāku par līdzsvara (ap 2 mg/cm<sup>2</sup>) izturējās līdzīgi dielektriķiem ar dielektriskām konstantēm, sagaidāmām atbilstoši to komponentu materiālu konstantēm, diapazonā no 100 Hz līdz 15MHz. Mitruma palielināšana virs līdzsvara līdz 10 mg/cm<sup>2</sup> izsauca pie 100 Hz pakāpenisku relatīvās dielektriskās konstantes pieaugšanu virs 100 000. Turpretī pie 15 MHz konstantes pieaugumi bija mazi un varētu būt saistīti tikai ar ūdens satura palielināšanos. Oksīdu satura palielināšana porās un auduma virsmas metalizācija palielināja konstantes vērtību. Minētie rezultāti norāda ka ūdens kalpo kā nepārtraukta vide jonu transportam. Randles tipa  $Z'-Z''$  līknes savukārt norāda uz jonu difūziju un jonu telpas lādiņa veidošanos pie metāla elektrodu virsmas, ja tikai ir nepārtraukts mitrums un pietiekams tam laiks. Diskutēta ūdens loma porās, telpās starp diegu elementiem un diegiem.

## ELECTROCHEMICAL IMPEDANCE CHARACTERISTICS AND MOISTURE CONTENTS OF GLASS FABRIC

**E. Pentjuss, A. Lūsis, G. Bajārs, J. Gabrusenoks, L. Jēkabsone**  
*Institute of Solid State Physics, University of Latvia*

The electrochemical impedance characteristics of sodium aluminosilicate glass fabric are analyzed at different its moisture content. The elements of threads have the pores containing oxides of alkali metals that may be partly eluted by water or acids. As measurement capacitor there was used HP 16451B dielectric test fixture with contacting plates coated by sputtered Ni (or other metal). All samples of fabric below equilibrium moisture content (around 2 mg/cm<sup>2</sup>) behave similar to dielectrics having dielectric constants values that may be prospective from its materials values in range of 100Hz-15MHz. The increase of moisture usually above its equilibrium values leads to the increase of dielectric constant of fabric. The increase of dielectric constant is much higher at the lowest frequencies (100 Hz) and usually exceed the value of 100 000 at moisture level of 10 mg/cm<sup>2</sup>. In contrary at frequencies of 15 MHz the increase is small and may be associated with the increase of water content. The increase of oxide content in sample and metal deposition on the surface of fabric leads to the increase in dielectric constant. The results mentioned above indicate that water serves as continuous media of ions transportation. The Randles-circuit type characteristic in  $Z'-Z''$  plane is indicative of ions diffusion to metallic surface and formation of the charge layer if there are continuous water paths in fabric and low enough frequency (sufficient time). The role of water in pores and in space between the elements of threads and threads is discussed.

## MODIFICĒTU ŠĶIEDRU TERMO-MEHĀNISKĀS ĪPAŠĪBAS

**R.Janeliukštis, L.Veļķere, J.Zandersons, Ē.Pentjušs, A.Lūsis**

*Latvijas Universitātes Cietvielu fizikas institūts*

Tehnisko tekstiliju jomā aktuāli ir pētījumi par dabīgo šķiedru (linu un kaņepāju) kā atjaunojamu dabas resursu funkcionalizēšanu, lai aizstātu sintētiskās šķiedrās, kas iegūtas no naftas produktiem. Tematiski modificētu šķiedru termo-mehānisko īpašību pētījumi ir saistīti ar kaņepju un stikla šķiedru. Viens no pētījumu mērķiem ir noskaidrot kā šķiedru virsmas modificēšana, aktīvo vielu uzklāšana un mitrums ietekmē šķiedru termo-mehāniskās īpašības. Darbā tiks prezentēti pirmie meklējuma pētījumi ar kaņepju šķiedrām, kas veikti ar 100 tex kaņepju dziju (1 tex = 1 g/km). Dzijas modificēšana tika veikta vienā tehnoloģiskā procesā vakuumā: kodināšana argona plazmā un aktīvo daļiņu (Cu, Cu<sub>2</sub>O un CuO) uznešana magnetrona procesā. Pētīta nemodificētu un modificētu dziju termo-mehāniskā stiprība pie fiksētām temperatūrām intervālā no 25-500 °C atkarībā no mitruma un uznesto aktīvo daļiņu masas blīvuma. TGA uzrāda divus masas zudumu temperatūras apgabalus 30-110 °C (mitruma izdalīšanās) un 200-300 °C (kaņepju šķiedru pārdošanās). Modificēto dziju stiprība samazinās par 30%, kas korelē ar mitruma saturu (6-12 sv%). Relatīvā stiprība pie 280 °C dzijai ar aktīvām daļiņām palielinās pret nemodificēto virzienā Cu, Cu<sub>2</sub>O un CuO.

## MODIFIED FIBER THERMO-MECHANICAL PROPERTIES

**R.Janeliukštis, L.Veļķere, J.Zandersons, E.Pentjuss, A.Lūsis**

*Institute of Solid State Physics, University of Latvia*

Technical textiles field is actual research on natural fibers (flax and hemp) as a renewable natural resource to replace synthetic fibers derived from petroleum products. The theme modified fiber thermo-mechanical studies are related to hemp and glass fibers. One of the objectives of the study is to determine the fiber surface modification of the active substance coating and humidity affect the fiber thermo-mechanical properties. Work will be presented in the first search studies with hemp fibers, made of hemp yarn of 100 tex (1 tex = 1 g / km). Modify the yarn was in the technological process in vacuum: etching with argon plasma and deposition of active particles (Cu, Cu<sub>2</sub>O and CuO) in magnetron process. Studied in unmodified and modified yarn thermo-mechanical strength at fixed temperatures in the range of 25-500 °C depending on the humidity and density of deposited mass of active of particles. TGA shows two weight loss temperature areas of 30-110 °C (moisture retention) and 200-300 °C (hemp fiber carbonization). Modified yarn strength decreases by 30%, which correlated with the moisture content (6-12 %wt). Relative strength at 280 °C yarn with active particles respect to unmodified increased in the direction Cu, Cu<sub>2</sub>O and CuO .



## **Ar Mn, Co MODIFICĒTAS (Ba,Pb)TiO<sub>3</sub> KERAMIKAS STRUKTŪRA UN DIELEKTRISKĀS ĪPAŠĪBAS**

**A.Plaude, K.Kundziņš, A.Kalvāne, V.Dimza**  
*Latvijas Universitātes Cietvielu fizikas institūts*

Segnetoelektriķu vidū no praktiskās pielietojamības viedokļa jāizceļ ABO<sub>3</sub> – perovskīta tipa materiāli. Šo materiālu parametri ir ļoti jūtīgi pret elektriskā lauka, temperatūras iedarbību, tie ir ietekmējami ar defektivitātes izmaiņām ar dopantu ievadišanu. Būtiski, ka mazas dopantu (kā, piemēram, 3d grupas elementu: Mn, Fe, Co) piedevas var izsaukt ievērojamas parametru izmaiņas.

Neskatoties uz daudziem šo efektu pētījumiem, izmaiņu mikromehānismi joprojām ir neskaidri.

Darbā, izmantojot dielektriskos mērījumus, SEM, XRD, EPR un Raman spektroskopiju, tiek pētīti (Ba, Pb)TiO<sub>3</sub> +Mn, Co keramikas paraugi.

Konstatēts, ka Mn, Co piedevas pauagstina fāzu pārejas temperatūru T<sub>c</sub> pieaugumu un izmaina dispersijas raksturu.

Tie diskutēti minēto izmaiņu mikromehānismi.

## **DOPANT (Mn,Co) EFFECTS ON THE STRUCTURE AND DIELECTRIC PROPERTIES IN (Ba, Pb)TiO<sub>3</sub> CERAMICS**

**A.Plaude, K.Kundziņš, A.Kalvāne, V.Dimza**  
*Institute of Solid State Physics, University of Latvia*

Most popular ferroelectrics under consideration for the technical applications are perovskite oxides represented by AB<sub>3</sub> structure. They are very sensitive to electric fields, temperature, defects, and dopants.

Regardless of a lot of studies having been made, the microscopic nature of the dopants (as 3d elements: Mn, Fe, Co) effects are still unclear.

In this work the structural and dielectric properties of (Ba, Pb)TiO<sub>3</sub> +Mn, Co ceramics were investigated by dielectric spectroscopy, scanning electron microscopy (SEM), XRD analysis, electron paramagnetic resonance (EPR), Raman spectroscopy.

The increase of phase transition temperature T<sub>c</sub>, the change of dielectric response (dispersive nature) is determined.

The micromechanisms of the observed dielectric dispersion mechanisms are discussed.

## ŪDEŅRAŽA IETEKME UZ Al:ZnO PLĀNO KĀRTIŅU OPTISKAJĀM UN ELEKTRISKAJĀM ĪPAŠĪBĀM

**M. Zubkins, A. Ēcis, K. Vilnis, R. Kalendarevs, A. Āzens, J. Purāns**  
*Latvijas Universitātes Cietvielu fizikas institūts*

Tika izgatavota sērija ar 200 līdz 400 nm bieziem, vadošiem, caurspīdīgiem, ar alumīniju leģētiem cinka oksīda (AZO) pārklājumiem uz stikla pamatnes. Izputināšana tika veikta no metāliska mērķa (Zn=98%, Al=2%) Ar+O<sub>2</sub> un Ar+O<sub>2</sub>+H<sub>2</sub> atmosfērā pie ≈310°C pamatnes temperatūras, 3 mTorr darba spiediena un 100 W jaudas, procesu kontrolējot ar plazmas optiskās emisijas spektroskopijas palīdzību. Tika pētīta ūdeņraža ietekme uz AZO plāno kārtiņu optiskajām un elektriskajām īpašībām.

