



FIZINIŲ IR
TECHNOLOGIJOS MOKSLŲ
CENTRAS

DOKTORANTŲ IR JAUNŲJŲ MOKSLININKŲ KONFERENCIJA



2019, Vilnius

TURINYS

- [Virginija Skurkytė-Papievienė](#). PCM mikro kapsulių cheminis modifikavimas ir jomis apdorotų tekstilės medžiagų šiluminių savybių tyrimai.
- [Vaidas Pudžaitis](#). Savitvarkio monosluoksnio formavimosi ant aukso paviršiaus *in situ* tyrimas ATR-SEIRAS metodu.
- [Sonata Juciutė](#). Determination of crosslink density in recycled End-of-Life Tires.
- [Toma Petrulionienė](#). Specifinė metalų migracija iš plastiko gaminių.
- [Edita Zubrytė](#). Anoduoto aliuminio dažiklio šalinimas iš vandeninių tirpalų: adsorbcijos kinetika ir kinetinis modeliavimas.
- [Raminta Stagniūnaitė](#). $\text{Co}_3\text{O}_4/\text{C}$ katalizatorių sintezė ir taikymas katodinei kuro elementų reakcijai.
- [Simonas Ramanavičius](#). Tvarkios struktūros, titano oksido nanodarinių formavimo, modifikavimo ir naujų taikymų paieška.
- [Aliona Kirdeikienė](#). Cerio ir molibdeno konversinių dangų savaiminio užgijimo tyrimai.
- [Adrián Vicent Claramunt](#). Influence of exposure to air-fresheners on vocs profile in human breath.
- [Agnė Zdaniauskienė](#). Mielų ląstelių sienelės sudėties analizė shiners metodu.
- [Povilas Šimonis](#). Impulsinio elektrinio lauko poveikio mielių *Saccharomyces cerevisiae* ląstelėms tyrimas amperometrijos metodu.
- [Oleksii Balitskyi](#). The microrobot combined with Secm for grabbing and manipulating of living cells.
- [Tadas Matijošius](#). Influence of titanium and bioceramic coatings on cell adhesion.
- [Edvinas Navakauskas](#). HEWL baltymo agregatų, adsorbuotų ant vandens ir lipidinio monosluoksnio paviršių, struktūrų nustatymas.
- [Romuald Eimont](#). Kolageno hidrogelių ir antibakterinių junginių kompozitai: vaistų pernašos sistemos kūrimas ir jos savybių tyrimai.
- [Alina Leščinskaitė](#). AGB ir RGB žvaigždės netaisyklingoje nykštukinėje galaktikoje Leo A.
- [Marius Čeponis](#). Netaisyklingos nykštukinės galaktikos Leo A žvaigždėdaros istorija.
- [Rokas Naujalis](#). Andromedos galaktikos žvaigždžių spiečiai.
- [Lukas Razinkovas](#). Vibrational modes of negatively charged silicon-vacancy centers in diamond from ab initio calculations.
- [Mažena Mackoit](#). Anglies dimeras heksagoniniame boro nitride kaip 4 eV liuminescencijos šaltinis.
- [Danielius Lingis](#). Jonų implantacijos metodo taikymas vertinant neutronų apšvitos poveikį RBMK reaktoriaus grafito morfologijai.
- [Jevgenij Garankin](#). Jonizuojančiosios spinduliuotės dalelių registravimas ir identifikacija naudojant organinius junginius.
- [Kirill Skovorodko](#). Lietuvos ligoninių branduolinės medicinos skyriuose naudojamų radionuklidų kalibratorių palyginamųjų matavimų su antriniu etalonu rezultatai.
- [Justas Dilys](#). Trumpų stipraus magnetinio lauko impulsų matuoklio su CMR jutikliu kūrimas ir tyrimas.
- [Vakaris Rudokas](#). Magnetinio lauko jutikliai iš nanostruktūrizuotų La-Sr-Mn-Co-O sluoksnių.
- [Vilius Vertelis](#). Magnetinio lauko difuzija metaliniame heksagonalinės elektromagnetinės svaidyklės sviedinyje ir superlaidžiam vamzdyje.
- [Algimantas Lukša](#). PECVD auginimo sąlygų įtaką nanokristalinio grafeno sluoksnių kokybei.
- [Vladimir Agafonov](#). Sintezės sąlygų įtaka vienatomių molibdeno disulfido sluoksnių savybėms.

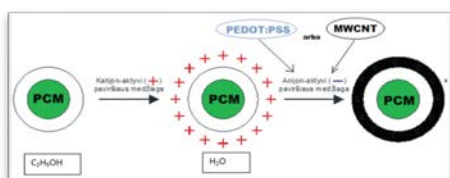
●	Tomas Daugalas . Vertikalių Van der Waalso darinių elektrinio kontakto tyrimas jėgos spektroskopijos metodu.
●	Matas Rudzikas . Simple color modification of commercial solar cells with ITO/SiNx double layer coatings
●	Giedrius Sinkevičius . Pokelso narvelių pjezoelektrinių virpesių slopinimo tyrimas.
●	Paulius Cicėnas . Laike kintančių šoninių fotosrovių sąlygota terahercinė emisija nuo InAs paviršiaus.
●	Ričardas Norkus . THz impulsų generacijos iš germanio kristalų paviršiaus tyrimas.
●	Rusnė Ivaškevičiūtė-Povilauskienė . Grafitinės terahercinės zoninės plokštelės.
●	Audrius Valavičius . Optical properties of silver nanoparticles formed by thermal evaporation.
●	Lina Grinevičiūtė . Optinių dangų nusodinimas ant struktūrizuotų padėklų.
●	Vilmantas Amulevičius . Garinimo technologinių parametrų įtaka plonųjų sluoksnių liekamiesiems įtempimas ir optinėms savybėms.
●	Simas Melnikas . Padidinto optinio atsparumo plačiajuosčiai čirpuoti veidrodžiai.
●	Karolis Madeikis . Kompaktiškas plačiajuostis femtosekundinis MIR šaltinis SDG spektroskopijai.
●	Juozas Dudutis . Lazerinių ir tradicinių stiklo pjovimo metodų palyginimas.
●	Jokūbas Pipiras . Stiklo pjaustymo eksperimentai su nedifraguojančios zonos pluoštu.
●	Vytautas Vosylius . Lazeriu asistuojamo plastikų padengimo metalu proceso optimizavimas.
●	Tadas Bartulevičius . Gigahercinių impulsų paketų realizacija šviesolaidiniame lazeryje.
●	Paulius Mackonis . Plačiajuostis OPCPA kaupinamas pikosekundiniais M-formos impulsais.
●	Laurynas Veselis . 35 W, 350 fs, 1 MHz impulsų realizacija iš efektyvaus, kambario temperatūros Yb:YAG dvigubo lėkio tiesinio stiprintuvo.
●	Agnė Minderytė . Juodosios anglies aerozolio dalelėse šaltinių kilmės nustatymas.
●	Algirdas Pabedinskas . Using the ^{14}C activity measurements in tree rings near Ignalina Nuclear Power Plant to examine dilution peculiarities of the gaseous releases from the NPP.
●	Andrius Kamarauskas . Grafeno sluoksnio įtaka Fano rezonansui veidrodžiškai orientuotų perpjautų rezonatorių masyve.
●	Barbara Chatinovska . NASICON structured $\text{NaTi}_2(\text{PO}_4)_3$ synthesis and characterization for aqueous Na-ion batteries.
●	Delianas Palinauskas . Karbazolo pagrindu laidžių polimerų sintezė ir taikymas jutikliuose.
●	Domantas Selskas . Influence of synthesis temperature on phase purity and particle sized of $\text{NaTi}_2(\text{PO}_4)_3$.
●	Laura Tauraitė . fs lazerio paveikto soda-lime stiklo struktūrinių pokyčių tyrimas Ramano spektroskopija.
●	Lina Ramanauskaitė . Cerio dangų antikorozinių savybių tyrimas.
●	Lukas Ramalis . Skulptūrinių plonų sluoksnių formavimas ant kristalinių padėklų ir jų tyrimai lazerinėse sistemose.
●	Maliha Parvin . Effect of reductant on photoelectrochemical activity of sol-gel derived nanostructured WO_3 films.
●	Miglė Mackevičiūtė . Dujų purkštukų gamyba iš lydyto kvarco nanosekundiniu lazeriu.
●	Povilas Račkauskas . Neabeliniai geometriniai potencialai bei sukinio ir orbitos sąveika periodiškai trikdomoms sistemoms.

PCM MIKROKAPSULIŲ CHEMINIS MODIFIKAVIMAS IR JOMIS APDOROTŲ TEKSTILĖS MEDŽIAGŲ ŠILUMINIŲ SAVYBIŲ TYRIMAI

Virginija Skurkytė-Papievienė, Aušra Abraitienė, Audronė Sankauskaitė

Fizinių ir technologijos mokslų centras, Tekstilės technologijų skyrius
Demokratų g. 53, LT-48485 Kaunas, el. p.: virginija.skurkyte@ftmc.lt

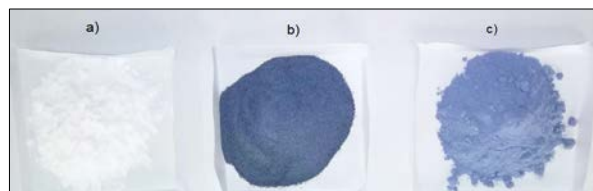
Tekstilės medžiagų termoreguliacinių savybių gerinimui taikomos savaiminiai fazinį būvį medžiagos keičiančios medžiagos (*phase changing materials, PCM*). PCM geba savaiminiai absorbuoti tam tikrą šilumos kiekį kylant aplinkos temperatūrai ir jį atiduoti - temperatūrai krentant. Išskiriama šiluma vadinam slaptąja šiluma, o jos dydis priklauso nuo medžiagos cheminės prigimties. Šių išmaniųjų medžiagų spartų vartojimo augimą atspindi ir pasaulyje išaugęs jų taikymas didesniu šiluminiu komfortu pasižymintiems tekstilės gaminiuose. Paprastai į austas ar megztas tekstilės medžiagas PCM įvedamos įkapsuliotos į polimerinį apvaskalą įvairiais cheminės apdailos metodais, o į verpalus - polimero formavimo metu. Temperatūros reguliavimui tekstilės medžiagose plačiausiai naudojamas mikrokapsulės su organinės kilmės PCM, kurios nors ir pasižymi santykinai aukšta slaptąja šiluma, bet turi gana žemą šiluminį laidumą. Kad pagerinti įsigytų organinių PCM mikrokapsulių šilumines savybes, šiame darbe atlikome mikrokapsulės apvaskalo cheminį modifikavimą šiluminį laidumą didinančiais priedais - daugiasieniais nanovamzdeliais (MWCNT) ir organiniu laidininku PEDOT:PSS *layer - by - layer* metodu (1 pav.). Tuo tikslu į 50 ml etilo alkoholio ir 1 g katijonizuotų PCM mikrokapsulių dispersiją greitai maišytuvu (3000 rpm/ min, 20°C) įvesta, atitinkamai, 50 ml vandens su: a) 1% MWCNT vandens dispersijos su anijonaktyvios medžiagos priedu, b) 1% anijonaktyvios PEDOT: PSS vandens dispersijos.



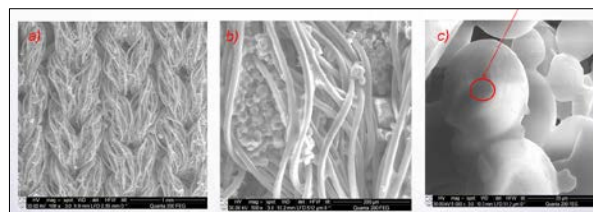
1 pav. PCM mikrokapsulių apvaskalo modifikavimo *layer - by - layer* metodu schema.

MWCNT ir PEDOT:PSS modifikuotų bei nemodifikuotų PCM mikrokapsulių vaizdas pateiktas 2 pav. Modifikuotos mikrokapsulės į poliesterio (PES) megztinę medžiagą buvo įvestos dviem metodais: 1) įmirkymo-nuspaudimo įrenginyje impregnuojant

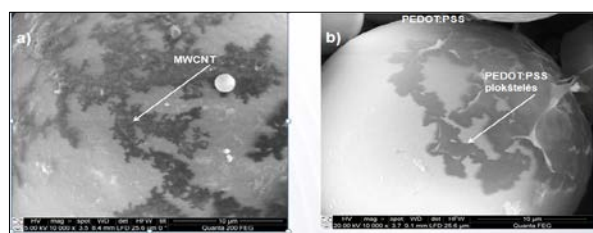
modifikuotų PCM mikrokapsulių ir akrilinio rišiklio vandens dispersija (6,6 g sausų PCM mikrokapsulių /100 ml akrilinio rišiklio tirpalo) 20° C temperatūroje, 2) formuojant akrilinio rišiklio ir modifikuotų PCM mikrokapsulių paviršinę dangą (6,6 g sausų PCM mikrokapsulių /100 ml akrilinio rišiklio pastos) sietiniu šablonu. Pav. 3 pateikti modifikuotų ir nemodifikuotų mikrokapsulių įvestų į tekstilę, o 4 pav. modifikuotų mikrokapsulių morfologijos SEM vaizdai.



2 pav. Nemodifikuotos (a), MWCNT (b) ir PEDOT:PSS (c) modifikuotos PCM mikrokapsulės.



3 pav. PEDOT:PSS modifikuotų PCM mikrokapsulių SEM vaizdai mezginyje. Didinimas: a) 100x, b) 500x ir c) 5000x.



4 pav. Nemodifikuotos, b) MWCNT modifikuotos ir c) PEDOT:PSS modifikuotos PCM mikrokapsulių SEM vaizdai.

IŠVADOS:

1. MWCNT ir PEDOT:PSS įvedimas nesumažino PCM mikrokapsulių savitosios šilumos vertės, fazių virsmas vyko žymiai efektyviau, išsiplėtė jų veikimo ribos.
2. Bandiniai su abiem metodais įvestomis MWCNT ir PEDOT:PSS modifikuotomis PCM mikrokapsulėmis, lyginant su nemodifikuotomis, pasižymėjo didesne šilumine geba.

SAVITVARKIO MONOSLUOKSNIO FORMAVIMOSI ANT AUKSO PAVIRŠIAUS *IN SITU* TYRIMAS ATR-SEIRAS METODU

Vaidas Pudžaitis, Gediminas Niaura

Fizinių ir technologijos mokslų centras, Organinės chemijos skyrius
Saulėtekio al. 3, LT-10257 Vilnius, el. p.: vaidas.pudzaitis@ftmc.lt

Molekulių adsorbcijos ir desorbcijos ant kietų paviršių kinetiniai vyksmai yra svarbūs daugelyje taikymų. Vienas iš tokių taikymų - savitvarkio molekulių monosluoksnio (ang. SAM) formavimasis ant aukso paviršiaus. Visiško vidinio atspindžio paviršiaus sustiprinta infraraudonųjų spindulių absorbcijos spektroskopija (ang. ATR-SEIRAS) yra labai jautrus ir informatyvus metodas, leidžiantis atlikti monosluoksnio formavimosi, sąveikos bei struktūrinius tyrimus *in situ* sąlygomis [1]. Šiuo metodu taip pat yra galima gana nesudėtingai keisti tirpalo sudėtį bei tirti mišraus SAM monosluoksnio formavimąsi aukso paviršiuje.

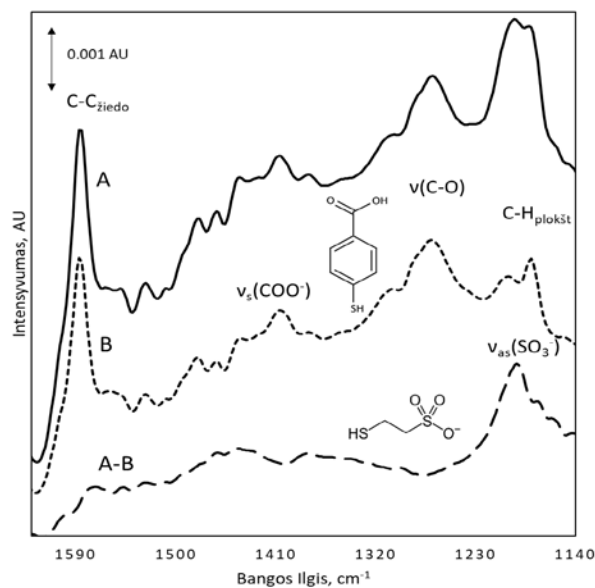
Šiam eksperimentui buvo pasirinkti du merkapt junginiai: 4-merkaptobenzoinė rūgštis (ang. MBA) ir 2-merkapt-etanolsulfonatas (ang. MESNA). MBA junginio ir jo darinių formuojamas SAM ant aukso paviršiaus yra gana gerai ištirtas infraraudonųjų spindulių spektrometrijos metodais, kai tuo tarpu MESNA formuojamo monosluoksnio tyrimų literatūroje neaptinkama.

ATR-SEIRAS spektrai registruoti Vertex 80v FTIR spektrometru (Bruker, Vokietija) su MCT (ang. Mercury Cadmium Telluride) tipo detektoriumi bei kintamo kampo silicio prizmės ATR priedu VeeMax (Pike, JAV) per spektrometro otpinę dalį pučiant sausinto ($-50\text{ }^{\circ}\text{C}$ rasos taško) oro srautą. Aukso danga buvo ruošama cheminiu nusodinimo būdu ant pastovios $60\text{ }^{\circ}\text{C}$ temperatūros palaikomo silicio užlašinus sulfato druskų, vandenilio fluorida ir NaAuCl_4 tirpalų mišinio. Reakcija stabdyta nuplaunant padengimo mišinį vandeniu [2]. Taip paruoštas auksu dengtas silicio kristalas gausiai plautas švariu vandeniu ($18,2\text{ M}\Omega$) ir sausintas azoto srovele.

Ant paruošto aukso paviršiaus užpiltas 4-merkaptobenzoinės rūgšties vandeninis sotos tirpalas ($\sim 0,1\text{ mM}$), kurio spektras registruotas po 15 min. Užregistravus MBA spektrą papildomai užpiltas koncentruotas (10 mM) MESNA tirpalas ir spektras išmatuotas po 15 min. Užregistruoti spektrai pateikiami 1 pav.

Šio eksperimento metu užregistruotas 4-merkaptobenzoinės rūgšties savitvarkio monosluoksnio aukso paviršiuje ATR-SEIRAS spektras gana gerai sutampantis su literatūroje pateikiamais [3]. Tai patvirtina 1585 cm^{-1} smailė

priskiriama valentiniais C-C benzeno žiedo virpesiamas, 1270 cm^{-1} valentinių C-O virpesių juosta bei C-H plokštuminiai 1178 cm^{-1} dažnio virpesiai (1 pav. B). Taip pat parodyta 2-merkapt-etanolsulfonato koadsorbcija su MBA aukso paviršiuje. Tai patvirtina valentinių asimetrinių SO_3^- grupės virpesių smailė matoma ties 1190 cm^{-1} (1 pav. A-B). Be to, vykstant MESNA junginio koadsorbcijai, MBA smailių intensyvumo didėjimas papildomai rodo labiau koadsorbcinį vyksmą nei konkurentinį pakeitimą. Labai mažo intensyvumo simetriniai 1410 cm^{-1} COO^- virpesiai tam neprieštarauja, patvirtindami MBA junginio neutralų krūvį, taigi neigiamą krūvį turintis MESNA junginys nėra atstumiamas.



1 pav. MBA + MESNA (A), MBA (B) bei skirtuminis (A-B) ATR-SEIRAS spektrai ant auksu dengto silicio kristalo paviršiaus. Fono atėmimui naudotas vandens spektras (nepateikiama). Dėl aiškumo spektrai vaizduojami paslinkti ordinatės ašyje

Reikšminiai žodžiai: ATR-SEIRAS, SAM, MBA, MESNA.

Literatūra

1. T. Imae and H. Torii, J. Phys. Chem. B 104, 9218-9224 (2000).
2. H. Miyake, S. Ye, M. Osawa, Electrochem. Commun. 4, 973-977 (2002).
3. D. Barriet, C. Ming Yam, O.E. Shmakowa, A.C. Jamison, T. Randall Lee, Langmuir 23, 8866-8875 (2007).

SPECIFINĖ METALŲ MIGRACIJA IŠ PLASTIKO GAMINIŲ

Toma Petrulionienė

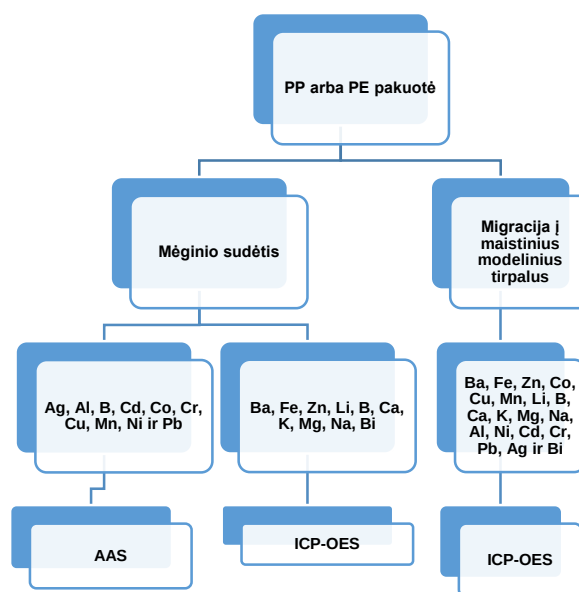
Fizinių ir technologijos mokslų centras, Metrologijos skyrius
Saulėtekio al. 3, LT-10257 Vilnius, el. p.: toma.petrulioniene@ftmc.lt

Polietilenas (PE) ir polipropilenas (PP) yra dažniausiai maisto pakuočių gaminių pramonėje naudojami plastikai. Atsižvelgiant į didėjančius vartotojų reikalavimus pakuotės išvaizdai ir savybėms, pati pakuotės sudėtis sudėtingėja, kadangi norint užtikrinti pakuotės nustatytus reikalavimus, gamybos metu naudojami įvairūs priedai. Naudojami priedai iš tiesų gerina pakuotės išvaizdą, jos fizines savybes, tačiau problema atsiranda tuomet, kai naudojami priedai, dėl neteisingo pakuočių naudojimo ar gamybos metu neapskaičiuotų priedų koncentracijos bei iki galo neįvertinto pačios gamybos mechanizmo, gali migruoti į maisto gaminius. Patekusios medžiagos ir jų dariniai patenka į žmogaus organizmą, o to pasekoje sukelia įvairias ligas.

Šiuo metu Europoje plastikų saugumas reglamentuojamas keliais teisės aktais: 2011 m. sausio 14 d. Komisijos reglamentu (ES) Nr. 10/2011 dėl plastikinių medžiagų ir gaminių, skirtų liestis su maisto produktais, kuris aprašo plastiko gaminių bendrosios ir specifinės migracijos tyrimų sąlygas ir norminį reglamentavimą, ir 1994 m. gruodžio 20 d. Europos Parlamento ir Tarybos direktyva 94/62/EB dėl pakuočių ir pakuočių atliekų, kuri aprašo plastiko pakuočių ir jų atliekų tvarkymo nacionalines priemones, siekiant užtikrinti aukštą aplinkosaugos lygį.

Viena iš plastiko pakuočių priedų grupių – metalai. Metalų plastiko gaminyje gali atsirasti dėl iniciatorių likučių. PE gamybai naudojami Ziegler ir Philips iniciatoriai. Ziegler sintezės metu varijuojama titano tetrachlorido ir alkilaliuminio (TiCl_4 / $(\text{C}_2\text{H}_5)_2\text{AlCl}$) iniciatorių santykiu. Philips atveju iniciatoriumi naudojamas chromo oksidas Cr_2O_3 , užneštas ant aliuminio oksido Al_2O_3 . PP gamyboje naudojami Ziegler ir Natta iniciatoriai. Pastarieji yra metalų ir aromatinių angliavandenilių junginiai. Taip pat gamyboje naudojamos ir nanodalelės, siekiant pagerinti mechanines ir barjerines (antibakterines, antimikrobines, atsparumo vandeniui) savybes. Metalai gali migruoti ir iš pigmentų.

Šiame darbe plastiko gaminiai, pagaminti iš PP ir PE, buvo tiriami naudojant kelis metodus – atominės absorbcijos spektrometriją (AAS) ir indukuotos plazmos optinę spektrometriją (ICP-OES). Pasirinkta tirti Ba, Fe, Zn, Co, Cu, Mn, Li, B, Ca, K, Mg, Na, Al, Ni, Cd, Cr, Pb, Ag ir Bi kiekius plastiko gaminyje ir vėliau maistiniuose modeliniuose tirpaluose. Iširta 30 plastiko gaminių. Prieš tiriant įvairių metalų junginių migraciją iš PE ir PP pakuočių buvo atlikta jų mineralizacija. Naudojant AAS atlikta metalų analizė: sidabro, aliuminio, boro, kadmio, kobalto, chromo, vario, mangano, nikelio ir švino. Jos metu gauta šių elementų koncentracija plastiko gaminių sudėtyje (mg/kg). Kitų elementų analizė buvo atlikta naudojant ICP-OES, kadangi AAS analizės metu jautris buvo per didelis, o tai lėmė fono ir rezultatų netikslumus. Tuomet atliktas metalų junginių migracijos į tris skirtingus maisto modelinius tirpalus: 3 % acto rūgšties, 10 % etanolio ir 20 % etanolio, tyrimas. Analizė atlikta su indukuotos plazmos optinės emisijos spektrometru (mg/kg). 1 paveikslėlyje pavaizduota tyrimų schema.



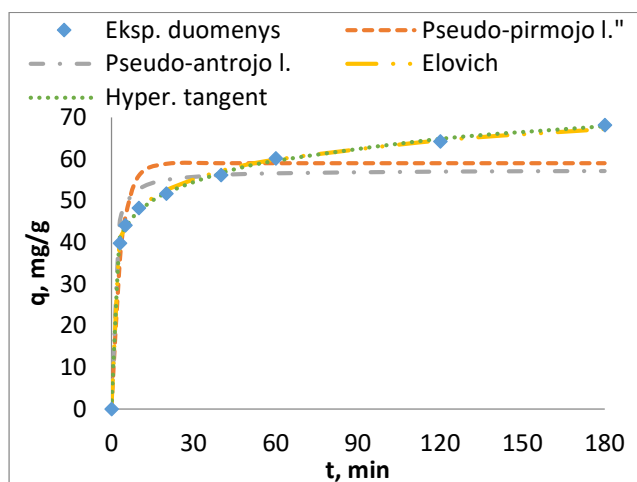
1 pav. PP ir PE mėginių tyrimų schema.

ANODUOTO ALIUMINIO DAŽIKLIO ŠALINIMAS IŠ VANDENINIŲ TIRPALŲ: ADSORBCIJOS KINETIKA IR KINETINIS MODELIAVIMAS

Edita Zubrytė, Audronė Gefenienė, Danutė Kaušpėdienė, Rimantas Ramanauskas

Fizinių ir technologijos mokslų centras, Cheminės inžinerijos ir technologijų skyrius
Saulėtekio al. 3, LT-10257 Vilnius, el. p.: edita.zubryte@ftmc.lt

Adsorbcija yra vienas iš plačiausiai taikomų teršalų šalinimo metodų. Adsorbentui apibūdinti ir jo tinkamumui tam tikroje adsorbcinėje sistemoje įvertinti atliekami pusiausvyriniai ir kinetiniai proceso tyrimai. Adsorbcijos kinetiniai duomenys priklauso nuo įvairių eksperimentinių sąlygų [1]. Siekiant įvertinti adsorbento efektyvumą ir suprasti adsorbcijos mechanizmą, taikomi įvairūs teoriniai ir empiriniai kinetiniai modeliai [2]. Šiame darbe nagrinėjama komercinio dažiklio Sanodure Green LWN adsorbcijos kinetika keičiant adsorbato ir adsorbento koncentraciją sorbcinėje sistemoje, jos terpės pH ir temperatūrą. Sanodure Green LWN yra anijoninis azodažiklis, naudojamas anoduotam aliuminiui dažyti. Jo sudėtyje yra ir aplinkai kenksmingo chromo, todėl šio teršalo sorbcijos efektyvumas buvo įvertintas ir spalvos, ir chromo pašalinimo požiūriu. Kaip adsorbentas, tyrime panaudotos požeminio vandens gerinimo metu susidarancios kietos miltelių pavidalo atliekos. Eksperimentiniai kinetiniai duomenys buvo analizuojami taikant keturis skirtingus kinetinius modelius (pseudo-pirmojo laipsnio, pseudo-antrąjo laipsnio, Elovich ir hiperbolinio tangento modelis [3]. Remiantis šiuo modeliu galima nustatyti laiką, per kurį sorbcinė sistema pasiekia pusiausvyrą. Eksperimentiniai kinetiniai duomenys ir kinetinis modeliavimas pavaizduoti 1 pav.



1 pav. Dažiklio Sanodure Green adsorbcijos iš 200 mg/l tirpalo kinetinės kreivės.

Nustatyta, kad spalvos ir chromo pašalinimo greičiui didelę įtaką turi tirpalo pH – jis didžiausias vykstant adsorbcijai iš rūgštinių tirpalų (pH 1,3-2,0). Kinetiniai tyrimai, atlikti 293-323 K temperatūrų intervale, parodė, kad keliant temperatūrą pradinis adsorbcijos greitis didėja, tačiau artėjant prie pusiausvyros išauga ir desorbcijos greitis. Kinetinių parametų vertės nulemia ir pradinė dažiklio koncentracija (1 lentelė).

1 lentelė. Dažiklio Sanodure Green LWN kinetiniai parametrai.

Dažiklio Sanodure Green LWN koncentracija				
Parametrai	100 mg/l	200 mg/l	300 mg/l	400 mg/l
Pseudo-pirmojo laipsnio modelis				
q_e (mg·g ⁻¹)	26,38	59,02	84,82	116,24
k_1 (1·min ⁻¹)	0,3113	0,2972	0,2576	0,2336
R^2	0,9901	0,9214	0,9268	0,9248
Pseudo-antrąjo laipsnio modelis				
q_e (mg·g ⁻¹)	28,60	57,46	90,77	124,85
k_2 (mol ⁻¹ ·kg·s ⁻¹)	0,0167	0,01994	0,0042	0,0027
R^2	0,9934	0,9200	0,9745	0,9752
Elovich modelis				
α (mg·g ⁻¹ ·min ⁻¹)	171,56	871,00	655,05	576,32
β (g·mg ⁻¹)	0,2754	0,1496	0,0964	0,0664
R^2	0,9934	0,9990	0,9993	1,0000
Hiperbolinio tangento modelis				
q_e (mg·g ⁻¹)	28,48	74,54	99,83	134,78
t_{eHT} (min)	98	1075	508	407
n_{HT}	0,20	0,13	0,15	0,16
R^2	0,9924	0,9991	0,9982	0,9983

Iš 1 pav. pateiktų kinetinių kreivių ir koreliacijos koeficiento R^2 verčių (1 lentelė) matyti, kad tirtoms adsorbcinėms sistemoms apibūdinti geriausiai tinka Elovich ir hiperbolinio tangento modeliai.

