

STENDINIAI PRANEŠIMAI

P1	Rūta Kaminskaitė. Au-Cu nanodalelių nusodinimas ant iš medienos gautos anglies, naudojant mikrobangų sintezę.
P2	Danielė Kurlenskaitė. Au-Co ir Au-Ni nanodalelių nusodinimas ant iš medienos gautos anglies, jų charakterizavimas ir savybių tyrimas.
P3	Ieva Daškevič. Impulsinio elektrinio lauko poveikio mielių <i>Saccharomyces cerevisiae</i> sienelės komponentų raiškai tyrimas.
P4	Silvija Juciūtė. Mg lydinio paviršiaus modifikavimas TiO ₂ , suformuotu atominio sluoksnio nusodinimo metodu, ir elektrocheminių savybių tyrimas Hanks'o tirpale.
P5	Agnė Minderytė. Electrochemically active molybdenum oxide coatings formed by SOL – GEL synthesis method.
P6	Delianas Palinauskas. Active corrosion protection of Zinc by cerium oxide coatings.
P7	Jakov Braver. Molekulinių sistemų laikinės skyros fluorescencijos spektrų matematinė analizė.
P8	Oskaras Venckus. Augalų transmembraninių šviesą sugeriančių baltyminių kompleksų tyrimai dirbtinėje ir į natūralią panašioje aplinkoje pasitelkiant pavienių molekulių fluorescencijos mikroskopiją.
P9	Rokas Jasiūnas. Erdvinės gaudyklės polimerinėse tūrinės heterosandūros saulės celėse.
P10	Rokas Gegevičius. Plokščias MAPbI ₃ perovskito fotodetektorius suformuotas ant periodinės platinos elektrodų matricos.
P11	Justas Berškys. Chiralinio atsako nanodalelių klasteryje modeliavimas T-matricų ir MSM metodais modeliavimas.
P12	Klemensas Laurinavičius. Sąveikos tarp vektorinių optinių kompleksinio šaltinio pluoštų ir nanodalelių tyrimas.
P13	Edvinas Gvozdiovas. Azimutinės ir radialinės poliarizacijos nedifragtuojantys impulsiniai pluoštai.
P14	Tomas Juodagalvis. Aukšto lūžio rodiklio medžiagų ir jų mišinių plonų sluoksnių suformuotų jonapluoščio dulkinimo technologija optinių ir mikrostruktūrinių charakteristikų tyrimas.
P15	Naglis Kyžas. Germanio sluoksniai infraraudonosios srities optinėms dangoms.
P16	Laimis Zubauskas. Stiklo padengto plona vandens plėvele pjovimas didelio impulsų pasikartojimo dažnio lazerine spinduliuote.
P17	Evaldas Svirplys. Lazerinės abliacijos įtakos silicio plokštelės pralaidumui THz srityje tyrimas.
P18	Jonas Karosas. Lūžio rodiklio modifikacijų formavimas gyliai lydyto kvarco tūryje ir jų charakterizavimas.
P19	Eimantas Daknys. Naši stiklo pjovimo technologija nanosekundiniu lazeriu.
P20	Virginija Skurkytė-Papievienė. Improvement of thermal properties BIO-Based PCM USING carbon-nanotubes

Au-Cu NANODALELIŲ NUSODINIMAS ANT IŠ MEDIENOS GAUTOS ANGLIES, NAUDOJANT MIKROBANGŲ SINTEZĘ

Rūta Kaminskaitė, Aldona Balčiūnaitė, Daina Upskuvienė

Fizinių ir technologijos mokslų centras, Katalizės skyrius
Saulėtekio al. 3, LT-10257 Vilnius, el. p.: aldona.balciunaite@ftmc.lt

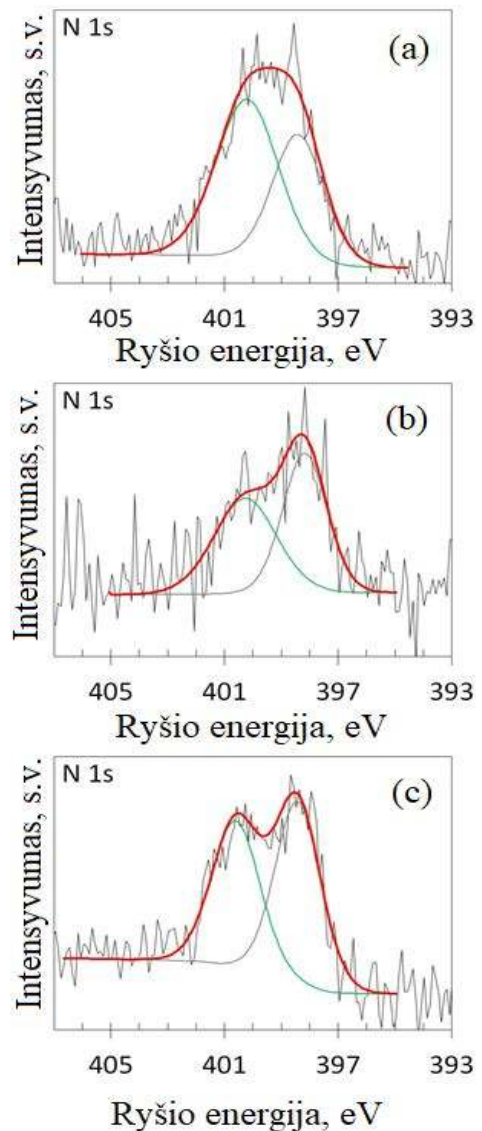
Vienas iš dažniausiai naudojamų atsinaujinančių energijos šaltinių yra kuro elementai, kuriuose cheminė energija yra tiesiogiai verčiama į elektros energiją. Šiame darbe buvo norima suformuoti skirtingos sudėties katalizatorius, nusodinant aukso-vario nanodaleles. Au-Cu nanodalelių nusodinimui buvo pasirinktos trys skirtingos struktūros anglis, gautos iš bioatliekų – celiuliozės gamybos atliekų (paž. C1) ir alksnio skiedrų (paž. C2 ir C3). Gauti anglies milteliai buvo dopuojami azotu 800°C temperatūroje, naudojant dicianodiamidą (DCDA) kaip azoto prekursorių.

N-dopuotų anglies miltelių C1 (a), C2 (b) ir C3 (c) didelės raiškos N1s srities Rentgeno fotoelektronų spektrai pateikti 1 paveiksle. Nustatyta, kad didžiausias azoto kiekis – 7,44 at. % buvo N-dopuotuose anglies milteliuose, kurie buvo gauti iš celiuliozės atliekų.

Au-Cu nanodalelės buvo nusodintos ant skirtingų N-dopuotų anglies miltelių, taikant mikrobangų sintezės metodą. Šiam tikslui naudotas Monowave 300 (Anton Paar) mikrobangų reaktorius. Katalizatoriai suformuoti, parenkant tos pačios sudėties reakcijos mišinį, susidedantį iš HAuCl_4 , CuCl_2 NaOH ir etilenglikolio, ir skirtingų N-dopuotos anglies miltelių. Sintezė vykdoma, esant 150 °C temperatūrai ir 30 min trukmei.

Susintetinti katalizatoriai ištirti peršviečiamos elektroninės mikroskopijos (TEM), Rentgeno spindulių fotoelektronų spektroskopijos (XPS), skenuojančiosios elektronų mikroskopijos (SEM) ir Indukuotos plazmos optinės emisijos spektroskopijos (ICP-OES) metodais.

N-dopuotos anglies, gautos iš bioatliekų, panaudojimas katalizatorių sintezėje leidžia sukurti efektyvius katalizatorius šarminiams kuro elementams.



1 pav. N-dopuotų anglies miltelių C1 (a), C2 (b) ir C3 (c) didelės raiškos N1s srities Rentgeno fotoelektronų spektrai.

Au-Co IR Au-Ni NANODALELIŲ NUSODINIMAS ANT IŠ MEDIENOS GAUTOS ANGLIES, JŲ CHARAKTERIZAVIMAS IR SAVYBIŲ TYRIMAS

Danielė Kurlenskaitė, Aldona Balčiūnaitė, Daina Upskuvienė

Fizinių ir technologijos mokslų centras, Katalizės skyrius
Saulėtekio al. 3, LT-10257 Vilnius, el. p.: aldona.balciunaite@ftmc.lt

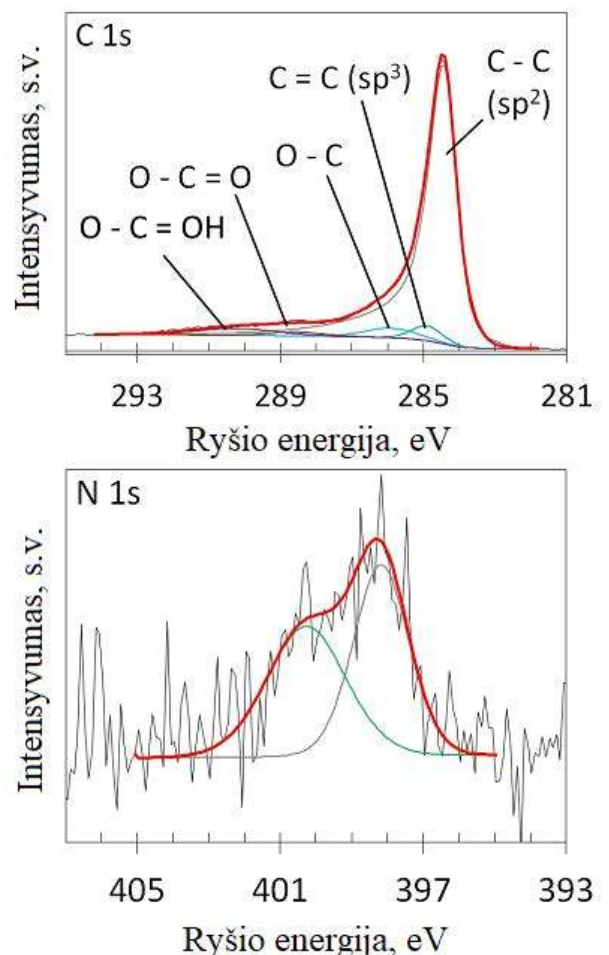
Naujų efektyvių katalizatorių kompozicijų paieška ir taikymas praktiniuose žemos temperatūros protonų mainų membranos kuro elementams (PMMKE), pakeičiant gerai žinomus ir brangius Pt ar jos lydinių katalizatorius netauriaisiais metalais ar sumažinant tauriųjų metalų kiekį katalizatoriuose, yra aktuali tyrimo kryptis, siekiant pagerinti ir atpiginti kuro elementus. Šiame darbe efektyvių katalizatorių formavimui buvo panaudota nauja nanokarboninė medžiaga, susintetinta iš bioatliekų – alksnio skiedrų. Iš alksnio skiedrų gauti anglies milteliai buvo chemiškai aktyvuojami NaOH, esant didesnėms temperatūroms, ir po to dopuojami azotu 800°C temperatūroje, naudojant dicianodiamidą (DCDA) kaip azoto prekursorių. Po to aukso-kobalto (Au-Co) ir aukso-nikelio (Au-Ni) nanodalelės buvo nusodinamos ant azotodopuotos anglies (N-dopuota anglis), panaudojant mikrobangų sintezę. Katalizatorių sintezei buvo naudojamas reakcijos mišinys, susidedantis iš N-dopuotos anglies miltelių, H₂AuCl₄, CoCl₂ ar NiCl₂, NaOH ir etilenglikolio. Sintezė mikrobangų poveikyje buvo vykdoma, naudojant prietaisą „Monowave 300“ (Anton Paar), esant 150°C temperatūrai bei trukmei 30 min. Susintetinti Au-Co/N-dopuota anglis ir Au-Ni/N-dopuota anglis katalizatorių mišiniai praplaunami acetonu, po to distiliuotu vandeniu ir džiovinami vakuuminėje krosnyje 80°C temperatūroje 2 valandas. Susintetintų Au-Ni/N-dopuota anglis ir Au-Co/N-dopuota anglis katalizatorių paviršiaus morfologija, struktūra bei sudėtis buvo detalai iširta, naudojant peršviečiamos elektroninės mikroskopijos (TEM), Rentgeno spindulių fotoelektronų spektroskopijos (XPS), skenuojančiosios elektronų mikroskopijos (SEM), Indukuotos plazmos optinės emisijos spektroskopijos (ICP-OES) ir Raman spektroskopijos metodus.

