

FIZINIŲ IR
TECHNOLOGIJOS MOKSLŲ
CENTRAS

2016



FIZINIŲ IR TECHNOLOGIJOS MOKSLŲ CENTRO
**DOKTORANTŲ IR
JAUNŲJŲ MOKSLININKŲ**

KONFERENCIJOS TEZĖS



TURINYS – spalio 26 d.

Vytautas Jakštas. THz emisijos iš AlGa_N/Ga_N didelio elektronų judrio tranzistorių tyrimas.

Ieva Beleckaitė. Terahercinės spinduliuotės emisija iš puslaidininkinių nanovielelių ir nestechiometrinių GaAs sluoksnių.

Sandra Stanionytė. GaInAsBi/GaAs daugybinių kvantinių duobių optinės ir struktūrinės savybės.

Saulius Frankinas. Skaidulinis pasyvio modų sinchronizacijos femtosekundinių impulsų osciliatorius ir jo taikymas parabolinių impulsų formavimui optinėje skaiduloje.

Armandas Balčytis. Atsitiktiniu būdu nano/mikro-tekstūruoti fotoniniai funkciniai paviršiai.

Giedrius Abromavičius. HfO₂ bei jo mišinių taikymas aukšto lazerinio atsparumo NdYag 1 ω , 2 ω bei 4 ω harmonikų spektrinio daliklio formavimui.

Edgaras Markauskas. Spartus lazerinis izoliacinių režimų formavimas CIGS plonasluoksniuose saulės elementuose.

Simonas Indrišiūnas. Šviesos pagavimo struktūrų formavimas fotovoltiniams elementams, naudojant lazerinę interferencinę abliaciją.

Karolis Ratautas. Lazero inicijuotas selektyvus PP ir PC/ABS polimerų metalizavimas elektronikos ant 3D paviršių taikymams.

Algimantas Kostas Sabulis. Grįžtamasis ryšys žvaigždėdaros modeliuose.

Rytis Kazakevičius. Išorinio lauko įtaka anomalijai difuzijai.

Andrius Sakavičius. Iškaitinimo įtaka grafeno ir metalų kontaktams.

Šarūnas Vaškelis. Paviršinių elektrinių būsenų užpildymo priklausomybė nuo dujų ir šviesos poveikio nanometriniu storio TiO₂ struktūrose.

Vidmantas Jašinskas. Periodinio elektrinio lauko indukuotos antrosios optinės harmonikos generacija polimere.

Marijonas Tutkus. Transmembraninių šviesą sugerėčių baltyminių kompleksų tyrimai dirbtinėje ir į natūralią panašioje aplinkoje naudojant vienos molekulės fluorescencinę mikroskopiją.

Akvilė Zabliūtė-Karaliūnė. Konversijos fosfore šviestukų, skirtų nišiniams taikymams, prototipavimas.

Milda Tamošiūnaitė. Atmosferos lūžio rodiklio įtaka subterahercų dažnių ruože.

Paulius Cicėnas. THz impulsų emisija iš fotosužadintų Te kristalų paviršių.

Vytautas Janonis. Pirminis plazmoninių Ga_N/AlGa_N emiterių charakterizavimas Furje spektroskopijos metodika ir tyrimo metodo įvertinimas.

Marija Špandyreva. Savitvarkio monosluoksniu su tiolio, fenilalanino ir amido funkcinėmis grupėmis struktūra pagal suminio dažnio generacijos spektroskopijos duomenis.

Agnė Mikalauskaitė. Superparamagnetinių kobalto ferito nanodalelių paviršiaus funkcionalizavimo auksu tyrimas.

THz emisijos iš GaN/AlGaN didelio elektronų judrio tranzistorių tyrimas

Vytautas Jakštas, Vytautas Janonis, Ignas Grigelionis, Irmantas Kašalynas

Fizinių ir technologijos mokslų centras, Optoelektronikos skyrius
Saulėtekio al. 3, LT-10257 Vilnius, el. p.: vytautas.jakstas@ftmc.lt

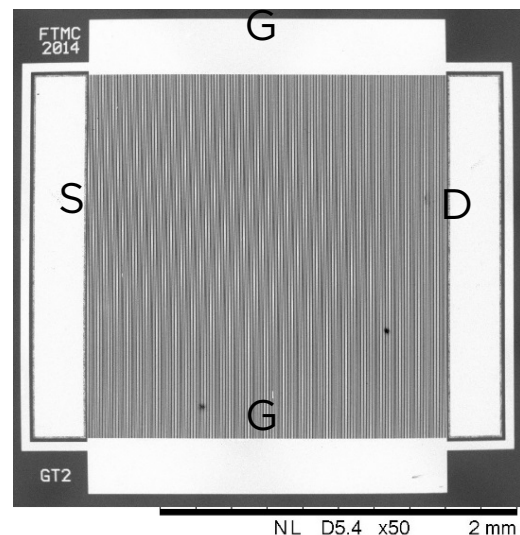
Sparčiai besivystantys terahercinio (THz) dažnio spinduliuotės taikymai medicinoje, saugumo sistemose bei spektroskopijoje, skatina kompaktiškų, efektyvių THz šaltinių, veikiančių kambario temperatūroje, tyrimus. Vienu iš tokių šaltinių galėtų būti plazmoniniai didelio elektronų judrio tranzistoriai (angl., HEMT), pasižymintys dvimačių elektronų kanalų [1].

Šiame darbe buvo tiriama išoriniu kaitintuvu bei elektros srove sužadintos THz emisijos spektrai iš AlGaN/GaN HEMT, užaugintų metalorganinio nusodinimo iš garų fazės (angl., MOCVD) metodu. Metaliniai kontaktai buvo suformuoti naudojant optimizuotus fotolitografijos procesus bei garinimo elektroniniu spinduliu technologiją [2]. Tirtų HEMT (1 pav.) užtūros kontaktus sudarė $2 \times 2 \text{ mm}^2$ ploto gardelė iš įvairaus pločio (120-4000 nm) Šotkio kontakto tipo metalinių juostelių, išdėstytų skirtingu periodu (200-7000 nm). Gardelės parametrai buvo parinkti taip, kad dvimačiame kanale susidarytų plazmoniniai nestabilumai būti surišami su gardele ir jos pagalba išspinduliuojami į erdvę.

Bandinius kaitinant išoriniu kaitintuvu ir palaikant pastovią 400 K temperatūrą, galima kiekybiškai nustatyti spinduliuojamo spektro galią ir palyginti, kaip ji keičiasi priklausomai nuo bandinio. Buvo nustatyta, kad, įskaičius spektrometro optinių elementų įtaką, spinduliuojamo spektro galima gana tiksliai aprašyti juodo kūno spinduliuojamo dėsnio. Be to, bandiniai, turintys 7 μm periodo ominię gardelę dažnių intervale iki 150 cm^{-1} spinduliuoja intensyviau už tokio paties periodo Šotkio tipo gardelę turinčius bandinius.

Bandinius maitinant nuolatine srove buvo kokybiškai palyginti spektrai iš įvairių bandinių. Be to, išmatavus spektrus su skirtingomis kryptimis pasuktu poliarizatoriumi bei sunormavus juos su atitinkamais spektrais, gautais išmatavus heterostruktūrą be metalinės gardelės, buvo nustatytos atskirų bandinių spektrinės savybės.

Norint iš spektro išskirti silpną plazmonų indėlį, reikia kuo labiau sumažinti šiluminį spinduliuojimą. Tuo tikslu bandinys buvo atšaldytas iki 112 K temperatūros ir maitinamas įtampos impulsais. Buvo nustatyta, kad mažinant užpildos faktorių (t. y., mažinant įtampos impulso trukmę esant fiksuotam moduliacijos dažniui), spektrų forma kinta nedaug. Pasirinkus gana žemą užpildą (2%, impulso trukmė 1,6 ms), buvo nustatyta, kad spektro forma labai priklauso nuo impulsų įtampos. Pavyzdžiui, $150\text{-}300 \text{ cm}^{-1}$ dažnių ruože esantis intensyvumo padidėjimas, kurį mes priskiriame plazmoninei emisijai, išnyksta įtampą padidinus nuo 60 V iki 100 V. Manome, kad pokyčiai atsiranda dėl bandinio kaitimo ir elektrinio lauko sukeltos priemaišų jonizacijos.



1 pav. Tipinio HEMT, naudoto tyrimuose, nuotrauka, daryta skenuojančiu elektronų mikroskopu (angl., SEM). Radėmis S, D ir G atitinkamai pažymėti ištakos, santakos ir užtūros elektrodai.

Literatūra

1. M. Dyakonov and M. Shur, *Phys. Rev. Lett.* **71** 2465 (1993);
2. V. Jakštas, I. Kašalynas, I. Šimkienė, V. Strazdienė, P. Prystawko, and M. Leszczynski, *Lith. J. Phys.* **54**, 227-232 (2014).

Terahercinės spinduliuotės emisija iš puslaidininkinių nanovielelių ir nestechiometrinių GaAs sluoksnių

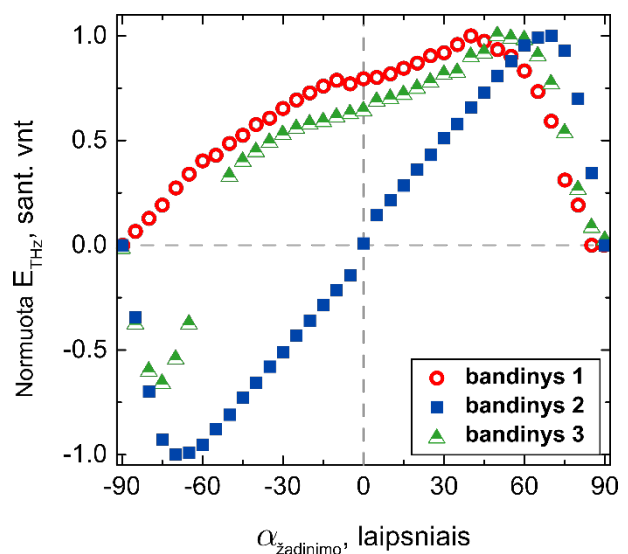
Ieva Beleckaitė, Ramūnas Adomavičius, Renata Butkutė, Vaidas Pačebutas,
Algirdas Selskis, Virginijus Bukauskas ir Arūnas Krotkus

Fizinių ir technologijos mokslų centras, Saulėtekio al. 3, LT-10257 Vilnius, Lietuva
el. p.: ieva.beleckaite@ftmc.lt

Pastaruoju metu puslaidininkinės nanostruktūros pritraukia vis didesnę mokslininkų susidomėjimą dėl potencialių šių darinių taikymų šviesos dioduose, lauko tranzistoriuose bei infraraudonosios srities optoelektronikos prietaisuose [1]. Taip pat buvo pastebėta, kad puslaidininkiniai nanodariniai, palyginus su įprastais puslaidininkinių sluoksniais, gali smarkiai sustiprinti terahercinės (THz) spinduliuotės emisiją optiškai sužadintus bandinio paviršių [2]. THz spinduliuotės šaltinis optiškai žadinamuose paviršiniuose emiteriuose yra fotosužadinti elektriniai dipoliai, kurių orientacija bandinyje – esminis faktorius lemiantis THz emisijos efektyvumą. Šiame darbe pristatoma nauja THz spektroskopijos metodika leidžianti tyrinėti tokius dipolius puslaidininkinių sluoksniuose bei puslaidininkiniuose nanodariniuose.

Darbe tirta THz spinduliuotės emisija iš molekulinio pluoštelio epitaksijos būdu užaugintų nestechiometrinių Ga praturtintų GaAs sluoksnių bei pasvirusių nanovielelių. Bandinių optiniam sužadimui naudotas Tita-to:safyro lazeris, o THz impulso detektavimui – žematemperatūrio GaAs antena (UAB Teravil). Atlikti THz spinduliuotės emisijos priklausomybės nuo žadinančios spinduliuotės kritimo kampo (1 pav.) bei azimutinio kampo matavimai parodė, kad tirtuose bandiniuose egzistuoja dviejų tipų elektriniai dipoliai: statmenas ir lygiagretus bandinio paviršiui. Statmenas elektrinis dipolis yra būdingas GaAs padėklui, tuo tarpu lygiagretaus dipolio atsiradimą lemia netolygus perteklinio Ga pasiskirstymas nestechiometrinių GaAs paviršiuje. Pasvirose nanovielelėse elektrinis dipolis susiformuoja lygiagrečiai vielašiai, dėl fotosužadintų krūvininkų judėjimo išilgai vielašės, tad turime statmeną ir lygiagrečią to paties elektrinio dipolio komponentes. Darbe buvo nustatyta, kad puslaidininkinėse nano

vielelėse ir kai kuriuose nestechiometrinių GaAs sluoksniuose lygiagretus paviršiui elektrinis dipolis turi įtakos THz spinduliuotės emisijai nepriklausomai nuo bandinio orientacijos, tuo tarpu kitose nanostruktūrose jis pasireiškia tik tinkamai parinkus azimutinius ir optinės spinduliuotės kritimo kampus. Taip pat tyrimų metu pademonstruota, kad THz spinduliuotės emisijos priklausomybės nuo kritimo kampo matavimai kartu su teoriniais skaičiavimais leidžia nustatyti THz spinduliuojančio elektrinio dipolio orientaciją bandinyje.



1 pav. THz spinduliuotės emisijos priklausomybė nuo žadinančios spinduliuotės kritimo kampo. GaAs - GaMnAs nanovielelės (bandinys 1), nestechiometrinių GaAs sluoksniai (bandinys 2 ir bandinys 3).

Literatūra

1. Y.C.Wang et al, Applied Physics Letters, **19** (13): 132108 (2007).
2. A. Arlauskas et al, Nano Letters, **14**: 1508-1514, (2014).

GalnAsBi/GaAs daugybinių kvantinių duobių optinės ir struktūrinės savybės

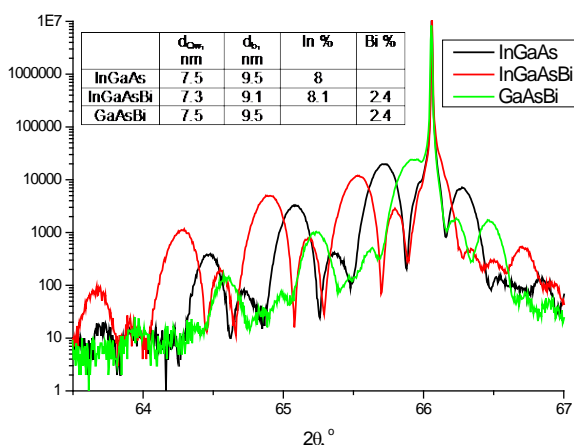
Sandra Stanionytė, Vaidas Pačebutas, Bronius Čechavičius, Arūnas Krotkus

Fizinių ir technologijos mokslų centras, Optoelektronikos skyrius
Saulėtekio al. 3, LT-10257 Vilnius, el. p.: sandra.stanionyte@ftmc.lt

GalnAs sluoksniai jau ilgą laiką yra naudojami diodų ir fotodetektorių gamyboje artimajam infrafraudonųjų bangų ruožui. Į tokius sluoksnius yra bandoma įvesti bismutą, nes net ir nedidelio Bi kiekio įvedimas žymiai sumažina draustinių juostų tarpo energiją (E_g). Šio darbo tikslas buvo užauginti ir ištirti GalnAsBi/GaAs daugybinės kvantines duobes (MQWs).

GalnAsBi MQWs augintos molekulinio pluoštų metodu (MBE) ant GaAs (001) padėklų. Padėklo temperatūra buvo keičiama nuo 240 °C iki 300 °C, visuose bandiniuose kiekvienos iš trijų kvantinių duobių storiai buvo ~7,5 nm, barjerų – ~9,5 nm. MQWs buvo charakterizuojamos aukštos skyros rentgeno spindulių difraktometrijos (HR-XRD), peršvietimo elektronų mikroskopijos (TEM) bei fotoluminescencijos (PL) metodais.

Intensyviausios PL smailės buvo stebimos iš MQWs, augintų 270 °C temperatūroje, HR-XRD rezultatai taip pat patvirtina, kad šių duobių kristalinė struktūra yra geriausia.

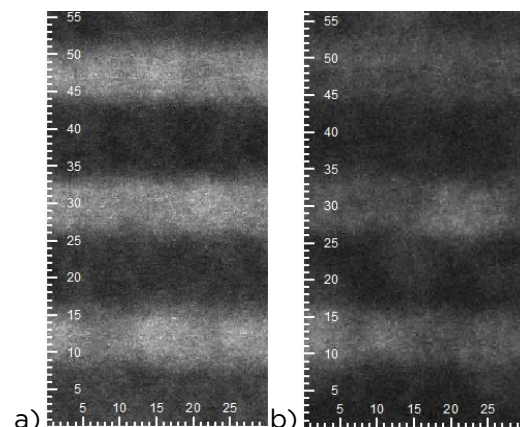


1 pav. GalnAs, GalnAsBi ir GaAsBi MQWs HR-XRD svyravimo kreivės.

Siekiant ištirti indžio įtaką bismuto įsiterpimui į sluoksnį bei sužinoti tikslias Bi ir In koncentracijas keturnarėse duobėse, buvo

auginamos ir GalnAs bei GaAsBi MQWs. Auginimo temperatūros bei Bi ir In srautai buvo tokie patys kaip ir auginant GalnAsBi MQWs. Iš HR-XRD svyravimo kreivių (1 pav.) nustatyta, kad In įvedimas į sluoksnį nedaro reikšmingos įtakos Bi įterpimui į GalnAs sluoksnį. Šie rezultatai koreliuoja su PL rezultatais. Bi įterpimas pastumia PL smailę į mažesnes energijas (54 meV/Bi%).

Iš HR-XRD svyravimo kreivių nustatytas Bi ir In kiekis GalnAsBi MQWs: -8% ir 0,9–4,2% atitinkamai. Didesnis bismuto kiekis sluoksnyje nulinę difraktogramos smailę slenka link mažesnių kampų, o PL smailę – link mažesnių energijų. Iš TEM rezultatų (2 pav.) matoma aiški riba tarp duobių ir barjerų esant didesniai (2.4 ir 4,2%), tačiau akivaizdu, kad duobėse bismuto pasiskirstymas nėra visiškai homogeniškas. Duobių su mažesniu Bi kiekiu (0,9%) nehomogeniškumas atsispindi net ir PL spektre.



2 pav. GalnAsBi duobių su skirtingu kiekiu Bi TEM nuotraukos (a – 2,4% Bi, b – 4,2%Bi).

Užauginus GalnAsBi MQWs ant GaAs padėklų, buvo ištirta padėklų temperatūros bei Bi srauto įtaka sluoksnių kokybei. Tačiau iš TEM ir PL rezultatų matoma, kad duobės nėra visiškai homogeniškos, todėl reikėtų optimizuoti auginimo sąlygas.

Skaidulinis pasyvio modų sinchronizacijos femtosekundinių impulsų osciliatorius ir jo taikymas parabolinių impulsų formavimui optinėje skaiduloje

Saulius Frankinas, Nerijus Rusteika ir Andrejus Michailovas

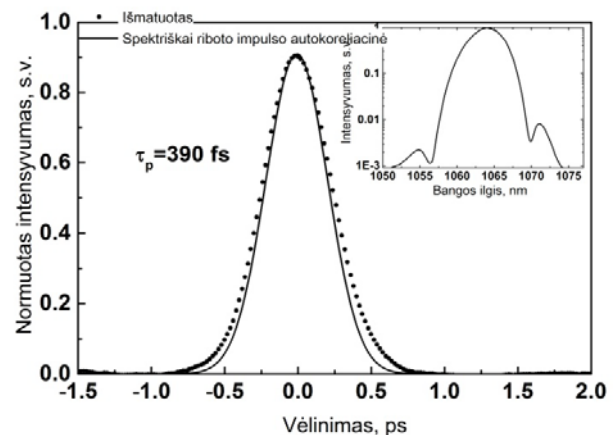
Fizinių ir technologijos mokslų centras, Lazerinių technologijų skyrius skyrius, Savanorių pr. 231, LT-02300 Vilnius, Ekspla. Savanorių pr. 237, LT-02300 Vilnius, el. p.: s.frankinas@ekspla.com

Femtosekundinių impulsų sinchronizuotų modų osciliatoriai naudojami skaidulinėse lazerinėse sistemose, paremtose fiziškai moduluotų impulsų stiprinimu [1]. Skaiduliniams femtosekundinių impulsų osciliatoriams reikalingas rezonatoriaus normalios dispersijos kompensavimas [2]. Pademonstruota, jog normali rezonatoriaus dispersiją gali būti kompensuota panaudojant difrakcinių gardelių porą, fotoninių kristalų šviesolaidį, čirpuotą šviesolaidinę Brego gardelę [3]. Patraukliausias anomalios disperijos elementas kompaktiškiems skaiduliniams osciliatoriams yra čirpuota šviesolaidinė Brego gardelė, kurią naudojant eliminuojami laisvos erdvės komponentai rezonatoriuje, o tai ypač pagerina osciliatoriaus stabilumą ir patikimumą. Taip pat išvystyta čirpuotos šviesolaidinės Brego gardelės įrašymo technologija leidžia laisvai pasirinkti daugumą parametų, o tai leidžia pasiekti norimas impulsų spektrines ir laikines charakteristikas.

Didelės energijos skaidulinėse čirpuotų impulsų stiprinimo sistemose pasiekama impulsų smailinė galia ir laikinė kokybė yra ribojama netiesinės fazės, sukauptos stiprinimo metu. Šis efektas gali būti sumažintas naudojant parabolines formos impulsus. Taigi šiame darbe pristatomas skaidulinis femtosekundinis osciliatorius panaudojant čirpuotą šviesolaidinę Brego gardelę, taip pat šio osciliatoriaus taikymas parabolinių impulsų generacijai optinėje skaiduloje.

Šiame darbe tiriamo skaidulinio pasyvio modų sinchronizacijos osciliatoriaus rezonatorių sudaro čirpuota šviesolaidinė Brego gardelė, iterbio jonais legiruota skaidula, pluošto daliklis ir įsisotinantis puslaidininkinis sugėriklis. Normali rezonatoriaus dispersija yra kompensuojama

šviesolaidine Brego gardele, kuri kartu yra spektrinis filtras, formuojantis generuojamų impulsų spektrą. Kadangi rezonatorių sudarančios skaidulos bendra normali dispersija yra palyginama su čirpuotos šviesolaidinės Brego gardelės anomalia dispersija, todėl keičiant impulsų pasikartojimo dažnį (32MHz-72MHz), generuojamų impulsų trukmė ir spektro plotis kinta. Trumpiausi impulsai, kurių trukmė 390 fs, buvo gauti esant 32 MHz impulsų pasikartojimo dažniui (1 pav.). Stiprinant osciliatoriaus impulsus Yb jonais legiruotoje skaiduloje impulsų tiek laikinė, tiek spektrinė forma asimptotiškai artėja prie parabolės formos. Daugiau rezultatų bus pateikta konferencijos metu.



1 pav. Išmatuota osciliatoriaus generuojamų impulsų autokoreliacinė kreivė, išnašoje parodytas išmatuotas generuojamų impulsų spektras.

Literatūra

1. K. Sumimura*, H. Yoshida, H. Fujita, and M. Nakatsuka, *Laser Physics* **17**, 339-344 (2007).
2. Baumgartl B. Ortaç J. Limpert · A. Tünnermann, *Applied Physics B* **107**, 263-274 (2012).
3. O.Katz, Y.Sintov, *Opt. Comm.* **281**, 2874- 2878 (2008).

Atsitiktiniu būdu nano/mikro-tekstūruoti fotoniniai funkciniai paviršiai

Armandas Balčytis^{1,4}, Yoshiaki Nishijima², Jurga Juodkazytė¹, Meguya Ryu³, Ryosuke Komatsu², Junko Morikawa³, Raimondas Petruškevičius¹, Saulius Juodkazis⁴

¹ Fizinių ir technologijos mokslų centras, Saulėtekio al. 3, LT-10257 Vilnius, Lietuva, el. p.: armandas.balcytis@gmail.com

²Yokohama National University, 79-5 Tokiwadai, Hodogaya-Ku, Yokohama 240-8501, Japonija

³Tokyo Institute of Technology, Meguro-ku, Tokyo 152-8550, Japan

⁴Centre for Micro-Photonics, Swinburne University of Technology, Hawthorn, VIC 3122, Australija

Įvairios prigimties nano/mikro tekstūruoti paviršiai, priklausomai nuo savo struktūros, pasižymi plačia aibe naudingų fizikinių savybių, tokių kaip baktericidinis poveikis, hidrofobiškumas arba hidrofiliškumas bei antirefleksinė veika. Be to, šiuos paviršius galima padaryti plazmoniškai aktyvius padengus atitinkamai parinktais metalais, taip sukuriant paviršiumi sustiprinto Ramano sklaidos (SERS) arba infraraudonosios spinduliuotės sugerties (SEIRA) padėklus.

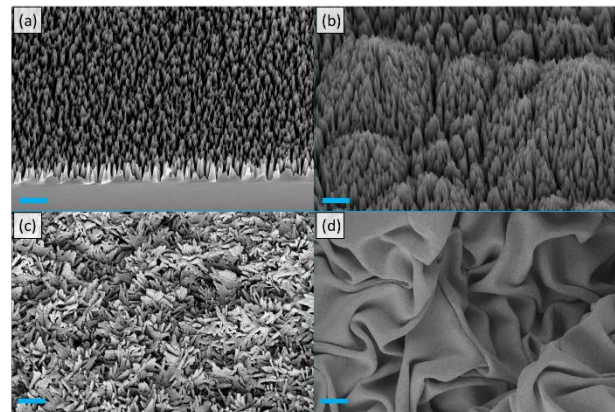
Daug įvairaus funkcinio nanotekstūravimo pavyzdžių galima rasti gamtoje, pavyzdžiui, hidrofobiniai lotoso lapai, fotoninio kristalo principu spalvų pojūčius sukeliantys drugelio, arba baktericidiniai, hidrofobiniai bei antirefleksiniai cikados sparnų paviršiai [1]. Siekiant pramoniniu būdu sukurti tokius daugiafunkcinius darinius biomimetizmas – dirbtinis gamtoje stebimų mechanizmų atkartojimas – susilaukia itin didelio dėmesio.