Literatūrā [1,2] tika atrasts, ka ūdeņraža pievienošana izputināšanas gāzei keramiskā procesā efektīvi palielina vadāmību un kristalizācijas pakāpi AZO pārklājumiem pie zemām uzputināšanas temperatūrām (≈100°C). Ūdeņradis cinka oksīdā ir pozitīvi lādēts, un darbojas kā elektrona donors. Ūdeņraža attiecībai pret argonu palielinoties virs 0.1, strauji samazinās pārklājuma caurspīdība. Papildus tika atrasts, ka pie 300°C atkvēlināšanas temperatūras ūdeņradis sāk pamest kristālu graudus.

Mūsu eksperiments rāda, ka elektriskās un optiskās īpašības nav atkarīgas no ūdeņraža klātbūtnes. Visvarbūtīgākais skaidrojums ir tāds, ka ūdeņradis nav reaģējis ar cinka oksīdu uz pamatnes pārāk augstas pamatnes temperatūra dēļ, vai arī pastāv būtiska atšķirība starp izputināšanu no keramiska un metāliska mērķa.

## HYDROGEN IMPACT ON OPTICAL AND ELECTRICAL PROPERTIES OF Al:ZnO THIN FILMS

**M. Zubkins, A. Ēcis, K. Vilnis, R. Kalendarevs, A. Āzens, J. Purāns**  
*Institute of Solid State Physics, University of Latvia*

A set of transparent conductive aluminum-doped zinc oxide (AZO) films were deposited by DC reactive magnetron sputtering from metallic (Zn=98%, Al=2%) target in an Ar+O<sub>2</sub> and Ar+O<sub>2</sub>+H<sub>2</sub> atmosphere. 200 to 400 nm thick films were deposited on glass substrates at ≈310°C substrate temperature, 3 mTorr working pressure and 100W power. The process was controlled by plasma optical emission spectroscopy. The effect of hydrogen presence in the sputtering gas on electrical and optical properties of AZO films was investigated.

It has been reported in the literature [1,2] that addition of hydrogen to the sputtering gas upon sputtering from ceramic targets enhances the conductivity of the AZO films at low deposition temperatures (≈100°C). Hydrogen in ZnO is present in the positive-charge state, and interstitial atomic hydrogen acts as a shallow donor. As the hydrogen gas ratio (H<sub>2</sub>/Ar) exceeds approximately 0.1, the film transmittance decreases sharply. It has also been reported that increased annealing temperature (≈300°C) promotes the escape of hydrogen from the grains.

Our experiments showed that electrical and optical properties are independent of H<sub>2</sub> presence. The most likely explanation is that either the used substrate temperature is too high for efficient hydrogen incorporation in the films, or there is a significant difference between sputtering from metallic and ceramic processes.

[1] Jae-Hyeong Lee, *Current Applied Physics* 10 (2010) 515 – 519.

[2] Mao-Hua Du, Koushik Biswas, *Physical Review Letters* 106, 115502 (2011).

## **EPR SPEKTRU LEŅĶISKO ATKARĪBU MODELĒŠANA LiYF<sub>4</sub> KRISTĀLĀ**

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

LiYF<sub>4</sub> kristālā pēc rentgenapstarošanas novērotā defekta elektronu paramagnētiskās rezonanses (EPR) spektra [1] leņķiskās atkarības un hipersīkstruktūra to sarežģītības dēļ līdz šim nav bijusi viennozīmīgi interpretēta.

Matlab vidē izveidots modulis, kurš, izmantojot EasySpin [2] programmu, ļauj ērti mainīt parametrus un savietot modelētos spektrus ar eksperimentālajiem dažādās orientācijās.

Referātā apspriesti iegūtie parametri un iespējamie pētāmā defekta modeļi.

## **SIMULATING OF EPR SPECTRA ANGULAR DEPENDENCIES IN LiYF<sub>4</sub> CRYSTAL**

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

Electron paramagnetic resonance (EPR) spectrum, its angular dependencies and hyperfine structure of a defect, observed after X-ray irradiation in LiYF<sub>4</sub> crystal [1], have not been unambiguously interpreted because of their complexity.

A module has been created in Matlab environment, which uses EasySpin program [2], and allows convenient manipulations with parameters and comparing of modelled and experimental spectra in different orientations.

In our work, different parameters and possible models of the defect are discussed.

[1] A.Fedotovs, U.Rogulis, L.Dimitročenko, *Latvian Journal of Physics and Technical Sciences*, 2006, Nr.6, pp. 60-63.

[2] S.Stoll, A.Schweiger, EasySpin, a comprehensive software package for spectral simulation and analysis in EPR, *Journal Magnetic Resonance*, 2006, vol. 178(1), pp. 42-55.

## TEMPERATŪRAS UN VIDES pH IETEKME UZ $\text{Bi}_2\text{WO}_6$ NANODAĻIŅU VEIDOŠANOS

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

*Rīgas Tehniskās universitātes Neorganiskās ķīmijas institūts*

Bismuta volframātu izmanto fotokatalītiskos procesus organisku vielu un krāsvielu sadalīšanā, tas ir aktīvs redzamās gaismas diapazonā no 380 līdz 789 nm, tāpēc to ir iespējams pētīt, izmantojot ne tikai UV starojumu, bet arī redzamo gaismu.

Pētījumā tika sintezētas nanodaļiņas dažādu vides pH vērtību robežās 1 – 10, izmantojot sola-gela pašaizdegšanās metodi, par pašaizdegšanās reaģentu izmantojot glicerīnu, sintēzes temperatūru 500 °C. Sintezētie bismuta volframāta paraugi izmantoti metilēnzilā ūdens šķīduma sadalīšana UV un redzamās gaismas diapazonā. Vislielāko fotokatalītisko aktivitāti uzrādīja paraugs, kas sintezēts pH 7 vidē, kas tika termiski kalcinēts un izturēts temperatūrās no 600 °C līdz 800 °C, kā arī veikti metilēnzilā ūdens šķīduma sadalīšanas mērījumi. Iegūti nanopulveri ar īpatnējo virsmu no 18,6 – 23,4 m<sup>2</sup>/g.

## THE INFLUENCE OF TEMPERATURE AND pH OF $\text{Bi}_2\text{WO}_6$ PHOTOCATALYST NANOPOWDER FORMATION

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

*Institute of Inorganic Chemistry, Riga Technical University*

Bismuth tungstate is used as a photocatalytic compound for photo degradation of organic compounds and organic dyes. It is active in the visible light range from 380 to 789 nm and it is possible to make a photocatalytical studies not only under UV irradiation but also under visible light.

$\text{Bi}_2\text{WO}_6$  nanopowders have been prepared by sol-gel combustion method with pH variety from 1 to 10 and glycerine used as an organic fuel. Photocatalytic activity of the sample was evaluated by the degradation of methylene blue solution in water under UV and visible light irradiation. The highest decomposing rate gave powder synthesized by pH 7. Further investigation was made with sample after thermal calcinations and treatment in temperature range from 600°C to 800 °C. There were made methylene blue decomposition measurements as well. Obtained nanopowders are with a specific surface area in range of 18,6 – 23,4 m<sup>2</sup>/g.

## **MgAl<sub>2</sub>O<sub>4</sub>:Cr<sup>3+</sup> NANOKRISTĀLU LUMINISCENCE IZMANTOJOT SINHROTRONA STAROJUMU**

**L. Širmane<sup>1</sup>, V. Pankratov<sup>1</sup>, A. I. Popov<sup>1</sup>, A. Kotlov<sup>2</sup>,  
P. Gluchowski<sup>3</sup>, W. Strek<sup>3</sup>**

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

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

<sup>3</sup> *Institute of Low Temperature and Structure Research, Wrocław, Polija*

MgAl<sub>2</sub>O<sub>4</sub> špinelis legēts ar lantanīdiem un pārejo metālu joniem veido interesantu luminescences klasi, jo tiem piemīt augsta mehāniska izturība un termiska pretestība. Šajā darbā ir prezentēti ar hromu dopeta MgAl<sub>2</sub>O<sub>4</sub> nanokristālu luminescences mērījumu rezultāti. Eksperimenti tika veikti uz SUPERLUMI stacijas HASYLAB, DESY (Hamburgā), izmantojot sinhotrona starojumu no DORIS III uzglabāšanas riņķa (1.5 – 25 eV).

Visiem pētāmiem paraugiem tika novērotas gan Cr<sup>3+</sup>, gan pašvielu luminescences joslas. Šo luminescences joslu spektrālais novietojums un forma ir atšķirīgas nanopulverim un nanoķeramikai. Tika parādīts, ka luminescences spektri ir ļoti atkarīgi no ierosinājuma enerģijas. Tika piedāvāti un apspiesti enerģijas pārnese procesi dažādos MgAl<sub>2</sub>O<sub>4</sub>:Cr<sup>3+</sup> nanokristālu tipos, kas izskaidro novērotas atšķirības luminescences īpašībās.

## **LUMINESCENCE OF MgAl<sub>2</sub>O<sub>4</sub>:Cr<sup>3+</sup> NANOCRYSTALS UNDER SYNCHROTRON RADIATION**

**L. Shirmane<sup>1</sup>, V. Pankratov<sup>1</sup>, A.I. Popov<sup>1</sup>, A.Kotlov<sup>2</sup>,  
P. Gluchowski<sup>3</sup> and W. Strek<sup>3</sup>**

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

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

<sup>3</sup> *Institute of Low Temperature and Structure Research, Wrocław, Poland*

The MgAl<sub>2</sub>O<sub>4</sub> spinels doped with lanthanide and transition metal ions form interesting class of phosphors due to their high mechanical strength and thermal resistance. In this study we report the results of luminescence properties of chromium doped MgAl<sub>2</sub>O<sub>4</sub> nanocrystals. The experiments were carried out in wide spectral range (1.5-25 eV) using pulsed synchrotron radiation emitted from DORIS III storage ring on the SUPERLUMI station of HASYLAB at DESY (Hamburg).