Literatūra

1. S. Douven, C.A. Paez, and C.J. Gomes, J. Colloid Interface Sci. **448**, 437-450 (2015).
2. A. K. Nayak and A. Pal, J. Mol. Liq. **276**, 67-77 (2019).
3. S. Eris, S. Azizian. J. Mol Liq. **231**, 523-527 (2017).

Co₃O₄/C KATALIZATORIŲ SINTEZĖ IR TAIKYMAS KATODINEI KURO ELEMENTŲ REAKCIJAI

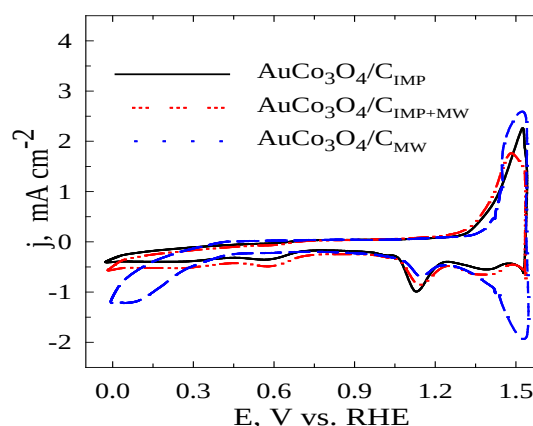
Raminta Stagniūnaitė, Virginija Kepenienė, Jūratė Vaičiūnienė, Vidas Pakštas,
Loreta Tamašauskaitė Tamašiūnaitė, Eugenijus Norkus

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

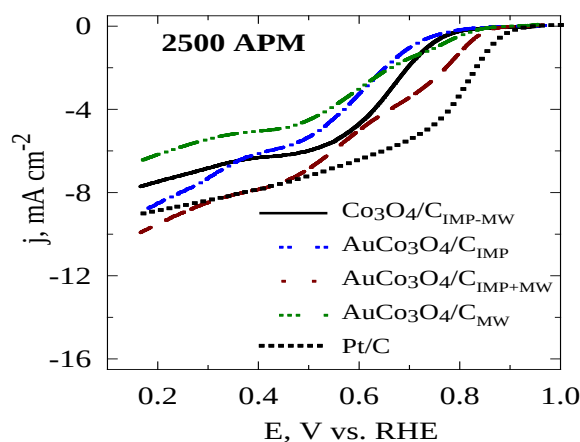
Gera žinoma, kad kuro elementai jau taikomi energetikos, aviacijos, transporto, elektronikos pramonėje. Pastaraisiais dešimtmečiais didelis dėmesys skiriamas katalizinių medžiagų formavimui ir jų funkcionalizavimui. Siekiant kurti švaresnes kuro technologijas, stengiamasi išspręsti tokias problemas, kaip naudojamų taurių metalų kiekio mažinimas, ekologiškumas, žalingų cheminių procesų pramonėje pašalinimas [1]. Todėl svarbiausia yra ne tik sukurti puikiai veikiančius, bet ir draugiškus aplinkai katalizatorius. Yra puikiai žinoma, kad nors Pt, Au ir kiti taurieji metalai paprastai naudojami kaip katalizatoriai, tačiau šiuo metu yra aktyviai ieškoma elektrokatalitiškai aktyvių medžiagų, kurios galėtų patobulinti ar net visiškai pakeisti tauriuosius metalus katalizatoriuose [2].

Šiame darbe buvo tirti Co₃O₄/C turintys katalizatoriai. Katalizatoriai buvo formuojami 3 būdais: naudojant švitinimo mikrobangomis, impregnavimo ir kombinuotą – impregnavimo apjungto su švitinimo mikrobangomis sintezės metodus. Buvo suformuoti Co/C_{IMP}, AuCo₃O₄/C_{IMP}, Co₃O₄/C_{MW}, AuCo₃O₄/C_{MW}, Co₃O₄/C_{IMP+MW} ir AuCo₃O₄/C_{IMP+MW} katalizatoriai. Katalizatorių sudėtis bei paviršiaus morfologija buvo charakterizuota naudojant indukuotos plazmos optinės spektroskopijos, rentgeno spindulių difrakcijos, skenuojančios elektroninės mikroskopijos ir peršviečiamos elektroninės mikroskopijos metodus. Elektrocheminiai matavimai buvo atliekami naudojant potenciostatą–galvanostatą Autolab su sukamojo disko elektrodu.

Katalizatorių elektrokatalitiškai aktyvus paviršiaus plotas buvo nustatytas iš ciklinių voltamperometrinių (CV) kreivių užrašytų 0,5 M H₂SO₄ tirpale, esant 50 mV/s skleidimo greičiui (1 pav.). Deguonies redukcijos tyrimai buvo atliekami O₂ prisotintame 0,1 M NaOH tirpale, skleidimo greičiui esant 5 mV/s, sukant elektrodą nuo 1200 iki 2500 apsisukimų per minutę (apm) (2 pav.).



1 pav. AuCo₃O₄/C katalizatorių CV kreivės užrašytos 0,5 M H₂SO₄ tirpale, skleidimo greičiui esant 50 mV/s.



2 pav. Voltamperometrinių kreivių užrašytų ant Co₃O₄/C_{IMP+MW}, AuCo₃O₄/C ir Pt/C katalizatorių O₂ prisotintame 0,1 M NaOH tirpale esant 2500 apm greičiui palyginimas.

Nustatyta, kad didžiausiu aktyvumu deguonies redukcijai pasižymėjo AuCo₃O₄/C katalizatorius, kuriam gauti buvo naudojamas kombinuotos sintezės metodas.

Literatūra

1. Q. Wang et. al., J. Power Sources **404**, 106-117 (2018).
2. N. K. Gamboa-Rosales et. al., J. Hydrogen Energy **41**, 19408-19417 (2016).

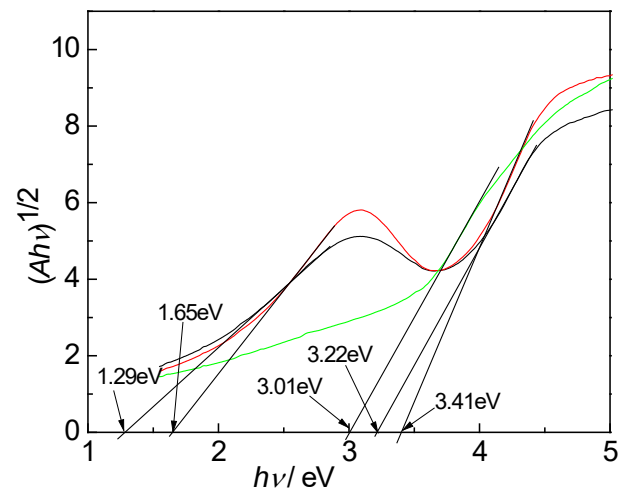
TVARKIOS STRUKTŪROS TITANO OKSIDO NANODARINIŲ FORMAVIMO, MODIFIKAVIMO IR NAUJŲ TAIKYMŲ PAIEŠKA

Simonas Ramanavičius, Arūnas Jagminas

Fizinių ir technologijos mokslų centras, Elektrocheminės medžiagotyrų skyrius
Saulėtekio al. 3, LT-10257 Vilnius, el. p.: simonas.ramanavicius@ftmc.lt

Titano dioksidas (TiO_2) yra plačiai naudojama medžiaga su detaliai ištirtomis savybėmis. Pastaruoju metu vis daugėja tyrimų atliekamų siekiant keisti TiO_2 savybes ir taip išplėsti galimų taikymų sritis [1]. Dažniausiai tai bandoma pasiekti į struktūrą įterpiant įvairių priemaišinių atomų ar formuojant nestecheometrinį titano oksidą (TiO_x). Abu šie būdai kelia daug iššūkių ir yra sudėtingai atliekami technologiškai [2,3].

Šio tyrimo tikslas suformuoti porėtą nestecheometrinio titano oksido (TiO_x) nanostruktūras vandeniniuose tirpaluose ir rasti joms naujų taikymo krypčių. Naudojant hidroterminius metodus pavyko susintetinti nanolapelinės paviršiaus morfologijos TiO_x struktūros daleles ir dangas. Ištyrus savybes pastebėta, kad priklausomai nuo formavimo sąlygų pavyzdžių draustinės juostos plotis kito nuo 3,2 eV iki 1,29 eV. Panaudojant elektronų paramagnetinio rezonanso spektroskopiją ir rentgeno spindulių difrakcinę analizę įrodyta, kad savybių pokytį lemia nestecheometrinio titano oksido (TiO_x) formavimasis. Skenuojančiu elektroniniu mikroskopu gauti vaizdai leido įtarti, kad struktūros turėtų būti porėtos ir tą įrodė atlikti elipsometriniai matavimai. Atsižvelgiant į kitus dangos parametrus sumodeliuota, kad dangų porėtumas turėtų būti apie 80%. Ši savybė leidžia tikėtis, kad TiO_x gali būti pritaikytas kaip pagrindas įvairių sensorių bei katalizatorių kūrime.



1 pav. Tauč grafikai netiesiniams šuoliams TiO_x struktūrose.

Literatūra

1. X. Chen, S. S. Mao, Chemical Reviews, **107**, 2891-2959 (2007).
2. Y. Wang, Y. Qin, G. Li, Z. Cui, Z. Zhang, Journal of Crystal Growth, **282**, 402-406 (2005).
3. K. Shankar, K. C. Tep, G. K. Mor and C. A. Grimes, Journal of Physics D: Applied Physics **39**, 2361-2366 (2006).

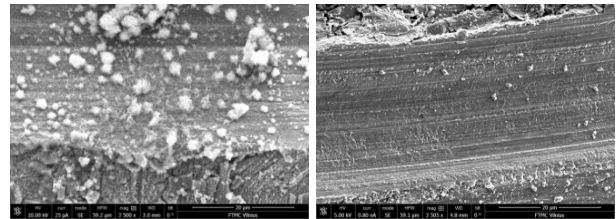
CERIO IR MOLIBDENO KONVERSINIŲ DANGŲ SAVAIMINIO UŽGIJIMO TYRIMAI

Aliona Kirdeikienė, Rimantas Ramanauskas, Laima Gudavičiūtė,
Olga Girčienė, Algirdas Selskis

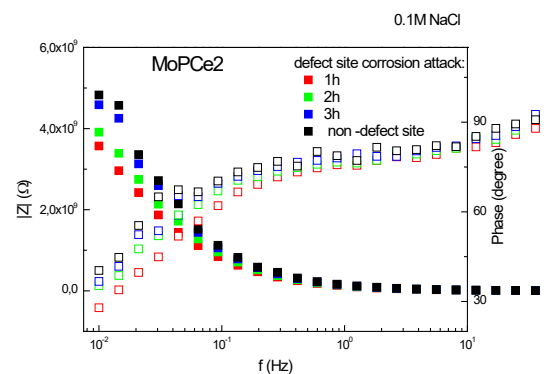
Fizinių ir technologijos mokslų centras, Cheminės inžinerijos ir technologijų skyrius
Saulėtekio al. 3, LT-10257 Vilnius, el. p.: aliona.kirdeikiene@ftmc.lt

Metallų konversinės dangos Cr(VI) junginių pagrindu yra priskiriamos išmaniųjų kategorijai, nes be geros korozinės apsaugos jos dar pasižymi savaiminio užgijimo gebėjimu. Dėl įstatyminės bazės, ribojančios ypatingai toksiškų Cr(VI) junginių panaudojimą pramonėje, aktualiu klausimu išlieka alternatyvų jiems paieška. Plieno paviršiaus fosfatavimas yra plačiai taikoma technologija, deja ji neužtikrina pakankamo metalo korozinio atsparumo. Papildomas konversinės dangos modifikavimas Mo junginiais pastarąjį parametą pagerina, deja savaiminio užgijimo gebėjimo dažniausiai nesuteikia. Ce junginių konversinės dangos, formuodamos fizinių barjerą metalo paviršiuje, izoluoja jį nuo aplinkos, todėl yra laikomos tinkamiausiu aplinkai draugišku metodu modifikuoti metalo paviršių. Be kita ko, Ce oksidinės dangos pasižymi savaiminio užgijimo gebėjimu. Deja fosfatinų/molibdatinių/cerio konversinių dangų apsauginio veikimo mechanizmas dar nėra iki galo suprantas, todėl šis darbas skirtas jį išaiškinti.

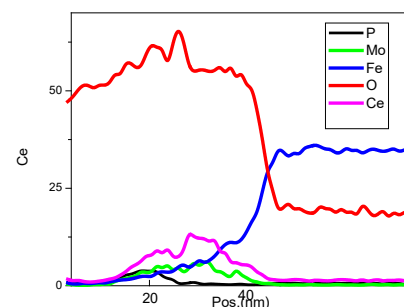
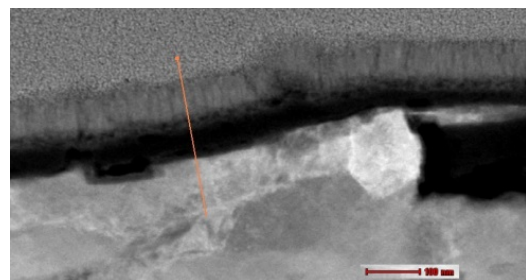
Taikant SEM, TEM, XPS bei elektrocheminius tyrimo metodus plieno paviršiuje nusodintos fosfatinė/molibdatinė (MoP) ir fosfatinė/molibdatinė/cerio (MoPce) konversinės dangos buvo analizuojamos nustatant jų cheminę sudėtį, morfologiją, vidinę struktūrą bei apsaugines savybes. Dirbtinai pažeidus konversinę dangą bei ją eksponavus NaCl terpėje, naudojant lokalius EIS bei XPS matavimus, buvo nustatyta, kad tik įterpus Ce oksidų, konversinės dangos pasižymi savaiminio užgijimo gebėjimu (1b pav.). Pažeistoje dangos vietoje, kaip rodo lokalaus EIS tyrimai (2 pav.), nauja pasyvi danga Ce_2O_3 pagrindu pradeda formuotis po 2 h ekspozicijos agresyvioje terpėje ir po 4 h jos storis siekia ~ 30 - 40 nm. Tuo tarpu plieno paviršiuje nusodinus MoPce dangą, jos storis siekia 150 - 180 nm, o Ce oksidinių junginių oksidacijos laipsnis lygus 3. Patalpinus tokią dangą į laisvai aeruojamą NaCl tirpalą Ce_2O_3 dismutacijos reakcijos pasekmėje virsta CeO_2 , kuris geba užgydyti dangą (suformuoti apsauginę oksidų plėvelę) dirbtinio pažeidimo vietoje.



1 pav. Konversinių dangų SEM vaizdai dirbtinio defekto vietoje po 4 h ekspozicijos 0,1 M NaCl tirpale: a – MoP, b – MoPce dangos.



2 pav. MoPce dangos su dirbtiniais defektais Bode diagramos 0,1 M NaCl tirpale. Ekspozicija iki 3 h.



3 pav. Naujai susiformavusios MoPce dangos defekto vietoje TEM vaizdas ir elementų pasiskirstymo profilis.

INFLUENCE OF EXPOSURE TO AIR-FRESHENERS ON VOCs PROFILE IN HUMAN BREATH

Adrian Vicent-Claramunt, Evaldas Naujalis

Center for Physical Sciences and Technology, Department of Metrology
Saulėtekio av. 3, LT-10257 Vilnius, email: adrian.vicent@ftmc.lt

Nowadays people spend most of their time indoors; sleeping at home, working in the offices, eating in canteens or restaurants, or spending free time in cinemas, shopping centers and other stores. It is in those places where we are exposed to a high content of volatile organic compounds (VOCs). In this work, we focused on places where the concentration is especially high like cosmetic stores, drug stores and bathrooms. Fragranced products emit dozens of different volatile compounds [1, 2]. As some VOCs might be harmful for human health [3], the aim of the work was to monitor how people respond to a short exposure to environments with very high concentration of fragrances.

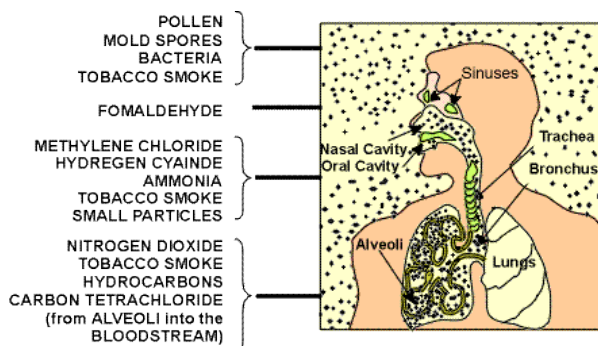


Fig. 1. Sources of VOCs indoors.

Air samples were taken from the selected places, to benchmark the background compounds. Samples were collected using thermal desorption (TD) tubes and purged into a gas chromatography with mass spectrometer (GC-MS). Then, breath samples from participants were collected before and after being exposed to places with high fragrance content. Optimization of system parameters was performed to get good compound separation and identification.

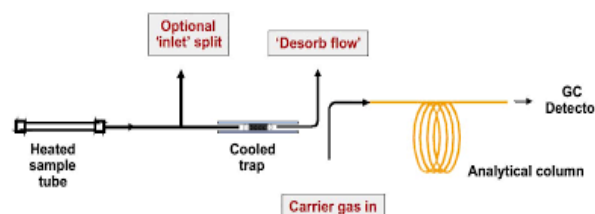


Fig. 2. TD/GC-MS configuration.

Figure 3 shows the high concentration of several VOCs in a study place. If people are exposed, some of them are incorporated into respiratory system and their variation in breath could tell us how those compounds behave inside our body, some will be exhaled, others might be retained and different metabolites can be formed. In the next stage we will look into the possible pathways of these VOCs through the body, as some of them might be very dangerous for our health. Knowing the effect of those compounds inside our body can give us an understanding of the toxicity levels we are exposed to in our everyday life.

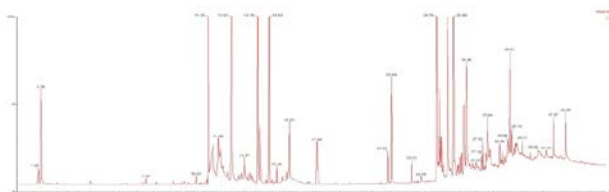


Fig. 3. Chromatogram from air sample after air freshener used. Column DB-5MS (60x0.25x0.1). Magnet Scan 50-200m/z

References

1. A. Steinemann / Preventive Medicine Reports 5 (2017) 45–47.
2. A. Steinemann / Building and Environment 111 (2017) 279–284.
3. P.Wolkoff, G.D. Nielsen / Environment International 101 (2017) 96–107.

MIELIŲ LĄSTELIŲ SIENELĖS SUDĖTIES ANALIZĖ SHINERS METODU

Agnė Zdaniauskiene¹, Tatjana Charkova¹, Ilja Ignatjev¹, Vytautas Melvydas²,
Rasa Garjonytė¹, Ieva Matulaitienė¹, Gediminas Niaura¹

¹Fizinių ir technologijos mokslų centras, Organinės chemijos skyrius, Saulėtekio al. 3, LT-10257 Vilnius,

²Gamtos tyrimų centras, Akademijos g. 2, LT-08412 Vilnius

el. p.: agne.zdaniauskiene@ftmc.lt

Paviršiaus sustiprinta Ramano spektroskopija (ang. SERS) yra vienas informatyviausių tyrimo metodų, leidžiančių *in situ* vandeninėje terpėje tirti biologines sistemas. SERS suteikia galimybę tirti pačių mažiausių struktūrinių biologinių organizmų dalių sandarą ir funkcijas bei surasti jų tarpusavio ryšius. Vis dėlto, tradiciškai paviršiaus sustiprinta Ramano spektroskopija yra apribota Au, Ag ir Cu nanostruktūrinių paviršių tyrimais. Siekiant praplėsti metodo galimybes kitų metalų (Pt, Fe, Co) ir paviršių (gyvos ląstelės) tyrimuose, 2010 metais buvo pasiūlyta nauja SERS technika (ang. SHINERS), kuomet panaudojamos Au ir Ag nanodalelės, apgaubtos kelių nanometrų SiO₂ sluoksniu (Au@SiO₂, Ag@SiO₂). Šiuo atveju, nanodalelės branduolys atlieka Ramano spektrų stiprintuvo vaidmenį, o silicio dioksido sluoksnis apsaugo nanodaleles nuo tarpusavio cheminės sąveikos ir tiesioginės sąveikos su tiriamuoju paviršiumi [1].

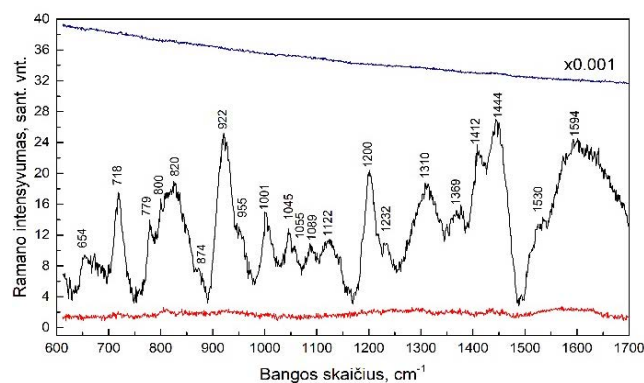
Ekspimento metu tirtos *Metschnikowia* rūšies mielės, sintetinančios pulcherimino rūgštį, kuri su trivalente geležimi sudaro netirpų raudoną pigmentą pulcheriminą. Priklausomai nuo augimo terpėje esančios geležies kiekio galima stebėti aplink šias mieles savaime susidaranti rudų žiedų atsiradimą. Taip pat yra žinoma, kad geležis yra būtina kvėpavimo ir kitų gyvybinių procesų palaikymui, todėl *Metschnikowia pulcherrima* nuolat konkuruoja su kitais mikroorganizmais ir taip pasižymi antagonistiniu poveikiu [2].

Metschnikowia mielių ląstelių sienelių tyrimui susintetintos sferinės formos, 46 ± 6 nm dydžio aukso nanodalelės su išoriniu silicio dioksido sluoksniu (~ 3 nm). Pirma, redukuojant tetrachloraukso rūgštį natrio citratu vandeninėje terpėje gauti aukso branduoliai. Vėliau, aukso paviršiaus modifikavimui panaudotas (3-amino-propil) trimetoksilanas (APTMS), su kuriuo virinant skystas stiklas formuoja tankų SiO₂ tinklą [3].

Ramano sklaidos spektrai registruoti Renishw inVia Ramano spektrometru / mikroskopu (Renishaw, UK) su termoelektriškai šaldomu (-70 °C) daugiakanaliu CCD detektoriumi kambario temperatūroje (20 ± 2°C). Ramano sklaidos žaditimui naudota diodinio lazerio spinduliuotė, kurios bangos ilgis 785 nm. Ramano spektrų registravimui ir mikroskopinių vaizdų gavimui naudotas tolumo nuotolio 50×/0,50

skaitinės apertūros objektyvas, 1200 rėžių/mm gardelė. Lazerinės spinduliuotės galia ties bandiniu – 0,9 mW, fokusavimo dėmė ~ 1,9 μm. Pasirinktas integravimo laikas 300 s.

Tyrimo metu pirmą kartą užregistruoti *Metschnikowia pulcherrima* SHINERS spektrai (1 pav.). Remiantis gautais rezultatais identifikuota mielių ląstelės sienelė ir joje esantys funkciniai elementai (baltymai, lipidai, aminorūgštys). Nustatyta, kad spektrai, kuomet naudotos Au@SiO₂ nanodalelės kartu su mielių ląstelėmis atsikartoja, virpesinių juostų dažniai nekinta bei neatsiranda papildomų juostų dėl cheminės sąveikos su dalelėmis. Aminorūgščių, C-N, amidiniai virpesiai atspindi gyvos ląstelės bioaktyvumą, vykstančią baltymų sekreciją ir antrinės struktūros kitimą, todėl SHINERS metodas leidžia *in situ* sekti ląstelės biocheminių procesų eigą.



1 pav. *Metschnikowia* mielių Ramano spektras (mėlynas) be nanodalelių ir SHINERS spektras (juodas) su Au@SiO₂ nanodalelėmis; Au@SiO₂ nanodalelių Ramano spektras (raudonas).

Reikšminiai žodžiai: *Metschnikowia pulcherrima*, Au@SiO₂ nanodalelės, SHINERS

Literatūra

- [1] J.F.Li, Y.F. Huang, Y. Ding, Z.L. Yang, S.B.Li, X.S. Zhou, F.R. Fan, W.Zhang, Z.Y.Zhou, D.Y.Wu, B. Ren, Z.L. Wang, and Z.Q. Tian, *Nature* **464**, 392-395 (2010).
- [2] V. Melvydas, R. Stanevičienė, A. Balynaitė, J. Vaičiūnienė, R. Garjonytė, *Microbiological Research* **193**, 87-93 (2016).
- [3] A. Zdaniauskiene, T. Charkova, I. Matulaitienė, O. Eicher-Lorka, A. Matijoška, M. Skapas, A. Selskis, G. Niaura, *The Journal of Physical Chemistry C*, **122** (2), 1234-1242 (2018).

IMPULSINIO ELEKTRINIO LAUKO POVEIKIO MIELIŲ *Saccharomyces cerevisiae* LĄSTELĖMS TYRIMAS AMPEROMETRIJOS METODU

Povilas Šimonis, Rasa Garjonytė, Arūnas Stirkė

Fizinių ir technologijos mokslų centras, Funkcinių medžiagų ir elektronikos skyrius
Saulėtekio al. 3, LT-10257 Vilnius, el. p.: povilas.simonis@ftmc.lt

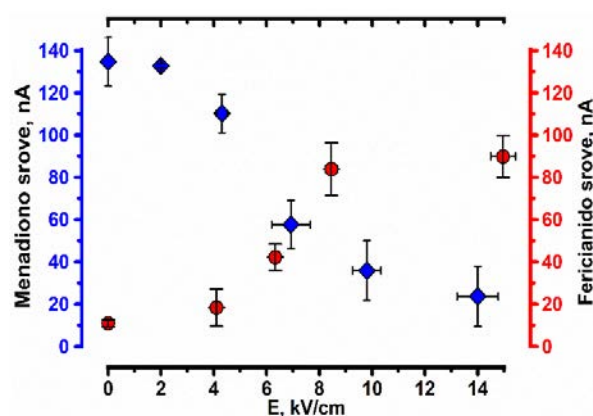
Mielės *S. cerevisiae* – vienaląsčiai eukariotiniai mikroorganizmai naudojami tiek maisto pramonėje, tiek biotechnologijoje rekombinantinių baltymų gamybai. Natūralios barjerinės ląstelės struktūros (sienelės bei plazminė membrana) trukdo įvairių substratų, hidrofilinių molekulių patekimui bei efektyviam viduląstelių produktų išskyrimui.

Vienas iš metodų naudojamų ląstelių barjerinių struktūrų pralaidumo didinimui yra impulsinis elektrinis laukas (IEL). Šiuo metu trūksta informacijos apie IEL sukiamą ląstelinį atsaką ir mielių ląstelių žūtį. IEL poveikį mielių ląstelėms, imobilizuotoms ant anglies pastos elektrodo įvertinome amperometriškai, panaudodami skirtingus oksidacijos-redukcijos procesus ląstelių viduje. Srovės generacijoje dalyvavo mitochondrinis pieno rūgšties oksidacijos fermentas flavocitochromas b_2 bei mediatorius fericianidas [2]. Lipofilinio mediatoriaus menadiono generuojamos srovės buvo susijusios su keliais nuo NAD(P)H priklausomais fermentais [3].

Ląstelės buvo veikiamos vienkartiniais 300 μ s trukmės elektrinio lauko impulsais. Mielių ląstelėmis modifikuoto elektrodo atsakas į pieno rūgštį priklausė nuo IEL poveikio ląstelėms. Srovės stiprėjo (nuo 11 ± 2 nA iki 90 ± 10 nA) didinant elektrinio lauko stiprį (E) (nuo 0 kV/cm iki $15 \pm 0,5$ kV/cm) veikiamai dėl padidėjusio ląstelių membranų/sienelių pralaidumo tiek mediatoriui, tiek pieno rūgščiai (1 pav.). Didėjant impulsinio elektrinio lauko poveikiui, (E nuo 0 kV/cm iki $14 \pm 0,8$ kV/cm), elektrodo atsakas į menadioną mažėjo nuo 135 ± 11 nA iki 24 ± 14 nA. Menadiono srovės sumažėjimas buvo kompensuotas į elektrocheminę celę pridėjus 1mM NAD(P)H kofaktorių. Kadangi NAD(P)H kofaktoriai reikalingi menadiono redukcijai ir atitinkamai detektuojamos srovės generacijai, rezultatai leidžia daryti išvadą, jog po stipraus impulso poveikio membrana tampa pralaidi NAD(P)H molekulėms, o kofaktorių koncentracijos sumažėjimas viduląstelinėje erdvėje atitinkamai sulėtina menadiono redukciją bei detektuojamos srovės stiprį.

Mielių ląstelių gyvybingumas mažėjo (nuo 100 % iki $1,5 \pm 0,5$ %), didinant elektrinio

lauko stiprį (iki 9,6 kV/cm). Ląsteles veikiant stipresniais nei 10 kV/cm elektrinio lauko impulsais nebuvo stebimas ženklus pokytis nei fericianido nei menadiono medijuojamose srovėse nei gyvybingume.



1 pav. IEL poveikis mielėmis modifikuotų elektrodų generuojamoms srovėms. 67 μ M menadiono fosfatiniame buferyje (pH 6,5), kai potencialas 0,3 V. 0,2 mM pieno rūgšties bei 0,5 mM $K_3[Fe(CN)_6]$ fosfatiniame buferyje (pH 7,3) kai potencialas 0,3 V.

Tokie rezultatai leidžia daryti prielaidą, jog vienkartinis 300 μ s trukmės elektrinio lauko impulsas, kai $E > 10$ kV/cm sukelia negrįžtamus (daugiau nei 95 % ląstelių) pokyčius.

Šiuo tyrimu parodėme, jog elektroanalitiniai metodai gali būti efektyviai panaudoti IEL paveiktų mielių ląstelių tyrimui. IEL poveikis padidina mielių ląstelių membranų/sienelių pralaidumą, bei sumažina gyvybingumą. Po IEL poveikio viduląsteliniai hidrofilinius bei lipofilinius mediatorius redukuojantys fermentai išlieka aktyvūs ir gali būti panaudoti ląstelės žūties procesų tyrimui. IEL potencialiai gali būti panaudotas biokatalizatorių bei biosensorių efektyvumo didinimui.

Literatūra

1. Chen, R., Applied Microbiology and Biotechnology 74, 730-738 (2007);
2. R. Garjonyte, et al., Bioelectrochemistry 74, 188-194 (2008);
3. R. Garjonyte, et al., Bioelectrochemistry 107, 45-49 (2016).

