



 | 2015

FIZINIŲ IR TECHNOLOGIJOS MOKSLŲ CENTRO

**DOKTORANTŲ IR
JAUNŲJŲ MOKSLININKŲ
KONFERENCIJA**

spalio 22-23 d.



Spalio 22 d. FTMC Puslaidininkių fizikos institute, A. Goštauto g. 11, salėje

9:00	Ižanginis žodis - Kristina Plauškaitė-Šukienė, doktorantūros skyriaus vadovė
9:15	Martynas Šapurov. Aktyviųjų tinklo harmonikų kompensavimo priemonės.
9:30	Marijonas Tutkus. Priišto fluoroforo judėjimas evanescenciniame lauke kartu su FRET leidžia atskleisti Ecl18kl restriktazės indukuoto paralelios ir ne paralelios DNR kilpos formavimo dinamiką pavienių molekulių lygyje.
9:45	Andrius Sakavičius. Vienatomio CVD grafeno apdirbimas.
10:00	Domas Jokubauskis. Optinių ryšio technologijų panaudojimas laiko ir dažnio etaloninių verčių perdavimui.

10:15 Kavos pertrauka

10:45	Vytenis Pranculis. Skylių transportavimo medžiagų įtakos krūvininkų migracijai $\text{CH}_3\text{NH}_3\text{PbBr}_3$ perovskitiniuose saulės elementuose tyrimas ultrasparčiosios spektroskopijos metodais.
11:00	Andrius Rimkus. Epitaksinių InAs kvantinių žiedų fotoluminescencijos tyrimas.
11:15	Paulius Cicėnas. Terahercinė spinduliuotė iš InAs paviršiaus dėl šoninių laike kintančių fotosrovių.
11:30	Vytautas Jakštas. Supergardelės įtaka AlGaIn/GaN heterostruktūrų elektroninėms savybėms.
11:45	Andrius Paulauskas. Dujų jutikliai: gyvsidabrio garų detekcija paviršiniaus plazmonais bei anglies izotopų (^{12}C ir ^{13}C) santykio detekcija IR sugerties spektroskopija.

12:00 Pietų pertrauka

13:00	Valius Čyras. Cheminis Ni-P dangos nusodinimas ir NiSi fazės formavimas.
13:15	Romualdas Striela. 6,6"-Simetriškai funkcionalizuotų terpiridino darinių sintezė.
13:30	Marija Špandireva. Savitvarkio monosluoksnių su tiolio, fenilalanino ir amido fukcinėmis grupėmis formavimosi charakterizavimas virpesinės spektroskopijos metodais.
13:45	Teofilus Kilmonis. Borhidrido oksidacijos ant nanostruktūrizuotų Pt(W)/GR katalizatorių tyrimas.
14:00	Irena Balčiūnaitė. Retųjų granatų cheminė sudėtis, jų spalvos ir gemologiniai ypatumai.

14:15 Kavos pertrauka

14:45	Tadas Matijošius. Nanostruktūrizuotų titano dangų trinties ir biosuderinamumo tyrimai panaudojant periodonto raiščio stromos ląsteles.
15:00	Jelena Kovger. Įvandenilimo įtaka TiO_2 nanovamzdelinių plėvelių elektrocheminiam modifikavimui.
15:15	Julija Grigorjevaite. Trivalenčiu europiu legiruoto $\text{K}_2\text{Bi}(\text{PO}_4)(\text{MoO}_4)$ sintezė ir optinių savybių tyrimas.
15:30	Konstantin Rubekin. Specifinis ABS plastiko chloratinio išsinimo požymis.
15:45	Edvardas Bielskis. Elektros tinklo mikroinverterio naudingumo faktoriaus tyrimas.

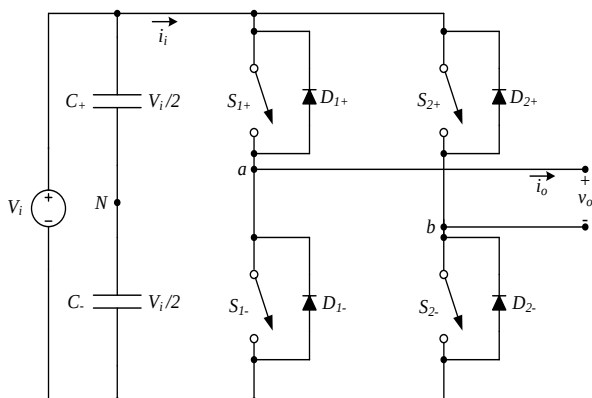
Aktyviųjų tinklo harmonikų kompensavimo priemonės

Martynas Šapurov^{1,2}, Edvardas Bielskis^{1,3}, Andrius Platakis², Vytautas Bleizgys^{1,2}

1. Fizinių ir technologijos mokslų centras, Medžiagotyros ir Elektros inžinerijos skyrius
A. Goštauto 11, LT-01108 Vilnius, el. p.: martynas.sapurov@vgtu.lt
2. Vilniaus Gedimino technikos universitetas, Elektronikos fakultetas, Naugarduko 41, LT-03227, Vilnius
3. Šiaulių Universitetas, Technologijos ir gamtos mokslų fakultetas, Vilniaus 141, LT-76353, Šiauliai

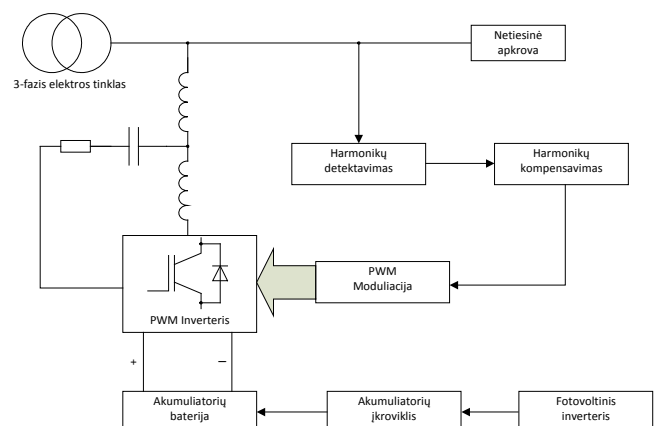
Tyrimo tikslas - sukurti ir ištirti aktyvųjų filtrų elektros tinklo harmonikų kompensavimui. Elektros tinklo iškraipymai yra aktualūs tiek buityje tiek ir pramonėje. Gamyklose tinklą iškraipo variklių dažnio keitikliai, taškinio suvirinimo įranga, iškrovos lempų šviestuvai ir daugelis kitų prietaisų. Aukštesniųjų dažniu trikdžiai įtakoja laidų šilimą, jėgos transformatorių resursų sutrumpėjimą, jautresni trikdžiams prietaisai gali netinkamai funkcionuoti.

Elektros tinklo koregavimui yra taikomi aktyvieji filtrai veikiantys įtampos šaltinių keitiklių pagrindu. Nors keitikliai turi tiekti sinuso formos įtampą, jie savo išėjimo pakopoje turi galios tranzistorius, veikiančius rakto režimu, nes tik tokiu atveju galima pasiekti priimtinių galios nuostolių keitiklio raktuose. Dėl šios priežasties keitiklių išėjimo įtampa yra impulsinė su impulso pločio moduliacija. Gautoje impulsinėje išėjimo įtampoje nufiltravus aukštesniąsias harmonikas, gaunama sinuso formos įtampa. Tam tikslui turi būti naudojami išėjimo filtrai, dažniausiai taikomos LCL grandinės. (Vienfazis įtampos šaltinio keitiklis pateikiamas 1 pav.)



1 pav. Vienfazis įtampos šaltinio keitiklis.

Aktyvieji filtrai tiekia energiją iš nuolatinės srovės šaltinio (akumuliatorių arba kondensatorių masyvo). Šis masyvas yra kraunamas iš kompensuojamojo tinklo. Todėl yra vartojama papildoma elektros energija ir iškraipomas tinklas. Šiame darbe siūlomas sprendimas, kuomet srovės šaltinis yra kraunamas fotovoltine energija. Šiuo atveju maitinimo šaltinis jungiamas su tinklu tik per keitiklį. Aktyviųjų tinklo harmonikų kompensavimo sistemos maitinamos fotovoltine energija struktūrinė schema pateikiama 2 pav.



2 pav. Aktyviųjų tinklo harmonikų kompensavimo sistema.

Literatūra

1. Bleizgys, V.; Platakis, A., 2010. Valdymo grandinių įtakos IGBT tranzistoriaus dinaminiams parametrams tyrimas, Mokslas - Lietuvos ateitis: Elektronika ir elektrotechnika **2**(1): 59-62. ISSN: 2029-2341.
2. Platakis, A.; Bleizgys, V.; Lipinskis, T., 2011a. Išėjimo filtro tyrimas vienfazio inverterio sinusinei įtampai formuoti, Mokslas - Lietuvos ateitis: Elektronika ir elektrotechnika **3**(1): 68-72. ISSN: 2029-2341.

1. M.Bochtler, R.H. Szczepanowski, G. Tamulaitis, S. Grazulis, H. Czapinska, E. Manakova, V.Siksny. *Embo Journal* (2006).
2. D.Rutkauskas, M. Petkelyte, P. Naujalis, G. Sasnauskas, G. Tamulaitis, M. Zaremba, V. Siksny. *Journal Physical Chemistry B* (2014).
3. S.Kalinin, T. Peulen, S Sindbert, P. J. Rothwell, S. Berger, T. Restle, R. Goody, H. Gohlke, C. A. Seidel. *Nature methods* (2012).
4. I.Rasnik, S. A. McKinney, T. Ha. *Nature Methods* (2006).
5. S.J. Holden, ir kiti. *Biophysical Journal* (2010).

Vienatomio CVD grafeno apdirbimas

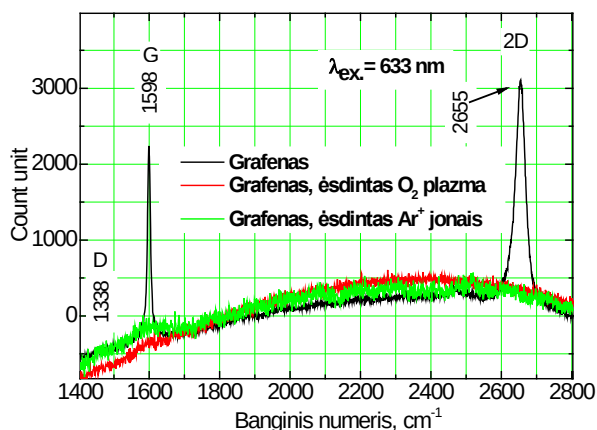
Andrius Sakavičius, Virginijus Bukauskas, Viktorija Nargelienė, Javgenij Višniakov, Arūnas Šetkus

Fizinių ir technologijos mokslų centras, Fizikinių technologijų skyrius
A. Goštauto 11, LT-01108 Vilnius, el. p.: andrius.sakavicius@ftmc.lt

Grafenas [1], vienatomis anglies atomų sluoksnis, dažniausiai taikomas kuriant elektroninių struktūrų pasluoksnius, skaidrius kontaktus. Pramoniniu būdu labiausiai paplitęs grafeno auginimas – CVD metodika[2], kuri leidžia gauti pakankamai didelio ploto 2D sluoksnius. Didžiausias iššūkis yra užauginto grafeno sluoksnio apdirbimas ir formavimas pageidaujamoms elektroninėms struktūroms.

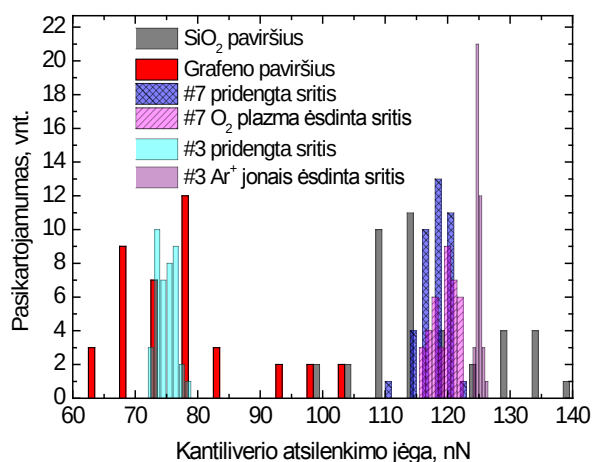
Šio darbo tikslas yra nustatyti optimaliausias vienatomio CVD grafeno sluoksnio, užnešto ant SiO_2/Si padėklo, apdirbimo sąlygas.

Grafeno apdirbimo metu naudotas ėsdinimas deguonies plazma[3], argono jonais. Nuėsdintos ir pridengtos sritys tirtos AFM mikroskopija bei Raman spektroskopija[4].



1 pav. Raman spektroskopijos matavimai. Rezultatai, gauti žadinant bandinį 633 nm bangos ilgio spinduliuote. Juoda kreivė žymi atraminio grafeno spektrą, raudona – grafeno, ėsdinto O_2 plazma, žalia – Ar^+ jonais.

Raman spektroskopijos rezultatai (1 pav.) rodo, jog po ėsdinimo ir Ar^+ jonais ir O_2 plazma, nepridengta sritis yra paveikiama, neišryškėja grafenui būdingi D, G ir 2D pikai.



2 pav. Histograma. Rezultatai gauti analizuojant jėgos kreives, išmatuotas AFM mikroskopija. Atraminio SiO_2 (pilka) ir atraminio grafeno (raudona) sutampa su Ar^+ jonais ėsdintos ir neėsdinta sritimi. O_2 plazma ėsdinta ir neėsdinta sritis neatsiskiria.

Jėgos kreivių analizė, atlikta AFM mikroskopija (2 pav. histogramoje pateiktos atsilenkimo jėgos verčių dažnumas), leidžia teigti, jog grafeno ėsdinimas Ar^+ jonais vyksta efektyviai, kadangi neėsdinta sritis sutampa su atraminio grafeno rezultatais, ėsdinta – su atraminio SiO_2 rezultatais. Tuo tarpu grafeno, ėsdinto O_2 plazma ir pridengtos srities rezultatai persikloja. Taip greičiausiai vyksta dėl to, jog ėsdinimo metu O_2 plazma prasiskverbia po pridengimu ir chemiškai paveikia grafeno paviršių, vėliau jį suardo, tačiau visiškai nepašalina.

Literatūra

1. K.S. Novoselov, A.K.Geim et al. Science **306**, 666 2004.
2. Li et al., **324**, (5932) 1312-1314, 2009.
3. K.I. Bolotin et al. **146**, 351-355 2008.
4. A.C. Ferrari et al., **97**, 187401 2006.

Optinių ryšio technologijų panaudojimas laiko ir dažnio etaloninių verčių perdavimui

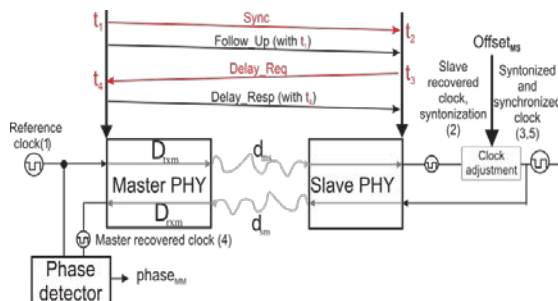
Domas Jokubauskis, dr. Rimantas Miškinis

Fizinių ir technologijos mokslų centras, Metrologijos skyrius
A. Goštauto 11, LT-01108 Vilnius, el. p.: domas.jokubauskis@ftmc.lt

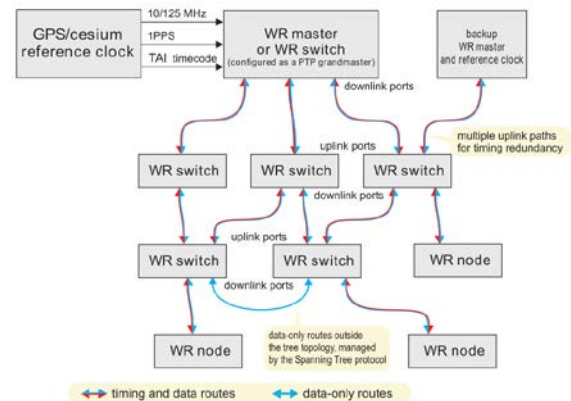
Tikslaus laiko skleidimas ir laikrodžių sinchronizavimas tapo būtinomis technologijomis. Be tikslaus laiko ir dažnio perdavimo neveiktų palydovinės navigacijos sistemos (GNSS), kompiuteriniai duomenų tinklai, labai ilgos bazinės linijos interferometrija (VLBI), nebūtų galima pasaulinė laiko skalės (TAI).

Dažniausiai laikrodžių sinchronizavimas yra įgyvendinamas naudojant GNSS palydovų skleidžiamą signalus, leidžiančius pasiekti geresnę nei 1 ns laiko perdavimo neapibrėžtį. Siekiant išvengti oru perduodamų signalų pažeidžiamumo (trukdžiai gali užgožti tikrąjį signalą) yra siekiama pereiti prie laiko ir dažnio perdavimo šviesolaidžiais. Tokios sistemos veikia patikimiau, nes yra apsaugotos nuo išorinių trukdžių ir aplinkos sąlygų. Naudojant šviesolaidžius yra pasiekiamas dažnio perdavimas tarp 1840 km nutolusių taškų $4 \cdot 10^{-19}$ santykinio stabilumu.

Viena iš perspektyviausių laiko ir dažnio perdavimo technologijų yra White Rabbit, kuri veikia kompiuterinio tinklo eterneeto pagrindu ir leidžia perduoti tiek duomenis, tiek tikslų laiką vietiniame tinkle. Naudojantis šia technologija prietaisus galima sinchronizuoti 50 ps tikslumu.



1 pav. White Rabbit laiko perdavimo schema tarp dviejų taškų.



2 pav. Pavyzdinė White Rabbit laiko perdavimo kompiuterinio tinklo schema.

Literatūra

1. P.O. Hedekvist, S.C. Ebenhag, *Recent Progress in Optical Fiber Research* (Intech, 2012).
2. J. Serrano, M. Lipinski, White Rabbit Status and Prospects (14th ICALEPCS, 2013).
3. F. Stefani, O. Lopez, A. Bercy, J. Opt. Soc. Am. B, 32, (2015).

Skylių transportavimo medžiagų įtakos krūvininkų migracijai CH₃NH₃PbBr₃ perovskitiniuose saulės elementuose tyrimas ultrasparčiosios spektroskopijos metodais

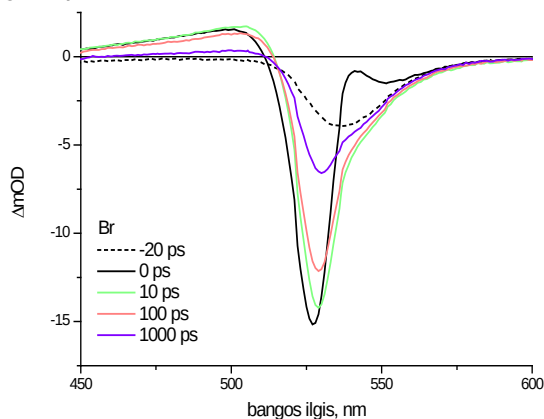
Vytenis Pranculis^{1,2}, Arun Aby Paraecattil², Marius Franckevičius^{1,2},
Vidmantas Gulbinas¹, Jacques-Edouard Moser²

¹Fizinių ir technologijos mokslų centras, Molekulinių darinių fizikos skyrius, A. Goštauto g. 11, LT-01108 Vilnius

²Ecole polytechnique fédérale de Lausanne Institute of chemical sciences & engineering,
EPFL SB ISIC GR-MO Station 6, CH-1015 Lausanne, Switzerland
vytenis.pranculis@ftmc.lt

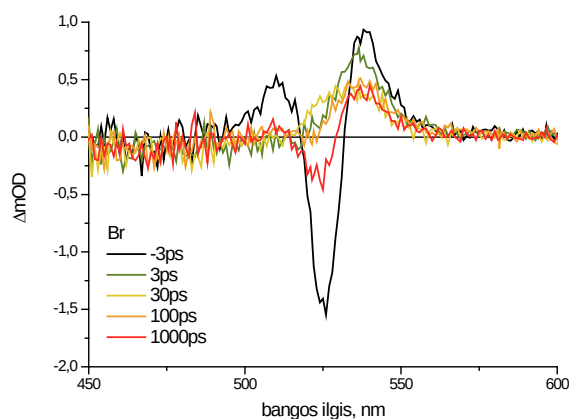
Organiniai tūrinės heterosandūros saulės elementai pastarąjį dešimtmetį sėkmingai vystomi pasiekę >10% energijos keitimo našumą [1, 2]. Toks našumas įgalina sėkmingą jų komercializavimą, atsižvelgiant į paprastą gamybos technologiją bei naudojamas pigias medžiagas. Tačiau 2013 metais fotovoltaiikos srities specialistų dėmesį patraukė nauja medžiagų klasė – perovskitai. Nors tai yra neorganiniai junginiai, jų pagrindu gaminami saulės elementai išnaudoja visus organinių junginių privalumus. Per paskutinį dešimtmetį gerai išvystyta organinių dažų saulės elementų gamybos technologija leido perovskitiniams analogams pasiekti 20% našumą vos per kelis metus [3].

Deja, procesų, vykstančių perovskitiniuose saulės elementuose, teorinė analizė gerokai atsilieka nuo technologinio progreso – itin spartus našumo augimas palieka ir daug neatsakytų klausimų. Vienas iš jų – skylių transportavimo medžiagos įtaka krūvininkų generacijai ir migracijai tokiuose saulės elementuose.



1 pav. CH₃NH₃PbBr₃ žadinimo-zondavimo spektrai prie skirtingų zondavimo vėlinimų. Žadinimo bangos ilgis – 388 nm, impulso energija -500 nJ.

Šiame darbe pristatomi hibridinių prietaisų su skirtingomis skylių transporto medžiagomis bei gryną CH₃NH₃PbBr₃ perovskito ir skylių transportinių medžiagų ultrasparčiosios žadinimo-zondavimo ir Štarko efekto spektroskopiniai matavimai bei iš šių matavimų išplaukiančių rezultatų analizė.



2 pav. CH₃NH₃PbBr₃ Štarko efekto spektrai prie skirtingų zondavimo vėlinimų. Žadinimo bangos ilgis – 388 nm, impulso energija -200 nJ, elektrinio lauko stipris – 4·10⁷ V/m.

Literatūra

1. J. You, L. Dou, K. Yoshimura, T. Kato, K. Ohya, T. Moriarty, K. Emery, C. Chen, J. Gao, G. Li and Y. Yang, *Nature Comm.* **4**, 1446 (2012).
2. J. You, C. Chen, Z. Hong, K. Yoshimura, K. Ohya, R. Xu, S. Ye, J. Gao, G. Li and Y. Yang, *Adv. Mater.* **25** (19), 3973-3978 (2013).
3. NREL Research Cell Efficiency Records, Rev. 03-19-2015
http://www.nrel.gov/ncpv/images/efficiency_chart.jpg

Epitaksinių InAs kvantinių žiedų temperatūrinis fotoluminescencijos tyrimas

Andrius Rimkus¹, Evelina Pozingytė¹, Ramūnas Nedzinskas¹,
Bronislovas Čechavičius¹, Julius Kavaliauskas¹, Gintaras Valušis¹

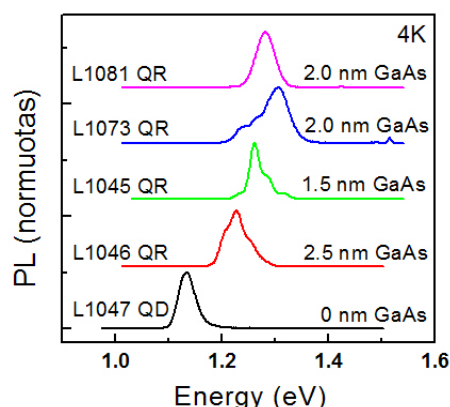
¹Fizinių ir technologijos mokslų centras, Optoelektronikos skyrius, A. Goštauto 11, 01108 Vilnius
andrius.rimkus@ftmc.lt

Saviformuojantys In(Ga)As kvantiniai taškai (*quantum dots*, QD) dėl trimačio krūvininkų ribojimo bei diskretaus energijos lygmenų spektro yra patrauklūs tiek fundamentiniams tyrimams, tiek ir taikymams optoelektronikoje [1]. Optinį šių nanodarinių atsaką visų pirma lemia QD matmenų ir medžiaginės sudėties inžinerija – komplikotas technologinis uždavinys. InAs-GaAs QD IR fotojutikliai (QD *infrared photodetector*, QDIP), kurių veikimas yra pagrįstas optiniais šuoliais tarp QD surištųjų būsenų ir kontinuumo, veikia artimajame ir viduriniame IR spektro ruože [2]. Iš esmės paslinkti QDIP detekcijos juosta į ilgesnes bangas leidžia QD atmaina – kvantiniai žiedai (*quantum rings*, QRs). QR morfologija gaunama InAs QD padengus plonu (palyginamu su QD aukščiu) GaAs dengiančiu sluoksniu ir atkaitinus juos aukštesnėje nei auginimo temperatūroje [3].