Chromium related as well as several intrinsic emission bands in visible-UV spectral range have been observed for all samples studied. However, the position and shape of these emission bands are different for nanopowder and nanoceramic samples. Moreover, it was detected that the emission spectra are strongly dependent on the excitation energies. Mechanisms of energy transfer processes in different types of nanocrystalline MgAl<sub>2</sub>O<sub>4</sub>:Cr<sup>3+</sup> explaining observed distinctions in luminescent properties will be suggested and discussed.

## Eu UN Ce JONU LUMINISCENCE OKSIFLUORĪDU STIKLA KERAMIKĀ

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

Baltās gaismas diodes jeb LED lampas, salīdzinot ar kvēlspuldzēm, ir daudz energoefektīvākas, tajās nav dzīvsudraba, kā arī tās kalpo ilgāk. Liela problēma ir atbilstoša luminofora izvēle, jo tam jābūt ne tikai ar pietiekamu luminiscences emisijas intensitāti, bet arī ar plašu redzamās gaismas izstaroto spektru. Mūsu darbā tiek izgatavoti aktivēti oksifluorīdu stiklu un keramikas paraugi, kuriem kā aktivators ir izmantots  $Ce^{3+}$  un  $Eu^{2+}$ , un tiek pētīta to luminiscence no redzamās gaismas luminoforu pielietojumu viedokļa.

Iepriekš tika izgatavoti un izpētīti paraugi ar sastāvu  $50SiO_2-6Al_2O_3-24Li_2CO_3-20LaF_3-2CeO_2$  un  $50SiO_2-6Al_2O_3-24Li_2CO_3-20LaF_3-2EuF_2$ . Šo paraugu luminiscence bija intensīva, taču luminiscences spektrs nebija piemērots baltās gaismas iegūšanai. Platās luminiscences joslas atrašanās ir atkarīga no stiprā kristāliskā lauka. Paraugā, kurš ir aktivēts ar Ce, izlēmām  $Al_2O_3$  ( $Al^{3+}$  jona rādiuss 67,5 pm) aizvietot ar  $Y_2O_3$  ( $Y^{3+}$  jona rādiuss 104 pm). Tika izgatavots paraugs ar sekojošu sastāvu:  $45SiO_2-7Y_2O_3-22Li_2CO_3-21LaF_3-5CeO_2$ . Šis paraugs necaurspīdīgs, dzeltenīgā krāsā, bet struktūra ir nehomogēna, tas ir, tika novērots, ka paraugam ir apgabali, kas spīd spoži zilā/zili violetā krāsā un apgabali, kas spīd ļoti vāji. Iegūts parauga spožā apgabala luminiscences spektrs, spīdēšanu ierosinot ar 340 nm impulsu lāzeru. Salīdzinot ar paraugu, kurā ir  $Al_2O_3$ , platā luminiscences josla ir pārbīdījusies uz garo viļņu pusi par 15-20 nm. Tiek meklēti arī nehomogenitātes iemesli, lai varētu tos novērst.

## Eu AND Ce ION LUMINISCENCE IN OXIFLUORIDE GLASS CERAMICS

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

Comparing to conventional switch light bulbs, white LEDs are more energoeffective, have no mercury fumes and serve longer. Main problems is to choose an appropriate phosphor, because not only the emission of luminescence has to be efficient but also the spectrum has to be wide enough. In our work, the luminescence of oxyfluoride glass and ceramics samples activated by  $Ce^{3+}$  and  $Eu^{2+}$  have been discussed from point of view of solid-state lighting applications.

Previously samples of  $50SiO_2-6Al_2O_3-24Li_2CO_3-20LaF_3-2CeO_2$  un  $50SiO_2-6Al_2O_3-24Li_2CO_3-20LaF_3-2EuF_2$  have been made and investigated. The luminescence of these samples was intensive but the spectra were not fit for obtaining white light. The location of the wide luminescence band depends on the strong crystal field. It was decided to switch  $Al_2O_3$  ( $Al^{3+}$  ionic radius 67,5 pm) with  $Y_2O_3$  ( $Y^{3+}$  ionic radius 104 pm) for the sample activated with Ce. Following sample was made:  $45SiO_2-7Y_2O_3-22Li_2CO_3-21LaF_3-5CeO_2$ . This new sample is non-transparent, yellowish and inhomogeneous, meaning, it has areas witch shine brightly in violet/blue and areas witch shine considerably less intensive. The spectra of the intensive luminescence area of the sample was obtained and comparing to the sample, which contains  $Al_2O_3$ , the wide luminescence band has shifted approximately 15-20 nm to the long waves. The cause of the inhomogeneity is being investigated to prevent it.

**INOVĀCIJAS: JAUNAS IEKĀRTAS,  
METODIKAS UN IZMANTOŠANAS  
PERSPEKTĪVAS**

## PROFESORS JURIS ZAĶIS – 75

**J. Jansons**

*Latvijas Universitātes Cietvielu fizikas institūts*

Nesen apritēja 75 gadi kopš nācis pasaulē ievērojamais zinātnieks, pedagogs, zinātnes un izglītības vadītājs, politiķis profesors Juris Zaķis. Liktenis viņu jau no bērnības bija apveltījis ar izcilām gara spējām. Tās viņš ar uzviju realizē vēl joprojām visdažādākās jomās, pie tam gūdam plašu sabiedrības atzinību.

Ar mūsu institūtu – Latvijas Universitātes (LU) Cietvielu fizikas institūtu (CFI), un tā priekštecī – Pusvadītāju fizikas problēmu laboratoriju (PFPL), Juris Zaķis bija cieši saistīts ceturtdaļgadsimtu. Tur viņš kļuva par zinātnieku, pedagogu, izaudzināja skolniekus un kļuva par PFPL un pēc tam par CFI direktoru. Var droši apgalvot, ka vēl joprojām mūsu institūtā daudz kas liecina par viņa klātbūtni, it īpaši pats galvenais – koleģiālais vadības veids.

Juris Zaķis piedzima 1936. gada 4. novembrī Ogres pilsētā Roderiha un Eiženijas Zaķu ģimenē. Tēvs strādāja Ķeguma hidroelektrostacijā (HES) par galdnieku un pēc tam par ūdenslīdzēju, bet māte vadīja mājaimniecību. Ģimenē pakāpeniski radās pieci bērni: divi brāļi un trīs māsas. Juris bija otrais vecākais. „*No savas mātes guvu tieksmi pēc stingras un noteiktas, pat viennozīmīgas kārtības, stingrību, noteiktību un nopietnību. Un zem tā visa jutu kaut kādas dziļas un tālumā ejošas tieksmes, nepiepildītus sapņus, cenšanos izrauties no ikdienības. ... Tēvs man ļāva saprast cilvēku attiecību daudzveidību, kura nebūt nav ietverama kaut kādos stingros, iepriekš noteiktos rāmjos. Redzēju, ka viņu velk sabiedriskas aktivitātes un ka viņam piemīt laba humora izjūta. Un tomēr viņš man likās nedaudz noslēpumains un pat ne visai saprotams. Bet tieši tas man visvairāk pievilka. To vēl vairāk pastiprināja viņa darba vieta – Ķeguma hidroelektrostacija...*” [1].

Juris mācības sāka 1944. gada rudenī Ogres pilsētas nepilnās vidusskolas 1. klasē. 1950. un 1951. gada vasarā Juris strādāja Ķeguma HES par elektromontiera palīgu ģimenes materiālo apstākļu dēļ. 1951. gada pavasarī Juris saņēma apliecību par septiņgadīgās skolas beigšanu, kurā bija tikai teicamas atzīmes, un rudenī iestājās Ogres pilsētas 1. vidusskolas 8. klasē [2].

1952. gada vasarā Juris sāka strādāt Rīgā Teātra biedrības fotodarbnīcā par mācekli. Šajā sakarā viņš 1952./53. mācību gadā pārgāja mācīties uz Rīgas 8. strādnieku jaunatnes vidusskolas 9. klasi, kur mācības norisa vakaros. 1953. gada augustā Juris izstājās no darba fotodarbnīcā un iestājās atpakaļ Ogres pilsētas 1. vidusskolā. Līdztekus mācībām skolā viņš strādāja par fizikas un ķīmijas laborantu. Skolu Juris pabeidza 1955. gadā ar apbalvojumu „Sudraba medaļa”, jo gatavības apliecībā starp teicamām atzīmēm bija tikai viena atzīme „4” krievu valodā rakstos. Iespējams, ka „Zelta medaļa” viņam gāja secen tāpēc, ka Juris nestājās komjaunatnē. No skolas izdotā raksturojuma uzzinām, ka Juris daudz lasījis, interesējies par tehniku un fizikā uzrādījis izcilas zināšanas, bijis kārtīgs un pieklājīgs.

Rudenī Juris Zaķis iestājās mācīties LU Fizikas un matemātikas fakultātē, lai studētu fiziku. Studējot Juris ļoti mērķtiecīgi sekoja līdzī mācībspēku lekcijām un citām nodarbībām, visu kārtīgi pierakstot. Tas ļāva viņam jau pirmajā eksāmenu sesijā iegūt tikai teicamas atzīmes un viņam piešķīra īpašo tā saucamo J. V. Staļina stipendiju (vēlāk to pārsauca par V. I. Ļeņina). Tā bija ievērojami lielāka par parasto stipendiju – laba strādnieka darba algas apjomā. Juris kļuva materiāli neatkarīgs no vecākiem. Un tā tas turpinājās visus piecus studiju gadus.