TEM ir Raman analizės duomenys patvirtino, kad iš alksnio skiedrų gauti ir azotu dopuoti anglies milteliai turi grafeno struktūrą. Nustatyta, kad N-dopuoti anglies milteliai susideda iš 92,68 at.% anglies, 0,74 at.% azoto ir 6,59 at.% deguonies.

N-dopuotos anglies panaudojimas Au-Co ir Au-Ni nanodalelių nusodinimui kaip pagrindo atveria galimybes sukurti efektyvius katalizatorius kuro elementams.



1 pav. N-dopuotų anglies miltelių TEM nuotrauka.



2 pav. N-dopuotų anglies miltelių didelės raiškos XP C1s ir N1s spektrai.

IMPULSINIO ELEKTRINIO LAUKO POVEIKIO MIELIŲ *Saccharomyces cerevisiae* SIENELĖS KOMPONENTŲ RAIŠKAI TYRIMAS

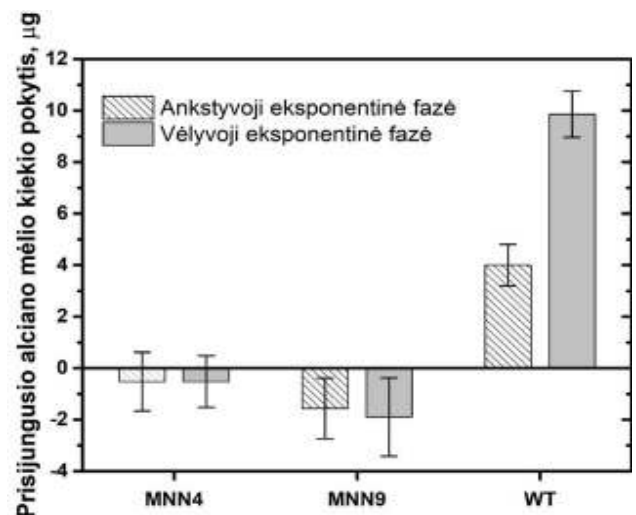
Ieva Daškevič, Povilas Šimonis, Arūnas Stirkė

Fizinių ir technologijos mokslų centras, Medžiagotyros ir elektros inžinerijos skyrius Saulėtekio al. 3, LT-10257 Vilnius, el. p.: ieva.dashkevitch@gmail.com

Mielės *Saccharomyces cerevisiae* yra eukariotiniai vienaląsčiai mikroorganizmai jau nuo seno naudojami tiek maisto, tiek alkoholinių gėrimų (vyno, alaus) gamyboje. Ne mažiau svarbų vaidmenį mielės turi heterologinių baltymų gamyboje. Impulsinis elektrinis laukas (IEL) dažnai naudojamas mielių transformacijai. Yra žinoma, kad IEL galima sukelti grįžtamąjį arba negrįžtamąjį plazminės membranos pralaidumą, tačiau ląstelinis atsakas į IEL poveikį yra menkai ištirtas. Naujaisiuose tyrimuose pranešama, kad IEL įtakoja ne tik plazminės membranos permeabilizaciją, bet ir ląstelės sienelės struktūros pokyčius [1].

Šio tyrimo tikslas – ištirti impulsinio elektrinio lauko poveikį sienelės komponentų sudėtimi besiskiriantiems izogeniniams mielių *Saccharomyces cerevisiae* kamienams, bei sienelės komponentų raiškai. IEL poveikio mielių sieniui tyrime naudotos ankstyvosios (OD=2) ir vėlyvosios (OD=7) eksponentinės augimo fazės mielių ląstelės (WT, MNN4, MNN9). Mielių ląstelės buvo veikiamos vienkartiniais mikrosekundžių trukmės ($\tau=300 \mu\text{s}$) stačiakampio formos elektrinio lauko impulsais ($E=4 \text{ kV/cm}$).

IEL poveikis mielių sienelių komponentų raiškai buvo vertintas pagal surištą alciano mėlį. Yra žinoma, jog prisijungusio dažo kiekis proporcingas manozilfosfato kiekiui sienelėje [2]. Parodyta, kad laukinio tipo mielės, neveiktos elektriniu lauku ankstyvoje ir vėlyvoje eksponentinėje augimo fazėje prisijungia panašų dažo kiekį ($3,75 \pm 1,92 \mu\text{g}$ ankstyvoje; $3,45 \pm 2,35 \mu\text{g}$ vėlyvoje). Paveikus WT ląsteles 4 kV/cm stiprio elektriniu lauku, surišto dažo kiekis eksponentinėje fazėje ženkliai padidėja. Pasiekusios ankstyvąją eksponentinę fazę po IEL poveikio ląstelės prisijungė $8,03 \pm 2,73 \mu\text{g}$ dažo, o vėlyvoje – $13,83 \pm 1,01 \mu\text{g}$. Taigi IEL paveiktos laukinio tipo ląstelių sienelėse ženkliai padidėja manozilfosfato kiekis tiek ankstyvoje (2,2 karto), tiek vėlyvoje (3,8 karto) eksponentinėje augimo fazėje, tuo tarpu MNN4 ir MNN9 ląstelėse jo kiekis išlieka nepakitęs (1 pav.).



1 pav. Prisijungto alciano mėlio kiekio skirtumas ankstyvoje bei vėlyvoje eksponentinėje fazėje tarp paveiktų ir nepaveiktų ląstelių.

Padarytos išvados, kad *MNN4* geno lemiamas ląstelės sienelės mananų fosforilimas yra susijęs su ląsteliniu atsaku į impulsinio elektrinio lauko sukeltą stresą. Praėjus 6 valandoms po ląstelių paveikimo IEL, manozilfosfato kiekis sienelėje padidėja 3,8 karto lyginant su kontrolinėmis ląstelėmis.

Literatūra

1. Ganeva V., Galutzov B., Teissie J. Evidence that Pulsed Electric Field Treatment Enhances the Cell Wall Porosity of Yeast Cells. *Appl Biochem Biotechnol.* 2014, 172:1540–1552
2. Odani T, Shimma Y, Wang XH, Jigami Y. Mannosylphosphate transfer to cell wall mannan is regulated by the transcriptional level of the *MNN4* gene in *Saccharomyces cerevisiae*. *FEBS Letters.* 1997, 420 (2-3) 186-190

Mg LYDINIO PAVIRŠIAUS MODIFIKAVIMAS TiO₂, SUFORMUOTU ATOMINIO SLUOKSNIO NUSODINIMO METODU, IR ELEKTROCHEMINIŲ SAVYBIŲ TYRIMAS HANKS'ŲO TIRPALE

Silvija Juciutė, Asta Griguzevičienė, Laurynas Staišiūnas, Konstantinas Leinartas

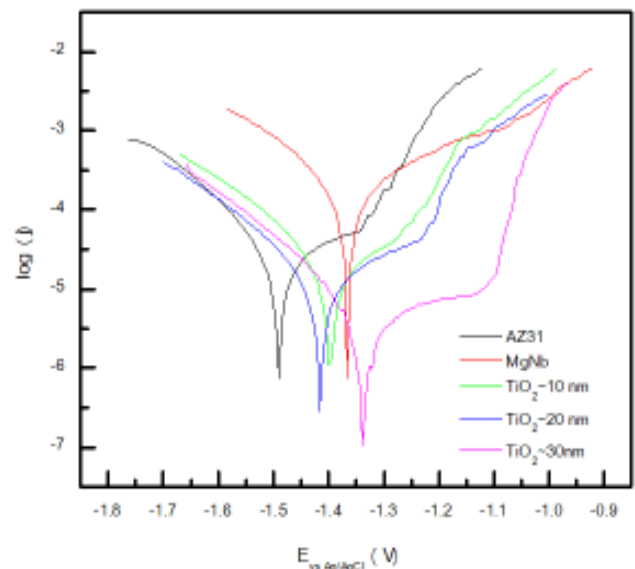
Fizinių ir technologijos mokslų centras, Elektrocheminės medžiagotyros skyrius Saulėtekio al. 3, LT-10257 Vilnius, el. p.: silvija.juciute@ftmc.lt

Viena iš perspektyvių Mg ir jo lydinių panaudojimo sričių – biodegraduojantys implantai. Mg yra netoksiškas, lengvai adsorbuojamas, natūraliai organizme esantis elementas. Jo mechaninės savybės yra artimos kietųjų žmogaus audinių mechaninėms savybėms (pvz.: magnio Jungo modulis yra ~ 45Gpa, o kaulų Jungo modulis svyruoja nuo 3 iki ~27Gpa) [1]. Tačiau Mg aktyvus metalas ir vandeninėse terpėse greitai koroduoja. Siekiant kontroliuoti Mg lydinių koroziją organizme juos bandoma legiruoti metalais, inertiškais organizmo atžvilgiu. Vienas tokių metalų yra Nb. Tradiciniais metodais Mg–Nb lydinių pagaminti neįmanoma. Jų gavimui naudojami fizikiniai nusodinimo iš dujų fazės metodai, pavyzdžiui magnetroninis dulkinimas. Implantato mechanines savybes išlaikyti nepakitusias svarbiausia yra implantavimo pradžioje. Pradinį korozinį aktyvumą galima mažinti plonomis dangomis, suformuotomis atominio sluoksnio nusodinimo (angl. Atomic layer deposition, ALD) metodu. TiO₂ yra chemiškai inertiška, biosuderinama, antibakteriniu poveikiu pasižyminti medžiaga, todėl ji galėtų būti panaudota Mg lydinių korozijos greičio kontroliavimui.

Tyrimo metu ant mechaniškai poliruoto ir nuvalyto Mg lydinio AZ31 paviršiaus magnetroninio dulkinimo metodu buvo suformuotas Mg–9Nb lydinys. Po to, pavyzdžiai ALD metodu buvo padengti skirtingo storio (10–30 nm) TiO₂ dangomis. Po maždaug 24 valandų ekspozicijos ore buvo atlikti elektrocheminiai tyrimai. Matavimams buvo naudojama trijų elektrodų celė: darbinis – AZ31 lydinys, modifikuotas skirtingomis dangomis, lyginamasis – Ag/AgCl ir pagalbinis – Pt elektrodai. Koroziniai matavimai atlikti balansiniame Hanks'o tirpale. Koroziniams dangų (elektrodų) parametrų nustatyti buvo atlikti atviros grandinės potencialo, Tafelio voltamperiniai ir poliarizacinės varžos matavimai.