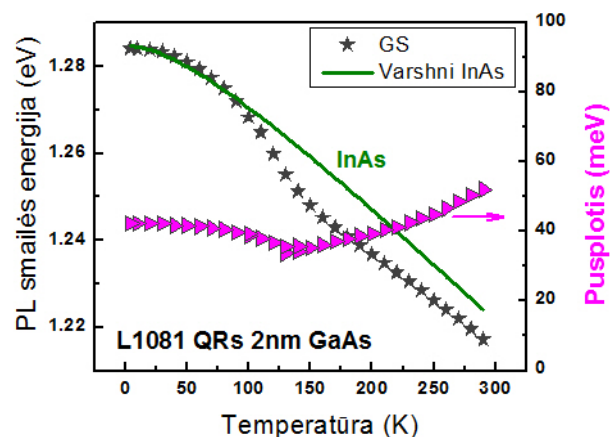
Šiame darbe buvo tiriamos InAs QR optinės savybės ir elektroninė sandara, naudojant fotoatspindžio (*photorefectance*, PR) ir fotoluminescencijos (*photoluminescence*, PL) spektroskopiją. InAs QD/QR bandiniai buvo auginti molekulinio pluošto epitaksijos (*molecular beam epitaxy*, MBE) būdu Lidso universitete (Jungtinė Karalystė). Spektroskopiškai buvo tiriami įvairūs InAs QD/QR bandiniai: QD (atraminė struktūra), skirtingo storio GaAs sluoksniais dengtų QR ir sudėtinis QD+QR heterodariniai. Optiniai matavimai parodė, kad tarpjuostinių optinių šuolių tarp QR pagrindinių būsenų (GS) energija lyginant su QD GS energija pasislinko per ~200 meV į didesnių energijų sritį (1 pav.). Be to, QR struktūrų PL spektruose užfiksuota ir daugiau spektrinių ypatumų, kurie byloja apie nehomogenišką žiedų matmenų pasiskirstymą.

Temperatūriniai (3–300 K) QD/QR darinių PL matavimai leido palyginti nanodarinių optinių šuolių energijos bei intensyvumo priklausomybę nuo temperatūros. Vidutinių temperatūrų ruože (~150 K) stebėtas anomalus QR PL smailės energijos bei puspločio kreivių išlinkis gali būti aiškinamas termiškai aktyviuotu

krūvininkų persiskirstymu tarp skirtingo dydžio žiedų (2 pav.).



Pav. 1. InAs QD ir skirtingo storio GaAs sluoksniais dengtų InAs QR struktūrų PL spektrai 4 K temperatūroje.



Pav. 2. PL smailės energijos ir puspločio kitimas nuo temperatūros ir optinių šuolių energijos priklausomybė nuo temperatūros tūriniam InAs pagal Varshni formulę [4].

Literatūra

- [1] H.J.Krenner, P.M. Petroff, Solid State Commun. 149, 1386 (2009)
- [2] C.Downs, T.E.Vandervelde, Sensors 2013, 13, 5054-5098
- [3] J.H. Dai, J.H. Lee, Y.L.Lin, S.-C.Lee, Jpn. J. Appl. Phys. 47 2924 (2008).
- [4] Y.P.Varshni, Physica 34(1), 149-154 (1967).

Terahercinė spinduliuotė iš InAs paviršiaus dėl šoninių laike kintančių fotosrovių

Paulius Cicėnas¹, Andrejus Geižutis^{1, 2}, Vitalij L. Malevich^{3, 4}, Arūnas Krotkus¹

¹ Fizinių ir technologijos mokslų centras, Optoelektronikos skyrius, A. Goštauto g. 11, LT-01108 Vilnius,

² Vilniaus Gedimino technikos universitetas, Saulėtekio al. 11, Vilnius, Lietuva

³ Fizikos institutas, Nacionalinė Baltarusijos mokslų akademija, Nazalezhnasti ave., 68, 220072, Minskas, Baltarusija

⁴ ITMO universitetas, 197101, Sankt Peterburgas, Rusija

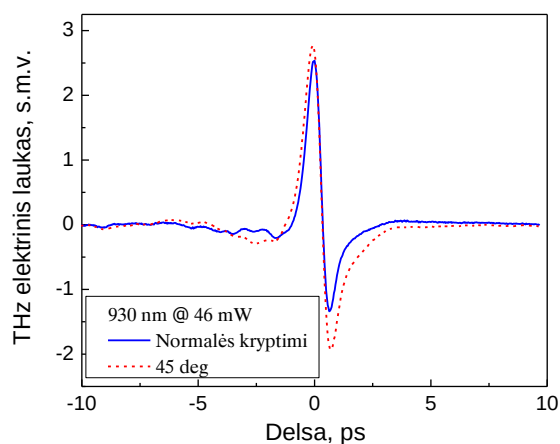
el. p.: paulius.cicenas@ftmc.lt

Terahercinių (THz) impulsų spinduliavimas iš femtosekundinio lazerio spinduliuotė sužadintų puslaidininkių paviršių yra daugelyje puslaidininkių medžiagų stebimas reiškinys [1]. Paviršinė THz generacija yra pritaikoma laikinės spektroskopijos (angl. *time-domain-spectroscopy*) (TDS) sistemose emiteriams taip pat medžiagos parametrų, tokių kaip krūvininkų judris, energijos slėnių padėtys, nustatymui. Siauratarpai puslaidininkiai, ypač InAs, yra žinomi kaip efektyviausi THz spinduliuotės šaltiniai dėl savo nedidelio šviesos įsiskverbimo gylio, didelės fotosužadintųjų krūvininkų perteklinės energijos ir mažos efektinės elektronų masės [2].

Kadangi *p*-InAs yra efektyviausias žinomas paviršinis THz emiteris, jis buvo plačiai tyrinėjamas. Įprastai eksperimentuose žadinančioji optinė spinduliuotė į kristalą krinta tam tikru kampu paviršiaus normalės atžvilgiu, o THz signalas yra registruojamas atspindžio kampu. Pagal THz spinduliavimo iš šios medžiagos mikroskopinę teoriją [3], THz impulsai turėtų būti stebimi net žadinant *p*-InAs (111) orientacijos kristalo paviršių apšvietus normalės kryptimi.

Šiame darbe buvo tirta THz emisija iš (111) orientacijos *p*-InAs kristalo paviršiaus, žadinant *p*-InAs paviršių 45° kampu bei normalės kryptimi atspindžio bei praėjimo geometrijose. 1 pav. pavaizduota THz impulsai, išmatuoti, žadinant *p*-InAs paviršių 45° kampu bei normalės kryptimi atspindžio geometrijoje. Pastarasis impulsas tik truputį mažesnis nei žadinant 45° kampu. Šie rezultatai įrodo, kad THz generacija *p*-InAs kristalo paviršiuje yra nulemta šoninių laike kintančių fotosrovių, atsirandančių dėl kristalo anizotropijos, bet ne dėl foto-Demberio efekto tiesiogiai.

Tokia supaprastinta eksperimento geometrija atveria naujus kelius paviršinių THz emiterių panaudojimui THz TDS sistemose.



1 pav. THz impulsai, sugeneruoti (111) orientacijos *p*-InAs kristalo paviršiuje, žadinant 930 nm bangos ilgio optiniais femtosekundiniais impulsais, krintančiais paviršiaus normalės kryptimi (mėlyna linija) ir 45° kampu (raudona brūkšninė linija).

Literatūra

1. X.-C. Zhang and D. H. Auston, J. Appl. Phys. **71**, 326 (1992).
2. A. Krotkus, J. Phys., D **43**, 273001 (2010).
3. Y.V. Malevich, R. Adomavičius, A. Krotkus and V.L. Malevich, J. Appl. Phys., vol. 115, no. 7, pp.073103, 2014.

Supergardelės įtaka AlGaIn/GaN heterostrukturų elektrinėms savybėms

Vytautas Jakštas, Vytautas Janonis, Irmantas Kašalynas

Fizinių ir technologijos mokslų centras, Optoelektronikos skyrius
A. Goštauto g. 11, LT-01108 Vilnius, el. p.: vytautas.jakstas@mail.lt

GaN turi unikalias fizikines savybes (platus draustinis tarpas, didelis elektronų judris, geras šiluminis laidumas ir stabilumas), kurios leidžia iš šios medžiagos kurti didelės galios ir aukštoje temperatūroje veikiančius elektronikos prietaisus [1]. Pastaruoju metu skiriama daug dėmesio AlGaIn/GaN struktūrų pamatiniams tyrimams bei taikymui. Vienas iš tokių tyrimų tikslų yra siekis pagaminti kompaktiškus plazmoninius terahercinio dažnio (THz) šaltinius, veikiančius kambario temperatūroje [2]. Siekiant mažesnės prietaisų kainos, AlGaIn/GaN struktūros dažniausiai auginamos ant Al_2O_3 arba Si padėklų, todėl ypatingą dėmesį tenka skirti auginamų sluoksnių kokybei, kuri lemia pagamintų komponentų parametrus.

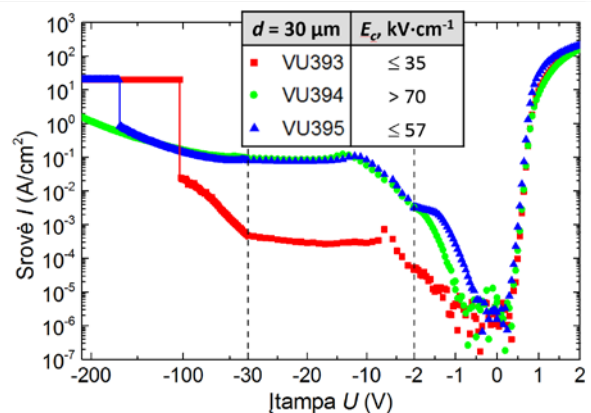
Šių tyrimų tikslas – ištirti supergardelės įtaką AlGaIn/GaN struktūrų elektrinėms savybėms 3–300 K temperatūrų intervale. Bandiniai buvo užauginti metalorganinio nusodinimo iš garų fazės (angl., MOCVD) būdu, metaliniai kontaktai suformuoti ir optimizuoti naudojant fotolitografijos procesus bei garinimo elektroniniu spinduliu technologiją [3, 4].

Tiesioginės srovės tankis Šotki dioduose siekė 300 A/cm^2 esant $+2 \text{ V}$ įtampai, o didžiausias perjungimo santykis siekė iki 10^7 kartų ir beveik nepriklausė nuo temperatūros. Iš Šotki diodų temperatūrinių voltamperinių (I-V-T) charakteristikų buvo apskaičiuoti kontaktų parametrai (Šotki barjero aukštis, idealumo faktorius). Nustatyta tiesinė barjero aukščio ir idealumo faktoriaus priklausomybė nuo temperatūros, atskleidė Šotki kontakto nehomogeniškumą dėl paviršiaus defektų. Be to, nustatyta, kad bandinių su supergardele Šotki diodų pramušimo įtampa yra didesnė nei bandinių be supergardelės (1 pav.). Išmatuotas pramušimo elektrinis laukas buvo žymiai mažesnis už tūrinio GaN ir AlGaIn pramušimo lauką. Todėl šie reiškiniai paaiškinti pramušimu apatiniuose heterostrukturų sluoksniuose.

Siekiant geriau suprasti supergardelės įtaką elektronikos komponentų veikimui, buvo

pagaminti ir didelio elektronų judrio tranzistoriai (angl., HEMT). Bandiniuose su supergardele HEMT parametrai (didžiausia kanalu tekanti srovė ir pereigos laidis bei mažesnė uždaryto kanalo nuotėkio srovė) buvo geresni nei bandiniuose be supergardelės.

Šiame darbe parodyta, kad supergardelės įtaka AlGaIn/GaN heterostrukturų elektrinėms savybėms yra dvejopa. Supergardelė sąlygoja didesnį siūlinių dislokacijų tankį bandinių paviršiuje, dėl ko buvo stebimos didesnės Šotki diodų nuotėkio srovės. Tačiau didesnė Šotki diodų pramušimo įtampa bei didesnis HEMT kanalo laidumas ir pereigos laidis buvo gauti AlGaIn/GaN bandiniams su supergardele.



1 pav. Išmatuotos Šotki diodų I-V charakteristikos AlGaIn/GaN heterosandūroje be supergardelės (VU393) ir su supergardele (VU394 ir VU395).

Literatūra

1. R. Quay, *Gallium Nitride Electronics*, vol. 96. (Berlin Heidelberg, Springer-Verlag, 2008).
2. T. Otsuji, T. Watanabe, S. A. Boubanga Tombet, A. Satou, V. Ryzhii, V. Popov, and W. Knap, *Opt. Eng.* **53**, 031206 (2014).
3. V. Jakštas, I. Kašalynas, I. Šimkienė, V. Strazdienė, P. Prystawko, and M. Leszczynski, *Lith. J. Phys.* **54**, 227–232 (2014).
4. V. Jakštas, V. Janonis, I. Šimkienė, I. Kašalynas, 4-oji FTMC doktorantų ir jaunųjų mokslininkų konferencija FizTeCh 2014, Vilnius, spalio 28–29 d., 2014.

Dujų jutikliai: gyvsidabrio garų detekcija paviršiniais plazmonais bei anglies izotopų (^{12}C ir ^{13}C) santykio detekcija IR sugerties spektroskopija

Andrius Paulauskas

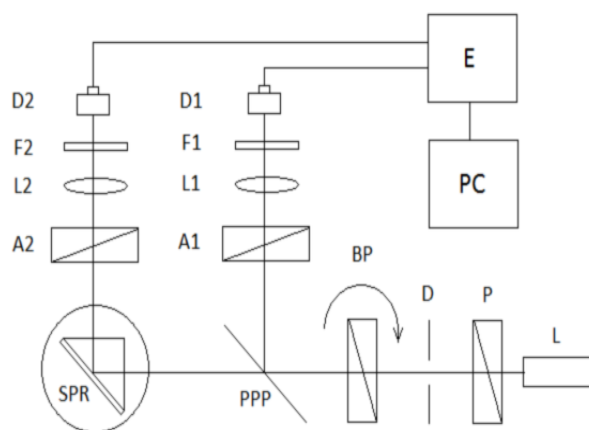
Fizinių ir technologijos mokslų centras, Taikomosios IR spektroskopijos laboratorija
Savanorių pr. 231, LT-02300 Vilnius, el. p.: paulauskas_andrius@yahoo.com

Dujų detekcija pritaikoma įvairiose sferose: pramonėje, aplinkosaugoje ar medicinoje. Deginant anglį į aplinką išmetamas didelis kiekis įvairių teršalų, tarp jų ir gyvsidabrio dujos. Gyvsidabris – labai toksiška medžiaga, jo koncentracijos pikinis limitas ore yra $0,1 \text{ mg/m}^3$ (OSHA, JAV), todėl svarbu stebėti gyvsidabrio kiekį ore. Dujų detekcija gali būti panaudota ne tik kaip prevencinė, bet ir kaip diagnostikos priemonė – matuojant iškvėpto $^{12}\text{CO}_2$ ir $^{13}\text{CO}_2$ santykį galima nustatyti, ar žmogus serga diabetu[1].

Gyvsidabriui absorbuojantis prie plono aukso sluoksnio, keičiasi jo optinės savybės, kurias galime išmatuoti paviršinių plazmonų rezonansine spektroskopija[2]. Dėl savo paprastumo dažniausiai paplitęs atspindžio amplitudės matavimas. Tačiau vykstant plazmoninei sugerčiai atsiranda ir atspindėtos spinduliuotės fazės kitimas. Nors ir techniškai sudėtingesnė, plazmoninės sugerties fazės pokyčio matavimo metodika yra tikslesnė nei amplitudiniai matavimai[3].

Gyvsidabrio absorbcijos matavimuose naudojama besisukančio poliarizatoriaus schema, pavaizduota 1 pav. Lazerio L spinduliuotė praėjusi poliarizatorių, pasuktą 45 laipsnių kampą, ir diafragmą moduluojama besisukančiu poliarizatoriumi. Absorbuojantis gyvsidabriui keičiasi atspindėtos spinduliuotės poliarizacija, todėl moduluoti signalai pasistumia vienas kito atžvilgiu. Šį signalų postūmį laike matuojame fazės matuokliu E.

^{13}C anglies izotopo detekcijai plačiausiai naudojama izotopų santykio masių spektroskopija[4]. Kaip pigesnę alternatyvą galima naudoti IR sugerties spektroskopiją. Tarp $^{12}\text{CO}_2$ ir $^{13}\text{CO}_2$ rotacinių ir vibracinių juostų yra apie 60 cm^{-1} atstumas ties 2300 cm^{-1} sritimi. Registruojant sugerties juostų santykį, galime nustatyti izotopų santykinę sudėtį mišinyje.



1 pav. Principinė eksperimento schema. L – 650 nm bangos ilgio lazeris, P – poliarizatorius, D – diafragma, BP – besisukantis poliarizatorius, PPP – pusiau pralaidi plokštelė, SPR – stikliniame vamzdyje patalpinta prizmė su juntamuoju aukso sluoksniu, A1, A2 – analizatoriai, L1, L2 – optiniai lęšiai, F1, F2 – 650 nm spinduliuotei pralaidūs filtrai, D1, D2 – atitinkamai atraminis ir signalinis detektoriai, E – signalų fazės matuoklis, PC – kompiuteris.

Literatūra

1. Wilk, A.; Seichter, F.; Kim, S.-S.; Tütüncü, E.; Mizaikoff, B.; Vogt, J.A.; Wachter, U.; Radermacher, P. Anal. Bioanal. Chem. **402**, 397–404(2012).
2. Lin, Y.W., Huang, C.C., & Chang, H.T. Analyst, **136**(5), 863–871(2011).
3. V.Vaičkauskas, J.Bremer, O.Hunderi, R.Antanavičius, and R. Januskevicius, Thin Solid Films **411**, 262 (2002).
4. Lau, S., K. Salffner, and H. G. Löhmansröben. Proc SPIE **6189**, 538–543(2006.)

Cheminiis Ni-P dangos nusodinimas ir NiSi fazės formavimas

Valius Čyras, Remigijus Juškėnas, Algirdas Selskis

Fizinių ir technologijos mokslų centras, Medžiagų struktūrinės analizės skyrius
A. Goštauto 11, LT-01108 Vilnius, el. p.: valius.cyras@gmail.it

Pramonėje yra taikomi įvairūs plonų Ni sluoksnių formavimo būdai, vienas kurių šviesa sužadintas elektrocheminis nusodinimas [1], tačiau cheminiis Ni-P dangų nusodinimas formuojant Si saulės elementų priekinio paviršiaus Ni/Cu kontaktinį tinklą gali būti patrauklus procesas kaštų ir paprastos įrangos prasme.

Ni-P danga buvo formuojama dviem etapais. Pirmojo etapo metu Si padėklas aktyvuojamas koncentruotame ir persotintame NiCl_2 druska nikeliavimo tirpale, esant 90°C temperatūrai. Po aktyvacijos padėklai iš karto merkami į antrojo etapo standartinį 75°C Brenerio tirpalą su NH_4F priedu. Ni-P dangos nusodinimo trukmė 2 min.

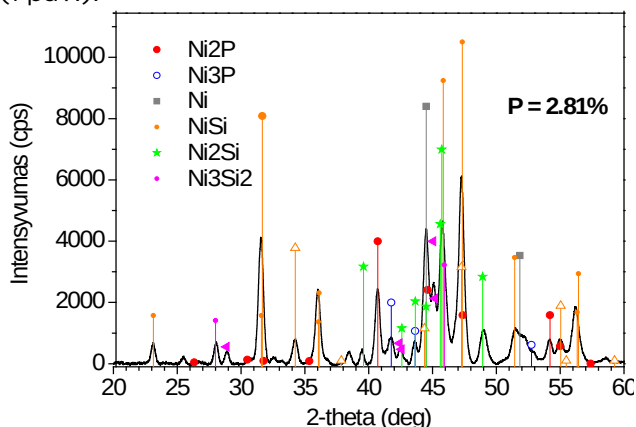
NiSi formavimas atliktas azoto atmosferoje greito atkaitinimo krosnyje esant 400°C temperatūrai. Formavimo trukmė - 40 s.

P kiekis dangoje buvo nustatomas skenuojančiame elektroniniame mikroskope EDX spektrometru (1 lentelė).

1 lentelė. P kiekis Ni-P dangoje.

Bandinys	P (mas. %)
A	1.56
B	2.81
C	2.86
D	3.13

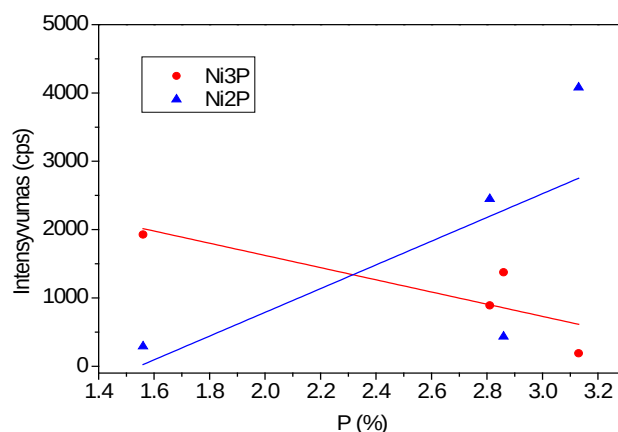
Nepriklausomai nuo to, kiek P buvo dangoje, visuose rentgenogramose buvo aptikta NiSi fazė (1 pav.).



1 pav. Ni-P dangos su 2,81% fosforo rentgenograma po NiSi formavimo.

Su šia nikelio silicido faze siejama maža kontaktinė varža [2], todėl NiSi aptikimas rentgenogramose leidžia tikėtis nedidesnių nei $1\text{ m}\Omega\cdot\text{cm}^2$ kontaktinių varžų. Antra vertus pastebėtas Ni_2Si_3 bei Ni_2Si fazių formavimas. Šios fazės blogina kontaktines Ni savybes, todėl siekiant itin mažų, kelias dešimtis mikro omų siekiančių kontaktinių varžų, būtina koreguoti technologinį procesą ir kiek įmanoma sumažinti šių fazių susidarymo galimybę.

XRD pagalba taip pat tirtas Ni_3P ir Ni_2P junginių susidarymas priklausomai nuo fosforo kiekio Ni-P dangoje (2 pav.).



2 pav. Ni_3P ir Ni_2P XRD smalių intensyvumo priklausomybė nuo P kiekio Ni-P sluoksnyje.

Didėjant P kiekiui, daugėja Ni_2P ir mažėja Ni_3P . Ni_2P formuojasi Ni-P dangos nusodinimo metu, todėl P kiekio dangoje didėjimas, didina ir šio junginio kiekį. Ni_3P junginys atsiranda tik po terminio dangos apdorojimo, o jo kristalų dydis nulemia Ni adheziją su Si [3].