J. Zaķis aktīvi piedalījās studentu sabiedriskajā dzīvē, sportoja un nodarbojās ar tūrismu. Bet visvairāk brīvo laiku viņš veltīja universitātes Studentu Zinātniskai biedrībai,



par kuras priekšsēdētāju viņu ievēlēja vairākus gadus pēc kārtas. Ar zinātnisko darbu viņš cītīgi nodarbojās Eksperimentālās fizikas katedras Fizikālās optikas laboratorijā. Par iegūtajiem rezultātiem pat uzstājās Baltijas un Baltkrievijas studentu zinātniski tehniskajā konferencē Minskā un Tallinā. Vasaras brīvlaikos gan viņš parasti strādāja algotu darbu, bet vakaros turpināja nodarboties arī ar zinātņi.

1957. gada septembra sākumā vecākais pasniedzējs V. Šmēlings organizēja pie Universitātes Zemes Mākslīgo pavadoņu (ZMP) vizuālās novērošanas staciju, par novērotājiem uzaicinot studentus. Tāds bija dots rīkojums no Maskavas. Arī J. Zaķis pieteicās. Tika izveidotas un apmācītas vairākas studentu grupas, lai labvēlīgos laika apstākļos vakara un nakts stundās tiktu veikti nepieciešamie novērojumi. Ilgi nebija jāgaida – pasaulē pirmo ZMP palaida orbītā ap zemeslodi 4. oktobrī PSRS. Tas bija liels sasniegums cilvēcei, kas ievadīja Kosmosa eksperimentālās apguves ēru. Var teikt, ka pie tās pirmsākumiem bija piedalījies arī J. Zaķis, kaut arī nelielā mērā.

Pedagoģisko praksi J. Zaķis izgāja Rīgas 2. vidusskolā skolotājas L. Grāves vadībā. Viņas dotajā raksturojumā par studenta J. Zaķa prakses gaitu ir lasāmi tikai atzinīgi vārdi un nobeigumā: *"Ja stud. Zaķis strādātu par skolotāju – būtu priekšzīmīgs, enerģisks, noteikts, no kura skolēni daudz ko varētu iegūt; īsts sava darba entuziasts."* Arī no ražošanas prakses Sanktpēterburgas (agrāk Ļeņingrada) rūpnīcā „Svetlana” ir ļoti pozitīvs vērtējums.

Tuvojoties studiju nobeigumam, J. Zaķis izvēlējās diplomdarba tēmu „Sārmmetālu halogenīdu kristālu ar sestās grupas elementu piejaukumiem optiskās īpašības”, kuru vadīja vecākais pasniedzējs O. Šmits [3]. Tēmas novitāte bija tāda, ka iepriekš pamatā plaši tika pētīti sārmmetālu halogenīdu kristāli ar katjonu piejaukumiem, bet šajā darbā tika izvēlēti anijonu piejaukumi. Šie pētījumi deva oriģinālus rezultātus. Diplomdarbu J. Zaķis ļoti sekmīgi veica un aizstāvēja. Jāatzīmē, ka darbā iegūtos rezultātus viņš kopā ar vadītāju O. Šmitu jau 1960. gada jūnijā referēja konferencē Kijevā. Publicētās referāta tēzes [4] var uzskatīt par J. Zaķa pirmo zinātnisko publikāciju, kas tolaik negadījās bieži tikko augstskolu beibeigušajiem.

Absolventam J. Zaķim bija Universitātes beigšanas teicamnieka diploms – labākais no visiem, un viņam bija tiesības kā pirmajam izvēlēties visizdevīgāko turpmākā darba vietu. Bet viņš izvēlējās laboranta amatu FMF ar algu 880,- rbļ. mēnesī (vecajā naudā, tikai nedaudz lielāku par teicamnieka stipendiju). Laikam tādai izvēlei zināmu stimulu deva FMF zinātniskais gars un samērā lielā radošā brīvība.

Tā J. Zaķis no 1960. gada 6. augusta sāka strādāt par laborantu FMF [5]. Tajā laikā dekāns O. Šmits un vecākais inženieris I. Vītols [6] ar lielām pūlēm panāca atļauju un līdzekļus, lai Universitātē varētu sākt veidot pirmo fizikas zinātniski pētniecisko laboratoriju pēckara posmā – PFPL [7]. Par tās vadītāju no 16. septembra tika nozīmēts I. Vītols. Viņš sāka komplektēt darbiniekus. Kā vienu no pirmajiem viņš izvēlējās J. Zaķi, piedāvādams jaunākā zinātniskā līdzstrādnieka vietu ar algu 1050.- rbļ. mēnesī. J. Zaķis piekrita un no 26. septembri sāka strādāt PFPL. Tā sākās viņa samērā straujā zinātnieka karjera.

Sākumā J. Zaķis turpināja savus aizsāktos pētījumus diplomdarbā, uzlabojot mēriekārtas un eksperimentu veikšanas metodes. Bieži brauca komandējumos uz dažādām Vissavienības zinātnes iestādēm, lai gūtu pieredzi un sagādātu nepieciešamo aparatūru. Pildīja saimnieciskos līgumdarbus, gādājot līdzekļus. Līdztekus apguva pusvadītāju fiziku un sāka pasniegt lekcijas un nodarbības 4. kursa studentiem (no 1960 līdz 1976. gadam). 1964. gada septembrī J. Zaķis iestājās aspirantūrā. Viņš īsā laikā publicēja apm. desmit zinātniskos darbus, nokārtoja visus kandidāta minimuma eksāmenus, uzrakstīja disertāciju [8] un 1966. gada oktobrī to sekmīgi aizstāvēja Tartu universitātes Zinātniskajā padomē.

J. Zaķis bija pirmais PFPL darbinieks, kam 1967. gada martā Vissavienības Augstākā atestācijas komisija (VAAK) piešķīra fizikas un matemātikas zinātņu kandidāta grādu.

PFPL strauji attīstījās. 1960. gadu vidū tur strādāja jau ap 150 darbiniekiem: zinātniskie līdzstrādnieki vairākās radošās grupās, inženieri radioelektronikas un konstruktoru nodaļās, dažādi speciālisti mehāniskajā darbnīcā un kriogēnajā stacija. Tehniskās nodaļas bija nepieciešamas, lai apgādātu fizikus ar nepieciešamām eksperimentālām iekārtām, jo tajos laikos praktiski bija neiespējami nopirkt modernu zinātnisko aparāturu ierindas augstskolai. Visa tā saucamā „vidējā mašīnbūve” bija paredzēta tikai PSRS militāri rūpnieciskās varenības attīstībai slēgtajos uzņēmumos. Bet parasti PFPL zinātnieki sameklēja ar līdzekļiem bagātus uzņēmumus, kuru līdzstrādniekiem bija interese iegādāties līdzīgas eksperimentālās iekārtas, un noslēdza ar viņiem saimnieciskus līgumdarbus par iekārtu izstrādi un izgatavošanu. Maketēšanas iekārta palika mūsu fiziķiem. Tādā veidā PFPL pakāpeniski apgādāja sevi ar samērā unikālām pētniecības iekārtām un kļuva slavēta ar savām izstrādēm Vissavienības mērogā.

1966. gadā mūsu darbiniekiem notika liktenīga tikšanās ar Maskavas Tehniskā stikla institūta (MTSI) līdzstrādnieku L. Landu. Viņu ļoti ieinteresēja mūsu cietvielu materiālu optiskie pētījumi plašā spektra un temperatūru diapazonā. MTSI nodarbojās ar optisko materiālu izstrādi un izgatavošanu kosmosa lidaparātiem, ieskaitot iluminatorus kosmiskajiem kuģiem. Viena no problēmām bija kvarca stiklu radiācijas noturība. Savstarpējās sapratnes garā ar MTSI tika noslēgts saimnieciskais līgumdarbs Nr. 22 par 100 000 rubļ. – lielākais tajos laikos Tajā tika ietverta automatizētas iekārtas izstrāde un izgatavošana absorbcijas un luminiscences spektru mērījumiem plašā temperatūru diapazonā kvarca stiklu paraugiem. Tādas iekārtas un tās atsevišķie mezgli bija nepieciešami arī mūsu fiziķiem. Tika noslēgts arī līgums kvarca stiklu fizikālo īpašību izpētē.

Pēc disartācijas aizstāvēšanas 1966. gada beigās J. Zaķis kopā ar līdzstrādniekiem A. Siliņu un A. Truhinu sāka intensīvi nodarboties ar kvarca stiklu fiziku. Viņi sāka ar kvarca kristālu un kvarca stiklu īpašību salīdzināšanu. Pamazām nonāca pie secinājuma, ka stikli nav pilnīgi nesakārtotas struktūras, bet gan raksturojas ar tā saucamo tuvo kārtību. Bez tam, pretstatā vispārpieņemtajam uzskatam, ka stiklveida stāvoklis pats par sevi ir defekts, viņi nonāca pie slēdziena, ka kvarca stiklos eksistē arī punktveida defekti līdzīgi kā kristāliskām vielām. Tā diezgan strauji PFPL izveidojās stikla fizikas skola, kurai par vadošo speciālistu kļuva J. Zaķis. Viņa vadībā A. Siliņš 1971. gadā un A. Truhins 1973. gadā aizstāvēja fizikas un matemātikas zinātņu kandidāta disertācijas stiklu fizikā. Jāpiebilst, ka J. Zaķis turpināja nodarboties arī ar jonu kristālu fiziku, vadot vairāku līdzstrādnieku pētījumus (V. Zeikats, A. Maskaļonovs, I. Šmite, A. Radionovs u. c.). Bez tam viņš uzrakstījis vairākas populārzinātniskas grāmatiņas un rakstus žurnālā „Zinātne un Tehnika”.