Esminis iššūkis su kuriuo susiduriama kuriant funkcinis paviršius yra vienetinio ploto gamybos kaštų minimizavimas. Šiuolaikinės skenuojančių pluoštų litografijos metodais galima sukurti sudėtingus trimačius darinius dešimčių nanometrų tikslumu, tačiau tai yra nepraktiškai lėta ir brangu. Taigi, rentabilus sprendimas turi būti įgyvendinamas pasitelkiant paralelinį paviršiaus apdorojimą bei naudojant paprastas cheminio ėsdinimo bei sluoksnių nusodinimo metodikas.

Šiame darbe pristatoma keletą nanotekstūruotų paviršių pavyzdžių gamybos metodikos bei fizikinės savybės. Reaktyvių jonų ėsdinimo metodu buvo suformuoti valdomo aukščio nano-spygliais dengti juodojo Si paviršiai, pasižymintys antirefleksinėmis savybėmis matomosios šviesos spektrinėje srityje. Aptariamos eksperimentiškai bei FDTD simuliacijų metodais gautos šių paviršių

atspindžio bei pralaidumo charakteristikos, o taip pat pristatomas hierarchinio ėsdinimo metodas, kuriuo siekiama antirefleksines savybes pratęsti į infraraudonąją spektro sritį [2].

Chemiškai oksiduoti vario oksido sluoksniai yra plazmoniškai aktyvuojami juos padengiant Au sluoksniu ir veikia kaip didelio efektyvumo SERS padėklai [3]. Šių paviršiaus morfologijos įtaka plazmoninio stiprinimo savybėms tiriama Ramano vaizdinimo metodu. Galiausiai, pristatoma dar paprastesnė SERS paviršiaus gamybos metodika naudojant metalu dengtų ištemptų plastiko sluoksnių šiluminį traukimąsi.



1 pav. Nanotekstūruoti paviršiai. (a) Juodasis silicis. (b) Hierarchinis juodasis silicis. (c) Au dengtas CuO paviršius. (d) Plastiko terminės relaksacijos metu suraukšlėtas aukso sluoksnis.

Literatūra

1. J. Morikawa, M. Ryu, G. Seniutinas, A. Balčytis, K. Maximova, X. Wang, M. Zamengo, E. P. Ivanova, S. Juodkazis. *Langmuir* **32**, 4698 (2016).
2. Y. Nishijima, R. Komatsu, S. Ota, G. Seniutinas, A. Balčytis, S. Juodkazis, *APL Photonics* **1**, 076104 (2016).
3. A. Balčytis, M. Ryu, G. Seniutinas, J. Juodkazytė, B.C.C. Cowie, P.R. Stoddart, M. Zamengo, J. Morikawa and S. Juodkazis. *Nanoscale* **7**, 18299 (2015).

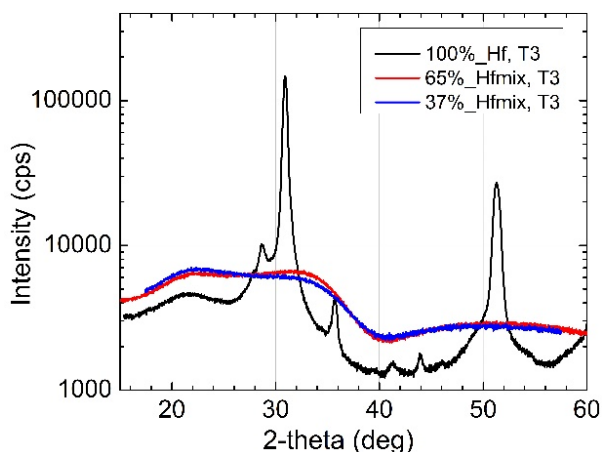
HfO₂ bei jo mišinių taikymas aukšto lazerinio atsparumo NdYag 1",2" bei 4" harmonikų spektrinio daliklio formavimui

Giedrius Abromavičius, Vidas Pakštas, Andrius Melninkaitis, Ramutis Drazdys

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

Didelės galios lazerinėse sistemose naudojami optiniai komponentai dažnai yra silpniausia grandis, apribojančių didžiausią pasiekiamą lazerinių pluoštų galią. HfO₂ bei jo mišiniai su SiO₂ yra susilaukę didelio dėmesio optinių dangų tyrėjų bendruomenėje, nes ši medžiaga dėl savo didelio draustinės energijos juosto pločio leidžia vystyti dideliu atsparumu lazeriniams impulsams pasižyminčias daugiasluoksnes interferencines optines dangas [1],[2].

Šiame darbe nagrinėjama galimybė padidinti NdYAG lazerio pirmos, antros bei ketvirtos harmonikoms atskirti naudojamo spektro daliklio dangos atsparumą lazeriniams 266 nm ns impulsams, naudojant gryną HfO₂ bei jo skirtingus mišinius, o taip pat papildomo kaitinimo po dengimo proceso procedūrą.



1 pav. Kaitintų (T₃) gryno HfO₂ bei skirtingų mišinių HfO₂-SiO₂ pagrindu suformuotų spektro daliklio dangų rentgeno difrakciniai spektrai.

Tyrimo metu buvo atliktas visapusiškas optinių bei mechaninių spektro daliklių dangų charakterizavimas. Buvo nustatyta, jog kaitinant eksperimentines daugiasluoksnes optines dangas, didėjo jų atspindys, mažėjo optinė sugertis, mažėjo įtempiai. Kaitinant HfO₂/SiO₂ dangas iki aukščiausios temperatūros, buvo pastebėtas paviršiaus šiurkštumo dviejų padidėjimas dėl HfO₂ kristalizacijos, o taip lazerio indukuoto pažaidos slenksčio (LIPS) padidėjimas du kartus, lyginant su nekaitinta danga. Taip pat svarbu paminėti, jog atkaitintos iki aukščiausios šiame tyrime naudotos temperatūros, HfO₂/SiO₂ dangos atsparumas susilygino su HfO₂-SiO₂ mišinių pagrindų pagamintų spektro daliklių dangų atsparumui. Darbe pasiekti rezultatai leis kurti aukštos galios NdYAG lazerio spektro daliklius pirmos, antros bei ketvirtos harmonikoms, kurie yra aktualūs gerinant kuriamų lazerių parametrus tiek Lietuvos, tiek kitų šalių lazerių kompanijose.

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)

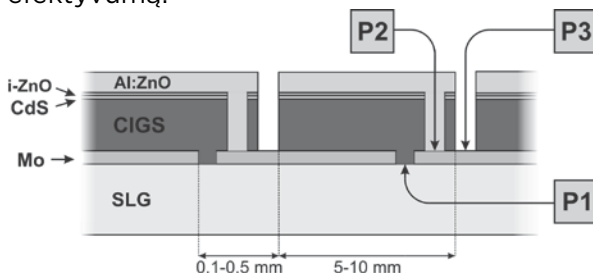
Spartus lazerinis izoliacinių režių formavimas CIGS plonasluoksniuose saulės elementuose

Edgaras Markauskas, Paulius Gečys, Gediminas Račiukaitis

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

CIGS ($\text{CuIn}_x\text{Ga}_{(1-x)}\text{Se}_2$) saulės elementai yra viena efektyviausių plonasluoksnių technologijų pasiekianti rekordinį 22,6 % efektyvumą mažo ploto ($0,5 \text{ cm}^2$) mini-celėse [1]. Tačiau įprasti 1 m^2 dydžio moduliai pasižymi gerokai mažensiais efektyvumais. Viena iš priežasčių – celės yra padengiamos ypač plonais kontaktais. Plonas kontakto sluoksnis sumažina parazitinę šviesos sugertį, tačiau kartu ir sukelia papildomų nuostolių dėl padidėjusios kontaktų elektrinės varžos. Kadangi šviesos generuojama srovė yra proporcinga celės dydžiui, tai didinant saulės modulį didėja ir varžos sukeliama nuostoliai.

Siekiant jų išvengti, didelio ploto saulės elementas yra padalijamas į mažesnio ploto celes, kurios yra sujungiamos nuosekliai (1 pav.) [2]. Lazerio panaudojimas saulės elementų struktūrinimui yra patrauklus dėl spartos ir tikslumo. Tačiau norint viršyti 1 m/s raižymo greitį, būtina panaudoti didelio dažnio (1 MHz) lazerius. Trumpas laiko tarpas tarp atskirų lazerio impulsų gali lemti šiluminę akumuliaciją bandinyje [3]. Lazerio sukelti šiluminiai pažeidimai gali suformuoti laidžias CIGS fazes, kurios gali sukelti trumpą celių jungimą bei ženkiai sumažinti modulio efektyvumą.



1 pav. Plonasluoksnių CIGS saulės modulio skerspjūvis. P1, P2 ir P3 režių dėka yra suformuojamos atskiros celės ir sujungiamos nuosekliai. Sandara: viršutinis kontaktas (Al:ZnO+i-ZnO), buferinis sluoksnis (CdS), sugeriklis (CIGS), apatinis kontaktas (Mo) ir stiklo padėklas (SLG).

Šio darbo tikslas buvo ištirti pikosekundinio (13 ps) didelio pasikartojimo dažnio (1 MHz) lazerio, veikiančio 532 ir 1064 nm bangos ilgiuose pritaikomumą atlikti izoliuojančius P3 režius plonasluoksniuose CIGS saulės elementuose. Tyrimų metu, lazerinio raižymo greitis buvo keičiamas nuo 0,4 iki 50 m/s, o lazerio pasikartojimo dažnis nuo 0.1 iki 1 MHz. Įvertinti režių kokybei buvo panaudotas skenuojantis elektronų mikroskopas (SEM), energijos dispersijos spektrometras (EDS). Tiesinių režių raižymo metodika buvo panaudota izoliuojančių P3 režių laidžiui įvertinti [2]. Taip pat buvo atlikta mini-modulių simuliacija Comsol aplinkoje.

Tyrimai parodė, kad galima išlaikyti aukštą režio kokybę ir mažą P3 režio kraštų apsilydymą atliekant P3 režius greičiais viršijančiais 1 m/s . Tačiau elektriniai matavimai atskleidė padidėjusius terminius CIGS pažeidimus panaudojant didelį pasikartojimo dažnį.

Literatūra

1. ZSW achieves world record CIGS lab cell efficiency of 22,6 %. (2016). Available at: <http://www.pv-tech.org/news/zsw-achieves-world-record-cigs-lab-cell-efficiency-of-22.6>. (Accessed: 19th October 2016).
2. E. Markauskas, P. Gečys, A. Žemaitis, M. Gedvilas, and G. Račiukaitis, Validation of monolithic interconnection conductivity in laser scribed CIGS thin-film solar cells, *Sol. Energy* **120**, 35 (2015).
3. J. Bovatsek, A. Tamhankar, R.S. Patel, N.M. Bulgakova, and J. Bonse, Thin-film mechanisms in ns-laser processing of photovoltaic materials, *Thin Solid Films* **518**, 2897 (2010).

Šviesos pagavimo struktūrų formavimas fotovoltiniams elementams, naudojant lazerinę interferencinę abliaciją

Simonas Indrišiūnas, Gediminas Račiukaitis

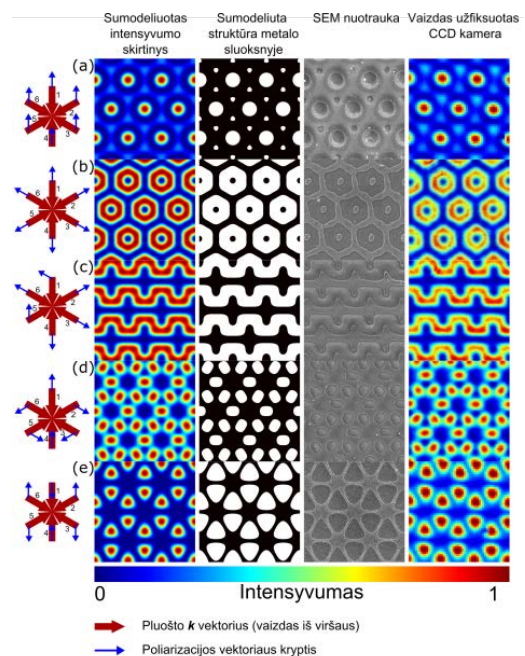
Fizinių ir technologijos mokslų centras, Lazerinių technologijų skyrius
Savanorių pr. 231, LT-02300 Vilnius, el. p.: simonas.indrisiunas@ftmc.lt

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 trečdalią į ją krentančios šviesos, didesnam 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. Todėl buvo tiriama galimybė panaudoti lazerinę apdirbimą interferuojančiais lazerio pluoštais [2] ir cheminį ėsdinimą atspindį mažinančių struktūrų multikristaliniame silicije gamybai. Tirta interferencinė abliacijos būdu multikristalinio silicio plokštelėse suformuotų struktūrų gylio priklausomybė nuo lazerinio apdirbimo parametrų, ėsdinimo trukmės. Palyginti struktūrų, pagamintų naudojant įvairius lazerinio apdirbimo parametrus, ėsdinimo trukmės, struktūros periodus, atspindžio spektrai. Nustatyta, kad naudojant optimalų struktūros periodą ir apdirbimo parametrus pilnas tekstūruotos plokštelės atspindys siekia apie 17.5 %.

Lazerio spinduliuotės ir ėsdinimo poveikis buvo naudojamas ir struktūroms monokristaliniame silicije formuoti. Monokristaliniame silicije darant pažeidimus interferenciniu intensyvumo skirstiniu ir ėsdinant KOH tirpalu buvo suformuotos invertuotų piramidžių periodinės struktūros. Iširta spinduliuotės energijos tankio ir impulsų skaičiaus į tašką įtaka suformuotų piramidžių gyliui. Nustatyti lazerinio apdirbimo parametrai, leidžiantys pasiekti optimalų piramidės pločio/gylio santykį. Tirta

dėl lazerio ekspozicijos susidarancio amorfinio silicio įtaka išėsdintai struktūrai. Nustatytas piramidžių susidarymui reikalingų lazerio parametrų langas. Nustatyti lazerinio apdirbimo parametrai, leidžiantys gauti maksimalaus gylio piramidžių struktūras, naudojant 532 nm ir 355 nm bangos ilgius.

Taip pat buvo tirta galimybė pritaikyti interferencinį apdirbimą plazmoninėms atspindį mažinančioms struktūroms. Tam reikalinga struktūros formos kontrolė. Naudojant poliarizacijos valdymą 6 interferuojančių pluoštų stende pagamintos įvairių formų periodinės struktūros ploname metalo sluoksnyje. Palyginti modeliavimo, CCD kamera užfiksuoti ir eksperimento rezultatai, tarp jų gautas geras atitikimas.



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). Besel, Hong Kong, 1993).

Laser-induced selective metal plating on PP and PC/ABS surfaces for molded interconnect devices applications

Karolis Ratautas¹, Mindaugas Gedvilas¹, Ina Stankevičienė¹, Aldona Jagminienė¹, Eugenijus Norkus¹, Nello Li Pira², Stefano Sinopoli³, Gediminas Račiukaitis¹

¹ Center for Physical Sciences and Technology, Savanoriu Ave. 231, Vilnius, LT-02300, Lithuania

² Centro Ricerche Fiat, Strada Torino 50, Orbassano (TO), 10043, Italy

³ BioAge Srl, Via dei Glicini 25, Lamezia Terme (CZ), 88046, Italy

Laser-induced selective metal plating on PP and PC/ABS surfaces

Laser writing for selective plating of electro-conductive traces for electronics has several significant advantages, compared to conventional printed circuit board technology. Firstly, this method is faster and cheaper for prototyping. Secondly, material consumption is reduced, because it works selectively. However, the biggest merit of this approach is potentiality to produce molded interconnect device (MID), enabling creation of electronic circuits on 3D surfaces, thus saving space, materials and cost of production.

There are several techniques of laser writing for selective plating of polymers: metal nano-ink printing, laser-induced forward transfer (LIFT), laser-induced selective activation (LISA) and laser direct structuring (LDS). However, all of them, except LDS, have a limitation when it is being applied on a curved surface.

For our investigation, we used LDS and our new method: selective surface activation induced by laser (SSAIL). The main difference between LISA and SSAIL is that the second one is performed in atmospheric ambient. That simplifies the processing of 3D surface.

In the SSAIL method, pure plastics without any dopant (filler) can be used. SSAIL is a 3 step process. The first step is surface modification by laser, second – chemical activation of modified areas and the last step is electroless plating. In LDS method, special fillers are mixed in the polymer matrix. These fillers are activated during laser writing

process and in the next processing step scanned area can be selectively plated with metals. There are some commercial materials available on the market for LDS; however, mostly they are based on expensive fillers, usually palladium. Considering the need of MID market, we are looking for the way to reduce the price of circuit traces manufacturing. Therefore, for LDS approach, we suggest new material: polypropylene with carbon-based additives, which increases the price of masterbatch much less than alternative additives used in polymers for LDS. While for the SSAIL method we used just commercial PC/ABS blend at all. Tests were performed using picosecond and nanosecond laser pulses. Different processing parameters (laser energy, scanning speed, the number of scans, pulse durations, wavelength and overlapping of scanned lines) were applied. A sheet resistance of selectively plated samples manufactured with different laser processing parameters and the same chemical bath conditions has been measured in order to determine the optimal regime of activation. Spatial selectivity tests showed high plating resolution. The narrowest width of plated line was less than 23 μm . The activation process was also investigated using Raman spectroscopy analysis. In Raman experiments, two spectra of treated and untreated plastic surfaces were compared. Finally, a prototype of the electronic circuit board was performed using both methods.

Grįžtamasis ryšys žvaigždėdaros modeliuose

Kostas Sabulis, Kastytis Zubovas

Fizinių ir technologijos mokslų centras, Fundamentinių tyrimų skyrius
Saulėtekio al. 3, LT-10257 Vilnius, el. p.: kostas.sabulis@ftmc.lt

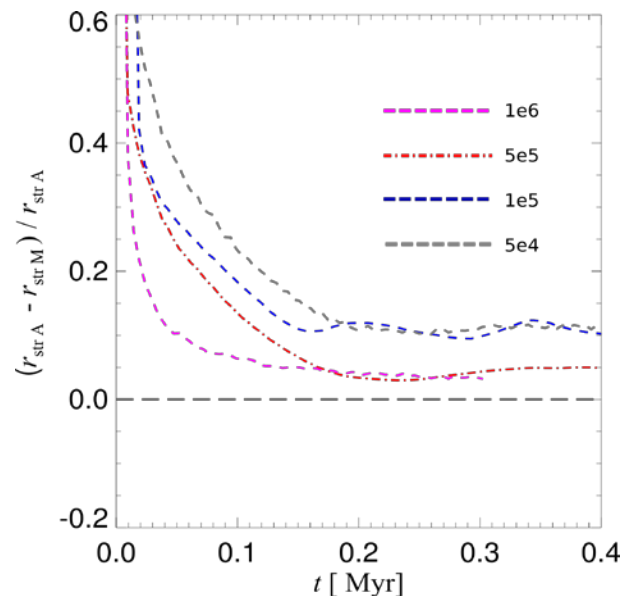
Procesas, kurio metu formuojasi naujos žvaigždės – žvaigždėdara, tai sudėtingas ir daugialypis reiškinys, kuriame svarbūs įvairūs fizikiniai procesai. Didžiausia įtaka daroma gravitacijos ir dujų dinamikos, tačiau svarbu įskaityti ir šiluminius procesus vykstančius tankiose molekulinėse dujose, kitų galaktikos objektų spinduliuotę, gravitaciją, magnetinius laukus, besiformuojančių žvaigždžių grįžtamąjį ryšį, kurį jos gali sukurti žvaigždžių vėjo, fotojonizuojančios spinduliuotės ir supernovų sprogamų pagalba [1]. Pastarieji procesai įkaitina dujas aplink jaunas žvaigždes ir gali jas pašalinti iš jauno, besiformuojančio žvaigždžių spiečiaus arba pradėti antrinę žvaigždėdarą dėl smūginės bangos sukurtų padidinto tankio zonų, kuriose, savo ruožtu, toliau vyksta dujų fragmentacija.

Žvaigždėdaros proceso stebėjimus apsunkina didelis molekulinio vandenilio debesų tankis, jaunų žvaigždinių objektų šviesa yra sugerama ir išsklaidoma debesyse, spinduliuotės spektras slenkasi į raudonąją pusę, tai atsitinka dėl tarpžvaigždinių dulkių, kurios yra neatsiejama molekulinės terpės dalis. Kitas veiksnys, neleidžiantis tiesiogiai stebėti žvaigždėdaros, yra didelės šio reiškinio laiko skalės, daug ilgesnės nei žmogaus gyvenimo trukmė.

Vienas iš būdų tirti žvaigždėdaros proceso dinamiką – skaitmeninis modeliavimas. Dabartiniai modeliai įskaito vis daugiau skirtingų fizikinių procesų, leidžia geriau įvertinti jų įtaką. Šiame pranešime pristatysiu fotojonizacijos grįžtamąjį ryšį įskaitančio skaitmeninio žvaigždėdaros modelio įgyvendinimą modeliavimo programoje Gadget-3 (modifikuota Gadget-2 [2] versija).

Pagrindiniai fotojonizuojančios spinduliuotės šaltiniai – jaunos ir masyvios O ir B spektrinių tipų žvaigždės, kurios dominuoja žvaigždėdaros regionų spinduliuotės lauką ir yra pagrindiniai ir pirmieji tarpžvaigždinės

medžiagos kaitinimo šaltiniai. Jaunų žvaigždžių spinduliuotė dominuoja žvaigždžių grįžtamąjį ryšį iki pirmųjų supernovų sprogamų (~3 milijonai metų nuo masyviausių spiečiaus žvaigždžių susiformavimo). Šiame darbe pristatomi skaitmeniniai modeliai atitinka žvaigždžių populiacijos evoliucijos laikotarpį kai dominuojantis grįžtamasis ryšys yra kuriamas fotojonizuojančios spinduliuotės.



1 pav. Skirtingų raiškų modelių santykiniai skirtumai nuo analitinio sprendinio.

Šiuo darbu siekiame parodyti, kad fotojonizuojančios spinduliuotės grįžtamasis ryšys yra reikšmingas žvaigždėdaros proceso supratimui ir stebėjimų interpretacijoms. Tikslesnis jo įskaitymas į skaitmeninius modelius padės geriau suprasti jaunų žvaigždinių populiacijų dinamiką.

Literatūra

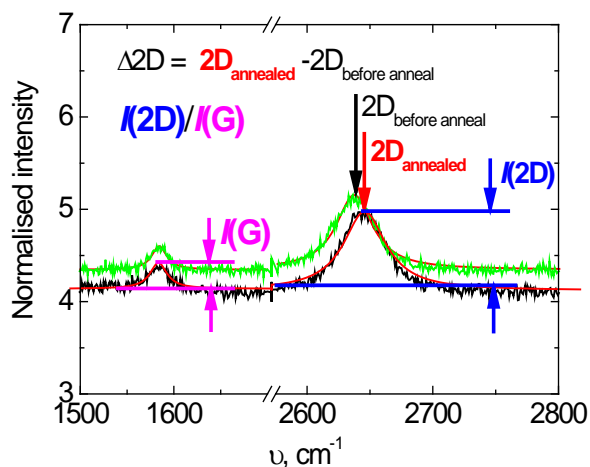
1. C.F.McKee, E.C. Ostriker, Theory of Star Formation, 2007, ARA&A, 45, 565
2. V.Springel, The cosmological simulation code GADGET-2, 2005, MNRAS, 364, 1105

Iškaitinimo įtaka grafeno ir metalų kontaktams

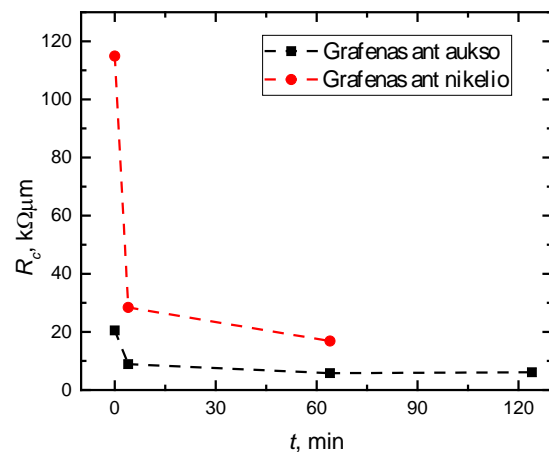
Andrius Sakavičius, Algimantas Lukša, Viktorija Nargelienė, Virginijus Bukauskas,
Gvidas Astromskas, Arūnas Šetkus

Fizinių ir technologijos mokslų centras, Fizikinių technologijų skyrius
Saulėtekio al. 3, LT-10257 Vilnius, el. p.: andrius.sakavicius@ftmc.lt

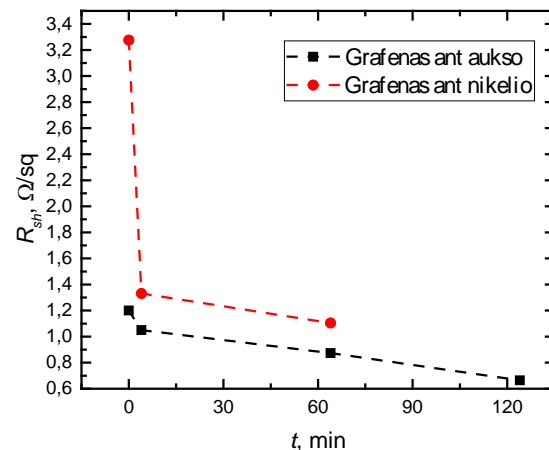
Kuriant prietaisus, kurių vienas iš komponentų yra 2D medžiaga – vienatomis anglies atomų sluoksnis – grafenas, būtina kontroliuoti ir suprasti kontaktinius efektus bei struktūrinius pokyčius. Mūsų darbe pristatomi rezultatai, gauti tyrinėjant vienatomį grafeno sluoksnį užnešus ant CTLM (Circular Transmission Line Measurement) metalinių kontaktų ir atliekant skirtingos trukmės iškaitinimo procesus Ar dujų sraute. Bandiniai charakterizuojami Raman spektroskopija, Kelvino zondo jėgos mikroskopija bei atliekant elektrinius matavimus.