1 paveiksle pateiktos išmatuotos Tafelio priklausomybės. Mg-9Nb danga padidina AZ31 lydinio korozinį potencialą, tačiau taip pat išauga

ir substrato korozinė srovė. Kaip matyti, TiO₂ ploni sluoksniai, suformuoti ALD metodu, pagerino sistemos AZ31/Mg–9Nb korozinį atsparumą. TiO₂ padidino korozijos potencialus (pvz., AZ31 lydinio ~ -1,5 V, o AZ31, padengto 30 nm TiO₂ sluoksniu, ~ -1,34 V) ir sumažino korozijos srovės tankius. Elektrodo korozijos srovės tankis mažėjo, didinant TiO₂ sluoksnio storį: 30 nm dangos storiui jis sudarė ~ 4,7 x 10⁻⁶ A cm⁻².



1 pav. Tafelio priklausomybės po 5 min imersijos Hanks'o tirpale.

Tyrimais nustatyta, kad AZ31 lydinio korozijos greitį efektyviai mažina Mg–9Nb danga su ~20 nm ir storesniais ALD metodu suformuotais TiO₂ sluoksniais.

Literatūra

1. Q.Chen and G.A.Thouas, „Metallic implant biomaterials,“ *Mater. Sci. Eng. R Reports*, vol. 87, pp. 1–57, 2015.

ELECTROCHEMICALLY ACTIVE MOLYBDENUM OXIDE COATINGS FORMED BY SOL - GEL SYNTHESIS METHOD

Agnė Minderytė¹, Skirmantė Butkutė², Monika Skruodienė², Milda Petrulevičienė²,
Irena Savickaja², Benjaminas Šebeka², Algirdas Selskis³, Jurga Juodkazytė²,
Rimantas Ramanauskas²

¹Vilnius University, Faculty of Chemistry and Geosciences,
Naugarduko st. 24, LT-03225 Vilnius. e-mail: agne.minderyte@gmail.com

²Center for Physical Sciences and Technology, Department of Electrochemical Material Science,
Saulėtekio av. 3, LT-10257 Vilnius

³Center for Physical Sciences and Technology, Department of Characterisation of Materials Structure,
Saulėtekio av. 3, LT-10257 Vilnius

Recently the demand for cheap and adequate seawater desalination systems is increasing as water for drinking, agriculture and industry is critical to human habitation on this planet. Electrochemical water desalination is one of the most promising technologies [1]. As molybdenum oxides show great properties of intercalation of small ions (Li^+ , Na^+ , K^+ , Rb^+ , Cs^+ , and H^+) they can be used in capacitive deionization systems [2]. Thus the aim of this study is to synthesize electrochemically active coatings of molybdenum oxide with large surface area.

The molybdenum oxide coatings were prepared by sol-gel dip-coating method. The effect of used solvent on the coating quality was examined. Also, variety of synthesis parameters such as gel pH, concentration of the molybdenum precursor, annealing temperature and number of layers were investigated. Synthesised coatings were thoroughly analysed employing techniques listed further: quality and layer dispersion on substrate – optical microscope, coating morphology – scanning electron microscopy (SEM), elemental compositions – X-ray energy-dispersive spectroscopy (EDS) and phase composition – X-ray diffraction (XRD) analysis. The suitability of obtained coatings to be used as electrodes for water electrolysis and desalination was investigated using cyclic voltammetry.

It was found that the annealing temperature determines which of two most common MoO_3 phases, orthorhombic α -phase or metastable monoclinic β -phase, is dominant in the final product [3]. As 350 °C temperature is critical for phase transition of MoO_3 , the obtained coatings contained both phases. XRD results showed that β - MoO_3 phase is dominant in the

samples annealed at 300 °C and α - MoO_3 phase prevails in the samples heated at 350 °C. The homogenous coating with rod-like morphology (Fig. 1) was formed from gel containing 2-methoxy-ethanol after annealing at 300 °C.

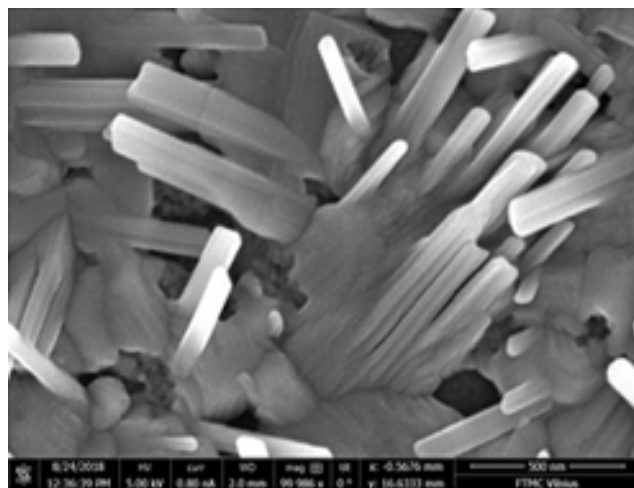


Fig. 1. SEM picture of MoO_3 coating annealed at 300 °C.

Aknowledgments:

This research was funded by the European Social Fund under the No 09.3.3-LMT-K-712 “Development of Competences of Scientists, other Researchers and Students through Practical Research Activities” measure.

Literature:

1. A. Alkai, R. Mossad, A. Sharifian-Barforoush, Energy Procedia, 110 (2017) 268-274.
2. S.-Y. Lin, C.-M. Wang, K.-S. Kao, Y.-C. Chen, C.-C. Liu, J Sol-Gel Sci Techn, 53 (2010) 51-58.
3. I.A. de Castro, R.S. Datta, J.Z. Ou, A. Castellanos-Gomez, S. Sriram, T. Daeneke, K. Kalantar-zadeh, Adv. Mater., 29 (2017) 1701619.

ACTIVE CORROSION PROTECTION OF ZINC BY CERIUM OXIDE COATINGS

Delianas Palinauskas¹, Skirmantė Butkutė², Monika Skruodienė², Jurgis Pilipavičius^{1,2},
Aldona Martušienė², Laima Gudavičiūtė², Olga Girčienė², Algirdas Selskis³,
Jurga Juodkazytė², Rimantas Ramanauskas²

¹Vilnius University, Faculty of Chemistry and Geosciences, Naugarduko st. 24, LT-03225 Vilnius
e-mail: delianas.palinauskas@stud.chgf.vu.lt

²Center for Physical Sciences and Technology, Department of Electrochemical Material Science,
Saulėtekio av. 3, LT-10257 Vilnius

³Center for Physical Sciences and Technology, Department of Characterisation of Materials Structure,
Saulėtekio av. 3, LT-10257 Vilnius

Corrosion of metallic substrates is a huge global problem. It accounts for ~3.4 % of gross domestic product loss worldwide [1]. Protective coatings are possibly the most used method for corrosion mitigation [2]. The well-known chromium conversion coatings were forbidden due to toxicity and environmental hazards that present Cr(IV) species [3].

The three-dimensional oxide coatings, formed on metal surface, acts as a diffusion barrier and thus slow down further degradation of the metal substrate. Currently application of thinner coatings is under demand, what requires new strategies to extend their life-time and to improve their efficiency. Active corrosion protection of metals suggests not only mechanical covering of the protected surface with a dense barrier coating, but also provides self-healing properties, which allow durable protection even after partial damage of it. Rare earth elements, particularly cerium-based coatings show self-healing ability and are promising alternative to chromium conversion coatings [4]. Sol-gel method enables reliable control of coating parameters like desired crystallinity, structure, thickness and morphology [5].

The aim of present study is to find appropriate sol-gel synthesis methodology and suitable conditions for cerium-based oxide coatings and investigate their anticorrosion properties. For the preparation of aqueous and methanol-based sols $\text{Ce}(\text{NO}_3)_3 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ was chosen as cerium precursor and 1,2-ethandiol as chelating agent. Zinc substrates were coated by Zip-coating technique. Samples were prepared under different conditions, such as precursor concentration in the sol, withdrawal speed, annealing temperature. The effect of these

differences on quality of cerium-based oxide coatings was studied. Scanning electron microscopy (SEM) were employed for the estimation of surface morphological features. The elemental compositions were evaluated by using X-ray energy-dispersive spectroscopy (EDS). The crystalline structures and phase purity of deposited films were identified using X-ray diffraction (XRD) analysis. Voltammetric measurements were carried out to determine the passive layer protective ability.

Aknowledgments:

This research was funded by the European Social Fund under the No 09.3.3-LMT-K-712 “Development of Competences of Scientists, other Researchers and Students through Practical Research Activities” measure.

Literature:

1. Gu B. E., Huang C. Y., Shen T. H., Lee Y. L.: *Progress in Organic Coatings*, 2018, 121, 226–235.
2. Roberge P. R., Pierre R.: *Handbook of Corrosion Engineering*, 1999, Library of Congress, 781–782.
3. Hu C., Li Y., Zhang J., Huang W.: *Coatings*, 2018, 8(5), 180.
4. Kanani M., Danaee I., Maddahy M. H.: *Materials and Corrosion*, 2014, 65(11), 1073–1079.
5. Bahuguna G., Mishra N. K., Chaudhary P., Kumar A., Singh R.: *Research Journal of Chemical Sciences*, 2016, 6(7), 65–72.

MOLEKULINIŲ SISTEMŲ LAIKINĖS SKYROS FLUORESCENCIJOS SPEKTRŲ MATEMATINĖ ANALIZĖ

Jakov Braver, Jevgenij Chmeliov, Andrius Gelžinis, Leonas Valkūnas

Fizinių ir technologijos mokslų centras, Molekulinių darinių fizikos skyrius

Saulėtekio al. 3, LT-10257 Vilnius, el. p.: jakov.braver@ff.stud.vu.lt

Laikinės skyros spektroskopija yra vienas dažniausiai naudojamų molekulinė sistemų tyrimo būdų. Tačiau eksperimentinių duomenų nagrinėjimas yra sudėtingas uždavinys, reikalaujantis tinkamų matematinių modelių pritaikymo. Analizuojant laikinės skyros fluorescencijos spektrus plačiai taikomi gesimo spektrų (GS; angl. Decay Associated Spectra—DAS) ir evoliucijos spektrų (ES; angl. Evolution Associated Spectra — EAS) modeliai [1]. Jie leidžia aprašyti sudėtingus eksperimentiškai gaunamus nuo laiko ir bangos ilgio (dažnio) priklausančius spektrus išskiriant kelis kompleksus su charakteringais spektrais ir kinetikomis. Minėti modeliai pasižymi paprastumu, kadangi jie yra bendri ir naudoja minimalų prielaidų apie sistemos struktūrą kiekį.

Šiame darbe pritaikėme GS ir ES modelius sudėtingesnėms sistemoms norėdami išsiaiškinti, ar iš gaunamų rezultatų galima daryti teisingas išvadas apie sistemos sandarą. Šiam tikslui modeliavome įvairių sistemų laikinės skyros fluorescencijos spektrus, o tada pritaikėme nagrinėjamus modelius jų aprašymui.

Taikant GS ir ES modelius, fluorescencijos spektrą stengiamasi aprašyti keliomis eksponentiškai relaksuojančiomis komponentėmis (kompleksais), su atitinkamais spektrais bei gesimo kinetikomis. GS modelis aprašo sistemą nesąveikaujančių komponentių rinkinių: po sužadavimo kiekviena komponentė fluorescuodama relaksuoja su tam tikra laiko konstanta. ES modelis aprašo sistemą kitaip — pradinių laiko momentu sužadintu laikomas tik vienas kompleksas, kuris relaksuodamas sužadina kitus perduodant jiems dalį energijos.