Tā kā PFPL strauji attīstījās, tās vadītājs I. Vītols viens vairs netika galā ar daudzajiem uzdevumiem. Viņš lūdza J. Zaķi kļūt par savu vietnieku (sabiedriskā kārtā, jo tādas štata vietas nebija paredzētas). J. Zaķis ar savu iedzimto kārtību un lielajām darba spējām drīz kļuva par neaizstājamu palīgu I. Vitolam. Tā kā I. Vītols vēl nebija izstrādājis un aizstāvējis zinātņu kandidāta disertāciju lielās noslodzes dēļ, tad viņš 1968. gadā atkāpās no PFPL vadītāja vietas, lai intensīvi sāktu strādāt pie disertācijas. Par PFPL vadītāju no 27. maija kļuva J. Zaķis. Viņš pretstatā I. Vitolam, kas pamatā vadīja PFPL autoritatīvi, bija koleģiālās vadības piekritējs un izveidoja laboratorijas Zinātnisko padomi, kas svarīgākos lēmumus pieņēma, tos vispusīgi izdiskutējot.

1960. gadu beigās PFPL sāka trūkt telpas. Tā bija izvietojusies Universitātes vecajā ēkā Raiņa bulvārī 19 un nebija piemērota modernas eksperimentālās pētnieciskās iestādes vajadzībām. Laboratorijas zinātniskās grupas un tehniskās nodaļas bija izkaisītas no ēkas

bēniņiem līdz pagraba telpām, ieskaitot pat pirmā stāva gaiteni. Tāpēc PFPL vadība nolēma, ka nepieciešams uzbūvēt jaunu ēku PFPL speciālajām vajadzībām. Ar lielām grūtībām tika panākta valdības piekrišana un iegūti nepieciešamie līdzekļi. Tika izstrādāts ēkas projekts ar plašu darbinieku līdzdalību arhitekta A. Ruļļa vadībā. 1970. gadā sākās ēkas celtniecība Ķengaraga ielā 8. Jau 1975. gadā pavasarī ēka tika pabeigta, aktīvi līdzdarbojoties laboratorijas darbiniekiem. Kaut arī tad PFPL jau strādāja apm. 250 darbinieku, ēka bija uzcelta ar lielu telpu rezervi. Tāpēc tika piedāvāts 1968. gadā doc. V. Fricberga dibinātajai Segnetoelektriķu un pjezoelektriķu fizikas problēmu laboratorijai (SPFPL) arī pārnākt uz jauno ēku. Tam SPFPL piekrita un tā 1975. gada rudenī uzsāka darbību abas laboratorijas un Pusvadītāju fizikas katedra jaunās telpās ar kopēju neoficiālo nosaukumu „Universitātes Mācību un zinātniskais komplekss” (UMZK). To vadīja Apvienotā zinātniskā padome, par priekšsēdētāju ievēlot J. Zaķi.

Tā kā UMZK darbinieku skaits un zinātniskās kvalifikācijas ziņā bija salīdzināms ar līdzīgiem zinātnes centriem Zinātņu akadēmijas struktūrās, kur parasti tiem bija zinātnisko institūtu statuss, radās doma arī mums pārtapt par institūtu, bet pie Universitātes Republikas un Maskavas vadības institūcijām nebija būtisku iebildumu, izņemot to, ka UMZK nav neviena zinātņu doktora. Šajā situācijā J. Zaķis atkal parādīja savu erudīciju fizikā un lielās darba spējas, īsā laikā apkopojot jaunus uzkrāto pētījumu rezultātus un uzrakstot zinātņu doktora disertāciju [9]. VAAK Maskavā viņam apstiprināja fizikas un matemātikas zinātņu doktora grādu 1977. gada 14. janvārī. Vēl vajadzēja gadu, lai tiktu izpildītas visas pārējās formālās prasības institūta izveidošanai. Beidzot 1978. gada martā pie Universitātes tika oficiāli nodibināts zinātniski pētnieciskais institūts ar nosaukumu „Cietvielu fizikas institūts” (CFI) un Izglītības un zinātnes ministrijas kolēģija par CFI direktoru apstiprināja J. Zaķi 1978. gada 16. februārī.

Institūts turpināja augt darbinieku ziņā, tuvojoties 300 septiņdesmito gadu beigās, un radās jaunas struktūrvienības. Direktoram J. Zaķim kļuva grūti izvērtēt atsevišķu struktūrvienību un darbinieku atdevi. Tāpēc viņš ieviesa tā saucamos „Zaķa rubļus” (ZR) – katrai personāla tipveida darbībai, piem. publikācija vietējos žurnālos, vissavienības žurnālos, starptautiskos žurnālos, uzstāšanās konferencē, izgudrojuma autorapliecība, disertācijas darba novadīšana, diplomdarba un kursa darba novadīšana, līgumdarba izpilde u. c., bija noteikta cena atbilstošos ZR. Struktūrvienības vadītājam katru gada ceturkšņa beigās vajadzēja iesniegt minētās ziņas ZR izteiksmē par katru darbinieku CFI direktoram. Tas bija samērā vienkāršs un uzskatāms veids, kā novērtēt darbinieka vai struktūrvienības darbības efektivitāti: ja darbinieks bija nopelnījis tik pat ZR cik saņēmusi algā, tad viņš bija viduvējs darbinieks, ja vairāk, tad labs, bet, ja mazāk un tas atkārtojas, tad slikts darbinieks. Līdzīgi bija ar struktūrvienībām. Šo ZR sistēmu akceptēja CFI Zinātniskā padome un tā bija dzīvotspējīga, lai arī kā tas vienam otram nepatika, to uzskatot pat par padomju sociālismam nepieņemamu.

J. Zaķis ir piedalījies ar referātiem apm. 30 zinātniskās konferencēs un simpozijos dažādās valstīs. Viņš pieredzi bija ieguvis arī ārzemēs ilgstošākos komandējumos. Tā viņš 1969./1970. gada ziemā strādāja Kornela, Ilinoisas un Oregonas universitātēs ASV, bet 1972./1973. mācību gadā stažējās 10 mēnešus Čikāgas universitātē un Masačusetas Tehnoloģiskajā institūtā.

1981. gadā J. Zaķi Universitātē ievēlēja par profesoru. Gadu vēlāk – par Latvijas Zinātņu akadēmijā (LZA) korespondētājlocekli. 1986. gadā prof. J. Zaķis ieguva LPSR Nopelniem bagātā zinātnes darbinieka nosaukumu un LZA M. Keldiša vārdā nosaukto prēmiju.

Prof. J. Zaķa plašās zināšanas un labās organizatora spējas nebija gājušas secen Universitātes vadības uzmanībai. Tāpēc viņam tika piedāvāta vakantā Universitātes zinātņu

prorektora vieta, kuru viņš arī pieņēma. Tā ar 1984. gada 1. martu prof. J. Zaķis pārgāja strādāt uz Universitātes rektorātu.

Visas lielās Universitātes zinātņu prorektora amatā prof. J. Zaķim lieti noderēja spēja uzklaut jebkuru darbinieku vai studentu un savstarpējās diskusijās nonākt pie optimāla problēmas risinājuma. Šajā amatā viņš izpelnījās kolēģu atzinību.

Tuvotā 1987. gads, kad beidzās rektora V. Millera amata beigu termiņš. Bija sācies PSRS vadītāja M. Gorbačova aizsāktais „perestroikas” un „glasnosņ” laikmets. Pirmo reizi padomju laikā tika organizētas rektora vēlēšanas ar vairākiem kandidātiem, viņu tikšanās ar vēlētājiem – studentiem un darbiniekiem, turpmākās darbības programmu popularizēšanu, pretstatā iepriekšējiem laikiem, kad Universitātes rektoru iecēla amatā „partija un valdība no augšas”. Šajās vēlēšanās piedalījās arī prof. J. Zaķis un pārliecinoši uzvarēja. Tā no 1987. gada līdz 2000. gadam prof. J. Zaķis vadīja Universitāti, izturot vēl divas pārvēlēšanas rektora amatā. Tas bija laiks, kad sabruka PSRS, Latvija atjaunoja neatkarību un bija jāpārkarīto visa dzīve no sociālisma uz tirgus ekonomikas pamatiem. Rektors J. Zaķis ļoti sekmīgi pārveidoja Universitāti, atjaunoja tās īsto nosaukumu – Latvija Universitāte (LU), un visu vēsturisko atribūtiķu, tās satversmi un autonomiju. Bet tas jau ir cits stāsts par prof. J. Zaķi kā pedagogu, sabiedrisko darbinieku un politiķi.

Prof. J. Zaķis ir autors vairākām zinātniskām monogrāfijām, pāri par 300 rakstiem zinātniskos žurnālos, vairākām populārzinātniskām un pārdomu grāmatām un daudziem populārzinātniskiem un publicistiskiem rakstiem periodikā [10]. 1990. gadā prof. J. Zaķi ievēlēja par LZA īsteno locekli. 2000. gadā prof. J. Zaķim par nopelniem dzimtenes labā piešķīra Triju Zvaigžņu ordeņa virnieka pakāpi un 2004. gadā par mūža ieguldījumu Latvijas Universitātes attīstībā un pētījumiem stikla fizikā – LU Ģērboņa Zelta zīmi Nr.1.

Prof. J. Zaķis vēl joprojām aktīvi strādā, no 2004. gada ir Sociālo tehnoloģiju augstskolas rektors, ievēlēts par Latvijas privāto augstskolu asociācijas valdes priekšsēdētāju. Atliek novēlēt prof. J. Zaķim labu veselību un vēl daudzus radošā darba panākumus.