THE MICROROBOT COMBINED WITH SECM FOR GRABBING AND MANIPULATING OF LIVING CELLS

Oleksii Balitskyi

Center for Physical Sciences and Technology, Department of Chemistry
Saulėtekio av. 3, LT-10257 Vilnius, email: balitskyi.olexii@ftmc.lt

Micro-electromechanical systems are often referred to as small, precise positioning systems, consisting of microelectronic and micromechanical components, or positioning systems which ensure micrometric positioning accuracy at any point in the workspace ¹. Such systems are widely used in various fields of industry and science, ranging from numerically controlled machining centers to electrochemical scanning microscopes. The main quality parameters of such systems are usually limited by the dynamic characteristics of the system.

Scanning electrochemical microscopy (SECM) is a useful tool for the investigation of living cells in their natural growth environment ^{2,3}. In general, SECM could be applied for the visualization of electrochemically active surface and for the determination of reaction kinetics. SECM is also suitable for imaging of chemical gradients in the diffusion layer surrounding cells and/or tissues and for the investigation of cell respiration, calcium release and measurement of intracellular redox activity of living cells. SECM have been successfully used to investigate various intracellular processes such as membrane permeability, enzyme activity, presence of metabolites and other ⁴.

By combining SECM with micromanipulator it is possible to manipulate cells and then to measure their electrochemical properties.

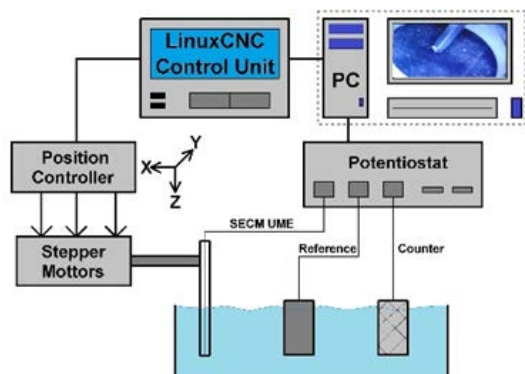


Fig. 1. Schematic diagram of the structure of a micro-robot for manipulation of biological objects

The microelectromechanical 3 D positioning system (Figure 2) consists of two main units: the electro-mechanical positioning system and the control unit of this system. The positioning system is controlled using the original control unit (Fig. 1a), consisted of BeagleBone Black

microcomputer, stepper motor controls, and a convenient user interface with touch screens. The system is controlled using the LinuxCNC software package, which allows the control of a table or measuring electrode to be placed in space manually using an external encoder, or can execute motion sequences according to a pre-programmed control program.

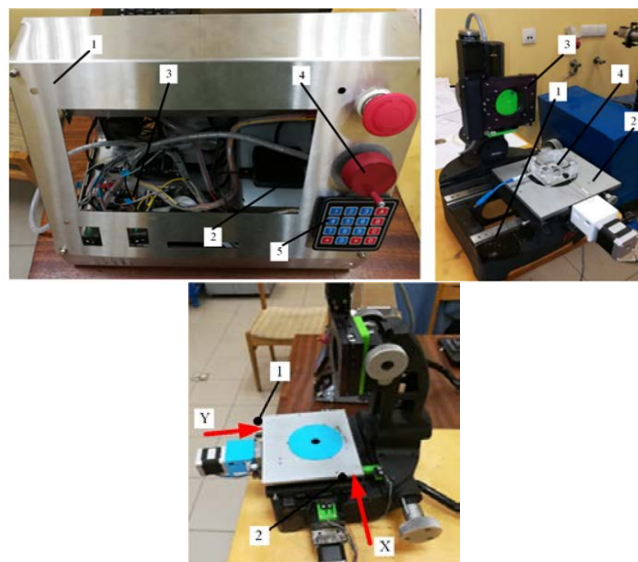


Fig. 2. Microelectromechanical positioning system: (a) - control system: 1 - housing; 2 - power supply; 3 - microcomputer; 4 - encoder; 5 - keyboard; b) - Electro-mechanical part of positioning system: 1 - housing; 2 - table; 3 - Z axis carriage; 4 - Electrochemical cell; c) X and Y excitation axis

References

1. Zhang, Z.; Wang, X.; Liu, J.; Dai, C.; Sun, Y. Robotic Micromanipulation: Fundamentals and Applications. *Annu. Rev. Control. Robot. Auton. Syst.* 2019, 2 (1), 181-203.
2. Morkvenaite-Vilkonciene, I.; Ramanaviciene, A.; Ramanavicius, A. 9,10-Phenanthrenequinone as a Redox Mediator for the Imaging of Yeast Cells by Scanning Electrochemical Microscopy. *Sensors Actuators, B Chem.* 2016, 228, 200-206.
3. Ramanavicius, A.; Morkvenaite-Vilkonciene, I.; Kisieliute, A.; Petroniene, J.; Ramanaviciene, A. Scanning Electrochemical Microscopy Based Evaluation of Influence of PH on Bioelectrochemical Activity of Yeast Cells – *Saccharomyces Cerevisiae*. *Colloids Surfaces B Biointerfaces* 2017, 149, 1-6.
4. Morkvenaite-Vilkonciene, I.; Ramanaviciene, A.; Kisieliute, A.; Bucinskas, V.; Ramanavicius, A. Scanning Electrochemical Microscopy in the Development of Enzymatic Sensors and Immunosensors. *Biosens. Bioelectron.* 2019, 141, 111411.

INFLUENCE OF TITANIUM AND BIOCERAMIC COATINGS ON CELL ADHESION

Tadas Matijošius¹, Justina Kavaliauskaitė², Aukšė Kazlauskaitė², Arūnas Stirke², Svajus Asadauskas¹

¹Center for Physical Sciences and Technology, Department of Chemical Engineering and Technology

²Center for Physical Sciences and Technology, Department of Functional Materials and Electronics
Saulėtekio av. 3, LT-10257 Vilnius, email: tadas.matijosius@ftmc.lt

Bioceramic materials showed high potential in medical applications for bones and teeth replacement due to their high hardness and resistance to abrasion. Certain alumina-based (corundum, sapphire, etc.) ceramics also has some ability to promote cell adhesion to biological tissues. Anodized coatings are composed mainly of Al_2O_3 , which is the main constituent of corundum and sapphire. In addition, anodized surface offers high porosity which can be beneficial for adhesion of various cell types. In this study cell adhesion was tested on titanium alloy and anodized coatings obtained in different electrolytes.

Al 1050 alloy of 99.62% purity (0.34% Fe; 0.10% Si; 0.01% Mn) and Al 6082 of 96.72% purity (1.10% Si; 1.02% Mg; 0.61% Mn; 0.54% Fe) from FXB-Niemet UAB (Lithuania) and Ti BT1 alloy of 96.32% purity (1.76% Mn; 1.75% Al; 0.11% Fe; 0.06% Si) from SP MET UAB (Lithuania) were employed as substrates.

Hard anodization of Al was performed in Type III H_2SO_4 /oxalic a. electrolyte for 70 min at 200 A/m² and 15 °C to obtain bioceramic Al_2O_3 coatings [1]. Phospho-anodized coatings were obtained in 4% H_3PO_4 for 150 min at 150 V.

Murine fibroblast cell line L929, human cervix carcinoma cell line Hep-2C (HeLa derivative) and Chinese hamster ovary cell line CHO-K1 were cultured in culture-specific growth medium (Corning, USA) supplemented with 10 % fetal bovine serum (GE, USA). The cells were grown as a monolayer in plastic flasks (Thermo Fisher Scientific, USA) at 37 °C, washed with PBS and harvested by trypsinization (0.025% trypsin and 0.02% EDTA).

Sterile Ti BT1 alloy was assembled into a custom-made manifold (Center for Physical Sciences and Technology, Lithuania) for evaluation of most suitable cell line. Suspension of $0.53 \times 10^6/\text{cm}^2$ cells was added on Ti alloys and samples were kept for incubation (37 °C, 5% CO_2) for 48 hours. The viability was determined using trypan blue staining and hemocytometry.

Sterile Al and Ti alloy samples were placed into tissue culture plates (35 mm; Thermo Fisher Scientific, USA) for direct cell suspension interaction using cell line L929 (American Type Culture Collection, USA). Suspension of $0.075 \times$

$10^6/\text{cm}^2$ cells was added into culture plates and left for incubation (37 °C, 5% CO_2) for 48 hours. Incubated cells were analyzed for morphology using Eclipse Ti-E microscope (Nikon, Japan).

After testing three adherent cell lines, L929 cells showed the best growth results and the highest viability on Ti alloy BT1 which was used as a control specimen. Therefore, L929 cells which are isolated from connective tissue were chosen for further study.

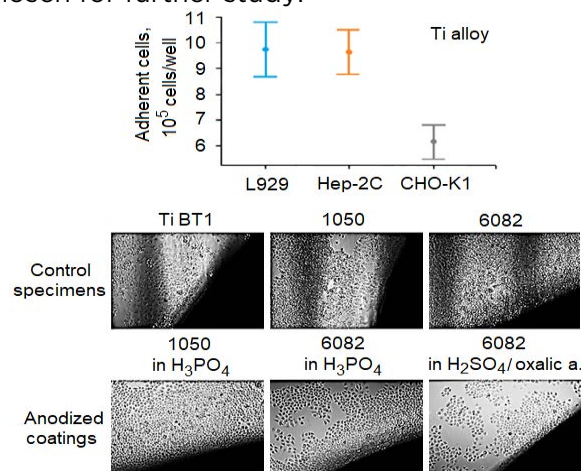


Fig. 1. Adhesion of L929, Hep-2C and CHO-K1 cells on Ti BT1 alloy (top) and morphological appearance of L929 cells (bottom) near the control specimens and anodized coatings after 48 h under 10× magnification.

The morphology of L929 cells was evaluated to identify the cell suspension interaction with control substrates and anodized coatings. No differences were observed on Ti BT1 or Al 1050 and 6082 alloys used for positive or negative controls respectively. Cell growth was similar either in culture plates with hard anodized coatings with pores of ~15 nm or phospho-anodized coatings with pores of ~200 nm of low purity 6082 alloy. Cell density in culture plates with phospho-anodized coatings was higher on high purity 1050 alloy. This suggests that the purity of Al alloy might play a more important role rather than sulfates or phosphates. However, more detailed studies are required to confirm this hypothesis.

References

1. T. Matijošius, A. Ručinskienė, A. Selskis, G. Stalnionis, K. Leinartas, and S.J. Asadauskas, Surf. Coat. Technol. **307**, 610 (2016).

HEWL BALTYMO AGREGATŲ, ADSORBUOTŲ ANT VANDENS IR LIPIDINIO MONOSLUOKSNIO PAVIRŠIŲ, STRUKTŪRŲ NUSTATYMAS

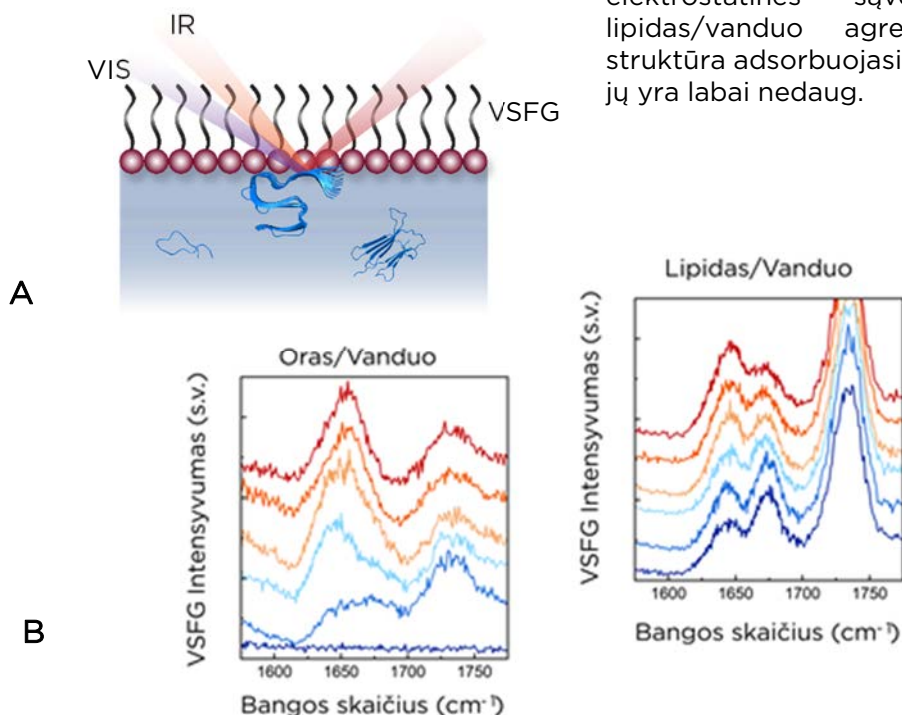
Edvinas Navakasas, Simona Strazdaitė ir Gediminas Niaura

Fizinių ir technologijos mokslų centras, Organinės chemijos skyrius
Saulėtekio al. 3, LT-10257 Vilnius, el. p.: Edvinas.Navakasas@ftmc.lt

Baltymų agregacija gyvame organizme sukelia daugiau nei 40 skirtingų ligų tarp kurių Alzheimerio, Parkinsono, Huntingtono ir kitos ligos. Visos šios ligos yra sukeliamos skirtingų, tačiau ląstelių metabolizmui įprastų, baltymų, kurių gamyba ir šalinimas organizme sutrinka.

Norint suprasti baltymų agregaciją molekuliniame lygmenyje labai svarbu identifikuoti baltymų agregatų antrines struktūras. Tam naudojama daug skirtingų metodų, pavyzdžiui: NMR, FTIR ir ThT. Šie metodai gali apibūdinti tik struktūras, susiformavusias tirpalo tūryje. Tuo tarpu, moksliniai tyrimai rodo, kad sąveika tarp baltymo ir lipidinio sluoksnio gali paspartinti baltymo agregaciją. Tačiau struktūrų charakterizavimas skysčio paviršiuje, ypač lipidų vandens fazinėje riboje, vis dar lieka nemenku iššūkiu. Virpesinė suminio dažnio generacijos (*angl.* VSFG) spektroskopija įgalina aptikti vieną molekulinių sluoksnį, adsorbuotą ant bet kokio skysto paviršiaus, tuo pat metu nustatant ir adsorbuotų molekulių antrinę struktūrą.

Šiame darbe siekėme identifikuoti virpesines juostas VSFG spektruose, kurios galėtų pasitarnauti kaip skirtingų antrinių struktūrų ženklas. Tyrimui naudojome **vištos kiaušinio baltymą lizocimą** (*angl.* HEWL), kaip modelinį baltymą agregatų adsorbicijai ir struktūroms tirti. Tūryje formuotų lizocimo agregatų antrinės struktūros bei jų morfologija buvo analizuojama su Furje atvaizdo infraraudonoja (*angl.* FTIR) spektroskopija bei atominės jėgos mikroskopija (*angl.* AFM). Matavimai fazinėje riboje oras/vanduo bei lipidų vanduo buvo atliekami su VSFG spektroskopija. Abiem atvejais agreguotas lizocimo tirpalas buvo suleidžiamas po fazinę ribą. Pasitelkiant skirtingas VSFG spindulių poliarizacijos kombinacijas, nustatėme fazinėse ribose adsorbuotų baltymo agregatų struktūras. Fazų riboje oras/vanduo daugiausia adsorbuojasi mažesni agregatai, neturintys β -klostytų struktūrų, ir tik kai bandinyje susidaro daug didelių agregatų su β -klostyta struktūra, jos taip pat adsorbuojasi ant vandens paviršiaus. Tuo tarpu dėl stiprios elektrostatinės sąveikos fazų riboje lipidų vanduo agregatai su β -klostyta struktūra adsorbuojasi, net kai bandinio tūryje jų yra labai nedaug.



1 pav. (A) Schematinis VSFG eksperimento pavyzdys. (B) VSFG HEWL signalas Amidais I virpesių regione Oras/Vanduo bei Lipidas/Vanduo fazinėse ribose.

KOLAGENO HIDROGELIŲ IR ANTIBAKTERINIŲ JUNGINIŲ KOMPOZITAI: VAISTŲ PERNAŠOS SISTEMOS KŪRIMAS IR JOS SAVYBIŲ TYRIMAI

Romuald Eimont^{1,2}, Tadas Jelinskas^{1,2}, Elina Makarova³, Maija Dambrova³,
Nijolė Savickienė⁴, Aistė Jekabsonė⁴, Ramūnas Valiokas¹

¹ Fizinių ir technologijos mokslų centras, Nanoinžinerijos skyrius,
Savanorių pr. 231, LT-02300 Vilnius

² UAB Ferentis, Savanorių pr. 235, LT-02300 Vilnius

³ Latvian Institute of Organic Chemistry, Aizkraukles Str. 21, LV1006, Riga, Latvia

⁴ Lietuvos sveikatos mokslų universitetas, Farmacijos fakultetas, Farmakognozijos katedra,
Sukilėlių pr. 13, Kaunas

Pluoštiniai baltymai tarpląsteliniam užpildui atlieka struktūrinę funkciją. Svarbiausi iš jų visų – kolagenų šeimos baltymai, randami visuose daugialąsčiuose gyvūnuose. Dideliais kiekiais kolagenus gamina jungiamojo audinio ląstelės, mažesniais kiekiais – daugelis kitų ląstelių rūšių. Žinduoliuose kolagenų šeimos baltymai sudaro 25% visų baltymų masės. Yra žinoma atveju, kai kolageno užpildai buvo naudojami pažeistų minkštųjų audinių regeneracijai [1], todėl kaip vaistų nešiklis buvo pasirinktas minkštas kolageno hidrogelis. Kolageno hidrogelis buvo gaminamas pagal prieš tai publikuotą metodiką, naudojant išsiplaunančius susiuvimo agentus [2].

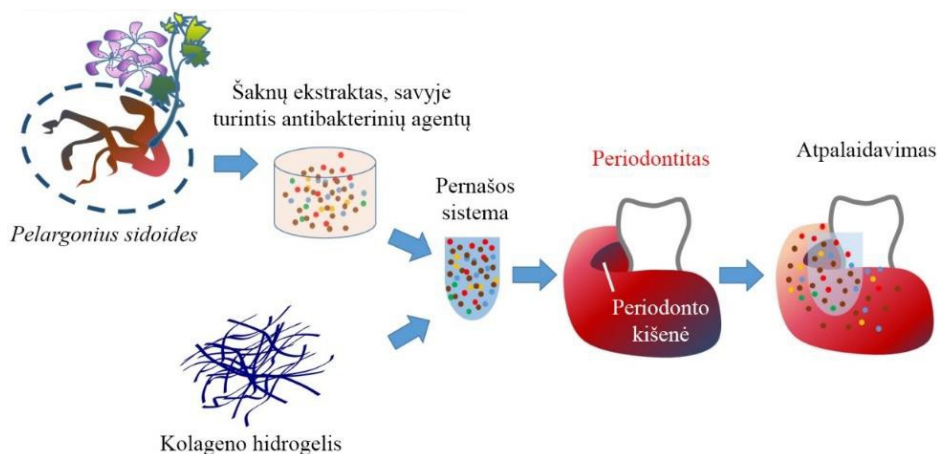
Tikslas buvo sukurti savaime suyrančią vaistų pernašos sistemą, kurios pritaikymas padėtų išvengti antibiotikų bei sintetinių antiseptikų naudojimo. Tokiu būdu nėra papildomai didinamas bakterijų atsparumas antibiotikams bei antiseptikams. Tokios vaistų pernašos sistemos taikymas – kišenės, atsirandančios esant periodontitui.

Buvo paruoštos skirtingos hidrogelio versijos, keičiant nešiklio matricos bei įterpimo savybes. Spektrofotometrinio būdu buvo matuojama visų sistemos versijų aktyviųjų medžiagų atpalaidavimo dinamika.

Buvo ruošiami skirtingų mechaninių savybių bandiniai, nes įdėti į periodonto kišenę jie neturi sukelti pacientui diskomforto, bet tuo pačiu turi būti patogūs odontologų manipuliacijoms. Išrinkus geriausias mechanines bei atpalaidavimo savybes turinčią prietaiso versiją buvo atlikti papildomi darbai susiję su sterilizavimu bei mėginių pakavimu. Vykdamas projektą buvo pagaminti ir išsiųsti partneriams 2171 mėginiai.

Literatūra

1. Pachence et al. Collagen-based devices for soft tissue repair. *Journal of Biomedical Materials Research*, 33(1), 35-40
2. Liu Y., et al. A simple, cross-linked collagen tissue substitute for corneal implantation. In *Investigative ophthalmology & visual science*. 2006 May. Vol. 47, nr. 3, p. 1869-1875.



1 pav. Principinė antibakterinių medžiagų pernašos sistemos kūrimo bei pritaikymo schema.

AGB IR RGB ŽVAIGŽDĖS NETAISYKLINGOJE NYKŠTUKINĖJE GALAKTIKOJE Leo A

Alina Leščinskaitė, Rima Stonkutė, Vladas Vansevičius

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

Asimptotinės milžinių sekos (*angl.* Asymptotic Giant Branch – AGB) ir raudonųjų milžinių sekos (*angl.* Red Giant Branch – RGB) žvaigždės yra vieni svarbiausių objektų galaktikų morfologijos ir cheminės evoliucijos tyrimuose. RGB žvaigždės atitinka senąsias (>2 mlrd. m.) žvaigždžių populiacijas, kurios dominuoja išorinėse netaisyklingųjų nykštukinių galaktikų srityse [1], todėl naudojamos galaktikų dydžio nustatymui. Jaunesnės žvaigždžių populiacijos geriau atitinka vidutinės masės AGB žvaigždės, kurios dėl žvaigždinių vėjų netenka didelės dalies savo masės, taip praturtindamos aplinkinę tarpžvaigždinę terpę cheminiais elementais. Dėl šios savybės AGB žvaigždžių populiacijos tyrimas yra svarbus, siekiant suprasti galaktikų cheminę evoliuciją.

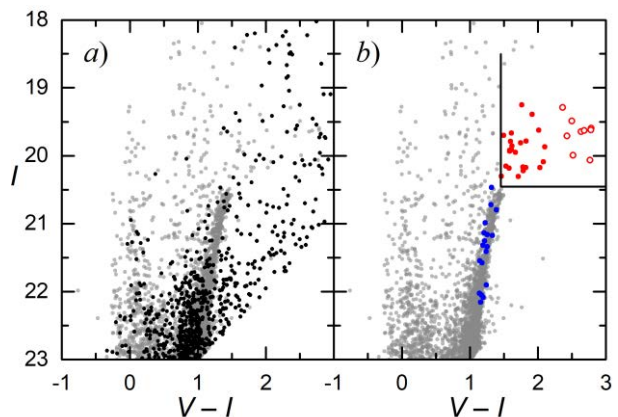
Šiame darbe AGB ir RGB žvaigždžių populiacijos buvo tiriamos netaisyklingoje nykštukinėje galaktikoje Leo A, kuri yra mažos žvaigždinės masės ($3,3 \times 10^6 M_{\odot}$) ir mažo metalingumo ($[Fe/H] = -1,7$) [2]. Leo A yra Vietinės galaktikų grupės pakraštyje, ~ 800 kpc atstumu nuo mūsų [3]. Šiai galaktikai būdinga ištęsta žvaigždėdaros istorija – žvaigždžių formavimasis joje vyko dar ankstyvoje Visatoje ir tęsiasi iki dabar [4], todėl joje aptinkamos platų amžiaus intervalą (0,01-10 mlrd. m.) apimančios žvaigždžių populiacijos. Leo A yra santykinai izoliuota galaktika, kuri artimoje aplinkoje neturi masyvių kaimyninių objektų, todėl tikėtina, jog per visą gyvavimo laikotarpį ji nepatyrė reikšmingų sąveikų. Dėl šios priežasties Leo A yra itin svarbus objektas siekiant ištirti savaime evoliucionuojančios galaktikos struktūrą ir nustatyti žvaigždėdaros procesų eigą.

Žvaigždžių populiacijų tyrimas Leo A galaktikoje buvo atliktas naudojantis daugiaspalvės fotometrijos duomenimis, gautais Subaru teleskopo plataus lauko kamera Suprime-Cam. Papildomai buvo panaudoti Hubble kosminio teleskopo ACS (*angl.* Advanced Camera for Surveys) kamera gauti stebėjimų duomenys centrinėje galaktikos dalyje. Siekiant pašalinti iš fotometrijos katalogo [5] nežvaigždinius objektus (1a pav.) buvo atlikta interaktyvi dalies šviesių objektų ($V < 24$) nuotraukų analizė bei pritaikyti katalogo apribojimai pagal objektų vaizdų kokybę. Besiprojektuojančios Paukščių Tako

žvaigždės buvo pašalintos naudojant dvispalves žvaigždžių diagramas.

Buvo identifikuotos 32 šviesios AGB žvaigždės (ryškesnės ir raudonesnės nei RGB sekos viršūnė, 1b pav.), tikėtina, jog 9-ios iš jų turi dulkių apvalkalus. Taip pat aptikta anomali RGB žvaigždžių seka, kuri indikuoja pekiarios cheminės sudėties žvaigždžių populiaciją Leo A.

Tiriant žvaigždžių erdvinį pasiskirstymą buvo nustatyta, jog šviesios AGB žvaigždės bei žvaigždės mėlynojoje RGB sekos dalyje yra susitelkusios centrinėje galaktikos srityje ($a \lesssim 4'$, čia a – didysis žvaigždžių pasiskirstymą apibrėžiančios elipsės pusašis), o raudonosios RGB sekos dalies žvaigždės yra pasiskirsčiusios plačiau ($a \lesssim 8'$). Tokių skirtingų Leo A struktūrinių komponentų egzistavimas rodo, jog net ir izoliuotos nykštukinės galaktikos gali būti sudėtingos struktūros.



1 pav. Leo A spalvos-ryškio diagramos ($a < 10'$): a) nevalytas katalogas – atmesti objektai pažymėti juodais taškais; b) išvalytas katalogas – pilki taškai; juodos linijos žymi šviesių AGB žvaigždžių (raudoni simboliai) atrinkimo ribas, apskritimais pažymėti objektai turi dulkių apvalkalus; mėlyni taškai žymi anomali RGB sekos objektus.

Literatūra

1. Vansevičius, V., Arimoto, N. et al. 2004, ApJL, **611**, L93
2. Kirby, E. N., Rizzi, L., et al. 2017, ApJ, **834**, 9
3. Dolphin, A. E., Saha, A., et al. 2002, AJ, **123**, 3154
4. Skillman, E. D., Hidalgo, S. L., et al. 2014, ApJ, **786**, 44
5. Stonkutė, R., Arimoto, N., et al. 2014, ApJS, **214**, 19

NETAISYKLINGOS NYKŠTUKINĖS GALAKTIKOS Leo A ŽVAIGŽDĖDAROS ISTORIJA

Marius Čeponis, Rima Stonkutė, Vladas Vansevičius

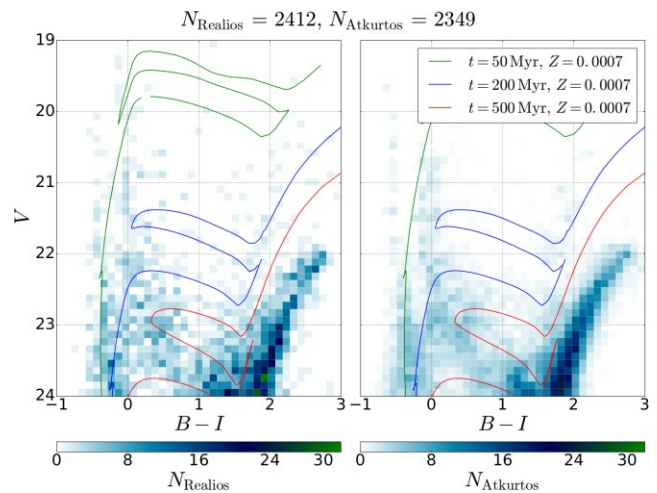
Fizinių ir technologijos mokslų centras, Fundamentinių tyrimų skyrius
Saulėtekio al. 3, LT-10257 Vilnius, el. p.: marius.ceponis@ftmc.lt

Visos didžiosios galaktikos susidarė jungiantis nykštukinėms. Siekiami suprasti galaktikų evoliuciją, pirmiausia turime pradėti nuo nykštukinių galaktikų, pvz. Leo A, kurią ir tyrėme šiame darbe.

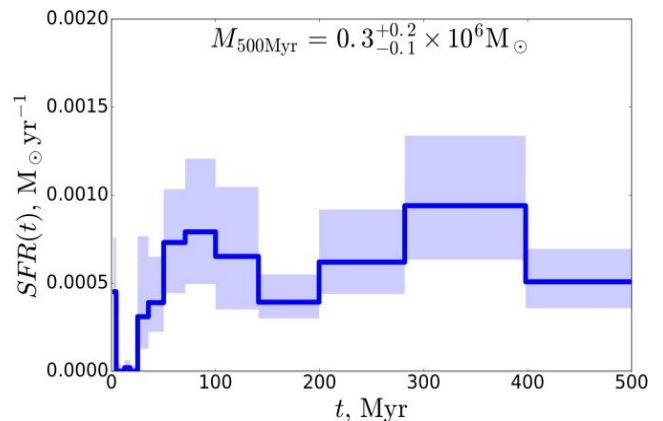
Tyrimas atliktas naudojant Leo A žvaigždžių fotometrijos katalogo [1] duomenis (B , V , I), kurie gauti matuojant skaitmenines Subaru teleskopo CCD kameros Suprime-Cam nuotraukas. Iš 20583 pradiniam kataloge esančių objektų tyrimui buvo atrinktos šviesios žvaigždės ($V < 24$), patenkančios į elipsę, kurios didysis pusašis lygus Holmberg'o spinduliui $a = 3,5$ (~800 pc) [2]. Be to, interaktyviai buvo pašalinti galimai nežvaigždiniai objektai. Šiam tyrimui buvo panaudota 2412 žvaigždžių.

Leo A žvaigždėdaros istorija nustatyta mūsų sukurtu iteratyviu metodu. Kiekvienos iteracijos metu generuojamos dirbtinių žvaigždžių populiacijos. Tuomet jų pasiskirstymas spalvos-ryškio diagramose lyginamas su iš stebėjimų gautomis diagramomis (1 pav.). Pagal gautus skirtumus koreguojamos dirbtinių žvaigždžių populiacijos ir toliau jos vėl lyginamos su stebėjimais. Šis ciklas kartojamas iki nusistovi galutinis žvaigždėdaros istorijos sprendinys. Dirbtinės žvaigždžių populiacijos generuojamos įskaitant matavimų netikslumus, kurie nustatomi Dirbtinių žvaigždžių metodu [3].

Nustatyta Leo A žvaigždėdaros istorija parodyta (2 pav.). Matomi trys žvaigždėdaros suaktyvėjimo etapai prieš 350, 100 ir 10 mln. metų. Mūsų rezultatai paremia pliūpsninį nykštukinių galaktikų žvaigždėdaros scenarijų. Pagal kurį, po trumpo žvaigždžių formavimosi suaktyvėjimo visada seka žvaigždėdaros sulėtėjimas, nes naujai susiformavusios masyvios žvaigždės sprogsa supernovomis ir dujas išpučia iš galaktikos. Kadangi žvaigždės formuojasi iš dujų, žvaigždėdara kuriam laikui sustoja kol dujos nesukrenta atgal į galaktiką. Taip pat, nustatyta Leo A galaktikoje susiformavusių žvaigždžių masė: per visą laiką $\sim 5 \cdot 10^6 M_{\odot}$; per pastaruosius 500 mln. m. $\sim 0,3 \cdot 10^6 M_{\odot}$. Atkurtos spalvos-ryškio diagramos gerai atitinka realių žvaigždžių pasiskirstymą (1 pav.), o tai rodo, kad nustatyti rezultatai yra patikimi.