Literatūra

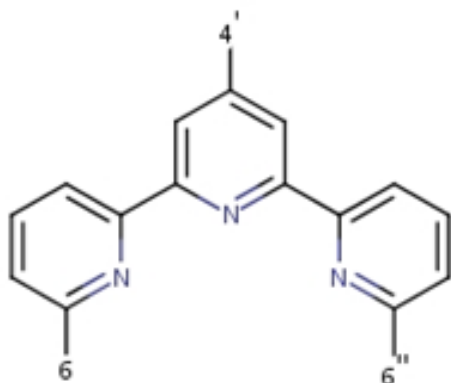
1. Su Zhou et. all, Solar Energy Materials & Solar Cells, 125 (2014,) 33-38.
2. E. Delbos et. all, ECS Transactions, 66 (6) 49-55 (2015).
3. V. Čyras et. all, Formation of a Low Resistance Ohmic Contact Using Electroless Ni/Cu Plating, Proc. of the 28th European Photovoltaic Solar Energy Conference, 1274-1277 (2013).

6,6"- Simetriškai funkcionalizuotų terpiridino darinių sintezė

Romualdas Striela, Linas Labanauskas.

Fizinių ir technologijos mokslų centras, Organinės chemijos skyrius
A. Goštauto 11, LT-01108 Vilnius, el. p.: romualdas.striela@gmail.com

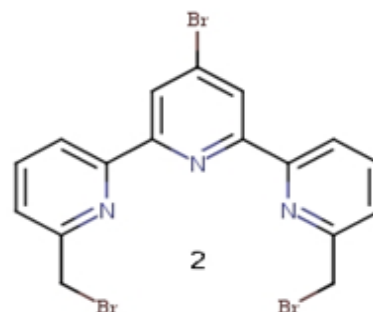
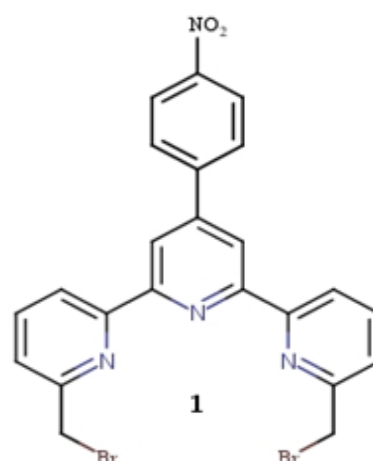
Pastaruoju metu terpiridino fragmentą turintys junginiai (schema 1) kelia vis didesnę mokslinį susidomėjimą dėl savo pritaikymo galimybių koordinacinėje chemijoje [1], asimetrinėje katalizėje [2], chemoterapijoje [3] ir supramolekulinėje chemijoje [4]. Jų išskirtinės fotofizikinės savybės sudaro galimybę kurti naujas medžiagas šviesą spinduliuojantiems įrenginiams [5].



Schema 1.

Yra žinoma, kad aromatinių pakaitų įvedimas į 4'-ąją terpiridino padėtį gali paskatinti gana dramatiškus fluorescensinius intensyvumo efektus ir kai kuriais atvejais įtakoti išspinduliuojamos bangos ilgį. Fotofizikinės terpiridino savybės galima keisti ir įvedant pakaitus 6-ojoje ir 6"-ojoje padėtyse, tačiau kol kas nėra atlikta nuodugnių tyrimų šioje srityje.

Šiame darbe buvo tyrinėjama 6,6"-simetriškai funkcionalizuotų 4'-nitrofenil (1) ir 4'-brom- (2) 2,2':6',2"-terpiridino sintezė (schema 2). Šie junginiai gali būti lengvai modifikuojami minėtose padėtyse. Todėl, augant susidomėjimui terpiridino fragmentą turinčiais junginiais, labai svarbu turėti gerus sintezės metodus.



Schema 2.

Literatūra

1. Y-T. Chan, S. Li, C.N. Moorefield, P. Wang, C.D. Shreiner, G.R. Newkome, Chem. Eur. J. 16, 4164 (2010).
2. G. Chelucci, R.P. Thummel, Chem. Rev. 102, 3129 (2002).
3. I. Eryazici, C.N. Moorefield, G.R. Newkome, Chem. Rev. 108, 1834 (2008).
4. N.D. Bogdan, M. Matache, V.M. Meier, C. Dobrota, I. Dumitru, G.-D. Roiban, D.P. Funeriu, Chem. Eur. J. 2170 (2010).
5. R. Siebert, A. Winter, B. Dietzek, U.S. Schubert, J. Popp, Macromol. Rapid Comm. 31, 883 (2010).

Savitvarkio monosluoksniu su tiolio, fenilalanino ir amido fukcinėmis grupėmis formavimosi charakterizavimas virpesinės spektroskopijos metodais

Marija Špandyrevė, Ieva Matulaitienė, Ilja Ignatjev, Zenonas Kuodis,
Olegas Eicher-Lorka, Gediminas Niaura

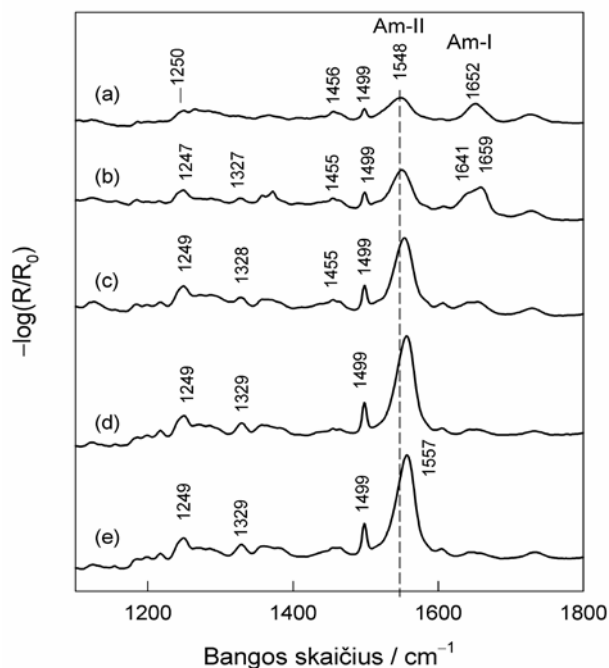
Fizinių ir technologijos mokslų centras, Organinės chemijos skyrius
A. Goštauto 9, LT-01108 Vilnius, el. p.: marija.spandyreva@mail.com

Siekiant suprasti fenilalanino aminorūgšties funkcinės grupės sąveikas su aplinka ir metalo paviršiumi buvo susintetintas tiolis su galine fenilalanino funkcinę grupę ir amino grupę angliavandenilinėje grandinėje ($\text{SH}-(\text{CH}_2)_7-\text{CONH}-(\text{CH}_2)_2-\text{C}_6\text{H}_5$, MOPHE). Tokio monosluoksniu ant Au paviršiaus struktūra priklauso nuo amido grupės dalyvavimo vandenilinėje sąveikoje.

Šiame darbe MOPHE struktūra buvo tirama IR sugerties-atspindžio spektroskopijos (ang. RAIRS) metodu, panaudojant vakuuminį FTIR spektrometrą Vertex 80v (Bruker) ir suminio dažnio generacijos (ang. SFG) spektroskopijos metodu, naudojant pikosekundinį spektrometrą (EKSPLA).

IR spektrai rodo kaip kinta adsorbuoto MOPHE struktūra ilginant adsorbcijos laiką (1 pav.). Išlaikius Au plokštelę 30 s adsorbcijos tirpale (1 pav. (a)) aiškiai matosi palyginamo intensyvumo juostos susijusios su amido grupės Amidas-I (Am-I) ir Amidas-II (Am-II) virpesiais atitinkamai ties 1652 ir 1548 cm^{-1} . Ilgėjant išlaikymo laikui mažėja Am-I juostos intensyvumas, didėja Am-II juostos intensyvumas ir Am-II modos dažnis didėja. Am-I juosta susijusi su C=O grupės valentiniu virpesiu, tuo tarpu Am-II moda atitinka C-N grupės valentinį ir NH deformacinį virpesius [1]. Šių modų virpesinio šuolio dipolio momentai (ŠDM) yra statmeni vienas kitam [2]. Pagal paviršiaus atrankos taisyklės intensyviausios juostos yra tos kurių ŠDM yra statmeni paviršiui [1]. Žinoma, kad stiprėjant vandeniliniam ryšiui Am-II virpesio dažnis didėja [2,3]. Taigi, stebimi spektriniai kitimai (1 pav.) gali būti paaiškinti tuo, kad ilgėjant adsorbcijos laikui kinta molekulės orientacija metalo paviršiaus atžvilgiu, taip, kad C=O ryšis tampa lygiagretus

paviršiui (ŠDM orientuotas lygiagrečiai C=O ryšiui). Kartu stiprėja $-\text{NH}\cdots\text{O}=\text{C}-$ vandenilinis ryšys tarp gretimų adsorbuotų molekulių.



1 pav. MOPHE junginio adsorbuoto ant Au paviršiaus IR atspindžio-sugerties spektrai išlaikant adsorbcijos tirpale 5 s (a), 30 s (b), 3 min (c), 1 h (d) ir 24 h (e).

Literatūra

1. T.D. Andreeva, J.G. Petrov, G. Brezesinski, H. Moehwald, *Langmuir* **24**, 8001 (2008).
2. R.S. Clegg, S.M. Reed, R.K. Smith, B.L. Barron, J.A. Rear, J.E. Hutchinson, *Langmuir* **15**, 8876 (1999).
3. R. Valiokas, M. Östblom, S. Svedhem, S.C.T. Svensson, B. Liedberg, *J. Phys. Chem. B* **106**, 10401 (2002).

Borhidrido oksidacijos ant Pt(W)/Grafas katalizatorių tyrimas

Teofilius Kilmonis, Loreta Tamašauskaitė-Tamašiūnaitė

Fizinių ir technologijos mokslų centras, Katalizės skyrius
A. Goštauto 11, LT-01108 Vilnius, el. p.: teofilius.kilmonis@ftmc.lt

Kuro elementai yra vienas iš atsinaujinančių energijos šaltinių, kuriuose cheminė energija tiesiogiai verčiama į elektros energiją. Tiesioginiai borhidrido kuro elementai (TBKE) yra kuro elementai, kurių veikimas pagrįstas borhidrido oksidacijos ir deguonies redukcijos reakcijomis. Todėl pagrindinis dėmesys skiriamas naujų efektyvių nanostruktūrizuotų medžiagų paieškai, kurios pasižymėtų elektrokataliziniu aktyvumu borhidrido oksidacijos ar deguonies redukcijos reakcijoms, siekiant padidinti esamų ar naujų kuro elementų našumą.

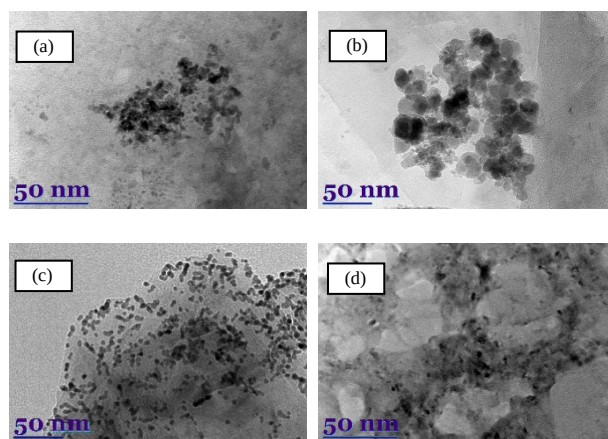
Šiame darbe Pt(W) katalizatoriai su skirtingais Pt:W moliniais santykiais buvo pagaminti mikrobangų sintezės metodu. Reakcijos mišinys, susidedantis iš H_2PtCl_6 , $Na_2WO_4 \cdot 2H_2O$ (ištirpinto minimaliame 10 mM citrinų rūgšties kiekyje), grafeno miltelių (GR) ir etilenglikolio, maišomas ultragarsu 30 minučių. Sintezė vykdyta mikrobangų reaktoriuje Monowave 300 (Anton Paar) 150°C temperatūroje 5 minutes. Po sintezės katalizatoriai perplauti acetonu, ypač grynu vandeniu, nufiltruoti ir išdžiovinti vakuuminėje džiovyklėje 80 °C temperatūroje laikant 2 valandas.

Susintetintų katalizatorių sudėtis (Pt:W molinis santykis) ir dalelių dydžiai pateikti 1 lentelėje.

1 lentelė. Pt(W)/GR ir Pt/GR katalizatorių charakteristikos.

Katalizatorius	Pt:W molinis santykis	Dalelių dydis (nm)
Pt(W)/GR-1	1.6:1	~20
Pt(W)/GR-2	2.4:1	~10
Pt(W)/GR-3	7:1	~5
Pt/GR	-	~3

Gautuose katalizatoriuose buvo nustatytos nusodintos platinos įkrovos, kurios lygios 73 $\mu g Pt cm^{-2}$ Pt/GR, 24,7, 54,6, 41,4 $\mu g Pt cm^{-2}$ Pt-W(1.6:1)/GR, Pt-W(2.4:1) ir Pt-W(7:1) atitinkamai.



1 pav. TEM vaizdai Pt/GR (a), Pt(W)/GR-1 (b), Pt(W)/GR-2 (c) ir Pt(W)/GR-3 (d) katalizatorių, gautų naudojant mikrobangų sintezės metodą.

1 paveiksle pavaizduotos TEM metodu gautos susintetintų katalizatorių nuotraukos.

Pt(W)/GR katalizatorių elektrokatalizinis aktyvumas buvo įvertintas borhidrido oksidacijos reakcijai, taikant ciklinę voltamperometriją ir chronoamperometriją. Nustatyta, kad didesniu kataliziniu aktyvumu borhidrido oksidacijos reakcijai pasižymėjo Pt(W)/GR katalizatoriai lyginant su W/GR katalizatoriumi. Katalizatorius, kuriame Pt:W molinis santykis yra lygus 7:1, buvo aktyviausias iš visų susintetintų katalizatorių H_2 oksidacijos ir tiesioginės BH_4^- jonų oksidacijos reakcijose.

Retųjų granatų cheminė sudėtis, jų spalvos ir gemologiniai ypatumai

Irena Balčiūnaitė

Fizinių ir technologijos mokslų centras, Katalizės skyrius
A. Goštauto 9, LT-01108 Vilnius, el. p.: irenabalciunaite@yahoo.de

Granatai yra labai plati mineralų grupė pasižyminti cheminių elementų ir spalvų įvairove. Pagal cheminę sudėtį granatai yra skirstomi į šiuos pagrindinius mineralus: piropas ($\text{Mg}_3\text{Al}_2(\text{SiO}_4)_3$) almandinas ($\text{Fe}_3\text{Al}_2(\text{SiO}_4)_3$), spesartinas ($\text{Mn}_3\text{Al}_2(\text{SiO}_4)_3$), grosuliaras ($\text{Ca}_3\text{Al}_2(\text{SiO}_4)_3$), andraditas ($\text{Ca}_3\text{Fe}_2(\text{SiO}_4)_3$) ir uvarovitas ($\text{Ca}_3\text{Cr}_2(\text{SiO}_4)_3$). Įprastai granatams būdinga šilta ir sodri raudona spalva. Tačiau, vis didesnę susidomėjimą sukelia kitų spalvų granatai. Labiausiai vertinami itin spindintys žalios spalvos, bei spalvą keičiantys granatai (*piropo ir spesartino mišinys*). Taip pat yra patrauklūs gelsvos, oranžinės, šviesiai oranžinės spalvos ir bespalviai granatai (grosuliarai). Šių spalvų įvairovė priklauso nuo mineralų cheminės sudėties.

TYRIMO MEDŽIAGA IR METODAI

Tyrimams naudoti mineralai: mėlynasis spalvą keičiantis granatas, vaivorykštinis granatas, bespalvis grosuliaras, tamsiai žalias ir vidutinio žalumo tsavoritas, žalias demantoidas. Cheminė granatų grupės mineralų analizė atlikta skenuojančiu elektroniniu mikroskopu „Quanta 250/450/650“, naudojant mėginių dengimo metalais aparatą „Emitech SC7620 Mini Sputter Coater“ su CA7625 dengimo anglimi priedu. Kiekviena bandinyje matuota nuo 3 iki 5 taškų.

IŠVADOS:

- mėlynojo spalvą keičiančio granato cheminė sudėtis atitinka piropo ir spesartino mišinį, o jo spalva priklauso nuo vanadžio ir chromo oksidų kiekių;
- vaivorykštinis granatas yra andradito atmaina, nes cheminėje sudėtyje vyrauja geležies, kalcio ir silicio oksidai, jo įvairiaspalviškumas priklauso nuo paviršinio atspindžio, t.y. irizacijos;
- demantoidui spalvą suteikia chromo oksidas;
- bespalviame grosuliare spalvą lemiančių cheminių junginių (MgO , Fe_2O_3) nustatyti maži kiekiai, todėl spalvai įtakos jie neturi;
- tsavoritų spalva priklauso nuo mangano ir titano oksidų kiekių;
- šviesiai oranžinio grosuliario spalva priklauso nuo geležies oksido kiekio;
- hesonito spalva priklauso nuo mangano ir geležies oksidų kiekių;
- tirtuose granatuose chromo oksido buvo nustatyta iki 1,04%; geležies oksido – iki 24,91%; mangano oksido iki 17,37%.

Nanostruktūrizuotų titano dangų trinties ir biosuderinamumo tyrimai panaudojant periodonto raiščio stromos ląsteles

Tadas Matijošius¹, Alina Čebatariūnienė², Augustas Pivoriūnas²,
Svajus Asadauskas¹, Povilas Miečinskas¹

¹Fizinių ir technologijos mokslų centras, Elektrocheminės medžiagotyros skyrius
A. Goštauto 9, LT-01108 Vilnius, el. p.: tadasm1990@gmail.com

²Valstybinis mokslinių tyrimų institutas Inovatyvios medicinos centras, Kamieninių ląstelių biologijos skyrius

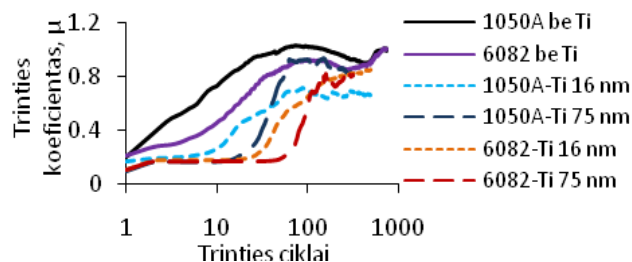
Anoduotas aliuminis (Al) dėl kietumo, biosuderinamumo bei antikoroziinių savybių yra perspektyvus tiek biosensorių, tiek implantų gamyboje [1]. Porėta Al_2O_3 struktūra ir didesnis šiurkštumas užtikrina geresnes ląstelių adhezinės savybes, proliferacijos procesus. Darbo tikslas – įvertinti Ti dangos storio poveikį anoduoto Al paviršiaus trinties ir biosuderinamumui.

Tyrimams buvo naudojami 99,62% 1050A (0,34% Fe; 0,1% Si; 0,01% Mn) ir 96,72% 6082 (1,1% Si; 1,02% Mg; 0,61% Mn; 0,54% Fe) Al lydiniai. Al paviršius buvo elektrochemiškai oksiduojamas sieros ir oksalo r. elektrolite taikant III tipo anodavimo technologiją [2]. Vėliau paviršiai buvo dengiami 16 nm (15 min., 100 mA, 421 V) ir 75 nm (30 min., 400 mA, 420 V) Ti sluoksniais naudojant magnetroninį dulkinimo įrenginį „UNIVEX 350“ (Leybold Systems). Magnetroninio dulkinimo metu buvo palaikoma 12°C temperatūra ir 250 mPa darbinis slėgis.

Dangų tribologinės savybės buvo tiriamos CSM tribotesteriu panaudojant 6 mm skersmens plieno rutuliukus [2]. Trinties koeficiento įvertinimui buvo pasirinkta 10 N apkrova, 4 mm amplitudė ir 2 cm/s judėjimo greitis.

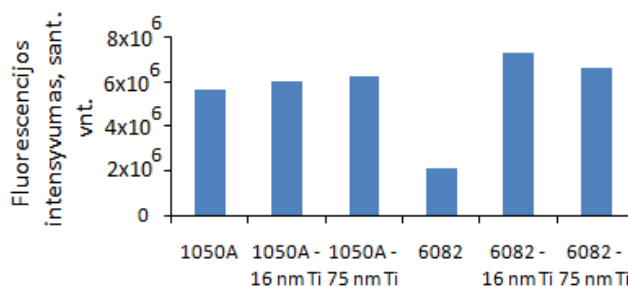
Biosuderinamumo tyrimams danties periodonto raiščio stromos ląstelės buvo išskirtos iš sveiko periodonto audinio ir augintos standartinėmis sąlygomis (LG-DMEM terpėje su 10% FCS, 100 U/ml penicilino, 100 µg/ml streptomicino ir 2mM L-glutamino; 37°C, 5% CO_2). Išautoklavuoti (121°C, 50 min.) Al lydiniai buvo patalpinti į atskirus šulinėlius (MultiwellTM24 well), ant jų užpilta terpė, o praėjus 10 min. į kiekvieną šulinėlį pridėta po 10000 ląstelių suspensijos. Po 24 val. paviršiai buvo 3 kartus plaunami PBS naudojant 0,25% tripsino/1 mM EDTA tirpalą, ląstelės atkabintos ir suskaičiuotos hemocitometru (Biosigma). Po 48 val. ląstelės dažytos 1 µM Calcein Green (Invitrogen) fluorescentiniais dažais. Ląstelių fluorescencijos intensyvumas išmatuotas fluorimetru (Thermo LabSystems).

Tyrimų metu nustatyta, kad biosuderinamos Ti dangos ženkliai pagerina tribologines savybes ir sumažina trinties koeficientą iki 0,2 (1 pav.). 75 nm Ti dangos pasižymėjo kiek didesniu atsparumu trinčiai ir išsilaikė nuo 20 (1050A) iki 60 (6082) trinties ciklų.



1 pav. 1050A ir 6082 substratų trinties koeficiento priklausomybė nuo Ti dangos storio

Ląstelių fluorescencijos intensyvumo tyrimai parodė, jog Ti dangos turi teigiamą poveikį biosuderinamumui, ypač 6082 lydiniais (2 pav.). Gauti rezultatai sudaro sąlygas tolimesniems biosuderinamumo tyrimams ant nanostruktūrizuotų paviršių.



2 pav. Fluorescencijos intensyvumo priklausomybė nuo Ti dangos storio

Literatūra

1. C. Toccafondi, R.L. Rocca, A. Scarpellini, M. Salerno, G. Das, S. Dante, Appl. Surf. Sci. 351, 738-745 (2015).
2. A. Ručinskienė, G. Bikulčius, S. Jankauskas, S. Asadauskas, Proc. Inter. Conf. BALTTTRIB, 73-78 (2013).