#### **Vēres:**

1. Zaķis J. Pulksteņa atvēršana. – Rīga: LU, 1995, 200 lpp.
2. LU Arhīvs, 6. apr. 1882. l., 27 lp. – Jura Zaķa studenta lieta Nr. 550509.
3. Jansons J. LU fizikas docents Ojārs Šmits (24.04.1930.–14.03.1993.). – „Zvaigžņotā Debess”, 2010./2011. gada ziema (210), 14. – 21. lpp.
4. Шмит О. А., Закис Ю. Р. Оптические свойства щелочно-галлоидных кристаллофосфоров, активированных O, S, Se. – Тезисы докладов IX совещания по люминесценции (кристаллофосфоры) : Киев, июнь 1960 г. – Москва: Изд-во АН СССР, 1960. – С. 83.
5. LU Arhīvs, 7. apr. 13022. l., 162 lp. – Jura Zaķa darbinieka lieta.
6. Jansons J. Latvijas Universitātes profesoram Ilmāram Vītolam – 70. – „Zvaigžņotā Debess” 2001./2002. gada ziema (174), 46. – 48., 57. – 59. lpp.
7. Jansons J. Fiziķu centieni 1950.–1960. gados atgrieza fundamentālo zinātņi Universitātē. – „Zvaigžņotā Debess”, 2011./2012. gada ziema, (214), 27. – 32. lpp.
8. Закис Ю. Р. Исследования молекулярных центров в щелочно-галлоидных кристаллах с примесью меди и кислородосодержащих анионов: Автореферат диссертации на соискании ученой степени кандидата физико-математических наук. – Тартувский гос. ун-т, Тарту, 1966, 16 с.
9. Закис Ю. Р. Дефекты и упорядоченность твердых тел на основе щелочных галогенидов, двуокиси кремния и халкогенидов мышьяка (01.04.07. – физика твердого тела) : Автореферат диссертации на соискание ученой степени доктора физико-математических наук. – Рига, 1975. – 35 с.
10. Profesors Juris Zaķis : Bibliogrāfiskais rādītājs / LU b-ka; sast.: Z. Alikā; bibliogrāf. red. D. Paukšēna. Rīga: LU, 1996. – 108 lpp.

## LU CFI INFRASTRUKTŪRAS ATTĪSTĪBA 2012.-2015.

**A.Šternbergs, J.Kļaviņš**

*Latvijas Universitātes Cietvielu fizikas institūts*

Cietvielu fizikas institūtā (CFI) tiek realizēti divi Eiropas Reģionālās Attīstības Fonda (ERAF) darbības programmas 2007. – 2013.gadam „Uzņēmējdarbība un inovācijas” 2.1.1.3. aktivitātes „Zinātnes un pētniecības infrastruktūras attīstība” projekti – 2.1.1.3.1. apakšaktivitātes „Zinātniskās infrastruktūras attīstība” projekts „Nanostrukturēto un daudzfunkcionālo materiālu, konstrukciju un tehnoloģiju Valsts nozīmes pētniecības centra zinātniskās infrastruktūras attīstīšana” (VNPC projekts) un 2.1.1.3.2. apakšaktivitātes „Informācijas tehnoloģiju infrastruktūras un informācijas sistēmu uzlabošana zinātniskajai darbībai” projekts „Vienota nacionālas nozīmes Latvijas akadēmiskā pamattīkla zinātniskās darbības nodrošināšanai izveide” (Akadēmiskā tīkla projekts).

CFI ir atbildīgā iestāde VNPC projekta, kurā ietilpst vēl piecas akadēmiskās institūcijas – Latvijas Universitāte (LU), LU Fizikas institūts (LU FI), LU Polimēru mehānikas institūts (LU PMI), Rīgas Tehniskā universitāte (RTU), RTU Neorganiskās ķīmijas institūts (RTU NĶI) – realizētāja. Valsts nozīmes pētījumu centram nav juridiskas personas statusa, taču projekta tālākais mērķis ir uzsākt Latvijas mēroga nanotehnoloģiju un materiālu pētniecības centra LATNANO-C veidošanu. VNPC projekts ir realizējams laikā no 2012.gada 1.janvāra līdz 2015.gada 31.augustam. Projekta mērķis ir izveidot vienotu pētniecības, mācību, un inovāciju centru, kurā apvienotos un viens otru papildinātu studiju un zinātniskais darbs, tiktu koncentrēts zinātniskais potenciāls, notiktu augstākās kvalifikācijas zinātnieku sagatavošana, atrastos pasaules klases zinātniskās aparatūras un tehnoloģisko iekārtu parks, kas ļautu veikt starptautiska līmeņa pētījumus. Projekta uzdevums ir būtiski uzlabot zinātnes infrastruktūru, zinātnieku darba apstākļus, veikt jaunākās paaudzes iekārtu iegādi, nodrošināt pieeju zinātnisko iekārtu izmantošanai studentiem, doktorantiem un zinātnisko institūciju darbiniekiem piecās valsts nozīmes pētījumu centra teritoriāli telpiskajās komponentēs, partnerorganizācijā - LU CFI, LU, RTU, LU FI, LU PMI un RTU NĶI. Projekta kopējās apstiprinātās izmaksas sastāda LVL 7 717 252, no tām ERAF finansējuma – LVL 6874939. Projekta skaistums ir tāds, ka visi projekta realizācijas laikā iegūtie labumi būs pieejami visiem projekta partneriem.

CFI pieejamie līdzekļi projektā ir, atbilstoši, - LVL 2 362 974 un LVL 2 126 676. Šo līdzekļu ietvaros tiks iegādātas vai būtiski uzlabotas piecas zinātniskās pētniecības iekārtas un izbūvētas *tīrtelpas* CFI ēkas pirmajā stāvā 632m<sup>2</sup> platībā.

Akadēmiskā tīkla projektu vienpersonīgi realizē Izglītības un zinātnes ministrija (IZM), kas ir noslēgusi sadarbības līgumus ar visām (varbūt 96, t.sk., CFI) Latvijas zinātniskajām iestādēm par projekta īstenošanu. Projekta īstenošana notiek laikā no 2010.gada 22.novembra līdz 2014.gada 31.decembrim ar ERAF finansējumu LVL 10 514 363. IZM kopā ar konkursa kārtībā izvēlētām konsultāciju firmām, aptaujājot sadarbības partnerus un apkopojot to vajadzības, veido projekta koncepciju un nosaka prioritātes. Kopumā projektā ir 13 aktivitātes, arī tādas kā plata pieslēguma nodrošināšana Eiropas un starptautiskajiem akadēmiskajiem tīkliem, ēku centrālo tīkla mezglu modernizēšana (tā ir CFI prioritāte), koplietošanas programmatūras iegāde pētnieciskās darbības veikšanai, piekļuves nodrošināšana starptautiskajām bibliotēkām un zinātniskās literatūras datu bāzēm (jau lietojama Science Direct un Scopus), viena jauna datu centra izveidošana u.c.

## CIKLOTRONA PIELIETOŠANAS IESPĒJAS AKTIVĀCIJAS ANALĪZĒ

**D.Riekstiņa, O.Vēveris**

*Latvijas Universitātes Cietvielu fizikas institūts*

Aktivācijas analīze (AA) ir kodolfizikāla metode vielas elementsastāva noteikšanai, izmantojot mākslīgo radioaktivitāti, kas rodas apstarojot pētāmo vielu ar neitroniem, lādētām daļiņām vai gamma starojumu. Elementu kvantitatīvā analīze notiek, identificējot radionuklīdus pēc to starojuma gamma-spektra, izmantojot standarta materiālus. Metodes priekšrocības ir augstā detektēšanas robeža lielam skaitam elementu ar samērā lielu precizitāti, vienkāršā parauga sagatavošana analīzei, iespēja noteikt lielu elementu skaitu vienā paraugā. Rezultātus neietekmē parauga ķīmiskā forma.

Kā vienu no iespējamiem paraugu aktivācijas avotiem var izmantot ciklotronu, kurā paraugus iespējams apstarot kā protonu tā neitronu plūsmā. Lai iegūtu ātro neitronu kūli, nepieciešams izmantot litija vai berilija neitronu konvertoru. Viens no ierobežojumiem, pielietojot ciklotronus aktivācijas analīzē, ir, ka to galvenokārt iespējams veikt tikai plānās kārtiņās.

Referātā apskatītas metodikas un pievesti rezultāti, kuri iegūti dažādos pētniecības centros pasaulē, izmantojot ciklotronus AA. Tā piemēram, Floridā, Mt.Sinai medicīnas centrā /1/, izmantojot ciklotronu Cyclon-30, iegūta neitronu plūsma  $2 \times 10^9$  n/cm<sup>2</sup> s<sup>-1</sup>. Analizējot paraugus pēc apstarošanas integrālā neitronu plūsmā  $5 \times 10^{14}$  n/cm<sup>2</sup>, detektēšanas robežas sasniedza Au – 0.2 μg, In – 1 μg, Na – 50 μg, kuru var salīdzināt ar neitronu ģeneratoros sasniegtām vērtībām.

## POSSIBILITIES TO USE CYCLOTRON FOR ACTIVATION ANALYSIS

**D.Riekstiņa, O.Vēveris**

*Institute of Solid State Physics, University of Latvia*

Activation analysis (AA) is a nuclear physical method for determination of substance's element content via its artificial radioactivity, caused by the irradiation of corresponding sample by neutrons, charged particles, or gamma-rays. Quantitative analysis of elements is performed by the identification of radionuclides according to their gamma radiation spectrum employing standard element sources. Advantages of the AA method are: a high detection limit for a great number of elements achieved with a comparably high precision; a simple preparation of sample for the analysis; a possibility to determine a great number of elements in one sample. The results do not depend on a chemical form of the sample.

One of possible sources to be used for sample activation can be a cyclotron, which allows perform irradiation both by protons, and neutrons. In order to obtain a fast neutron beam, one must use either lithium or beryllium neutron converter. One of limitations for the use of cyclotrons for AA is that such analysis can be done only for thin layer samples.