1 pav. Leo A žvaigždžių (kairėje) pasiskirstymo spalvos-ryškio diagramoje palyginimas su sintetinėmis žvaigždžių populiacijomis sugeneruotomis pagal atkurtą žvaigždėdaros istoriją (dešinėje). Žvaigždžių skaičiaus tankis diagramose užkoduotas spalvos sodrumu.



2 pav. Leo A žvaigždėdaros istorija per pastaruosius 500 mln. metų. Mėlyna linija žymi žvaigždžių formavimosi greitį, $SFR(t)$. Šviesiai mėlynos sritys – $SFR(t)$ neapibrėžtumai.

Literatūra

1. R. Stonkutė, N. Arimoto, ir kiti, *ApJ Suppl. Ser.*, **214**, 19 (2014).
2. V. Vansevičius, N. Arimoto, ir kiti, *ApJ*, **611**, L93 (2004).
3. R. Stonkutė, V. Vansevičius ir kiti, *Baltic Astronomy*, **24**, 314 (2015).

ANDROMEDOS GALAKTIKOS ŽVAIGŽDŽIŲ SPIEČIAI

Rokas Naujalis, Karolis Daugevičius, Rima Stonkutė, Vladas Vansevičius

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

Didžioji dalis žvaigždžių formuojasi spiečiuose, todėl jų tyrimas labai svarbus siekiant nagrinėti galaktikose vykčius chemodinaminius procesus. Mes panaudojome Hubble kosminio teleskopo PHAT (angl. *Panchromatic Hubble Andromeda Treasury*) apžvalgos duomenis [1]. Ši apžvalga apima didelę dalį Andromedos (M31) galaktikos disko. PHAT stebėjimų duomenys šešiose foto-metrinėse juostose (FJ) nuo $-0,25 \mu\text{m}$ iki $-1,7 \mu\text{m}$ ir didelė erdvinė skyra ($0,05''$) leidžia aptikti bei išmatuoti net ir mažos masės spiečius, o taip pat nustatyti pagrindinius jų parametrus – amžių, masę, metalingumą ir ekstinkciją.

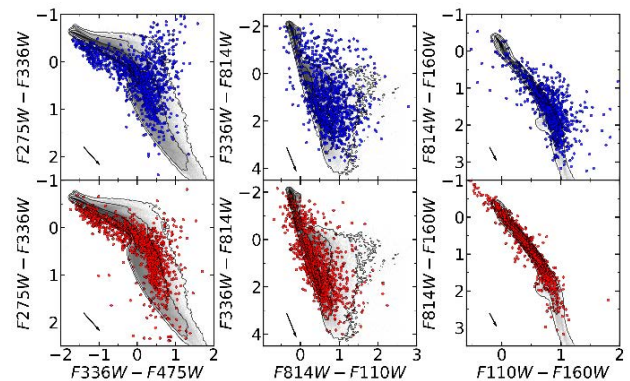
Atsirinkome 1181 objektą iš PHAT spiečių katalogo [2], juos išmatavome interaktyviai įskaitydami fono netolygumus, dėl kurių automatiniai metodai nėra pakankamai tiksūs. Dvispalvėse diagramose (1 pav.) spalvotais taškais parodyti išmatuoti spiečių spalvos rodikliai, o kontūrais – spiečių modelių užimamos sritys. Mėlynais taškais parodyti publikuoti rezultatai gauti automatiniais metodais [2], o raudonais taškais – mūsų matavimai. Akivaizdu, kad mūsų matavimai turi daug mažesnę sklaidą ir geriau atitinka modelius. Didžiausi skirtumai matomi infraraudonosiose FJ (F110W ir F160W), kuriose dominuoja fono žvaigždžių šviesa, bei F275W FJ, kurioje yra mažas signalo ir triukšmo santykis.

Spiečių fizinius parametrus nustatėme lygindami išmatuotus ryškius su spiečių modelių ryškiais [3]. Spiečių modelių banką sudaro stochastiškai sugeneruotos žvaigždžių sistemos, kurių amžius yra nuo 4 mln. metų iki 12,5 mlrd. metų; masė – nuo 10^2 iki $5 \cdot 10^6$ Saulės masių ($M_\odot$); metalingumas – nuo 160 kartų mažesnio iki 2,5 karto didesnio už Saulės.

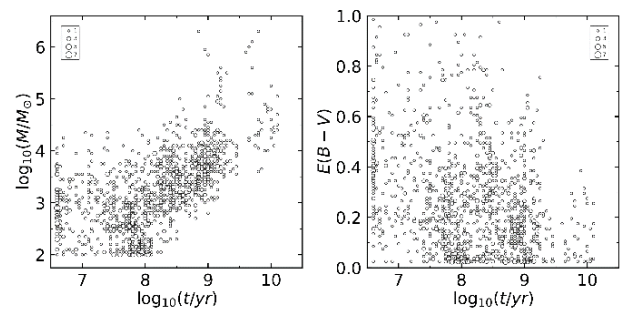
2 pav. parodytos nustatytos spiečių masės ir ekstinkcijos priklausomybės nuo jų amžiaus. Simbolių dydis rodo tame taške besiprojektuojančių spiečių skaičių. Didžioji dalis spiečių yra jaunesni nei 1 mlrd. metų, tačiau yra aiškus jaunų (< 70 mln. m.) spiečių trūkumas, kurį lemia sulėtėjusi žvaigždėdara galaktikoje. Ši žvaigždėdaros amžiaus riba gerai sutampa su kitoje M31 pusėje aptiktu žvaigždėdaros spartos lūžiu [4].

Mažos masės ($< 10^3 M_\odot$) spiečių deficitą ties seniausiais amžiais lemia du pagrindiniai veiksniai: didėjant spiečiaus amžiui ir mirstant jo žvaigždėms mažėja bendras šviesis, todėl juos vis sunkiau aptikti; spiečiams judant galaktikos diske juos ardo gravitacinė sąveika su molekuliniiais debesimis, todėl masyvesni spiečiai turi didesnę tikimybę išgyventi.

2 pav. dešiniajame langelyje matome, kad jauniausių spiečių ekstinkcija didesnė, nes juos vis dar supa tarpžvaigždiniai dulkių debesys, iš kurių jie susiformavo.



1 pav. Dvispalvės M31 žvaigždžių spiečių diagramos, viršuje parodyti publikuoti rezultatai [2], apačioje – mūsų matavimai. Kontūrais pavaizduotos spiečių modelių užimamos sritys. Rodyklė – ekstinkcijos vektorius, $A_V = 1$.



2 pav. Spiečių masės ir ekstinkcijos priklausomybės nuo jų amžiaus. Simbolių dydis rodo spiečių su sutampančiais parametrais skaičių.

Literatūra

- [1] Dalcanton, J. J., et al. 2012, ApJS, 200, 18.
- [2] Johnson, L. C., et al. 2015, ApJ, 802, 127.
- [3] de Meulenaer, P., et al. 2017, A&A, 602, A112.
- [4] Vansevičius, V., et al. 2009, ApJ, 703, 2.

VIBRATIONAL MODES OF NEGATIVELY CHARGED SILICON-VACANCY CENTERS IN DIAMOND FROM *AB INITIO* CALCULATIONS

Lukas Razinkovas¹, Gergo Thiering^{2,3}, Adam Gali^{2,3}, Audrius Alkauskas¹

¹Center for Physical Sciences and Technology, Department of Fundamental Research, Saulėtekio al. 3, LT-10257 Vilnius, Lithuania, lukas.razinkovas@ftmc.lt

²Institute for Solid State Physics and Optics, Wigner Research Center for Physics, Hungarian Academy of Sciences, P.O. Box 49, Budapest H-1525, Hungary

³Department of Atomic Physics, Budapest University of Technology and Economics, Budafoki út 8, Budapest H-1111, Hungary

Silicon-vacancy (SiV) center in diamond is a photoluminescence (PL) center with a characteristic zero-phonon line energy at 1.681 eV (737 nm) that acts as a solid-state single-photon source and, potentially, as a quantum bit. The majority of the luminescence intensity appears in the zero-phonon line; nevertheless, about 30% of the intensity manifests in the phonon sideband (Fig. 1). Since phonons play an essential role in the operation of this system, it is of importance to understand the vibrational properties of the SiV center in detail. To this end, we carry out density functional theory calculations of dilute SiV centers by embedding the defect in supercells of a size of a few thousand atoms [1]. We find that there exist two well-pronounced quasilocal vibrational modes (resonances) with A_{2u} and E_u symmetries, corresponding to the vibration of the Si atom along and perpendicular to the defect symmetry axis, respectively. Isotopic shifts of these modes explain the isotopic shifts of prominent vibronic features in the experimental SiV PL spectrum. Moreover, calculations show that the vibrational frequency of the A_{2u} mode increases by about 30% in the excited state with respect to the ground state, while the frequency of the E_u mode increases by about 5%. These changes explain experimentally observed isotopic shifts of the zero-phonon-line energy [2]. We also emphasize possible dangers of extracting isotopic shifts of vibrational resonances from finite-size supercell calculations, and instead propose a method to do this correctly.

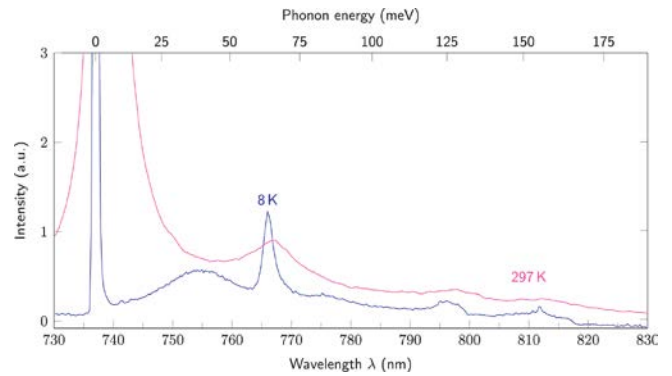


Fig. 1. Photoluminescence spectra from a single SiV site at room and cryogenic temperatures [2].

References

1. E. Londero, G. Thiering, L. Razinkovas, A. Gali, and A. Alkauskas, *Phys. Rev. B*, **98** (2018), 035306.
2. A. Dietrich, K. D. Jahnke, J. M. Binder, T. Teraji, J. Isoya, L. J. Rogers, and F. Jelezko, *New J. Phys.* **16** (2014), 113019.

ANGLIES DIMERAS HEKSAGONINIAME BORO NITRIDE KAIP 4 eV LIUMINESCENCIJOS ŠALTINIS

Mažena Mackoit-Sinkevičienė¹, Marek Maciaszek², Chris G. Van de Walle³, Audrius Alkauskas¹

¹Fizinių ir technologijos mokslų centras, Fundamentinių tyrimų skyrius, Saulėtekio al. 3, LT-10257 Vilnius

²Faculty of Physics, Warsaw University of Technology, Koszykowa 75, 00-662 Warszawa, Poland

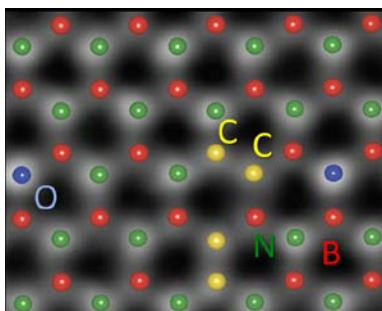
³Materials Department, University of California, Santa Barbara, California 93106-5050, USA

el. p.: mazena.mackoit@ftmc.lt

Heksagoninis boro nitridas (hBN) per paskutinį dešimtmetį susilaukė itin didelio susidomėjimo kaip universali medžiaga, kuri dėl unikalaus fizikinių ir cheminių savybių derinio gali būti panaudota daugybėje sričių. Šiuo metu tiksliai nustatyta, kad hBN draustinis tarpas siekia 6.08 eV [1], o stipriai išvystytos auginimo metodikos padarė hBN puikia medžiaga plataus draustinio tarpo elektronikos ir optoelektronikos prietaisų kūrimui.

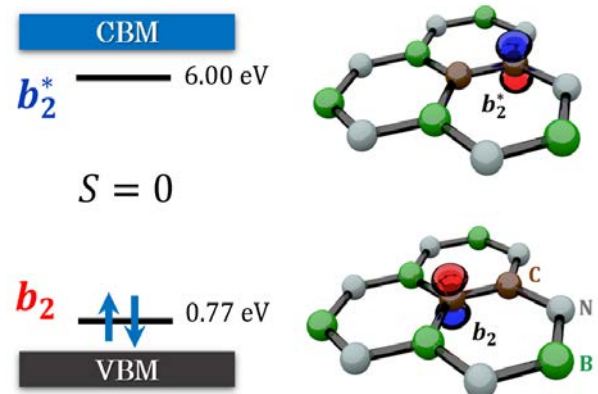
Užaugintuose hBN bandiniuose dažnai stebima ryški liuminescencijos juosta 4 eV srityje su aiškia befononine linija (ang. *zero phonon line*, ZPL) ties 4.1 eV [2]. Ši liuminescencija siejama su defektais. Parodyta, kad befononinė linija veikia kaip pavienių fotonų šaltinis su gyvavimo trukme 1.1 – 1.2 ns [3]. Nepaisant atliktų tyrimų, už šią emisiją atsakingo defekto cheminė prigimtis vis dar išlieka neaiški, nors anglies įtaka šios linijos intensyvumui dažnai buvo aptariama [3-4].

Atlikti hibridinių funkcionalių *ab-initio* skaičiavimai leido nustatyti, kad neutralus anglies dimero defektas, $C_B C_N$, sąlygoja stebėtą emisiją. Neutrali anglies dimero krūvio būseną yra stabiliausia per visą draustinio tarpo sritį, su formavimosi energija lygia 2.2 eV. Įvertinti cheminio potencialo rėžiai, kuriems esant anglies dimeras yra stabilesnis už anglies monomerus, leido padaryti išvadą, kad esant aplinkoje angliai hBN auginimo metu, $C_B C_N$ turėtų būti dažnu defektu. Verta paminėti, kad anglies dimerai hBN buvo stebėti žiedinės tamsaus lauko elektroninės mikroskopijos eksperimentuose [5], kas dar labiau įtvirtina šiuos rezultatus.



1 pav. Atominė struktūra nustatyta histogramų analizės metodu [5].

Suskačiuota ZPL vertė 3.78 eV yra artima išmatuotai 4.1 eV vertei [6]. Taip pat įvertintas Huang-Rhys faktorius ($S = 2$), atitinka nustatytą eksperimente vertę ($S = 1 - 2$) [7]. Optinis perėjimas $b_2 \rightarrow b_2^*$ (2 pav.) įvyks tarp dviejų lokalizuotų π -tipo defekto būsenų palei C-C ryšį (t.y. šviesa bus poliarizuota hBN plokštumoje). Šis perėjimas turės labai trumpą gyvavimo trukmę 1.7 ns ir aukštą kvantinį našumą, kas atitinka atliktų eksperimentų rezultatus [3, 8].



2 pav. Anglies dimero hBN elektroninė struktūra ir banginės funkcijos [9].

Literatūra

1. G. Cassabo, P. Valvin, and B. Gil, *Nat. Photon.* **10**, 262 (2016).
2. L. Museur, E. Feldbach, and A. Kanaev, *Phys. Rev. B* **78**, 155204 (2008).
3. K. Era, F. Minami, and T. Kuzuba, *Journal of Luminescence* **24**, 71 (1981).
4. M. Uddin, J. Li, J. Lin, and H. Jiang, *Appl. Phys. Lett.* **110**, 182107 (2017).
5. O. L. Krivanek *et al.*, *Nature* **464**, 571 (2010).
6. R. Bourrellier, S. Meuret, A. Tararan, *et al.*, *Nano Lett.* **16**, 4317-4321 (2016).
7. A. Vokhmintsev, I. Weinstein, and D. Zamyatin, *Journal of Luminescence* **208**, 363 (2019).
8. S. Meuret, L.H. G. Tizei, T. Cazimajou *et al.*, *Phys. Rev. Lett.* **114**, 197401 (2015).
9. M. Mackoit-Sinkevičienė, M. Maciaszek, Chris G. Van de Walle, A. Alkauskas (submitted to APL 19-AR-07226), arXiv :1907.02303 (2019).

JONŲ IMPLANTACIJOS METODO TAIKYMAS VERTINANT NEUTRONŲ APŠVITOS POVEIKĮ RBMK REAKTORIAUS GRAFITO MORFOLOGIJAI

D. Lingis, E. Lagzdina, R. Plukienė, A. Plukis, V. Kovalevskij, I. Ignatjev, G. Niaura, V. Remeikis

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

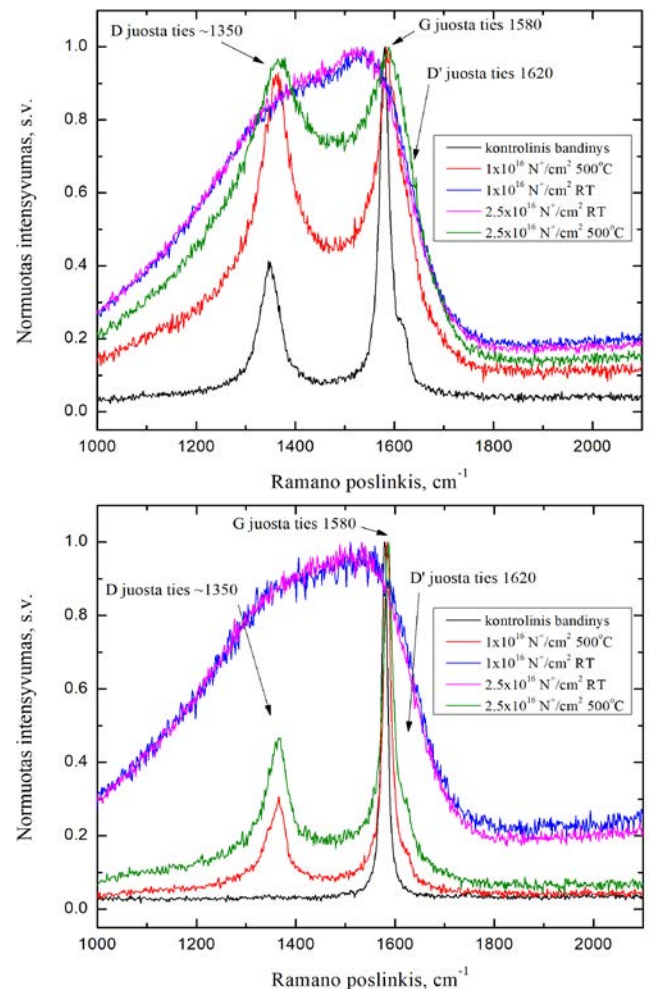
Grafitas RBMK, UNGG, Magnox bei HTR tipo reaktoriuose naudojamas kaip neutronų lėtiklis ir reflektorius. Didelės energijos neutronai, sąveikaudami su grafito gardele, sukelia atominio lygio bei mikrostruktūrinius defektus. Šie defektai gali nulėmti grafito savybių pokyčius, aktyvacijos produktų pasiskirstymą ir kt. Vienas iš didžiausių problemą keliančių aktyvacijos produktų yra C14 – dėl ilgos pusėjimo trukmės, inkorporacijos grafito matricoje. Pagrindiniai C14 atsiradimo keliai yra iš C13 grafito matricoje bei iš pratekančių N14 dujų aktyvacijos. Siekiant įvertinti azoto mobilumą ir pasiskirstymą reaktoriaus sąlygomis, kaip alternatyva apšvitai neutronais, galima naudoti jonų implantavimo metodiką. Šiuo atveju gaunamas greitesnis ekvivalentinės pažeidų dozės gavimas nei naudojant neutronus, bei išvengiama bandinių aktyvacijos. Šio darbo metu į grafitą buvo implantuojami 180 keV azoto jonai siekiant įvertinti grafito struktūros evoliuciją.

Ekperimentams atlikti naudotas aukštos kokybės orientuotas grafitas (HOPG, tankis 2.27 g/cm³) ir RBMK-1500 reaktoriaus grafitas (tankis 1.7 g/cm³). HOPG grafitas papildomai neapdo-rotas prieš atliekant eksperimentus, o RBMK grafitas prieš eksperimentus buvo supjaustytas diskiniu pjūklų be tolesnio apdorojimo. Prieš atliekant jonų implantavimą, teoriškai įvertintas implantuojamų 180 keV energijos azoto jonų ir sukuriamų taškinį defektų pasiskirstymas, panaudojant GEANT4 [1] ir SRIM [2] programinius paketus. Gauta, kad 180 keV azoto jonų siekis RBMK grafite yra apie 350 nm, o HOPG grafite dėl tankesnės struktūros tik apie 295 nm.

Azoto jonų implantavimas buvo atliekamas su 1·10¹⁶ ir 2.5·10¹⁶ jonų/cm² įtėkiais kambario temperatūroje ir 500°C temperatūroje. Po jonų implantavimo buvo atliekami SIMS (Secondary Ion Mass Spectrometry) matavimai vertinant azoto atomų pasiskirstymą pagal gylį. Gauti rezultatai rodo, kad azoto pasiskirstymas RBMK grafite silpnai priklauso implantavimo sąlygų, o HOPG grafite matomas ryškus pokytis dėl temperatūros implantavimo metu, t.y. dėl dinaminio pažeidų atkaitinimo.

Siekiant įvertinti struktūrinius grafito pokyčius po implantavimo taip pat buvo atlikti bandinių Ramano spektrometriniai matavimai (1 pav.). Atlikus implantavimą 500°C temperatūroje stebimas žymiai mažesnis defektų kiekis nei

po implantavimo kambario temperatūroje tiek HOPG, tiek RBMK grafito atveju. Dėl porėtos struktūros RBMK grafite stebimas didesnis defektų kiekis nei HOPG atveju.



1 pav. RBMK (viršuje) bei HOPG (apačioje) grafito Ramano spektrai.

Reaktoriaus darbinėje temperatūroje (~500-550°C) defektacijos bei kristalinės gardelės atsistatymo procesai vyksta vienu metu, todėl grafito struktūroje išvengiama pilnos amorfizacijos bei funkcinių savybių praradimo.

Literatūra

1. S. Agostinelli et al., GEANT4 – A simulation toolkit, Nucl. Instruments Methods Phys. Res. Sect. A, **506**, pp. 250-303 (2003).
2. J.F. Ziegler, M.D. Ziegler, J.P. Biersack, SRIM – the stopping and range of ions in matter, Nucl. Instrum. Methods Phys. Res. Sect. B, **268**, pp.1818-1823 (2010).

JONIZUOJANČIOSIOS SPINDULIUOTĖS DALELIŲ REGISTRAVIMAS IR IDENTIFIKACIJA NAUDOJANT ORGANINIUS JUNGINIUS

Jevgenij Garankin

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

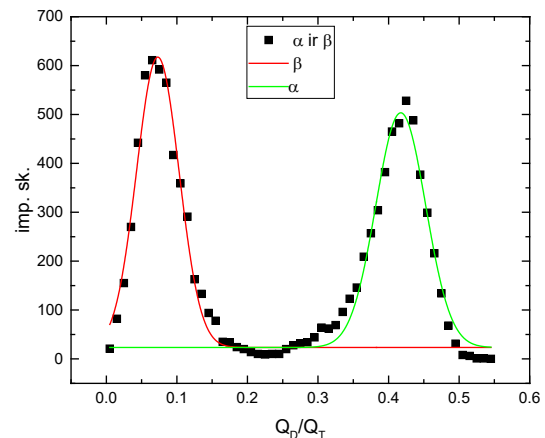
Šiuo metu scintiliatoriniai jonizuojančiosios spinduliuotės detektoriai užima pakankamai didelę detektorių rinkos dalį. Vyksta naujų medžiagų scintiliatoriams kūrimas bei esamų medžiagų modifikavimas, norint pagerinti spektrinį jautrį ir kvantinį našumą.

Didelis organinių scintiliatorių pranašumas yra galimybė atskirti jonizuojančiosios dalelės prigimtį, naudojant šviesos impulso atsako laikinę analizę. Dalelių atskyrimui naudojamas teorinis liuminescencijos ir uždelstosios liuminescencijos intensyvumo mažėjimo modelis, kadangi intensyvumų santykis priklauso nuo į detektorius pataikiusios dalelės prigimties.

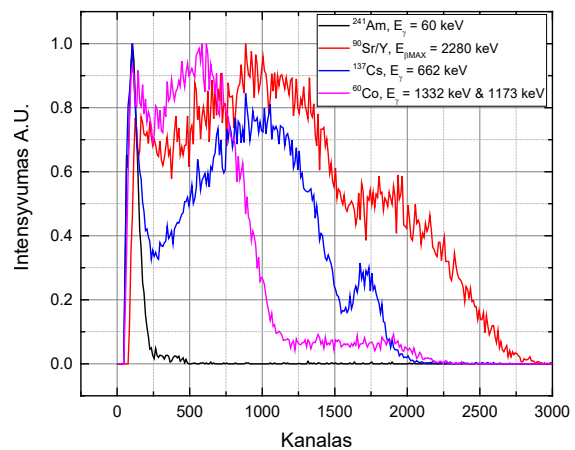
Pagrindinis šio darbo tikslas buvo ištirti scintiliatorinių detektorių, kurių pagrindas yra BF-e (bifluoreno junginiai su etileno jungtimi), galimybes detektuojant ir atskiriant jonizuojančiosios spinduliuotės daleles ir matuojant jų spektrą. Skirtingų tipų jonizuojančiosios spinduliuotės dalelės (alfa, beta, gama, neutronai) buvo registruojamos naudojant fotodaugintuvą, kuris registruodavo dalelėmis generuojamus šviesos impulsus iš detektoriaus.

Dalelių atskyrimo kokybę matuojama vadinamuoju FOM (figure of merit) parametru. Kadangi vieno tipo dalelių energijų išsibarstymas yra normalinis, atskyrus daleles gaunamos dvi Gauso funkcijos smailės. Kuo geriau smailės atsiskiria, tuo FOM parametras yra didesnis.

Rezultatai parodė, kad BF-e medžiagą galima naudoti kaip kristalinį detektorį ir kaip antrinį dažą PS ir PPO pagrindu pagamintame detektoriuje.



1 pav. α ir β dalelių impulsų skaičiaus priklausomybės nuo uždelstosios fluorescencijos integralo santykio su viso impulso integralu (Q_D/Q_T) naudojant BF-e kristalinį detektorį.



2 pav. Jonizuojančiosios spinduliuotės dalelių spektrai, gauti naudojant polisireno detektorį su PPO ir BF-e priedais.

LIETUVOS LIGONINIŲ BRANDUOLINĖS MEDICINOS SKYRIUOSE NAUDOJAMŲ RADIONUKLIDŲ KALIBRATORIŲ PALYGINAMŲJŲ MATAVIMŲ SU ANTRINIŲ ETALONU REZULTATAI

Kirill Skovorodko^{1,2}; Arūnas Gudelis²

¹Vilniaus universiteto ligoninė Santaros klinikos, Santariškių g. 2, LT-08661 Vilnius

²Fizinių ir technologijos mokslų centras, Metrologijos skyrius
Savanorių pr. 231, LT-02300 Vilnius, el. p.: kirill.skov@gmail.com

Branduolinė medicina – tai medicinos sritis, kurioje įvairūs radiofarmaciniai preparatai naudojami ligų diagnostikai, gydymui ar ligos gydymo atsako stebėjimui. Pacientams skiriamų radiofarmacinių preparatų dozavimo tikslumas, skenavimo įrangos kalibravimas priklauso nuo rutininių kokybės kontrolės matavimų, periodinių patikrinimų su kalibraciniais šaltiniais ir palyginimo su antrinio etalono įranga.

Siekiant įvertinti Lietuvos ligoninėse naudojamų aktyvumo kalibratorių tikslumą, buvo atlikti palyginamieji matavimai, jų metu kalibratorių atsakas lygintas su antrinio dozės kalibratoriaus Capintec CRC-15R (kilnojamoji 4 γ jonizacinė kamera) Nr. 158488 atsaku. Kilnojamoji jonizacinė kamera susieta su stacionariąja jonizacine kamera Fidelis Nr. 06048, jos abi palyginimų būdu susietos su Čekijos Nacionalinio metrologijos instituto etalonu ir yra Lietuvos nacionalinio radionuklidų aktyvumo vieneto etalono dalis didelio aktyvumo srityje.

Palyginamųjų matavimų metu buvo nustatyta matavimo neapibrėžtis priklausomai nuo radionuklido ir geometrijos (3 ml švirkštas, kapsulė, strypas ir P6 standartinis buteliukas, kurio matmenys 54 mm x 21,75 mm, o sienelės storis 1,2 mm) dažniausiai Lietuvoje gydymui ir diagnostikai naudojamiems radionuklidams ¹⁸F, ^{99m}Tc, ¹³¹I, ir ²²³Ra bei kalibraciniais šaltiniais, naudojamiems įrangos patikrinimui ir kalibravimui: ¹³⁷Cs, ²²Na ir ⁵⁷Co. Palyginamųjų matavimų rezultatai pateikti 1 lentelėje. Ligoninėse buvo patikrinta 14 skirtingų gamintojų ir modelių radionuklidų kalibratorių: Veenstra VDC-404, Veenstra VDC-405, Veenstra VIK-202, COMECER PITAGORA, Capintec CRC-15R, PTW-CURIE-MENTOR 2, LEMER PAX ScintiDose, ATOMLAB 100.

Branduolinėje medicinoje naudojamų dozės kalibratorių rodmenys yra svarbūs vertinant diagnostinės skenavimo įrangos, kuri fiksuoja, registruoja ir kiekybiškai nustato radiofarmacinio preparato susikaupimą paciento organizme ir sukuria tomografinį radiofarmacinio preparato pasiskirstymo paciento organizme vaizdą, fizinius parametrus (erdvinę skiriamąją gebą, gama kameros netolygumas, pozitronų emisijos tomografijos įrangos standartizuotos kaupimo vertės įvertinimas, taip pat atliekant pacientų dozimetrinius skaičiavimus ir užtikrinant kokybės kontrolę bei darbuotojų radiacinę saugą [1-4].

Tokių tyrimų pagrindinis tikslas yra įvertinti radionuklidų kalibratorių neapibrėžtį, matuojant jų atsaką naudojamiems radionuklidams, skirtingose geometrijose, nes matavimo neapibrėžtis gali viršyti 10-20% [4].