1 pav. Raman spektroskopijos rezultatai. Struktūrose, kuriose grafenas užneštas ant Au kontaktų, po iškaitinimo proceso stebimas 2D piko poslinkis į trumpųjų bangų pusę.



2 pav. Elektrinių matavimų rezultatai. Iškaitinus bandinius Ar dujų sraute stebimas kontaktinės varžos mažėjimas, didinant iškaitinimo trukmę.



3 pav. Elektrinių matavimų rezultatai. Iškaitinus bandinius Ar dujų sraute stebimas grafeno sluoksnio varžos mažėjimas, didinant iškaitinimo trukmę.

Paviršinių elektrinių būsenų užpildymo priklausomybė nuo dujų ir šviesos poveikio nanometriniu storio sluoksniuotose metalo oksidų struktūrose

Šarūnas Vaškelis

Fizinių ir technologijos mokslų centras, Fizikinių technologijų skyrius
Saulėtekio al. 3, LT-10257 Vilnius, el. p.: sarunas.vaskelis@ftmc.lt

Metalų oksidai dėl didelio jautrumo, ilgalaikio stabilumo ir pigios technologijos yra plačiai naudojami komercinių dujų jutiklių gamyboje. Šie jutikliai yra pritaikomi įvairiose sistemose, pavyzdžiui pramoninių procesų kontrolėje, aplinkosaugoje, medicinoje ir pan. Tačiau kadangi tokių jutiklių darbo temperatūros dažnai siekia 400-600K tai riboja tokių jutiklių integravimą į įvairius naujos kartos elektroninius prietaisus.

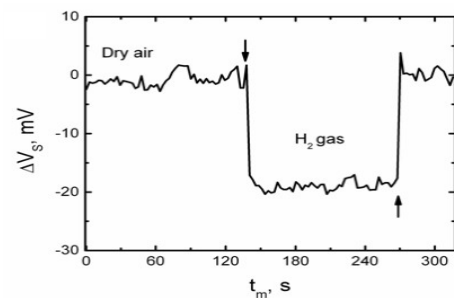
Pastarųjų metų tyrimai rodo, jog sumažinti metalo oksidų jutiklių darbo temperatūrą būtų galima naudojant įvairius nanometrinius darinius: kvazi-1D dariniai (nanosiūlai, nanovazdeliai ir pan.) [1], kuriuose gali būti stebimi kvantiniai reiškiniai, tinkantys keisti dujų sąveiką su paviršiumi į atsako signalą, hibridiniai dariniai su molekuliniais junginiais [2], kuriuose atsako į dujas mechanizmus lemia procesai molekulėse, ir pan. Publikuojami eksperimentų [3] ir skaičiavimų [4] rezultatai leidžia tikėtis pritaikyti nanometrinius ir nanostruktūrizuotus darinius taip pat ir metalų oksidų dujų jutikliams, veikiantiems kambario temperatūroje, kurti.

Šiame darbe įvairaus storio puslaidininkinių metalų oksidų sluoksnių elektrinės savybės buvo tiriamos skenuojančiojo zondo mikroskopijos metodais naudojant mikroskopo zondą kaip viršutinį kontaktą ar elektrodą. Buvo tiriami itin ploni (iki 20 nm) titano ir indžio oksidų kelių tipų sluoksniuoti dariniai, užauginti magnetroninio dulkinimo metodu. Si padėklai, prieš formuojant metalų oksidų sluoksnius, buvo padengiami Au sluoksniu – tai apatinis kontaktas.

Metalų oksidų darinių paviršiaus potencialo ir paviršinių elektrinių būsenų kitimas dėl išorinio poveikio dujomis ir šviesa buvo tirtas naudojant Kelvino zondo modą ir skenuojančią tunelinę mikroskopiją (STM). Šviesos poveikio

tyrimams naudoti šviestukai, kurių bangos ilgiai yra iš intervalo nuo 400 nm iki 735 nm. Tyrimų metu bandiniai buvo įtvirtinti specialioje uždaroje kameroje su įvestimis šviesai ir dujoms bei skenuojančiajam zondui. Bandinių kameroje buvo galima sudaryti švaraus arba su pasirinktomis tiriamosiomis dujomis oro aplinką.

Eksperimentiniais paviršiaus elektrinio potencialo tyrimais įrodyta, jog paviršiaus potencialo atsako į dujas trukmė aplinkos temperatūroje yra ženkliai trumpesnė, negu tų pačių metalo oksidų elektrinės varžos atsakas.



1 pav. Paviršiaus elektrinio potencialo pokytis, kai keičiama darinį supanti atmosfera: švarus oras, H₂ dujos (800ppm) ir vėl švarus oras. Matavimai atlikti trisluoksnio darinio In₂O₃/TiO₂/In₂O₃ paviršiuje T = 295 K.

Eksperimentų rezultatai rodo, kad pamatuotas paviršinių būsenų tankio pokytis priklauso nuo paviršiaus sąveikos su dujomis ir šviesa. Analizuojant tyrimo rezultatus aptartas paviršiaus sąveikos poveikio sluoksniuoto darinio savybėms mechanizmo modelis.

Literatūra

1. Kenry, C.T. Lim. Prog. Mat. Sci. 58, 705 (2013).
2. Y. Hu, H. Lee, S. Kim, M. Yun, Sens. Actuators B: Chem. doi: 10.1016/j.snb.2013.01.084 (2013)
3. L.Chow, G. Lupan, G. Chai, H. Khallaf, L.K. Ono, B.R. Cuenya, I.M. Tiginyanu, V.V. Ursaki, V. Sontea, A. Schulte. Sens. Actuators B: Chem, 180, 399 (2013)
4. M.J.S. Spencer. Prog. Mat. Sci. 57, 437 (2012).

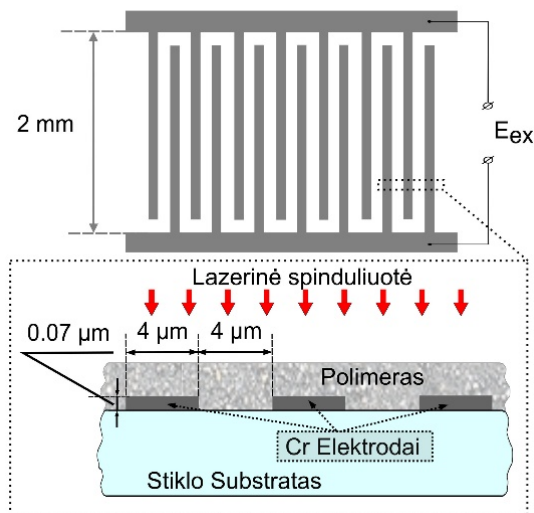
Periodinio elektrinio lauko indukuotos antrosios optinės harmonikos generacija polimere

Vidmantas Jašinskas, Mindaugas Gedvilas, Gediminas Račiukaitis, Vidmantas Gulbinas

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

Elektrinio lauko indukuota antrosios optinės harmonikos (EFISH) generacija yra veiksmingas įrankis tyrinėjant optinius netiesiškumus, medžiagų poliarizuojamumą, vidinius elektrinius laukus bei kitas fotoninių medžiagų ir įtaisų savybes [1, 2]. Įprastinė antrosios optinės harmonikos (SH) generacija necentrosimetrinėse medžiagose sukuria nuo elektrinio lauko nepriklausančią komponentę EFISH signalui ir riboja šio metodo taikomumą [3].

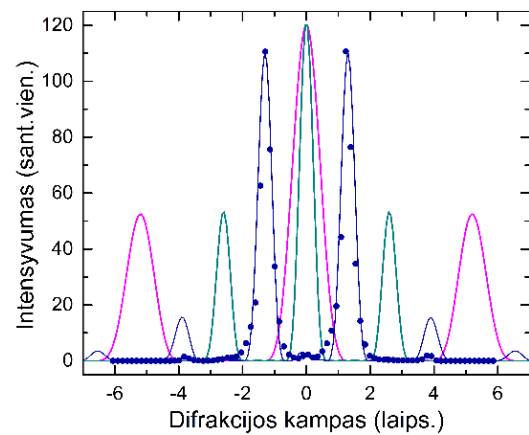
Šiame darbe mes pristatome EFISH generacijos plonuose sluoksniuose eksperimentų metodą, naudojant periodinius elektrodus (1 pav.). Tokių elektrodų panaudojimas atveria naujų galimybių EFISH generacijos tyrinėjimams plonuose sluoksniuose, lyginant su tradicine daugiasluoksnių bandinių metodika [3].



1 pav. Elektrodai (schematinis vaizdas iš viršaus ir iš šono, E_{ex} – išorinis el. laukas)

Periodiniai elektrodai sudaro amplitudinę difrakcinę gardelę ateinančiai lazerio spinduliuotei. Tačiau EFISH spinduliuotės bangų fazių pobūdis nesukuria nulinės eilės difrakcinio maksimumo, ir sukuria difrakcinius

maksimumus kitose vietose nei pirmos ar atitinkamos antros harmonikos spinduliuotė, praėjusi šią iš elektrodų sudarytą difrakcinę gardelę (2 pav.).



2 pav. Kampinės difrakcinio vaizdo intensyvumo priklausomybės (taškai - eksperimentinės EFISH vertės, mėlyna linija - teorinė EFISH kreivė, raudona - pirmą harmoniką, žalia - SH)

Šis metodas suteikia galimybes geometriškai atskirti EFISH signalą nuo SH fono, supaprastina bandinių paruošimą, bei suteikia naujų galimybių eksperimentiniams tyrimams.

Literatūra

1. T. Manaka, E. Lim, R. Tamura, M. Iwamoto. *Direct imaging of carrier motion in organic transistors by optical second harmonic generation*. Nature Photonics 1, 581-584 (2007).
2. D. Taguchi, T. Shino, Le Zhang, Jun Li, M. Weis, T. Manaka, M. Iwamoto. *Direct Probing of Photo-voltaic Effect Generated in Double-Layer Organic Solar Cell by Electric-Field-Induced Optical Second-Harmonic Generation*. Appl. Phys. Express 4, 021602 (2011).
3. V. Jašinskas, M. Gedvilas, G. Račiukaitis, and V. Gulbinas, *Background-free electric field-induced second harmonic generation with interdigitated combs of electrodes*, Opt. Lett. 41, 2759-2762 (2016)

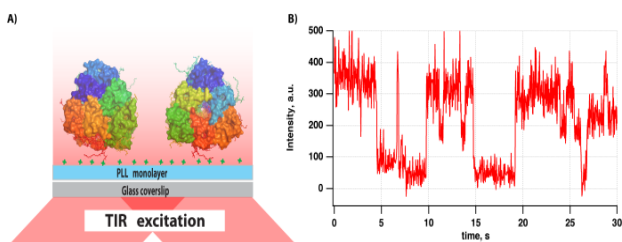
Transmembraninių šviesą sugeriančių baltyminių kompleksų tyrimai dirbtinėje ir į natūralią panašioje aplinkoje naudojant vienos molekulės fluorescencinę mikroskopiją

Marijonas Tutkus, Danielis Rutkauskas, Jevgenij Chmeliov, Petra Ungerer, Parveen Akhar, Petar Lambrev, Alexander Ruban, Gediminas Trinkūnas, Leonas Valkūnas.

Fizinių ir technologijos mokslų centras, Molekulinių darinių fizikos skyrius
Saulėtekio al. 3, LT-10257 Vilnius, el. p.: marijonas.tutkus@ftmc.lt

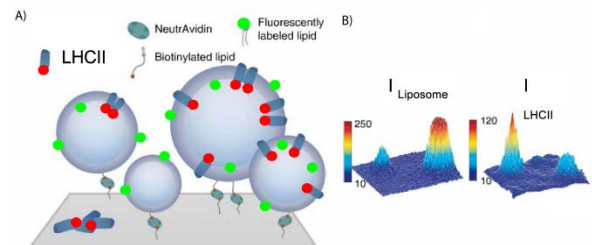
Fotosintetinantys organizmai fotosintezės proceso metu iš neorganinių medžiagų, naudojant šviesos energiją, kuri priimama per šviesą sugeriančius pigmentus, pagamina įvairių organinių medžiagų. Augaluose vykstantys pirminiai sugertos šviesos energijos pernašos procesai yra gerai prisitaikę prie natūraliomis sąlygomis labai nepastovaus apšvietimo intensyvumo lygio. Vienas tokio adaptyvumo aspektų yra vadinamas nefotocheminio gesinimo procesas (NPQ), kuriuo išskleidoma potencialiai žalinga perteklinė sugertos šviesos energija [1]. Augaluose pagrindinis NPQ dalyvis yra periferinis šviesą sugeriantis baltymų-pigmentų kompleksas – LHCII, Šis mūsų darbas skirtas aiškintis galimą LHCII komplekso indėlį į NPQ ypatybes ir membranos įtaką LHCII funkcijai.

Čia mes pristatome naują sinergiją apibūdintoje tyrimų šakoje tarp palyginti neseniai pradėtos taikyti fotosintetinių kompleksų tyrimams pavienių molekulių fluorescencijos mikroskopijos (1 pav.) ir membraninių baltymų įterpimo į ant paviršiaus imobilizuotas vezikules technologijos (2 pav.) [2].



1 pav. A) Eksperimento schema rodanti LHCII baltyminių kompleksų imobilizavimo metodą ant PLL modifikuoto stiklo detergento aplinkoje. B) Reprezentatyvus LHCII fluorescencijos emisijos intensyvumo signalas esant 635 nm žadinimui.

Bendrai toks kombinuotas metodas leidžia išvengti paviršiaus įtakos tiriamam objektui. Šie detergento micelėse esančio LHCII tyrimai leido nustatyti chromoforų įtaką fluorescencijos blyksėjimo signalams. Liposomose įterpto LHCII tyrimai leido nustatyti membranos kreivumo (liposomos diametro) įtaką LHCII fluorescencijos intensyvumo signalams ir LHCII membranos kreivumo jautrumą. Membranos kreivumo jautimas gali veikti kaip LHCII natūralioje aplinkoje išskiriantis veiksnys.



2 pav. A) Eksperimento schema rodanti LHCII baltyminių kompleksų įterptų į įvairaus diametro liposomas imobilizavimo metodą. Liposomos turi biotinilintų ir fluorescenciškai žymėtų lipidų. B) Daugiau LHCII yra aptinkama mažose liposomose. Tai akivaizdžiai parodo liposomos dažo intensyvumo palyginimas su, šioje liposomoje esančių, LHCII fluorescencijos emisijos intensyvumu.

Literatūra

1. A.V.Ruban, et al. Biochimica et Biophysica Acta. (2012).
2. N.S.Hatzakis, et al. Nature chemical biology (2009).

Konversijos fosfore šviestukų, skirtų nišiniams taikymas, prototipavimas

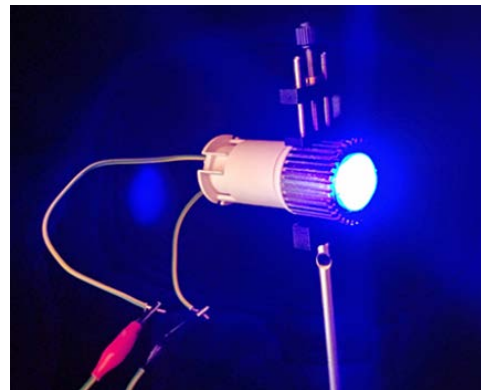
Akvilė Zabaliūtė-Karaliūnė, Henrikas Dapkus, Pranciškus Vitta

Vilniaus universitetas, Taikomųjų mokslų institutas
Saulėtekio al. 3, LT-10257, el. p.: akvile.zabaliute@tmi.vu.lt

Šviesos diodai (šviestukai) plačiai taikomi įvairiose apšvietimo srityse. Bendrajame apšvietime jų dėka taupoma energija, o nišiniuose taikymuose, kurie apima, bet neapsiriboja augalų, gatvių, paveikslų ar vitrinų apšvietimu, šviestukai pasirenkami dar ir dėl tokių privalumų kaip ilgaamžiškumas, momentinis įsidedimas bei galimybė optimizuoti spektrinį galios skirstinį (SGS). Šiame darbe aptariama nišiniams taikymams skirtų dalinės konversijos fosfore kietakūnių šviestuvų prototipų gamyba.

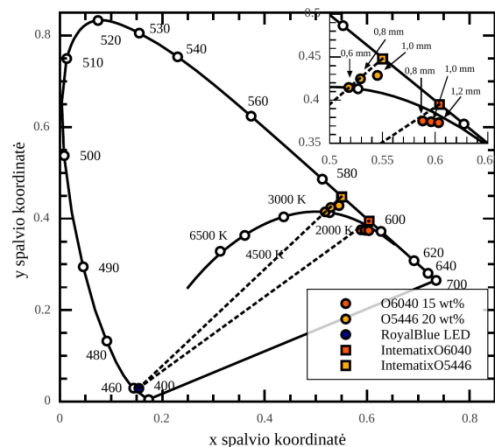
Pirmoje dalyje pristatomas dalinės konversijos fosfore kietakūnis šviestuvus, skirtas augalų fotofiziologiniams poreikiams tenkinti. Šviestuvą sudaro prekinis mėlynas Philips Lumileds šviestukas bei šviesos keitiklis, pagamintas iš silikono ir Vilniaus Universiteto Chemijos fakulteto mokslininkų susintetinto tolimos raudonos spektro srities $Y_3Ga_5O_{12}:Cr^{3+}$ 8 mol% fosforo mišinio. Optimalus SGS, kuomet mėlynos ir raudonos komponentių fotonų srautų santykis yra apie 4,7, pasiektas naudojant 1,5 mm storio silikoninį keitiklį, kuriame fosforo koncentracija buvo 5,7 wt%, šio keitiklio našumas siekė 35% [1]. Šviestuvus atvaizduotas 1 pav.

Antroje dalyje aptariamas dalinės konversijos fosfore puslaidininkinis šviesos šaltinis, skirtas naktiniam gatvių apšvietimui. Šio šviestuvo SGS charakterizuojamas maža mėlyna ir intensyvia oranžine komponente, siekiant neslopinti miego hormono melatonino išsiskyrimo smegenyse ir netrikdyti žmogaus cirkadinio ritmo [2]. Šviestuvus pagamintas pasitelkus prekinį Philips Lumileds gilių mėlyną (Royal blue) šviestuką ir mėlynos šviesos keitiklį, sudarytą iš skaidraus Dow Corning silikono ir oranžinių prekinį Intematix ir PhosphorTech fosforų mišinio. Juodo kūno spinduliavimą atitinkantys SGS buvo gauti keičiant keitiklių storius ir fosforų koncentracijas.



1 pav. Tolimos raudonos spektro srities šviestuvus, skirtas augalų fotofiziologiniams poreikiams tenkinti.

Keitiklių našumai kito tarp 24% ir 42%, o atstumas nuo planko lanko D_{UV} tarp 0,001 ir 0,003 priklausomai nuo naudojamo fosforo, jo koncentracijos keitiklyje bei keitiklio storio. Šviesos šaltinių spalvinės xy koordinatės ir keitiklių storiai atvaizduoti 2 pav.



2 pav. Naktinių kietakūnių šviesos šaltinių spalvinės xy koordinatės atvaizduotos CIE 1931 diagramoje.

Literatūra

1. A. Zabaliūtė-Karaliūnė, H. Dapkus, R.P. Petrauskas, S. Butkutė, A. Žukauskas, A. Kareiva, Lith. J. Phys. **55**, 200 (2015).
2. A. Zabaliūtė, A. Žukauskas, R. Vaicekuskas, P. Vitta, Opt. Lett. **39**, 563–566 (2014).

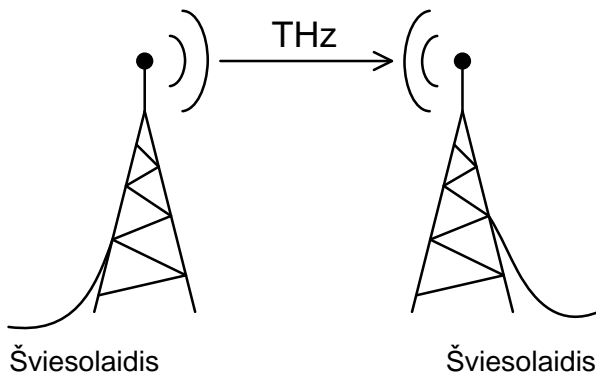
Atmosferos lūžio rodiklio įtaka subterahercų dažnių ruože

Milda Tamošiūnaitė

Fizinių ir technologijos mokslų centras, Optoelektronikos skyrius
Saulėtekio al. 3, LT-10257 Vilnius, el. p.: milda.tamosiunaite@ftmc.lt

Didėjant mobiliojo ryšio tinklų apkrovimui ir augant duomenų kiekiams bei jų perdavimo spartai, esamų darbinių dažnių juostų (0,8 - 2,6 GHz) nebepakanka. Europos Komisijos strategijoje numatoma, kad iki 2020 metų visiems Europos Sąjungos piliečiams turi būti sudaryta galimybė naudotis ne mažesnės nei 30 Mb/s spartos, o bent pusei namų ūkių - 100 Mb/s spartos interneto ryšiu. Siekiant įvykdyti šiuos tikslus, nagrinėjamos aukštesnių dažnių juostos.

Perspektyvos numatomos terahercų (THz) dažnių srityje (0,1 - 10 THz), kuri dar nėra paskirstyta, todėl gali būti tinkama pasiekti net iki 100 Gb/s spartai. Numatoma, kad 100 - 150 GHz dažniai galėtų būti tinkami dideliems atstumams (1 - 10 km), 150 - 350 GHz - vidutiniams atstumams (100 m - 1 km), o aukštesni nei 350 GHz dažniai būtų tinkami naudojimui patalpose.



1 pav. Viena iš terahercinių technologijų panaudojimo komunikacijose galimybių: dviejų šviesolaidinių tinklų sujungimas THz tiltu.

Visos atmosfera sklindančios bangos yra silpninamos: atspindimos, laužiamos, išsklaidomos, sugeriamos. Taip pat sklidimo kelyje vyksta nuolatiniai lūžio rodiklio pokyčiai, kurie išlenkia sklindančios bangos kelią. Siekiant įvertinti lūžio rodiklio, n , poveikį, skaičiuojamas lūžio koeficientas N [1]:

$$N = (n - 1) \times 10^6, \quad (1)$$

kuris priklauso nuo oro sąlygų ir yra atvirkščiai proporcingas aplinkos temperatūrai T (K), proporcingas atmosferos slėgiui p (hPa) ir daliniam vandens garų slėgiui e (hPa):

$$N = \frac{77,6}{T} \left(p + 4810 \frac{e}{T} \right), \quad (2)$$

$$e = \frac{He_s}{100}, \quad (3)$$

čia H - santykinė drėgmė (%), e_s - vandens garų slėgis (hPa).

Esant galimybei, skaičiuojamas lūžio rodiklio gradientas:

$$\frac{\Delta N}{\Delta h} (10^{-6}), \quad (4)$$

čia h - aukštis virš žemės paviršiaus.

Dažniams nuo 10 GHz taip pat būtina įskaityti meteorologinių reiškinių (lietus, rūkas, debesys ir kt.) įtaką. Ankstesniuose darbuose parodyta, kad esant stipriam lietaui ar silpnam signalui, šie reiškiniai tampa ryškūs jau nuo 1 GHz [1].

THz dažnių ruože būtina įskaityti priklausomybę nuo lietaus. Remiantis rekomendacijomis, ši priklausomybė turi būti pastovi - esant stipriam lietaui (25 mm/h) 100 GHz ir aukštesni dažniai silpninami 10 dB/km [2].

Pranešime pristatomi atmosferos lūžio koeficiento ir meteorologinių reiškinių įtakos 100 - 350 GHz dažnio bangoms skaičiavimai, atlikti naudojant daugiamečius duomenis, matuotus kas 5 minutes.

Literatūra

1. M. Zilinskas, M. Tamosiūnaitė, S. Tamosiūnas, M. Tamosiūniene, and E. Stankevičius, *The Influence of Atmospheric Radio Refractivity on the WiMAX Signal Level in the Areas of Weak Coverage* (PIERS Proceedings, Prague, Czech Republic, July 6-9, 2015).
2. International Telecommunication Union ITU-R P.838-3: *Specific Attenuation Model for Rain for use in Prediction Methods* (ITU, 2005).