Įvandenilinimo įtaka TiO_2 nanovamzdelinių plėvelių elektrocheminiam modifikavimui

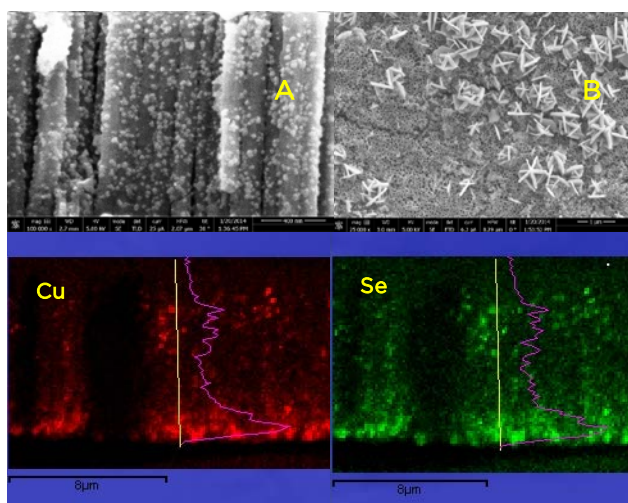
Arūnas Jagminas, Jelena Kovger, Algis Selskis, Alfonsas Rėza

Fizinių ir technologijos mokslų centras, Elektrocheminės medžiagotyros skyrius
A. Goštauto 9, LT-01108 Vilnius, el. p.: jelena.kovger@gmail.com

Titano oksidas kristalinėje anatazo formoje ($E_g=3.2$ eV) yra puikus UV šviesos absorberis. Be to tai pigi ir draugiška aplinkai medžiaga. Fotokatalizines TiO_2 nanokristalų ir jų sluoksnių savybes UV šviesoje lemia nanokristalų dydis, forma ir (001)/(101) plokštumų kristale plotų santykis. Kad išplėsti TiO_2 sugeriamos šviesos ruožą matomosios link per praėjusius du dešimtmečius pasiūlyta daug būdų. Vienas iš jų – TiO_2 kristalų paviršiaus dekoravimas žemesnio draustinės juostos pločio nanokristalais. Tolygiam dekoravimui pasiekti buvo siūlomi tiek cheminio nusodinimo, tiek nusodinimo iš garų fazės būdai. Tačiau nanovamzdelinės struktūros TiO_2 plėvelėms siūlomi dekoravimo metodai dažnai netinka, nes gilesni sluoksniai lieka „nuogi“. Bandymai nusodinti ant TiO_2 nanovamzdelių sienelių tiek metalines (Au, Ag, Pt), tiek puslaidininkines (Cu_2O , CdS, ZnO) nanodaleles elektrocheminiu būdu iki šiol naudojami retai. Pagrindinė priežastis – didelė TiO_2 anodinių oksidų varža, sąlygojanti nusėdimo netolygumus [1].

Pastaraisiais tyrimais siekta modifikuoti titano anodinių oksidinių plėvelių sudėtį ir tuo pačiu savybes dekoruojant TiO_2 nanovamzdelius Cu_xSe nanodalelėmis kintančiosios srovės lauke prieš tai įvandenilinant Ti/TiO_2 pavyzdžius elektrochemiškai ar H_2 aplinkoje. Tyrimuose naudotos tvarkios nanovamzdelinių paketų TiO_2 plėvelės tradiciškai suformuojamos anoduojant titano elektrodus etilenglikoliniame tirpale su NH_4F (0.3 sv.%) ir H_2O (2.0 sv.%) priedais. Vario selenidus į TiO_2 vamzdelius buvo sodinami iš vandeninių tirpalų 50 Hz dažnio kintančiąja srove, kontroliuojant įtampas ant elektrodų vertę programuojamu šaltiniu. Produktai charakterizuoti skenuojančia elektronų mikroskopija (1 pav.), rentgeno spindulių difraktometrija, EDX, difrakcinio atspindžio ir kitais tyrimais.

Nustatyta, kad Ti/TiO_2 įvandenilinimas dėka „spilt over“ efekto leidžia keliom eilėm padidinti elektrodo laidumą o parinkus tirpalų sudėtį ir optimizavus kintančiosios srovės apdirbimo sąlygas, tolygiai dekoruoti TiO_2 vamzdelius Cu_xSe nanodalelėmis, sukuriant heterostruktūras, absorbuojančias matomąją šviesą [2,3].



1 pav. TiO_2 nv rentgeno žemėlapių vaizdai, po nusodinimo Cu_{2-x}Se , tirpale $20 \text{ mmol L}^{-1} \text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O} + 30 \text{ mmol L}^{-1} \text{MgSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O} + 45 \text{ mmol L}^{-1} \text{H}_2\text{SeO}_3$ pH 1,3. Skerspjūvio (A) ir paviršiaus (B) FESEM vaizdai.

Literatūra

1. A. Jagminas, R. Juškėnas, I. Gailiūtė, G. Statkutė, and R. Tomašiūnas, J Crys Growth **294**, 343-348 (2006).
2. W.C. Conner, G.M. Pajonk, S.J. Teicher, Adv Catal **34**, 1-79 (1986).
3. G.C. Bond, Stud Surf Sci Catal **17**, 1-16 (1983).

Trivalenčių europiu legiruoto $K_2Bi(PO_4)(MoO_4)$ sintezė ir optinių savybių tyrimas

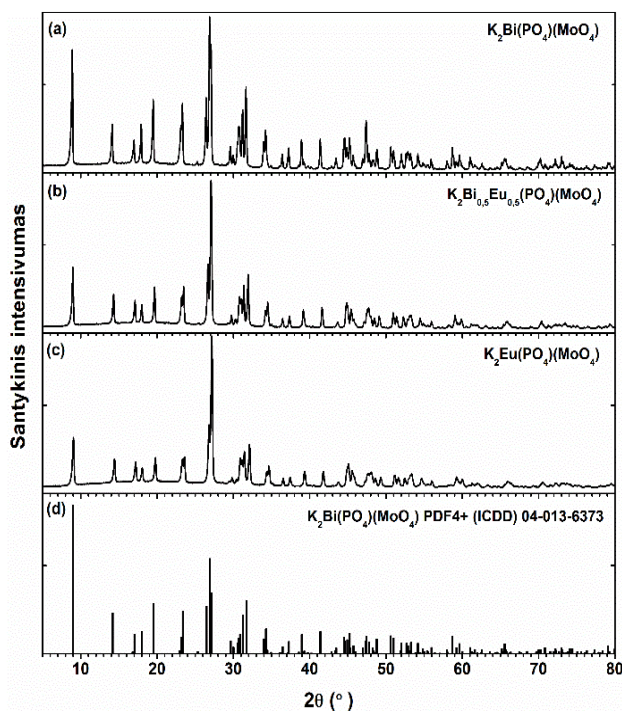
Julija Grigorjevaitė, Artūras Katelnikovas

Vilniaus universitetas, Chemijos fakultetas, Analizinės ir aplinkos chemijos katedra
Naugarduko 24, LT-03225 Vilnius, el. p.: arturas.katelnikovas@vu.chf.lt

Tyrimo metu susintetina $K_2Bi(PO_4)(MoO_4)$ junginių, legiruotų Eu^{3+} jonais, serija: 0,5 %, 1 %, 2,5 %, 5 %, 10 %, 25 %, 50 %, 75 %, 100 %.

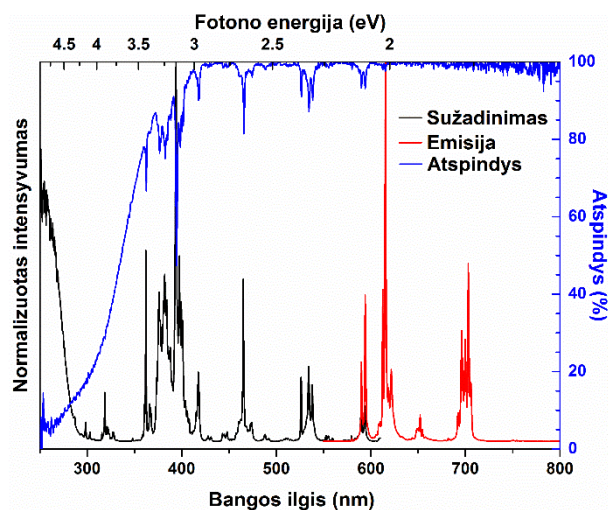
$K_2Bi_{1-x}Eu_x(PO_4)(MoO_4)$ liuminoforai buvo sintetinami kietafazių reakcijų metodu aukštoje temperatūroje. Pradiniai reagentai (Bi_2O_3 , Eu_2O_3 , MoO_3 , K_2CO_3 ir $NH_4H_2PO_4$) buvo tiksliai pasverti, sumaišyti ir agatinėje grūstuvėje sutrinti iki vientisos masės. Milteliai buvo kaitinti 10 h 600 °C temperatūroje tris kartus, po kiekvieno karto pertrinant iškaitintus miltelius.

Fazinis grynumas buvo ištirtas Rentgeno spindulių difraktometru. Nepriklausomai nuo Eu/Bi santykio, susidarė izostruktūriniai kietieji tirpalai (1 pav.).



1 pav. $K_2Bi(PO_4)(MoO_4):Eu^{3+}$ Rentgeno spindulių difraktogramos.

Dalelių dydis ir paviršiaus morfologija buvo tirta skenuojančiu elektroniniu mikroskopu (SEM). Optinės susintetintų junginių savybės buvo tiriamos matuojant jų atspindžio, sužadinimo ir emisijos spektrus (2 pav.), bei gesimo laikus, ir jų temperatūrines priklausomybes. Iš gautų duomenų apskaičiuota kvantinė išeiga, CIE 1931 diagramos spalviniai taškai ir $TQ_{1/2}$ vertės.



2 pav. 100% legiruoto junginio sužadinimo, emisijos ir atspindžio spektrai.

Intensyviausia emisija stebima 100 % legiruotame junginyje. Tiriama medžiaga emituoja raudonoje regimojo spektro srityje ir pasižymi kvantine išeiga artima 100 %. Junginiai efektyviausiai sužadinami 394 nm bangos ilgio spinduliuote.

Apskaičiuoti CIE 1931 diagramos spalviniai taškai parodė, kad junginių emituojama raudona šviesa pasižymi geru spalvos grynumu ir temperatūriniu stabilumu.

Literatūra

1. H. Huang, G. Chen, S. Wang, L. Kang, Z. Lin, Y. Zhang. Mater. Res. Bull., **51** (2014) 455-459

Specifinis ABS plastiko chloratinio ėsdinimo požymis

Konstantin Rubekin, Ieva Matulaitienė, Leonas Naruškevičius

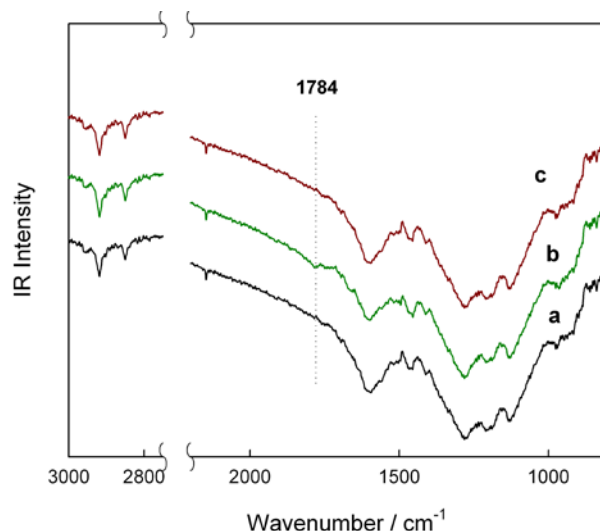
Fizinių ir technologijos mokslų centras, cheminių technologijų skyrius
Akademijos g. 7, LT-08412 Vilnius, el. p.: konstantin.rubekin@ftmc.lt

Galvaninės plastikų metalizacijos srityje ypač aktualu adhezinio plastikų paviršiaus paruošimo tirpaluose šešiavalentį chromą pakeisti kitais, neturinčiais kancerogeninių savybių oksidatoriais [1].

Kaip rodo praktinių išbandymų rezultatai, vienu iš tokių oksidatorių galėtų tapti chlorato jonai. Jau pirmieji IR atspindžio spektroskopijos duomenys, lyginant neėsdinto, t.y. adheziškai neparuoto ABS plastiko paviršių, ėsdinto įprastiniame Cr(VI) tirpale ir ėsdinto chloratiniame tirpale rodo, kad plastiko paviršiuje, ėsdinant chloratiniame tirpale, cheminiai pokyčiai yra netgi ryškesni, negu ėsdinant įprastiniame tirpale. Ėsdinant chloratiniame tirpale IR spektre matomi papildomi pikai. Spektrogramos pateiktos 1 pav.

ABS plastikui taip pat buvo atlikti ir Ramano spektroskopijos tyrimai. Buvo išmatuoti neėsdinto, ėsdinto chloratiniame ir įprastiniame Cr(VI) pagrindu tirpaluose ABS plastiko paviršiaus spektrai. Užrašant chloratiniame tirpale ėsdinto ABS paviršiaus spindulio dažnio pokyčius specifinių ypatumų, lyginant su ėsdintu įprastiniame tirpale ABS, nepastebėta, tačiau ėsdinto bet kuriame iš tirpalų plastiko paviršiaus spektroskopija skyrėsi nuo neėsdinto pikų intensyvumu.

Tam, kad išsiaiškinti atsiradusių po ABS ėsdinimo chloratiniame tirpale papildomų IR pikų prigimtį artimiausiu metu planuojama atlikti ABS paviršiaus tyrimus skenuojančiu elektroniniu mikroskopu ir chloratinio ėsdinimo tirpalo IR matavimus.



1 pav. ABS plastiko IR atspindžio spektrai, a) neėsdintas, b) ėsdintas chloratiniame tirpale, c) ėsdintas įprastame Cr(VI) tirpale.

Literatūra

1. L.Magallón-Cacho, J.J.Pérez-Bueno, Y.Meas-Vong, G.Stremsdoerfer, F.J.Espinoza-Beltrán, Surf. Coat. Techn. **206**, 1410 (2011).

Elektros tinklo mikroinverterio naudingumo faktoriaus tyrimas

Edvardas Bielskis^{1,2}, Martynas Šapurov^{1,3}, Andrius Platakis³

¹Fizinių ir Technologijos Mokslų Centras, Medžiagotyros ir elektros inžinerijos skyrius, A. Goštauto 11, LT-01108 Vilnius

²Šiaulių universitetas Technologijos ir gamtos mokslų fakultetas, Vilniaus 141, LT-76285 Šiauliai

³Vilniaus Gedimino technikos universitetas Elektronikos fakultetas, Naugarduko g. 41, LT-03227 Vilnius

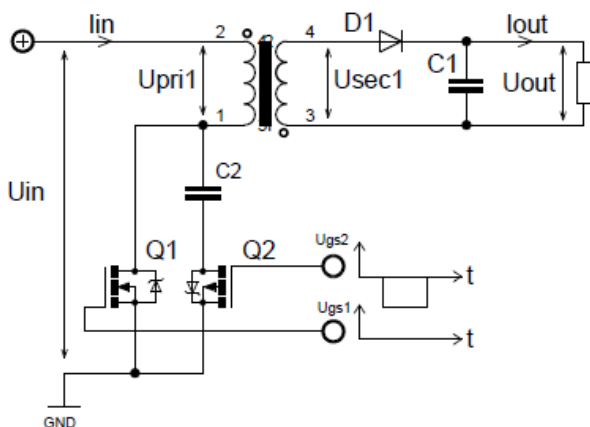
el. p.: edvardas.bielskis@su.lt

Tinklo inverteriai (angl. grid tied inverter), tai inverteriai tiekiantys elektros energiją į elektros tinklą [1]. Tinklo inverteris nuolatinės įtamos fotovoltinę elektros energiją paverčia į reikiamos tinklui amplitudės ir dažnio elektros energiją. Taip pat jis sinchronizuojasi su elektros tinklu ir perduoda srovę į elektros tinklą. Inverteriai, kurių galia mažesnė nei 250 W vadinami mikroinverteriais.

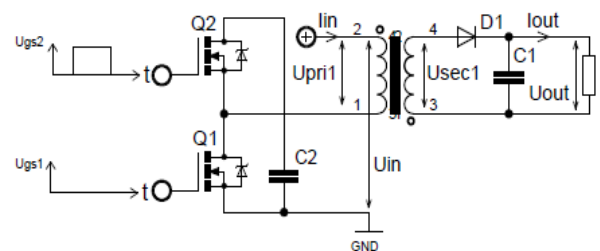
Šiame darbe pateikta tirta mikroinverterio įtampą aukštinančios dalies sistema, kurią sudaro Flyback topologijos įtampą aukštinantis keitiklis. Ištirta naudingumo faktoriaus priklausomybė nuo galios tiekiamos į apkrovą ir IPM (IPM – impulsų pločio moduliacija) būdu formuojamo inverterio raktų komutavimo signalo (nešlio) dažnio.

Tyrimas atliktas dvejoms mikro inverterio įtampą aukštinančios dalies schemoms:

1. Klasikinei Flyback topologijos mikroinverterio schemai skirtai fotoelementų elektros energiją tiekti į tinklą (1 pav.).
2. Pasiūlytai alternatyviai Flyback topologijos mikroinverterio schemai (2 pav.).



1 pav. Klasikinio Flyback įtampą aukštinančio keitiklio principinė elektrinė schema



2 pav. Pasiūlyta Flyback įtampą aukštinančio keitiklio principinė elektrinė schema

Tirtas klasikinis Flyback keitiklis efektyviausiai veikia ties 36,2 kHz nešlio dažniu esant 160 W apkrovos galiai. Didinant galią efektyvumas mažėja dėl didėjančių transformatoriaus vario nuostolių ir lauko tranzistorių komutacinių nuostolių.

Pasiūlyto keitiklio naudingumo faktorius yra mažesnis 1 % už klasikinio, kai keitiklio galia viršija 95 W, tačiau yra 2-3% aukštesnis, kai galia nesiekia 95 W. Siūlomo Flyback keitiklio didesnis naudingumo faktorius prie mažų galių paaiškinamas geresnėmis viršįtampio gesinimo grandinėje panaudoto N kanalo lauko tranzistoriaus Q2 laidumo savybėmis.

Sukurtoje alternatyvioje Flyback keitiklio schemoje naudojama mažiau elektronikos komponentų, naudojamas paprastesnis lauko tranzistorių valdymas, nėra neigiamo poliaringumo įtampa valdomų tranzistorių, dėl šių savybių pasiūlytas alternatyvus Flyback keitiklis yra pigesnis ir patikimesnis.

Literatūra

1. Minjie C.; Afridi, K.K.; Perreault, D.J. 2013. A multilevel energy buffer and voltage modulator for grid-interfaced micro-inverters, in Energy Conversion Congress and Exposition (ECCE), 2013 IEEE. Denver, 3070-3080.
2. Xiangjun, Z.; Hankui, L.; Dianguo, H. 2003. Analysis and design of the fly back transformer, in Industrial Electronics So-ciety, 2003. IECON '03. The 29th Annual Conference of the IEEE. Harbin, 715-719.

Spalio 23 d. FTMC Pusušaidininkų fizikos institute, A. Goštauto g. 11, salėje

10:00	Armandas Balčytis. Subbanginiais dariniais modifikuotų silicio ant izoliatoriaus rezonantorinių jutiklių gamyba elektronų pluošto litografijos metodais.
10:15	Edgaras Markauskas. Plonasluoksniuose saulės elementuose lazeriu suformuotų izoliacinių P3 tipo rėžių laidžio tyrimas.
10:30	Julijanas Želudevičius. Pikosekundinius optinius impulsus generuojanti skaidulinė grandinė su derinamomis skaidulinėmis Brego gardelėmis.
10:45	Simonas Indrišiūnas. Šviesos pagavimo struktūrų formavimas fotovoltiniams elementams, naudojant abliaciją keliais interferuojančiais lazerio pluoštais.

11:00 Kavos pertrauka

11:30	Saulius Frankinas. Impulsų spaudimo čirpuota tūrine Brego gardele tyrimas, panaudojant derinamos dispersijos skaidulinį impulsų plėstuvą.
11:45	Karolis Ratautas. Selektivus lazeriu inicijuotas polimerų metalizavimas.
12:00	Giedrius Abromavičius. HfO_2 ir $\text{HfO}_2\text{-SiO}_2$ mišinių pagrindu suformuotos aukšto atspindžio dangos 266 nm bangos ilgiui, jų optinės bei atsparumo lazerinei spinduliotei savybės.
12:15	Konstantinas Vaškevičius. SOI struktūrų jutiklinių savybių tyrimai.
12:30	Rokas Danilevičius. Femtosekundinė derinamo bangos ilgio OPCPA sistema naudojant pikosekundinio skaidulinio lazerio užkratą ir pikosekundinio DPSS lazerio kaupinimą.
12:45	Darius Urbonas. Plataus spektrinio diapazono, padidinto jautrumo ir pašalinto modų skilimo SOI dielektriniai optiniai žiediniai rezonatoriai.

13:00 Pietų pertrauka

14:00	Tomas Tolenis. TiO_2 nano-skulptūrinių dangų charakterizavimas.
14:15	Valdemar Stankevič. Trimačių optofluidinių darinių formavimas lydytame kvarce femtosekundinio lazerio inicijuoto cheminio išsodinimo būdu ir darinio optimizavimo galimybės.
14:30	Ovidijus Žalys. Fotoelektros tyrimas GaAs p-n sandūroje esant intensyviu lazerio apšvietimui.
14:45	Dainius Pavilonis. Senėjimo efektų tyrimas nanostruktūrizuotuose $\text{La}_{0.83}\text{Sr}_{0.17}\text{MnO}_3$ sluoksniuose.

15:00 Kavos pertrauka

15:30	Monika Kirsnytė. Polipirolo sferų sintezė ir taikymas.
15:45	Inga Rumskaitė. Stabilių sieros izotopų vertės miesto aerozolio dalelėse.
16:00	Zita Žukauskaitė. Plutonio izotopų sukonzentravimo iš natūralių vandens telkinių metodai.
16:15	Laima Nedzveckienė. Plutonio pasiskirstymo koeficiento Kd skirtingo tipo dirvožemiuose palyginimas.
16:30	Ernesta Meinorė. Vulkaninės kilmės rūgštinių sulfatų neutralizacija amoniaku aerozolio dalelėse.
16:45	Sergej Šemčiuk. Radionuklidų ir metalų sorbcija ant grafeno oksido.
17:00	Ieva Kulakauskaitė. Geležies oksido magnetinių nano-kompozitų sintezė ir jų taikymas šalinant radionuklidus bei sunkiuosius metalus iš skystųjų terpių.

17:30 Vakaronė

Subbanginiais dariniais modifikuotų silicio ant izoliatoriaus rezonantorinių jutiklių gamyba elektronų pluošto litografijos metodais

Armandas Balčytis^{1,2}, Darius Urbonas¹, Martynas Gabalis¹, Konstantinas Vaškevičius¹,
Saulius Juodkasis², Raimondas Petruškevičius¹

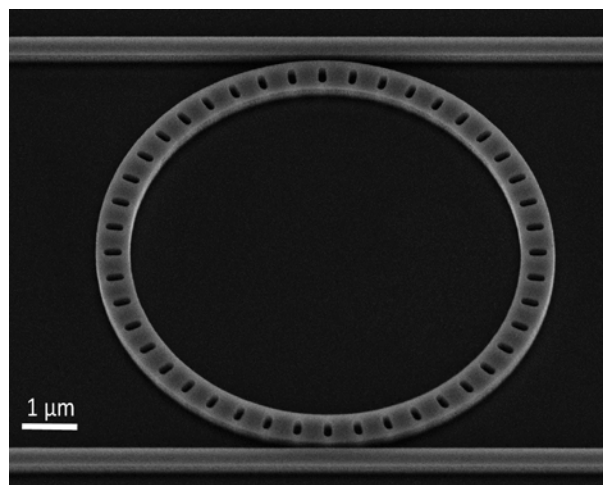
¹Fizinių ir technologijos mokslų centras, Lazerinių technologijų skyrius, A. Goštauto 11, LT-01108 Vilnius.

²Centre for Micro-Photonics, Swinburne University of Technology, Hawthorn, VIC 3122, Australia
el. p.: armandas.balcytis@gmail.com

Lūžio rodiklio jutikliai, apimantys optinių šviesolaidžių ar paviršinio plazmoninio rezonanso pagrindu veikiančius prietaisus, fotoninius kristalus, interferometrus bei rezonatorinius darinius, sudaro svarbią optinių jutiklių grupę kuri, naudojant deramą funkcio-nalizaciją, gali veikti nenaudojant analičių cheminio ženklinimo (angl. label-free) [1]. Aukšto Q-faktoriaus žiediniai optiniai mikrozonatoriai tarp šių prietaisų išsiskiria juose daug kartų pasikartojančia sąveika tarp šviesos ir analičių molekulių sąlygojančia didelį jautrį, bei miniaturizacijos bei integracijos potencialu pasiekiamu dėl suderinamumo su didelio masto litografinėmis puslaidininkinių darinių gamybos technologijomis. Didžiausiu suderinamumu su įsivertinusiomis komerciniais gamybos metodais pasižymi silicio ant izoliatoriaus (angl. Silicon-On-Insulator, SOI) platforma.