1 lentelė. Palyginamieji dozių kalibratorių matavimai	
Radionuklidas ir geometrija	Nustatyta didžiausia neapibrėžtis (%), $k=2$
¹³⁷ Cs (P6)	8,3
¹²³ I (P6)	3,0
^{99m} Tc (P6)	14,8
^{99m} Tc (švirkštas)	12,1
⁵⁷ Co (strypas)	1,3
²² Na (strypas)	4,2
¹⁸ F (P6)	8,9
¹⁸ F (švirkštas)	4,8
¹³¹ I (P6)	1,9
¹³¹ I (kapsulė)	5,8
²²³ Ra (P6)	1,3



1 pav. Kilnojamoji jonizacinė kamera Capintec CRC-15R (iš kairės) ir matavimams panaudoti skirtingos geometrijos tūriai 3 ml švirkštas, P6 stiklinis buteliukas (iš dešinės).

Atlikti tyrimai parodė, kad siekiant atitikti tarptautinių rekomendacijų reikalavimus (neapibrėžtis ne didesnė kaip 5 % gydymo ir ne didesnė kaip 10% diagnostikos procedūroms), būtina reguliariai tikrinti branduolinės medicinos skyriuose naudojamus radionuklidų kalibrаторius.

Literatūra

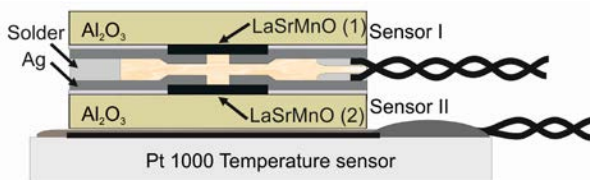
1. Lietuvos HN 77:2015 „Radiacinė sauga branduolinėje medicinoje“, 2002 m. gruodžio 17 d. įsakymu Nr. 642.
2. R.Gadd, M.Baker, K.S.Nijran, and ect. Protocol for establishing and maintaining the calibration of medical radionuclide calibrators and their quality control. Measurement Good Practice Guide No. 93, Teddington, Middlesex, UK: National Physical Laboratory (NPL), (2006).
3. J.E.Carey, P.Byrne, L.DeWerd, R.Lieto, N.Petry, The Selection, Use, Calibration, and Quality Assurance of Radionuclide Calibrators. Used in Nuclear Medicine. Report of AAPM Task Group 181. (2012).
4. C. S. Vergas, and etc. Intercomparison of ^{99m}Tc, ¹⁸F and ¹¹¹In activity measurements with radionuclide calibrators in Belgian hospitals, Physica Medica 45 (2018).

TRUMPŲ STIPRAUS MAGNETINIO LAUKO IMPULSŲ MATUOKLIO SU CMR JUTIKLIU KŪRIMAS IR TYRIMAS

Justas Dilys, Voitech Stankevič

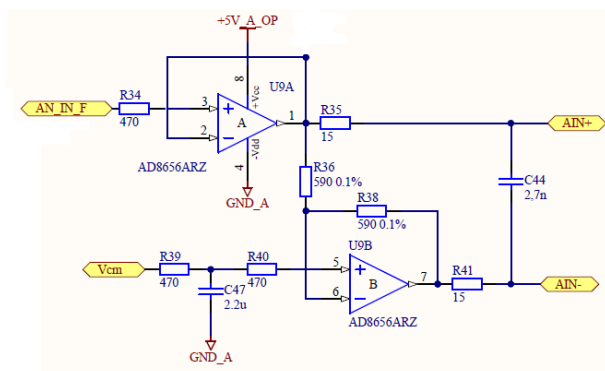
Fizinių ir technologijos mokslų centras, funkcinų medžiagų ir elektronikos skyrius
Saulėtekio al. 3, LT-10257 Vilnius, el. p.: justas.dilys@ftmc.lt

Magnetinio lauko amplitudės jutiklis 1 pav. CMR-B-scalar-06 yra naudojamas matuoti trumpiems stipriems magnetinio lauko impulsams. Šio jutiklio optimalus panaudojimas moksle ir pramonėje reikalauja tikslios elektroninės matavimo grandinės su skaitmeniniu signalo apdorojimo procesoriumi.



1 pav. Magnetinio lauko jutiklio CMR-B-scalar-06 diagrama [1].

Magnetinio lauko jutiklio elektrinės charakteristikos yra unikalios kiekvienam jutikliui, todėl kiekvieno jutiklio charakteristikos yra išmatuojamos specialiais kalibravimo testais ir gauti duomenys yra išsaugomi į skaitmeninių signalų procesoriaus vidinę atmintį ir yra panaudojami jam veikiant. Taip pat jutiklio charakteristikos yra priklausomos nuo jutiklio temperatūros kurios yra taip pat įvertinamos panaudojant papildomą temperatūros matavimo jutiklį.



2 pav. Diferencialinio signalo generavimo elektrinė schema.

Pakankamai tiksliai išmatuoti magnetinį lauką yra reikalinga tiksli ir mažai triukšmų skleidžianti elektrinė grandinė. Todėl magnetinio lauko jutiklis yra maitinamas srovės šaltiniu kuris į matavimo grandinę įneša mažiau triukšmų negu panaudojant įtampos atraminę įtampą. Jutiklio generuojamas elektrinis signalas yra matuojamas tiksliai diferencialiniu analogas kodas keitikliu. Pasiiekti norima tikslumą yra naudojamas 16 bitų analogas kodas keitiklis. Jutiklio skaitmeninį signalą konvertuoti į diferencialinį signalą yra naudojama papildoma grandinė 2 pav. [2].

Signalų apdorojimui ir elektrinių grandinių valdymui yra panaudojamas skaitmeninis procesorius kuris savo vidinėje atmintyje talpina jutiklio charakteristikas ir realiu laiku apskaičiuoja magnetinio lauko amplitudę. Magnetinio lauko priklausomybės žinojimas realiaje laike leidžia pamatuoti ir įvertinti sudėtingus magnetinius laukus juos išsaugoti į atmintį įvykus tam tikrai sąlygai.

Projektuojamo prietaiso magnetinio lauko ruožas 10 mT – 100 T, dažnio diapazonas 0 – 1 MHz, maksimalus matavimo dažnis 10 MHz, duomenų taškų skaičius vienam signalui saugoti į atmintį 10 k.

Literatūra

1. S.Balevicius, N.Zurauskiene, V.Stankevic, S.Kersulis, A.Baskys, V.Bleizgys, J. Dilys, A.Lucinskis, A.Tyshko, S.Brazil, Hand-held Magnetic Field Meter based on CMR-B-scalar sensor, IEEE Transactions on Instrumentation and Measurement, 2019.
2. P. Horowitz, W Hill, The Art of Electronics, 2015.

MAGNETINIO LAUKO JUTIKLIAI IŠ NANOSTRUKTŪRIZUOTŲ La-Sr-Mn-Co-O SLUOKSNIŲ

Vakaris Rudokas, Nerija Žurauskienė

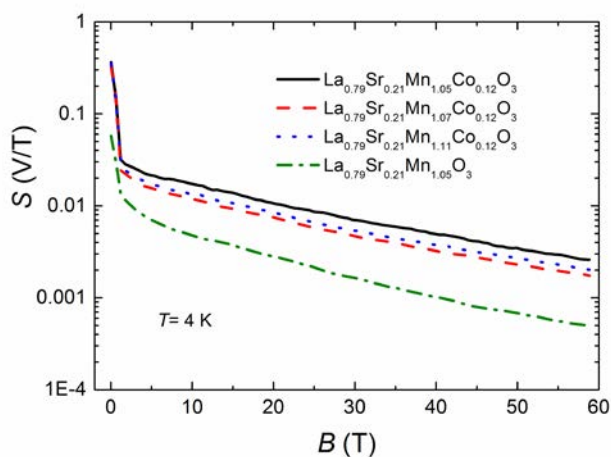
Fizinių ir technologijos mokslų centras, Funkcinių medžiagų ir elektronikos skyrius
Saulėtekio al. 3, LT-10257 Vilnius, el. p.: vakaris.rudokas@ftmc.lt

Pastaruoju metu buvo pademonstruota, kad nanostruktūrizuoti manganitų La-Sr-Mn-O sluoksniai, pasižymintys milžiniška magnetovarža (CMR), gali būti panaudoti stiprių ir net megagausinių magnetinių laukų B-skaliarinių jutiklių kūrimui. Tam tikriems taikymams (kietojo kūno fizikoje, plazmos reiškinių tyrimams) reikia jutiklių veikiančių kriogeninėse temperatūrose. Šiuo atveju yra svarbus ne tik magnetovaržos (MR) dydis, bet ir pakankamas jutiklio jautris stipriuose magnetiniuose laukuose, nes MR turi tendenciją įsisotinti. Buvo parodyta, kad epitaksiniuose La-Sr-Mn-O sluoksniuose dalį Mn atomų pakeitus kobaltu, jų magnetovarža kambario temperatūroje stipriai išauga [1]. Iki šiol manganitų-kobaltitų nanostruktūrizuoti sluoksniai nebuvo plačiau tyrinėti, todėl MR tyrimai šiuose sluoksniuose plačiame magnetinių laukų ruože yra aktualūs.

Buvo tiriami $\text{La}_{1-x}\text{Sr}_x(\text{Mn}_{1-y}\text{Co}_y)_2\text{O}_{3\pm\delta}$ sluoksniai, užauginti PI MOCVD metodu ant polikristalinio Al_2O_3 padėklo. Sluoksnių storis – 350 nm. Buvo išauginti dviejų serijų bandiniai: 1) keičiant kobalto koncentraciją ($y=0; 0,12$) ir 2) išlaikant pastovią Co dalį (0,12) ir keičiant Mn kiekį, t.y. buvo keičiamas santykis Mn+Co/La+Sr. Buvo nustatyta, kad dalies Mn pakeitimas Co sumažina manganito metalas-puslaidininkis virsmo temperatūrą T_m ir padidina savitąją varžą ρ_m [2], tuo tarpu Mn perteklius, t.y. santykio Mn/(La+Sr) padidėjimas, pastumia T_m į aukštesnių temperatūrų sritį ir sumažina ρ_m [3].

Tiriamų sluoksnių magnetovarža buvo išmatuota iki 60 T magnetiniame lauke Drezdeno stiprių magnetinių laukų laboratorijoje, esant temperatūroms žemesnėms, nei T_m (temperatūrų ruože 4–220 K). Gautas magnetovaržos priklausomybės nuo magnetinio srauto tankio parodė, kad žemoje temperatūroje didžiausia magnetovarža pasižymi sluoksniai su didesniu Co kiekiu $y=0,12$ ir mažesne Mn dalimi: $\text{La}_{0,79}\text{Sr}_{0,21}\text{Mn}_{1,05}\text{Co}_{0,12}\text{O}_3$. Iš šių sluoksnių buvo pagaminti stipraus magnetinio lauko jutikliai, kurių jautrio $S=(\Delta V_{at}/\Delta B)$ priklausomybė nuo magnetinio

lauko pavaizduota 1 pav. Čia ΔV_{at} yra jutiklio atsako (įtampos) pokytis, pakitus magnetinio srauto tankiui ΔB . Matome, kad jutiklio jautris yra pakankamas plačiame magnetinių laukų ruože: $S > 10$ mV/T, kai $B < 20$ T ir $S = 2,5$ mV/T, esant $B = 59$ T. Tokius jutiklius galima panaudoti magnetinio lauko matavimams kriogeninėse temperatūrose.



1 pav. Jutiklių iš La-Sr-Mn-Co-O sluoksnių jautrio priklausomybė nuo magnetinio srauto tankio, esant aplinkos temperatūrai $T = 4$ K [3].

Literatūra

1. X. G. Chen, J. B. Fu, C. Yun, H. Zhao, Y. B. Yang, H. L. Du, J. Z. Han, C. S. Wang, S. Q. Liu, Y. Zhang, Y. C. Yang, J. B. Yang, „Magnetic and transport properties of cobalt doped $\text{La}_{0.7}\text{Sr}_{0.3}\text{MnO}_3$ “, J. Appl. Phys., **116**, 103907 (2014).
2. N. Zurauskienė, V. Rudokas, S. Balevicius, S. Kersulis, V. Stankevic, R. Vasiliasukas, V. Plausinaitienė, M. Vagner, R. Lukosė, M. Skapas, R. Juskėnas, „Nanostructured La-Sr-Mn-Co-O Films for Room-Temperature Pulsed Magnetic Field Sensors“, IEEE Trans. Magn. **53**, 4002605 (2017).
3. V. Rudokas, N. Zurauskienė, R. Lukosė, S. Kersulis, V. Stankevic, D. Pavilionis, S. Balevicius, V. Plausinaitiene, M. Vagner, M. Skapas, S. Arsenijevic, „La-Sr-Mn-Co-O films for high pulsed magnetic field measurements at cryogenic temperatures“, IEEE Trans. Plasma Sci. **47**, 4541 (2019).

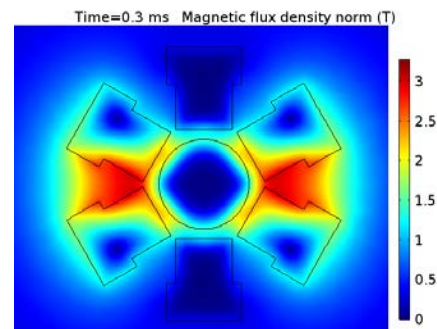
MAGNETINIO LAUKO DIFUZIJA METALINIAME HEKSAGONALINĖS ELEKTROMAGNETINĖS SVAIDYKLĖS SVIEDINYJE IR SUPERLAIDŽIAME VAMZDYJE

Vilius Vertelis, Saulius Balevičius, Markus Schneider

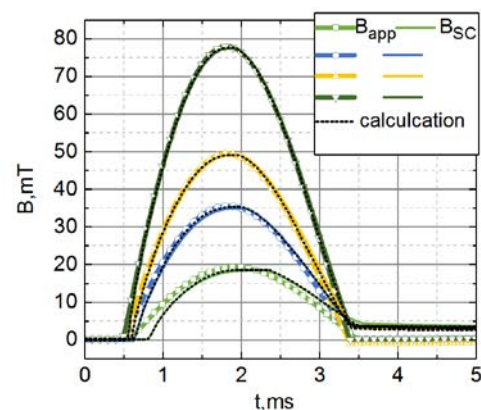
Fizinių ir technologijos mokslų centras, Funkcinių medžiagų ir elektronikos skyrius
Saulėtekio al. 3, LT-10257 Vilnius, el. p.: vilius.vertelis@ftmc.lt

Bėgių tipo elektromagnetinės svaidyklės (EMS) gali būti sėkmingai panaudojamos įvairių elektroninių modulių, turinčių metalinius apvalkalus, pakėlimui į didelius aukščius. Stiprus impulsinis magnetinis laukas, atsirandantis EMS veikimo metu, gali ženkliai sutrikdyti šių modulių veikimą. Šiame darbe buvo atlikti teoriniai ir eksperimentiniai tyrimai, kaip magnetinis laukas skverbiasi į metalinį cilindro formos sviedinį heksagonalinėje sustiprinto lauko (SL) EMS SR\3-60 [1,2]. Buvo nustatyta, jog magnetinio lauko pasiskirstymas arti sviedinio pastebimai pakinta pradiniu jo paleidimo metu (1 pav.). Didėjant atstumui nuo sviedinio, magnetinio lauko iškraipymas mažėja, o poveikio dydis stipriai priklauso nuo metalo elektrinio laidumo. Iš magnetinio lauko pasiskirstymo sviedinio aplinkoje modeliavimo rezultatų buvo įvertintos rizikos zonos magnetiniam laukui jautriems elektroniniams įtaisams. Superlaidininkai gali būti panaudoti kuriant magnetinio lauko šaltinius SL EM svaidyklėms ir magnetinio lauko ekranavimui sviedinio aplinkoje. Atlikta netiesinės magnetinės difuzijos lygties analizė plonasienio superlaidaus vamzdelio, pagaminto iš II tipo superlaidininko, atveju. Parodyta, jog plonasienio cilindro atveju šią lygtį galima supaprastinti taip, kad jos sprendimui nereiktų erdvinio integravimo. Tokia lygtis gali būti naudojama apibūdinant tiek indukuotos srovės srautą vamzdyje, tiek magnetinio lauko pasiskirstymą jo aplinkoje. Gautas geras teorijos sutapimas su eksperimentiškai iširta impulsinio magnetinio lauko skverbimosi dinamika į plonasienį vamzdį (skersmuo 5 mm, sienelės storis 0,5 mm, ilgis 33 mm), pagamintą iš Bi-2223 superlaidininko, atvėsintą iki 77K temperatūros. Tyrimai atlikti su 2,5-6 ms trukmės ir 20 mT - 120 mT amplitudės magnetinio lauko impulsais. Magnetinio lauko matavimui buvo panaudotas indukcinis ir CMR-B-skaliarinis jutikliai. Parodyta, kad magnetinio lauko prasiskverbimo matavimas gali būti naudojamas greitam ir nedestruktyviam pagrindinių plonasienio vamzdžio medžiagos superlaidumo parametrų nustatymui t.y.

krizinio srovės tankio priklausomybei nuo magnetinio lauko indukcijos bei superlaidumo „kietumo“ parametrai [3].



1 pav. Magnetinio lauko indukcijos pasiskirstymas metalinio sviedinio aplinkoje greitinančio magnetinio impulso pradžioje.



2 pav. Magnetinio lauko skverbimosi į plonasienį vamzdį iš Bi-2223 superlaidininko dinamika 77K temperatūroje. B_{app} -išorinis magnetinis laukas, B_{sc} - laukas superlaidaus vamzdžio viduje.

Literatūra

1. V. Vertelis, et.al. Magnetic field expulsion by a conducting projectile in an augmented railgun. Abstract of 19th Electromagnetic Launch Technology Symposium, St. Louis, France, 2018.
2. V. Vertelis, et al. Magnetic field expulsion from a conducting projectile in a pulsed serial augmented railgun, IEEE trans. plasma sci. 2019. Pateiktas spaudai
3. V. Vertelis, et.al., Magnetic field dynamics inside a thin-walled superconducting tube. Abstract of 14th European Conference on Applied Superconductivity, Glasgow, United Kingdom, 2019.

PECVD AUGINIMO SĄLYGŲ ĮTAKA NANOKRISTALINIO GRAFENO SLUOKSNIŲ KOKYBEI

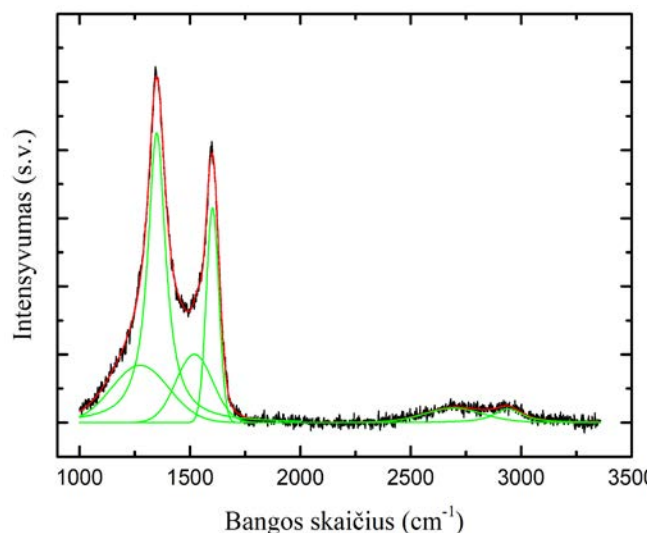
Algimantas Lukša, Gvidas Astromskas, Saulius Balakauskas,
Virginijus Bukauskas, Martynas Talaikis, Marius Treideris, Arūnas Šetkus

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

Pastaruosius du dešimtmečius alotropinės anglies medžiagos susilaukė ypatingai didelio dėmesio. Mokslininkų susidomėjimas ypač sustiprėjo po grafeno atradimo 2004 metais. Tikintis ženklaus proveržio elektronikoje imta intensyviai kurti auginimo technologijas. Lengviausiai sukurtas buvo cheminių garų nusodinimo metodas, kai anglies šaltiniu naudojamos metano dujos. Geriausi rezultatai gauti padėklams naudojant vario foliją ir sluoksnį sintetinant 1000°C temperatūroje [1]. Tačiau toks metodas visiškai netinkamas grafeno integravimui į kitas technologijas ir prietaisus, kai norima sluoksnius auginti ant jau veikiančių darinių. Integravimą riboja tiek aukšta auginimo temperatūra, tiek auginimo padėklas. Vienas iš būdų sumažinti auginimo temperatūrą yra plazma aktyvintu cheminiu garų nusodinimo metodu (PECVD), kai plazmos pagalba skaldomas metanas [2].

Šiame darbe, naudojant PECVD krosnį buvo užauginti nanokristalinės anglies-grafeno sluoksniai ant vario folijos esant 650°C temperatūrai. Dėl galimybės sluoksnius įvertinti optiniu ir atominių jėgų mikroskopais, o taip pat stipresnio Ramano signalo, sluoksniai buvo perkelti nuo vario folijos ant Si/SiO₂ padėklų, naudojant apsauginio polimero metodiką.

Pagal Ramano signalo intensyvumų santykį (sluoksnio su padėklų), buvo santykinai nustatytas anglies kiekis nusėdęs ant bandinių auginimo metu. Gauti rezultatai palyginti su sluoksnių storiais išmatuotais atominės jėgos mikroskopu. Iš Ramano spektrų įvertintas kristalų dydis ir taškinų defektų kiekis. Nustatyta sluoksnių kristališkumo ir taškinų defektų kitimas nuo nusėdusio anglies kiekio. Taip pat auginimo parametrų, tokių kaip: slėgio, srauto ir bandinio padėties plazmos atžvilgiu, įtaka užaugintų sluoksnių kokybei.



1 pav. Sluoksnio užauginto PECVD metodika ant vario padėklo ir perkelti ant Si/SiO₂ padėklo Ramano spektras.

Literatūra

1. C. Mattevi, H. Kim, M. Chhowalla, J. Mater. Chem. **21**, 3324-3334 (2011).
2. N. Yeh, C. Hsu, J. Bagleya, W. Tseng, Nanotechnology **30**, 162001, (2019).

SINTEZĖS SĄLYGŲ ĮTAKA VIENATOMIŲ MOLIBDENO DISULFIDO SLUOKSNIŲ SAVYBĖMS

Vladimir Agafonov, Viktorija Nargelienė, Saulius Balakauskas, Virginijus Bukauskas, Audružis Mironas, Ilja Ignatjev, Alfonsas Rėza, Arūnas Šetkus

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

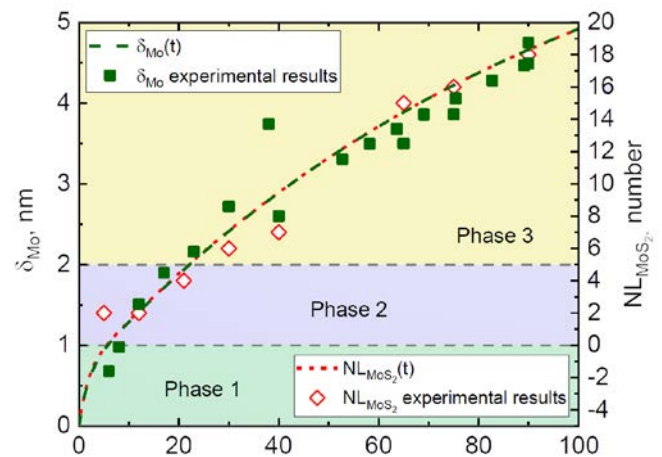
Dvimatės (2D) medžiagos įdomios ir plačiai tiriamos dėl savo neįprastų fizikinių ir cheminių savybių. Tarp visų 2D medžiagų ypatingai išsiskiria pereinamųjų metalų dichalkogenidai. Palyginus su grafenu, jie pasižymi tiesioginiu draustiniu juostu, kuris papildomai gali būti valdomas keičiant medžiagos kompoziciją, funkcionalizuojant arba paveikiant išoriniu elektriniu lauku.

Molibdeno disulfidas (MoS_2) yra vienas pereinamųjų metalų dichalkogenidų. Yra pademonstruota, kad MoS_2 draustiniu juostu tarpas kinta nuo netiesioginio tūrinėje medžiagoje iki tiesioginio viename sluoksnyje [1]. Taip pat MoS_2 pasižymi tiek dideliu judriu, tiek didele įsijungimo - išsijungimo sparta vienatomiame MoS_2 lauko tranzistoriuje [2], dėl ko MoS_2 yra patraukli medžiaga tiek optoelektronikos, tiek elektronikos taikymams.

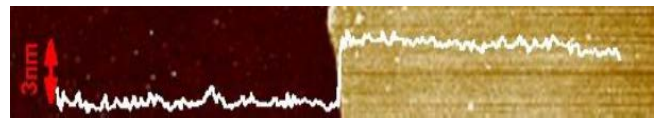
Šiandienai yra atlikta daug tyrimų naudojant plėšytus MoS_2 sluoksnius. Nors plėšyti MoS_2 sluoksniai patvirtina teorines medžiagos savybes, tačiau toks metodas nėra patrauklus dėl nepatikimumo, sunkiai atkartojamos technologijos ir ribotų taikymo galimybių. Šiame darbe pristatomas naujas kontroliuojamų parametrų MoS_2 sluoksniuotų darinių sintezės metodas, formuojant MoS_2 sluoksniuotus darinius CVD metodu.

MoS_2 formuojamas dviejų žingsnių procesu. Pirmu žingsniu ant pasirinkto padėklo nusodinamas plonas Mo metalo sluoksnis. Antru žingsniu plonas Mo sluoksnis yra sulfatizuojamas dviejų temperatūrų zonų krosnyje.

Suformuotų MoS_2 sluoksnių savybės buvo tyrinėtoms Ramano ir šviesos pralaidumo spektroskopijos metodais. Gauti rezultatai parodo, kad griežtai fiksuotomis sąlygomis užtenka vieno parametro (Mo nusodinimo laiko) siekiant kontroliuoti gautų MoS_2 sluoksnių skaičių bei šviesos sugerties spektrai patvirtino, kad šiuo metodu užauginti MoS_2 sluoksniai formuojasi horizontaliais lakštais lygiagrečiai paviršiui.



1 pav. Kalibracinė diagrama siejanti Mo garinimo laiką ir gaunamų MoS_2 sluoksnių skaičių.



2 pav. 4-jų MoS_2 sluoksnių topografijos atvaizdas

Literatūra

1. Mak, K.F., Lee, C., Hone, J., Shan, J., Heinz, T.F.: Atomically thin MoS_2 : A new direct-gap semiconductor. Phys. Rev. Lett. 105, 136805 (2010)
2. Radisavljevic, B., Radenovic, A., Brivio, J., Giacometti, V., Kis, A.: Single-layer MoS_2 transistors. Nature Nanotechnol. 6, 147-150 (2011)

VERTIKALIŲ VAN DER WAALSO DARINIŲ ELEKTRINIO KONTAKTO TYRIMAS JĖGOS SPEKTROSKOPIJOS METODU

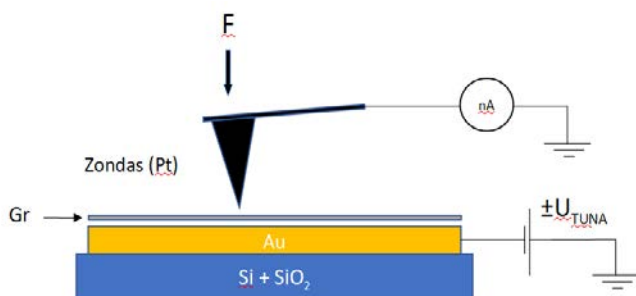
Tomas Daugalas, Virginijus Bukauskas, Viktorija Nargelienė, Algimantas Lukša, Audružis Mironas, Arūnas Šetkus

Fizinių ir technologijos mokslų centras, Fizikinių Technologijų skyrius
Saulėtekio al. 3, LT-10257 Vilnius, el. p.: tomas.daugalas@ftmc.lt

Kuriant vertikalius sluoksniuotus darinius, paremtus van der Waals sąveikomis, jutikliams, saulės elementams ar kitokiems prietaisams, yra svarbus geras elektrinis kontaktas tarp funkcinių sluoksnių ir metalo aikštelių. Svarbu išsiaiškinti ir suprasti, kokie krūvio pernašos mechanizmai lemia srovę šioje vertikalios struktūros elemento vietoje, bei kokią įtaką jie gali daryti prietaiso veikimui bei parametrams.

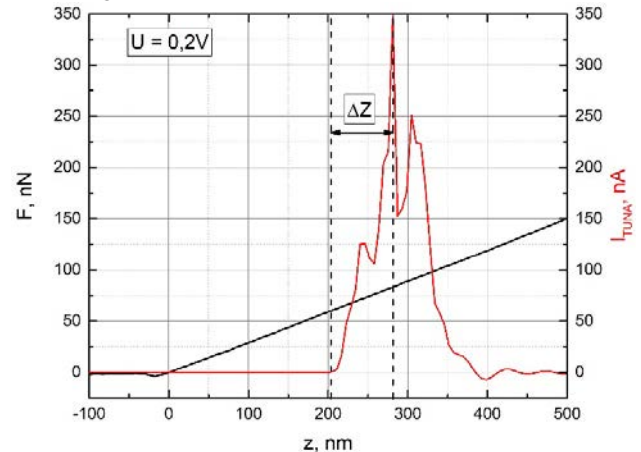
Mūsų tyrimuose vertikalūs dariniai yra formuojami iš dvimačių (2D) medžiagų, o eksperimentiniai tyrimai yra atliekami naudojant įvairias skenuojančiojo zondo mikroskopijos rūšis, tokias kaip skenuojanti tunelinė mikroskopija (STM), atominių jėgų mikroskopija (AFM) ir kitos [1]. Eksperimentiniams rezultatams gauti yra naudojama vakuuminė įranga, kuri leidžia eliminuoti aplinkos įtaką matavimų rezultatams, tačiau sukelia papildomų keblumų eksperimento atlikimui ir neatitinka realių prietaiso naudojimo sąlygų. Šiame darbe pristatomas atominių jėgų spektroskopijos metodikos variantas, naudojimas tiriant perkeltas 2D medžiagas ant metalinio kontakto, jų mechanines bei elektrines savybes kambario aplinkos sąlygomis, esant prijungtam išoriniam elektriniam laukui.

Naudojant perkeltą CVD grafino (Gr) sluoksnį ant litografijos būdu struktūroto metalo (Au), kaip modelinę struktūrą, buvo atlikti jėgos kreivių matavimai skenuojančio zondo mikroskopu. Matavimų metu buvo taip pat pridėdama reguliuojamos vertės ir poliškumo išorinė įtampa tarp zondo ir padėklo (1 pav.).

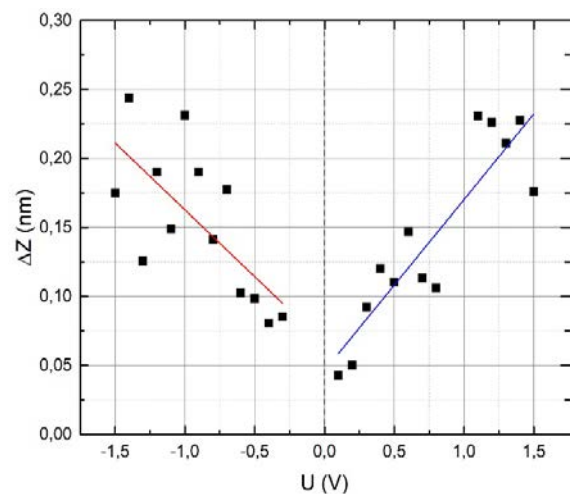


1 pav. Eksperimentų principinė schema.