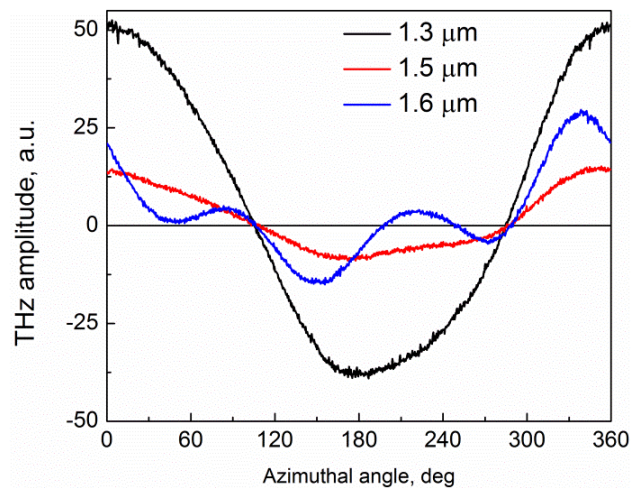
THz impulsų emisija iš fotosužadintų Te kristalų paviršių

Paulius Cicėnas, Andrius Arlauskas, Andrius Bičiūnas,
Juozas Adamonis, Arūnas Krotkus

Fizinių ir technologijos mokslų centras, Optoelektronikos skyrius,
Saulėtekio al. 3, LT-10222 Vilnius, el. p.: paulius.cicenas@ftmc.lt

Terahercinių (THz) impulsų spinduliavimas iš femtosekundinio lazerio spinduliuote 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 yra žinomi kaip efektyviausi THz spinduliuotės šaltiniai dėl savo nedidelio šviesos įsiskverbimo gylio, didelės fotosužadintųjų krūvininkų perteklinės energijos ir mažos efektinės elektronų masės [2].

Šiame darbe buvo tirta THz impulsų emisija nuo trijų skirtingų siauratarpio Te kristalografinių plokštumų, žadinant femtosekundiniais optiniais impulsais iš lazerio ir parametrinio stiprintuvo sistemos, kuria buvo galima keisti spinduliuotės bangos ilgį. Buvo pastebėta, kad THz generacija yra anizotropinė ir stipriai priklauso nuo azimutinio kampo orientacijos, kuri keičiasi kai žadinančios spinduliuotės kvanto energija viršija 0,9 eV. THz impulsų amplitudžių kampinės priklausomybės, išmatuotos, žadinant skirtingo bangos ilgio spinduliuote, liudija apie tris skirtingus Thz impulsų generacijos mechanizmus: fotodemberio ir šoninio fotodemberio efektus bei antros eilės netiesinį reiškinį.



1 pav. THz impulso amplitudės priklausomybė nuo azimutinio kampo ties trim skirtingais žadinančios spinduliuotės bangos ilgiais. Bandinio orientacija (102).

Literatūra

1. X.-C. Zhang and D. H. Auston, *J. Appl. Phys.* **71**, 326 (1992).
2. A. Krotkus, *J. Phys., D* **43**, 273001 (2010).

Pirminis plazmoninių GaN/AlGaN emiterių charakterizavimas Furje spektroskopijos metodika ir tyrimo metodo įvertinimas

Vytautas Janonis, Vytautas Jakštas, Ignas Grigelionis, Irmantas Kašalynas

Fizinių ir technologijos mokslų centras, Optoelektronikos skyrius
Saulėtekio al. 3, LT-10257 Vilnius, el. p.: vytautas.janonis@ftmc.lt

Terahercinio (THz) dažnio elektronikos komponentų vystymuisi ieškoma naujos medžiagos ir technologijos, kurios turėtų būti alternatyva šiuo metu plačiai taikomos silicio technologijoms. Daugiausia vilčių teikia galio nitridas (GaN) bei jo pagrindu sukurtos AlGaN/GaN heterosandūros, kuriose susidaro didelio tankio ir judrio dvimačių (2D) elektronų dujų kanalas dėl pjezoelektrinių efektų. Svarbu, kad šie heterodariniai tinkami kambario temperatūroje veikiančių THz spinduliuotės detektorių bei emiterių kūrimui [1, 2].

Šiame darbe atlikome pirminius plazmoninių GaN/AlGaN emiterių spinduliuotės integrinės galios ir spektrų matavimus su tikslu nustatyti optimalius THz emiterio bei Furjė spektrometro darbo parametrus. Ištyrėme MOCVD būdu ant safyro padėklo užaugintas plazmoninius AlGaN/GaN emiterius. Efektyviam plazmonų spinduliuotės išvedimui iš bandinio panaudota AlGaN paviršiuje suformuotos difrakcinės gardelės, sudarytos iš metalinių juostelių periodiškai išdėstytų $2 \times 2 \text{ m}^2$ plote tarpe dviejų Ominių kontaktų [3].

Emiterių spinduliuojama integrinė galia buvo išmatuota panaudojant matavimų stendą, sudarytą iš optinio teleskopo (du metaliniai paraboliniai veidrodžiai) bei kalibruoto THz detektoriaus (piroelektrikas). Moduluotas opto-mechaniniu pertraukėju detektoriaus signalas buvo registruojamas sinchroninio stiprintuvo pagalba. Bandiniai buvo sužadinami elektriškai, leidžiant kintamą, žemo dažnio elektrinę srovę. Kambario aplinkoje išmatuota tiesinė priklausomybė tarp prijungtos prie bandinio elektrinės ir išspinduliuotos THz spinduliuotės galių. Bandinį atšaldžius iki azoto temperatūros pastebėtas išspinduliuojamos THz galios sumažėjimas, kuris paaiškintas mažesne kristalinės gardelės ir 2D elektronų kanalo temperatūra.

Emiterių spinduliuotės spektrai buvo išmatuoti dviem metodais. Plačiame ($200\text{--}1500 \text{ cm}^{-1}$) dažnių ruože kambario aplinkoje spektrus

išmatavome komerciniu Furjė spektrometru (Nicolet 8700). Tiek termiškai, tiek elektriškai sužadintų bandinių emisijos spektruose buvo pastebėti tik difrakcinės gardelės plazmonų bei puslaidininkio optinių fononų (TO ir LO) sąveika sąlygoti ypatumai.

Antruoju metodu, pasitelkus vakuumuojamą Furjė spektrometrą, buvo tiriami bandinių emisijos spektrai dažnių ruože $50\text{--}400 \text{ cm}^{-1}$. Termiškai ir elektriškai sužadinto bandinio emisijos spektrų palyginimas leido nustatyti, jog pagrindinis plazmoninių GaN/AlGaN struktūrų emisijos mechanizmas yra šiluminis juodo kūno spinduliavimas. Pradžioje, siekiant sustiprinti plazmoninius ypatumus, prie bandinio buvo prijungta ne pastovi, o kintamo dažnio elektros srovė. Kambario temperatūroje buvo stebėtas tik emisijos intensyvumo sumažėjimas dėl mažesnio bandinio pakaitimo, bet be plazmoninės emisijos pėdsakų spektre. Atšaldžius bandinius žemiau 200 K temperatūros ir naudojant ne ilgesnius kaip 2 ms trukmės elektrinės srovės impulsus, pavyko pastebėti emisijos spektruose plazmoninių reiškinį sąlygotus ypatumus.

Apibendrinant, nustatėme, jog kambario aplinkoje elektriškai sužadintų plazmoninių GaN/AlGaN struktūrų emisijos spektrus gerai aprašo šiluminis juodo kūno spinduliavimo modelis. Tikėtina, kad plazmoniniais reiškiniais sąlygota spinduliuotės intensyvumas yra bent dešimt kartų mažesnis už šiluminės (skiriamoji metodo riba). Plazmoninės spinduliuotės išskiriami reikalingas kreogeninis bandinių aušinimas bei sužadinimas elektrinės srovės impulsais.

Literatūra

1. Boppel, S. et al., IEEE Trans. Terahertz Science and Technology, 6, no. 2, 348-350 (2016).
2. Shur, M., J. Phys.: Conf. Ser., 486, 012025 (2014).
3. Kašalynas I., et al., Journal of Physics: Conference Series 647 p.012005 (2015).

Savitvarkio monosluoksni su tiolio, fenilalanino ir amido funkcinėmis grupėmis struktūra pagal suminio dažnio generacijos spektroskopijos duomenis

Marija Špandyrevą¹, Zenonas Kuodis¹, Ilja Ignatjev¹, Jevgenij Višniakov², Gediminas Niaura¹

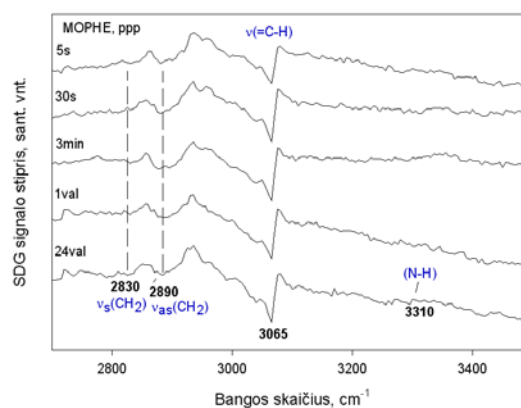
¹Fizinių ir technologijos mokslų centras, Organinės chemijos skyrius

²Fizinių ir technologijos mokslų centras, Fizikinių technologijų skyrius
Saulėtekio al. 3, LT-10257 Vilnius, el. p.: marija.spandyreva@gmail.com

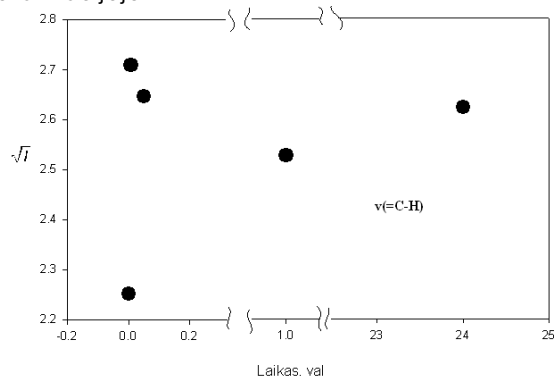
Suminio dažnio generacijos (SDG) spektroskopija naudojama fazių riboje esančių paviršiaus aktyvių junginių, savitvarkių monosluoksnių ir polimerų struktūros tyrimuose. Šis metodas tinka nustatyti funkcinų grupių orientaciją fazių riboje, angliavandenilinės grandinės struktūros defektingumą [1]. Šio darbo tikslas – nustatyti fenilalanino ir amido funkcinę grupę turinčio tiolio struktūrinius kitimus kintant išlaikymo laikui adsorbcijos tirpale SDG metodu.

Adsorbuoto MOPHE SDG spektre ppp polarizacijoje, C–H valentinių virpesių srityje, 2700–3500 cm⁻¹, vyrauja fenilo žiedo $\nu(\text{C-H})$, 3065 cm⁻¹ suminio dažnio generacijos juosta (1 pav.). Juostų formą nulemia molekulinio rezonanso sąveika su nerezonansiniu fonu nuo Au paviršiaus. Juostos stipris didėja ilginant išlaikymo laiką adsorbcijos tirpale (2 pav.). Po 30s išlaikymo tirpale signalo stiprio padidėjimas didžiausias. Žymus rezonanso stipris ties šiuo dažniu rodo, kad fenilo grupės orientuotos beveik statmenai Au paviršiumi. Žemyn einantis pikas rodo, kad C–H grupė nukreipta nuo Au paviršiaus. Toliau laikant bandinį adsorbcijos tirpale (iki 1 val.) rezonanso intensyvumo pokytis nežymiai mažėja. Stiprus signalas išlieka po 24 val. adsorbcijos. 1 pav. juostos ties 2830 ir 2890 cm⁻¹, atitinka angliavandenilinės grandinės metileno grupės virpesius $\nu_s(\text{CH}_2)$, 2830 cm⁻¹, $\nu_{as}(\text{CH}_2)$, 2890 cm⁻¹) [1]. Juose C–H grupės nukreiptos nuo Au paviršiaus. Jos žymi monosluoksni angliavandenilinės grandinės C–C goš konformaciją. Šių rezonansų stipris nuo 5s iki 24val. išlaikymo adsorbciniame tirpale nežymiai kinta. Kas rodo postovius goš defektus angliavandenilinėse grandinėse ant paviršiaus. 1 pav. 3310 cm⁻¹ $\nu(\text{N-H})$ dažnis rodo, kad amido grupės monosluoksnyje yra susijusios stipriais vandenilniais ryšiais. N–H juostos rezonanso intensyvumas po 24val. ppp polarizacijoje žemas, nes grupės orientacija artima lygiagrečiai paviršiumi, ypatingai išlaikius

24 val. adsorbcijos tirpale. Spektrai rodo, kad MOPHE monosluoksni molekulių angliavandenilinių grandinių vyraujanti konformacija – *trans* su nežymiais goš defektais.



1 pav. MOPHE monosluoksni, adsorbuoto ant Au, SDG spektrai C–H valentinių virpesių srityje, išlaikant adsorbcijos tirpale 5s, 30s, 3min, 1val ir 24val ppp (p-SDG spindulys, p – VIS spindulys, p – IR spindulys) polarizacijoje.



2 pav. MOPHE monosluoksni, adsorbuoto ant Au fenilo žiedo $\nu(\text{C-H})$ (3065 cm⁻¹) rezonanso stiprio laipsnyje 1/2 priklausomybė nuo išlaikymo laiko adsorbcijos tirpale 5s, 30s, 3min, 1val ir 24val. Eksperimentas atliktas naudojant ppp spindulių polarizacijas.

Literatūra

1. V. Vaičiškuskas, DG.-J. Babonas, Z. Kuprionis, G. Niaura, V. Šablinskas. *Paviršiaus optinė spektroskopija* (Vilnius, 2008).

Superparamagnetinių kobalto ferito nanodalelių paviršiaus funkcionalizavimo auksu tyrimas

A. Mikalauskaitė, A. Jagminas

Fizinių ir technologijos mokslų centras, Elektrocheminės medžiagotyro skyrius
Saulėtekio al. 3, LT-10257 Vilnius., el. p.: agne.mikalauskaite@ftmc.lt

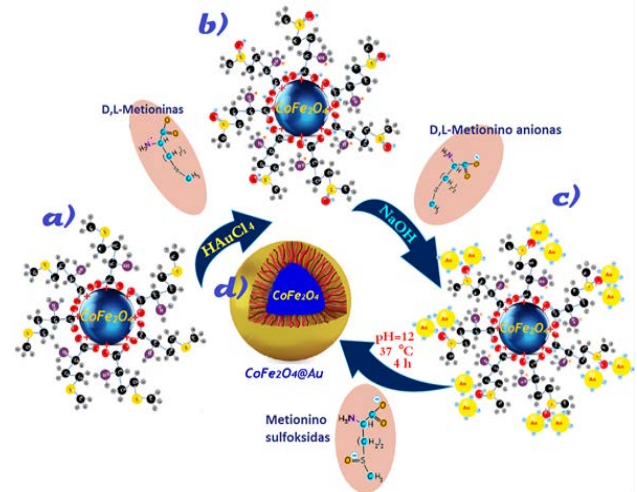
Magnetinių nanodalelių (*nd*) taikymai šiuolaikinėje nanomedicinoje sparčiai auga. Be tradicinio panaudojimo magnetinėje hipertermijoje, funkcionalizuotos magnetito (Fe_3O_4) ar maghemito ($\gamma\text{-Fe}_2\text{O}_3$) *nd* vis dažniau naudojamos ląstelių separavimui, vaistų transportavimui bei auglių vaizdinimui branduolinio magnetinio rezonanso metodu.

Superparamagnetinių geležies oksidų nanodalelių paviršiaus funkcionalizavimas yra itin aktualus. Vis daugiau mokslinių publikacijų skiriama šiai problemai spręsti, nes supeparamagnetines nanodaleles naudojant kaip specifinius biomarkerius reikalinga prie jų prikabinti antigeną bei apsaugoti nuo aglomeracijos apgaubiant polimero, DNR, chitozano ar kitu draugišku gyviesiems organizmams apvalkalu. Magnetines nanodaleles naudojant ląstelių separavimui, jų paviršiuje taip pat būtina prikabinti atrankias funkcines grupes. Vienas populiariausių funkcionalizavimo būdų yra padengti magnetinių *nd* paviršių pilnai ar dalinai Au apvalkalu vėliau prikabinant sierą turinčias grupes ir per jas – reikalingas biomolekules, vaistus ar liuminescuojančius žymenis. Tačiau siūlomos literatūros šaltiniuose, magnetinių *nd* tiesioginio auksavimo receptūros kol kas daugiau tinka tik magnetito (Fe_3O_4) bei maghemito ($\gamma\text{-Fe}_2\text{O}_3$) paviršiaus padengimui. Feritinių *nd* atvejais jas siūloma dengti auksu *nd* turinčiais polimerais, kas dėl susidariusio storo tokios dangos sluoksnio, gesina jų magnetines savybes.

Dėl gerų magnetinių savybių leidžiančių jas valdyti išoriniu magnetiniu lauku, šiems tyrimams buvo pasirinktos mažo toksiskumo kobalto ferito nanodalelės. Tačiau siekiant susintetinti monodispersines, ultra-smulkias ($\leq 2,0$ nm), smulkias (< 7 nm) ir 13-17 nm dydžio CoFe_2O_4 *nd* ko-nusodinimo iš šarminių Co(II) ir Fe(III) druskų tirpalų būdu susidurta su eile problemų. Šių problemų

sprendimas nebuvo pagrindiniu šio darbo tikslu. Trijų dydžių CoFe_2O_4 *nd* pasirinkimą lėmė poreikis sukurti universalų jų paviršiaus padengimo ar dekoravimo auksu *nd* metodą. Mat magnetinių nanodalelių forma ir dydis turi įtakos ne tik jų magnetinėms, bet ir paviršiaus fiziko-cheminėms savybėms.

Draugiškų organizmui bioreduktorių, gebančių redukuoti HAuCl_4 rūgštį tik feritinės *nd* paviršiuje paieška buvo pagrindinė šio darbo ašis. Siekta rasti patikimą feritinių *nd* auksavimo būdą su gera išeiga ir auksu dangos kontrolės galimybe.



1 pav. Virsmų schema atliekant HAuCl_4 rūgšties redukciją ant CoFe_2O_4 paviršiaus D,L-metionino amino rūgštimi.

Literatūra

1. Aigou, W.; Ping, U.; Leyong, Z. *Nano*, 2010, Nr. 5, p. 245-270.
2. An, P.; Zuo, F.; Li, X.; Wu, Y.; Zhang, J.; Zheng, Z.; Ding, X.; Peng, Y., *Nano*, 2013, nr. 8 (06), p. 1350061.

TURINYS – spalio 27 d.

Ieva Kulakauskaitė. Sunkiųjų metalų sorbcijos nano magnetiniais sorbentais priklausomybė nuo pH.

Sergej Šemčuk. Grafeno oksido ir berlyno mėlio kompozitai Cs šalinimui iš skystųjų terpių.

Lina Gaigalaitė. Beta spinduolių standartizavimas TDCR metodu.

Zita Žukauskaitė. Plutonio oksidacijos laipsnių kaita vandens sistemose.

Laima Nedzveckienė. ¹³⁷Cs ir Pu izotopų savitojo aktyvumo koncentracijų pasiskirstymas ežero kranto dirvožemio profiliuose.

Karolis Petrauskas. Struktūriniai gumos pokyčiai mechanocheminio perdirbimo metu.

Tadas Matijošius. Titano sluoksnių poveikis periodonto raiščio stromos ląstelių adhezijai ir atsparumui trinčiai.

Rokas Žalnėravičius. CoFe₂O₄ nanodalelių sintezė, charakterizavimas ir antimikrobinių savybių tyrimas.

Teofilus Kilmonis. Borohidrido oksidacijos ant nanostruktūrizuotų Pt(Mo)/GR katalizatorių tyrimas.

Aušrinė Zabelaitė. Hidrazino oksidacijos tyrimas ant Pt dalelėmis modifikuoto Co, turinčio pluoštelinę struktūrą, paviršiaus.

Edvardas Bielskis. FLYBACK tipo transformatoriaus sklaidos srauto mažinimo tyrimas.

Martynas Šapurov. Kaskadinių inverterių taikymas fotovoltinės energijos tiekimui.

Andrius Paulauskas. Sferiškai išsidėsčiusių nano gijų optinio atsako analizė panaudojant spektrinės elipsometrijos metodą.

Monika Kirsnytė. Polipirola plonasluoksnių dangų laidumo ir paviršiaus ekranavimo efektyvumo tyrimas.

Povilas Šimonis. Nanosekundžių trukmės elektrinio lauko impulsais sukeltos programuotos mielių *Saccharomyces cerevisiae* ląstelių žūties tyrimas.

Ovidijus Alfonsas Žalys. Foto įtampos susidarymas GaAs p-n sandūroje esant intensyviai lazerio apšvietimui.

Vytautas Mačaitis. Įtampa valdomi generatoriai daugiastandarčiuose bevielio ryšio siųstuvuose-imtuvuose.

Mažena Mackoūtė. Šviesos indukuota pavienių fotonų šaltinių modifikacija h-BN.

Andrius Rimkus. Temperatūrinis InAs kvantinių strypelių fotoluminescencijos tyrimas.

Mindaugas Karaliūnas. Biologiškai aktyvių organinių molekulių natūraliose aplinkose aptikimas terahercų spektroskopijos metodais.

Vladimir Abdulajev. Grafito mėginių tyrimas γ -spektrometriniu metodu ir pritaikius ardančiąją analizę.

Domas Jokubauskis. Laiko ir dažnio etaloninių verčių perdavimas šviesolaidine linija Vilnius (FTMC) – Varšuva (GUM)

Sunkiųjų metalų sorbcijos nano magnetiniais sorbentais priklausomybė nuo pH

Ieva Kulakauskaitė, Galina Lujanienė, Darius Valiulis,
Kęstutis Mažeika, Remigijus Juškėnas

Fizinių ir technologijos mokslų centras, Aplinkotyros skyrius
Saulėtekio al. 3, LT-10257 Vilnius, el. p.: ieva.kulakauskaite@gmail.com

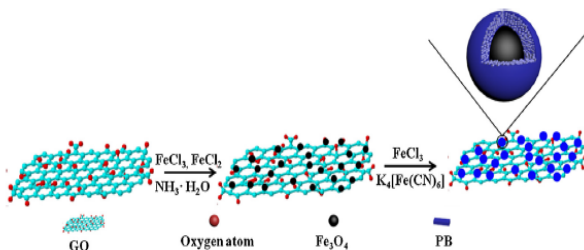
Sunkieji metalai yra patvarūs aplinkos teršalai, nes jie negali būti suskaidyti ar sunaikinti. Nusodinimas, garinimas, ekstrakcija, jonų mainų reakcijos, membraninis atskyrimas buvo naudojami pašalinti jiems iš užterštų vietų. Pastaruoju metu didelis dėmesys yra skiriamas nano magnetinių sorbentų sintezei ir panaudojimui dėl jų sąlyginai didelio paviršiaus ploto, lengvo atskyrimo ir manipuliavimo sudėtingose daugiafazėse sistemose su išoriniu magnetiniu lauku [1].

Magnetitas (Fe_2O_3) buvo susintetintas nusodinimo metodu (Massart metodas) [2]. Magnetinis grafeno oksidas gautas nusodinant geležies jonus ant grafeno oksido paviršiaus (1 pav) [3].



1 pav. MGO sintezės schema.

Berlyno mėlio (PB) sorbentai su grafenu ir geležies oksidais buvo susintetinti magnetinio grafeno sintezės metu dengiant Fe_2O_3 Berlyno mėliu. Sintezės schema pateikta 2 paveiksle [4].



2 pav. MPBGO sintezės schema.

Visi susintetinti magnetiniai nano sorbentai buvo panaudoti nustatant sunkiųjų metalų sorbcijos priklausomybes nuo pH. Sorbcijos eksperimentų metu buvo nustatyta kad vario (Cu), kobalto (Co), nikelio (Ni) ir švino (Pb) sorbcija auga didėjant terpės pH. MPB ir MPBGO efektyviai (iki 90%) sorbuoja Cu plačiame pH intervale. Nikelį ir kobaltą geriausiai sorbuoja MPB - sorbcija siekia apie 80%. Atsižvelgiant į modeliavimo rezultatus matyti, kad variui (Cu) ir švinui (Pb) /neutraliojoje ir šarminėje terpėse/ sorbuoti, tinka visi sorbentai, o kobaltui (Co) ir nikeliiui (Ni) - magnetinis Berlyno mėlio kompozitas.

Literatūra

1. A. Badruddoza, Z.B.Z. Shawon, T.W.J. Daniel, K. Hidajat, M.S. Udabbin. Carbohydrate Polymers 91 322-332 (2013)
2. G. Lujanienė, S. Šemčuk, I. Kulakauskaitė, D. Mažeika, D. Valiulis, R. Juškėnas, S. Tautkus. J Radioanal Nucl Chem (2015)
3. X. Yang, X. Znan, Y. Ma, Y. Huing, Y. Wang, T. Chen. J. Mater. Chem. 19 2710-2714 (2009)
4. Y. Hongjun, L. Haijan, Z. Jiali. Chem. Eng. Journal 246 10-19 (2014).