The methods and results of AA using cyclotrons in different research centres in the world are reported. For instance, in the Mt.Sinai (Florida, U.S.A.) medical centre /1/, with the aid of cyclotron Cyclon-30, the neutron flux  $2 \times 10^9$  n/cm<sup>2</sup> s<sup>-1</sup> has been obtained. If one analyzes samples following their irradiation in the  $5 \times 10^{14}$  n/cm<sup>2</sup> integral neutron flux, the element detection limits reached for Au – 0.2 μg, for In – 1 μg, and for Na – 50 μg. Such limits are comparable with those obtained using neutron generators.

## „MAZIE LĀZERĪŠI” UN JAUDĪGĀS GAISMAS DIODES LED DZĪVĒ UN OPTIKAS LEKCIJĀS

**M. Ozoliņš<sup>1,2</sup>, P. Paulins<sup>2</sup>**

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

<sup>2</sup>*Latvijas Universitātes Fizikas un matemātikas fakultāte*

Pēdējos gados lielu popularitāti iemantojuši miniatūri lāzeri, kuri atpaliek ar starojuma kvalitāti, taču pārsteidz ar savu jaudu, starojuma spektra dažādību un barošanas vienkāršību, kā arī cenu. Tie iemantojuši lielu popularitāti jaunu cilvēku vidē dažādu aktivitāšu realizācijā, kā arī var tikt izmantoti skolās un universitātēs optikas nodarbībās. Līdzīgu ceļu patērētāju tirgū veikusi mazo LED - gaismas diožu straujā attīstība. Referātā tiek apskatīti pēdējie sasniegumi miniatūro gaismas avotu radīšanā, to parametri un konstruktīvās detaļas. Gaismas diodes, kuras pašlaik tiek radītas visā redzamā spektra rajonā kā arī nedaudz ultravioletā diapazonā staro līdz pat jaudām sasniedzot 10W, var izmantot luminiscentos klājumus, kas daļu enerģijas transformē uz plaša spektra starojumu, tādējādi radot baltu gaismas starošanas sajūtu. Gaismas diodes tādējādi sāk kalpot kā gaismas avoti ar lielu lietderības koeficientu, konversijas faktoram sasniedzot 50-70 lm/W. Starp apgaismojuma standartiem tuvākajā nākotnē tiks ieviests LED apgaismotājs. Vienkrāsainās gaismas diodes var iegūt ar joslas starojuma spektru ar labu spektrālo selektivitāti. Tas rada labas iespējas šīs diodes lietot arī krāsu redzes pētījumos, un acs audu caurlaidības noteikšanā, kas ir interesanti acs pataloģiju diagnostikā. Savukārt miniatūrie lāzeri ļoti perspektīvi gaismas parādību un optikas likumu demonstrējumos, kur nepieciešama starojuma koherence. Šeit īpaša vērība jāvirza uz drošu lāzeru lietošanu skolās. Tie gan ir mazāk bīstams instruments kā gāzes plīts komplektā ar sērskociņiem bērna rokās, taču nepatīkamus pārdzīvojumus un darbu oftalmologiem nevērīga apiešanās ar mazajiem lāzeriem var sagādāt.

Darbu atbalsta ERAF fonds (proj.2.1.1.1./137).

## **„LATROSTRANS” OBJEKTU APSARDZES, SIGNALIZĀCIJAS UN VADĪBAS SISTĒMAS FUNKCIONĀLO IESPĒJU PAPLAŠINĀŠANA**

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

2004. - 2005. g.g. CFI piedalījās SIA “LatRosTrans” komplekso sakaru sistēmas rekonstrukcijā. SIA *LatRosTrans* maģistrālo cauruļvadu sistēmai visā garumā no Polockas līdz Ventspilij vidēji ik pēc 25 km ir tehnoloģiskās kontroles un regulēšanas objekti (viens vai divi blok-boksi). Latvijas teritorijā tajā laikā bija 24 šādi objekti. Katrā objektā tika uzstādīta viena vai divu līmeņu apsardzes sistēma (divu tipu kontrolieri), kuru varēja noņemt no apsardzes vai nu uz vietas ar *Dallasa* identifikācijas atslēgām vai arī no dispečerpunkta Daugavpilī. Nodrošināja arī temperatūras mērīšanu vienā punktā un automātisko ventilācijas darbības vadību ar iespēju pārņemt vadību no dispečerpunkta. Dispečerpunktā tika uzstādītas mūsu izstrādātās servera un dispečera programmas. Sakari ar objektiem notika ar radioreleju staciju palīdzību izmantojot *Ethernet* standartus.

2011.g. veiktās modernizācijas rezultātā ir iespējams

- kontrolēt triju tipu objektu kontrolierus ar paplašinātām funkcijām;
- veikt temperatūras mērīšanu divos punktos;
- vadīt ventilācijas sistēmu pēc sarežģītāka algoritma.

Bez tam sistēma papildināta ar papildus objektu „Daugavpils”. Pārstrādāta visa programmatūra. Tas deva iespēju palielināt informācijas pārraides ātrumu aptuveni četras reizes. Dispečerpunkts tagad atrodas Ilūkstē.

## **"LATROSTRANS" OBJECT SECURITY, ALARM AND CONTROL SYSTEM FUNCTIONALITY EXPANSION**

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

ISSP participated in reconstruction of the complex communication system for *LatRosTrans* Ltd. *LatRosTrans* Ltd main pipeline system along the length of Polotsk to Ventspils has technological control and regulation objects (one or two block-boxes) on average every 25 km. In Latvian territory at that time there were 24 following objects. One or two level security system (two types of controllers) was installed in each object, which could be removed from the guard, either on the spot with the *Dallas* identification keys or from dispatcher service point in Daugavpils. The system provided also a single point temperature measurement and automatic ventilation control with the opportunity to take over leadership from dispatcher service point. Our developed server and controller programs were installed in dispatcher service point. Communication with objects was ensured by radio relay stations using *Ethernet* standards.

The *LatRosTrans* object security, alarm and control system was upgraded in 2011, providing possibilities:

- to control three types of object controllers with expanded functions;
- to make temperature measurement of 2 points;
- to manage ventilation system by more complicated algorithm.

The system was provided with additional object „Daugavpils”. The software of the *LatRosTrans* object security, alarm and control system was fully redesigned. This made it possible to increase the transmission rate of approximately four times. Dispatcher service point is in Ilukste now.



## CFI CAURLAIDES, PIEKĻUVES UN SIGNALIZĀCIJAS SISTĒMA

**I.Gvardina, A.Kristiņš, J.Melderis**

*Latvijas Universitātes Cietvielu fizikas institūts*

CFI caurlaides, piekļuves un signalizācijas sistēma nodrošina sankcionētu iekļūšanu CFI iekšējās telpās caur caurlaidi vai pagalma durvīm, iekļūšanu stāvu gaitenēs un atsevišķās telpās, kā arī autotransporta sankcionētu iebraukšanu autostāvvietā un institūta pagalmā. Sistēma sastāv no tīkla kontrolieriem uz *Rabbit 3010* bāzes, kuriem var pievienot durvju kontrolierus un signalizācijas paplašinātājus apsardzes sensoru pieslēgšanai. Tīkla kontrolieri veido lokālo sistēmas *Ethernet* tīklu, caur kuru visa fiksētā informācija nokļūst serverī un uzkrājas datu bāzē. Serveris ir pieslēgts arī korporatīvajam CFI *Ethernet* tīklam. Sarga dators pieslēgts lokālajam sistēmas tīklam. Citi sistēmas lietotāji (klienti), ja tiem ir attiecīgas pilnvaras, var saņemt no sistēmas datu bāzes vajadzīgo informāciju uz sava datora, izmantojot institūta tīklu. Sistēmas administratora programma var tikt uzstādīta jebkurā piemērotā vietā ar datora pieslēgumu pie institūta tīkla vai sistēmas lokālā tīkla. Sistēmas lietotāju skaits līdz 500. Katram sistēmas objektam lietotāju saraksti ir neatkarīgi. Par personīgās identifikācijas līdzekli kalpo *Proxy* kartes vai breloki.

## ISSP CHECKPOINT, ACCESS AND ALARM SYSTEM

**I.Gvardina, A.Kristiņš, J.Melderis**

*Institute of Solid State Physics, University of Latvia*

ISSP checkpoint, access and alarm system ensures authorized access via checkpoint or yard's door into ISSP internal premises, in corridors of floors and in single rooms, as well as authorized entry in the car parking place and in the yard of ISSP. System consists of network controllers based on *Rabbit 3010* microprocessor, connected with door controllers and alarm expanders to connect safety sensors. Network controllers are switched in local *Ethernet* network of system. All fixed events via this network are transferred to server and accumulated in data base. Server is also connected to corporative *Ethernet* network of ISSP. Guardian PC is connected to the local network of the system. Other users (clients) of the system may receive necessary information from the system data base on their PC via ISSP network, if they have appropriate authorization. System administrator's program can be installed on every suitable PC with connection to ISSP network or system's local network. Number of users is up to 500. Lists of users are independent for every object of system. Proxy cards or breloques serve as the means of personal identification.