Pirmąją išnagrinėtą sistemą sudaro monomeras, kurio spektras yra Gauso kreivės formos ir jo maksimumo padėtis fluorescencijos metu slenkasi laike link didesnių bangos ilgių. Pritaikius sistemos aprašymui minėtus modelius, buvo pastebėta, kad, panaudojus tinkamą komponentių kiekį, jie tiksliai atkartoja pradinius duomenis, tačiau esant pakankamai plačiam spektro poslinkiui (40 nm) GS ir ES pasižymi neigiamomis vertėmis ir jų fizikinė interpretacija tampa nevienareikšmė.

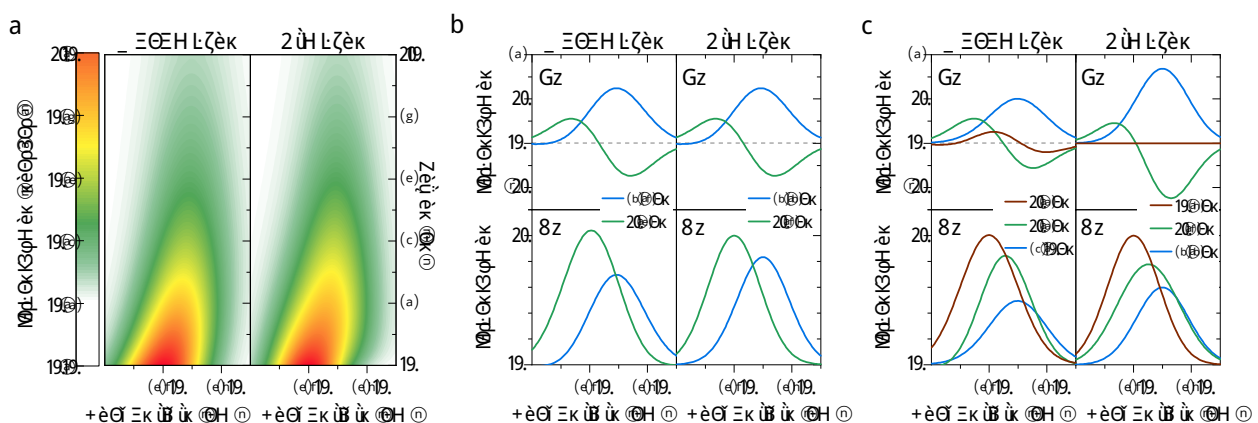
Monomero su slenkančiu spektru sistema buvo palyginta su sistema, kurią sudaro du kompleksai (dimeras). Parinkus tam tikrus sistemų parametrus, dvimačiai spektrai tampa neatskiriami (1a pav.) ir dvikomponenčiai GS bei ES modeliai taip pat duoda vizualiai panašius rezultatus (1b pav.). Tačiau trijų komponentių GS modelis leidžia atskirti monomero ir dimero fluorescencijas — pastaruoju atveju greičiausiai relaksuojanti komponentė yra beveik nulinio intensyvumo (1c pav.), o tai parodo, jog sistemą sudaro tik du kompleksai. Be to, pritaikius GS ir ES monomero aprašymui gaunamų komponentių relaksacijos laikai atitinka teoriškai numatomas vertes slenkančio spektro atveju [2].

Didesnės sistemos — kompleksų gardelės — modeliavimas parodė, kad nors ji ir gali būti aprašyta vos keliomis GS/ES komponentėmis, gesimo ir evoliucijos spektrų interpretacija neleidžia atskleisti tikrosios sistemos struktūros.

[1] J. Braver et al., *Chemical Physics Letters* 609, 184–188 (2014).

[2] I.H.M. van Stokkum et al., *Biochim. Biophys. Acta* 1657, 82–104 (2004).

H. Marciniak and S. Lochbrunner, *Chemical Physics Letters* 609, 184–188 (2014).



1 pav. Monomero su slenkančiu spektru ir dimero fluorescencijų palyginimas. (a) Sumodeliuoti dvimačiai fluorescencijų spektrai. (b) Dviejų komponentių gesimo ir evoliucijos spektrai; legendose nurodytos relaksacijos konstantos. (c) Trijų komponentių gesimo ir evoliucijos spektrai; legendose nurodytos relaksacijos konstantos.

ERDVINĖS GAUDYKLĖS POLIMERINĖSE TŪRINĖS HETEROSANDŪROS SAULĖS CELĖSE

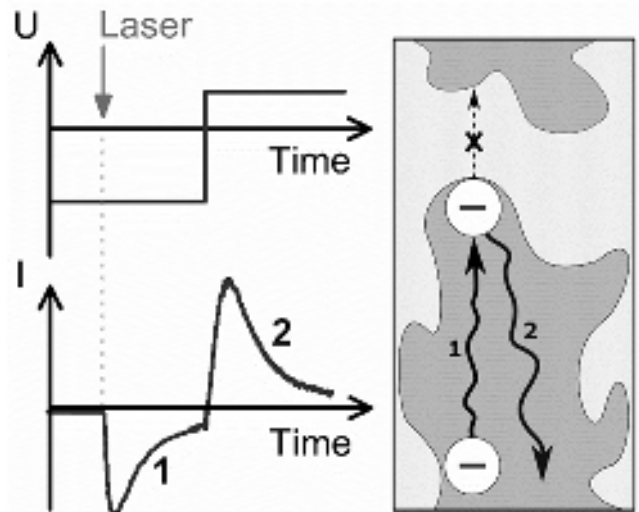
Rokas Jasiūnas¹, Armantas Melianas², Yuxin Xia², Nikolaos Felekidis²,
Vidmantas Gulbinas¹, Martijn Kemerink²

¹Fizinių ir technologijos mokslų centras, Molekuliųjų darinių fizikos skyrius
Saulėtekio al. 3, LT-10257 Vilnius, el. p.: rokas.jasiunas@ftmc.lt

²Complex Materials and Devices, Department of Physics, Chemistry and Biology (IFM),
Linköping University, 58183 Linköping, Švedija

Fotogeneruotų krūvininkų ištraukimas iš organinių tūrinės heterosandūros saulės elementų yra vienas svarbiausių procesų, nulemiančių prietaiso efektyvumą. Dėl lėto ištraukimo dalis krūvininkų akumuluojasi aktyvioje elemento terpėje, ko pasekoje išauga bimolekulinė rekombinacija, atitinkamai mažinanti trumpojo jungimo srovę bei užpildos faktorių. Teigiama, kad esant optimaliai efektyvaus tūrinės heterosandūros saulės elemento morfologijai fotogeneruoti elektronai ir skylės išvengia rekombinacijos judėdami erdviškai atskirtais elektronų akceptoriniais ir donoriniais domenais. Tačiau dėka stiprios domenų perkoliacijos susiformuoja didelis kiekis aklaviečių bei izoliuotų domenų, dėl ko nukenčia krūvininkų ištraukimo efektyvumas.

Šiame darbe buvo ištirtas krūvininkų judėjimas archetipinėse polimerinėse saulės celėse pritaikant kelių tipų eksperimentus krūvininkų dinamikai tirti bei skaitmeninį modeliavimą. Buvo nustatyta, kad aktyvus tūrinės heterosandūros elemento sluoksnis pasižymi aukšta erdvinių gaudyklių koncentracija, kurios siejamos su polimerinių grandinių galuose susiformavusiomis aklavietėmis. Šios gaudyklės riboja laisvų krūvininkų generacijos išėigą, vienam iš CT eksitoną sudarančių krūvininkų užstringant sąlyginai arti savo geminalinės poros, ko pasekoje sustiprėja geminalinė rekombinacija.



1 pav. Fotosrovės kritimas krūvininkams lokalizuojantis erdvinėse gaudyklėse (1), krūvininkai nesunkiai išlaisvinami pakeitus elektrinio lauko poliariškumą, ko pasekoje fotosrovė išauga (2).

Pademonstruota, kad morfologinės tūrinės heterosandūros problemos aktualiausias polimeriniuose saulės elementuose (polimeras – maža molekulė (PCBM) sistemoje erdvinių gaudyklių kiekis ženkliai mažesnis). Taip pat parodyta, kad erdvinių gaudyklių kiekis gali būti ženkliai sumažintas bandinį pakaitinus.

PLOKŠČIAS MAPbI₃ PEROVSKITO FOTODETEKTORIUS SUFORMUOTAS ANT PERIODINĖS PLATINOS ELEKTRODŲ MATRICOS

Rokas Gegevičius, Marius Franckevičius, Ramūnas Augulis, Vidmantas Gulbinas

Fizinių ir technologijos mokslų centras, Molekuliųjų darinių fizikos skyrius
Saulėtekio al. 3, LT-10257 Vilnius, el. p.: rokas.gegevicus@ftmc.lt

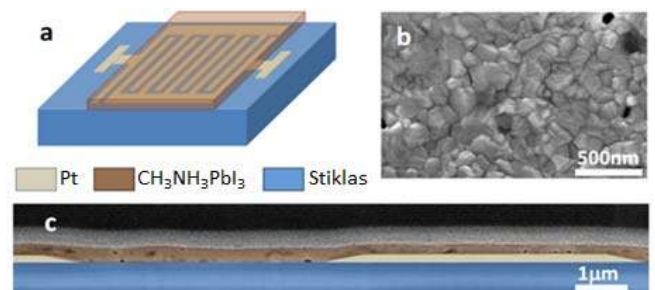
Pastaraisiais metais mokslo pasaulyje itin aktyviai tyrinėjamos medžiagos – metaloorganiniai perovskitai. Jų pritaikymas saulės energetikos srityje davė stebėtinų rezultatų. Pagaminti itin veiksmingi saulės elementai, kurių efektyvumas viršija 22%. Šių medžiagų savybės, tokios kaip draustinės juostos plotis, sugerties koeficientas, krūvininkų judris yra artimos neorganiniams puslaidininkiams, o tai skatina ieškoti kuo įvairesnio tokių medžiagų pritaikymo.

Naudojamos trys pagrindinės metaloorganinių perovskitų fotodetektorių konfigūracijos: plokščia, vertikali ir lauko fototranzistoriaus. Vertikali konfigūracija pasižymi dideliu jautriu ir greitu momentiniu atsaku, tačiau tokių fotodetektorių pagaminimui reikalingos papildomos elektronų ir skylių transportinės medžiagos. Lauko fototranzistoriaus konfigūracija pasižymi dar geresniais jautrumo parametrais, bet gamybos procedūra nepalyginamai sudėtingesnė. Plokščios konfigūracijos fotodetektoriai savo veikimo parametrais kol kas nusileidžia sudėtingesnės architektūros prietaisams. Tačiau paprasta jų gamybos technologija reikalaujanti tik dviejų simetriškų kontaktų ir fotoaktyvios medžiagos tarp jų skatina ieškoti būdų leisančių patobulinti šių prietaisų veikimo parametrus.