Grafeno oksido ir Berlyno mėlio kompozitai Cs šalinimui iš skystųjų terpių

Sergej Šemčuk, Galina Lujanienė, Agnė Leščinskaitė, Remigijus Juškėnas

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

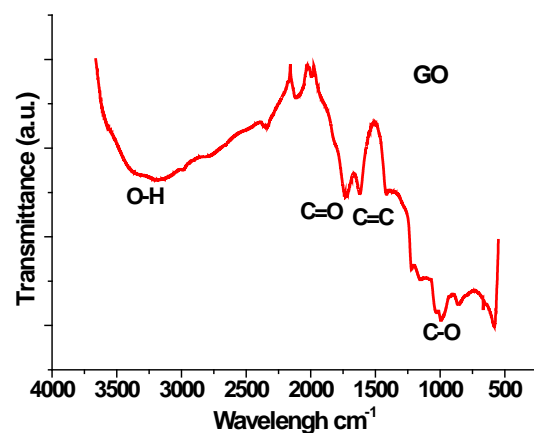
Aplinkos apsaugai yra skiriama daug dėmesio, tobulinami teršalų šalinimo metodai, bei ieškoma pigesnių ir efektyvesnių medžiagų. Metalų šalinimui iš aplinkos naudojamos įvairios pagalbinės medžiagos, pavyzdžiui: radionuklidų šalinimui iš skystųjų terpių naudojama aktyvinta anglis, magnetinės diatomito nano-medžiagos, titano silikatai, geležies oksidai ir kitos. Tačiau kiekviena medžiaga specifiškai naudojama tam tikrose technologijose, todėl bandoma rasti universalų sorbentą. Grafeno oksidas (GO) – stipriai oksiduotas grafenas, sulaukė ypatingo tyrėjų dėmesio. GO turi didelį paviršiaus plotą, įvairias (aktyviasias) grupes, tokias kaip (-OH), (-COOH), (-C-O-C), (-C=O), kurios gali surišti metalų ir radionuklidų jonus, o, taip pat, jį galima lengvai modifikuoti kitomis medžiagomis. GO ir jo kompozitai buvo taikyti nuotekų valymui ir užterštų teritorijų išvalymui nuo teršalų [1].

GO savybės sorbuoti metalų jonus nėra pakankamai ištirtos. Šio darbo tikslas buvo susintetinti GO, jį modifikuoti Berlyno Mėliu (PB), ištirti pH poveikį Cs sorbcijai ir įvertinti sorbcijos parametrus.

GO buvo susintetintas naudojant modifikuotą Hummers metodą oksiduoiant grafito miltelius [2]. Susintetinta medžiaga buvo charakterizuota XRD, SEM ir FTIR (1 pav.) [3]. Gautas GO buvo modifikuotas PB.

Sorbcijos eksperimentai buvo atliekami su Cs jonais, naudojant susintetintus sorbentus GO, PBGO ir MPBGO. Buvo ištirta sorbcijos priklausomybė nuo pH ir koncentracijos. Gauti rezultatai parodė greitą Cs adsorbciją. Maksimali Cs sorbcija ant GO buvo stebėta esant pradinėms pH vertėms nuo 6 iki 8, o MPBGO - nuo 6,5 iki 8.

Didžiausia sorbcijos talpa nustatyta MPBGO, kuri siekia 362 mg/g.



1 pav. Susintetinto GO būdingas FTIR spektras.

Duomenų analizė atlikta naudojant Langmuir Freudlich modelius. Nustatytos palankiausios pH vertės Cs sorbcijai. Nustatyta, kad pusiausvyros adsorbcijos duomenys geriausiai atitinka Langmuir izoterma.

Literatūra

1. W. Wenjin, Y. Yan, Z. Haihui. Water Air. Soil. Pollut, 224:1372 (2013).
2. Hummers WS, Offeman RE (1958) Preparation of graphitic oxide. J Am Chem Soc 80:1339–1341
3. Lujanienė G., Šemčuk S., Kulakauskaitė I., Mažeika D., Valiulis d., Juškėnas R., Tautkus S. Sorption of radionuclides and heavy metals to graphene oxide and magnetic graphene oxide. J Radioanal Nucl Chem 2016, 307, 2267-2275.

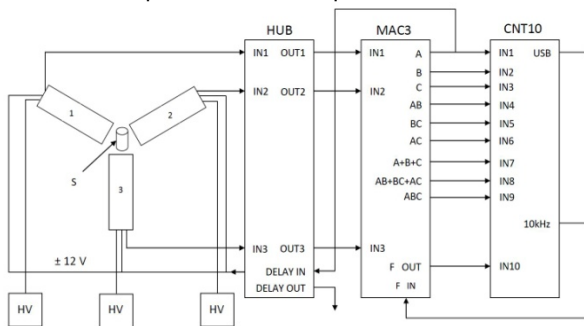
Beta spindulių standartizavimas TDCR metodu

Lina Gaigalaitė, Arūnas Gudelis, Paulius Butkus

Fizinių ir technologijos mokslų centras, Metrologijos skyrius
Savanorių pr. 231, LT-02300 Vilnius, el. p.: arunas.gudelis@ftmc.lt

Trigubų ir dvigubų sutapčių santykių metodas (TDCR) naudojamas Nacionalinių metrologijos institutų (NMI) laboratorijose elektrono pagavos ir beta skilimo būdu skylančių radionuklidų standartizavimui – preciziam aktyvumo matavimui. Metodas, sukurtas kaimyninės Lenkijos mokslininkų [1], greitai buvo pripažintas visame pasaulyje. Prancūzijos NMI sukūrė elektroninį modulį MAC3, jo dėka analizuojami trijų fotodaugintuvų užregistruoti impulsai, mėginyje atsirandantys dėl radioaktyviojo preparato sąveikos su skystojo scintiliatoriaus molekulėmis [2]. TDCR, kaip pirminis metodas, yra svarbus eksperimentinis instrumentas radionuklidų metrologijoje [3].

FTMC yra naudojamas TDCR įrenginys, kurio korpusas pagamintas EMPOS firmos, o formuojantysis stiprintuvas HUB ir 10 kanalų skaitiklis CNT10 – BQM firmos (abi – Čekijos). Jo sandara pavaizduota 1 pav.



1 pav. TDCR skaitiklio sandaros schema.

Įrenginyje yra Burle firmos 8850 modelio fotodaugintuvai, jie pozicijuoti 120 laipsnių kampų vienas kito atžvilgiu, tarp jų dedamas mėginys standartiniame 20 ml tūrio matavimo indelyje. Matavimai valdomi specialia programine įranga CNT10, kuri leidžia pasirinkti matavimų kartojimų skaičių ir išsaugo duomenis, pastarieji vėliau analizuojami TDCRB-02 programa.

Pirmieji šiuo TDCR skaitikliu FTMC standartizuoti radionuklidai buvo ^{36}Cl , ^{63}Ni ir ^{90}Sr [4].

2013 m. vykusio trišalio palyginimo tarp FTMC, LNE-LNHB (Prancūzija) ir VNIIM (Rusija) metu FTMC rezultatas standartizuojant tritį buvo ne didesnis kaip 0,38% poslinkis nuo pamatinės vertės [5].

2016 m. tiriant matavimo galimybes standartizuoti šie radionuklidai: ^3H , ^{14}C , ^{90}Sr ir ^{99}Tc . Kai kuriais atvejais keistas mėginio tūris.

Standartizuojant tritį atliktas stabilumo tyrimas, kaip matavimo rezultatas atsikartoja esant santykinai trumpam laikotarpiui tarp atskirų matavimų, lyginant su radionuklido pusėjimo trukme, kuri yra 12,312 (25) m. Gautos vertės taip pat palygintos su pamatinės medžiagos gamintojo sertifikato vertėmis, kurios perskaiciuotos, įvertinus savitojo aktyvumo sumažėjimą dėl radioaktyviojo skilimo (1 lentelė).

1 lentelė. Tričio standartizavimo rezultatai.

Matavimo data	Savitasis aktyvumas (kBq/g)	
	TDCR	Sertifikatas
2016-05-02	24,571 ± 0,094	25,057 ± 0,401
2016-05-17	24,517 ± 0,094	24,999 ± 0,400

Nustatyta, kad, atsižvelgiant į neapibrėžtis, eksperimentinės TDCR vertės gerai atitinka sertifikato vertes, o TDCR skaitikliu užtikrinamas aukštas matavimų stabilumas.

Literatūra

1. R. Broda, K. Pochwalski and T. Radoszewski, Appl. Radiat. Isot. **39**, 159 (1988).
2. J. Bouchard and P. Cassette, Appl. Radiat. Isot. **52**, 669 (2000).
3. R. Broda, P. Cassette and K. Kossert, Metrologia **44**, S36 (2007).
4. A. Gudelis, A. Vinčiūnas, P. Butkus and M. Pranaitis, Appl. Radiat. Isot. **70**, 2204 (2012).
5. P. Cassette, P. Butkus, A. Gudelis, T. Shilnikova, Appl. Radiat. Isot. **109**, 41 (2016).

Plutonio oksidacijos laipsnių kaita vandens sistemose

Zita Žukauskaitė, Benedikta Lukšienė

Fizinių ir technologijos mokslų centras, Branduolinių tyrimų skyrius
Savanorių prospektas 231, LT-01108 Vilnius, el. p.: zita.zukauskaite@ftmc.lt

Gamtiniams vandens telkiniams (ežerams, upėms, jūroms, vandenynams), kaip ir sausumos ekosistemoms, po įvairių branduolinės energetikos objektų incidentų, esant atitinkamai oro masių pernašai ir meteorologinėms sąlygoms, tenka tiesioginė apkrova antropogeninės kilmės radionuklidais. Be to, gamtiniai vandens telkiniai laikui bėgant gauna papildomą radionuklidų kiekį iš sausumos ekosistemų.

Vieni iš radionuklidų, atsiradusių aplinkoje su iškritomis po branduolinių ginklų bandymų 1950 – 1960 metais ir 1986 metų Černobylio atominės elektrinės avarijos, yra plutonio izotopai. Svarbiausieji plutonio izotopai (^{239}Pu , ^{240}Pu) yra labai ilgaamžiai, patekę į gamtinės aplinkos sistemas išliks jose neribotą laiką.

Tirti plutonį gamtineje aplinkoje yra labai sudėtinga dėl galinčių vykti reakcijų gausos. Gali vykti savaiminis Pu disproporcionavimas rūgštinėje ar šarminėje terpėje. Pavyzdžiui, Pu(V) rūgštinėje terpėje gali disproporcionuoti, susidarant Pu(IV) ir Pu(VI) [2]:



Taip pat gali vykti plutonio hidrolizė, susidarant hidrolizuotoms molekulėms tiek įkrautoms teigiamai tiek neutralioms, ar/ir gali vykti kompleksų susidarymas. Plutonis gali sudaryti kompleksus su daugeliu jonų: Cl^- , SO_4^{2-} , PO_4^{3-} , HPO_4^{2-} , NO_3^- , F^- , CO_3^{2-} , HCO_3^- . Labiausiai linkę sudaryti kompleksinius junginius yra Pu(IV) ir Pu(VI) [1].

Pagrindinis veiksnys, turintis įtakos transuraninių elementų charakteristikoms, yra jų oksidacijos laipsnis. Dauguma procesų, tokių kaip kompleksacija, sorbcija, nusėdimas ir koloidų formavimasis priklauso nuo dominuojančio oksidacijos laipsnio. Plutonio tirpumas ir mobilumas gamtiniuose vandenyse taip pat priklauso nuo vandens charakteristikų – oksidacinių-redukcinių savybių ir nuo kompleksuojančių jonų

koncentracijos vandenyje. Iš šių savybių svarbiausios yra redukcinės savybės, kadangi nuo jų priklauso skirtingo oksidacijos laipsnio plutonio tirpumas [2].

Plutonis gamtinių vandens telkinių baseinuose net vienu metu gali egzistuoti keturiose valentinėse formose – III, IV, V, VI. Plutonis, kurio oksidacijos laipsnis +5 ir +6 egzistuoja kaip diokso katijonai PuO_2^+ ir PuO_2^{2+} [1]. Didžioji dalis plutonio gamtiniuose vandenyse egzistuoja Pu(V) formoje, o Pu(IV) aptinkamas koloidinėje formoje. Pu(IV) labai sunku tirti, nes jis mažai tirpus, labai linkęs hidrolizuotis ir sorbuotis ant suspenduotų dalelių arba laboratorijoje ant indo sienelių [3]. Esant mažoms pH vertėms vandeniniuose tirpaluose, vyraus mažesnių oksidacijos laipsnių plutonio formos, o didesnės pH vertės sąlygos aukštesnio plutonio oksidacijos laipsnio buvimą. Tačiau Pu(III) gali būti aptinkamas tik nesant deguonies – žemesniuose dugno nuosėdų sluoksniuose arba labai rūgštiniuose tirpaluose [4].

Tiriant įvairių plutonio izotopų (^{238}Pu , ^{239}Pu , ^{240}Pu) pasiskirstymą gamtiniuose vandenyse, laboratorijoje tenka pritaikyti ir modelines sistemas, siekiant išsiaiškinti kiekvieno vandens sistemos parametro ar joninės jėgos įtaką plutonio oksidacijos laipsnių kaitai.

Literatūra

1. G.R. Choppin, A.H. Bond, P.M. Hromadka, J. of Radioanal. and Nucl. Chem. **219**(2) 203-210 (1997).
2. M. Cleveland, A.H. Mullin, Speciation of plutonium and americium in ground waters from the radioactive waste management complex, Idaho National Engineering Laboratory, Idaho, Water-Resources Investigations Report 93-4035, Denver, Colorado, 1 (1993).
3. N.D. Bryan, L. Abrahamsen, N. Evans, P. Warwick, G. Buckau, L. Weng, W.H. Van Riemsdijk, Appl. Geochem. **27** 378-389 (2012).
4. G.R. Choppin, Czechoslovak J. of Phys. **56** D13-21 (2006).

¹³⁷Cs ir Pu izotopų savitojo aktyvumo koncentracijų pasiskirstymas ežero kranto dirvožemio profiliuose

Laima Nedzveckienė, Benedikta Lukšienė, Nikolaj Tarasiuk, Rasa Gvozdaite

Fizinių ir technologijos mokslų centras, Branduolinių tyrimų skyrius
Savanorių pr. 231, LT-01108 Vilnius, el. p.: laima.nedzveckiene@ftmc.lt

Radioaktyvieji cezio ir plutonio izotopai natūraliai gamtinėje aplinkoje neegzistuoja. Jie atsiranda kaip branduolinio ginklo bandymų atmosferoje, branduolinio kuro perdirbimo gamyklų veiklos ir branduolinių įmonių avarijų padarinys. Šie izotopai yra ilgalaikės radioaktyviosios taršos atstovai dėl savo pusėjimo trukmės ($T_{1/2}$ ¹³⁷Cs ~ 30 m.; $T_{1/2}$ ²³⁹Pu – $2,4 \times 10^4$ m., $T_{1/2}$ ²⁴⁰Pu – $6,6 \times 10^3$ m., $T_{1/2}$ ²³⁸Pu – 87,8 m.) [1,2].

Tyrimai [3] parodė, kad dėl vandens telkinių paviršiaus apšalymo mechanizmų ežero krantų zonoje gali susikaupti antropogeninės kilmės teršalai. Šio mechanizmo dėka po Černobylio AE avarijos buvo suformuotos taip vadinamos „karštosios“ dėmės kai kurių ežerų kranto zonose. Mūsų šių tyrimų tikslas – įvertinti ilgaamžių radionuklidų ¹³⁷Cs, ²³⁸Pu, ^{239,240}Pu savitojo aktyvumo koncentracijų pasiskirstymą užliejamojo ir neužliejamojo ežero kranto profiliuose ir palyginti radiocezio ir plutonio izotopų migracijos ypatumus. Natūralių vandens telkinių pakrantės dirvožemis ir dugno nuosėdos yra pagrindiniai abiotiniai sandai, sukaupiantys didelius kiekius radionuklidų, sunkiųjų metalų bei kitų teršalų ir tiesiog tampa jų saugyklomis [4].

2012 m. vasarą buvo paimtos dviejų Juodžio ežero krantų (užliejamojo ir neužliejamojo) dirvožemio kolonėlės iki 30 cm gylio. Laboratorijoje kolonėlių bandiniai buvo suskirstyti 1 cm storio sluoksniais. Kiekviename sluoksnyje pagal gama spektrometrinius matavimus įvertintos ¹³⁷Cs savitojo aktyvumo koncentracijos. Atlikus radiocheminę bandinių analizę ir alfa-spektrometrinius matavimus, nustatyta ²³⁸Pu ir ^{239,240}Pu savitojo aktyvumo koncentracijos.

Rezultatų analizė parodė, kad neužliejamojo ežero kranto dirvožemyje abu radionuklidai turi tik po vieną ryškų savitojo aktyvumo koncentracijų piką (¹³⁷Cs: 1-3 sluoksniai, ^{239,240}Pu: 2-5 sluoksniai) ir kitą labai neintensyvų. Pagrindinis ¹³⁷Cs savitojo aktyvumo pikas (56 Bq/kg) buvo 2 cm gylyje.

^{239,240}Pu savitojo aktyvumo koncentracijos pirmajame pike siekė 0,89-1,45 Bq/kg neužliejamame dirvožemyje, o kituose sluoksniuose kito nuo 0,05 iki 0,59 Bq/kg. Ežero užliejamojo kranto dirvožemio profilyje aiškiai matyti du savitojo aktyvumo koncentracijų pikai ir ¹³⁷Cs, ir ^{239,240}Pu. ¹³⁷Cs savitojo aktyvumo koncentracijos pikas gautas 5 cm gylyje (146 Bq/kg), o kito savitojo aktyvumo piko vertė ~ 64 Bq/kg stebima 13-14 cm gylyje. Įdomu pastebėti, kad virš pirmojo dirvožemio sluoksnio surinkti pušų spygliai, rodė padidintą jame ¹³⁷Cs savitojo aktyvumo koncentraciją, kuri gali būti priskirta Fukušimos avarijai.

^{239,240}Pu savitojo aktyvumo koncentracija nuo 0,61 Bq/kg didėjo iki 2,88-3,15 Bq/kg 5-8 cm gylyje, o antrasis, mažiau intensyvus pikas buvo stebėtas 12-15 cm gylyje. Po to vertės palaipsniui mažėjo iki 0,21 Bq/kg paskutiniame tirtajame dirvožemio sluoksnyje.

Radionuklidų sklaidos šaltiniai identifikuoti pagal ²³⁸Pu/^{239,240}Pu ir ¹³⁷Cs/^{239,240}Pu savitojo aktyvumo koncentracijų santykių vertes. Visų tirtų bandinių ²³⁸Pu/^{239,240}Pu santykio vidurkis 0,011 – 0,046 [5], kas rodo plutonio izotopų kilmę iš branduolinio ginklo bandymų. ¹³⁷Cs aktyvumo koncentracijoms buvo nustatytas Černobylio AE avarijos indėlis: 6,11% neužliejamojo ir 20,9 % užliejamojo kranto dirvožemyje.

Manome, kad ši studija prisidės nagrinėjant geofizikinių ir geocheminių parametrų įtaką radionuklidų sklaidai šiose dirvožemio terpėse.

Literatūra

1. Cooper L.W., Kelley J.M., Bond L.A., Orlandini K.A., Grebmeier J.M., Marine Chemistry 69, (2000) 253-276.
2. Varga Z., Analytical and Bioanalytical Chemistry 389, (2007) 725-732.
3. Lietuvos užterštumas radionuklidais ir jo pasekmės seminaro pranešimai 1992, "Academia" Vilnius 61-66.
4. Toribio M, Garcia JF, Rauret G, Pilvio R, Bicke M (2001) Anal Chim Acta 447-179.
5. B. Lukšienė, E. Maceika, N. Tarasiuk, E. Koviagina, V. Filistovič, Š. Buivydas, A. Puzas, J Radioanal Nucl Chem (2014) 300:277-286.

Structural changes in rubber during mechanochemical processing

Karolis Petrauskas¹, Vitalija Jasulaitienė¹, Svajus Asadauskas¹, Jennifer Mann²

¹Fizinių ir technologijos mokslų centras, Saulėtekio al. 3, LT-10257 Vilnius, e-mail: karolis.petrauskas@ftmc.lt

²Physical Electronics / Ulvac-Phi Co., Chanhassen, Minnesota, USA

The reuse of end of life tires is increasing – shredded tire crumb is used in various applications such as improvement of bitumen properties, providing effective soil drainage systems, etc. However, production of processed rubber, which could be viably used as a partial substitute for virgin material, has not yet become widespread [1]. Although characterization of processed rubber still relies on extraction, additional analysis might be very beneficial. In this study truck tire buffings were processed mechanochemically and their sulfur cross-link density (CLD) values were measured as described [2]. During processing rubber's structure is altered both macroscopically (granulometric composition) and intramolecularly. The change in rubber's CLD values as a function of processing intensity has been observed and could be divided into two segments – the initial reduction of CLD value (segment A) and its subsequent rise (segment B), see Fig. 1.

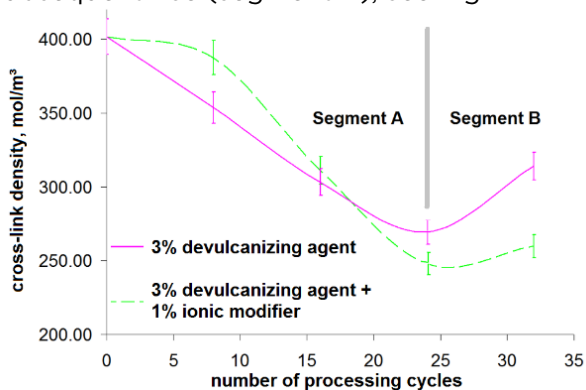


Fig. 1. Dependence of cross-link density (CLD) on intensity of rubber mechanochemical processing.

When rubber is exposed to higher processing intensities it changes its shape dramatically – rubber powder or sponge-like crumbs turn into a sheet. XPS analysis using XPS *VersaProbe* III (Physical Electronics) was performed on the rubber sample, after it had been processed for 32 cycles with 3% devulcanizing agent [3], extracted with acetone and dried [2]. The data showed the formation of sulfur – oxygen bonds in the outer-most layer of the rubber sample, see Fig. 2. The formation

of such bonds suggests that oxygen plays an important role in mechanochemical processing of rubber at higher processing intensities: it reacts with active sulfur species generated during cleavage of sulfide bonds and could be responsible for reestablishment of cross-links in the rubber matrix. Gas cluster ion beam sputtering showed that the amount of sulfur-oxygen bonds decreased by more than 1/3 inside the rubber.

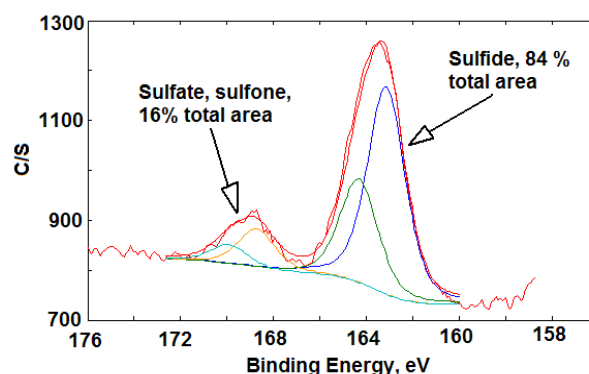


Fig. 2. XPS and peak deconvolution of outermost layers of processed rubber without sputtering

XPS analysis and CLD determination suggest that mechanochemical treatment of rubber is a surface targeted process with sulfide cross-links being the active reaction sites. Density of sulfur cross-links is increasing when going from the surface into the bulk of the rubber matrix. This needs to be appropriately considered when developing rubber recycling technologies.

Literature

1. V.L. Shulman. Waste, A Handbook for management, Elsevier Inc., 2011;
2. ASTM D6814 "Standard Test Method for Determination of Percent Devulcanization of Crumb Rubber Based on Crosslink Density";
3. S. Asadauskas, A. Jukna "Devulcanizing agent for production of reclaim rubber powder" WO2014062043A1.

Acknowledgements

Authors are thankful to "Gumos Technologijos", in particular A. Jukna and T. Ikanavičius, for providing the samples and carrying out mechanochemical processing.

Titano sluoksnių poveikis periodonto raiščio stromos ląstelių adhezijai ir atsparumui trinčiai

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

¹Fizinių ir technologijos mokslų centras, Elektrocheminės medžiagotyros skyrius
Saulėtekio al. 3, LT-10257 Vilnius, el. p.: tadas.matijosius@ftmc.lt

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

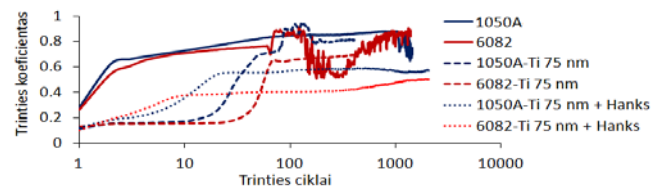
Titano (Ti) dangų cheminis inertiškumas, netoksiškumas ir biosuderinamumas lemia jų panaudojimą medicinoje, ortopediniams ir dantų implantams. Šios dangos padidina kaulinio audinio sąveiką su implantu (osteo- integraciją) ir lemia efektyvesnę kaulinio audinio suaugimą bei regeneraciją gijimo metu [1]. *In vivo* sąlygomis trintis dažnai būna gana intensyvi, ypač jei implantą nuo paviršiaus skiria tik nedidelis audinio sluoksnis. Tokia trintis gali atsirasti žandikaulio implantams sąveikaujant su minkštaisiais (raumenų, riebalų, odos, sausgyslių) audiniais ir netgi sukelti dilimo pavojų. Dėl dilenų formavimosi ir substrato jonų išsilaisvinimo padidėja implanto atmetimo ir infekcijos tikimybė, kuri lemia kaulinio audinio osteolizę bei sukelią citotoksinį efektą. Todėl šiame darbe tiriamos titano sluoksniais padengtų substratų tribologinės savybės bei jų tinkamumas periodontinio raiščio ląstelių adhezijai.