Apdorojant eksperimentinius duomenis apskaičiuota Gr vertikalios struktūros mechaninio įspaudimo (ΔZ) priklausomybė nuo pridėtos įtampos, pagal zondo galo padėties kitimą erdvėje (2, 3 pav.). Šis ΔZ pokytis gali būti tiesiogiai tapatinamas su tuneliniu srovės barjeru vertikalia kryptimi, kas galėtų leisti aprašyti srovės tekėjimo modelį vertikaliose struktūrose su 2D medžiagomis.



2 pav. Priartėjimo jėgos kreivė (juoda spalva) ir srovės kreivė (raudona spalva), su pažymėtu mechaninio įspaudimo atstumu ΔZ , esant 0,2V išorinei įtampai.



3 pav. Suskaičiuota zondo galo mechaninio įspaudimo ΔZ priklausomybė nuo įtampos dydžio ir poliškumo.

Literatūra:

1. Lee, J.; Hu, X.; Voevodin, A.A.; Martini, A.; Berman, D., *Micromachines* **9**, 169 (2018).

SIMPLE COLOR MODIFICATION OF COMMERCIAL SOLAR CELLS WITH ITO/SiNx DOUBLE LAYER COATINGS

Matas Rudzikas^a, Arūnas Šetkus^a, Marit Stange^b, Juras Ulbikas^c, Alexander G. Ulyashin^b

^a Center for Physical Sciences and Technology, Department of Physical Technologies
Saulėtekio av. 3, LT-10257 Vilnius, email: matas.rudzikas@ftmc.lt

^b SINTEF Industry Forskingsveien 1, 0314 Oslo, Norway;

^c UAB "Modern E-Technologies", Vismaliukų str. 34, Vilnius LT-10243, Lithuania

Building integrated photovoltaics is a fast growing field. Most of solar cells currently in the market are blue or black, therefore ways of changing solar cell visual appearance are required. In this work simple and effective method for modification of solar cell color is applied for commercial cells and described by a fundamental model. Double layer antireflective coating structure is formed by deposition of thin indium tin oxide (ITO) layer on the top of hydrogenized silicon nitride (SiNx:H). Our method is based on the optical interference effect in the layered structure.

Radio frequency magnetron sputtering was used for the deposition of the thin ITO layers on the solar cell samples in room temperature and argon atmosphere.

ITO thickness was changed from 20 to 260 nm, resulting in wide range of colors. Both multi- as well as mono-Si based industrially fabricated textured solar cells with conventional blue color ARC were used. Resulting cells are shown in Figure 1.

Simulation with PV lighthouse tool was performed aside with experiment. 3 different ITO structures were used for simulation, having different refractive index spectra. Current density values were calculated from reflectance spectra. Data set with the highest refractive index values (similar to that of SiNx:H) was in best agreement with produced samples. Lower refractive index values are expected to improve efficiency of particular structure.

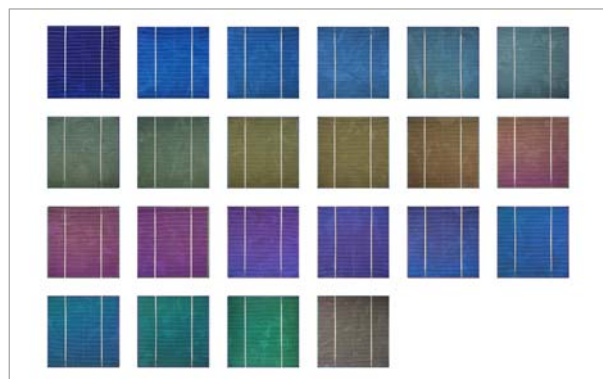


Figure 1. Multicrystalline solar cells with additional different thickness ITO layers on the top.

Analysis of CIE data showed that monocrystalline samples are more pure than multicrystalline in color. However theoretically more pure colors were expected.

Besides, our study proved that the color modification is applicable to the glass/glass module production. The commercial multicrystalline cells modified with 0 and 200 nm ITO were characterized by almost the same parameters as the initial cells. Our approach was proved being successful because the total 8.83 % of power difference was obtained after the modification.

POKELSO NARVELIŲ PJEZOELEKTRINIŲ VIRPESIŲ SLOPINIMO TYRIMAS

Giedrius Sinkevičius, Julius Vengelis, Jonas Banys, Laimonas Masiulis, Algirdas Baškys

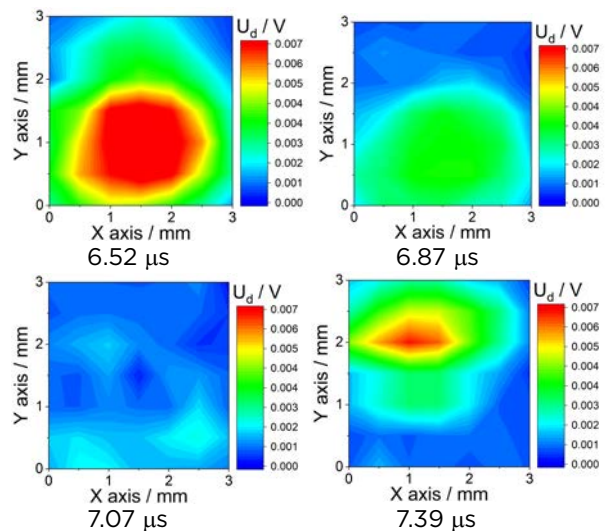
Fizinių ir technologijos mokslų centras, Funkcinių medžiagų ir elektronikos skyrius
Saulėtekio al. 3, LT-10257 Vilnius, el. p.: giedrius.sinkevicius@ftmc.lt

Didelės galio lazerinės sistemose momentiniam lazerio išėjimo galios valdymui yra naudojami elektriniai optiniai modulatoriai. Pokelso narveliai yra vieni dažniausiai naudojamų tokio tipo moduliatorių. Jie sudaryti iš kristalo, kuriame sukūrus stiprų elektrinį lauką įvyksta pokytis tarp medžiagos paprastojo ir nepaprastojo lūžio rodiklio t.y. atliekama per jį sklindančios šviesos spinduliuotės fazinė moduliacija.

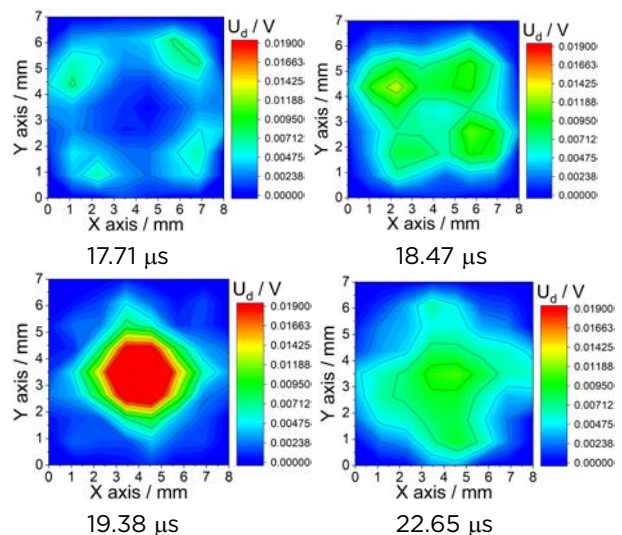
Dažniausiai Pokelso narveliuose naudojami beta bario borato (BBO) ir kalio dideuterio fosfato (DKDP) kristalai. Šie kristalai pasižymi pjezoelektrinėmis savybėmis, kurios dėl staigaus elektrinio lauko pokyčio sukelia mechaninius įtempimus kristale. Tokie įtempimai keičia medžiagos lūžio rodiklį, kuris įtakoja šviesos sklindančios per kristalą fazę. Dėl šio efekto pagrindinis Pokelso narvelio parametras - optinis kontrastas tampa nestabilus [1]. Šis reiškinys nėra pageidaujamas lazerinėse sistemose, todėl būtina atlikti tyrimus siekiant sumažinti šio efekto įtaką optiniam kontrastui.

Šiame darbe atliekami Pokelso narvelių su BBO ir DKDP kristalais staigaus elektrinio lauko pokyčio sukeltų įtempimų pasiskirstymo laiko momentu tyrimai. Sukurtas standas įtempimų pasiskirstymo laiko momentu tyrimui atlikti. Ištirti skersinio tipo Pokelso narveliai su BBO kristalais, kurių matmenys 3x3x25 mm ir 4x4x20 mm. Ištirti išilginio tipo Pokelso narveliai su DKDP kristalais kurių matmenys $\varnothing 9 \times 20$ mm. Gautuose intensyvumo pasiskirstymuose kristale (1 ir 2 pav.) galima stebėti įtempimų susidarymo zonas ir akustinių bangų sklaidimo kryptis. Pokelso narveliuose su BBO kristalu ištirtas įtempimų pasiskirstymas rezonansinių dažnių zonose.

Taip pat šiame darbe pristatomas aukštos įtampos rakto prototipas Pokelso narvelių valdymui, realizuotas naudojant nuosekliai sujungtus MOSFET tranzistorius. Sukurtas prototipas gebantis sugeneruoti 3 kV impulsą su 56 ns trukmės frontais. Prototipe išmėgintas aktyvus pjezoelektrinių virpesių slopinimas, paremtas įtempimo sukeltų lūžio rodiklio pokyčio kompensavimu, keičiant elektrinio lauko stiprį [2].



1 pav. Pokelso narvelio su BBO kristalu intensyvumo pasiskirstymas kristale nurodytu laiko momentu.



2 pav. Pokelso narvelio su DKDP kristalu intensyvumo pasiskirstymas kristale nurodytu laiko momentu.

Literatūra

- [1] F. Bergmann, M. Siebold, M. Loeser, F. Röser, D. Albach, and U. Schramm, "MHz Repetition Rate Yb:YAG and Yb:CaF₂ Regenerative Picosecond Laser Amplifiers with a BBO Pockels Cell," *Applied Sciences*, vol. 5, no. 4, pp. 761-769, Oct. 2015.
- [2] P. C. Amundsen and G. Wang, "Low-loss LiNbO₃ Q switches - Compensation of acoustically-induced refractive index variations," *IEEE Journal of Quantum Electronics*, vol. 23, pp. 2252-2257, Dec. 1987.

Laike kintančių šoninių fotosrovių sąlygota terahercinė emisija nuo InAs paviršiaus

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

¹Fizinių ir technologijos mokslų centras, Optoelektronikos skyrius Saulėtekio al. 3, LT-10257 Vilnius

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

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

⁴ITMO universitetas, 197101, Sankt Peterburgas, Rusija

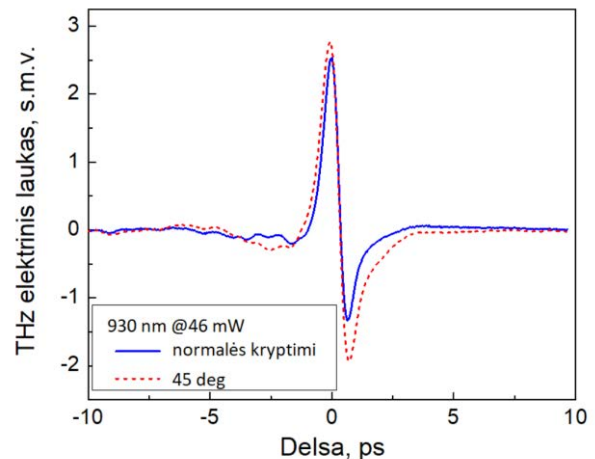
el. p.: paulius.cicenas@ftmc.lt

Terahercinių (THz) impulsų emisija 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. Siauratarpiausi puslaidininkiai, ypač InAs, yra žinomi kaip efektyviausi THz spinduliuotės šaltiniai dėl savo nedidelio šviesos išsiskverbimo gylio, didelės fotosužadintųjų krūvininkų perteklinės energijos ir mažos efektinės elektronų masės [2].

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

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

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



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

Literatūra

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

THz IMPULSŲ GENERACIJOS IŠ GERMANIO KRISTALŲ PAVIRŠIAUS TYRIMAS

Ričardas Norkus, Ignas Nevinskas, Arūnas Krotkus

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

Įvairios medžiagos žadinamos ultratrumpais lazerio impulsais generuoja impulsinę elektromagnetinę spinduliuotę, kurios dažnis yra teraherciniame (THz) diapazone. Pirma THz impulsų generacija buvo pademonstruota netiesiniuose kristaluose, vėliau puslaidininkių paviršiuje, organiniuose kristaluose, feromagnetinėse ir feroelektrinėse medžiagose ar struktūrose, bei hibridiniuose perovskitose. Įprastai Puslaidininkinėse medžiagose žadinama aukščiau už draustinių energijų juostos kraštą, dėl to generacijos prigimtis yra spartus (sub-ps) fotosrovių kitimas. Kadangi fotosrovė kuriama sugeneruotų krūvininkų atsiranda galimybė tyrinėti, kai kuriuos juostinės struktūros parametrus. Ši metodika vadinama THz impulsų emisijos spektroskopija (TES). Naudojantis juo buvo nustatyti puslaidininkių laidumo juostos šoniniai slėniai [1], bei laidumo juostos trūkio vertė GaAsBi/GaAs heterosandūroje [2].

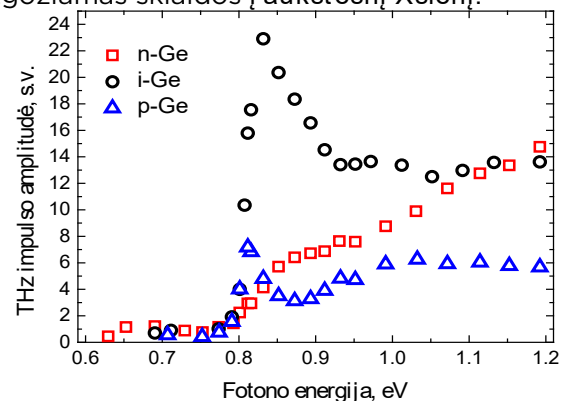
Germanis tai netiesiatarpė medžiaga, kurios draustinių energijų tarpas yra 0.66 eV, tačiau tiesioginis tarpas yra ties ~ 0.8 eV. Tai tinkama energija norint šią medžiagą naudoti THz-TDS sistemose, kurios būtų paremtos šviesolaidiniais lazeriais kurių fotono energija yra ~ 0.8 eV. Taip pat verta paminėti, jog Ge kaip paviršinis emiteris jau buvo tyrinėtas [3,4]. Buvo nustatyta, jog vienas iš generacijos mechanizmu yra elektrinio lauko indukuotas netiesinis lyginimas (EFIOR) [4]. Tačiau tuo metu tyrimai atlikti tik žadinant lazeriais kurių šviesos kvanto energijos buvo 1.2 eV ir 1.55 eV.

Šiame darbe buvo tyrinėjami skirtingo legiravimo tipo (i, n ir p tipo) ir laipsnio Ge bandiniai, kurių paviršiaus plokštuma – (111).

Spektruose (1 pav.) galima matyti, jog p-Ge ir i-Ge turi didžiausią THz generacijos efektyvumą šalia tiesioginio tarpo, kurį galima paaiškinti tuo, jog esant pakankamai mažam paviršiniam laukui, vyrauja generacija dėl foto-Demberio. Šiuo atveju THz impulsus generuoja didelio judrio Γ slėnio elektronai. Tuo tarpu n-Ge generacijos efektyvumas didėja, didinant fotono energiją, nes generacija vyksta dėl paviršinio elektrinio lauko. Kadangi šis yra stipriausias prie paviršiaus, trumpėjant optinės spinduliuotės sugerties gyliui laukas paveikia daugiau sužadintų krūvininkų.

Atlikus optinės spinduliuotės žadinimo ir

THz zondavimo eksperimentus i-Ge bandinyje. Buvo stebimas greitas rekombinacijos procesas, kai žadinama optine spinduliuote (~ 0.8 eV). Tai gali būti paaiškinta elektronų sklaida į L slėnį. Šis procesas didinant fotono energiją yra užgožiamas sklaidos į aukštesnį Xslėnį.



1 pav. THz paviršinės emisijos spektras skirtingo legiravimo tipo Ge bandinių.

Galiausiai buvo atlikti THz impulsų generacijos priklausomybės nuo azimutinio kampo prie skirtingų žadinančių fotono energijų. Buvo pastebėta, kad įprastinis EFIOR (111) i-Ge bandinyje vyksta žadinant į Γ slėnį. Tačiau žadinant energija žemesne nei Γ slėnio vertė azimutinė priklausomybė išliko, bet pakeitė fazę. Mikroskopinis šio efekto aiškinimas susijęs su žadinimu į L slėnius. Šių izoenergetiniai paviršiai yra elipsoidai, kurių ašimis efektinė elektronų masė skiriasi daugiau nei eile, dėl šios anizotropijos atsiranda kintama fotosrovė lygiagrečiai paviršiui.

Šiame darbe buvo pastebėta pakankamai efektyvi THz impulsų generacija iš i-Ge bandinių, bei pakankamai greita elektronų sklaida iš Γ slėnių ties telekomunikacijų bangos ilgiais. Šios savybės leidžia tikėtis Ge panaudojimo THz optoelektronikoje.

Literatūra

1. A. Arlauskas, A. Krotkus, Semicond. Sc. Technol., 27, 115015 (2012).
2. V. Karpus, R. Norkus, R. Butkute, S. Stanionyte, and A. Krotkus, Opt. Express, 26, 33807 (2018).
3. A. Urbanowicz, R. Adomavicius, A. Krotkus, and V. L. Malevich, Semicond. Sci. Technol. 20, 1010 (2005).
4. A. Urbanowicz, R. Adomavicius, A. Krotkus, and V. L. Malevich, Physica B: Condensed Matter 398, 98 (2007).

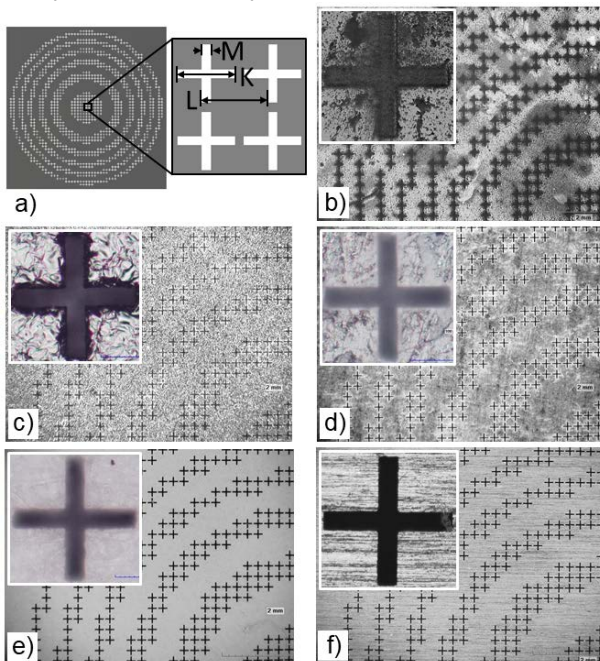
GRAFITINĖS TERAHERCINĖS ZONINĖS PLOKŠTELĖS

Rusnė Ivaškevičiūtė-Povilauskienė, Linas Minkevičius, Andrzej Urbanowicz,
Lukas Laurinavičius, Rasa Pauliukaitė, Gintaras Valušis

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

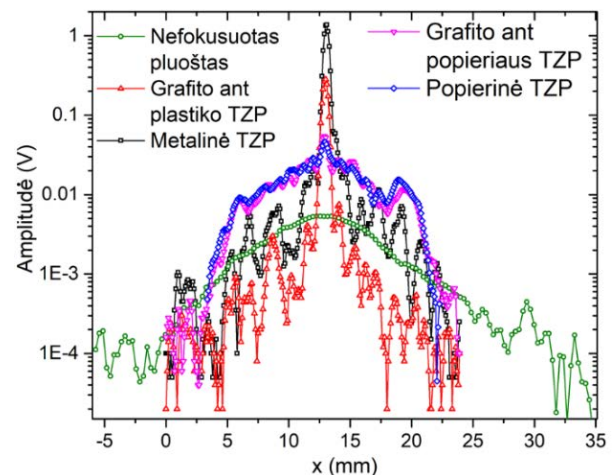
Terahercų (THz) fotonika ir elektronika yra viena aktualiausių optikos, optoelektronikos ir nanotechnologijos tyrimo kryptų. Pastaruoju metu THz mokslas siekia ne tik sukurti kuo labiau kompaktiškas ir patogias naudoti THz spektroskopines ir vaizdinimo sistemas, tačiau ir rasti naujus būdus spinduliuotei valdyti naudojant difrakcinės optikos komponentus [1,2]. Kadangi mažėjant matmenims, kai sistemos turėtų tilpti ant vieno lusto, metalizacija nebėra tinkama, viena iš mūsų siūlomų alternatyvų – anglies nanomedžiagos, tokios kaip grafitas.

Šiame darbe yra pristatomi zoninių plokštelių (TZP) su integruotais rezonansiniais filtrais tyrimas. Tirtų TZP gamybai pasitelktos skirtingos grafito kombinacijos: 2.5 % grafito kompozitas ant didžiavarčio Silicio padėklo, 10 μm grafito plėvelė ant plono poliesterio plastiko, plonas grafito sluoksnis ant 100 μm storio popieriaus bei atraminiai bandiniai iš popieriaus ir 30 μm plieno. Difrakcinės zoninės plokštelės su integruotais rezonansiniais kryžiaus formos filtrais dizainas (aprašytas [3]) ir tirtos TZP pavaizduotos 1 pav.



1 pav. a) Difrakcinės zoninės plokštelės su integruotais rezonansiniais filtrais dizainas; b) 2.5 % grafito kompozito TZP; c) grafito ant plastiko TZP; d) grafito ant popieriaus TZP; e) etaloninė popierinė TZP; f) etaloninė metalinė TZP.

Naudojantis THz spektroskopija su laikine skyra išmatuoti tiriamųjų zoninių plokštelių pralaidumo spektrai. Grafito ant plastiko TZP spektras panašus į metalinės TZP spektrą, o jo amplitudė vos 18 % mažesnė nei etaloninio bandinio. Taip pat, siekiant patikrinti grafitinių zoninių plokštelių veikimą ir jų fokusavimo galimybes, naudojantis THz nuostoviosios veikos sistema, buvo atliktas bandinių vaizdinimas ir gauti THz pluošto, praėjusio pro tiriamuosius optinius elementus pjūviai židinio taške ties 0.6 THz dažniu (2 pav.). Iš visų grafito pagrindo zoninių plokštelių, grafito ant plastiko TZP pasižymėjo geriausiomis THz pluošto fokusavimo savybėmis.



2 pav. THz pluošto, fokusuoto tirtomis zoninėmis plokštelėmis skerspjūvis židinio taške ties 0.6 THz dažniu.

Šiame darbe parodėme, jog grafitas gali būti puikiai pritaikomas terahercinės spinduliuotės sričiai skirtų optinių elementų gamybai.

Reikšminiai žodžiai: Terahercai, anglies nanomedžiagos, difrakciniai optiniai elementai, terahercinės zoninės plokštelės.

Literatūra

1. L. Minkevičius et. al., Compact diffractive optics for THz imaging, *Lithuanian Journal of Physics*, **85** (1), 99-107 (2018).
2. L. Minkevičius et. al., Focusing Performance of Terahertz Zone Plates with Integrated Cross-shape Apertures, *J. Infrared, Millimeter, Terahertz Waves*, **35** (9), 699-702 (2014).
3. L. Minkevičius et. al., Terahertz zone plates with integrated laser-ablated bandpass filters, *Electronics Letters*, **49** (1), 49-50 (2013).

OPTICAL PROPERTIES OF SILVER NANOPARTICLES FORMED BY THERMAL EVAPORATION

Audrius Valavičius, Mantas Drazdys, Alexandr Belosludtsev, Ramutis Drazdys

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

The combination of a metal island film (MIF) within a dielectric multilayer had high interest of researchers for several decades. Current research indicates that addition of noble metal particles might improve some optical properties of optical coatings. It is known, that Ag, Cu, Au and some other noble metal particles possess strong localized surface plasmon (LSP) resonance in the visible or near infrared spectrum [1]. When the free electrons, due to small dimension of metal particles, behave optically in a similar manner like bound electrons. Induced charged density oscillation shows a strong absorption maximum peak in some particular wavelength range. This peak strongly depends on deposition parameter such as layer thickness, substrate temperature and deposition rate. Such coatings can be applied, for photovoltaic, absorbers, reflectors and biosensors applications.

Deposition parameter influence on LSP peak position MIF was investigated using following sample structure: fused silica substrate (FS) /dielectric layer/silver /dielectric layer. The bottom dielectric layers were used in order to evaluate the same initial growth conditions. Top layer stabilizes and prevents MIF from environment influence.

The MIF were deposited using thermal evaporation system "VERA1100". Silver deposition processes were implemented using thermal resistivity heating in molybdenum crucible filled up with silver pellets. The MIF thickness was controlled by quartz crystal monitoring system.

Aluminium oxide layers were deposited in a cross-flow type ALD reactor Savannah S200 manufactured by Ultratech. Commercial trimethylaluminium (TMA) and deionized water were used as reactants.

AFM measurements show that formed samples consist from well separated silver particles. The deposited silver does not exceed percolation threshold [2], [3]. Particles having 5-40 nm radiuses were observed by segmentation method. Top layer shows necessary properties to prevent possible environment influence. No changes of optical properties were observed for 1 year.

It has been observed that particle diameter, roughness, and particle density of the film is strongly dependent on the substrate temperature and nominal thickness of MIF. LSP shows high sensitivity to morphological and topological variation.

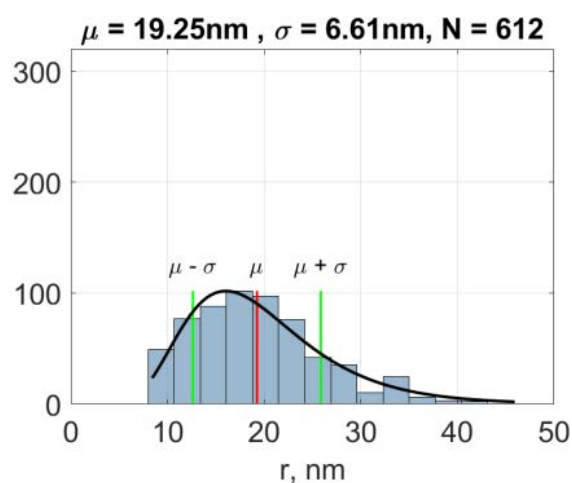


Fig 1. Silver particles size distribution analysis for 5 nm thick silver layer, formed at 300 °C temperature. The values of N - Particle number, μ - mean value of particles radius, r - are also presented.

The highest standard deviation of particles radius 6.6 nm was observed in the sample with 5 nm thick silver layer, formed at 300 °C temperature (see Figure 1). The radius of average particle increased from 11 nm to 20 nm with the increase of silver layer from 1 nm to 5 nm. Investigated deposition parameters show possibility to tune LSP peak position from 430 nm to 560 nm.

- [1] A. Axelevitch ir B. Apter, „In-situ investigation of optical transmittance in metal thin films“, *Thin Solid Films*, t. 591, p. 261-266, rugs. 2015.
- [2] N. Venugopal ir A. Mitra, „Influence of temperature dependent morphology on localized surface plasmon resonance in ultra-thin silver island films“, *Applied Surface Science*, t. 285, p. 357-372, lapkr. 2013.
- [3] A. Valavicius, P. Jurkšaitis, A. Belosludtsev, ir S. Kičas, „Optimization of thermal evaporation for continuous silver films and their application for non-polarizing optical components“, *Advances in Optical Thin Films VI*, Frankfurt, Germany, 2018, p. 68.

OPTINIŲ DANGŲ NUSODINIMAS ANT STRUKTŪRIZUOTŲ PADĖKLŲ

L. Grinevičiūtė¹, D. Gailevičius^{2,3}, K. Staliūnas^{4,5}, L. Ramalis¹, R. Buzelis¹, R. Drzdys¹, T. Tolenis¹

¹Fizinių ir technologijos mokslų centras, Lazerinių technologijų skyrius,
Savanorių pr. 231, LT-02300 Vilnius, Lietuva. el. p.: lina.grineviciute@ftmc.lt

²Vilniaus universitetas, Fizikos fakultetas, Lazerinių tyrimų centras, Saulėtekio al. 10, Vilnius, Lietuva

³Femtika LTD, Saulėtekio al. 15, LT-10224, Vilnius, Lietuva

⁴Institució Catalana de Recerca i Estudis Avancats (ICREA),
Passeig Lluís Companys 23, 08010, Barcelona, Spain

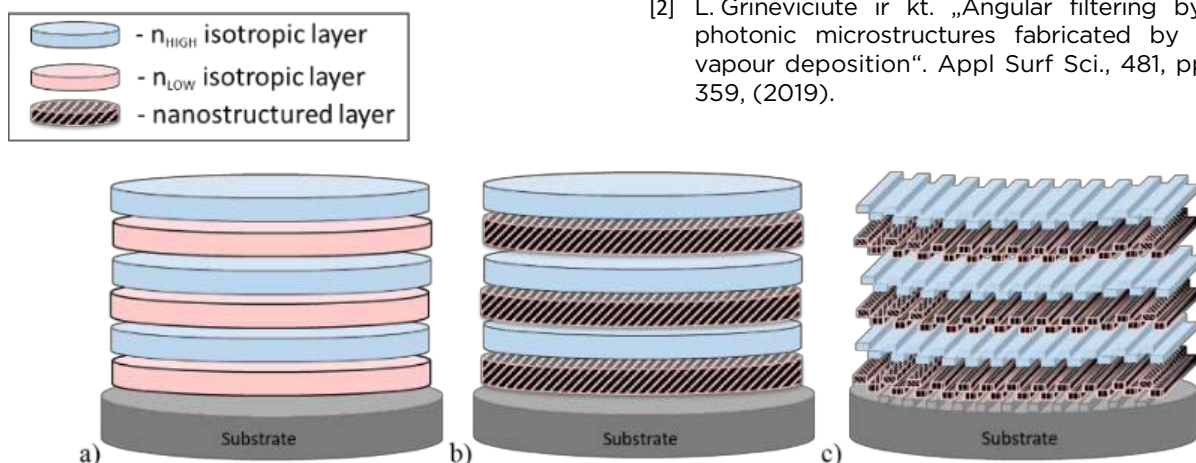
⁵Universitat Politècnica de Catalunya (UPC), Rambla Sant Nebridi 22, 08222, Terrassa, Barcelona, Spain

Taikant standartinius plonų dangų nusodinimo metodus, padėklai dedami į nuolat besisukantį laikiklį, kuris užtikrina geresnį nusodinamų sluoksnių storio tolygumą ir susiformuotų dangų izotropiškumą. Norint taip nusodinti optines interferencines dangas, derinamos dvi ar daugiau skirtingų medžiagų, kurios pasižymi skirtingomis optinėmis konstantomis, pvz., su dideliu ir mažu lūžio rodikliu (1 a) pav.). Garinimo kampu technologijos metu (angl. Glancing Angle Deposition, GLAD) padėklų padėtis būna parenkama tokia, kad būtų išlaikomi dideli kampai tarp nusodinamų garų srauto ir padėklų paviršiaus normalės. Tokiu būdu, dėl atomų mažos energijos, galima formuoti struktūrizuotas dangas – plonus sluoksnius, kurių vidinė struktūra sudaryta iš tam tikros geometrinės formos kolonų (1 b) pav.). Tokios dangos gali pasižymėti ne tik standartiniams sluoksniams būdingomis savybėmis, bet taip pat ir optiniu anizotropiškumu [1], chiralumi ir kt. Tačiau norint pagaminti dar sudėtingesnius optinius elementus ar 2D, 3D fotoninius kristalus galima formuoti dangas ne tik ant plokščių paviršių, bet ir ant padėklų su periodiškai moduluotu paviršiumi, pvz., sinuso ar kitos formos gardelės (1 c) pav.).