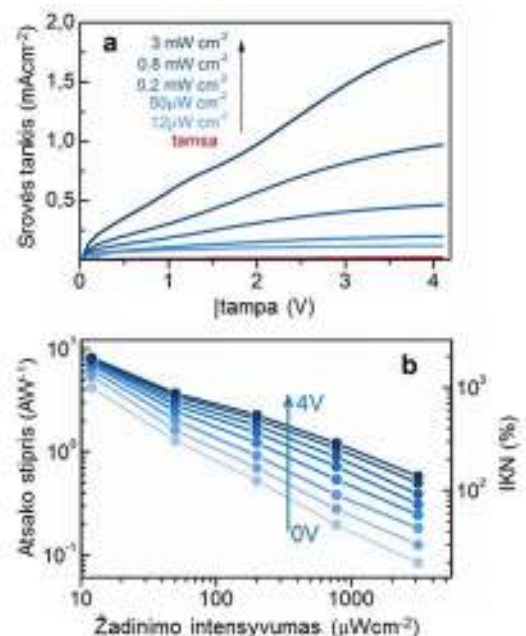
Šiame darbe pristatomas plokščios konfigūracijos MAPbI₃ fotodetektorius veikiantis regimojoje spektro dalyje, suformuotas ant komerciškai prieinamos periodiškai išdėstytų elektrodų matricos (1 pav., a). Prietaiso gamybai buvo panaudota modifikuota vieno žingsnio plėvelės liejimo technologija, kuri nereikalauja nei inertinių dujų sąlygų, nei anti - tirpiklio panaudojimo, o taip pat užtikrina homogenišką fotoaktyvios medžiagos struktūrą ant elektrodų matricos (1 pav., b, c).

Tiriant fotodetektoriaus veikimą matuotos voltamperinės charakteristikos, žadanimui naudojant 523 nm bangos ilgio šviesą emituojantį fotodiodą ir keičiant šviesos intensyvumą nuo 1 μW/cm² iki 330 μW/cm². (2 pav., a) Iš gautų rezultatų buvo įvertinti pagrindiniai fotodetektoriaus charakterizavimui naudojami parametrai: prietaiso atsako stipris – 8,1 AW⁻¹ esant 4V įtampai, išorinis kvantinis našumas – 1921 % (2 pav., b), savitoji aptikimo geba – 3,12 × 10¹² Džonsų. Taip pat ištirtas ir pagaminto fotodetektoriaus momentinis atsako laikas, kuris siekia < 1 μs.

Gauti rezultatai yra ne tik vieni geriausių lyginant su tokios pat konfigūracijos perovskitiniais fotodetektoriais, bet ir yra palyginami su daug sudėtingesnės vertikalios ar lauko fototranzistoriaus architektūros prietaisais. Tai skatina toliau ieškoti būdų plokščios konfigūracijos detektorių veikimo parametrams gerinti, nes dėl savo pagaminimo paprastumo bei žemos kainos jie gali turėti svarų pranašumą galvojant apie alternatyvių prietaisų taikymą bei komercializavimą.



1 pav. Prietaiso struktūra a) schematinis vaizdas, SEM vaizdai b) iš viršaus, c) skerspjūvis.



2 pav. Fotodetektoriaus a) srovės tankio priklausomybė nuo įtampos, b) atsako stiprio ir išorinio kvantinio našumo (IKN) priklausomybė nuo žadinančios šviesos intensyvumo.

Literatūra

- 1 F. P. G. De Arquer, A. Armin, P. Meredith, E. H. Sargent, Nat. Publ. Gr. 2017, 1.

CHIRALINIO ATSAKO NANODALELIŲ KLASTERIJE MODELIAVIMAS T-MATRICŲ IR MSM METODAIS MODELIAVIMAS

Justas Berškys, Klemensas Laurinavičius, Sergejus Orlovas

Fizinių ir technologijos mokslų centras, Fotoninių technologijų industrinė laboratorija
Saulėtekio al. 3, LT-10257 Vilnius, el. p.: justas.berskys@ftmc.lt

Metamedžiagos pasižymi savybėmis, nebūdingomis jas sudarantiems objektams. Vidinės struktūros pokyčiai leidžia kontroliuoti jų optines savybes, todėl jos įdomios optinių elementų gamybai. Vienos iš dvimačių metamedžiagų arba trimačių metamedžiagų sluoksnių formavimo technikų yra optinių dangų su plazmoninėmis dalelėmis paviršiuje arba tūryje formavimas.

Plazmoninių nanodalelių dydis bei išsidėstymo pobūdis keičia efektyvius dangos optinius parametrus – atsiranda anizotropija, pakinta spektrinės charakteristikos. Tokios plazmoninės dangos pasižymi kontroliuojamu chiraliskumu, yra jautrios pluošto topologiniam krūviui. Tokių metamedžiagų skaitmeninis modeliavimas ir charakterizavimas yra aktualus ir taikymams įdomus uždavinys [1].

Skaitmeniškai sumodeliuotos ir teoriškai charakterizuotos dangos leistų suvokti ir išmokti kontroliuoti gamybos procesus bei padėtų sukurti naujo tipo optinius filtrus, reaguojančius į skirtingo chiraliskumo, skirtingo topologiniu krūvio ir skirtingų poliarizacijos būsenų pluoštus.

Šiame darbe mes taikome du analitinius metodus, leidžiančius nagrinėti nanodalelių klasterio – metaatomo – optines savybes. Pirmas metodas yra taip vadinamas T-matricų metodas (nuo angl. „transfer“), kuomet tiesinė sklaidos (arba pernašos) matrica susieja kritusios šviesos sklaidinį elektromagnetiniais multipoliais su išsklaidytos šviesos sklaidiniu per tiesinių lygčių sistema [2]. Kuomet yra žinomos pavienių dalelių T-matricos yra įmanoma suskaičiuoti ir klasterį atvaizduojančią T-matricą. Šis metodas yra tikslus, nepriklauso nuo krentančios šviesos parametrų, tačiau lėtas ir neefektyvus skaitmeniniu požiūriu.

Kitas metodas, kurį mes taikome yra taip vadinamas MSM („multiple scattering method“ angl., arba daugybinės sklaidos metodas). Šiame metode yra būtina žinoti krentančios šviesos sklaidinį elektromagnetiniais multipoliais, o metodo taikymo metu yra sprendžiama uždara lygčių sistema, aprašanti klasterije esančių dalelių sąveiką. Šis metodas yra efektyvus skaitmeniniu požiūriu, tačiau neparankus tada, kada yra būtina atlikti skaitmeninę analizę.

Šiame darbe mes nagrinėjame trijų dalelių nanoklasterio sąveiką su dešininės ir kairinės apskritiminės poliarizacijos šviesą bei aptinkama sąlygas, kuomet toks metaatomas pasižymi skirtingu atsaku į kritusios šviesos chiraliskumą.

Literatūra

1. S. Orlov, U. Peschel, T. Bauer, P. Banzer, Phys. Rev. A 85 , 063825 (2012)
2. T. Bauer, S. Orlov, U. Peschel, P. Banzer and G. Leuchs, Nat. Phot. 8 , 23 .(2014)

SAVEIKOS TARP VEKTORINIŲ OPTINIŲ KOMPLEKSINIO ŠALTINIO PLUOŠTŲ IR NANODALELIŲ TYRIMAS

Justas Berškys, Klemensas Laurinavičius, Sergejus Orlovas

Fizinių ir technologijos mokslų centras, Fotoninių technologijų industrinė laboratorija
Saulėtekio al. 3, LT-10257 Vilnius, el. p.: klemensas.laurinavicius@ftmc.lt

Metamedžiagos yra tokios medžiagos, kurios pasižymi savybėmis, nebūdingomis jas sudarančioms objektams. Vidinės struktūros pokyčiai leidžia kontroliuoti jų optines savybes, todėl jos įdomios optinių elementų gamybai.

Vienos iš dvimačių metamedžiagų arba trimačių metamedžiagų sluoksnių formavimo technikų yra a) nanogardelių su kontroliuojama geometrine faze formavimas ir b) paviršinių klasterių iš plazmoninių dalelių sudarymas.

Nanogardelės gali būti formuojamos šviesai sąveikaujant su skaidria terpe arba litografiškai jas formuojant ant neskaidrios medžiagos paviršiaus. Plazmoninių nanodalelių dydis bei išsidėstymo pobūdis keičia efektyvius paviršiaus optinius parametrus – atsiranda anizotropija, pakinta spektrinės charakteristikos.

Tokių naujoviškų metamedžiagų skaitmeninis modeliavimas ir pritaikymas vektorinių impulsinių pluoštų formavimui yra pagrindinis šio darbo tikslas. Teoriškai numatyti ir skaitmeniniais metodais patikrinti klasterinės nanodalelių (arba struktūrinių nanogardelių) metapaviršiai leistų sukurti naujo tipo optinius elementus, transformuojančius lazerio spinduliuote į norimo intensyvumo skirstinio ir/arba poliarizacijos elektromagnetinį lauką.

Šiame darbe mes nagrinėjame trijų dalelių nanoklasterio sąveiką su azimutinės ir radialinės poliarizacijos kietai fokusuotais vektoriniais šviesos pluoštais [1, 2].

Šiame darbe mes taikome lankstų analitinį metodą, leidžiantį nagrinėti nanodalelių klasterio – metaatomo – optines savybes. Šis metodas yra taip vadinamas T-matricų metodas (nuo angl. „transfer“), kuomet tiesinė sklaidos (arba pernašos) matrica susieja kritusios šviesos sklaidinį elektromagnetiniais multipoliais su išsklaidytos šviesos sklaidiniu per tiesinių lygčių sistema [3]. Kuomet yra žinomos pavienių dalelių T-matricos yra įmanoma suskaičiuoti ir klasterį atvaizduojančią T-matricą. Šis metodas yra tikslus, nepriklauso nuo krentančios šviesos parametrų, tačiau lėtas ir neefektyvus skaitmeniniu požiūriu. Dėl šios priežasties, mes papildomai tikriname rezultatus pasitelkę Lumerical FDTD skaitmeninį paketą.

Literatūra

1. S. Orlov, U. Peschel, Phys. Rev. A 82, 063820 (2010).
2. S. Orlov and P. Banzer, Phys. Rev. A 90, 023832 (2014)
3. S. Orlov, U. Peschel, T. Bauer, P. Banzer, Phys. Rev. A 85, 063825 (2012).

AZIMUTINĖS IR RADIALINĖS POLIARIZACIJOS NEDIFRAKTUOJANTYS IMPULSINIAI PLUOŠTAI

Edvinas Gvozdiovas, Pavel Gotovski, Vitalis Vosylius, Sergejus Orlovas

Fizinių ir technologijos mokslų centras, Fotoninių technologijų industrinė laboratorija
Saulėtekio al. 3, LT-10257 Vilnius, el. p.: breimeris@gmail.com

Paraksialinės bangų lygties sprendiniai nebetinka stipriai sufokusuotiems šviesos pluoštams aprašyti dėl židinio plokštumoje atsirandančios išilginės elektromagnetinio lauko dedamosios [1]. Stipriai sufokusuotų vektorinių pluoštų analitinis aprašymas tampa įmanomas pritaikius taip vadinamą kompleksinio šaltinio pluoštelio modelį. Skaliarinio pluošto vektorizacijos procedūra leidžia tiksliai aprašyti tiesinės, apskritiminės, radialinės bei azimutalinės poliarizacijos stipriai sufokusuotus šviesos pluoštelius [2].

Impulsinių pluoštų intensyvumo skirstinio forma bei poliarizacija įtakoja lazerio pluošto parametrus sąsmaukoje: pvz. judesio kiekį, judesio kiekio momentą, jėgų gradiento dydžius ir ženklus bei sužadina norimus medžiagos įtempties tenzoriaus elementus. Šie parametrai yra svarbūs šviesos ir medžiagos sąveikai aprašyti ir yra susiję su praktiniais taikymais.