Dviejų techninių aliuminio lydinių (1050A ir 6082) substratai buvo elektrochemiškai oksiduojami suformuojant 60 μm storio kietą ir tvirtą paviršinę biokeraminę dangą. Ant šios dangos buvo nusodinami 16 nm bei 75 nm storio Ti sluoksniai naudojant magnetroninį įrenginį „Univex 350“ (Leybold Vacuum Systems, Vokietija) [2]. Trintis tarp gautų paviršių ir 6 mm skersmens korundo (Al_2O_3) rutuliuko buvo tiriama CSM tribotesteriu. Buvo naudojama konfigūracija „rutulys ant plokštumos“ taikant 10 N apkrovą, 2 mm amplitudę ir 2 cm/s tiesinio judėjimo greitį. Taip pat įvertinta fiziologinę aplinką imituojančio Hankso druskų tirpalo įtaka trinčiai.

Danties periodonto raiščio stromos (PDL) ląstelių linija buvo išskirta eksplantacijos būdu iš šviežiai pašalinto apatinio žandikaulio premoliaro (kaplio). Ląstelės auginamos standartinėmis sąlygomis (LG-DMEM terpėje su 10% FCS, 100 U/ml penicilino, 100 $\mu\text{g}/\text{ml}$ streptomicino ir 2mM L-glutamino; 37°C, 5% CO_2). Autoklavuoti (121°C, 50 min.) substratai buvo patalpinti į atskirus šulinėlius (Multiwell™24 well, Falcon Plates, Becton Dickinson Labware, JAV), ant jų užpilta terpė, o praėjus 10 min. į kiekvieną šulinėlį pridėta po

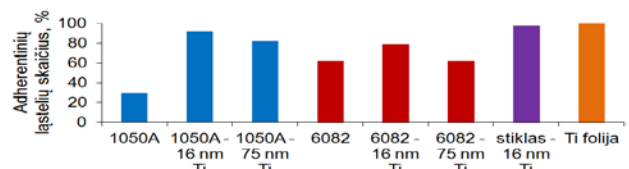
10000 ląstelių suspensijos. Po 24 val. paviršiai buvo 3 kartus plaunami PBS naudojant 0,25% tripsino/1 mM EDTA tirpalą, ląstelės atkabintos ir suskaičiuotos hemocitometru (Fast-Read 102, Biosigma). Po 48 val. ląstelės dažytos 0,1 mg/ml Hoechst 33342 (Applichem) ir 1 μM Calcein Green (Invitrogen, JAV) fluorescentiniais dažais. Ląstelių fluorescencija išmatuota fluorimetru (Thermo LabSystems Fluoroskan Ascent).

Nusodinti 75 nm Ti sluoksniai ženkiai sumažino pradinėse sąveikos stadijose fiksuojamą trintį (1 pav.). Trinties koeficientas nesiekė 0,2 per pirmus 10–20 sausosios trinties ciklų.



1 pav. Nusodintų Ti sluoksnių poveikis trinčiai sausosios trinties ir fiziologinėmis sąlygomis (Hanks tirpalas).

Fiziologinę tirpalą imituojančioje aplinkoje teigiamas Ti sluoksnių poveikis nėra toks ženklaus, tačiau trintis išlieka mažesnė. Taip pat nustatytas aukštas adherentinių PDL ląstelių skaičius ir fluorescencijos intensyvumas ant dirbtinių paviršių (2 pav.). Tai susiję su geromis implanto integracinėmis savybėmis bei mažesne atmetimo reakcijų rizika. Šie tyrimai patvirtina, kad Ti sluoksniai sumažina trintį ir užtikrina medicininių implantų biosuderinamumo savybes.



2 pav. Adherentinių ląstelių skaičius (%) priklausomybė nuo Ti sluoksnio storio.

Literatūra

1. C.Y. Guo, A.T.H. Tang, J.P. Matinlinna, J. Adhes. Sci. Technol. 26, 189–205 (2012).
2. T. Matijošius, A. Ručinskienė, A. Selskis, G. Stalnionis, K. Leinartas, S.J. Asadauskas, Surf. Coat. Technol., 1–12 (2016).

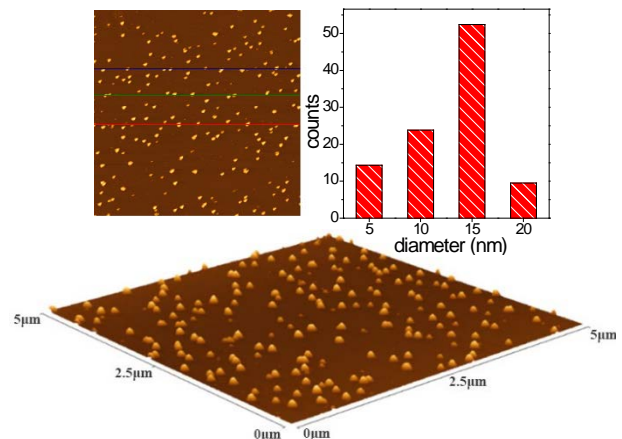
CoFe₂O₄ nanodalelių sintezė, charakterizavimas ir antimikrobinis tyrimas

Rokas Žalnėravičius, Arūnas Jagminas

Fizinių ir technologijos mokslų centras, Elektrocheminės medžiagotyro skyrius
Saulėtekio al. 3, LT-10257 Vilnius, el. p.: rzalneravicius@gmail.com

Nanodalelės dažnai pasižymi unikaliomis fizikinėmis ir cheminėmis savybėmis. Šias savybes, kurios nėra būdingos iš daug tų pačių atomų sudarytoms medžiagoms, lemia didelis jų paviršiuje esančių nekordinuotų atomų su kordinuotais santykis ir kvantinės savybės [1]. Dėka šitų savybių sidabro, vario, cinko, kobalto, magnio bei titano oksidų nanodalelių antibaktericidinis poveikis dažnai yra efektyvesnis, nei antibiotikų. Be to metalų ir jų oksidų nanodalelių antivirusinės ir antimikrobinės savybės gali būti stipresnės už tų pačių metalų jonų, nes atsparumą prieš antibiotikus įgavusios bakterijos nėra atsparios nanodalelių ardomajai veiklai [2]. Dėl šių priežasčių pastaraisiais metais vis sparčiau tyrinėjamos įvairios medžiagos nm dydžių skalėje. Dėl šių priežasčių pastaraisiais metais vis sparčiau tyrinėjamos įvairios medžiagos nm dydžių skalėje. Pagaminta daugybė medžiagų ir kosmetikos preparatų, turinčių savo sudėtyje sidabro nanodalelių, pasižyminčių antimikrobinėmis ir baktericidinėmis savybėmis. Sidabro nanodalelės, esančios medžiagų sudėtyje, padeda išvengti bakterijų kolonijų susidarymo. Dėl šių savybių, sidabro nanodalelėmis siūloma dengti chirurginius instrumentus, kateterius, stomatologinius instrumentus, implantus, rūbus, maisto pakavimo foliją, bei naudoti geriamojo vandens apsaugai. Itin daug sidabro nanodalelių šiuo metu naudojama įvairiausių kremų ir kitų odos priežiūros priemonių sudėtyse. Tačiau tauriųjų metalų eikvojimas įvairių paviršių dekoracijai neišvengiamai padidina ir galutinę produkto kainą, todėl šiandien mokslas vis dar ieško naujų, antimikrobinėmis savybėmis pasižyminčių junginių iš kurių pakankamas dėmesys skiriamas ir kobalto feritams (CoFe₂O₄).

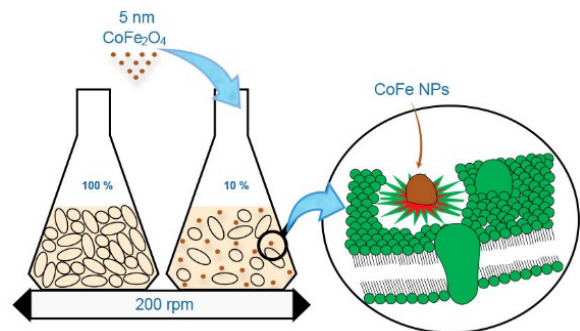
Skirtingo dydžio (2, 5 ir 15 nm skersmens) kobalto ferito nanodalelės susintetintos hidroterminiu metodu iš praskiestų CoCl₂ ir Fe₂(SO₄)₃ tirpalų. Gautų dalelių dydis įvertintas atominės jėgos mikroskopija (1 pav.).



1 pav. 15 nm CoFe₂O₄ nanodalelių dydžio pasiskirstymas ir AJM vaizdai.

Antimikrobinės nanodalelių savybės buvo tiriamos tiek kokybiškai (lizės zonų metodu) tiek kiekybiškai (2 pav.).

2 pav. Kobalto ferito nanodalelių antimikrobinis tyrimas.



savybių tyrimo schema.

Literatūra

1. A. Huczko, *Template-based synthesis of nanomaterials*. Applied Physics A, 2000. **70**(4): p. 365-376.
2. L.-S. Zhang, et al., *Effective Photocatalytic Disinfection of E. coli K-12 Using AgBr-Ag-Bi₂WO₆ Nanojunction System Irradiated by Visible Light: The Role of Diffusing Hydroxyl Radicals*. Environmental Science & Technology, 2010. **44**(4): p. 1392-1398.

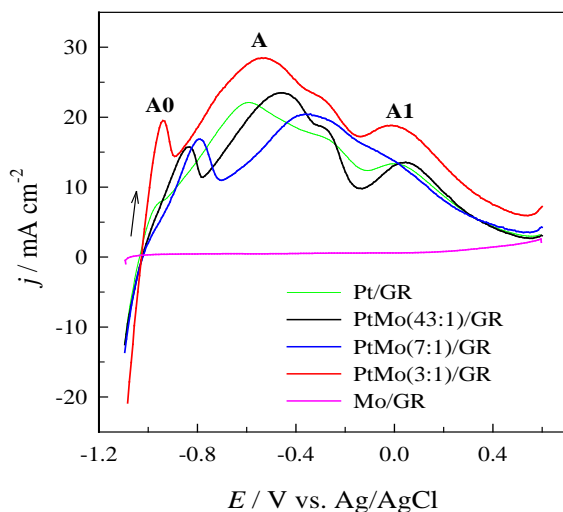
Natrio borohidrido oksidacijos ant PtMo/grafenas katalizatorių tyrimas

Teofilius Kilmonis, Loreta Tamašauskaitė Tamašiūnaitė

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

Šiame darbe PtMo katalizatoriai, turintys skirtingus Pt:Mo molinius santykius, buvo nusodinti ant grafeno miltelių (GR) paviršiaus mikrobangų sintezės metodu. Reakcijos mišinys, susidedantis iš H_2PtCl_6 , Na_2MoCl_6 , grafeno miltelių ir etilenglikolio, maišomas ultragarsu 30 minučių. Sintezė vykdoma 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 2 valandas.

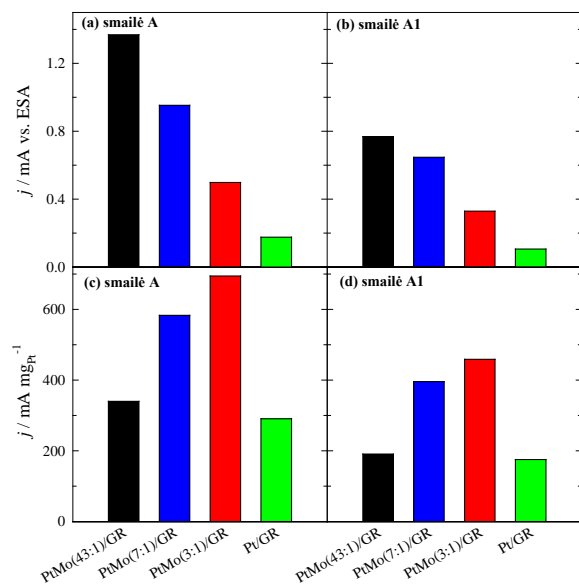
Buvo susintetinti PtMo/GR katalizatoriai, kuriuose Pt:Mo molinis santykis yra, atitinkamai, lygus 43:1, 7:1 ir 3:1. Palyginimui buvo susintetinti Pt/GR ir Mo/GR katalizatoriai. Nustatyta, kad Pt įkrova gautuose Pt/GR, PtMo(43:1)/GR, PtMo(7:1)/GR ir PtMo(3:1)/GR katalizatoriuose yra, atitinkamai, 73, 69, 35 ir 41 $\mu\text{g Pt cm}^{-2}$, o elektrochemiškai aktyvus Pt paviršiaus plotas šiuose katalizatoriuose yra, atitinkamai, 8,8, 1,2, 1,5 ir 4,0 cm^2 . Pt/GR ir PtMo/GR katalizatorių elektrokatalizinis aktyvumas buvo įvertintas natrio borohidrido oksidacijos reakcijai, taikant ciklinę voltamperometriją ir chronoamperometriją.



1 pav. Pt/GR, PtMo(43:1)/GR, PtMo(7:1)/GR, PtMo(3:1)/GR ir Mo/GR katalizatorių voltamperogramos, išmatuotos 0,05 M NaBH_4 + 1 M NaOH, $v = 10 \text{ mV s}^{-1}$.

Skleidžiant elektrodo potencialą į teigiamesnių verčių pusę, voltamperogramose stebimos anodinės smailės **A** ir **A1** yra siejamos, atitinkamai, su H_2 , susidariusio BH_4^- jonų katalizinės hidrolizės metu, oksidacija ir tiesiogine BH_4^- jonų oksidacija. Išmatuotos anodinės srovės tankio vertės yra ženkliai didesnės ant tiriamų PtMo/GR ir Pt/GR katalizatorių nei jos yra ant Mo/GR katalizatoriaus (1 pav.).

Siekiant įvertinti katalizatorių specifinį ir masės aktyvumą, natrio borohidrido elektrooksidacijos srovės tankio vertės smailėse **A** ir **A1** buvo normalizuotos pagal elektrochemiškai aktyvų Pt paviršiaus plotą (2 pav. a,b) ir Pt įkrovą kiekvienam katalizatoriui (2 pav. c,d).



2 pav. Borohidrido elektrooksidacijos specifinio (a,b) ir masės (c,d) aktyvumų stulpelinės diagramos, išmatuotos ant PtMo(43:1)/GR, PtMo(7:1)/GR, PtMo(3:1)/GR ir Pt/GR katalizatorių smailėse **A** ir **A1**.

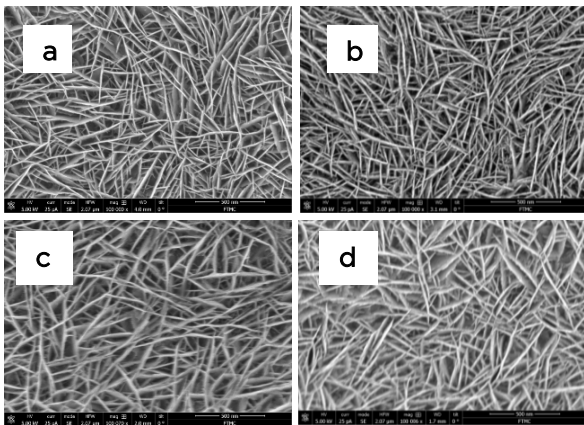
Nustatyta, kad didesniu specifiniu ir masės aktyvumu natrio borohidrido oksidacijos reakcijai pasižymėjo susintetinti PtMo/GR katalizatoriai, lyginant su Pt/GR katalizatoriumi (2 pav.).

Hidrazino oksidacijos tyrimas ant Pt dalelėmis modifikuoto Co, turinčio pluoštelinę struktūrą, paviršiaus

Aušrinė Zabielaite, Loreta Tamašauskaitė Tamašiūnaitė

Fizinių ir technologijos mokslų centras, Katalizės skyrius
Saulėtekio al. 3, LT-10257 Vilnius, el. p.: a.zabielaite@gmail.com

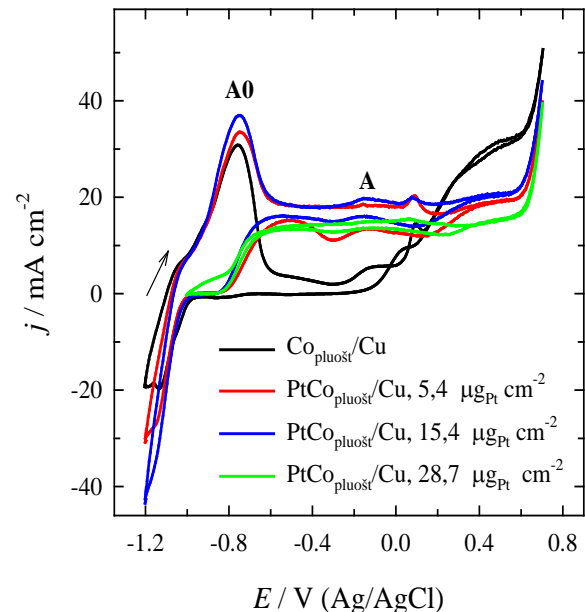
Šiame darbe Pt dalelėmis modifikuoto Co, turinčio pluoštelinę struktūrą ($\text{PtCo}_{\text{pluošt}}$), katalizatorių aktyvumas buvo tiriamas hidrazino oksidacijos reakcijai šarminėje terpėje. PtCo katalizatoriai buvo nusodinami ant Cu paviršiaus, naudojant elektrocheminius ir cheminius metodus. Co danga, turinti pluoštelinę struktūrą buvo elektrochemiškai nusodinta ant Cu paviršiaus. Pt nanodalelės buvo nusodintos ant $\text{Co}_{\text{pluošt}}/\text{Cu}$ paviršiaus, taikant galvaninio pakeitimo metodą. $\text{Co}_{\text{pluošt}}/\text{Cu}$ elektrodai buvo įmerkiami į 1 mM H_2PtCl_6 25 °C temperatūros tirpalą, atitinkamai, 10, 30 ir 60 s. 1 pav. pateikti SEM vaizdai $\text{Co}_{\text{pluošt}}/\text{Cu}$ (a) ir $\text{PtCo}_{\text{pluošt}}/\text{Cu}$ katalizatorių (b-d). Nustatyta, kad $\text{Co}_{\text{pluošt}}$ dangą sudaro Co pluošteliai, kurie yra apie 10 nm pločio ir 100 nm ilgio (1a pav.).



1 pav. SEM vaizdai $\text{Co}_{\text{pluošt}}/\text{Cu}$ (a) ir $\text{PtCo}_{\text{pluošt}}/\text{Cu}$ katalizatorių (b-d). $\text{PtCo}_{\text{pluošt}}/\text{Cu}$ katalizatoriai buvo gauti, įmerkiant $\text{Co}_{\text{pluošt}}/\text{Cu}$ elektrodą į 1 mM H_2PtCl_6 tirpalą, kai $T = 25\text{ }^\circ\text{C}$, $t = 10$ (b), 30 (c) ir 60 (d) s.

Nusodintos Pt įkrova pagamintuose katalizatoriuose buvo nuo 5,4 iki $28,7\ \mu\text{g cm}^{-2}$. $\text{Co}_{\text{pluošt}}/\text{Cu}$ ir $\text{PtCo}_{\text{pluošt}}/\text{Cu}$ katalizatorių aktyvumas buvo tiriamas hidrazino oksidacijos reakcijai šarminėje terpėje, taikant ciklinę voltamperometriją (2 pav.). Stebimos

anodinės smailės **AO** ir **A** ciklinėse voltamperogramose yra siejamos, atitinkamai, su Co oksidų/hidroksidų susidarymu ir tiesiogine N_2H_4 oksidacija. N_2H_4 oksidacija prasideda, esant neigiamesnėms potencialo vėrtėms ant $\text{PtCo}_{\text{pluošt}}/\text{Cu}$ katalizatorių nei ant $\text{Co}_{\text{pluošt}}/\text{Cu}$, kas rodo didesnę šių katalizatorių elektrokatalizinę aktyvumą N_2H_4 oksidacijos reakcijai.



2 pav. Ciklinės voltamperogramos $\text{Co}_{\text{pluošt}}/\text{Cu}$ ir $\text{PtCo}_{\text{pluošt}}/\text{Cu}$ katalizatorių, užrašytų 0,05 M $\text{N}_2\text{H}_4 + 1\text{ M NaOH}$ tirpale, $v = 10\text{ mV s}^{-1}$.

Išmatuotos N_2H_4 oksidacijos srovės tankio vėrtės smailėje **A** yra 3-4 karto didesnės ant tiriamų $\text{PtCo}_{\text{pluošt}}/\text{Cu}$ nei jos yra ant $\text{Co}_{\text{pluošt}}/\text{Cu}$ katalizatoriaus.

$\text{PtCo}_{\text{pluošt}}/\text{Cu}$ katalizatoriai yra perspektyvios, katalitiškai aktyvios medžiagos ir gali būti panaudojamos kaip anodo medžiagos šarminiuose hidrazino kuro elementuose.

Flyback tipo transformatoriaus sklaidos srauto tyrimas

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

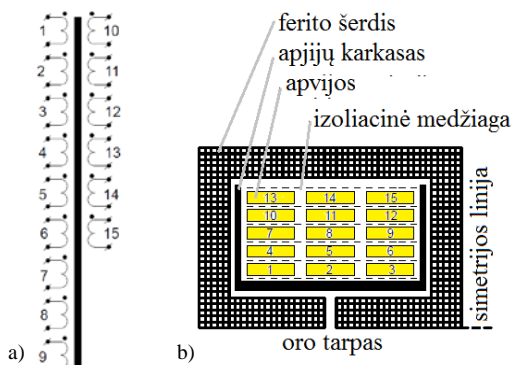
¹ Fizinių ir technologijos mokslų centras Medžiagotyros ir elektros inžinerijos skyrius, A. Saulėtekio al.3, LT-10257 Vilnius

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

³ Vilniaus Gedimino technikos universitetas Elektronikos fakultetas, Naugarduko g. 41, LT-03227 Vilnius
el. p.: edvardas.bielskis@su.lt

Flyback tipo transformatoriai yra naudojami mažos galios įtampos keitikliuose. Lyginant su kitų tipų keitikliais, forward ir pushpull – flyback tipo keitikliai yra naudojami plačiausiai. Šių keitiklių populiarumą lėmė tai, kad pagrindinę elektros grandinę sudaro mažai elektronikos komponentų, todėl keitiklis yra paprastesnis, patikimesnis, naudingumo koeficientas palyginti su kitų tipų keitikliais yra aukštesnis.

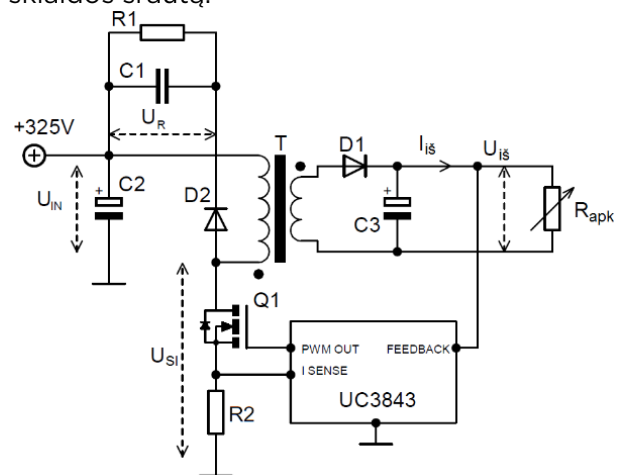
Matematiškai sunku įvertinti sklaidos magnetinio srauto reikšmę transformatoriaus magnetinėje sistemoje, nes jis priklauso nuo apvijos vietos transformatoriaus ritėje, nuo atstumo tarp apvijų ir kt. konstrukcinių savybių. Todėl flyback transformatorius buvo tiriamas eksperimentiškai. Jo konstrukcija pateikta 1 pav.



1 pav. Flyback transformatorius: a) apvijų elektrinė schema, b) apvijų išdėstymas transformatoriaus ritėje.

Tiriamą flyback keitiklio elektrinę schema pateikta 2 pav. Transformatoriaus magnetinis sklaidos srautas sąlygoja viršįtampį lauko tranzistoriaus Q1 santakoje. Šis viršįtampis mažina keitiklio naudingumo

koeficientą, patikimumą, bei maksimalią išėjimo galią, todėl aktualu mažinti magnetinį sklaidos srautą.



2 pav. Flyback keitiklio elektrinė schema

Atlikti šie viršįtampio lauko tranzistoriaus Q1 santakoje priklausomybės nuo keitiklio apkrovos tyrimai:

1. Esant skirtingiems Q1 tranzistoriaus komutavimo dažniams (25; 35; 50; 65 kHz);
2. Prie skirtingų oro tarpelių magnetinėje sistemoje (0; 0,2; 0,7; 1; 1,5; 2 mm);
3. Esant skirtingiems antrinėje apvijoje lygiagrečiai jungtų apvijų kiekiams (nuo 1 iki 9 vijų);
4. Esant skirtingiems apvijų sujungimo būdams.

Palyginus gautus eksperimentų rezultatus, nustatyti tirtą flyback transformatoriaus darbo režimai ir konstrukciniai parametrai, leidžiantys gauti mažiausius viršįtampius. Geriausi rezultatai pasiekti naudojant pasiūlytą šachmatų lentos pavidalo apvijų išdėstymo ritėje būdą.