## **BINĀRIE UN TERNĀRIE SIGNĀLI PLATJOSLAS SISTĒMU IDENTIFIKĀCIJAI**

**P. Annus<sup>1,2</sup>, M. Rist<sup>1,2</sup>, J. Ojarand<sup>1,2</sup>, R. Land<sup>1,2</sup>, A. Kristiņš<sup>3</sup>**

<sup>1</sup>*Kompetences centrs ELIKO, Igaunija*

<sup>2</sup>*Tallinas Tehnoloģiskās Universitātes Elektronikas Institūts, Igaunija*

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

Multisinusu un daudzfrekvenču binārie signāli daudzos gadījumos var tikt izmantoti ierosmei pie sistēmu identifikācijas. Referātā tiek salīdzināti šie, kā arī lineārās frekvenču modulācijas signāli. Apskatāmie daudzfrekvenču signāli aptver 3 frekvenču dekādes ar 11 spektrālajām komponentēm, kas sadalītas oktāvās bāzētā frekvenču sadalījumā. Labi zināms, ka multisinusu ierosmes signālu maksimuma koeficients var tikt optimizēts ar vēlamo spektrālo komponentu fāzu regulēšanu. Referātā parādīts, ka aprakstītais daudzfrekvenču binārais signāls formējas no atbilstošā multisinusu signāla, kā tā signum funkcija, kas ir vēl efektīvāk, kā multisinusu signāla optimizācija. Iespējams manipulēt ar frekvenču komponentēm, pakāpeniski izmainot sākotnējā multisinusu signāla attiecīgo komponentu amplitūdas. Tas ļauj pielāgot daudzfrekvenču binārā signāla spektrālo sadalījumu. Bez modelēšanas tiek parādīti arī eksperimentu rezultāti ar reāliem signāliem. Mērījumiem nepieciešamie ierosmes signāli tika iegūti no Tektronix AFG3252 patvaļīgas formas viļņu ģenerators, tos izlaižot caur RC ķēdi, bet rezultāti tika digitalizēti ar Agilent MSO9104A oscilogrāfa palīdzību. Analīzei un grafiskai attēlošanai tika izmantota LabView vide. Attiecība signāls/troksnis bija labāka bināro signālu gadījumā.

## **BINARY AND TERNARY SIGNALS FOR WIDE BAND SYSTEM IDENTIFICATION**

**P. Annus<sup>1,2</sup>, M. Rist<sup>1,2</sup>, J. Ojarand<sup>1,2</sup>, R. Land<sup>1,2</sup>, A. Kristiņš<sup>3</sup>**

<sup>1</sup>*ELIKO Competence Centre in Electronics- ,*

*Info- and Communication Technologies, Estonia*

<sup>2</sup>*Tallinn University of Technology, Estonia*

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

The multisine and binary waveforms are in many cases usable as multifrequency excitation signals for system identification. Comparison of these waveforms, and also chirp signal, is given. Multifrequency signals covering 3 frequency decades with 11 spectral components and with octave based frequency distribution are used. It is well known that the crest factor of the multisine excitation signal can be optimized by adjusting the phases of the desired spectral components. It is shown in the paper that the binary multifrequency signal formed from the corresponding multisine waveform as the signum function of it, is even more effective than the optimized multisine signal. It is possible to manipulate the amplitudes of the frequency components of the binary multifrequency signal by manipulating iteratively the amplitudes of the corresponding components of the original multisine signal. It allows customization of the spectral distribution of the binary multifrequency signal. Besides simulations also experiments with real signals are conducted. Excitation signals for measurements were generated using Tektronix AFG3252 arbitrary waveform generator, passed through RC circuit, and results digitized with Agilent MSO9104A oscilloscope. LabView environment was used for analysis and graphical presentation. Signal to noise ratio was better in case of binary waveforms.

<b>A</b>	
Aizpuriētis P. ....	47
Aleksejeva J. ....	36
Alsbergs K. ....	49
Annus P. ....	90
Anspoks A. ....	20
Antonova M. ....	26
Antuzevičs A. ....	75
Augustovs P. ....	35
Avotiņa L. ....	44, 45
Āzens A. ....	74

<b>B</b>	
Bajārs G. ....	25, 55, 56, 71
Balodis M. ....	41
Baumane L. ....	43
Belmane V. ....	46
Bērziņš J. ....	41
Bērziņa B. ....	33, 59
Bērziņš A. ....	43, 45
Bērziņš Dz. ....	34
Birks Ē. ....	26
Bočarovs D. ....	16, 22
Bondarenko V. ....	41
Brice I. ....	78
Bulanovs A. ....	37

<b>C</b>	
Constantinescu D. ....	5

<b>D</b>	
Didrihsone S. ....	76
Dimanta I. ....	9, 12, 51
Dimants J. ....	9
Dimza V. ....	73
Dirba I. ....	48, 49
Dirnēna I. ....	51
Doķe G. ....	30, 31, 32, 58
Drunka R. ....	11
Dumbrājs O. ....	5
Dunce M. ....	26

<b>E</b>	
Ēcis A. ....	74
Eglītis R. ....	17
Elsts E. ....	30, 78

<b>F</b>	
Fedotovs A. ....	34, 75

<b>G</b>	
Gabrusenoks J. ....	45, 55, 71
Gerbrederis V. ....	37
Gluchowski P. ....	77
Gopejenko A. ....	19
Grabis J. ....	11, 76
Grants R. ....	27, 57

Grazulevičius J.V. ....	65
Grigorjeva J. ....	33
Grigorjeva L. ....	38, 69
Grīnberga L. ....	8, 13, 14, 53, 54, 56
Grjaznovs D. ....	16, 18
Grūbe J. ....	31, 32, 58, 78
Gruduls A. ....	12, 51
Gržibovskis R. ....	66
Gvardina I. ....	88, 89

<b>H</b>	
Haļitovs M. ....	44, 45
He X. ....	17
Hodakovska J. ....	50

<b>I</b>	
Ignatāns R. ....	26
Igochine V. ....	5

<b>J</b>	
Janeliukštis R. ....	72
Jansons Jānis. ....	30, 80
Jansons Juris. ....	44
Jēkabsons L. ....	71
Jēkabsons L. ....	52
Jentschel M. ....	41
Jia R. ....	17
Jirgensons M. ....	64
Jurģelis K. ....	10

<b>K</b>	
Kalendarevs R. ....	74
Kalvāne A. ....	73
Kaļinko A. ....	20, 21
Kampars V. ....	66
Kiseļova O. ....	34
Kiseļovs A. ....	60
Kleperis J. ....	8, 9, 12, 13, 25, 47, 48, 50, 52, 53, 54, 56
Klismeta K. ....	61
Kļaviņš J. ....	85
Kļukins A. ....	42
Kodols M. ....	76
Kokars V. ....	35
Kolbjonoks V. ....	37
Korsaks V. ....	59
Kotlov A. ....	77
Kotomins J. ....	16, 18, 19
Krasta T. ....	41
Kristiņš A. ....	70, 88, 89, 90
Krūmiņa A. ....	46
Kučinskis G. ....	25
Kuļikova L. ....	13
Kundziņš K. ....	30, 73
Kuzmins A. ....	20, 21, 22
Ķēniņš K. ....	35
Ķizāne G. ....	6, 43, 44, 45

<b>L</b>	
Lackner K. ....	5
Land R. ....	90

Latvels J. ....	66
Lesničenoks P. ....	8
Liepiņa I. ....	55, 56
Liepiņa V. ....	38
Linītis J. ....	56
Lisovskis O. ....	7
Lūsis A. ....	55, 56, 71, 72

## M

Majorovs M. ....	48
Manika I. ....	57
Maniks J. ....	27
Mastrikovs J. ....	19
Melderis J. ....	70, 88, 89
Meyer-Spasche R. ....	5
Mežinskis G. ....	48
Millers D. ....	38, 68, 69
Möslang A. ....	19
Muižnieks I. ....	12
Muktepāvela F. ....	42
Muzikante I. ....	65, 66, 67

## N

Nikolajeva V. ....	12, 51
Nītišs E. ....	23

## O

Ojarand J. ....	90
Ozoliņš J. ....	7
Ozoliņš M. ....	87
Ozols A. ....	35

## P

Pajuste E. ....	6, 44
Pankratovs V. ....	77
Pastors P.J. ....	66
Patmalnieks A. ....	11
Paulins P. ....	87
Pentjušs Ē. ....	55, 71, 72
Piskunovs S. ....	7, 22
Platacis E. ....	42
Plaude A. ....	26, 73
Popova S. ....	67
Popovs A.L. ....	77
Potaņina E. ....	62
Pudžs K. ....	65
Purāns J. ....	18, 74

## R

Rašmane Dz. ....	43
Reghu R. ....	65
Riekstiņa D. ....	86
Rikveilis J. ....	69
Rist M. ....	90
Rogulis U. ....	30, 75, 78
Rutkis M. ....	23, 65

## S

Serga V. ....	13
Shi H. ....	17

Simonova L. ....	41
Skuja L. ....	78
Skvorcova V. ....	39
Sloka B. ....	9
Sobolevs A. ....	42
Sorokins A. ....	18
Springis M. ....	31, 32, 58
Straumēns J. ....	52
Strek W. ....	77
Stunda A. ....	30
Supē A. ....	43
Šarakovskis A. ....	30, 31, 32, 33, 34, 58
Šimane O. ....	24
Širmāne L. ....	77
Šiško A. ....	42
Šivars A. ....	13, 53
Šmits K. ....	38, 68, 69
Šteins I. ....	43
Šternbergs A. ....	4, 85
Šutka A. ....	48

## T

Teteris J. ....	29, 36, 37, 60, 61, 62, 64
Titavs E. ....	23
Tomandl I. ....	41
Traskovskis K. ....	35
Trinklere L. ....	33, 59
Truhins A.N. ....	29
Turovska B. ....	66

## U

Urban W. ....	41
---------------	----

## V

Vaivars G. ....	10
Vanags M. ....	47, 49
Veļķere L. ....	72
Vembris A. ....	67
Vēveris O. ....	86
Vilnis K. ....	74
Vītiņa I. ....	46
Vītiņš A. ....	6, 44
Vladimirov P.V. ....	19
Voss M. ....	31, 32, 58

## Y

Yue L. ....	17
-------------	----

## Z

Zabels R. ....	27, 57
Zandersons J. ....	72
Zariņš A. ....	43
Zariņš E. ....	35
Ziks A. ....	42
Zohm H. ....	5
Zolotarjovs A. ....	68
Zubkins M. ....	74
Zubkovs V. ....	6
Žguns P. ....	22
Žukovskis J. ....	7, 16, 18, 19