Šviesos poliarizacijos kryptis tampa svarbi tokiuose taikymuose kaip kompaktiški vektorinių pluoštų lazeriniai dalelių greitintuvai. Judesio kiekio valdymas leidžia efektyviai manipuluoti įvairiomis dalelėmis ir kitais objektais (optinis pincetas). Judesio kiekio momento kontrolė būtina optiniam manipuliatoriui sukurti. Norimų įtempties tenzoriaus komponentų sužadinimas leidžia lazeriniame mikroapdirbime kontroliuoti skilimo plokštumas.

Šiame darbe mes nagrinėjame taip vadinamus nedifraguojančius ir dispersiškai neplintančius pluoštus, žinomus dar kaip X-bangos arba fokusuotos židinio modos [3].

Mes pasinaudojame iš matematinės fizikos žinomais skaliarinių sprendinių vektorizacijos metodais [4] bei išvedama išraiškas X-bangoms, turinčioms azimutinį bei radialinį poliarizacijos skirstinį.



1 pav. Trimatis intensyvumo skirstinys azimutinės poliarizacijos X-bangos, kai spektrinis plotis yra $\Delta = 0.15$, kampas $\theta = 14$, topologinis krūvis $m = 0$.

Literatūra

1. S. Quabis, R. Dorn, M. Eberler, O. Glöckl, and G. Leuchs, *Opt. Comm.*, 179, 1 (2000).
2. S. Orlov and U. Peschel, *Phys. Rev. A* 82, 063820 (2010).
3. S. Orlov, A. Piskarskas, A. Stabinis, *Opt. Lett.*, 27 (2002) 2167-2169.
4. P. Morse, H. Feshbach, "Methods of theoretical physics", number 2 tom. in International series in pure and applied physics (McGraw-Hill, 1953).

AUKŠTO LŪŽIO RODIKLIO MEDŽIAGŲ IR JŲ MIŠINIŲ PLONŲ SLUOKSNIŲ SUFORMUOTŲ JONAPLUOŠČIO DULKINIMO TECHNOLOGIJA OPTINIŲ IR MIKROSTRUKTURINIŲ CHARAKTERISTIKŲ TYRIMAS

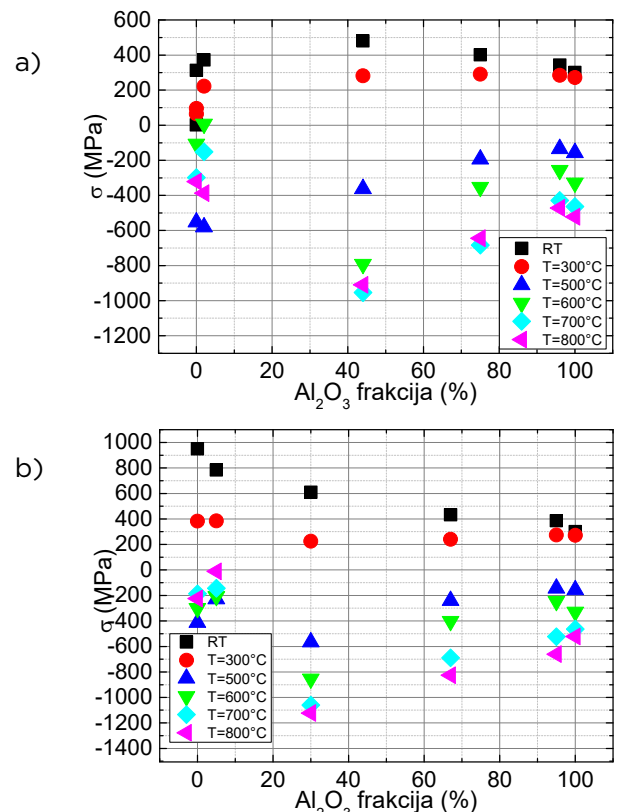
Tomas Juodagalvis, Giedrius Abromavičius, Simonas Kičas

Fizinių ir technologijos mokslų centras, Lazerinių tyrimų skyrius
Saulėtekio al. 3, LT-10257 Vilnius, el. p.: tomas.juodagalvis@ftmc.lt

Šiuolaikinėse lazerinėse sistemose naudojamos interferencinės optinės dangos - plonų dielektrinių sluoksnių sistemos, kurios yra svarbus komponentas norint valdyti šviesą [1]. Optinių dangų savybės tokios kaip paviršiaus šiurkštumas, sklaida, porėtumas, atsparumas lazerio spinduliuotei dažnai riboja komponento panaudojimo galimybes. Dangos taip pat pasižymi mechaniniais įtempiais, dėl kurių gali būti išlenkiamas optinis padėklas. Tai gali sukelti lazerio pluošto bangos fronto pokyčius, įnešti aberacijas, sukelti nepageidaujamą pluošto fokusavimą ar išfokusavimą [2]. Minėtos dangų savybės tiesiogiai priklauso nuo dangos formavimo metodo, o taip pat nuo medžiagų pasirinkimo. Naujų medžiagų deriniai ieškomi siekiant praplėsti bei modifikuoti ribotas optinių dangų savybes.

Jonapluoščio dulkinimo dengimo metodas yra plačiai naudojamas formuojant itin tikslių storių, reikalingomis optinėmis savybėmis pasižyminčius plonus sluoksnius optinių dangų taikymams, tačiau šiuo būdu suformuotus sluoksnius paprastai veikia didžiuliai gniuždymo įtempiai [3, 4]. Vienas iš šios problemos sprendimo būdų yra medžiagų maišymas dangos dengimo proceso metu.

Šiame darbe suformuoti trijų aukšto lūžio rodiklių medžiagų (Al_2O_3 , Sc_2O_5 ir HfO_2) porų mišinių sluoksniai bei ištirti jų įtempiai (1 pav.), paviršiaus šiurkštumas, lūžio rodiklio bei ekstinkcijos koeficientų dispersijos priklausomai nuo dangos mišinio komponentų tūrinės frakcijos. Taip pat įvertintas atkaitinimo poveikis bandinių savybėms plačiame temperatūriniame diapazone. Rezultatai išplečia medžiagų galimų naudoti UV spektriniame diapazone pasirinkimo galimybes ir gali būti pritaikyti daugiasluoksnių dangų su sumažintais įtempiais gamyboje.



1 pav. Suformuotų bandinių įtempių priklausomybės nuo tūrinės frakcijos bei temperatūros (a) $\text{HfO}_2/\text{Al}_2\text{O}_3$, (b) $\text{Sc}_2\text{O}_3/\text{Al}_2\text{O}_3$

Literatūra

1. N. Kaiser, Optical interference coatings (Springer-Verlag Berlin Heidelberg, 2003).
2. M. Bischoff, T. Nowitzki, O. Voß, S. Wilbrandt, O. Stenzel, Postdeposition treatment of IBS coatings for UV applications with optimized thin-film stress properties, Appl. Opt. 53(4), A212-A220 (2014).
3. P. Langston, D. Patel, B. Regan, A. Curtis, B. Luther, A. Markosyan, R. K. Route, M. M. Fejer, J. J. Rocca, C. S. Menoni, Influence of oxygen pressure variations on the optical properties of ion beam sputtered metal oxide coatings, in Frontiers in Optics 2011/Laser Science XXVII (San Jose, California United States, 2011).
4. B. Langdon, D. Patel, E. Krous, J. J. Rocca, C. Menoni, F. Tomasel, S. Kholi, P. R. McCurdy, P. Langston, A. Ogloza, Influence of process conditions on the optical properties $\text{HfO}_2/\text{SiO}_2$ thin films for high power laser coatings, Proceedings of SPIE 6720 (2007).

GERMANIO SLUOKSNIAI INFRARAUDONOSIOS SRITIES OPTINĖMS DANGOMS

Naglis Kyžas, Alexandr Belosludtsev

Fizinių ir technologijos mokslų centras, Lazerinių technologijų skyrius
Savanorių pr. 231, LT-02300 Vilnius, el. p.: naglis.kyzas@ftmc.lt

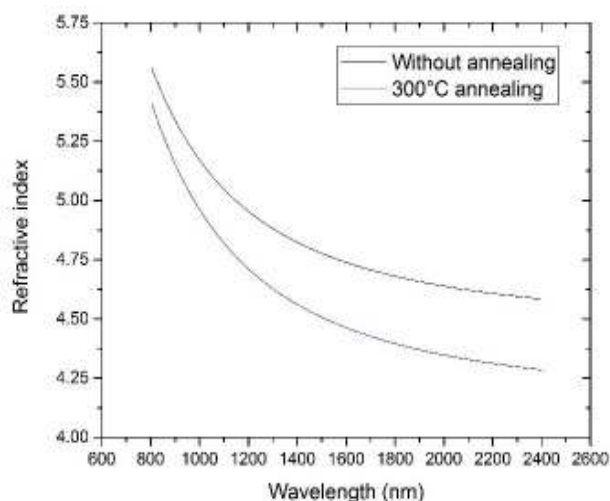
Germanis (Ge) yra viena iš svarbiausių aukšto lūžio rodiklio medžiagų naudojama infraraudonosios srities optinėms dangoms gaminti dėl savo plataus skaidrumo juostos šioje spektro dalyje. Maža to, Ge taip pat yra tinkamas naudoti kaip apsauginė elektromagnetinės interferencijos ekranavimo medžiaga. Ši medžiaga taip pat yra santykinai kieta bei didelio tankio.

Sluoksnių ruošimui buvo naudojama magnetroninio dulkinimo technologija. Ši technologija turi patikimą bei gero atsikartojamumo proceso kontrolę [1,2].

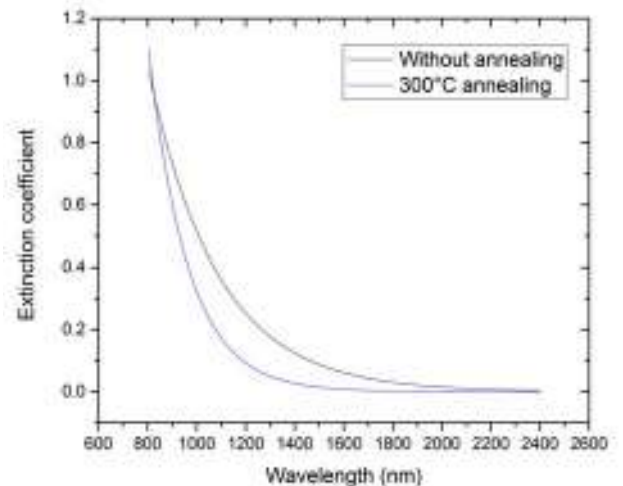
Yra žinoma, kad kai kurios medžiagų optinės savybės gali keistis po papildomo medžiagos atkaitinimo, pvz. gaunamas žemesnis sugerties koeficientas [3], ar padidėjęs lūžio rodiklis [4].

Šiame darbe tiriamas atkaitinimo poveikis germanio ploniems sluoksniams.

Ploni Ge sluoksniai buvo nusodinti kambario temperatūroje. Lūžio rodiklio (1 pav.) ir sugerties koeficiento (2 pav.) vertės buvo apskaičiuotos, naudojantis išmatuotais sluoksnių pralaidumo bei atspindžio spektrais. Taip pat buvo apskaičiuotos lūžio rodiklio bei sugerties koeficiento vertės 300 °C temperatūroje atkaitintiems sluoksniams.