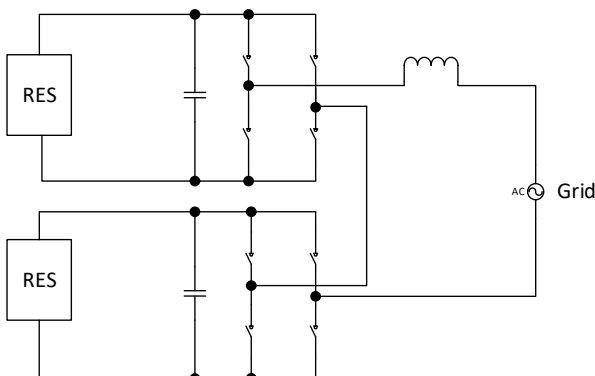
Kaskadinių inverterių taikymas fotovoltinės energijos tiekimui

Martynas Šapurov, Edvardas Bielskis

Fizinių ir technologijos mokslų centras, medžiagotyros ir elektros inžinerijos skyrius
Saulėtekio al. 3, LT-10257 Vilnius, el. p.: martynas.sapurov@ftmc.lt

Šiame darbe aptariamas dvejų pakopų kaskadinio inverterio taikymas fotovoltinės energijos tiekimui į elektros tinklą. Kaskadinio keitiklio taikymas pagerina tiekiamos elektros energijos kokybę ir padidinti maksimalią perdavimo galią. Darbo rezultatai pagrįsti *Matlab/Simulink* imitaciniais eksperimentais

Tiriamą kaskadinio inverterio struktūrinę schema pateikiama 1 pav. Ji su daro du inverteriai izoliuotais vienas kito atžvilgiu maitinimo šaltiniais [1].



1 pav. Dvejų pakopų kaskadinio inverterio struktūrinė schema.

Darbe aptariami du kaskadinio inverterio valdymo metodai:

1. Pirmasis inverteris tiekia į tinklą pagrindinės harmonikos energiją moduluota 50Hz dažniu, o antrasis taikomas aukštesniųjų harmonikų kompensavimui.
2. Pirmasis inverteris tiekia į tinklą pagrindinės harmonikos energiją moduluota 50Hz dažniu, o antrasis taikomas, ne tik aukštesniųjų harmonikų kompensavimui, bet ir papildomai tiekia pirmosios harmonikos energiją, taip padidindamas galią.

Pagrindinis darbo tikslas – perduoti kuo daugiau aktyviosios energijos P nesukuriant reaktyviosios energijos Q .

$$\begin{cases} P = \frac{V_1 \times V_2 \times \sin \delta}{X} \\ Q = -\frac{V_2^2 - V_1 \times V_2 \times \cos \delta}{X} \end{cases} \quad (1)$$

Jeigu reaktyvioji gali lygi $Q=0$, gaunama supaprastintą kampo tarp elektrovaros šaltinių išraišką

$$\delta = \cos^{-1} \frac{V_2}{V_1} \quad (2)$$

Vienfazio elektros tinklo įtampos efektinė vertė $V_2 = \frac{320}{\sqrt{2}} \approx 230V$, tokios pat amplitudes pirmojo inverterio tiekiamo stačiakampio signalo pirmosios harmonikos amplitudė yra aukštesnė $A_{f1} \approx 407V$, taigi efektinė vertė $V_1 = \frac{407}{\sqrt{2}} \approx 287V$. Įsistačius šias vertes į (2) formulę apskaičiuojamas maksimalus kampas tarp elektrovaros šaltinių įtampų, ties kuriuo reaktyvioji energija artima 0, $\delta \approx 0,666$, aktyvioji galia $P \approx 8.542kW$

Perduodamos energijos kiekį galima padidinti antruoju inverteriu papildomai įterpiant į tinklą 150V amplitudės pirmosios harmonikos įtampą, taigi suminė tiekiamos įtampos efektinė vertė padidėja $V_1 = \frac{407+150}{\sqrt{2}} \approx 393.86V$, šiuo atveju maksimalus kampas tarp elektrovaros šaltinių įtampų, ties kuriuo reaktyvioji energija artima 0, $\delta \approx 0,95$, aktyvioji galia $P \approx 14,9kW$.

Literatūra

1. S. Nagaraja Rao, D. V. Ashok Kumar, Ch. Sai Babu, *New multilevel inverter topology with reduced number of switches using advanced modulation strategies* (International Conference on Power, Energy and Control (ICPEC), 2013, pp 693 – 699).
2. L. Yang, Y. Shuitao, W. Xiaorui, et al, *Application of Transformer-Less UPFC for Interconnecting Two Synchronous AC Grids With Large Phase Difference* (IEEE Transactions on Power Electronics, 2016, 31, (9), pp 6092 – 6103).

Sferiškai išsidėsčiusių nano gijų optinio atsako analizė panaudojant spektrinės elipsometrijos metodą

Andrius Paulauskas¹, Ieva Balevičiūtė^{1,3}, Chantal Karam², Saulius Tumėnas¹,
Mikhael Bechelany², Lina Mikoliunaitė^{1,3}, Philip Miele², Almira Ramanavičienė^{1,3},
Arūnas Ramanavičius^{1,2}, Zigmas Balevičius^{1,4}

¹ Fiziinių ir technologijos mokslų centras, Saulėtekio al. 3, LT-10257 Vilnius, Lietuva, el. p.: andrius.paulauskas@ftmc.lt

² Institut Europe ´ en des Membranes, Universite Montpellier, Place Eugene Bataillon, F-34095 Montpellier Cedex 5, France

³ Chemijos Fakultetas, Vilniaus Universitetas, Naugarduko 24, 03225 Vilnius, Lietuva.

⁴ Elektronikos Fakultetas, Vilnius Gedimino Technikos Universitetas, Saulėtekio 11, LT-10223 Vilnius, Lietuva

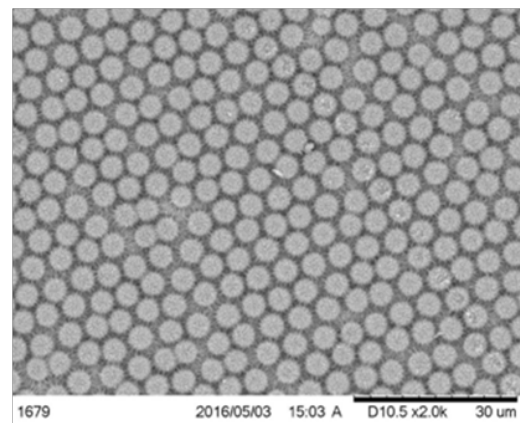
Paviršiaus ploto didinimas svarbus veiksnys ateities optoelektronikos nano įrenginiams, saulės elementams, drėkinančioms dangoms dujų bei bio jutikliams ir bio kuro celėms[1]. Sferiškai išsidėsčiusių nano gijų struktūros auginimas yra vienas iš naujausių būdų kaip padidinti paviršiaus plotą. Panaudojus nano sferų litografija, žemos temperatūros atominio sluoksnio nusodinimo bei elektronusodinimo metodų kombinacija galima gauti mažų kaštų bei tinkamus masinei gamybai sluoksnius.

Norint paruošiant sferiškai išsidėsčiusių nano gijų monosluoksnį indžio alavo oksido(ITO) padėklas padengiamas karboksiluotom 5 nm diametro polistireno sferom. Sekančiame žingsnyje bandinys patalpinamas 2 M vandeniniame ZnCl₂ tirpale 30 min kambario temperatūroje. Šiame etape Zn²⁺ jonas prisijungia prie laisvos karboksilo jungties. Prisijungimo vietoje formuosis ZnO nano gijos. Nano gijų formavimas vyksta ZnO elektronusodiniu O₂ prisotintame 5 x 10⁻⁵ M ZnCl₂ ir 0.1 M KCl tirpale. Paskutiniame paruošimo etape pašalinamos polistireno sferos ištirpinus jas toluene arba nudeginus jas, tokiu būdu gaunamos tuščiavidurės nano gijų sferos.

Tyrime naudoti bandiniai: ITO stiklo padėklas, ITO stiklas padengtas 5nm ZnO sferomis, ITO stiklas padengtas 5nm ZnO sferomis su nano plaušeliais ir ITO stiklas padengtas 5nm ZnO sferomis su nano plaušeliais, dengti papildomu plonu aukso sluoksniu (1 paveikslas SEM vaizdas). Spektrinės elipsometrijos matavimai 300 – 1700nm spektriniam ruože atlikti dviejų besisukančių kompensatorių elipsometru RC2(J. A. Woolam Co., Inc.). Kritimo kampas buvo keičiamas 45 – 85 laipsnių intervale, o bandinio orientavimo kampas 0 – 180 laipsnių

intervale. Dėl netvarkingo sferų išsidėstymo stebimas optinis atsakas yra panašus į izotropinės medžiagos optinį atsaką, nors ir sferų išsidėstymas yra tvarkingas kai kuriose paviršiuje ploto vietose.

Be elipsometrinių matavimų bandiniams su aukso sluoksniu atlikti ir poliarizuotos šviesos tiesioginio bei difuzinio pralaidumo spektriniai matavimai. Išmatuotose kreivėse stebimas paviršinių plazmonų įnašas į bendrą optinį atsaką, numatomas daugiasluoksniuose aukso dengtuose darniuose[2].



1 pav. Tuščiavidurių, sferiškai išsidėsčiusių bei aukso dengtų ZnO nano gijų SEM nuotrauka.

Literatūra

1. J. Elias, C. Le Levy-Clement, M. Bechelany, J. Michler, G-Y. Wang, Z. Wang, L. Philippe, *Hollow Urchin-like ZnO thin Films by Electrochemical Deposition*, *Advanced Materials*, 22, 1607 (2010).
2. Viter, Z. Balevičius, A. Abou Chaaya, I. Balevičiūtė, S. Tumėnas, L. Mikoliunaitė, A. Ramanavičius, Z. Gertnerė, A. Zalesska, V. Vataman, V. Smyntyna, D. Erts, P. Miele, M. Bechelany, *The influence of localized plasmons on the optical properties of Au/ZnO nano-structures*, *J. Mater. Chem. C* **3**, 6815 (2015).

Polipirolo plonasluoksnių dangų laidumo ir paviršiaus ekranavimo efektyvumo tyrimas

Monika Kirsnytė, Rimantas Simniškis, Marijus Jurkūnas, Arūnas Stirė

Fizinių ir technologijos mokslų centras, Medžiagotyros ir elektros inžinerijos skyrius
Saulėtekio al. 3, LT-10257 Vilnius, el. p.: monika.kirsnyte@ftmc.lt

Paviršiaus ekranavimo savybėmis pasižyminčios medžiagos bei įvairios struktūros šiuo metu yra sparčiai kuriamos, analizuojamos ir jas jau galima lengvai įsigyti pagamintas komerciniais būdais. Viena perspektyviausių organinių laidininkų panaudojimo tendencijų susijusi su programuojamomis medžiagos savybėmis[1]. Kompozitai, plonasluosnės plėvelės ar audiniai turintys savo sudėtyje polimero polipirolo (Ppy) keičia pastarųjų savybes ir sąlygoja panaudojimą paviršiaus ekranavimui ant dielektriko paviršiaus. Šio darbo tikslas buvo ištirti Ppy plonasluoksnių dangų laidumo ir paviršiaus ekranavimo charakteristikas skirtinguose bangolaidžiuose.

1 lentelė. Stačiakampių bangolaidžių dažnių ruožai

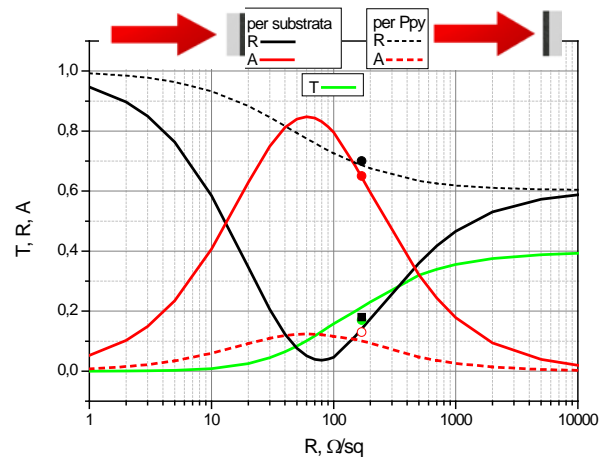
Bangolaidžio tipas	f (GHz)	Bangolaidžio matmenys (mm)
X	8,2 - 12,5	23 × 10
Ku	12 - 18	16 × 8
K	18 - 28	11 × 5,5
Ka	28 - 40	7,2 × 3,4

Ppy plonasluosnės dangos gautos 2-jais būdais.

Pirolas polimerizacija atlikta ant 1 mm storio dielektriko (stiklo) substrato su PVA pasluoksniu, pirolas vandeniniame tirpale lašinant FeCl_3 tirpalą. Gautas Ppy sluoksnio storis ~20 μm . Antru atveju polimerizacija atlikta ant stiklo substrato, bet PVA pasluoksniu matricijoje iš anksto paskirsčius FeCl_3 molekules. Substratas panardintas į parinktos koncentracijos pirolas tirpalą, po polimerizacijos bandiniai džiovunami 85 °C temperatūroje. Rezultatai gauti įstačius bandinius į pasirinktus bangolaidžius (1 lentelė).

Panaudojant analitinį modelį pasiūlytą straipsnyje [2], Ppy plonasluoksnių dangų parametru vertės: atspindžio, pralaidumo bei absorbcijos, gautos modeliuojant susintetinto sluoksnio laidumo vertėmis. Apskaičiuotos Ppy plonasluoksnių dangų varžos priklausomybės ties 31,5 GHz pateiktos 1 paveiksle. Galima pastebėti jog dangos pralaidumas ir

absorbcija stipriai priklauso elektromagnetinės bangos krypties substrato/Ppy sluoksnio atžvilgiu.



1 pav. Elektrai laidžios Ppy plonasluosnės dangos ant stiklo substrato, esant 31,5 GHz dažniui pralaidumo (T), atspindžio (R) bei absorbcijos (A) priklausomybės nuo paviršiaus varžos. Ištininės linijos nurodo elektromagnetinės bangos kryptį per substratą, punktyrinės – per Ppy.

Gautas Ppy plonasluoksnių dangų paviršiaus ekranavimo efektyvumas 10 dB, 8-40 GHz dažnių intervale. Bekontaktis laidumo matavimo būdas bangolaidžiuose, palygintas su 4 kontaktų metodu. Rezultatai koreliuoja. Modeliuojant sintezės sąlygas galime gauti pasirinkto laidumo sluoksnius, su mažu atspindžiu ir didele elektromagnetinių bangų absorbcija.

Literatūra

- Kaynak, A., et al., *A study of microwave transmission, reflection, absorption, and shielding effectiveness of conducting polypyrrole films*. Journal of applied polymer science, 1994. **54**(3): p. 269-278.
- Ragulis, P., R. Simniškis, and Ž. Kancleris, *Shift and elimination of microwave Fabry-Perot resonances in a dielectric covered with a thin metal layer*. Journal of Applied Physics, 2015. **117**(16): p. 165302.

Nanosekundžių trukmės elektrinio lauko impulsais sukeltos programuotos mielių *Saccharomyces cerevisiae* ląstelių tyrimas

Povilas Šimonis, Arūnas Stirke

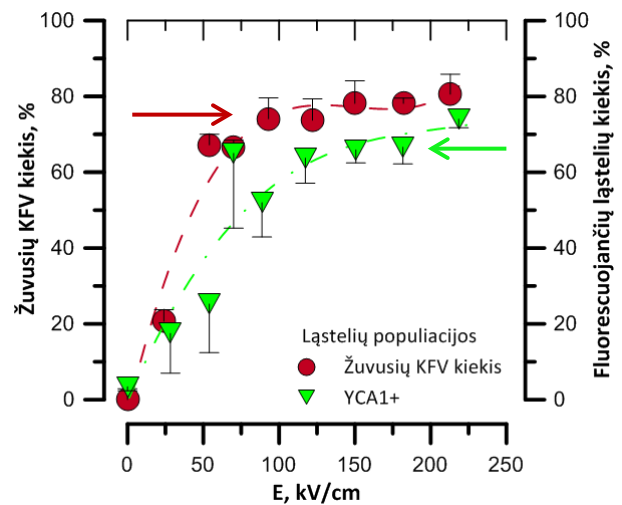
Fizinių ir technologijos mokslų centras, Medžiagotyros ir elektros inžinerijos skyrius
Saulėtekio al. 3, LT-10257 Vilnius, el. p.: simonis.povilas@gmail.com

Mielės *Saccharomyces cerevisiae* yra vienas iš labiausiai ištirtų eukariotinių mikroorganizmų. Jos plačiai naudojamos tiek maisto pramonėje (alkoholinių gėrimų, kepinų), tiek laboratoriniuose tyrimuose kaip modelinis objektas. 1997 metais apoptotiniai žymenys buvo pirmą kartą aprašyti mielėse ir taip parodyta, jog apoptozė vyksta ne tik daugialąsčiuose organizmuose (1). Nuo to laiko buvo sukaupta daug sistemingą mielių ląstelės žūtį patvirtinančių duomenų. Remiantis šiomis žiniomis apibūdinti keli mielių apoptozės reguliatorių analogai žinduolių ląstelėse, taip pat proteosomos, mitochondrijų, branduolio bei epigenetiškai reguliuojami žūties keliai.

Programuotos ląstelės žūtis tyrimui buvo naudojama FTMC puslaidininkių fizikos skyriuje sukonstruota didelės galios, nanosekundžių trukmės, stačiakampio formos elektrinio lauko impulsus generuojanti sistema (2). Ekspozicinio augimo fazėje esančios ($OD = 1 \pm 0.1$) mielių ląstelės (Y00000) prieš elektrinio lauko poveikį suspenduotos elektroporacijos buferyje. Ląstelės paveiktos nanosekundžių trukmės ($\tau = 10\text{--}90$ ns), stačiakampio formos elektrinio lauko ($E < 220$ kV/cm) impulsais ($n = 1\text{--}5$).

Parodyta, jog gyvybingų ląstelių bei kolonijas formuojančių vienetų (KFV) kiekis mažėja didinant elektrinio lauko impulsų stiprį, trukmę bei impulsų kiekį. Žuvusių kolonijas formuojančių vienetų bei ląstelių su aktyviomis metakaspazėmis kiekio priklausomybė nuo elektrinio lauko parametrų pasižymi panašiais dėsningumais (1 pav.).

Oksidacinio streso indėlis į ląstelių žūtį buvo patikrintas į elektriniu lauku paveiktų mielių ląstelių suspensiją pridedant redukuoto L-glutathiono. Tokiu būdu neutralizuotas silpno elektrinio lauko ($E = 25$ kV/cm) poveikis ląstelių gyvybingumui.



1 pav. Žuvusių kolonijas formuojančių vienetų ir ląstelių su aktyvuotomis metakaspazėmis (YCA1+) kiekių priklausomybė nuo elektrinio lauko stiprio po 5 impulsų poveikio.

Padarytos išvados, jog nanosekundžių trukmės elektrinio lauko impulsai veikia mielių ląstelės ir sukelia oksidacinį stresą, kuris atitinkamai veda į metakaspazių aktyvaciją bei programuotą ląstelės žūtį.

Literatūra

1. Madeo F, Fröhlich E, Fröhlich KU. A yeast mutant showing diagnostic markers of early and late apoptosis. *J Cell Biol.* 1997; 139(3):729-34.
2. Stirke A, Zimkus A, Ramanaviciene A, Balevicius S, Zurauskiene N, Saulis G, et al. Electric field-induced effects on yeast cell wall permeabilization. *Bioelectromagnetics.* 2014; 35(2): 136-44.

Foto įtampos susidarymas GaAs p-n sandūroje esant intensyviai lazerio apšvietimui

Steponas Ašmontas, Jonas Gradauskas, Algirdas Sužiedelis, Aldis Šilėnas,
Viktoras Vaičiškuskas, Vytautas Vaičiūnas, Ovidijus Žalys

Fizinių ir technologijos mokslų centras, Elektronikos skyrius
Saulėtekio al. 3, LT-10257 Vilnius, el. p.: ovidijus.zalys@gmail.com

Du pagrindiniai mechanizmai dominuoja foto įtampos formavimėsi kai nehomogeniškas puslaidininkis yra apšviečiamas intensyvia lazerio spinduliuote [1]. Jei, sandūrą apšvietus, vyksta elektrono ir skylės poros generacija, tada p-n sandūroje susiformuoja įprastinė foto įtampa dėl elektronų ir skylių atsiskyrimo sąlygotu vidinio elektrinio lauko. Jei fotono energija yra mažesnė už draudžiamosios energijos tarpą, tai lazerio spinduliuotė yra sugerama laisvaisiais krūvininkais, ko pasekoje atsiranda optiškai sužadintų karštųjų krūvininkų šiluminė elektrovara. Šiuo atveju generuojamos įtampos poliškumas yra priešingas įprastinės foto elektrovaros poliškumui.

Šiame darbe yra pristatomi foto įtampos susidarymo GaAs p-n sandūroje esant intensyviai lazerio apšvietimui tyrimo rezultatai kai spinduliuotės fotonų energija yra mažesnė už puslaidininkio draudžiamosios energijos tarpą. Eksperimentiniai tyrimai parodė, kad, apšvietus GaAs p-n sandūrą 1,06 μm bangos ilgio Nd:YAG lazerio spinduliuotės 15 ns trukmės impulsais, yra sugeneruojamas fotoatsakas, susidedantis iš dviejų dedamųjų:

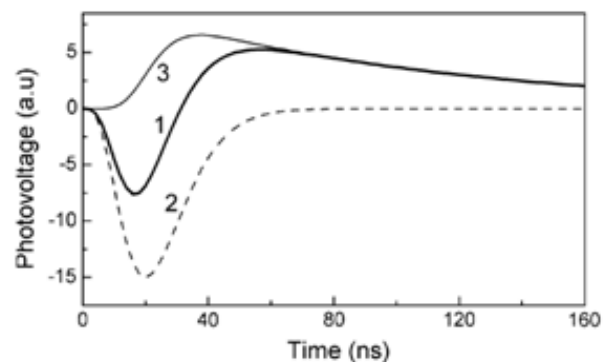
$$U = U_f + U_{ph} \quad (1)$$

Greitoji dedamoji U_f , sąlygota laisvųjų krūvininkų kaitimo, atkartoja lazerio impulso formą, o jos poliškumas sutampa su šiluminės karštųjų krūvininkų elektrovaros poliškumu. Lėtosios dedamosios U_{ph} poliškumas yra priešingas; ji auga tol, kol trunka lazerio impulsas, o gesta charakteringu kelių mikrosekundžių laiku.

Fotoatsako atskirų dedamųjų priklausomybės nuo lazerio spinduliuotės galios P tyrimas parodė, kad greitoji dedamoji U_f yra tiesiai proporcinga P . Tiesinė šiluminės elektrovaros priklausomybė yra būdingas karštųjų krūvininkų sąlygotų reiškinių bruožas. Lėtoji dedamoji U_{ph} nuo galios priklauso kvadratiškai P^2 . Šis faktas rodo, kad

GaAs sandūroje U_{ph} yra sąlygojama elektrono ir skylės porų generacijos vykstančios dėl dvifotonės šviesos sugerties, kai fotonų energija yra mažesnė už draudžiamosios energijos tarpą. Esant žemiems sužadavimo lygiams, t.y. mažoms spinduliuotės galios vertėms, foto įtampos susidaryme dominuoja tik karštųjų krūvininkų šiluminė elektrovara, tuo tarpu esant intensyviai sužadimui ima dominuoti antroji komponentė dėl krūvininkų generavimo.

Foto įtampos dinamikos skaitmeninė analizė leido atskirti U_f ir U_{ph} dedamąsias: nustatyti jų laikines charakteristikas bei charak-teringas laiko pastovias, įvertinti kiekvienos jų indėlį į matuojamąjį signalą (1 pav.)



1 pav. Eksperimentinis fotoatsakas (kreivė 1) ir apskaičiuotos fotoatsako dedamosios: U_f – kreivė 2 ir U_{ph} – kreivė 3.

Literatūra

1. S. Ašmontas, J. Gradauskas, D. Seliuta, E. Širmulis, "Photoelectric properties of nonuniform semiconductor under infrared laser radiation" in Nonresonant Laser- Matter Interaction (NLM1-10), Mikhail N. Libenson, Editor, Proc. SPIE 4423, 18-27 (2001).
2. S. Ašmontas, J. Gradauskas, A. Sužiedelis, A.Šilėnas, V. Vaičiškuskas, V. Vaičiūnas, O. Žalys. Photovoltage formation across GaAs p-n junction under illumination of intense laser radiation. Opt Quant Electron, 48:448 (2016).

Įtampa valdomi generatoriai daugiastandarčiuose bevielio ryšio siųstuvuose-įmtuvuose

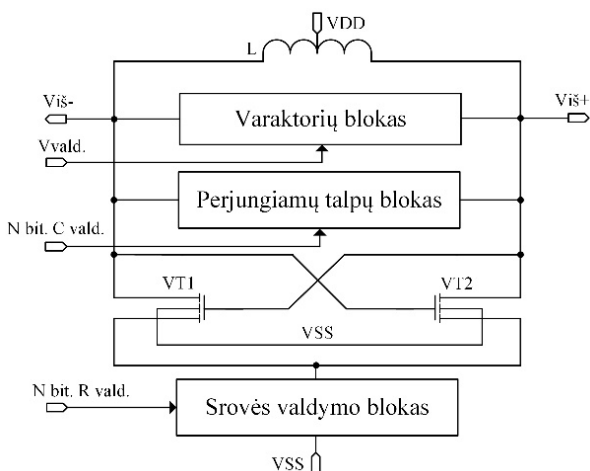
Vytautas Mačaitis, Romualdas Navickas

Fizinių ir technologijos mokslų centras, Medžiagotyros ir elektros inžinerijos skyrius
Saulėtekio al. 3, LT-10257 Vilnius, el. p.: vytautas.macaitis@ftmc.lt

Šiuo metu bevielio ryšio technologijos sparčiai tobulėja. Daugelis žmonių naudojami išmaniaisiais bevielio ryšio įrenginiais kurie turi galimybę palaikyti kelis bevielio ryšio standartus. Norint pasiekti didesnę bevielio ryšio prietaisų funkcionalumą, bevielio ryšio standartų palaikymas vis labiau plečiamas.