Tačiau, nors didelis Si lūžio rodiklis įgalina labai miniaturizuoti fotoninio grandyno komponentus, jis taip pat lemia stiprią šviesos lokalizaciją, kas verčia kurti labai mažų skersinių matmenų bangolaidinius darinius (400 × 220 nm) norint pasiekti vienmodį režimą. Be to, kadangi žiediniai rezonatoriai palaiko daug modų, spektrinis atstumas tarp jų apriboja prietaiso dinaminį diapazoną, kas neretai apsunkina tokių jutiklių taikymą biodekacijos srityje, kur analičių koncentracijos gali labai stipriai varijuoti.

Šiame darbe yra pristatoma planarinių mikrozonantorių SOI fotoninių grandynų gamybos metodika, kuri remiasi didelės skyros elektronų pluošto litografija. Pasiekama 10 nm skyra bei galimybė nepriklausomai kontroliuoti kiekvieno komponento ekspozicijos sąlygas įgalina ne tik užtikrinti sub-banginių matmenų bangolaidinių darinių kritinius matmenis, bet ir įvesti griežtai kontroliuojamas 10-160 nm dydžio periodines rezonantorių struktūrų modifikacijas skirtas kontroliuoti rezonansinių modų sklaidimo bei jų lokalizacijos rezonatoriuje sąlygas [2].



1 pav. Ant SOI padėklo EBL metodu pagaminto su dviem bangolaidžiais susieto perforuoto žiedinio rezonatoriaus skenuojančių elektronų mikrofotografija.

Gamybos procesas buvo atliktas naudojant teigiamo tono PMMA rezistą su po to sekančia litografinės kaukės inversija (angl. Lift-off) kaitinant elektronų pluoštu termiškai užgarinus 10 nm storio Cr sluoksnį ir po to PMMA pašalinus acetone. PMMA ekspozicija buvo atlikta naudojant 100 kV įtampa pagreitintą skenuojantį elektronų pluoštą, sufokusuotą į 5 nm diametro dėmę. Suformavus Cr ęsdinimo kaukę, planarinis ant SOI suformuotas raštas į 3D bangolaidinius darinius buvo pervestas reaktyvių jonų ęsdinimo (angl. Reactive Ion Etching, RIE) būdu fluoridinėje CF₄/O₂ chemijoje [3].

Literatūra

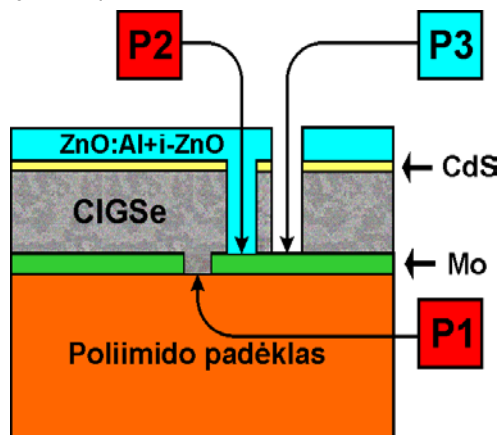
1. M. S. Luchansky, R. C. Bailey, Anal. Chem. **82**(12), 793 (2012).
2. D. Urbonas, A. Balčytis, M. Gabalis, K. Vaškevičius, G. Naujokaitė, S. Juodkasis, R. Petruškevičius, Opt. Lett. **40**(13), 2977 (2015).
3. A. Balcytis, G. Seniutinas, D. Urbonas, M. Gabalis, K. Vaškevičius, R. Petruškevičius, G. Molis, G. Valušis, S. Juodkasis, Proc. SPIE 9446, 94461G (2015).

Plonasluoksniuose saulės elementuose lazeriu suformuotų izoliacinių rėžių laidžio tyrimas

Edgaras Markauskas, Paulius Gečys, Gediminas Račiukaitis

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

Pagal pasiekiamą saulės energijos keitimo į elektrą efektyvumą, $\text{CuIn}_{1-x}\text{Ga}_x\text{Se}_2$ saulės elementai yra efektyviausi lyginant su kitomis plonasluoksniėmis technologijomis. Šiuo metu mažo ploto celėse pasiektas rekordas siekia 21,7 % [1]. Tačiau didelio ploto moduluose pasiekiamas gerokai žemesnis efektyvumas dėl nuostolių, kurių priežastis - plonų kontaktų varžos. Siekiant jų išvengti, didelio ploto saulės elementas turi būti padalintas į mažesnio ploto celes, sujungtas nuosekliai (1 pav.). Tam yra būtini atlikti trys P1, P2 ir P3 rėžiai. Buvo pastebėta, kad dėl lazerio sukeltų šiluminių pažeidimų, gali susiformuoti laidžiosios CIGS fazės. Jos gali sukelti trumpą jungimą bei ženkliai sumažinti modulio efektyvumą.

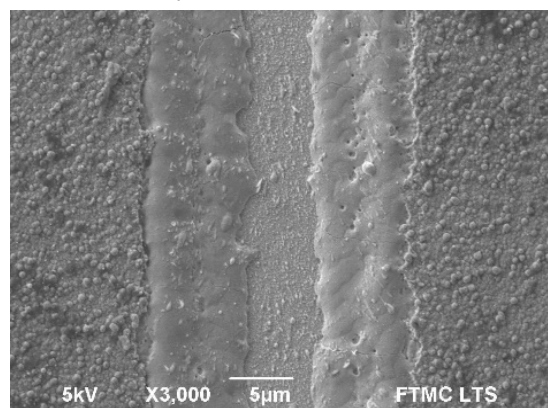


1 pav. Vidinis kontaktas suformuotas P1, P2, P3 rėžiais CIGS plonasluoksniame saulės elemente.

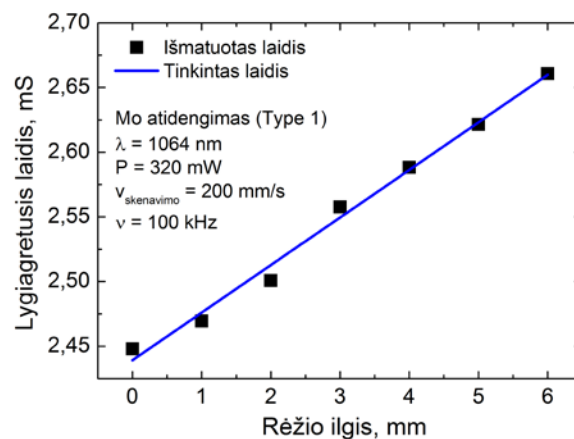
Įvertinti lazerinio P3 rėžio sąvitąjį laidį ir jo įtaką CIGS saulės celės elektrinėms savybėms, buvo panaudotos tiesių rėžių ir koncentrinų apskritimų technikos [2]. Matavimų metu buvo pastebėta viršutinio kontakto varžos įtaka matavimų paklaidoms. *Comsol* aplinkoje ši įtaka buvo sumodeliuota ir remiantis gautais rezultatais optimizuotos matavimo metodikos.

Eksperimentuose buvo naudojamas 10 ps trukmės lazeris veikiantis 1064, 532 ir

352 nm bangos ilgiuose. Lazeriu suformuotas P3 rėžis pavaizduotas 2 paveiksle. Tokio rėžio laidžio priklausomybė nuo jo ilgio pavaizduota 3 paveiksle.



2 pav. P3 izoliacinio rėžio SEM nuotrauka CIGS elemente. Naudotas 1064 nm lazerio spinduliuotės bangos ilgis.



3 pav. Lygiagretaus P3 rėžio laidžio priklausomybė nuo jo ilgio [2].

Literatūra

1. P. Jackson, D. Hariskos, et al., Phys. Status Solidi, **9**(1), 28-31 (2015).
2. E. Markauskas, P. Gečys, et al., Sol. En., **120**, 35-43 (2015).

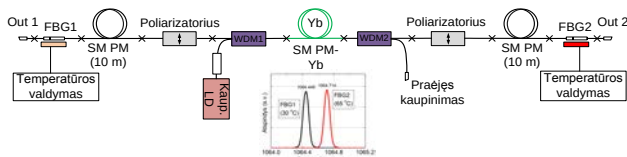
Pikosekundinius optinius impulsus generuojanti skaidulinė grandinė su derinamomis skaidulinėmis Brego gardelėmis

Julijanas Želudevičius, Kęstutis Regelskis

Fizinių ir technologijos mokslų centras, Lazerinių technologijų skyrius
A. Goštauto 11, LT-01108 Vilnius, el. p.: julijanas.zeludevicius@ftmc.lt

Daugumos itin trumpus impulsus generuojančių lazerinių šaltinių veikimas yra paremtas išilginių rezonatoriaus modų sinchronizacija [1-3]. Alternatyvus metodas itin trumpų impulsų generacijai yra 2R (*angl.* reshaping and re-amplification) optinių regeneratorių [4] pagrindu sudaryta skaidulinė uždara grandinė. Iki šiol buvo pademonstruotas šio metodo naudojamas generuojant trumpus impulsus tik telekomunikacinių bangos ilgių spektro srityje [5]. Neseniai mūsų atlikti tyrimai parodė galimybes generuoti didelės energijos itin trumpus impulsus 1064nm bangos srityje [6]. Šiame darbe buvo žengtas tolesnis žingsnis link monolitinės sandaros ir sudaryta pilnai skaidulinė grandinė naudojant temperatūra derinamas skaidulines Brego gardeles. Pagrindiniai tokio tipo grandinės privalumai lyginant su kitais itin trumpų impulsų skaiduliniais šaltiniais tai: pilnai skaidulinė sistemos sandara, didelė generuojamų impulsų energija ir ilga numatoma veikimo trukmė, kadangi schemoje nenaudojami jokie komponentai pasižymintys ilgalaikę savybių degradacija.

Eksperimentinė tiriamo skaidulinio generatoriaus schema yra pavaizduota 1 pav.



1 pav. Eksperimentinė impulsų generatoriaus schema.

Skaidulinės Brego gardelės buvo įmontuotos į du atskirus temperatūros stabilizavimo mazgus. Keičiant skaidulinių Brego gardelių (FBG) temperatūrą, jų atspindžio spektrai buvo paslenkami tokiu būdu, kad FBG1 gardelės atspindžio spektras nepersiklotų su FBG2 gardelės atspindžio spektru (1 pav., tarpas). Esant šioms sąlygoms optinis rezonatorius nesusidaro, taigi tiesiniu atveju (jei nėra netiesinių reiškinių) negali vykti ir lazerinė generacija. Tačiau šioje schemoje lazerinė generacija gali būti pasiekta pasitelkus netiesinį fazės moduliavimosi

reiškinį, kai impulsų spektras, impulsams sklindant skaidula, išplinta. Nors rezonatorius yra optiškai uždarytas (FBG atspindžio langai nepersikloja), dėl fazės moduliavimosi skaidulose, impulsų spektras išplinta ir tokiu būdu atsiranda grįžtamasis ryšis palaikantis tam tikrų parametų (tikrinių) impulsų generavimą. Tokios savaiminės generacijos sužadinimas gali būti pasiektas įvedus tam tikrą pradinį impulsą. Šiame darbe generacijos sužadinimui buvo naudojami 54 ps trukmės impulsai iš sinchronizuotų modų skaidulinio osciliatoriaus su puslaidininkiniu įsisotinančiu sugėrikliu. Derinant aktyvios skaidulos kaupinimą ir FBG gardelių temperatūras buvo surasti parametrai kai grandinėje buvo generuojama stabilių impulsų seka, išsilaikanti ir atjungus sužadinimo šaltinį. Generuojamų impulsų pasikartojimo dažnis siekė 3 MHz, o impulsų energija išėjimuose 1 ir 2 buvo atitinkamai 3,2 nJ ir 3,1 nJ. Buvo atliktas impulsų matavimas (išėjime 1) pasinaudojant FROG metodika. Impulsų trukmė siekė 25,6 ps. Parabolinė atstatyto impulso fazės forma nurodo, kad impulsai yra čirpuoti. Pagal skaičiavimus tokie impulsai papildomai galėtų būti suspaudžiami, naudojant įprastą difrakcinių gardelių kompresorių, iki <4ps trukmės. Tai buvo patvirtinta eksperimentiškai. Taip pat buvo išmatuotas ilgalaikis vidutinės galios stabilumas. Per visą 250 valandų matavimo laikotarpį didžiausias išėjimo galios nuokrypis nuo vidutinės vertės siekė $\pm 2\%$.

Literatūra

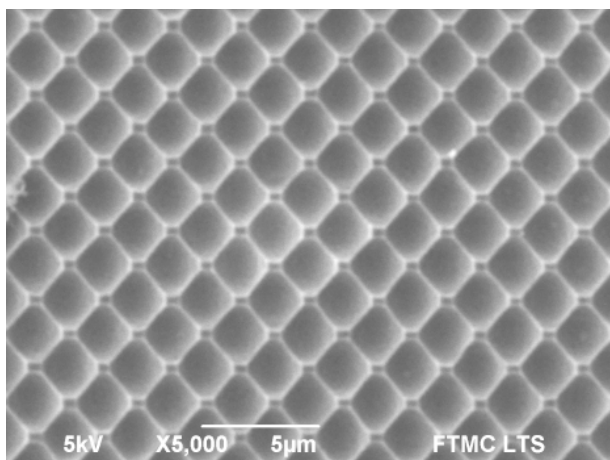
- [1] U. Keller, K. J. Weingarten, F. X. Kartner, D. Kopf, B. Braun, I. D. Jung, R. Fluck, C. Honninger, N. Matuschek, and J. Aus der Au, IEEE J. Sel. Top. Quantum Electron. 2, 435-453 (1996).
- [2] V.J. Matsas, D.J. Richardson, T.P. Newson, and D. N. Payne, Opt. Lett. 18, 358-360 (1993).
- [3] C. Agueraray, N. G. R. Broderick, M. Erkintalo, J. S. Y. Chen, and V. Kruglov, Opt. Express 20, 10545-10551 (2012).
- [4] P. V. Mamyshev, in 24th European Conf. on Opt. Commun. 1998, 475-476 (1998).
- [5] K. Sun, M. Rochette, and L. R. Chen, Opt. Express 17, 10419 (2009).
- [6] K. Regelskis, J. Želudevičius, K. Viskontas, G. Račiukaitis, "Yb-doped fiber ultrashort pulse generator based on self-phase modulation and alternating spectral filtering", Opt. Lett. doc. ID 247353 (posted 2015-10-06, in press).

Šviesos pagavimo struktūrų formavimas fotovoltiniams elementams, naudojant abliaciją keliais interferuojančiais lazerio pluoštais

Simonas Indrišiūnas, Gediminas Račiukaitis

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

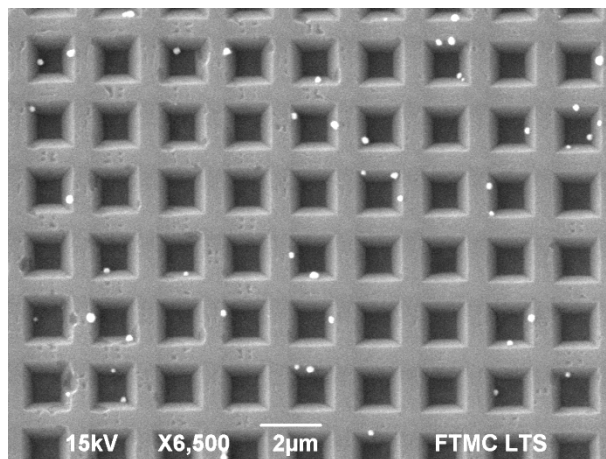
Silicio saulės elementai užima dominuojančią poziciją rinkoje. Didžiausiu efektyvumu pasižymi monokristalinio silicio saulės elementai, tačiau dėl mažesnės kainos plačiai naudojamas ir multikristalinis silicis. Kadangi silicio plokštelė atspindi maždaug trečdalį į ją krentančios šviesos, didesniame efektyvumui užtikrinti plokštelėje formuojamos atspindį mažinančios struktūros. Monokristalinio silicio plokštelėse paplitusios piramidžių ir invertuotų piramidžių struktūros, gaunamos naudojant anizotropinį cheminį ėsdinimą. Multikristalinio silicio plokštelėms anizotropinio ėsdinimo metodas netinka, todėl čia atspindį mažinanti struktūra gaunama izotropiškai ėsdinant plokštelės atpjovimo metu susidariusį nelygų paviršių [1]. Šiuo atveju gaunama struktūra turi prastesnes atspindžio mažinimo savybes nei monokristaliniame silicije gaunamos struktūros. Šiame darbe buvo tiriama galimybė panaudoti lazerinį apdirbimą interferuojančiais lazerio pluoštais [2] ir cheminį ėsdinimą atspindį mažinančių struktūrų multikristaliniame silicije gamybai.



1 pav. 2 μ m periodo struktūra multikristaliniame silicije, gauta naudojant abliaciją keturiais interferuojančiais pluoštais ir cheminį ėsdinimą.

Multikristalinio silicio plokštelės buvo tekstūruotos naudojant įvairius lazerinio apdirbimo parametrus ir chemiškai ėsdintos. Naudojant SEM, AFM, atspindžio matavimą buvo tiriama lazerinio apdirbimo ir ėsdinimo įtaka gautai periodinei struktūrai.

Lazerio spinduliuotės ir ėsdinimo poveikis buvo naudojamas ir struktūroms monokristaliniame silicije formuoti. Monokristaliniame silicije darant pažeidimus interferenciniu intensyvumo skirstiniu buvo suformuotos invertuotų piramidžių periodinės struktūros. Nustatyti piramidžių susidarymui reikalingų lazerio parametrų langas. Formuotos įvairaus periodo piramidžių struktūros.



2 pav. 2 μ m periodo struktūra monokristaliniame silicije, gauta naudojant abliaciją keturiais interferuojančiais pluoštais ir ėsdinimą KOH.

Literatūra

1. J. Szlufcik, F. Duerinckx, J. Horzel, E. Van Kerschaver, H. Dekkers, S. De Wolf, P. Choulat, C. Allebe, and J. Nijs, Sol. Energy Mater. Sol. Cells **74**, 155-163 (2002).
2. H. Misawa, T. Kondo, S. Juodkazis, V. Mizeikis, and S. Matsuo, Opt. Express **14**, 7943 (2006).

Impulsų spaudimo čirpuota tūrine Brego gardele tyrimas, panaudojant derinamos dispersijos skaidulinį impulsų plėstuvą

Saulius Frankinas, Tadas Bartulevičius, Andrejus Michailovas ir Nerijus Rusteika

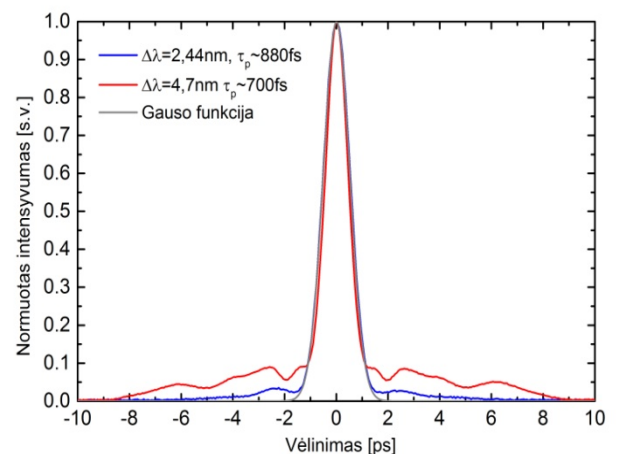
Fizinių ir technologijos mokslų centras, Lazerinių technologijų skyrius
Savanorių pr. 231, LT-02300 Vilnius, el. p.: s.frankinas@ekspla.com

Didelės energijos skaidulinėse femtosekundinėse čirpuotų impulsų stiprinimo sistemose impulsai plečiami laike naudojant čirpuotą šviesolaidinę brego gardelę (ČŠBG), stiprinami didelio modos ploto skaidulose. Sustiprinti faziškai moduluoti impulsai spaudžiami difrakcinių gardelių kompresoriumi [1]. Didelės impulsų energijos (~10 μJ) skaidulinėse sistemose impulsai čirpuojami iki 100ps-1ns trukmės, todėl reikalingas didelių matmenų difrakcinių gardelių kompresorius. Pasiūlyta alternatyvi impulsų spaudimo technologija, paremta čirpuota tūrine brego gardele (ČTBG) [2]. Šioje sistemoje ČTBG naudojama ir kaip impulsų plėstuvai, ir kaip spauduvai, tačiau tokioje sistemoje reikalingas papildomas likutinės dispersijos kompensavimo mechanizmas [3]. Šiame darbe pristatoma unikali čirpuotų impulsų stiprinimo sistema, kurioje impulsai plečiami derinamos dispersijos ČŠBG ir spaudžiami fiksuotos dispersijos ČTBG.

Skaidulinės sistemos užkrato šaltinis yra skaidulinis pasyvios modų sinchronizacijos osciliatorius, generuojantis spektriškai ribotus 2ps trukmės impulsus. Impulsų spektras dėl fazės moduliavimosi vienamodėje skaidulose išplinta iki kelių nm pločio, todėl sistemos išvade gaunami femtosekundiniai impulsai. Impulsai faziškai moduluojami ČŠBG, kurios dispersija derinama 60-65ps/nm ruože sukuriant tam tikrą temperatūros skirstinį išilgai gardelės. Impulsai spaudžiami 61ps/nm dispersijos ČTBG.

Šiame darbe naudojami 2.4nm ir 4.7nm spektro pločio impulsai, kurie išplėsti iki 150ps ir 300 ps trukmės (atitinkamai). 1 pav. parodytos suspaustų impulsų autokoreliacinės kreivės. 300 ps čirpuoti impulsai buvo suspausti iki 700 fs trukmės (spektriškai riboto impulso trukmė atitinka 400 fs). Šiuo atveju suspausti impulsai (raudona kreivė) turi žymiai didesnę likutinę pikosekundinį pjedestalą

palyginti su siauresnio spektro suspaustais impulsais (mėlyna kreivė). Likutinis pjedestalas galimas dėl netiesinės dispersijos ČŠBG ar ČTBG kraštuose, kurios neįmanoma kompensuoti temperatūriniu gradientu išilgai ČŠBG. Daugiau eksperimentinių rezultatų bus pateikta konferencijoje.



1 pav. Išmatuotos suspaustų impulsų autokoreliacinės kreivės.

Literatūra

1. G. Imeshev, I. Hartl, and M. E. Fermann, "Chirped pulse amplification with a nonlinearly chirped fiber Bragg grating matched to the Treacy compressor", *Opt. Lett.* **29**, 679 (2004).
2. K.H. Liao, M.Y. Cheng, E. Flecher, V.I. Smirnov, L.B. Glebov, A. Galvanauskas, "Large-aperture chirped volume Bragg grating based fiber CPA system", *Opt. Express* **15**, 4876 (2007).
3. G. Chang, M. Rever, V. Smirnov, L. Glebov, and A. Galvanauskas, "Femtosecond Yb-fiber chirped-pulse-amplification system based on chirped-volume Bragg gratings", *Opt. Lett.* **34**, 2952 (2009).

Selektyvus lazeriu inicijuotas polimerų metalizavimas

Karolis Ratautas, Mindaugas Gedvilas, Ina Stankevičienė, Aldona Jagminienė,
Eugenijus Norkus, Gediminas Račiukaitis

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

Lazeriu inicijuotas selektyvus polimerų metalizavimas turi keletą didelių pranašumų lyginant su įprastinėmis technologijomis, tokiomis kaip PCB (ang. *Printed Circuit Board*). Visu pirma, tai yra pigesnis ir greitesnis metodas prototipų gamybai. Visu antra – tai medžiagas tausojantis metodas, nes yra selektyvus procesas. Didžiausias metodo pranašumas yra tas, kad atsiranda galimybė apdirbti 3D paviršių [1,2,3], tai yra kurti integrinius elektroninius grandynus tiesiai ant prietaiso plastikinio korpuso paviršiaus. Pastaroji savybė leidžia sumažinti prietaisą, taip taupant vietą, bei medžiagas.