1 pav. Lūžio rodiklio dispersija Ge ploniems sluoksniams prieš ir po atkaitinimo 300 °C temperatūroje.



2 pav. Sugerties koeficiento dispersija Ge ploniems sluoksniams prieš ir po atkaitinimo 300 °C temperatūroje.

Taip pat pristatomi ir palyginami keli daugiausluoksnių struktūrų optinėms dangoms modeliai, naudojant Ge sluoksnius. Ištiriama paklaidų įtaka dangos spektrinėms savybėms.

Padėka

Mokslinis tyrimas finansuojamas Europos socialinio fondo lėšomis pagal priemonę Nr. 09.3.3-LMT-K-712 „Mokslininkų, kitų tyrėjų, studentų mokslinės kompetencijos ugdymas per praktinę mokslinę veiklą“.

Literatūra

1. A. Belosludtsev, N. Kyžas, Mater. Lett., 232 (2018) 216-219.
2. A. Belosludtsev, et al., Appl. Surf. Sci. 427B (2018) 312-318.
3. Kičas, Simonas, et al., Laser-Induced Damage in Optical Materials: 2013, Vol. 8885, International Society for Optics and Photonics, 2013.
4. S. W. Xue, et al. J. Alloy Compd., 448.1-2 (2008): 21-26.

STIKLO PADENGTO PLONA VANDENS PLĖVELE PJOVIMAS DIDELIO IMPULSŲ PASIKARTOJIMO DAŽNIO LAZERINE SPINDULIUOTE

Laimis Zubauskas, Edgaras Markauskas, Paulius Gečys

Fizinių ir technologijos mokslų centras, Lazerinių tyrimų skyrius
Savanorių pr. 231, LT-02300 Vilnius, el. p.: laimis.zubauskas@gmail.com

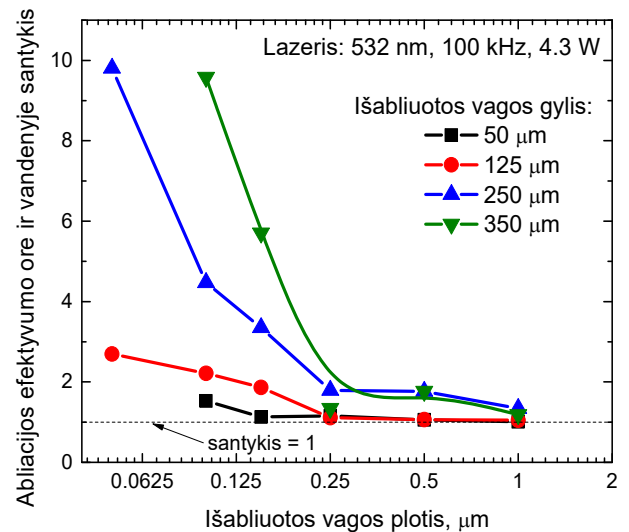
Dideliais tempais vystosi išmaniųjų įrenginių ekranų gamybos, mikro-fluidikos, mikroelektromechaninių sistemų, fotonikos sritys. Čia taikomas itin tikslus bekontaktis lazerinis skaidrių medžiagų apdirbimas ultratrumpo trukmės impulsais [1]. Kartu su rinka auga ir poreikis apdirbti skaidrias medžiagas kuo sparčiau, tačiau išsaugant aukštą apdirbimo kokybę. Šiuolaikiniai ultratrumpų impulsų trukmės lazeriai gali užtikrinti pakankamą impulsų energiją skaidrių terpių apdirbimui, esant dideliems impulsų pasikartojimo dažniams (1 MHz ir daugiau). Kita vertus, maksimalus pjovimo greitis apribojamas apdirbamos medžiagos nuolaužų pašalinimo sparta iš abliuojamo kanalo bei didėjančiais mikrotrūkais dėl šiluminės akumuliacijos medžiagoje.

Yra pademonstruota, kad plono vandens sluoksnio panaudojimas efektyviau aušina apdirbamą detalę bei efektyviau pašalina abliacijos produktus iš lazerinio pjovimo zonos. Tai lemia mažesnį mikrotrūkių generavimą bei didesnę apdirbimo spartą [2-4].

Tyrimuose buvo panaudotas pikosekundinis lazeris, generuojantis 10 ps trukmės impulsus 1 MHz dažniu. Tyrimai atlikti naudojant 1064 ir 532 nm bangos ilgių spinduliuotę. Plona, tekanti bandinio paviršiumi, vandens plėvelė buvo suformuota purškiant vandens miglą aerografu.

Ekspertimentuose buvo atlikti silikatinio stiklo pjovimo eksperimentai. Buvo išmatuoti ir palyginti stiklo abliacijos slenksčiai, abliacijos efektyvumas, pjovimo sparta ir kokybė ore bei talkinant plonai vandens plėvelei.

Tyrimai parodė, kad talkinant vandens plėvelei abliacijos efektyvumas padidėjo 12 kartų: nuo 0,027 iki 0,32 mm³/min/W. Išabliuotų vagų kraštai buvo lygesni, o dugnas – švaresnis. Buvo gautos statesnės pjūvių sienelės. Vandens panaudojimas ženkliai padidino abliacijos efektyvumą vagoms, kurių plotis yra mažesnis nei 150 μm arba gylis didesnis nei 250 μm.



1 pav. Silikatinio stiklo abliacijos efektyvumo ore ir vandenyje santykio priklausomybė nuo išabliuotos vagos pločio. Lazerinio apdirbimo parametrai: 532 nm spinduliuotės bangos ilgis, 100 kHz impulsų pasikartojimo dažnis, 4,3 W vidutinė lazerio galia.

Literatūra

1. Sun, M., U. Eppelt, C. Hartmann, W. Schulz, J. Zhu, and Z. Lin., SPIE Proc. 10339O, (2017).
2. Krstulović, N., S. Shannon, R. Stefanuik, and C. Fanara, The International Journal of Advanced Manufacturing Technology, **69**, 1765-1773 (2013).
3. Charee, W. and V. Tangwarodomnukun, Optics & Laser Technology, **100**, 230-243 (2018).
4. Yan, L., Q. Shiliang, and G. Zhongyi, Journal of Micromechanics and Microengineering, 2011. **21**, 075008 (2011).

LAZERINĖS ABLIACIJOS ĮTAKOS SILICIO PLOKŠTELĖS PRAL AidUMUI THz SRITYJE TYRIMAS

Evaldas Svirplys^{1,2}, Linas Minkevičius², Simonas Indrišiūnas¹

¹Fizinių ir technologijos mokslų centras, Lazerinių tyrimų skyrius

²Fizinių ir technologijos mokslų centras Optoelektronikos skyrius
Savanorių pr. 231, LT-02300 Vilnius, el. p.: evaldas.svirplys@ff.stud.vu.lt

THz vaizdinimas yra perspektyvi technologija. taikymams saugumo, biomedicinos srityse, pramonės gaminių kokybės kontrolei.

Šaltinių, detektorių ir optinių elementų THz dažnių spinduliuotei tobulinimas yra svarbus siekiant atpiginti šią technologiją, miniatiūrizuoti vaizdinimo sistemas. Vienas iš būdų padaryti THz optines sistemas kompaktiškesnėmis yra naudoti difrakcinius optinius elementus – zonines Frenelio plokšteles (ZFP). Šiomis plokštelėmis galima pakeisti sferinius lęšius, tokiu būdu sumažinant elemento storį dešimtis kartų. Vienas iš būdų gaminti ZFP elementus – lazerinė abliacija [1]. Apdirbimas lazeriu leidžia gaminti norimus elementus sąlyginai paprastu vieno žingsnio procesu, nenaudojant pagalbinių kaukių ar medžiagų.

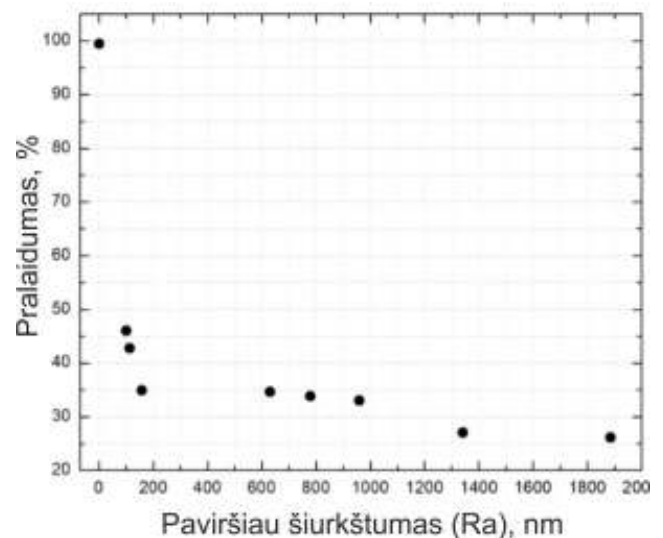
Tam, kad ZPF elementų gamyba būtų ekonomiškai efektyvi, svarbu pasiekti pakankamai trumpą gamybos trukmę. Abliuojant medžiagą pastovaus skersmens fokusuotu lazerio pluoštu, vienu impulsu, pašalinamos medžiagos tūris auga didinant impulso energiją (spinduliuotės energijos tankį) [2]. Tačiau, kinta ir abliuoto paviršiaus šiurkštumas [3].

Šiame darbe buvo tiriama kaip kinta lazeriu abliuotos plokštelės pralaidumas 0.6 THz dažnio spinduliuotei, naudojant įvairius energijos tankius.

(100) kristalinės oporientacijos, poliruotoje silicio plokštelėje buvo abliuojami 30 μm gylio ir 6 x 6 mm² ploto krateriai, naudojant įvairias energijos tankio vertes ir pastovų fokusuoto lazerio pluošto dėmių persiklojimą. Pagrindiniai apdirbimo lazeriu parametrai yra pateikti 1 lentelėje.

Lazeris	Atlantic-60 (Ekspla)
Impulso trukmė, ps	10
Bangos ilgis, nm	1064
Impulsų pasikartojimo dažnis, kHz	100
Objektyvas	160 mm
Skenavimo greitis, mm/s	1140
Lazerio pluošto dėmės skersmuo, "m	17,74 "m
Pluošto dėmių persiklojimas, %	66

Naudojant įvairias energijos tankio vertes buvo išabliuoti krateriai, kurių dugno paviršiaus šiurkštumas Ra kito nuo 100 nm iki 1900 nm.



1 pav. Silicio plokštelės pralaidumo 0.6 THz dažnio spinduliuotei priklausomybė nuo lazeriu suformuoto kraterio dugno šiurkštumo (Ra).

1 pav. parodyta išmatuota lazeriu abliuotos silicio plokštelės pralaidumo priklausomybė nuo kraterio dugno šiurkštumo. Nustatyta, kad tirtoje parametų srityje plokštelės pralaidumas, parenkant apdirbimo režimą, kinta 20 % ribose.

Literatūra

1. L. Minkevičius, S. Indrišiūnas, R. Šniaukas, B. Voisiat, V. Janonis, V. Tamošiūnas, I. Kašalynas, G. Račiukaitis and G. Valušis, Opt. Lett. 42, 1875-1878 (2017).
2. G. Raciukaitis, M. Brikas, P. Gečys, B. Voisiat and M. Gedvilas, J. Laser Micro/Nanoeng. 4, 186-191 (2009).
3. M. Domke, P. Giovanni, Z. Johann and S. Sandra, J. Laser Micro/Nanoeng. 11,100-103 (2016).