Šiame darbe pristatomas metodas leidžiantis formuoti naujo tipo elementus – kompaktiškus erdvinius filtrus mikro-lazerinėms sistemoms [2]. Tokie elementai ypač reikalingi galingsesnėms mikro-lazerinėms sistemoms, kuriose, dėl didelės generuojamos spinduliuotės energijos, spindulio pluoštas išsiderina (energijos pasiskirstymas nukrypsta nuo Gauso formos). Tokiu atveju, naudoti standartines kelių lęšių sistemas suderinimui negalima dėl mažų lazerio matmenų. Šiame darbe pademonstravome, kad naudojant fizinį garų nusodinimo metodą ant struktūrizuotų paviršių galima pasiekti periodiškumą dvejomis kryptimis ir suformuoti 2D fotoninį kristalą, kuris dėl savo savybių veikia kaip erdvinis filtras. Tačiau, pasiekti norimas tokių elementų charakteristikas, reikia turėti tiek tinkamą pradinę struktūrą, tiek ir tiksliai valdyti garinamų sluoksnių parametrus, kad sluoksniai atkartotų ar tolygiai keistų pradinę struktūros geometriją. Todėl reikalingi tolimesni tyrimai nustatyti kaip kinta sluoksnių geometrija augant dangai ir kaip tai priklauso nuo atomų nusodinimo parametrų.

Literatūra:

- [1] L. Grinevičiūtė ir kt., Highly Resistant Zero-Order Waveplates Based on All-Silica Multilayer Coatings, Phys. Status Solidi A, vol. 214, no. 12, p. 1700764, (2017).
- [2] L. Grineviciute ir kt. „Angular filtering by Bragg photonic microstructures fabricated by physical vapour deposition“. Appl Surf Sci., 481, pp. 353 – 359, (2019).



1 pav. Principinė schema: a) standartinė daugiasluoksnė danga, b) nano-struktūrizuota daugiasluoksnė danga, c) daugiasluoksnė danga ant struktūrizuoto padėklo.

GARINIMO TECHNOLOGINIŲ PARAMETRŲ ĮTAKA PLONŲJŲ SLUOKSNIŲ LIEKAMIESIEMS ĮTEMPIAMS IR OPTINĖMS SAVYBĖMS

Vilmantas Amulevičius

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

Dauguma iš garų fazės nusodintų plonų sluoksnių pasižymi mažu tankio struktūra, kurią lemia maža nusodinamų dalelių energija. Tokie ploni sluoksniai pasižymi dideliais įtempiais, spektrinių charakteristikų nestabilumu, drėgmės adsorbcija ir pan.

Proceso temperatūros padidėjimas išsprendžia dalį šių problemų. Tačiau efektyvesnis būdas padidinti nusodinamų molekulių judrumą yra dengimas su joniniu asistavimu. Nusodinimas su jonų asistavimu – tai procesas, kuriame medžiaga išgarinama terminiu arba elektronų pluošto garintuvu ir tuo pat metu augantis sluoksnis veikiamas didelės energijos jonais. Ploni sluoksniai suformuoti naudojant šią technologiją pasižymi geresne stochiometrija, atsparesni aplinkos poveikiui, leidžia kontroliuoti kitas dangos savybes [1].

Šiame darbe nagrinėjamas jonų pluošto poveikis HfO_2 ir SiO_2 sluoksnių savybėms.

Prieš atliekant eksperimentus su dangomis buvo atliktas jonų šaltinio tyrimas naudojant Faradėjaus celės tipo detektorių siekiant rasti optimalius darbo režimus.

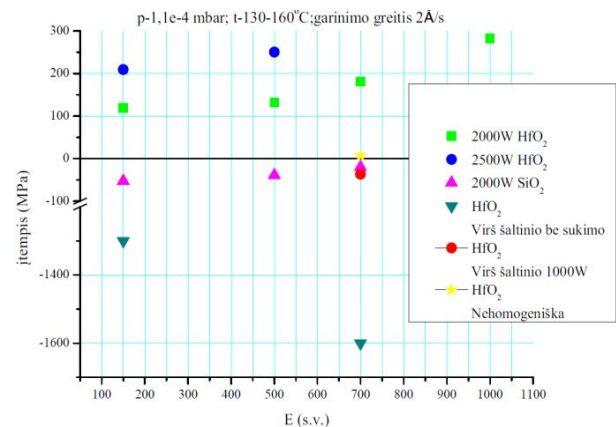
Dalis proceso parametrų (temperatūra, garinimo greitis, slėgis) buvo išlaikomi vienodi visuose eksperimentuose. Buvo keičiamas tik jonų šaltinio poveikio intensyvumas. Liekamiesiems įtempiams nustatyti buvo naudojamas Stoney metodas (1). Įtempio priklausomybės nuo procesų parametrų pateiktos 1 pav.

$$\sigma_f = \frac{E_s h_s^2}{6(1-\nu_s)h_f} \times \left(\frac{1}{R} - \frac{1}{R_0} \right) \quad (1)$$

Hafnio dioksido sluoksniuose, užgarintuose naudojant padėklų sukimo mechanizmą, stebimi tempiamieji įtempiai. Padaryta išvada, kad sukami padėklai yra veikiami šaltinio tik dalį proceso trukmės ir danga nepakankamai sutankinama. Pavyzdėliuose, padengtuose orientuojant juos

virš jonų šaltinio, gauti dideli gniuždomieji įtempiai, liudijantys apie labai tankią dangą. Keičiant jonų šaltinio galingumą ir jonų energiją bei padėklų padėtį šaltinio atžvilgiu, buvo užaugintos dangos turinčios praktiškai nulinius įtempius.

SiO_2 sluoksniuose stebimi gniuždomieji įtempiai, kurie mažėja didinant jonų poveikio intensyvumą. Tai sutampa su literatūroje aprašytais įtempių silicio dioksido formavimosi modeliais [2].



1 pav. Įtempio priklausomybė nuo proceso parametrų (teigiamos reikšmės – tempiamieji, neigiamos – gniuždomieji įtempiai).

Taip pat buvo įvertintos dangų optinės savybės.

Literatūra

1. S. Mohan, M. Ghanashyam Krishna, A review of ion beam assisted deposition of optical thin films, Vacuum, Vol. 46, Num. 7, 645 p.(1994).
2. H. Leplan, B. Geenen, J. Y. Robic, Y. Pauleau, Residual stresses in evaporated silicon dioxide thin films, Appl. Phys. 78, 967 p. , (1995)

PADIDINTO OPTINIO ATSPARUMO PLAČIAJUOSČIAI ČIRPUOTI VEIDRODŽIAI

Simas Melnikas¹, Simonas Kičas¹, Andrius Melninkaitis², Algirdas Selskis³

¹Fizinių ir technologijos mokslų centras, Lazerinių technologijų skyrius
Savanorių pr. 231, LT-02300 Vilnius, el. p.: simas.melnikas@ftmc.lt

²Vilniaus universitetas, Lazerinių tyrimų centras, Saulėtekio al. 10, LT-10223 Vilnius

³Fizinių ir technologijos mokslų centras, Medžiagų struktūrinės analizės skyrius
Saulėtekio al. 3, LT-10257 Vilnius

Čirpuoti daugiasluksniai dielektriniai veidrodžiai (CM) yra naudojami dispersijos kompensavimui ultratrumpųjų impulsų lazerinėse sistemose. Dėl specialios tokio veidrodžio sandaros atskiros šviesos spektrinės komponentės įsiskverbia į skirtingą gylį [1]. Tai leidžia pasiekti efektą atspindėtai šviesai, analogišką anomaliaja dispersija pasižyminčioms medžiagoms regimajame ir artimajame infraraudonųjų spindulių spektriniuose ruožuose. Dar svarbiau: dispersija gali būti pasirenkama pagal optinę sistemą, kurioje veidrodis bus naudojamas, modeliuojant tinkamą CM struktūrą. Taip kompensuojama normaliosios dispersijos medžiagų optinių elementų įtaka ultratrumpųjų impulsų išplitimui.

Tačiau sudėtinga CM struktūra sustiprina kitą problemą, būdingą intensyvių ultratrumpųjų lazerių sistemose. Dėl padidėjusio krįtančios šviesos intensyvumo tam tikrose veidrodžio zonose, tokie veidrodžiai yra lengviau pažeidžiami intensyvia lazerine šviesa [2]. Šio darbo tikslas buvo padidinti CM pažaidos slenkstį, optimizuojant veidrodžių struktūras – keičiant sluoksnių storius ir sluoksnių medžiagas atsparesnėmis lazerinei spinduliuotei.

Penkios skirtingos CM struktūros buvo suprojektuotos programa Optilayer ir padengtos jonaplauščio dulkinimo technologija (žr. 1 lentelę). Visi veidrodžiai tenkino vienodus spektrinius reikalavimus: atspindžio koeficientas (R) didesnis nei 98.5 %, o grupinio vėlinimo dispersija (GDD) lygi $-50 \pm 10 \text{ fs}^2$ bangos ilgio ruože nuo 700 nm iki 900 nm. Tačiau antrojo, trečiojo, ketvirtojo ir penktojo veidrodžių struktūrose buvo pakeičiamos didžiausiu intensyvumu pasižyminčių Nb₂O₅ sluoksnių medžiagos atsparesnėmis lazerinei spinduliuotei arba optimizuojama struktūra, sumažinant šviesos intensyvumą didžiausio šviesos intensyvumo niobio oksido sluoksniuose.

Atlikus daugiasluoksnių struktūrų

dengimo procesus, CM pralaidumo koeficiento (T) matavimai plačiame spektriniame ruože (400-1600 nm) ir grupinio vėlinimo dispersijos matavimai veidrodžio atspindžio zonoje parodė, kad padengtose veidrodžių struktūrose nebuvo didelių paklaidų, galėjusių nulemti reikšmingus šviesos intensyvumo pokyčius. Veidrodžių pažaidos slenkščio matavimais ($\lambda_c = 800 \text{ nm}$, $v = 1 \text{ kHz}$, $\Delta t_{\text{FWHM}} = 101.6 \text{ fs}$) nustatyta, kad optimizuotos struktūros CM optinės pažaidos slenkščiai buvo 0.15-3.5 karto didesni, nei neoptimizuotos struktūros veidrodžio. Pažaidos taškų matavimai kontaktiniu profilometru, atominių jėgų mikroskopu ir skenuojančiu elektronų mikroskopu parodė, kad pažaidos morfologija yra išpūstos pūslelės formos, o dangos pažaida inicijuojama vidiniuose dangos sluoksniuose, kur šviesos intensyvumas yra didžiausias.

Eksperimentų rezultatais patvirtinta, kad optimizuojant CM struktūrą, galima bent kelis kartus padidinti veidrodžio pažaidos slenkstį. Taip pat buvo nustatyta, kad CM dangos pažeidžiamos vidiniuose sluoksniuose. Tai sukelia pūslelės formos iškilimus. Tam tikrais atvejais viršutiniai sluoksniai gali visiškai nusilupti pažaidos vietoje nuo likusios dangos.

1 lentelė. Maksimalus šviesos intensyvumas čirpuotų veidrodžių Nb ₂ O ₅ sluoksniuose.		
Veidrodis	Veidrodžio sluoksnių medžiagos	Maks. $ E ^2$ (Nb ₂ O ₅) @800 nm (s.v.)
CM-1	Nb ₂ O ₅ /SiO ₂	4.5
CM-2	Nb ₂ O ₅ /Al ₂ O ₃ /SiO ₂	3.6
CM-3	Nb ₂ O ₅ /SiO ₂	3.8
CM-4	Nb ₂ O ₅ /Al ₂ O ₃ /SiO ₂	2.8
CM-5	Nb ₂ O ₅ /HfO ₂ /SiO ₂	0.7

Literatūra

1. R. Szipocz, K. Ferencz, Ch. Spielmann, and F. Krausz, Opt. Lett. **19**, 201-203 (1994).
2. K. Starke, T. Gross, and D. Ristau, Proc. SPIE **4347**, 528-534 (2001).

KOMPAKTIŠKAS PLAČIAJUOSTIS FEMTOSEKUNDINIS MIR ŠALTINIS SDG SPEKTROSKOPIJAI

Karolis Madeikis^{1,2}, Rokas Danilevičius^{1,2}, Tadas Bartulevičius^{1,2}, Laurynas Veselis^{1,2},
Andrejus Michailovas^{1,2}

¹ EKSPLO, UAB, Savanorių pr. 237, LT-02300 Vilnius,

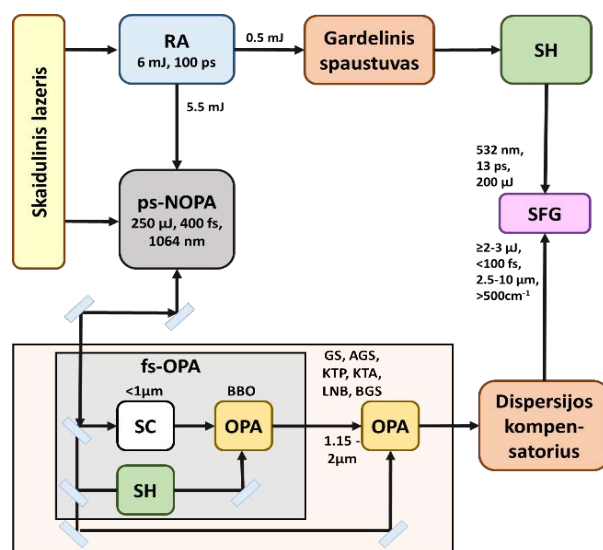
² Fizinių ir technologijos mokslų centras, Lazerinių technologijų skyrius
Savanorių pr. 231, LT-02300 Vilnius, el. p.: k.madeikis@ekspla.com

Suminio dažnio generacijos (SDG) spektroskopija yra galingas ir nedestruktyvus paviršių ir sandūrų charakterizavimo būdas [1]. Plačiajuostė SDG spektroskopijos sistemoje naudojami femtosekundiniai lazeriniai šaltiniai, kuriu dėka vienu matavimu užregistruojamas visas spektras, tačiau spektrinė rezoliucija yra ribota ir siekia tik apie $10\text{--}20\text{ cm}^{-1}$ [2]. Norint apeiti fizikinius ribojimus ir pagerinti rezoliuciją yra naudojamos spektro siaurinimo technikos, deja jos yra itin neefektyvios ir dėl to patiriami didžiuliai energijos nuostoliai [3]. Kitas būdas kaip pasiekti viso spektro registravimą vienu matavimu ir užtikrinti gerą spektrinę rezoliuciją yra femtosekundinio ir pikosekundinio lazerio panaudojimas hibridinėje SDG spektroskopijos sistemoje [4]. Tokiose sistemose lazeriai turi būti tarpusavyje sinchronizuoti, kas nėra lengvai pasiekama ir reikalauja sudėtingų techninių sprendimų.

Šiame darbe pristatyta naujoviška, plačiajuostė, didelės rezoliucijos bei visiškai optiškai sinchronizuotos SDG spektroskopijos sistemos koncepcija, kuri išvengia anksčiau minėtų trūkumų (1 pav.). Daugiakanalis pikosekundinis skaidulinis lazeris yra panaudojamas kaip tokios sistemos užkrato šaltinis. Vienas iš skaidulinio lazerio kanalų yra naudojamas užkrėsti didelės energijos pikosekundinį Nd:YVO₄ regeneracinį stiprintuvą, kurio išėjime siaurajuosčiai ($\sim 1.5\text{ cm}^{-1}$) 1 kHz pasikartojimo dažnio impulsai. Kitame skaidulinio lazerio kanale yra formuojami plačiajuosčiai impulsai pasinaudojus fazinės savimoduliacijos efektu. Šie impulsai yra išplečiami laike, parametriškai pastiprinti kaupinant pikosekundiniais impulsais iš regeneracinio stiprintuvo ir tuomet suspausti iki kelių šimtų femtosekundžių trukmės gaunant pakankamai energijos, kad būtų sugeneruota superkontinuumo spinduliuotė ir ji pastiprinta optinių parametrinių stiprintuvų kaskadinėse pakopose. Galiausiai dar viena optinio parametrinio stiprintuvo pakopa panaudojama bangos ilgiam pastumti į MIR spektro ruožą - stiprinama šaltinė banga iš prieš tai buvusios pakopos.

Šiame pranešime mes orientavomės į plačiajuosčio femtosekundinio kanalo optimizavimą siekiant pasiekti $>500\text{ cm}^{-1}$ juostos plotį bei

platų derinimo diapazoną (nuo $2\text{ }\mu\text{m}$ iki $10\text{ }\mu\text{m}$) mikrodžaulių lygio impulsus.



1 pav. Principinė hibridinės SDG sistemos schema. RA - regeneracinis stiprintuvus, SH - antros harmonikos generavimo modulis, SC - Superkontinuumo generavimo modulis, OPA - optinio parametrinio stiprintuvo pakopa, SFG - suminio dažnio generavimo modulis.

Įvairių schemų su skirtingais netiesiniais kristalais modeliavimo rezultatai bus pristatyti konferencijos metu.

Literatūra

1. Y.R. Shen, "Surface properties probed by second-harmonic and sum-frequency generation", *Nature* **337**, 519 (1989).
2. L. Velarde X. Zhang, Z. Lu, A. G. Joly, Z. Wang and H. Wang, "Communication: Spectroscopic phase and lineshapes in high-resolution broadband sum frequency vibrational spectroscopy: Resolving interfacial inhomogeneities of "identical" molecular groups", *J. Chem. Phys.* **135**, 241102 (2011).
3. Z. Heiner, L. Wang, V. Petrov and M. Mero, "Broadband vibrational sum-frequency generation spectrometer at 100 kHz in the $950\text{--}1750\text{ cm}^{-1}$ spectral range utilizing a LiGaS₂ optical parametric amplifier", *Opt. Exp.* **27**(11), 15289–15297 (2019).
4. L. Velarde and H. F. Wang, "Unified treatment and measurement of the spectral resolution and temporal effects in frequency-resolved sum-frequency generation vibrational spectroscopy (SFG-VS)", *Phys. Chem. Chem. Phys.* **15**, 19970 (2013).

LAZERINIŲ IR TRADICINIŲ STIKLO PJOVIMO METODŲ PALYGINIMAS

Juozas Dudutis, Rokas Stonys, Jokūbas Pipiras, Eimantas Daknys,
Miglė Mackevičiūtė, Paulius Gečys

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

Didėjant gamintojų reikalavimams, lazeriniai stiklo apdirbimo metodai dėl tikslumo, kokybės, apdirbimo greičio ir išplėstų technologinių galimybių tampa alternatyva pramonėje plačiai naudojamoms įvairioms tradicinėms technologijoms, tokioms kaip mechaninis raižymas ir laužimas, diskinis pjovimas ir pjovimas vandens čiurkšle. Kita vertus, šiuo metu trūksta išsamesnio lazerinių ir tradicinių stiklo pjovimo metodų palyginimo, siekiant pakeisti esamus metodus naujais.

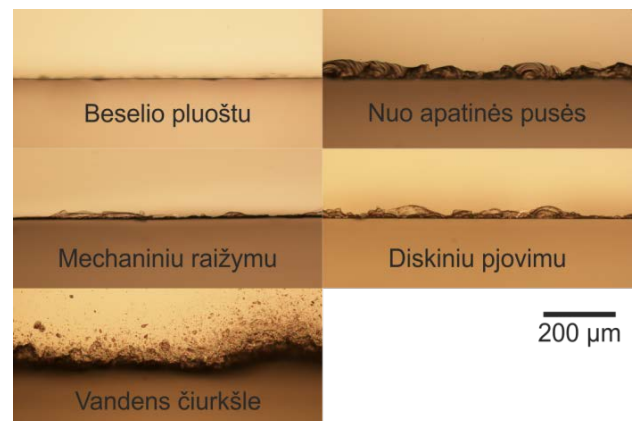
Tyrimų metu ištirtos dvi lazerinės technologijos, pasižyminčios itin dideliu našumu - stiklo pjovimas nuo apatinės bandinio pusės [1, 2] bei stiklo raižymas ir laužimas panaudojant didelio nedifraguojančios zonos ilgio Beselio pluoštą [3-5].

Pjaunant stiklą nuo apatinės pusės, aštriai fokusuojant nanosekundinio lazerio impulsus medžiagoje yra suformuojami mikroįtrūkiai. Parinkus tinkamą impulsų persiklojimą apdirbimo plokštumoje, medžiaga gali būti pašalinama nuolaužų forma, kurių išilginiai matmenys siekia nuo kelių dešimčių iki šimtų mikrometrų, todėl sunaudojama mažiau energijos visos medžiagos lydymui ir išgarinimui [1]. Medžiagos pašalinimo sparta tokiu atveju siekia kelis mm³/s apdirbant ~15 W vidutinės galios lazeriniu šaltiniu. Tai yra keliomis eilėmis spartesnis medžiagos pašalinimas lyginant su tiesiogine abliacija. Taip pat šia technologija suformuojamos statmenos pjūvio sienelės bei galimas 2.5D medžiagų apdirbimas, sudėtingų kontūrų išpjovimas [2]. Kita vertus, siekiant apdirbti medžiagas nuo apatinės pusės reikia formuoti didelį pjūvio plotį apdirbimo produktų pašalinimui, todėl efektyvusis pjovimo greitis paprastai yra mm/s eilės dydis.

Vienas efektyviausių metodų yra stiklo tūrinis modifikavimas ir mechaninis arba terminis detalių atskyrimas. Tokiu būdu suformuojamas itin mažas pjūvio plotis bei pasiekiamas didelis pjovimo greitis, siekiantis šimtus mm/s. Siekiant apdirbti storo stiklo ruošinius (>1 mm), yra naudojami didelio nedifraguojančios zonos ilgio pluoštai. Šiame darbe buvo naudojami asimetriniai Beselio pavidalo lazeriniai pluoštai, kurie leido suformuoti kryptingus skersinius įtrūkius

medžiagoje. Formuojant įtrūkius išilgai pjovimo krypties buvo padidintas pjovimo greitis bei palengvintas suraižytų detalių atskyrimas [3-5].

Šio darbo metu lazerinės technologijos buvo palygintos su trimis skirtingomis tradicinėmis technologijomis - mechaniniu raižymu ir atskyrimu, pjovimu deimantiniu disku bei vandens čiurkšle. Tyrimų metu atlikti mechaninio atsparumo testai keturių taškų lenkimo sistema, ištirti liekamieji įtempiai stikle po pjovimo, išmatuoti maksimalūs susidarantys įtrūkiai bei pjūvio paviršiaus šiurkštumas. Papildomai atlikti išpjautų stiklo juostelių virpinimo testai. Skirtingais metodais išpjautų 1 mm storio silikatinio stiklo juostelių optinio mikroskopo nuotraukos yra pateiktos 1 pav.



1 pav. Skirtingomis technologijomis perpjautų stiklo juostelių optinio mikroskopo nuotraukos.

Literatūra

1. P. Gečys, J. Dudutis, and G. Račiukaitis, J Laser Micro Nanoen. **10**, 254-258 (2015).
2. V. Tomkus, V. Girdauskas, J. Dudutis, P. Gečys, V. Stankevič, and G. Račiukaitis, Opt. Express **26**, 27965-27977 (2018).
3. J. Dudutis, P. Gečys, and G. Račiukaitis, Opt. Express **24**, 28433-28443 (2016).
4. J. Dudutis, R. Stonys, G. Račiukaitis, and P. Gečys, Opt. Express **26**, 3627-3637 (2018).
5. J. Dudutis, R. Stonys, G. Račiukaitis, and P. Gečys, Opt. Laser Technol. **111**, 331-337 (2019).

STIKLO PJAUSTYMO EKSPERIMENTAI SU ILGOS NEDIFRAGUOJANČIOS ZONOS LAZERIO PLUOŠTU

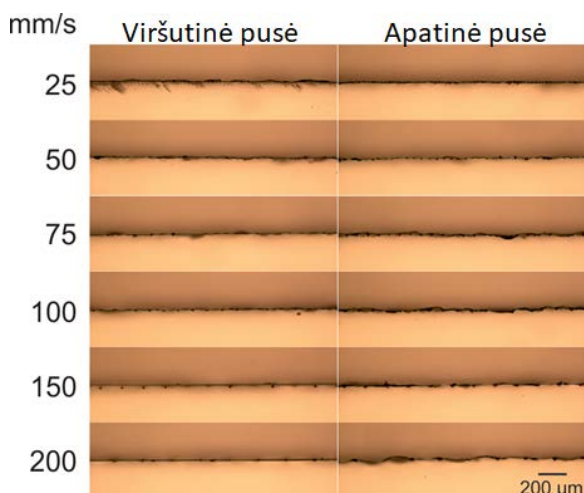
Jokūbas Pipiras¹, Juozas Dudutis¹, Simon Schwarz², Stefan Rung², Ralf Hellmann², Paulius Gečys¹

¹Fizinių ir technologijos mokslų centras, Lazerinių technologijų skyrius
Savanorių pr. 231, LT-02300 Vilnius, el. p.: jokubas.pipiras@ftmc.lt

²Applied Laser and Photonics Group, University of Applied Sciences Aschaffenburg,
63743 Aschaffenburg, Germany

Plečiantis stiklo apdirbimo technologijų rinkai, apdirbimo kokybei bei spartai keliama vis griežtesni reikalavimai. Ieškomi efektyvūs bei užtikrinantys aukštą apdirbimo kokybę procesai. Vienas iš energetiškai efektyviausių lazerinio apdirbimo būdų yra stiklo raižymas Beselio-Gauso pluoštu. Šio proceso metu yra formuojamos pailgos modifikacijos per visą bandinio storį, todėl Beselio-Gauso pluoštas puikiai pritaikomas dėl ilgos nedifraguojančios zonos. Taip pat su šia stiklo pjaustymo metodika raižymo greitis gali siekti m/s.

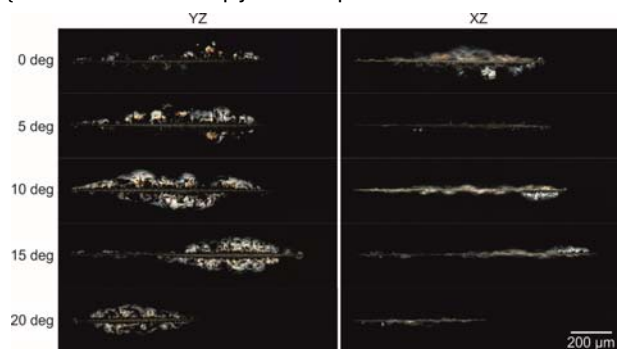
Ekspperimentų metu Beselio-Gauso pluoštas buvo formuojamas kūginė prizme, vadinama eksikonu, kurios viršūnės kampas siekė 170 deg. Lazerio sistemos parametrai: 300 ps impulso trukmė, 2 mJ impulso energijos, 1 kHz impulsų pasikartojimo dažnis. Buvo formuojami įtrūkiai 1 mm storio silikatinio stiklo padėkle. Tuomet stiklai buvo laužomi 4 taškų lenkimo sistema, paveikiant mechanine jėga. Perlaužtų bandinių nuotrauka pateikta 1 pav.



1 pav. Silikatinio stiklo paviršiaus apskeldėjimai formuojant modifikacijas asimetriniu Beselio-Gauso pluoštu, keičiant pluošto skenavimo greitį.

Šis metodas leidžia pasiekti aukštą lūžio kokybę, nereikalaujančia tolesnio apdirbimo [1]. Keičiant skenavimo greitį buvo keičiamas atstumas tarp gretimų įtrūkių. Taip pat dėl kūginės prizmės geometrijos savybių buvo formuojamas asimetrinis Beselio-Gauso pluoštas, kas lėmė kryptingų skersinių įtrūkių formavimąsi [2]. Skersinių įtrūkių kryptį buvo galima kontroliuoti keičiant kūginės prizmės orientaciją optinės ašies atžvilgiu [3] (2 pav).

Pranešime bus pristatyti sugeneruoto Beselio-Gauso pluošto skirstinio tyrimai bei įtaka lazeriniam pjovimo procesui.



2 pav. Silikatinio stiklo modifikacijos tūryje keičiant kūginės prizmės nuokrypio kampą.

Literatūra

1. J. Dudutis, R. Stonys, G. Račiukaitis, P. Gečys, Glass dicing with elliptical Bessel beam, *Optics & Laser Technology* **111**, 331-337 (2019).
2. J. Dudutis, P. Gečys, G. Račiukaitis, Non-ideal axicon-generated Bessel beam application for intra-volume glass modification, *Opt. Express* **24**, 28433-28443 (2016).
3. J. Dudutis, R. Stonys, P. Gečys, G. Račiukaitis, Aberration-controlled Bessel beam processing of glass, *Opt. Express* **26**, 3627-3637 (2018).

LAZERIU ASISTUOTO PLASTIKŲ PADENGIMO METALU PROCESO OPTIMIZAVIMAS

V. Vosylius¹, K. Ratautas¹, I. Andriulionytė¹, A. Jagminienė², I. Stankevičienė²,
E. Norkus², G. Račiukaitis¹

Fizinių ir technologijos mokslų centras, ¹Lazerinių technologijų skyrius, ²Katalizės skyrius
Savanorių pr. 231, LT-02300 Vilnius, el. p.: vytautas.vosylius@ftmc.lt

Šiuolaikinė elektronikos pramonė randa vis daugiau pritaikymų ant 3D paviršių gaminamiems elektronikos prietaisams. Be pramonėje jau nusistovėjusių gamybos būdų, nuolat ieškoma ir naujų. Spausdintų elektros takelių (ang. PCB (*printed circuit board*)) technologija nepatenkina rinkos poreikių, kadangi yra plokščia, reikalaujanti daug papildomų dalių: korpuso, išvadų, jungčių, bei laidų [1].

Lazeriu asistuoja selektyvi paviršiaus aktyvacija (ang. SSAIL (*Selective Surface Activation Induced by a Laser*)) yra alternatyvus efektyvus metodas elektros takelių gamybai ant dielektrinių medžiagų [2]. Ši, FTMC patentuota technologija yra procesas susidedantis iš 4 žingsnių: paviršiaus modifikavimo lazeriu; cheminės aktyvacijos; skalavimo; vario sluoksnio besrovio nusodinimo. (žr. 1 pav.).