Viena pagrindinių selektyvaus polimerų dengimo technologijų yra lazerinis tiesioginis struktūravimas (ang. *Laser Direct Structuring: LDS*). LDS procese yra naudojami plastikai su specialias užpildais. Užpildai dažniausiai būna paladžio metalo organiniai junginiai (kurie yra gana brangūs). LDS yra dviejų žingsnių metodas, pirmasis – aktyvacija lazerinių pluoštu. Aktyvacijos metu yra aktyvuojami specialūs užpildai polimerinėje matricoje. Po aktyvacijos užpildai tampa katalizatoriais besroviui metalo dengimui iš tirpalų. Antrasis žingsnis yra besrovė metalizacija, kuriai dažniausiai yra naudojami vario (II) besroviai dengimo tirpalai [4].

Šiame darbe yra tyrinėjama nauja LDS polimerinė medžiaga. Medžiagą sudaro anglies tipo užpildai polipropileno matricoje. Metalizavimo procedūra buvo atliekama naudojant Vario (II) sulfato besrovį dengimo tirpalą. Aktyvacijos procesas buvo tyrinėjamas su dviem skirtingoms lazerio impulso trukmėmis: piko ir nanosekundiniais impulsais. Buvo taikoma 1064 ir 532 nm bangos ilgio spinduliuotė. Siekiant nustatyti optimalius aktyvacijos parametrus buvo

keičiama spinduliuotės galia, skenavimų greitis, skenavimų kartai, bei skenuojamų linijų persiklojimų tankis. Tyrinėjami buvo galutiniai, variu padengti bandiniai, matuojant paviršinę varžą 4 zondu metodą [5]. Selektvus metalizavimas buvo stebimas tik po nanosekundinio lazerio aktyvacijos. Naudojant LDS metodiką ir naują inžinerinę medžiagą, buvo gautos 23 μm pločio elektrinių takelių linijos.

Aktyvacijos procesas buvo tyrinėjamas naudojant Ramano spektroskopiją [6, 7, 8]. Naudojant šią technologiją, buvo pagaminti elektroninių grandynų prototipai.

Literatūra

1. P. Amend, C. Pscherer, T. Rechtenwald, T. Frick, and M. Schmidt, *Phys. Procedia* **5**, 561-572 (2010).
2. G. Tsoukantas, K. Salonitis, P. Stavropoulos, and G. Chryssolouris, *Proc. SPIE* **5131**, 224-228 (2003).
3. J.K.M. Huske, J. Miller, G. Esser, "Laser Supported Activation and Additive Metallization of Thermoplastics for 3D-MIDs," *Proc. LANE* (2001).
4. T. Ogura, M. Malcomson, and Q. Fernando, *Langmuir* **6**, 1709-1710 (1990).
5. T.M. Hansen, K. Stokbro, O. Hansen, T. Hassenkam, I. Shiraki, S. Hasegawa, and P. Bøggild, *Rev. Sci. Instrum.* **74**, 3701-3708 (2003).
6. F.R. Dollish, W. G. Fateley, and F. F. Bentley, *Characteristic Raman frequencies of organic compounds* (Wiley, New York, 1974).
7. E.E. Ibrahim, D. M. Chipara, R. Thapa, K. Lozano, and M. Chipara, *J. Nanomater.* **2012**, 8 (2012).
8. A.C. Ferrari, and J. Robertson, *Phys. Rev. B* **61**, 14095-14107 (2000).

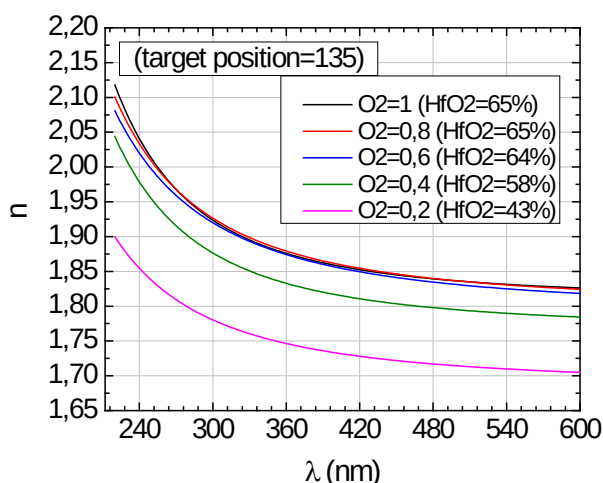
HfO₂ ir HfO₂-SiO₂ mišinių pagrindu suformuotos aukšto atspindžio dangos 266nm bangos ilgiui, jų optinės bei atsparumo lazerinei spinduliutei savybės

Giedrius Abromavičius, Ramutis Drazdys

Fizinių ir technologijos mokslų centras, Lazerinių technologijų skyrius
A. Goštauto 11, LT-01108 Vilnius, el. p.: giedrius.abromavicius@ftmc.lt

Didelės galios lazerinėse sistemose naudojami optiniai komponentai dažnai yra silpnai grandis, apribojanti šių sistemų galią. HfO₂ bei jo mišiniais yra skirtas ne vienas tyrimas, kadangi šios medžiagos panaudojimas leidžia sukurti dideliu atsparumu pasižyminčias optines dangas [1],[2]. Šiame darbe nagrinėjama galimybė padidinti aukšto atspindžio dangos 266 nm bangos ilgiui atsparumą lazeriniams ns impulsams, jo formavimui panaudojant tiek skirtingą HfO₂ frakciją turinčius HfO₂-SiO₂ mišinius, tiek gryną HfO₂, juos komponuojant su SiO₂, o taip pat naudojant papildomo kaitinimo procedūrą.

Prieš formuojant daugiasluoksnes optines dangas buvo atliekami eksperimentai su plonais HfO₂-SiO₂ mišinių sluoksniais, siekiant nustatyti O₂ dujų kiekį jonapluoščio dulkinimo proceso metu, lemiantį optimalias sluoksnių optines savybes.

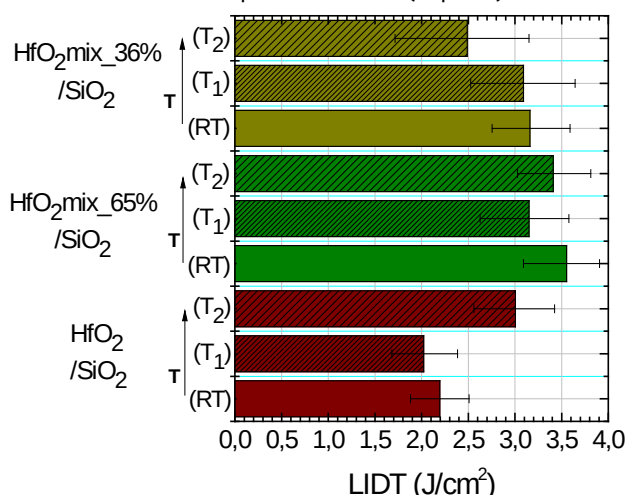


1 pav. HfO₂ frakcijos kitimo sąlygotas lūžio rodiklio kitimas keičiant O₂ kiekį (s. v.) proceso metu, esant fiksuotai zoninio taikinio pozicijai.

Mažinant O₂ dujų kiekį, mažėjo HfO₂ frakcija mišinyje, ir tuo pačiu lūžio rodiklis. Tai galima aiškinti tuo, jog esant mažesniai O₂ dujų kiekiui padidėja SiO₂ dulkinimo sparta, ir tokiau

būdu besiformuojančiame sluoksnyje santykinai mažėja HfO₂ dalis.

Pasirinkus dviejų skirtingų frakcijų HfO₂-SiO₂ mišinius, atitinkamai turinčius 65% ir 36% HfO₂ koncentraciją, o taip pat gryną HfO₂ medžiagą, jonapluoščio dulkinimo technologijos būdu buvo suformuotos aukšto atspindžio dangos. Jos buvo papildomai kaitinamos iki dviejų skirtingų temperatūrų T₁ ir T₂, nustatomos spektrinės charakteristikos bei jų atsparumas 266 nm lazerinei spinduliutei (2 pav.)



2 pav. Nekaitintų (RT), kaitintų (T₁, T₂) skirtingų HfO₂ mišinių bei gryno HfO₂ pagrindu suformuotų aukšto atspindžio dangų atsparumas 266nm spinduliutei.

Kaitinant dangas, buvo stebimas atspindžio bei pralaidumo UV spektriniame ruože didėjimas, susijęs su didėjančiu oksidacijos laipsniu dangose, bei tuo pačiu mažėjančia sugertimi. Teigiamas kaitinimo efektas dangų atsparumui buvo stebimas tik gryno HfO₂ atveju. HfO₂-SiO₂ mišinių pagrindu suformuotų dangų atsparumas nepadidėjo.

Literatūra

1. W Liu, C. Wei, J. Wu, Z. Yu, H. Cui, K. Yi, and J. Shao, Opt. Express 21, 22476-22487 (2013).
2. L. Gallais, J. Capoulade, J. Natoli, M. Commandré, M. Cathelinaud, C. Koc, and M. Lequime, Appl. Opt. 47, C107-C113 (2008).

SOI nanofotoninių struktūrų sensorinių savybių tyrimas

Konstantinas Vaškevičius, Darius Urbonas, Martynas Gabalis, Raimondas Petruškevičius

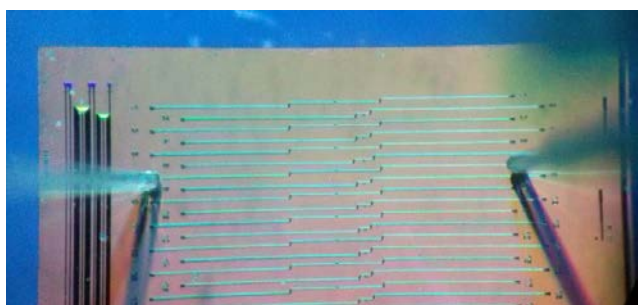
Fizinių ir technologijos mokslų centras, lazerinių technologijų skyrius
Savanorių pr. 231, LT-02300 Vilnius, el. p.: kvaskevicius@ftmc.lt

Silicis yra skaidrus artimai IR sričiai, todėl elektronikos pramonėje naudojamus SOI litografijos metodus galima tiesiogiai adaptuoti subbanginių nanofotoninių struktūrų gamybai. Per dešimtmečius išstobulinta gamybos technologija leidžia masiniu būdu gaminti sudėtingus optinius rezonatorius su itin aukštu kokybės faktoriumi ($Q > 100000$) [1]. Tai atveria perspektyvas naujoms itin jautrioms ir kompaktiškomis jutiklinėms sistemoms bei visam pluoštui integruotų elektrooptinių mazgų [2].

SOI nanofotoninių struktūrų charakterizavimas dažniausiai susiveda į jų pralaidumo spektrinių charakteristikų matavimą. Tam būtina užtikrinti kelis faktorius:

1. Tikslų žadinančios spinduliuotės įvesties pozicionavimą.
2. Didelį dinaminį registravimo diapazoną.
3. Aukštą spektrinę skyrą.

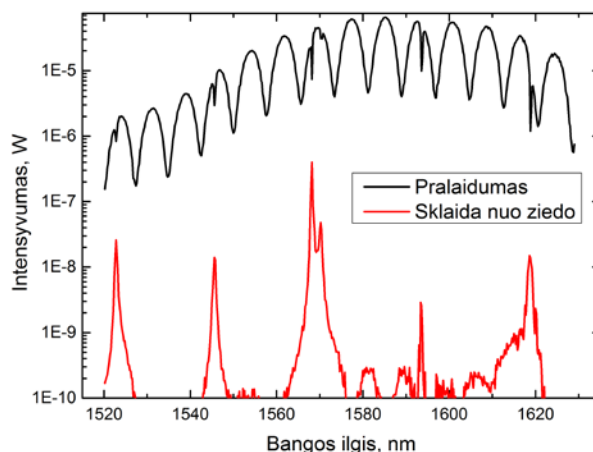
Siekiant šių tikslų buvo suprojektuotas ir įrengtas nanofotoninių struktūrų charakterizavimo stendas. Įvestis ir išvestis realizuota šviesolaidžiais per gardeles bangolaidžių galuose 10° kampu nuo vertikalės [3].



1 pav. Nanofotoninių rezonatorių matrica su įvesties ir išvesties šviesolaidžiais

Paprasčiausiu atveju sistemos su žiediniu rezonatoriumi pralaidumo spektras atrodo kaip periodinis siaurų sugerties linijų rinkinys. Toks darinys dėl struktūrinio paprastumo yra ganėtinai nejautrus gamybos netikslumams ir leidžia pasiekti gana aukštą rezonansų kokybės

faktorių (Q), tačiau dėl menko rezonatorių sklindančios modos išsklidimo už bangolaidžio ribų tokių jutiklių jautrumas aplinkos lūžio rodiklio pokyčiui paprastai neviršija 70 nm/RIU [4]. Žiedinio rezonatoriaus bangolaidyje suformavus periodinę struktūrą, atitinkančią 2-os eilės Brego gardelės sąlygą, ties rezonansiniu bangos ilgiu šviesa išspinduliuojama iš paties žiedo vertikaliai į aplinką [4]. Tai patvirtina mūsų atlikti matavimai (2 pav.).



2 pav. Žiedinio rezonatoriaus pralaidumo ir sklaidos spektrų palyginimas.

Literatūra

1. S.G. Lushnikov, J.-H. Ko, S.Kojima, Appl. Phys. Lett. 84, 4798 (2004).
2. K. De Vos, I. Bartolozzi, E. Schacht, P. Bienstman, R. Baets, OPTICS EXPRESS Vol. 15, No. 12 (2007)
3. Barrios C A 2012 Anal. Bioanal. Chem. 403 1467-75.
4. C.L. Arce, Novel Microfluidic Platforms Incorporating Photonic Ring Resonator Sensors (2014).
5. Xinlun Cai et al. Science Vol. 338 no. 6105 (2012).

Femtosekundinė derinamo bangos ilgio OPCPA sistema naudojant pikosekundinio skaidulinio lazerio užkratą ir pikosekundinio DPSS lazerio kaupinimą

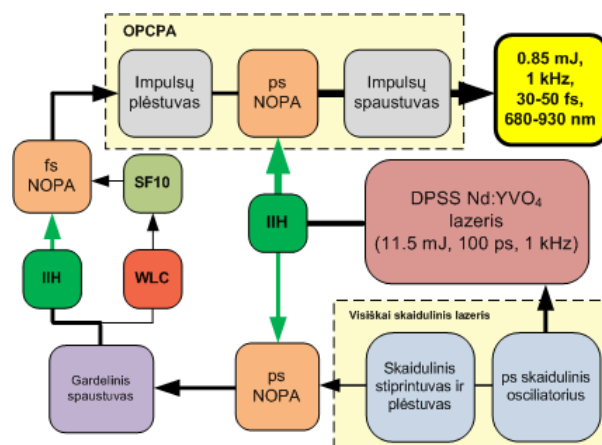
Rokas Danilevičius, Audrius Zaukevičius, Andrejus Michailovas, Nerijus Rusteika

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

Pranešime pristatoma kompaktiška femtosekundinė derinamo bangos ilgio OPCPA (Optical Parametric Chirped Pulse Amplification) sistema [1] su novatorišku šaltiniu, kuriame pikosekundinis visiškai skaidulinis lazeris naudojamas kaip užkratas DPSS (Diode Pumped Solid State) regeneraciniam stiprintuvui ir kaip šaltinis baltos šviesos superkontinuumui (WLC) generuoti. Šis metodas leidžia potencialiai pagerinti impulsų laikinį kontrastą sistemos išėjime, atsisakant papildomo femtosekundinio regeneracinio stiprintuvo, kuris būtų reikalingas impulsus generuojant femtosekundiniame osciliatoriuje. Taip pat, panaikinant sudėtingos išorinės sinchronizacijos tarp signalinio ir kaupinimo impulsų [2] reikiamybę, ženkliai supaprastinama visa sistema.

Principinė eksperimentinė schema pateikta 1 pav. Pasyvios modų sinchronizacijos režimu veikiantis skaidulinis osciliatorius generuoja 2 ps spektriškai ribotus impulsus ties 1064 nm centriniu bangos ilgiu. Impulsai iš vieno osciliatoriaus kanalo sustiprinami skaiduliniame stiprintuve, jų spektras išplinta dėl fazės moduliavimosi reiškinio vienmodėje optinėje skaiduloje. Toliau impulsai plečiami laike iki 125 ps panaudojant plačiąjuostę čirpuotą skaidulinę Brego gardelę (CFBG). Kitas osciliatoriaus kanalas naudojamas DPSS Nd:YVO₄ stiprintuvo užkratui formuoti impulsus išplečiant iki 200 ps siaurajuoste stačiakampio atspindžio profilio CFBG. DPSS lazeris sudarytas iš regeneracinio ir tiesinio vieno praėjimo stiprintuvo. Jo išėjime gaunami 11.5 mJ, 100 ps impulsai ties 1064 nm centriniu bangos ilgiu, kurių II-oji harmonika naudojama optinio parametrinio stiprintuvo (OPA) kaupinimui. Lazerio pasikartojimo dažnis - 1 kHz. Čirpuoti ir spektriškai išplitę impulsai iš skaidulinio lazerio sustiprinami nekoliniariame OPA (NOPA) iki 190 μJ ir suspaudžiami iki 325 fs trukmės difrakcinių gardelių spaustuviu. Nedidelė dalis sustiprintos spinduliuotės (~1 μJ) naudojama WLC generavimui 5 mm Safyro kristale, likusi dalis - WLC

stiprinimui femtosekundinėje NOPA. Prieš stiprinimą WLC impulsai išplečiami laike iki 1.2 ps SF10 stikle, siekiant realizuoti bangos ilgio derinimą keičiant vėlinimą tarp signalinės ir kaupinimo bangų. Galutinis stiprinimas atliekamas panaudojant OPCPA schemą. Pirmiausia impulsai išplečiami iki 40 ps difrakcinių gardelių plėstuvu, taip pasiekiant didelį stiprinimo efektyvumą ir išvengiant spektro siaurinimo. Išplėsti impulsai sustiprinami parametriškai iki 1 mJ energijos netiesiniame BBO kristale ir suspaudžiami Ofnerio tipo impulsų spaustuviu.



1 pav. Principinė OPCPA sistemos schema.

Impulsai sistemos išėjime charakterizuoti FROG autokoreliatoriumi. Eksperimentiškai išmatuotos impulsų trukmės tarp 30 fs ir 50 fs ties skirtingais centriniais bangos ilgiais. Pademonstruotas bangos ilgio derinimas 680-930 nm diapazone. Detali sistemos apžvalga ir matavimai bus pristatyti pranešimo metu.

Literatūra

1. S. Witte and K.S.E. Eikema, "Ultrafast Optical Parametric Chirped-Pulse Amplification", IEEE J. Sel. Top. Quant. Electron. **18**, 296-307 (2012).
2. H. Fattahi et al. "Pump-seed synchronization for MHz repetition rate, high-power optical parametric chirped pulse amplification", Opt. Express **20**, 9833-9840 (2012).

Plataus spektrinio diapazono, padidinto jautrumo ir pašalinto modų skilimo SOI dielektriniai optiniai žiediniai rezonatoriai

Darius Urbonas, Armandas Balčytis, Martynas Gabalis,
Konstantinas Vaškevičius, Greta Naujokaitė, Saulius Juodkasis, Raimondas Petruškevičius

Fizinių ir technologijos mokslų centras, Lazerinių technologijų skyrius
Savanorių pr. 231, LT-02300 Vilnius, el. p.: darius.urbonas.p@gmail.com

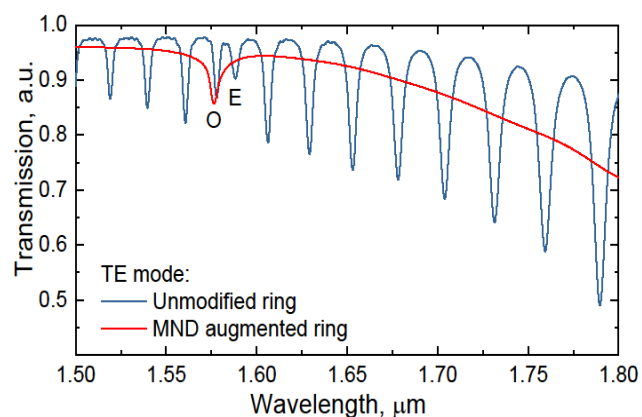
Šiame darbe silicio dielektriniai (silicon on insulator - SOI) optiniai žiediniai rezonatoriai buvo modifikuoti periodiškai išraižytomis metalo nanodalelėmis, tokiu būdu pasiektas platus spektrinis diapazonas (1 pav.), kuris nėra apribotas gretimų žiedo palaikomų modų (10 kartų didesnis darbinis plotis lyginant su nemodifikuotu žiediniu rezonatoriumi). Parodyta, kad periodinė žiedo moduliacija leidžia išrinkti vieną žiedo modą iš daugelio rezonatoriaus modų. Taip pat, papildoma sklaida, kuri yra sukurta periodinės modifikacijos, padidina rezonatoriaus jautrumą (176 nm/RIU - 2 kartus padidėja lyginant su nemodifikuotu rezonatoriumi) ir tuo pačiu sumažina bendrą kokybės faktorių. Konceptijos patvirtinimas pateiktas pasitelkiant baigtinių skirtumų laiko skalėje metodą (finite difference time-domain - FDTD).

Kaip parodyta prieš tai [1 - 4], optiniai žiediniai rezonatoriai turi daugelį naudingų savybių lyginant su kitais prietaisais, tokių kaip: aukštas kokybės faktorius Q ir siauras spektrinių linijų plotis (nulemtas tiriamų dalelių esančių terpėje supančioje žiedinį rezonatorių) leidžiantis labai mažų spektrinių postūmių matavimus. Jeigu rezonansinės linijos postūmis pakeitus išorinę terpę yra pakankamai didelis, kad jis pradeda dengti greta esantį rezonansą (prieš pakeičiant išorinę medžiagą), tai rezonansinės linijos postūmis (apspręstas lūžio rodiklio pokyčio supančioje terpėje) nebegali būti nustatytas. Kitaip tariant, jeigu rezonanso postūmis viršija spektrinį diapazoną (free spectral range - FSR), tai toks jutiklis yra nebepanaudojamas. Šis apribojimas apsunkina žiedinių optinių rezonatorių, kurie turi ypač siaurą FSR, panaudojimą, nes dideli rezonansinės linijos postūmiai nebegali būti išmatuojami.

Šiame darbe buvo pademonstruota plataus FSR optinio žiedinio rezonatoriaus koncepcija (FSR viena eile didesnis nei įprasto)

- vienmodis režimas. Taip pat, sensoriaus jautrumas buvo pagerintas du kartus. Parodyta, kad keičiant gardelės parametrus galima keisti filtruojamą bangos ilgį.

Pademonstruota galimybė pagaminti tokį optinį rezonatorių praktiškai. Taip pat, pateikta koncepcija gali būti panaudota kaip puiki platforma integruotuose prietaisuose: filtrai, lazeriai (reikalingas vienmodis režimas), kurie dirba plačiame spektriniame diapazone, išvengiant modų šuolių ir pan.



1 pav. SOI optinio žiedinio rezonatoriaus pralaidumo spektras: mėlyna kreivė - nemodifikuoto žiedinio rezonatoriaus pralaidumo spektras; raudona - modifikuoto žiedinio rezonatoriaus pralaidumo spektras.