LŪŽIO RODIKLIO MODIFIKACIJŲ FORMAVIMAS GYLIAI LYDYTO KVARCO TŪRYJE IR JŲ CHARAKTERIZAVIMAS

Jonas Karosas, Valdemar Stankevič

Fizinių ir technologijos mokslų centras, lazerinių technologijų skyrius
Savanorių pr. 231, LT-02300 Vilnius, el. p.: valdemar.stankevic@ftmc.lt

Pasinaudojant femtosekundiniais lazerio impulsais lydyto kvarco tūryje galima suformuoti lūžio rodiklio modifikacijas, kurias galima pritaikyti fazinių difrakcinių elementų gamyboje. Norint įgyvendinti šias galimybes, iš pradžių reikia išmatuoti kokį lūžio rodiklio pokytį įmanoma įrašyti lydyto kvarco gylyje. Tam tikslui reikia suformuoti tūrinės fazinės gardelės, pro kurias praėjęs lazerio spindulys difraguotų Brego kampu. Matuojant difrakcijos efektyvumą, išskaičiuojamas lūžio rodiklio pokytis, kuris priklauso nuo daugelio parametrų: lazerio impulso energijos, lazerio pluošto fokusavimo gylio ir nuo impulsų persiklojimo.

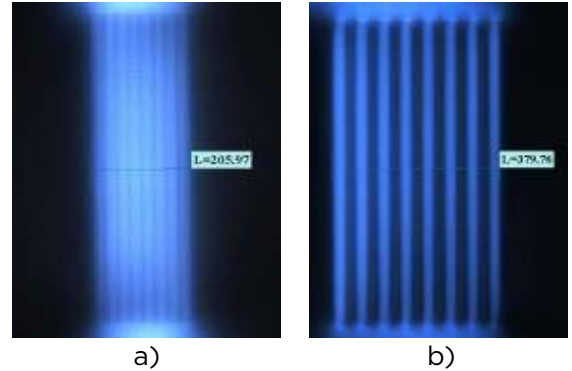
Norint pasiekti gerą difrakcijos efektyvumą reikia atsižvelgti ne tik į tai, kokia naudojama impulso energija ir fokusavimo gylis, tačiau didelę dalį tyrimo sudaro fazinės gardelės parametrų parinkimas. Kadangi ji sudaroma iš daug atsikartojančių linijų, tai svarbu parinkti tinkamą atstumą tarp šių linijų, dy . Storio dimensija fazinei gardelei užduodama ją atkartojant vertikalia kryptimi, pakeliant per mažą dydį (dz), kad modifikacijos galėtų persikloti, tokiu būtu keičiamas sluoksnių skaičius. 1 lentelėje pateikti lazerinio apdirbimo parametrai, panaudoti lūžio rodiklio modifikacijų formavimui.

1 lentelė. Lazerinio apdirbimo parametrai.

Fokusavimo gylis, mm	Impulso energija, nJ	dz , μm
3,6 - 4,0	280 - 350	25
		30
		35
		40
		45
		50
dy , μm	Sluoksnių skaičius	Apdirbimo greitis, mm/s
3	2-20	5

Vizualus fazinių gardelių vaizdas iš šono, stebėtas su mikroskopu, pateiktas 1 pav.

Efektyvumo matavimas vyksta prie charakterizavimo stendo, kuriame naudojamas 633 nm bangos ilgio lazeris, kurio galia siekia 2,25 mW. Spindulys paleidžiamas pro bandinį pasuktą Brego kampu ir tokiu būdu matuojama galia pirmame difrakcijos maksimume. Toliau efektyvumo skaičiavimui naudojamos formulės iš literatūros šaltinių [1]:



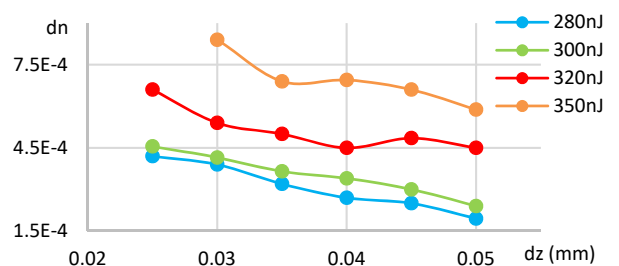
1 pav. Tūrinė fazinė gardelės vaizdas iš šono. Įrašymo parametrai: 280 nJ impulso energija; 3,8 mm gylis. Formuojami 8 sluoksniai su atstumu tarp sluoksnių z kryptimi: a) 25 μm b) 50 μm .

$$\frac{m\lambda}{n} = 2d\sin(\theta_B) \quad (1)$$

$$\eta = \sin^2 \left[\frac{\pi\Delta n t}{\lambda \cos(\theta_B)} \right] \quad (2)$$

kur Δn - lūžio rodiklio pokytis, θ_B - Brego kampas, t - struktūros storis (išmatuotas pagal 1 pav.)

Pasinaudodami Brego difrakcijos dėsniumi (1) išskaičiuojame Brego kampą ir jį įstatome į (2) formulę, kad galėtume rasti lūžio rodiklio vertę. Gauti rezultatai pateikti 2 pav.



2 pav. Δn kitimas didėjant atstumui tarp sluoksnių z kryptimi su skirtingomis impulsų energijomis. Fokusavimo gylis 4 mm. Charakterizavimo stende naudotos fazinės plokštelės optinės ašies kampas - 0 laipsnių (horizontali tiesinė poliarizacija).

Literatūra

1. Mindaugas Mikutis, Tadas Kudrius, Gintas Šlekys, Domas Paipulas, and Saulius Juodkazis "High 90% efficiency Bragg gratings formed in fused silica by femtosecond Gauss-Bessel laser beams," Optical Society of America (2013).

NAŠI STIKLO PJOVIMO TECHNOLOGIJA NANOSEKUNDINIŲ LAZERIU

Eimantas Daknys, Juozas Dudutis, Paulius Gečys

Fizinių ir technologijos mokslų centras, Lazerinių technologijų skyrius
Savanorių pr. 231, LT-02300 Vilnius, el. p.: eimantas.daknys@ff.stud.vu.lt

Stiklas - plačiai naudojama medžiaga įvairiose srityse, todėl labai svarbu vystyti našias technologijas, kurios leistų apdirbti geru kokybes bei greičio santykiu. Dėl šios priežasties stiklo apdirbimui dažnai naudojami nanosekundiniai lazeriai.

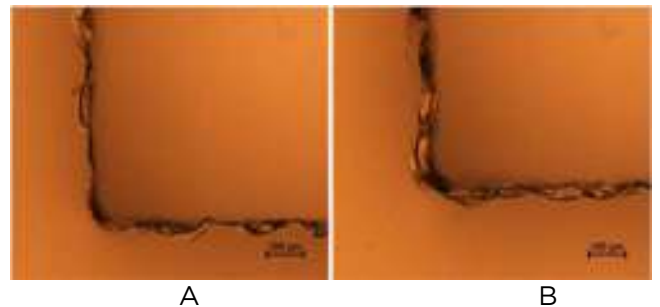
Naudojant nanosekundinio lazerio impulsus, kurie skaidrioje terpėje yra sugeriami dėl griūtinės jonizacijos, įmanoma lokalizuoti terminio poveikio zoną bei kontroliuoti susidarantį mikrotrūkimus medžiagoje. Parinkus tinkamus lazerinius parametrus, didžioji medžiagos dalis pašalinama nuolaužų forma, kurių išilginiai matmenys siekia nuo kelių dešimčių iki šimtų mikrometrų. Tai leidžia greičiau ir pigiau apdirbti stiklą, nes yra sunaudojama mažiau energijos visos medžiagos lydymui ir išgarinimui.

Apdirbant bandinį iš viršutinės pusės yra susiduriama su keletu sunkumų. Visų pirma, lazerinė spinduliuotė gali būti blokuojama dėl sąveikos su išabliuota medžiaga ir susidaranti plazma. Taip pat spinduliuotė yra sklaidoma nuo pjūvio sienelių, dėl kurių apdirbant stiklą gali susidaryti „V“ formos krateriai. Visa tai sumažina proceso našumą, kokybę ir lemia didėjantį pjūvio sienelių polinkį. Dėl to skaidrios terpės yra apdirbamos iš apatinės bandinio pusės [1-3]. Tuomet pašalinama medžiaga nesąveikauja su lazerio spinduliuote ir apdirbimo metu gali būti palaikomas vienodas impulsų energijos tankis, tenkantis apdirbamam paviršiui.

Taip pat nanosekundinis lazeris gali būti panaudotas ne tik stiklo pjovimui, bet ir frezavimui. Frezuojama medžiaga gali būti apdirbama statmenai paviršiui arba su polinkiu į tūrį. Tokiam apdirbimui reikia daugiau laiko bei energijos, lyginant su įprastu stiklo pjovimu, naudojant nanosekundinį lazerį. Tačiau frezuojant atsiranda galimybė stiklo tūryje suformuoti įvairių formų figūras.

Eksperimentų metu buvo naudojamas diodais kaupinamas nanosekundinis kietojo kūno lazeris (532 nm, Ekspla). Lazerio pluošto padėtis XY plokštumoje buvo valdoma galvanometriniiais skeneriais (ScanLab). Pluošto fokusavimui buvo naudojamas elecentrinis

f-theta objektyvas, kurio židinio nuotolis buvo 80 mm. Apdirbamo stiklo plokštelės buvo pozicionuojamos ant staliuko, kurio padėtis Z ašyje buvo keičiama naudojant žingsninį variklį.



1 pav. BK7 3 mm storio stiklo paviršius, kai iš jo buvo išpjautas kvadratas, naudojant nanosekundinį lazerį. A - bandinio apatinis paviršius, B - bandinio viršus. Mastelis 100 μ m.

Apdirbant stiklą lazerio pluoštas buvo fokusuojamas ties bandinio apatiniu paviršiumi. Pjovimo metu lazerio pluošto sąsmaukos padėtis bandinio tūryje buvo keičiama nuostoviu greičiu, kuris leido medžiagą apdirbti tolygiai. Eksperimentų metu buvo apdirbamas įprastinis silikatinis stiklas, borosilikatinis stiklas, lydytas kvarcas, kurio storis siekė iki 5 mm. Išpjautos kvadrato formos kiaurymės optinio mikroskopo nuotraukos pateiktos 1 pav.

Siekiant optimizuoti pjovimo procesą, buvo keičiama lazerio galia, impulsų pasikartojimo dažnis, lazerio pluošto skenavimo bei žingsninio variklio greitis ir formuojamo kanalo plotis. Suformuoti pjūviai buvo charakterizuoti naudojant optinį ir skenuojantį elektronų mikroskopą.

Literatūra

1. D. Ashkenasi, T. Kaszemeikat, N. Mueller, A. Lemke, and H. J. Eichler: Proc. Laser Applications in Microelectronic and Optoelectronic Manufacturing (LAMOM) XVII, San Francisco, p.82430M (2012).
2. P. Gečys, J. Dudutis, G. Račiukaitis, J. Laser Micro/Nanoengineering. 10, 254-258 (2015).
3. Z. K. Wang, W. L. Seow, X. C. Wang, and H. Y. Zheng, J. Laser Appl. 27, S28004 (2015).