Norint naudotis keliomis bevielio ryšio technologijomis tame pačiame luste būtinas daugiastandartis, daugiajuostis siųstuvai-įmtuvai (angl. *milti-standard, multi-band transceiver*). Dažniausiai tokie siųstuvai-įmtuvai veikia dažnių ruože nuo 0,1 GHz iki 13 GHz. Siekiant padengti platų dažnių ruožą reikalinga fazės derinimo kilpa, kurioje dažnį generuoja keletas LC įtampa valdomų generatorių (LC-ĮVG)

Bazinė LC-ĮVG struktūrinė schema pateikta 1 paveiksle. Pagrindinės LC-ĮVG dalys yra šios: aukštos kokybės induktyvumo ritė (L), varaktorių ir perjungiamų talpų blokas (pastarieji elementai kartu su L sudaro LC kontūrą), neigiamo impedanso tranzistoriai (VT1, VT2) ir srovės valdymo blokas.



1 pav. Bazinė LC-ĮVG struktūrinė schema

Pateikiama skirtingų LC-ĮVG pagrindiniai parametrai iš 20 straipsnių, publikuotų 2012-2016 m. Pagrindiniai ĮVG parametrai yra šie: integrinį grandynų (IG) technologinis

žingsnis; maitinimo įtampa U (V); ĮVG centrinis dažnis FO (GHz); dažnio valdymo ruožas "F (GHz, %); fazinis triukšmas FT (dBc/Hz); vartojamoji galia P (mW). Pasiūlytos kokybės funkcijos (FOM_T ; FOM_{TT}).

Norint adekvačiai įvertinti ir palyginti generatorius yra naudojama kokybės funkcija FOMT pateikta (1) formulėje. Funkcija įvertina šiuos generatorių parametrus: ĮVG centrinį dažnį FO; dažnio valdymo ruožą "F; fazinį triukšmą FT ties tam tikru poslinkio dažniu dF bei vartojamąją galią P.

Norint įvertinti daugiau parametrų yra pasiūlyta papildyta FOM_{TT} kokybės funkcija, (2) formulė. Ši funkcija be jau paminėtų parametrų papildomai įvertina integrinį grandynų technologinį Techn. žingsnį bei maitinimo įtampa U. FOM_T ir FOM_{TT} funkcijų įvertiniai buvo perskaiciuoti naudojant parametrus surinktus iš apžvelgtų šaltinių.

$$FOM_T = FT(dF) - 20 \log \left(\frac{F_0 \cdot \Delta F}{dF \cdot 10} \right) + 10 \log \left(\frac{P}{1mW} \right) \quad (1)$$

$$FOM_{TT} = FT(dF) - 20 \log \left(\frac{F_0 \cdot \Delta F}{dF \cdot 10} \right) + 10 \log \left(\frac{P}{1mW} \right) + 10 \log \left(\frac{Tech \cdot U}{100} \right), \quad (2)$$

Iš apžvelgtų straipsnių galima teigti, kad daugiausiai ĮVG projektuojami 180 nm (55%) ir 65 nm (25%) KMOP IG technologiniuose žingsniuose. Apžvelgtuose ĮVG maitinimo įtampa U kinta (0,3; 3 V), dažnio valdymo ruožas - (2,05; 13 GHz), fazinis triukšmas - (- 83,8; - 132,7 dBc/Hz), vartojamoji galia (0,6; 50 mW). ĮVG kokybės įvertinimui pasiūlyta papildyta FOM_{TT} kokybės funkcija. Geriausias apskaičiuotas FOM_{TT} rezultatas: - 214 dBc/Hz (Jeong Y.J. et al. 2012), blogiausias - - 150,2 dBc/Hz (Aqeli M. et al. 2014). Geriausią FOMTT rezultatą lėmė mažas fazinis triukšmas (- 132,68 dBc/Hz) bei maža vartojamoji galia (2,21 mW).

Šviesos indukuota pavienių fotonų šaltinių modifikacija h-BN

Z. Shotan¹, H. Yayakumar¹, C. R. Consideine¹, M. Mackoīt², H. Fedder³,
J. Wrachtrup³, A. Alkauskas², M. W. Doherty⁴, V. Menon¹, C. A. Meriles¹

¹Department of Physics, CUNY-City College of New York, New York, NY 10031, USA

²Fizinių ir technologijos mokslų centras, Fundamentinių tyrimų skyrius, Elektroninės struktūros teorijos laboratorija, Saulėtekio al.3, LT-10257 Vilnius, el. p.: mazena.mackoīt@ftmc.lt

³Max Planck Institute for Solid State Research, 70174 Stuttgart, Germany

⁴Laser Physics Centre, Australian National University, Canberra, Australian Capital Territory 0200, Australia

Taškiniiais defektais susidomėta dėl jų galimo pritaikymo kvantiniam informacijos apdorojimui. Nors nuo 2004 m. dominuojančiu defektu šioje srityje yra NV centras deimante, tačiau jo naudojimas turės technologinių trūkumų ateities taikymuose (aukštos kokybės didelių kristalų auginimas, sudėtingas deterministiškas defektų įvedimas), todėl pradėtos kitų alternatyvių kandidatų paieškos. Vienas iš jų yra heksagoninis boro nitridas (h-BN).

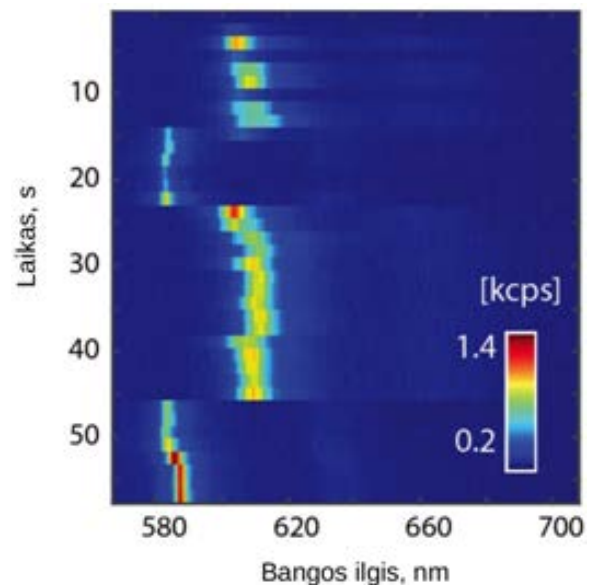
Fluorescuojantys defektai, stebėti kambario temperatūroje h-BN, atvėrė naujas galimybes fotoniniams lustams, kurie generuotų identiškus fotonus iš pavienių taškinių šaltinių. Pirmieji eksperimentiniai tą demonstruojantys darbai pasirodė 2016 m. [1], [2].

Šiame darbe pirmą kartą buvo ištirta skirtingų pavienių fotonų šaltinių (SPEs) fotoluminescencijos (FL) dinamika h-BN sluoksniuose, kambario temperatūroje, mėlyno lazerio spinduliuote [3]. Išmatuotų optinių spektrų laikinėse priklausomybėse buvo stebėta befononės linijos (ZPL) spektrinė difuzija. Toks pokytis galėtų būti nulemtas lėtai fliuktuojančio pagautų krūvininkų indukuojamo Štarko poslinkio.

Pažymėtina, kad ilgesnėse trukmėse buvo stebėti ne tik ZPL poslinkiai, bet ir dideli ZPL spektriniai šuoliai (siekiantys iki -100 nm). Tokie šuoliai stebėti pavienių fotonų šaltiniuose, kurie buvo ilgiau veikiami su mėlyna lazerio spinduliuote. Toks rezultatas siejamas su fotocheminiais pokyčiais.

Tik keli iš tirtų SPEs fluorescuoja paveikti tiek mėlyna, tiek žalia lazerio spinduliuotėmis, kas nusako žymiai sudėtingesnę tokių emiterių optinę dinamiką.

Darbe taip pat buvo įvertintas lokalių krūvininkų nestabilumas kaip galimas spektrinės difuzijos šaltinis. Pasinaudojus *ab-initio* skaičiavimų įvertintais elektriniais dipoliniais momentais buvo suskaičiuoti pagautų krūvininkų nuotoliai nuo tirtų SPEs.



1 pav. Mėlyna lazerio spinduliuote indukuotas pavienių fotonų šaltinio nestabilumas. Stebėta bistabili ZPL elgsena, šuoliai vykstantys tarp -580 nm ir -600 nm [3].

Literatūra

1. T.T. Tran, K. Bray, M. J. Ford et al., *Nature Nanotechnology* 11, 37-41 (2016).
2. L.J. Martinez, T. Pelini, V. Waselowski et al., *Phys. Rev. B*, 94, 121405 (2016).
3. Z. Shotan, H. Jayakumar, C. R. Consideine, M. Mackoīt et al., *ACS Photonics*, priduota (2016).

Temperatūrinis InAs kvantinių strypelių liuminescencijos tyrimas

Andrius Rimkus¹, Evelina Pozingytė¹, Ramūnas Nedzinskas¹, Bronislovas Čechavičius¹,
Julius Kavaliauskas¹, Gintaras Valušis¹, Lianhe Li² and Edmund H. Linfield²

Fizinių ir technologijos mokslų centras, Optoelektronikos skyrius
Saulėtekio al. 3, LT-10257 Vilnius, el. p.: andrius.rimkus@ftmc.lt

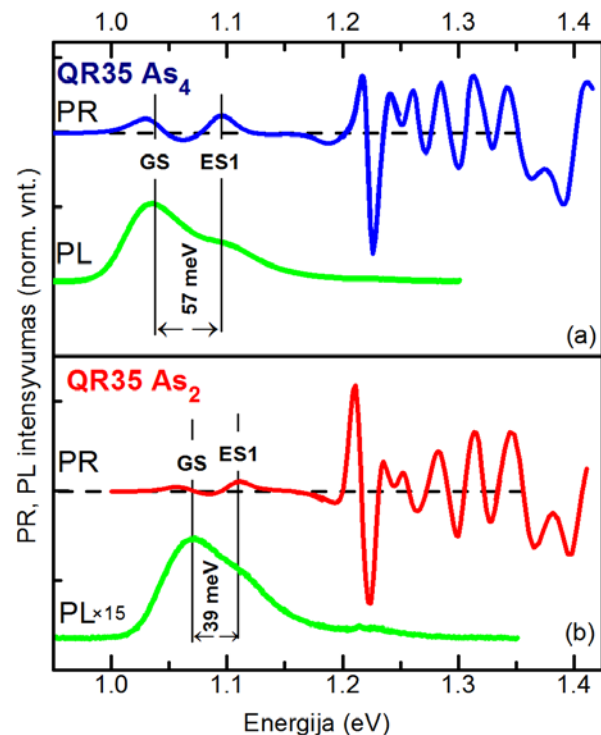
Saviformuojantys In(Ga)As kvantiniai taškai (QD) dėl trimačio krūvininkų ribojimo bei diskretaus energijos lygmenų spektro yra patrauklūs tiek fundamentiniams tyrimams, tiek ir taikymams tokiuose optoelektroniniuose įrenginiuose, kaip vienfotoniai tranzistoriai bei emiteriai, infraraudonosios srities detektoriai, lazerinės sistemos ir ne tik. Optinio šių nanodarinių atsako valdymas, kurį lemia kvantinių darinių matmenys ir medžiaginė sudėtis, komplikotas technologinis uždavinys. Cilindriniai kvantiniai taškai, dar vadinami kvantiniais strypeliais (QR), kurie įkūnija tarpinį krūvininkų ribojimą tarp trimačio ir dvimačio, leidžia paslankiai valdyti jų optinį atsaką keičiant jų aukštį bei As dujų šaltinį [1].

Eksperto metu tirtos heterostrukūros buvo užaugintos molekulinio pluošto epitaksijos (MBE) būdu ant pusiau izoliuojančio GaAs (001) padėklo su 200 nm storio Al_{0.2}Ga_{0.8}As barjero sluoksniu. Skirtingo aukščio QR struktūros buvo gautos nusodinant skirtingą kiekį (N = 10-35) GaAs/InAs monosluoksnių ant kvantinių taškų pasirenkant As₂ arba As₄ šaltinį. Tokiu būdu In praturtinti QR buvo įterpti į In nuskurdintą kvantinę duobę (QW) ir ši struktūra buvo apsupta 100 nm storio GaAs sluoksniu.

Šio darbo tikslas buvo eksperimentiškai ištirti InGaAs QR optinio atsako priklausomybę nuo As šaltinio bei kvantinių struktūrų aukščio (nusodintų monosluoksnių skaičiaus) pasitelkiant fotoluminescencijos (PL) ir moduluoto atspindžio (PR) metodikas 3–300 K temperatūrų ruože [2].

InGaAs QR struktūrų optiniuose PR ir PL spektruose buvo identifikuoti eksitoniniai šuoliai tarp pagrindinių bei sužadintųjų QR būsenų, taipogi optiniai šuoliai tarp QW būsenų. Kambario temperatūroje matuotose PL ir PR spektruose buvo pastebėtas didesnis energetinis atstumas tarp pagrindinės bei

sužadintosios būsenos heterostrukūroje augintoje naudojant As₄ šaltinį lyginant su As₂ auginta struktūra (1 pav.). Tai byloja apie geresnį As₄ struktūros krūvininkų kvantinį ribojimą, kas gali būti svarbu norint pagerinti rekombinacijos efektyvumą QR prietaisuose. Temperatūriniai PL matavimo rezultatai atskleidė, skirtingas smailės raudono poslinkio tendencijas kylant temperatūrai, bandiniams augintiems naudojant skirtingus As šaltinius.



1 pav. As₄ ir As₂ augintų struktūrų PR ir PL spektrai kambario temperatūroje.

Literatūra

1. L.H. Li, G. Patriarche, M. Rossetti, and A. Fiore, J. Appl. Phys. **102**, 033502 (2007).
2. R. Nedzinskas, B. Čechavičius, V. Karpus, J. Kavaliauskas, G. Valušis, L. H. Li, S. P. Khanna, and E. H. Linfield, J. Appl. Phys. **109**, 123526 (2011).

Biologiškai aktyvių organinių molekulių natūraliose aplinkose aptikimas terahercų spektroskopijos metodais

Mindaugas Karaliūnas

Fizinių ir technologijos mokslų centras, Optoelektronikos skyrius
Saulėtekio al. 3, LT-10257 Vilnius, el. p.: mindaugas.karaliunas@ftmc.lt

Terahercų (THz) spektroskopija naudojama cheminių junginių aptikimui ir atpažinimui dėl ypatingų savo savybių. THz spinduliuote žadinami organinių molekulių mažiausių energijų virpesiai yra išskirtiniai įvairiems cheminiams junginiams. Be to, mažų energijų virpesinės modos labai jautrios molekulių aplinkos pokyčiams. Dauguma įprastų regimajai šviesai neskaidrių medžiagų, tokios kaip plastikas, popierius ir audiniai, yra pralaidžios THz spinduliuotei. Dėl tokių savybių THz spektroskopija yra patraukli technologija įpakuotų grynų cheminių medžiagų atpažinimui, o THz vaizdinimas naudojamas ne tik paslėptų metalinių daiktų, bet ir paslėptų cheminių medžiagų aptikimui. Vis dėlto THz spektroskopijos taikymai yra riboti aptinkant cheminius junginius, kurie natūraliai egzistuoja sudėtingoje aplinkoje, pavyzdžiui, kofeinas kavoje [1].

Šiame pranešime pristatomi biologiškai aktyvių organinių molekulių jų pačių natūralioje aplinkoje aptikimo taikant THz spektroskopiją su laikine skyra ir Furjė transformacijos spektroskopiją vakuume tyrimo rezultatai. THz ruože išmatuoti džiovintų tabako lapų, turinčių nikotino, kanapės lapų, turinčių terahidrokanabinolio, apynių lapų, turinčių α -rūgščių, o taip pat įvairių rūšių maistinių aliejų, turinčių oleino rūgšties spektrai. Suskaičiuotos jų sugerties koeficiento dažninė priklausomybė ir lūžio rodiklio dispersija. THz spektroskopija su laikine skyra atlikta naudojant komercinį spektrometrą (T-Spec, *Ekspla-Teravil*), kurio spektrinis diapazonas yra nuo 0,1 iki 2 THz. Spektriniame diapazone nuo 0,6 iki 13,5 THz spektrai išmatuoti Furjė transformacijos spektroskopija naudojant spektrometrą vakuuminėje kameroje, susidedantį iš

gyvsidabrio garų lempos vietoje šaltinio, Maikelsono interferometro, moduluojančio žadinantį spindulį, ir Golajaus kameros vietoje detektoriaus. Eksperimentai atlikti kambario temperatūroje.

Nustatyti spektriniai požymiai, leidžiantys atpažinti augalo rūšį: ties 1,1 THz ir 7,5 THz tabako lapams, ties 0,9 THz ir 3,3 THz kanapės lapams, nuo 1 iki 1,5 THz indinio juodmedžio lapams ir nuo 3 iki 6 THz apynio lapams. Išmatuoti sugerties koeficiento ir lūžio rodiklio skirtumai taip pat gali būti tinkami augalų rūšies atpažinimui. Lyginant vyriškos ir moteriškos lyties kanapių lapų sugerties koeficiento spektrus rastas skiriantis požymis ties 0,5 THz gali būti išnaudotas kanapės lyties nustatymui [2]. Spektriniai skirtumai rasti tik tarp nerafinuotų maistinių aliejų. Išmatuota stipri rafinuoto rapsų aliejaus sugerties koeficiento priklausomybė nuo oleino rūgšties koncentracijos. Oleino rūgšties, yrančios triglicerino molekulės produktas dėl aliejaus hidrolizės, koncentracijai didėjant nuo 1% aliejaus sugerties koeficientas tiesiškai mažėja. Dėl šios priežasties THz spektroskopija su laikine skyra gali būti naudojama aliejaus degradacijos dėl naudojimo laipsniui nustatymui.

Literatūra

1. M. Karaliūnas, R. Venckevičius, I. Kašalynas, U. Puc, A. Abina, A. Jeglič, A. Zidanšek, and G. Valušis, Proc. of SPIE **9585**, 95850U (2015).
2. M. Karaliūnas, V. Jakštas, K. E. Nasser, R. Venckevičius, A. Urbanowicz, I. Kašalynas, and G. Valušis, Proc. of SPIE **9934**, 99340P (2016).

Grafito mėginių tyrimas γ -spektrometriniu metodu ir pritaikius ardančiąją analizę

Vladimir Abdulajev, Arūnas Gudelis, Andrius Garbaras

Fizinių ir technologijos mokslų centras, Metrologijos skyrius
Savanorių pr. 231, LT-02300 Vilnius, el. p.: arunas.gudelis@ftmc.lt

Branduolinio reaktoriaus grafitas yra pavojingas radioaktyviųjų atliekų šaltinis, jis yra ypač svarbus uždarant atominės elektrines. Ignalinos AE esantis apšvitinto grafito kiekis siekia 3400 t [1]. Didelį indėlį į grafito radiotoksiškumą įneša C-14 ir Co-60 [2].

Mūsų tyrimo tikslas buvo nustatyti grafito mėginių nuklidinę sudėtį γ -spektrometriniu metodu ir pritaikius ardančiąją analizę, ir išmatuoti radionuklidų savitąjį aktyvumą.

Nuklidinę sudėtį įvertinti neardančiosios analizės metodu buvo naudojamas kalibruotas gama spektrometras su HPGe detektoriumi su šuliniu [3]. Tyrimo trukmė – 50000 s. Tyrimui buvo pasirinkti du grafito mėginiai, kurių masės 45 mg ir 87 mg.

Atliekant kokybinę spektro analizę buvo aptikti šie radionuklidai: Eu-155 (105,3 keV), Eu-152 (344,3 keV), Cs-137 (661,7 keV), Eu-154 (1004,7 ir 1275 keV) ir Co-60 (1173,2 ir 1332,5 keV).

Atliekant kiekybinę analizę reikėjo atsižvelgti į mėginio geometriją ir sutapčių korekcijos koeficientą, kuris anksčiau nustatytas Co-60 [3]. Mėginių geometrijoms, kurias apibrėžia tyrinio aukštis 3 mm ir 4 mm, detektoriaus matavimo efektyvumai buvo skaičiuojami ekstrapoliuojant eksperimentinius duomenis, pateiktus darbe [3].

Mėginio #15 kiekybinės analizės rezultatai yra pateikti 1 lentelėje.

1 lentelė. Mėginio #15 radionuklidinė sudėtis.

Radionuklidas	Aktyvumas (Bq)	Savitasis aktyvumas (Bq/g)
Eu-155	0,01 ± 0,005	0,29 ± 0,11
Eu-152	0,23 ± 0,001	5,20 ± 0,22
Cs-137	0,17 ± 0,006	3,79 ± 0,13
Eu-154 (1004,7 keV)	0,07 ± 0,029	1,48 ± 0,64
Eu-154 (1275 keV)	0,07 ± 0,016	1,55 ± 0,34
Co-60 (1173,2 keV)	0,61 ± 0,017	13,6 ± 0,4
Co-60 (1332,5 keV)	0,58 ± 0,017	12,9 ± 0,4

Po neardančiosios analizės tyrimų buvo paruoštos keturios grafito tiriamosios dalos ardančiai analizei siekiant išmatuoti C-14 aktyvumą scintiliacinių tirpalų spektrometrija metodu (LSC). Kiekvienos tiriamosios dalos destrukcijos metu buvo sukurta po 2 bandinius. LSC matavimai truko 96 valandas, atliekant 3 ciklus ir matuojant kiekvieną mėginį po 4 valandas.

Mėginių ^{14}C kiekybinės analizės rezultatai yra pateikti 2 lentelėje.

2 lentelė. C-14 kiekybinės analizės rezultatai.

Bandinys	Aktyvumas (mBq)	Savitasis aktyvumas (Bq/g)
A11	69 ± 3	462 ± 15
A12	63 ± 2	422 ± 14
B11	77 ± 3	514 ± 16
B12	68 ± 3	452 ± 14
C11	69 ± 3	462 ± 15
C12	64 ± 2	424 ± 14
D11	66 ± 3	438 ± 14
D12	64 ± 2	424 ± 14

Nustatyta, kad dominuojantys radionuklidai grafite yra C-14 ir Co-60, o aktyvumo santykis $^{60}\text{Co}/^{14}\text{C}$ yra $0,029 \pm 0,003$, be to, grafite taip pat aptinkami ir europio radioizotopai.

Literatūra

1. K. Almenas, A. Kaliatka, E. Ušpuras, *Ignalina RBMK-1500 - A source book* (Kaunas, 1998).
2. D. Ancius, *RBMK-1500 reaktoriaus grafito radionuklidinės sudėties evoliucija* (Vilnius, 2006).
3. A. Gudelis, V. Remeikis, A. Plukis and D. Lukauskas, *Environ. and Chem. Phys.* **22**, 3-4, 117 (2000).

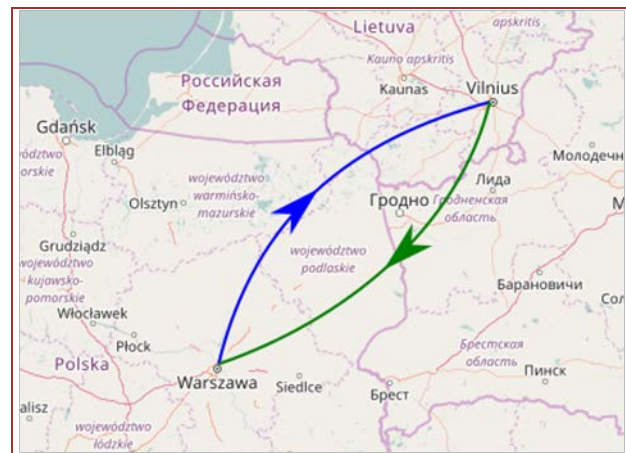
Laiko ir dažnio etaloninių verčių perdavimas šviesolaidine linija Vilnius (FTMC)-Varšuva (GUM)

Domas Jokubauskis, Rimantas Miškinis

Fizinių ir technologijos mokslų centras, Metrologijos skyrius
Savanorių pr. 231, LT-02300 Vilnius, el. p.: domas.jokubauskis@ftmc.lt

Siekiant pagerinti laiko ir dažnio etaloninių verčių perdavimo tikslumą ir patikimumą buvo įrengta optinė perdavimo linija, jungianti Vilnių (FTMC) ir Varšuvą (GUM). Optinės linijos bendras ilgis yra daugiau nei 830 km su 10 stiprinimo taškų. Signalai perduodami standartine DWDM (Dense Wavelength Division Multiplexing – didelis bangų ilgių sutankinimas) telekomunikacijų technologija. Galinė įranga buvo parengta Krokuvos AGH Mokslo ir technologijų universitete. Skirtingai nuo kitų optinių sistemų yra naudojamos atskiros skaidulos perdavimui skirtingomis kryptimis ir tai lemia linijos asimetriją, kuri turi būti sukalibruota.

Pirminiai rezultatai rodo, kad linija leidžia pasiekti geresnį nei 9×10^{-11} stabilumą, tuo tarpu dabar naudojama GPS technologija pasiekia 1×10^{-9} .



1 pav. Optinės ryšio linijos schema.

Literatūra

1. Ś. Łukasz, K. Przemysław, C. Albin, B. Łukasz, L. Marcin, Metrologia, 50, 133 (2013).
2. F. Stefani, O. Lopez, A. Bercy, J. Opt. Soc. Am. B, 32, (2015).