Literatūra

1. W. Bogaerts, P. De Heyn, T. Van Vaerenbergh, K. De Vos and S. Kumar Selvaraja, T. Claes and P. Dumon, P. Bienstman, D. Van Thourhout, and R. Baets, Laser Photon. Rev. 6, 47-73 (2012).
2. M. S. Luchansky, and R. C. Bailey, Anal. Chem. 84, 793-821 (2012).
3. Y. Sun, and X. Fan, Anal. Bioanal. Chem. 399, 2005-211 (2011).
4. M. Gabalis, D. Urbonas, and R. Petruskevicius, J. Opt. 16, 105003 (2014).

TiO₂ nano-skulptūrinių dangų charakterizavimas

Tomas Tolenis, Lina Grinevičiūtė ir Ramutis Drazdys

Fizinių ir technologijos mokslų centras, Optinių dangų laboratorija
Savanorių pr. 231, LT-02300 Vilnius, el. p.: tomas.tolenis@ftmc.lt

Nano-skulptūrinės dangos yra anizotropiniai ploni sluoksniai. Jų mikrostruktūra yra sudaroma manipuliuojant padėklo geometrija dangos formavimo metu. Viena iš labiausiai paplitusių tokių dangų struktūrų yra koloninė [1]. Vystantis technologijoms, kolonines struktūras pakeitė *serial bideposition* metodikos metu suformuotos zigzaginės struktūros. Tokios dangos pasižymi dvejopu lūžio rodikliu, kurio dėka galime formuoti fazines plokšteles [2]. Dėl didelio lūžio rodiklio regimojoje srityje, tokios dangos dažniausiai formuojamos iš TiO₂ medžiagos. Tokių dangų charakterizavimas prieš gaminant galutinius produktus yra labai svarbus. Nepaisant daugybės publikacijų šia tematika, vis dar trūksta išsamaus optinių ir struktūrinių savybių charakteristikų tyrimo *serial bideposition* metodikoje.

Bandiniai buvo formuojami garinant titano oksidą elektronų pluoštu. Padėklai buvo pritvirtinti prie dviejų žingsnių variklių. Vienas iš jų kontroliavo kampą tarp padėklo normalės ir garų srauto, o antruoju buvo kontroliuojamas padėklo sukimasis apie jo ašį. Iš viso buvo suformuoti septyni bandiniai. Penki iš jų buvo formuojami prie skirtingų kampų, o likę du ties 20 laipsnių kampu, bet sukinėjant padėklą skirtingu laiko intervalu. Visais atvejais padėklas buvo sukinėjamas 180 laipsnių apie savo normalę tam tikrais laiko intervalais. Garinimo duomenys išrašyti pirmoje lentelėje.

Visiems bandiniams buvo išmatuotos įtempių vertės, sklaidos koeficientai, fazės vėlinimo charakteristikos, paviršiaus šiurkštumas, lazeriu indukuotos pažaidos slenksčiai, lūžio rodiklių skirtumai ir pralaidumo vertės. Įtempių vertės buvo matuojamos profilometru ir interferometru.

1 lentelė. Bandinių garinimo parametrai.

ID	Kampas, deg	dt, s
1	0	10
2	30	10
3	60	10
4	70	5
5	70	10
6	70	15
7	80	10

Abiejų matavimo prietaisų rezultatai sutapo ir buvo pastebėta, kad įtempių vertės priklauso nuo garinimo kampo. Jos didėja didinant kampą tarp padėklo normalės ir garų srauto. Iš išmatuotų pralaidumo spektrų, buvo sumodeliuotos lūžio rodiklių dispersijos. Jų skirtumų priklausomybė nuo garinimo kampo atitiko fazės vėlinimo vienetiniam dangos storiui esančią priklausomybę. Sklaidos matavimai parodė, kad sklaida taip pat priklauso nuo garinimo parametru. Iš lazerinės pažaidos slenksčio matavimų matyti, kad šis parametras priklauso nuo dangos porėtumo. Tai būdinga porėtoms dangoms jas paveikus nanosekundžių trukmės impulsais.

Šiame darbe buvo charakterizuojamos titano oksido nano-skulptūrinės dangos, kurios pasižymėjo tiek optinių, tiek struktūrinių savybių priklausomybe nuo garinimo kampo. Tai leidžia tiksliau kontroliuoti tokių dangų savybes ir jas pasirinkti priklausomai nuo reikalavimų.

Literatūra

1. A. Lakhtakia, R. Messier, *Sculptured Thin Films. Nanoengineering Morphology and Optics* (SPIE Press, 2005).
2. I. Hodgkinson, Q. Wu, *Appl. Opt.* **38**(16), 3621 (1999).

Trimačių optofluidinių darinių formavimas lydytame kvarce femtosekundinio lazerio inicijuoto cheminio ėsdinimo būdu ir darinio optimizavimo galimybės

Valdemar Stankevič, Gediminas Račiukaitis

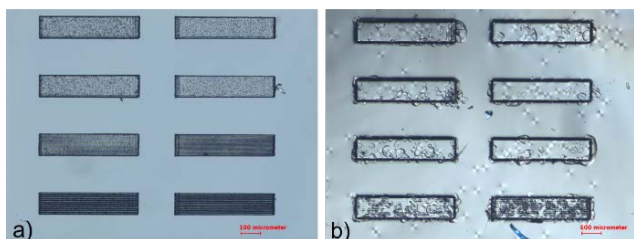
Fizinių ir technologijos mokslų centras, lazerinių technologijų skyrius
Savanorių pr. 231, LT-02300 Vilnius, el. p.: valdemar.stankevic@ftmc.lt

Optofluidiniai dariniai labai plačiai pritaikomi biomedicinoje ir analizinėje chemijoje [1, 2], nes į juos galima integruoti sudėtingas funkcijas, kurios palengvina pritaikomumą, sumažina reagentų suvartojimą ir pagreitina tyrimų procesą. Norint įgyvendinti šias galimybes, yra naudojama viena iš lanksčiausių technologijų: femtosekundiniu lazeriu inicijuotas cheminis ėsdinimas (FLICE), kuri leidžia pagaminti sudėtingus trimačius mikroįrenginius lydyto kvarco tūryje. Tuo paties gamybos proceso metu įmanoma suformuoti tūrines medžiagos modifikacijas su optinėmis, mechaninėmis ir skysčio transportavimo savybėmis, modifikuotą zoną chemiškai išėsdinant, įmerkus bandinį į fluorido rūgštį (HF) [3].

Norint pasiekti gerą optofluidinio įrenginio paviršiaus kokybę reikia atsižvelgti į daugelį veiksnių: teisingas įrenginio dizainas, lazerinio apdirbimo parametrai, ėsdinimo terpės ir trukmės parinkimas, todėl šiame darbe aptariami visi šitie aspektai ir pademonstruoti keli suformuoti ir veikiantys įrenginiai. 1 lentelėje pateikti lazerinio apdirbimo parametrai, panaudoti paviršinių ir tūrinių mikrokanalų optimizavimui.

1 lentelė. Lazerinio apdirbimo parametrai

Stulpelio nr.	Impulso energija, nJ	dy, um	dz, um	Apdirbimo greitis, mm/s
1	100 – 600	10	5	0.25-5
2		5	5	
3		2	5	
4		1	5	



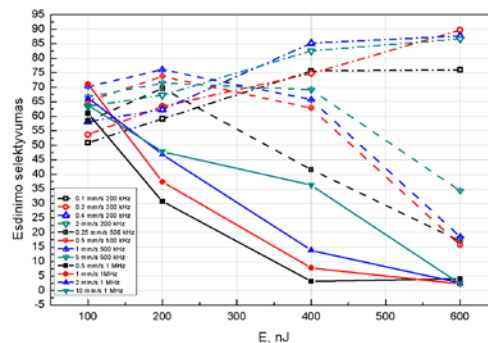
1 pav. Lydyto kvarco, modifikuoto skirtingais lazerinio apdirbimo parametrais, paviršiaus morfologija: a) 30 min ėsdinant 20% HF rūgštyje; b) šildant bandinį iki 1210 °C.

Mikrokanalų paviršiaus šiurkštumas, kuris svarbus norint pasiekti gerą mikrooptinių įrenginių kokybę, lydytame kvarce buvo tiriamas, formuojant paviršinius mikrokanalus su parametrais, pateiktais 1 lentelėje, o gauti paviršiaus morfologijos rezultatai ėsdinant ir kaitinat bandinį pateikti 1 pav.

Optofluidiniai įrenginiai susideda iš paviršinių ir tūrinių mikrokanalų, todėl, parinkus režimus, buvo formuojami tūriniai mikrokanalai 50 μm gylyje nuo bandinio paviršiaus, norint sumažinti sferinių aberacijų įtaką dėl aštraus fokusavimo, ir vėliau ėsdinami 30 min 20 % HF tirpale. Norint optimizuoti ėsdinimo trukmę, buvo įvestas ėsdinimo selektyvumo parametras, apskaičiuojamas pagal formulę:

$$S = \frac{r_0 + h}{r_0} \quad (1)$$

kur r_0 – nemodifikuoto, o h – modifikuoto lydyto kvarco ėsdinimo sparta. Gauti rezultatai pateikti 2 pav.



2 pav. Lydyto kvarco ėsdinimo selektyvumo priklausomybė nuo lazerio impulso energijos, esant skirtingiems impulsų pasikartojimo pasikartojimo dažniams ir pastoviam impulsų tankiui. Nemodifikuoto lydyto kvarco ėsdinimo sparta ~ 18,5 μm/h 20% HF rūgštyje.

Literatūra

1. P. Yager, T. Edwards, E. Fu, K. Helton, K. Nelson, M.R. Tam, B.H. Weigl, Nature **442**, 421 (2006).
2. P.S. Dittrich, K. Tachikawa, A. Manz, Anal. Chem. **78**, 3887 (2006).
3. Y. Bellouard, A.A. Said, M. Dugan, P. Bado, Proc. ISOT - International Symposium on Optomechatronic Technologies, pp. 445-450, 21-23 Sept., (2009).

Fotoelektros tyrimas GaAs p-n sandūroje esant intensyviai lazerio apšvietimui

O. Žalys, S. Ašmontas, J. Gradauskas, A. Sužiedėlis, A. Šilėnas,
V. Vaičiškauskas, G. Steikūnas, A. Steikūnienė

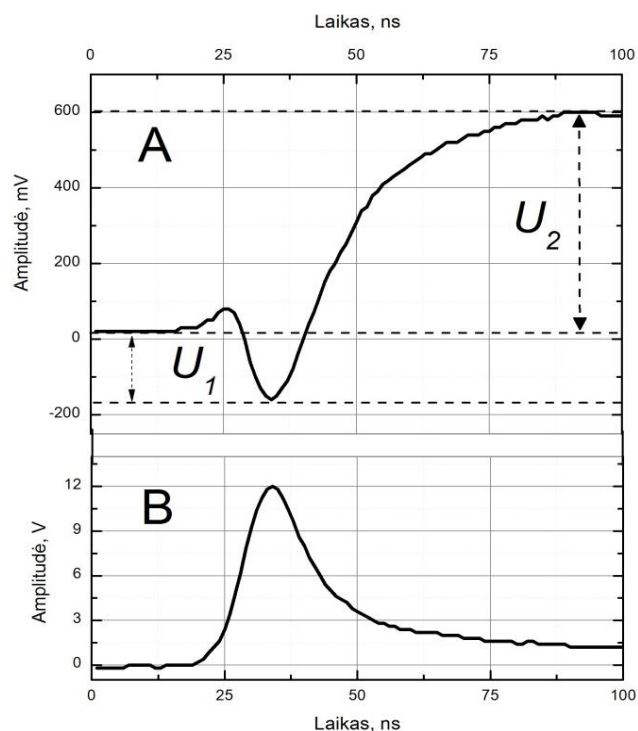
Fizinių ir technologijos mokslų centras, elektronikos skyrius
A. Goštauto 11, LT-01108 Vilnius, el. p.: ovidijus.zalys@gmail.com

Šiame darbe pristatomi eksperimentiniai GaAs p-n sandūros, apšviečiamos trumpais 1,06 μm bangos ilgio lazerio spinduliuotės impulsais, fotoelektrovaros tyrimo rezultatai. Bandiniai buvo užauginti skystinės epitaksijos būdu vandenilio atmosferoje, horizontaliame kvarciniame reaktoriuje, naudojant grafitinę kasetę. Ant n tipo padėklo ($n=3 \cdot 10^{17} \text{ cm}^{-3}$) buvo užaugintas 10 μm storio p-tipo sluoksnis ($p=3,5 \cdot 10^{17} \text{ cm}^{-3}$). Apšvietus p-n sandūrą intensyviai lazerio spinduliuote susidaro fotoelektrovara (1 pav.). Paveiksle taip pat pavaizduotas ir lazerio impulsas. Matyti, jog fotoatsakas U_{foto} susideda iš dviejų dedamųjų:

$$U_{\text{foto}} = U_1 + U_2 \quad (1)$$

U_1 dedamoji yra sąlygota laisvųjų krūvininkų kaitimu, nes ji yra sparti, puikiai seka lazerio impulso formą, o jos poliškumas sutampa su šiluminės karštųjų krūvininkų elektrovaros poliškumu. Lėtosios dedamosios U_2 poliškumas yra priešingas, ji, matomai, yra sąlygojama porų elektronas - skylė generacijos. Fotoatsako dedamųjų priklausomybės nuo lazerio spinduliuotės galios P matavimai parodė, kad greitoji dedamoji U_1 yra tiesiai proporcinga P , o lėtoji U_2 priklauso kvadratiiniu dėsniu P^2 . Tai rodo, kad elektronas-skyklė porų generacija vyksta dėl dvifotonės šviesos sugerties, kadangi lazerio spinduliuotės fotono energija yra mažesnė už GaAs draudžiamosios energijos tarpą. Pastebėta, jog krūvininkų kaitimo sąlygotos dedamosios įtaka visam fotoatsako signalui mažėja prie p-n sandūros prijungus atgalinę įtampą, tačiau didėja esant tiesioginei įtampai. Nustačius U_1 dedamosios minimizavimo sąlygas atsiveria galimybės padidinti saulės elementų efektyvumą.

Toliau atliekami eksperimentiniai matavimai, su naujai užaugintomis skirtingų parametrų pn sandūros struktūromis. Ruošiama nauja publikacija.



1 pav. Fotoatsako įtampų dedamųjų U_1 ir U_2 priklausomybė nuo laiko (A kreivė) bei lazerio impulsas (B kreivė)

Literatūra

- [1] J. Gradauskas et. al., Peculiarities of High Power Infrared Detection on Narrow-Gap Semiconductor p-n Junctions, Acta Physica Polonica A, Vol.119(2), p. 237-240 (2011).

Senėjimo efektų tyrimas nanostruktūrizuotuose $\text{La}_{0.83}\text{Sr}_{0.17}\text{MnO}_3$ sluoksniuose

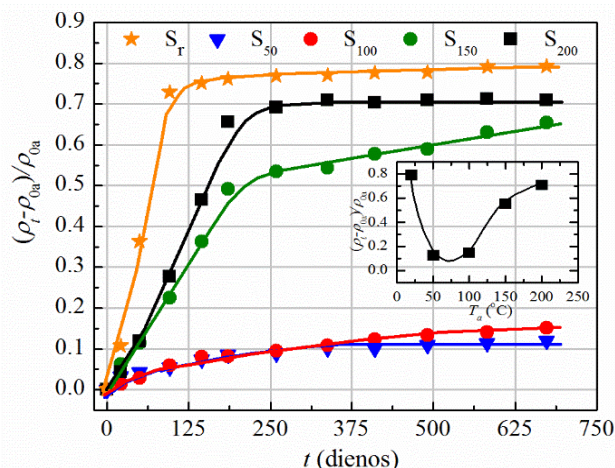
Dainius Pavilionis, Nerija Žurauskienė, Voitech Stankevič, Česlovas Šimkevičius,
Skirmantas Keršulis, Vakarė Rudokas

Fizinių ir technologijos mokslų centras, Medžiagotyros ir elektros inžinerijos skyrius
A. Goštauto 11, LT-01108 Vilnius, el. p.: dainius.pavilonis@gmail.com

Pastaruju metu yra intensyviai tiriami $\text{La}_{1-x}\text{Sr}_x\text{MnO}_3$ (LSMO) manganitai, dėl juose aptiktos milžiniškos magnetovaržos (CMR) reiškinio ir šių medžiagų pritaikymo praktikoje. Iš nanostruktūrizuotų manganitų sluoksnių buvo sukurti stipraus (iki 91 T) impulsinio magnetinio lauko CMR-B-skaliariniai jutikliai [1], kurie panaudoti magnetinio lauko difuzijos ir bėgius elektromagnetinėse svaityklėse tyrimams bei magnetinio lauko pasiskirstymo nesuiršančiose ritėse matavimui. Tokių jutiklių veikimas yra paremtas varžos sumažėjimu magnetiniame lauke. Tačiau tiek pradinė jutiklio varža, tiek ir jo jautris magnetiniam laukui (magnetovarža) priklauso nuo aplinkos temperatūros. Todėl jutiklių kūrimui labai svarbu užtikrinti pagrindinių jų parametrų – varžos ir magnetovaržos stabilumą ilgą laiką jų naudojimo metu. Manganitų sluoksnių varžos ir magnetovaržos kitimui laike (senėjimo procesui) didelę įtaką turi deguonies jonų migracija. Todėl yra naudojami pagreitinoto sluoksnių senėjimo metodai [2], atkaitinant juos tam tikrą laiką temperatūrose, aukštesnėse nei jutiklio eksploatacijos temperatūra, bet žemesnėse, nei sluoksnių auginimo temperatūra.

Šiame darbe buvo tiriama nanostruktūrizuotų $\text{La}_{0.83}\text{Sr}_{0.17}\text{MnO}_3$ manganitų sluoksnių elektrinis laidumas ir magnetovarža plačiame temperatūrų ruože, siekiant nustatyti, kokią įtaką šioms savybėms daro pagreitintas sluoksnių senėjimas. 420 nm storio sluoksniai buvo užauginti 750 °C temperatūroje ant polikoro (99.9% Al_2O_3 + 0.01% MgO) padėklo impulsinio injekcinio metaloorganinių junginių cheminio nusodinimo iš garų fazės (PI MOCVD) metodu. Pagreitintas sluoksnių senėjimas buvo tiriama, pakaitinus juos 50, 100, 150 ir 200 °C temperatūrose argono aplinkoje iki 8-24 valandų. Buvo nustatyta, kad terminis poveikis sąlygoja žymų sluoksnio savitosios varžos padidėjimą kaitinimo metu ir tolimesnį didėjimą 100-200 dienų bėgyje (žr. 1 pav.), tuo tarpu magnetovarža keičiasi nežymiai (2-5%).

Buvo nustatytos optimalios sluoksnių terminio sendinimo sąlygos: kaitinimo temperatūra – 70-100°C, trukmė – iki 24 valandų. Parodyta, kad pagrindinė sluoksnių parametrų kitimo priežastis yra deguonies migracija netvarkiose tarpkristaliniuose srityse. Gauti rezultatai buvo analizuojami, panaudojant netvarkioms sistemoms taikomą modelį, aprašantį relaksacijos procesus ištemptosios (angl. stretched) eksponentės dėsnio.



1 pav. Santykinės varžos kitimas laike po sluoksnių S_n atkaitinimo 8 valandas įvairiose temperatūrose (n atitinka 50, 100, 150 ir 200 °C, S_r – 20 °C temperatūroje laikytas sluoksnis). Intarpe parodytas varžos pokyčio po 675 dienų priklausomybė nuo kaitinimo temperatūros.

Literatūra

1. S. Balevičius, N. Žurauskienė, V. Stankevič, S. Keršulis, V. Plaušinitienė, A. Abrutis, S. Zherlitsyn, T. Herrmannsdorfer, J. Wosnitza, F. Wolff-Fabris, *Appl. Phys. Lett.* 101, 092407 (2012).
2. V.O. Balitska, B. Butkovich, O. I. Shpotyuk, M. M. Yakiv, *Microelectron. Reliab.* 42, 2003 (2002).
3. Č. Šimkevičius, S. Keršulis, V. Stankevič, D. Pavilionis, N. Žurauskienė, S. Balevičius, S. Tolvaišienė, *Thin Solid Films*, V. 589, 331-337 (2015).

Polipirolas sferų sintezė ir taikymas

Monika Kirsnytė, Arūnas Stirkė, Algimantas Janarauskas

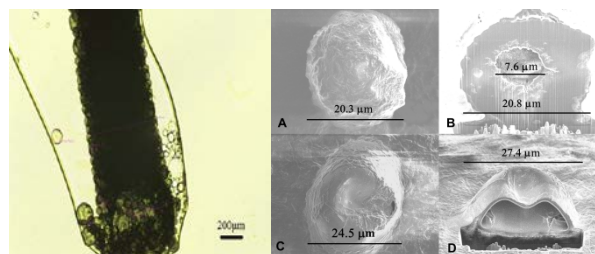
Fizinių ir technologijos mokslų centras, Medžiagotyros ir elektros inžinerijos skyrius
A. Goštauto 11, LT-01108 Vilnius, el. p.: monika.kirsnyte@ftmc.lt

Tarp konjuguotų polimerų polipirolas yra gerai žinomas dėl savo puslaidininkinių savybių [1] greitos ir paprastai atliekamos polimerizacijos bei plataus panaudojimo cheminiuose jutikliuose, elektrocheminiuose įrenginiuose, ir baterijose [2]. Dėl gebėjimo elektromagnetinę energiją paversti į šiluminę energiją polipirolas panaudojamas elektromagnetinių bangų absorberių gamyboje [3]. Polipirolas gali būti susintetintas elektrocheminiais, cheminiais bei biologinės polimerizacijos būdais, vykdant cheminę oksidaciją. Šiame darbe panagrinėsime biologinės (BPPy) bei cheminės mikroemulsinės (MPPy) [4] polimerizacijos metu gautas polipirolas mikro sferas.

Biologinei sintezei atlikti buvo naudojamos *Streptomyces* spp. bakterijos bei grynas pirolas. Siekiant parinkti optimalias naudojamų proporcijas, buvo tiriami įvairių koncentracijų pirolas su bakterijomis tirpalai, kurie buvo aeruojant maišomi, 4 paras 25°C. Tyrimams buvo naudojama 30 mM pirolas koncentracija, kuri neturėjo įtakos bakterijų gyvybingumui. Bandiniai matavimams buvo ruošiami užlašinant gautą tirpalą ant auksinio padėklo, kuris po centrifugavimo buvo parą džiovinamas ore + 25°C temperatūroje. Rentgeno fotoelektroniniai spektrai (RFS) matuoti "ESCALAB MK II" spektrometru, naudojama MgK α spinduliuotės šaltinį, registruojant C 1s, N 1s ir O 1s sričių spektrus. Gauti eksperimentiniai spektrai buvo apdorojami naudojant „Avantage“ programinę įrangą.

Mikroemulsinė polimerizacija atlikta naudojant specialią 5 kanalėlių mikro skysčių sistemą. Kaip skiriamoji fazė buvo naudojama geležies (III) chlorido tirpalas propilen karbonate. Iš kairio ir iš dešinio kanalėlių buvo

leidžiamas pirolas tirpalas propilen karbonate. Terpė pasirinkta florinta alyva. Įleidimo greičiai: alyvos 200 μ l/h, pirolas su geležies (III) chloridu 50 μ l/h.



1 pav. Polipirolas sferos: kairėje MPPy; dešinėje BPPy

Gauti rezultatai rodo, jog parinkus tam tikrą polimerizacijos būdą bei sintezės sąlygas polipirolas formuoja turščiavidures sferas, kurios dėl didesnio paviršiaus ploto (negu PPy sluoksniai) galėtų būti naudojamos elektromagnetinių bangų absorberių tobulinime.

Literatūra

1. Bocchi, V., G. Gardini, and S. Rapi, *Highly electro-conductive polypyrrole composites*. Journal of materials science letters, 1987. **6**(11): p. 1283-1284.
2. Wang, N., et al., *Conductive polypyrrole/viscose fiber composites*. Carbohydrate polymers, 2015. **127**: p. 332-339.
3. Saville, P., *Polypyrrole, Formation and Use*, 2005, DTIC Document.
4. Mitchell, M.C., et al., *Microchip-based synthesis and total analysis systems (μ SYNTAS): chemical microprocessing for generation and analysis of compound libraries*. Journal of the Chemical Society, Perkin Transactions 1, 2001(5): p. 514-518.

Plutonio izotopų sukonzentravimo iš natūralių vandens telkinių metodai

Zita Žukauskaitė, Benedikta Lukšienė, Nikolajus Tarasiuk

Fizinių ir technologijos mokslų centras, Branduolinių tyrimų skyrius
Savanorių pr. 231, LT-02300 Vilnius, el. p.: zita.zukauskaite@ftmc.lt

Plutonis yra svarbiausias transuraninis elementas. Plutonio izotopai gamtoje aptinkami dėl branduolinių ginklų bandymų, branduolinio kuro perdirbimo, atominių elektrinių avarijų (Černobylio ir Fukušimos elektrinių avarijos) [1]. Pastaruoju metu daug dėmesio buvo skiriama plutonio radiacinio poveikio aplinkai vertinimui. Šiuo metu žinoma 20 radioaktyvių plutonio izotopų, iš kurių svarbiausi plutonio izotopai (alfa spinduliuojantys) yra ^{238}Pu , ^{239}Pu , ^{240}Pu . Jie svarbūs, nes jų pusėjimo trukmės ilgos – atitinkamai 87,74; 24100; 6537 metų [2], todėl galimas jų ilgalaikis poveikis aplinkai ir gyviems organizmams.

Svarbu tiksliai ir patikimai, greitai ir pigiai nustatyti plutonio izotopus biologiniuose ir gamtos bandiniuose. Tačiau šiuo požiūriu daug sunkumų, jei, pvz., ežero vandenyje plutonio koncentracija maža, reikia didelio tūrio bandinio, net iki 400 L [3]. Didelės laiko sąnaudos, dideli reagentų kiekiai, reikalingi plutonio nusodinimui iš vandens, reikia didelės talpos plastikinių indų vandens transportavimui, – visa tai didina analizės kainą. Norint sumažinti analizės kainą bei padaryti analizę paprastesnę, greitesnę bei pigesnę reikia išvengti radionuklido nusodinimo cheminėmis medžiagomis stadijos. Vietoje šios stadijos galima pritaikyti sorbciją ant įvairių sorbentų. Sumažinti analizės kainą galima naudojant pigius adsorbentus, gautus iš žemės ūkio atliekų, pramonės šalutinių produktų, be to galima naudoti modifikuotus biopolimerus taip pat natūraliai gamtoje randamas medžiagas [4].

Šio darbo tikslas – palyginti trijų biosorbentų, natūraliai esančių gamtoje, gebėjimą sorbuoti plutonį iš vandeninių tirpalų. Taip pat pritaikyti pasirinktą sorbentą *in situ* eksperimentams.

Šiam tikslui pasirinkti trys sorbentai: samanės, molis ir pušies spygliai. Sorbentai sudėti į kolonėles, per juos leidžiama 500 mL

ežero vandenyje paruošto ^{236}Pu tirpalo, kurio pH vertė 6. Po to medžiagos išimamos, džiovintos ir vykdoma radiocheminė analizė bei atliekami alfa spektrometriniai matavimai. Gauti duomenys apdorojami, ir pagal 1 ir 2 formules atitinkamai apskaičiuojami pašalinimo efektyvumas ir sorbento sorbcinė geba [5],

$$R(\%) = \frac{C_0 - C_e}{C_0} \times 100 \quad (1)$$

kur C_0 ir C_e pradinis ir galutinis radionuklido aktyvumas tirpale (Bq/L).

$$q_e (\text{Bq/kg}) = (C_0 - C_e) \times \frac{V}{m} \quad (2)$$

kur C_0 ir C_e pradinis ir pusausvyris radionuklido aktyvumas tirpale (Bq/L), V – tirpalo tūris, m – sauso sorbento masė (kg).

Gauti rezultatai parodė, kad pagal pašalinimo iš tirpalo efektyvumo rezultatus, iš tirtų medžiagų, išskyrus molį (molio dalelės labai smulkios, jos kemša kolonėlę ir prailgina sorbcijos laiką), samanės gali būti laikomos geriausiu plutonio izotopų sorbentu, nes jų sorbcinė geba buvo didžiausia. Šis sorbentas pritaikytas ir *in situ* eksperimentams. Naudojamos didelės kolonėlės, pro kurias leidžiama 300 L ežero vandens ant ežero kranto 100 ir 200 min.

Nustatyta, kad per 200 min. iš vandens sukonzentruojamos $^{239,240}\text{Pu}$ ir ^{238}Pu savitojo aktyvumo vertės, artimos panašaus užterštumo ežerams.

Literatūra

1. W. Bu, J. Zheng, J. Environ. Radioact. 136, 174-180 (2014).
2. <http://www.webelements.com/plutonium/isotopes.html>
3. K.M. Wong, G. S. Brown, V. E. Noshkin, J. Radioanal. Chem. 42, 7-15 (1978).
4. M.A. Barakat, Arabian J. Chem. 4(4), 361-377 (2011).
5. M. Riazi, A. R. Keshtker, M. A. Moosavian, J. Radioanal. Nucl. Chem. 301(2), 493-503 (2014).

Plutonio K_d verčių palyginamasis tyrimas skirtingo tipo dirvožemiuose

Laima Nedzveckienė, Benedikta Lukšienė, Stasys Tautkus

Fizinių ir technologijos mokslų centras, Branduolinių tyrimų skyrius
Savanorių pr. 231, LT-02300 Vilnius, el. p.: laima.nedzveckienė@ftmc.lt

Plutonis gamtinėje aplinkoje egzistuoja kaip branduolinio ginklo bandymų atmosferoje, branduolinio kuro perdėbimo gamyklų veiklos ir branduolinių įmonių avarijų padarinys. Kiekvienas plutonio šaltinis turi savitą plutonio izotopų sudėtį [1].

Svarbiausieji plutonio izotopai yra alfa spinduliai, todėl tiesioginis jų nustatymas yra neįmanomas. Gamtinės aplinkos ėminius reikia mineralizuoti. Bandiniuose esantys visi plutonio izotopai turi būti radiochemiškai atskiriami nuo matricos elementų ir trukdančių nustatymui radioaktyviųjų elementų. Tuo tikslu daugiausia yra taikomas jonų mainų chromatografijos arba ekstrakcinės chromatografijos metodas [2].

Dirvožemyje vienas iš sorbcijos mechanizmų yra jonų mainų reakcija kai radionuklidą sorbuoja dirvožemis, iš kurio šiuos elementus vėliau galima išskirti juos apdorojant stipriomis rūgštimis. Norint įvertinti dirvožemio sorbcinę gebą radionuklidams reikia nustatyti pasiskirstymo koeficiento K_d vertes. Radionuklidų pasiskirstymo koeficientai yra svarbūs parametrai įrengiant barjerų sistemas radioaktyviųjų atliekų saugyklose [3].

Pasiskirstymo koeficientas K_d (L/kg) yra skaičiuojamas pagal formulę:

$$K_d = \frac{(C_i - C_e) \cdot W_1}{C_e \cdot W_s} \quad (1)$$

kur C_i - įnešto radionuklido kiekis (Bq/L), C_e - radionuklido koncentracija, likusi skystyje po aktyvacijos (Bq/L), W_1 - praleidžiamo tirpalo tūris (L) ir W_s - sauso dirvožemio masė (kg) [3].

Eksperimentui naudotos kolonėlės, kurios buvo užpildytos dirvožemiu, kurio dalelių dydis 0,25 mm ir 0,5 mm. Per dirvožemiu užpildytas kolonėles leisti tirpalai, kurių pH vertės buvo 1,6; 4,0; 6,0; 9,0.

Atlikus eksperimentus buvo apskaičiuotos pasiskirstymo koeficiento K_d vertės, kurios yra pateiktos 1 ir 2 lentelėse.

1 lentelė. Pasiskirstymo koeficiento K_d (L/kg) vertės priklausomybė nuo tirpalo pH (dirvožemio dalelių dydis 0,25 mm).

pH Koda	1,6	4,0	6,0	9,0
BLŽ, smėlis	291,97	718,83	397,29	82,56
BDG, smėlis	54,55	208,89	149,98	57,63
IGB, durpės	4958,53	6597,23	6200,98	2878,37
MLS, molis	2039,37	3240,08	1607,64	666,48
VLN, priemolis	1155,16	810,28	739,82	172,51

2 lentelė. Pasiskirstymo koeficiento K_d (L/kg) vertės priklausomybė nuo tirpalo pH (dirvožemio dalelių dydis 0,5 mm)

pH Kod	1,6	4,0	6,0	9,0
BLŽ, smėlis	4,57	16,91	9,26	14,41
BDG, smėlis	3,87	6,37	7,21	10,86
IGB, durpės	46,58	49,132	1994,93	12,10
MLS, molis	13,15	29,43	481,70	56,18
VLN, priemolis	8,52	12,69	45,22	31,01

Išanalizavus plutonio K_d verčių pasiskirstymą skirtingo tipo dirvožemiuose ir makroelementų Ca, Mg, K, Fe kiekius tuose dirvožemio tipuose, nustatyta priklausomybės tarp K_d verčių dydžio ir atitinkamų makroelementų kiekio tendencija. Abiejose visų tipų dirvožemio frakcijose didžiausia K_d vertė gauta IGB durpėse prie pH 1,6; 4,0; 6,0; 9,0, išskyrus vieną atvejį (pH 9,0, dalelių dydis 0,50 mm). Remiantis plutonio K_d verčių pasiskirstymu daugumoje bandinių, galime užrašyti tokią plutonio sorbcinės gebos seką: IGB durpės > MLS molis > VLN priemolis > BLŽ smėlis > BDG smėlis.

Literatūra

- Cooper L.W., Kelley J.M., Bond L.A., Orlandini K.A., Grebmeier J.M., Mar. Chem. 69, (2000) 253-276
- Lukšienė, B., Druteikienė, R., Gvozdaite, R., Gudelis, J. Environ. Rad. 87 (3), (2006). 305-314.
- Ishikawa N.K, Uchida S., Tagami K, Applied Rad. Isotop. 67 (2009) 319-323.

Vulkaninės kilmės rūgštinių sulfatų neutralizacija amoniaku aerozolio dalelėse

Jonas Šakalys, Ernesta Meinorė, Kęstutis Kvietkus

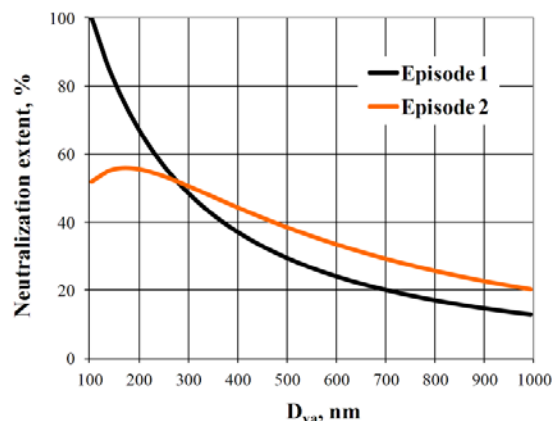
Fizinių ir technologijos mokslų centras, Aplinkotyros skyrius
A. Goštauto 11, LT-01108 Vilnius, el. p.: ernesta.pesliakaite@gmail.com

FTMC Fizikos institutui vykdant atmosferos aerozolio dalelių matavimus su Q-AMS (kvadrupoliniu aerozolio masės spektrometru) buvo užfiksuoti ženklūs amonio ir sulfatų cheminių komponentų koncentracijos padidėjimo epizodai. Išanalizavus matavimo vietą pasiekusių oro masių atgalines trajektorijas ir lokalių šaltinių įtaką paaiškėjo, kad amonio ir sulfatų koncentracijos padidėjimo epizodai yra susiję 2011 m. gegužės mėn. Grimsvötn vulkano (Islandija) teršalais, kurie į atmosferą pateko išsiveržimo metu ir su oro masėmis atkeliavo iki matavimo vietos (daugiau nei 3000 km). Gegužės mėn. 25 d. – 26 d. užfiksuoti du epizodai leido įvertinti rūgštinių sulfatų neutralizacijos laipsnio amoniaku priklausomybę nuo aerozolio dalelių dydžio intervale iki 1 μm (PM1).

Pirmas epizodas apima 2011 m. gegužės mėn. 25 d. 7⁰⁰ ÷ 14⁰⁰ val., o antras epizodas – 2011 m. gegužės 26 d. 4⁰⁰ ÷ 11⁰⁰ val. laiko tarpus. Analizuojant oro masių trajektorijas nustatyta, kad pirmojo epizodo metu užfiksuotos pradinės vulkano išsiveržimo stadijos metu išmestos aerozolio dalelės, be to, oro masių trajektorijos aplenkė užterštus pramoninius regionus. Antrojo epizodo metu fiksuotos susimaišiusios ankstesnio ir vėlesnio vulkano išsiveržimo išmestos aerozolio dalelės. Oro masių trajektorijos kliudė ir pramoninius rajonus.

Vulkanai, išsiveržimo į atmosferą metu, išmeta sieros junginius [1], o amoniako ir jo junginių tarp išmetamųjų teršalų praktiškai nėra. Amoniako yra atmosferos ore [2]. Gauti eksperimentiniai duomenys leido įvertinti rūgštinių sulfatų PM1 neutralizacijos laipsnio amoniaku priklausomybę nuo dalelių dydžio (1 pav.). Pirmojo epizodo metu stebėta, kad aerozolio dalelėse, mažesnėse nei 100 nm, rūgštiniai sulfatai yra visiškai neutralizuoti. Dalelėms didėjant neutralizacijos laipsnis mažėja. Pasinaudojant amonio ir sulfatų aerozolio dalelėse koncentracijos logaritminio normalaus skirstinio pagal jų dydį analize įrodyta, kad amoniakas ant aerozolio dalelių

paviršiaus pateko joms keliaujant su oro masėmis (1 lentelė).



1 pav. PM1 neutralizacijos laipsnis.

1 lentelė. Lognormalinio amonio ir sulfatų koncentracijos pasiskirstymo medianinės vertės ir jų paklaidos.

NH_4^+	
D_m, nm	$D_m e^{\ln^2 \sigma_{\text{NH}_4^+}}, \text{nm}$
Episode 1	
349.0 ± 3.4	381.0 ± 4.6
Episode 2	
364.3 ± 3.1	404.8 ± 4.2
SO_4^{2-}	
D_m, nm	$D_m e^{-\ln^2 \sigma_{\text{SO}_4^{2-}}}, \text{nm}$
Episode 1	
379.6 ± 1.2	346.7 ± 1.3
Episode 2	
385.3 ± 1.4	343.9 ± 1.5

Literatūra

1. Trautetter et al., Spatio-temporal variability in volcanic sulfate deposition over the past 2kyr in snow pits and firn cores from Amundsenisen, Antarctica, J. Glacio. 50(168) 137-146 (2004).
2. S.N. Behera et al., Ammonia in the atmosphere: a review on emission sources, atmospheric chemistry and deposition on terrestrial bodies, Environ. Sci. Pollut. Res. 20 (11), 8092 – 8131 (2013).

Radionuklidų ir metalų sorbcija ant grafeno oksido

Sergej Šemčuk¹, Galina Lujanienė¹, Stasys Tautkus², Remigijus Juškėnas¹

¹Fizinių ir technologijos mokslų centras, Aplinkotyros skyrius,

Savanorių pr. 231, LT-02300 Vilnius, el. p.: sergej.semchuk@gmail.com

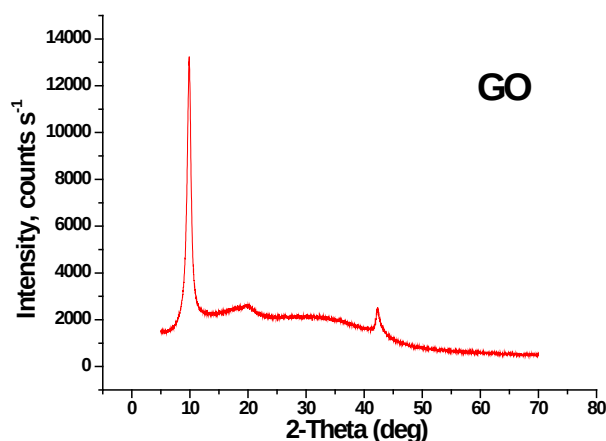
²Vilniaus universiteto Chemijos fakultetas, Naugarduko 24, LT-03225 Vilnius

Šiuo metu yra skiriama daug dėmesio aplinkos apsaugai, todėl tobulinami teršalų šalinimo iš nuotekų metodai ir tam tikslui ieškoma pigesnių bei efektyvesnių medžiagų. Radionuklidų ir sunkiųjų metalų šalinimui iš skystųjų terpių naudojamos įvairios medžiagos, tokios kaip aktyvuota anglis, geležies oksidų nano-dalelės, titano silikatai, magnetiniai diatomito nano-medžiagos arba grafenas ir grafeno oksidas (GO). Tačiau tos medžiagos ne visada tinka tam tikrai konkrečiai technologijai. Grafeno oksidas yra oksiduota grafeno forma gauta oksiduojant grafitą. GO turi didelį paviršiaus plotą ir įvairių grupių, tokių kaip epoksidinės (C-O-C), hidroksilo (-OH), karboksilo (-COOH) ir karbonilo (-C=O) grupės, kurios gali efektyviai surišti metalų ir radionuklidų jonus. Be to, naujausi tyrimai parodė, kad grafeno oksidas yra pirmtakas ir substratas įvairioms cheminėms modifikacijoms. GO ir jo kompozitai buvo pritaikyti nuotekų valymui ir užterštų teritorijų išvalymui nuo teršalų [1]. Manoma, kad GO taip pat yra tinkamas radioaktyviųjų atliekų tvarkymui.

Tačiau, GO savybės sorbuoti metalų jonus nėra pakankamai ištirtos. Šio darbo tikslas buvo susintetinti GO, jį apibūdinti, ištirti pH poveikį tirtų elementų sorbcijai ir įvertinti sorbcijos parametrus.

GO buvo susintetintas naudojant modifikuotą Hummers metodą oksiduojant grafito miltelius [2]. Susintetinta medžiaga buvo charakterizuota XRD (1 pav.), SEM ir FTIR.

Sorbcijos eksperimentai buvo atliekami su Cu, Co, Pb ir Ni, bei Am ir Pu. Buvo ištirta sorbcijos priklausomybė nuo pH, laiko ir koncentracijos. Gauti rezultatai parodė greitą Co^{2+} , Cu^{2+} , Pb^{2+} ir Ni^{2+} adsorbciją. Sorbcijos pusiausvyra buvo pasiekta po 10-60 min. Maksimali Pu ir Am sorbcija ant GO buvo stebėta esant pradinėms pH vertėms nuo 3 iki 5.



1 pav. Būdingas XRD spektras susintetinto GO [3].

K_d vertės kito nuo $0,9 \cdot 10^{-3} \text{ ml} \cdot \text{g}^{-1}$ iki $10 \cdot 10^{-3} \text{ ml} \cdot \text{g}^{-1}$ ir buvo artimos stebėtiems natūraliems molio mineralams [4].

Duomenų analizė atlikta naudojant SigmaPlot 13.0 programą bei Langmuir ir Freundlich modelius. Nustatytos palankiausios pH vertės tirtų elementų sorbcijai. Nustatyta, kad pusiausvyros adsorbcijos duomenys geriausiai atitinka Langmuir izotermą.

Literatūra

1. W. Wenjin, Y. Yan, Z. Haihui. Water Air. Soil. Pollut., 224:1372 (2013).
2. W.S. Hummers, R.E. Offeman. J. Am. Chem. Soc 80:1339-1341 (1958).
3. G. Lujanienė, S. Šemčuk, I. Kulakauskaitė, D. Mažeika, D. Valiulis, R. Juškėnas, S. Tautkus. J. Radioanal. Nucl. Chem. DOI 10.1007/s10967-015-4461-2 (2015).
4. G. Lujanienė, K. Štamberg, V. Pakštas, R. Juškėnas, I. Kulakauskaitė, S. Šemčuk, K. Mažeika, D. Vopálka, J. Radioanal. Nucl. Chem. 304:53-5 (2015).

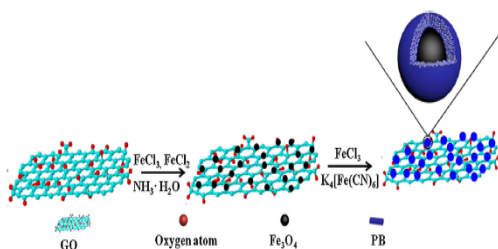
Geležies oksido magnetinių nano-kompozitų sintezė ir jų taikymas šalinant radionuklidus bei sunkiuosius metalus iš skystųjų terpių

Ieva Kulakauskaitė, Galina Lujanienė, Kęstutis Mažeika, Remigijus Juškėnas

Fizinių ir technologijos mokslų centras, Aplinkotyros skyrius
Savanorių pr. 231, LT-02300 Vilnius, el. p.: ieva.kulakauskaite@gmail.com

Nano-geležies oksidai yra plačiai naudojami medicinoje, magnetinio rezonanso tomografijoje, aplinkosaugoje ir daugelyje kitų sričių. Pastaruoju metu didelis dėmesys yra skiriamas nano-kompozitų sintezei siekiant pagerinti jų savybes. Grafeno oksido (GO) pagrindu susintetinti kompozitai yra naudojami sunkiųjų metalų šalinimui iš skystųjų terpių. Berlyno mėlis efektyviai sorbuoja radioaktyvų cezij. Šio darbo tikslas yra susintetinti magnetito – grafeno oksido kompozitus ir ištirti jų gebą sorbuoti sunkiuosius metalus ir radionuklidus.

Fe₂O₃ susintetintas pagal Massart metodą, naudojant divalentės ir trivalentės geležies druskas. Magnetinis GO kompozitas buvo susintetintas naudojant metodą aprašytą literatūroje [1]. Berlyno mėlio (geležies ferocianido)–magnetito–grafeno oksido sintezės schema pavaizduota 1 paveiksle.



1 pav. PB/Fe₂O₃/GO sintezės schema [2].

Susintetinti nanokompozitai apibūdinti naudojant Mesbauerio spektroskopiją (⁵⁷Co(Rh) šaltinis), XRD, SEM.

Siekiant įvertinti nano-kompozitų sorbcijos gebą, buvo atlikti sorbcijos eksperimentai su sunkiaisiais metalais (Cu, Co, Pb ir Ni) ir radionuklidais. Langmuir (1) ir Freundlich (2) izotermos panaudotos įvertinti sorbcijos parametrus ir ištirti sorbcijos mechanizmus.

$$\frac{C_e}{q_e} = \frac{1}{b \cdot Q_{max}} + \frac{C_e}{Q_{max}} \quad (1)$$

$$\ln q_e = \ln k + \frac{1}{n} \ln C_e \quad (2)$$

Įvertinta maksimali sorbcija: Cu – 390 mg/g, Co – 49 mg/g, Ni – 165 mg/g, Pu – 567 mg/g, Cs – 299 mg/g buvo didesnė arba artima kitų autorių publikuotiems rezultatams [3].

Literatūra

1. G. Lujanienė, S. Šemčuk, I. Kulakauskaitė, D. Mažeika, d.Valiulis, R. Juškėnas, S. Tautkus Sorption of radionuclides and heavy metals to graphene oxide and magnetic graphene oxide. J Radioanal Nucl Chem (2015).
2. Y. Hongjun, L. Haijan, Z. Jiali. Magnetic prussian blue/graphene oxide nanocomposites caged in calcium alginate microbeads for elimination of cesium ions from water and soil. Chemical Engineering Journal (2014)
3. W. Wenjin, Y. Yan, Z. Haihui. Highly efficient removal of Cu(II) from aqueous solution by using graphene oxide. Water Air Soil Pollut (2013).