Pristatomas būdas modifikuoti sudėtingus trimačius paviršius su lazeriu keičiant tik detalės padėtį ir ją paveikiant lazerio spinduliuote valdoma galvanometrinio skenerio. Tokį metodą riboja detalės geometrija. Išvesta matematinė fokuso keitimo žingsnelio priklausoma nuo bandinio parametru:

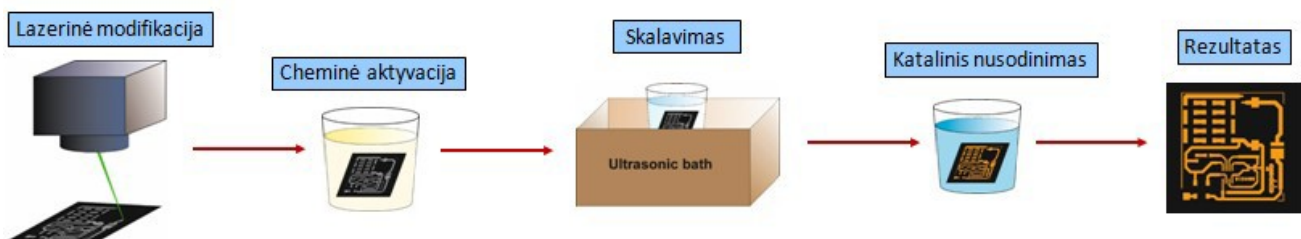
$$df = (1 - \sin(\alpha)) / (r * k * \cos(\alpha)). \quad (1)$$

čia df – fokuso žingsnelis; α – lazerinės spinduliuotės kritimo kampas į paviršių; r – bandinio paviršiaus kreivumo radiusas; k – kartotinis kiek kartų keičiamas fokusas. Šiame modelyje buvo įskaityta tik geometrinė fokuso žingsnelio df priklausoma nuo bandinio matmenų ir neįskaityta galios tankio nuo kampo priklausoma. Ši priklausoma apskaičiuota ir eksperimentiškai tirta su cilindriniais bandiniais, tačiau ji taip pat gali būti taikoma bet kokiam paviršiui – jį aprašant kreivumo radiusu r ir kritimo kampu α .

Eksperimentiškai buvo pademonstruoti vario takeliai ant $r=63\text{mm}$ diametro PLA6 plastiko cilindro. Lazerinis apdirbimas buvo atliekamas įvairiais kampais į paviršių ir nustatyta gautų takelių laidumo priklausoma nuo kampo. Tokiu metodu apdirbant paviršių iki 60 laipsnių kampu po viso proceso gaunami geri takelių laidumai.

Literatūra

1. Franke, J. *Three-Dimensional Molded Interconnect Devices (3D-MID): Materials, Manufacturing, Assembly and Applications for Injection Molded Circuit Carriers*; Franke, J., Ed.; Hanser Publications: Munich, 2014.
2. K. Ratautas, et al, *Applied Surface Science*, **470**, 405-410, (2019).



1 pav. 1 SSAIL proceso žingsniai. [2]

GIGAHERCINIŲ IMPULSŲ PAKETŲ REALIZACIJA ŠVIESOLAIDINIAME LAZERYJE

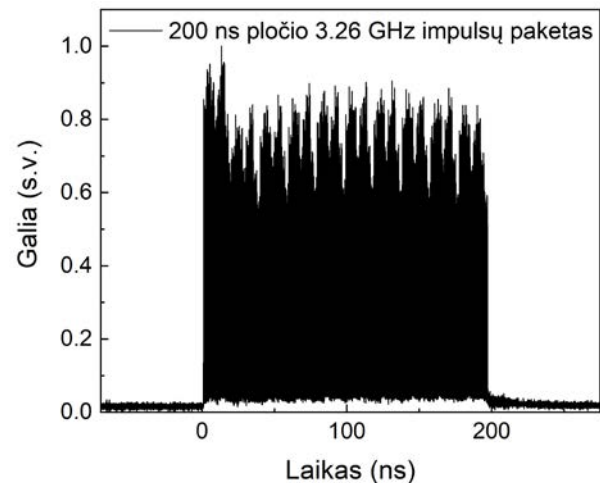
Tadas Bartulevičius, Karolis Madeikis, Laurynas Veselis, Andrejus Michailovas

Fizinių ir technologijos mokslų centras, Lazerinių technologijų skyrius
Saulėtekio al. 3, LT-10257 Vilnius, el. p.: t.bartulevicius@ekspla.com

Didelės energijos ultratrumpųjų impulsų šviesolaidinės čirpuotų impulsų stiprinimo (ŠČIS) sistemos tampa vis patrauklesnės įvairiems mikroapdirbimo taikymams. Šie taikymai reikalauja kruopščiai pritaikytų lazerinės sistemos parametrų, įvairių lazerinės sistemos veikimo režimų bei ilgo veikimo laiko. Deja, didelės energijos ultratrumpųjų impulsų šviesolaidinėse čirpuotų impulsų stiprinimo sistemose maksimalų pasiekiamą impulsų smailinį intensyvumą riboja netiesiniai efektai, tokie kaip impulsų fazės moduliavimasis, savifokusavimas, priverstinė Ramano sklaida. Čirpuotų impulsų stiprinimo metodika leidžia sumažinti netiesinių efektų įtaką, mažinančių suspaustų impulsų kokybę. Norėdami pasiekti dešimčių mikrodžaulių energiją iš vienamodžio šviesolaidinio stiprintuvo, reikia išplėsti pradinį impulsą laike iki šimtų pikosekundžių trukmės, vėliau pastiprinti šviesolaidiniuose stiprintuvuose ir suspausti iki pradinės arba trumpesnės impulsų trukmės. Čirpuotų impulsų stiprinimą didelės energijos femtosekundiniame šviesolaidiniame lazeryje galima atlikti naudojant čirpuotos šviesolaidinės Brego gardelės impulsų plėstuvą ir čirpuotos tūrinės Brego gardelės impulsų spaustuvą [1,2]. Praeitame darbe buvo pademonstruota šviesolaidinė femtosekundinė didelės energijos (10 μ J) mažiau nei 1 W vidutinės galios lazerinė sistema, kurioje buvo naudojamas vienamodis į šerdį kaupinamas šviesolaidinis stiprintuvas [2].

Neseniai pademonstruotas medžiagos apdirbimo mechanizmas, panaudojant didelės energijos ultratrumpųjų impulsų paketus, kuriuose impulsų pasikartojimo dažnis siekia gigahercų (GHz) eilę, leido pasiekti žymiai didesnę abliacijos efektyvumą ir išlaikyti aukštą lazerinės abliacijos kokybę [3]. Šis medžiagų apdirbimo režimas reikalauja nuo dešimčių iki šimtų mikrodžaulių siekiančių impulsų paketų energiją bei dešimčių vatų siekiančią lazerinės spinduliuotės vidutinę galią. Vidutinė lazerinės spinduliuotės galia šviesolaidiniuose lazeryuose gali būti padidinta pakankamai nesudėtingai panaudojus įvairių tipų didelio modos ploto šviesolaidinius stiprintuvus kaupinamus didelės galios lazeriniais diodais.

Šiame darbe yra pristatoma GHz impulsų paketų realizacija šviesolaidiniame lazeryje. Pademonstruota kompaktinė didelės galios (>20 W) ŠČIS sistema su fotoninių kristalų šviesolaidžio stiprintuvu, leido pasiekti 100 μ J impulsų paketų energiją. Impulsų pasikartojimo dažnis pakete siekė 3,26 GHz. 200 ns pločio ir 100 μ J energijos impulsų paketas, kuriame impulsų pasikartojimo dažnis siekė 3,26 GHz pavaizduotas 1 pav.



1 pav. 200 ns pločio ir 100 μ J energijos impulsų paketas, kuriame impulsų pasikartojimo dažnis - 3,26 GHz.

Išsami informacija apie GHz impulsų paketų realizacijos metodą šviesolaidiniame lazeryje ir eksperimentinių rezultatų apžvalga bus pateikta konferencijos metu.

Literatūra

1. T. Bartulevicius, S. Frankinas, A. Michailovas, R. Vasilyeu, V. Smirnov, F. Trepanier, and N. Rusteika, "Compact fiber CPA system based on a CFBG stretcher and CVBG compressor with matched dispersion profile," *Opt. Express* **25**, 19856-19862 (2017).
2. T. Bartulevicius, L. Veselis, K. Madeikis, A. Michailovas, and N. Rusteika, "Compact femtosecond 10 μ J pulse energy fiber laser with a CFBG stretcher and CVBG compressor," *Opt. Fiber Technol.* **45**, 77-80 (2018).
3. C. Kerse, H. Kalaycioğlu, P. Elahi, B. Çetin, D.K. Kesim, Ö. Akçaalan, S. Yavaş, Mehmet D. Aşık, B. Öktem, H. Hoogland, R. Holzwarth, F.Ö. Ilday, "Ablation-cooled material removal with ultrafast bursts of pulses," *Nature* **537**, 84-88 (2016).

PLAČIAJUOSTIS OPCPA KAUPINAMAS PIKOSEKUNDINIAIS M-FORMOS IMPULSAIS

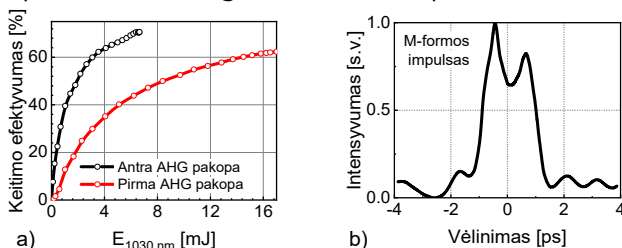
Paulius Mackonis¹, Aleksej M. Rodin¹, Augustinas Petrulėnas¹, Vytenis Girdauskas¹

¹Fizinių ir technologijos mokslų centras, Lazerinių technologijų skyrius
Saulėtekio al. 3, LT-10257 Vilnius, el. p.: paulius.mackonis@ftmc.lt

Pirmą kartą pademonstravus Optinį Parametrinį Čirpuotų Impulsų Stiprinimą [1] (ang. OPCPA) 1992 m. buvo sukurta daug skirtingų itin didelės smailinės galios OPCPA sistemų architektūrų. Iki šiol Lietuvoje buvo įgyvendinti panašių lazerių projektai "NAGLIS" [2] ir "SYLOS" [3] - pirmasis laikinai neveikia, antrasis - įrengtas Vengrijoje. Šiame darbe mes pristatome naujausius rezultatus vystant nebrangią ir kompaktišką sub-TW klasės lazerinę sistemą.

Pritaikius bendrą sistemą baltos šviesos superkontinuumo (BŠS) generacijai ~ 500 - 1000 nm bangos ilgių ruože ir OPCPA kaupinimui užtikrina paprastą signalo ir kaupinimo laikinę sinchronizaciją [4]. Taip pat kaupinimo impulsų gaubtinės forma apsprendžia pastiprinto signalo spektro plotį bei stiprinimo efektyvumą. Mes pademonstravome kompaktišką sub-TW klasės OPCPA maketą VIS-IR bangos ilgių ruože esant minimaliam pradinio BŠS spektro pločio susiaurėjimui dėl kelių ps trukmės ir „M“ - pavidalo gaubtinės kaupinimo impulsų panaudojimo, kurie buvo formuojami pakopiniame antros harmonikos generatoriuje (AHG). Tai leido kartu padidinti ir bendrą AHG efektyvumą.

Artimos infraraudonosios srities kaupinimo impulsai, kurių energija siekia 21 mJ, o trukmė 1.2 ps, buvo gauti naudojant dviejų pakopų dviejų praėjimų čirpuotų impulsų stiprintuvą su Yb:YAG strypo aktyviąja lazerine terpe [5]. Maža dalis kaupinimo spinduliuotės buvo naudojama generuoti BŠS 15 mm ilgio YAG strype. Parinkus optimalias sužadinimo sąlygas, superkontinuumo impulsų energijos stabilumas tapo kelis kartus geresnis nei kaupinimo šaltinio.

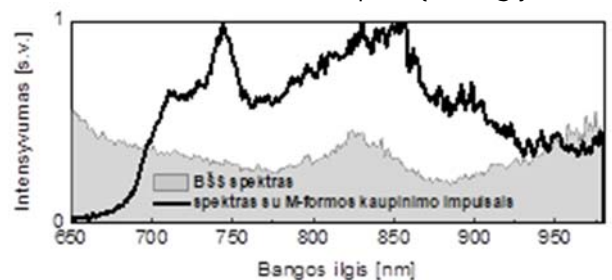


1 pav. a) AHG keitimo efektyvumai pirmoje (raudona) ir antroje (juoda) AHG pakopose, b) suformuoto kaupinimo impulso gaubtinė.

Antra harmonika buvo generuojama vienas po kito esančiuose LBO ir BBO kristaluose, su atitinkamai 62 % ir 70 % keitimo efektyvumais (1 pav.

a), kai bendras AHG keitimo efektyvumas siekia ~ 85 %. Stiprus fundamentinės spinduliuotės nuskurdimas pirmoje AHG pakopoje leido suformuoti transformuotą kelių pikosekundžių trukmės impulsų gaubtinę.

„M“ - pavidalo gaubtinės impulsai (1 pav.b) panaudoti kaupinti dvi pirmąsias OPCPA pakopas BBO kristaluose. Tai leido pasiekti gerokai platesnį pastiprinto signalo spektro plotį (2 pav.), o 85 % AHG keitimo efektyvumas leido padidinti ir OPCPA efektyvumą. Po šių dviejų OPCPA pakopų pasiekta 0.2 mJ išvadinė impulsų energija.



2 pav. BŠS spektras (pilka) ir dvejose NOPA pakopose pastiprinto signalo spektras (juoda), kaupinimui panaudojant „M“ - pavidalo impulsus.

Toliau plačiąjuosčiai impulsai buvo stiprinami III-oje NOPA pakopoje taikant 1.2 ps trukmės Gauso formos kaupinimo impulsus. Pastiprinti impulsai iki 2 mJ išvadinės energijos, suspaudžiami prizminiame spaustuve iki sub-25 fs trukmės.

Literatūra

1. A.Dubietis, G.Jonušauskas and A.Piskarskas, Optics Communications **88**,4-6, 437-440 (1992).
2. T.Stanislauskas, R.Budriūnas, R.Antipenkov, A.Zaukevičius, J.Adamonis, A.Michailovas, L.Giniūnas, R.Danielius, A.Piskarskas and A.Varanavičius, Optics Express, **22**(2), p.1865. (2014).
3. R.Budriūnas, T.Stanislauskas, J.Adamonis, A.Aleknavičius, G.Veitas, D.Gadonas, S.Balickas, A.Michailovas, A.Varanavičius, Opt. Express **25**, 5797-5806 (2017).
4. L.Indra, F.Batysta, P.Hribek, J.Novak, Z.Hubka, J.T.Green, R.Antipenkov, R.Boge, J.A.Naylon, P.Bakule, and B.Rus, Optics Letters Vol.**42**, N4, pp.843-846 (2017).
5. A.M.Rodin and P.Mackonis, Papers of International Conference on Lasers and Electro-Optics Pacific Rim "CLEO-PR'2018", Hong Kong, paper Th2D.3, 29 July - 3 August (2018).

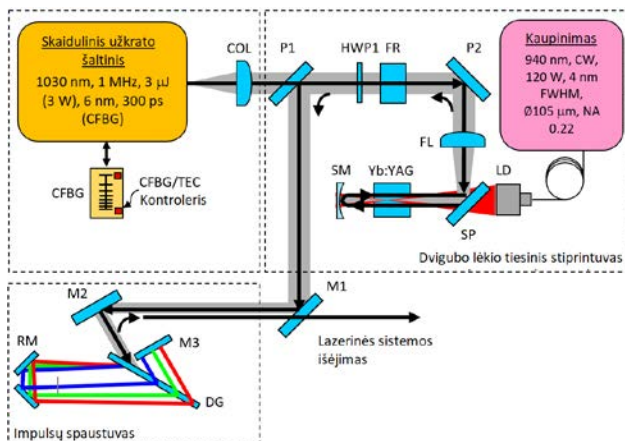
35 W, 350 fs, 1 MHz IMPULSŲ REALIZACIJA IŠ EFEKTYVAUS, KAMBARIO TEMPERATŪROS Yb:YAG DVIGUBO LĖKIO TIESINIO STIPRINTUVO

Laurynas Veselis¹, Tadas Bartulevičius¹, Karolis Madeikis¹, Andrejus Michailovas¹

¹Fizinių ir technologijos mokslų centras, Lazerinių technologijų skyrius
Savanorių pr. 231, LT-02300 Vilnius, el. p.: lveselis@gmail.com

Femtosekundinės didelio smailinio intensyvumo (TW/cm^2) ir aukšto pasikartojimo dažnio (MHz) lazerinės sistemos yra naudojamos daugelyje mokslo ir pramonės sričių – medžiagų apdirbime, ultrasparčiojoje spektroskopijoje, netiesiniais fizikiniais procesais paremtame vaizdinime ir kt. [1, 2]. Iterbiu (Yb) legiruoti kristalai (pvz. Yb:YAG) yra viena iš tinkamų medžiagų tokiems parametrams pasiekti. Atsiradus didelio ryškio (NA-0.22) kaupinimo diodams, buvo galima pereiti nuo kriogeniškai aušinamų optinių stiprintuvų prie kambario temperatūroje efektyviai veikiančių sistemų [3, 4].

Šiame darbe buvo pademonstruota CPA sistema, kurią sudarė skaidulinis užkrato šaltinis ir dvigubo lėkio tiesinis stiprintuvas, paremtas iterbio jonais legiruotu itrio aliuminio granato (Yb:YAG) kristalu ir dispersiškai suderinta impulsų plėstuvo su čirpuota skaiduline Brego gardele (CFBG) ir 4-ių lėkių difrakcinės gardelės impulsų spaustuvo pora (1 pav.).



1 pav. Eksperimentinė CPA sistemos schema, paremta visiškai skaidulinio užkrato šaltiniu ir tiesiniu Yb:YAG dvigubo lėkio stiprintuvu. COL – užkrato spinduliuotę kolimuojantis lęšis, HWP1 – pusės bangos ilgio fazinė plokštelė, FR – Faradėjaus rotatorius, M1, M2, M3 – veidrodžiai, SP – separatorius, LD – nuolatinės veikos kaupinimo diodo kolimatorius, P1, P2 – poliarizatoriai, SM – sferinis veidrodis, CFBG – čirpuota skaidulinė Brego gardelė, RM – veidrodžių pora, DG – difrakcinė gardelė.

Užkrato šaltinis generavo 3 μJ , 1 MHz, 1030 nm, 300 ps trukmės čirpuotus lazerinius impulsus. Tiesiniame dvigubo lėkio stiprintuve Yb:YAG kristalas buvo kaupinamas išilgai su nuolatinės veikos didelio ryškio lazeriniu diodu (940 nm). Užkrato šaltinio ir kaupinimo pluoštai buvo sufokusuoti į Yb:YAG kristalą ir perkloti erdvėje. Pluošto diametrai – 0.27 mm ir 0.30 mm atitinkamai ($1/e^2$ lygyje). Antras sustiprinto signalo lėkis per Yb:YAG kristalą buvo organizuojamas atspindint signalą atgal į kristalą su sferiniu veidrodžiu (SM). Pluošto įėjimas į tiesinį stiprintuvą ir išėjimas iš jo buvo atskirtas per poliarizaciją, panaudojus pusės bangos ilgio fazinę plokštelę (HWP1), Faradėjaus rotatorių (FR) ir poliarizatorių porą (P1 ir P2). Tada sustiprintas signalas buvo nukreiptas į 4-ių lėkių difrakcinės gardelės impulsų spaustuva. Impulsų spaustuvo efektyvumas siekė 90 %. Šioje konfigūracijoje po tiesinio stiprintuvo ir impulso spaustuvo buvo pasiekta 35 W išvadinė galia (35 μJ ties 1 MHz). Laike suspaustų impulsų trukmė siekė 330 fs (spektriškai ribota trukmė – 293 fs). Išmatuotas pluošto kokybės parametras M^2 po tiesinio stiprintuvo ir impulsų spaustuvo siekė $M^2 < 1.2$.

Literatūra

1. L. Shah, M. E. Fermann, J. W. Dawson, and C. P. J. Barty, "Micromachining with a 50W, 50 μJ , sub-picosecond fiber laser system," Opt. Express 14(25), 12546-12551 (2006).
2. R. Berera, R. van Grondelle, and J. T. M. Kennis, "Ultrafast transient absorption spectroscopy: principles and application to photosynthetic systems," Photosynth. Res. 101(2-3), 105-118 (2009).
3. Daniel J. Ripin, Juan Ochoa, Roshan L. Aggarwal, and Tso Yee Fan, "300 W Cryogenically Cooled Yb:YAG Laser", IEEE J. Quantum Electron. 41(10), 1274-1277 (2005).
4. L. Veselis, T. Bartulevicius, K. Madeikis, A. Michailovas, and N. Rusteika, "Compact 20 W femtosecond laser system based on fiber laser seeder, Yb:YAG rod amplifier and chirped volume Bragg grating compressor", Opt. Express 25(17), 31873-31879 (2018).
5. J. Fischer, A. Heinrich, S. Maier, J. Jungwirth, D. Brida, and A. Leitenstorfer, "615 fs pulses with 17 mJ energy generated by and Yb:thin-disk amplifier at 3 kHz repetition rate," Opt. Lett. 41(2), 246-249 (2016).

JUODOSIOS ANGLIES AEROZOLIO DALELĖSE ŠALTINIŲ KILMĖS NUSTATYMAS

Agnė Minderytė^{1,2}, Julija Pauraitė-Dudek¹, Steigvilė Byčenkienė¹

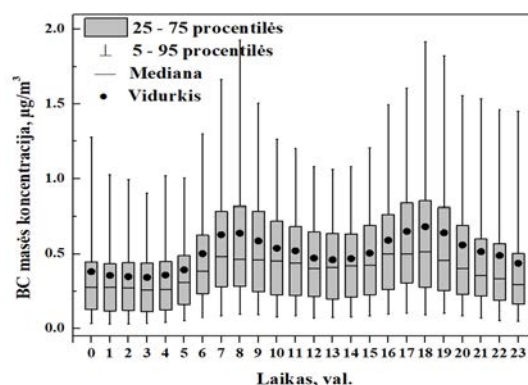
¹Fizinių ir technologijos mokslų centras, Aplinkotyros skyrius
Saulėtekio al. 3, LT-10257 Vilnius

²Vilnius University, Faculty of Chemistry and Geosciences, Naugarduko st. 24, LT-03225 Vilnius
e-mail: agne.minderyte@gmail.com

Per paskutinius dešimtmečius dėl tobulėjančių matavimo metodų buvo atlikta daug tyrimų apie atmosferoje esančias submikronines aerozolio daleles [1]. Tai padėjo suprasti aerozolio dalelių reikšmę atmosferos šilumai, ekosistemų gyvavimui ir oro kokybei, kuri lemia žmogaus sveikatą. Didelis mokslininkų dėmesys skiriamas vienai iš labiausiai paplitusių aerozolio dalelių sudedamųjų dalių – juodajai angliai (angl., *black carbon (BC)*) [2], nes ši medžiaga susijusi tiek su oro tarša, tiek su klimato kaita. Vienas didžiausių antropogeninių BC šaltinių mieste yra pramonės, transporto ir energetikos sektoriai [3]. Siekiant sumažinti oro taršą reikia kiekybiškai identifikuoti ir atskirti galimus jos šaltinius.

Tyrimo tikslas yra įvertinti aerozolio dalelių juodosios anglies masės koncentracijos lygio dinamiką ore 2014 m. šaltuoju sezonu bei identifikuoti taršos šaltinius miesto aplinkoje. Matavimai atlikti aetalometru – prietaisu, skirtu juodosios anglies masės koncentracijos nustatymui [4], matuojant šviesos intensyvumo silpimą, šviesai einant per filtrą. Tyrimo metu buvo atsižvelgta į sisteminę klaidą, atsirandančią filtro keitimo metu, įvedant *Weingartner* pataisą. Įvedus reikiamas pataisas, vienas iš apskaičiuojamų dydžių – Angstromo eksponentės koeficientas (AAE). Šis dydis leidžia įvertinti juodosios anglies aerozolio dalelėse šaltinių kilmę, prilyginant gautas AAE vertes būdingoms malkų, biokuro deginimo ir transporto AAE koeficiento vėrtėms. 1 pav. pateikta BC masės koncentracijos kaita paros eigoje darbo dienomis. Dienos metu pastebimas stiprus BC masės koncentracijos vidutinių ir ypač didžiausių verčių padidėjimas nuo 6 val. iki 8 val. ir nuo 16 val. iki 18 val., kurį galima sieti su rytiniu ir vakariniu transporto priemonių judėjimo pikais. Nustatyta, kad didžiausia būdinga 95-os procentilės vėrtė $1,73 \mu\text{g}/\text{m}^3$ (SD $0,67 \mu\text{g}/\text{m}^3$) fiksuojama 18 val. darbo dienoms.

Tiriant bendras šalčio sezono BC masės koncentracijos kaitos tendencijas nustatyta neįprastai aukšta BC masės koncentracija vasario 1–4 d., aukščiausios vėrtės fiksuotos vasario 3 d. vakarą, todėl ši diena pasirinkta detalesnei atvejo analizei. BC koncentracijos priklausomybė nuo laiko vasario 3 d. pastebimas būdingas rytinis pikas, kai BC koncentracija pasiekia maksimalią vėrtę $2,83 \mu\text{g}/\text{m}^3$. Dienos metu koncentracija sumažėja iki $2,00 \mu\text{g}/\text{m}^3$, o vakarinių



Pav. 1. BC masės koncentracijos lygio kaita paros eigoje darbo dienomis.

pūsčių metu BC koncentracija pasiekia didžiausią visam tiriamajam laikotarpiui vėrtę – $5,76 \mu\text{g}/\text{m}^3$. Siekiant ištirti BC masės koncentracijos padidėjimą lėmusius veiksnus buvo pasitelkta HYSPLIT sistema norint atsekti, kokios tolimųjų oro masių pernašos kryptys galėjo lemti užfiksuotas itin aukštas BC masės koncentracijas. Tiriamosiomis dienomis tolimosios oro masės į Lietuvos teritoriją atkeliavo iš pietų ir vakarų pusės. Tačiau kaip pagrindinius BC koncentracijos padidėjimą lėmusius veiksnus reikėtų įvardinti vietinės kilmės šaltinius: energetikos įmones, individualių namų šildymo įrenginius, transportą ir meteorologines sąlygas palankias kauptis juodajai angliai ir kitiems teršalams. Pagal AAE priklausomybę nuo laiko vasario 3 d. nustatytos artimos medienos ir biokuro deginimui būdingos AAE vėrtės (1,6 – 2,0) nakties metu. Dienos metui būdingos AAE vėrtės yra 1,0 – 1,2, kurios yra artimos transporto AAE vėrtėms. Taigi foninę juodosios anglies koncentraciją nakties metu labiausiai lemia šildymo sezonu suintensyvėjęs biomasės deginimas, o dienos metu koncentracija padidėja dėl transporto kuro degimo.

Literatūra

- [1] S. Collier *et al.*, "Influence of Emissions and Aqueous Processing on Particles Containing Black Carbon in a Polluted Urban Environment: Insights From a Soot Particle-Aerosol Mass Spectrometer," *J. Geophys. Res. Atmos.*, vol. 123, no. 12, pp. 6648–6666, 2018.
- [2] S. Fuzzi *et al.*, "Particulate matter, air quality and climate: Lessons learned and future needs," *Atmos. Chem. Phys.*, vol. 15, no. 14, pp. 8217–8299, 2015.
- [3] S. Byčenkienė, V. Ulevičius, V. Dudoitis, and J. Pauraitė, "Identification and characterization of black carbon aerosol sources in the East Baltic Region," *Adv. Meteorol.*, vol. 2013, 2013.
- [4] V. Dudoitis *et al.*, "Spatial distribution of carbonaceous aerosol in the southeastern Baltic Sea region (event of grass fires)," *Acta Geophys.*, vol. 64, no. 3, pp. 711–731, 2016.

USING THE ^{14}C ACTIVITY MEASUREMENTS IN TREE RINGS NEAR IGNALINA NUCLEAR POWER PLANT TO EXAMINE DILUTION PECULIARITIES OF THE GASEOUS RELEASES FROM THE NPP

Algirdas Pabedinskas, Evaldas Maceika, Žilvinas Ežerinskis, Justina Šapolaitė,
Rūta Druteikiene, Laurynas Juodis, Vida Juzikiene, Laurynas Butkus

Fizinių ir technologijos mokslų centras, Branduolinių tyrimų skyrius
Saulėtekio al. 3, LT-10257 Vilnius, el. p.: algirdas.pabedinskas@ftmc.lt

Atmospheric ^{14}C is produced by natural process of cosmic radiation interaction with Earth atmosphere as well as by anthropogenic human activities [1]. Almost double concentration of the anthropogenic radiocarbon appeared in atmosphere as a result of intensive nuclear weapon testing back in 1960's. After moratorium of the tests, introduced since 1963, the ^{14}C activity in global atmosphere is declining. However, considerable amounts of ^{14}C in the nuclear reactors is generated by neutron radiation interaction with ^{17}O , ^{14}N and ^{13}C . It accumulates in reactor vessel components, coolant and cleaning systems, and is partly released into environment mainly in a form of $^{14}\text{CO}_2$ and $^{14}\text{CH}_4$. RBMK-1500 type graphite moderator reactors were exploited at Ignalina NPP (Lithuania): Unit 1 - 1983-2004; Unit 2 - 1987-2009. Over decades $^{14}\text{CO}_2$ gas releases from NPP accumulates in local biosphere by photosynthesis, while increasing overall radiation background.

In order to examine the temporal variations and dilution peculiarities of the released radiocarbon gaseous effluents from Ignalina NPP, there were extracted 9 pine tree cores around the INPP which were separated to 410 tree ring samples (time span 1980-2017) to determine the overall increase of radiocarbon concentration in NPP surroundings as compare to 3 tree cores from background rural area at Vaikšteniai. Paired tree core samples, taken at the unidirectional sampling sites (located to the south direction from INPP at the 1.8 and 5.1 km, to the west direction at the 2.6 and 4 km, and to the north-east direction at 1.9 and 6.6 km), were examined in details by considering meteorological data records from the Ignalina NPP local meteorological station (2004-2015) in order to trace atmospheric dilution effectiveness of ^{14}C released from the 150 m height INPP ventilation stacks.

Samples were physically and chemically (BABAB) prepared [2], graphitized with AGE-3 (IonPlus AG) coupled with elemental analyzer (Vario Isotope Select, Elementar, GmbH) [3] and measured at Vilnius Radiocarbon SSAMS (NEC, USA) facility [4].

The results showed pronounced increase of ^{14}C up to 17.8 pMC in the tree rings during INPP exploitation as well during decommission periods. Year-by-year tree rings ^{14}C concentration data analysis of unidirectional samples revealed high variation of the atmospheric dilution conditions, which resulted in average about 30% variation of dilution effectiveness peaking up to about 300% for some years.

References

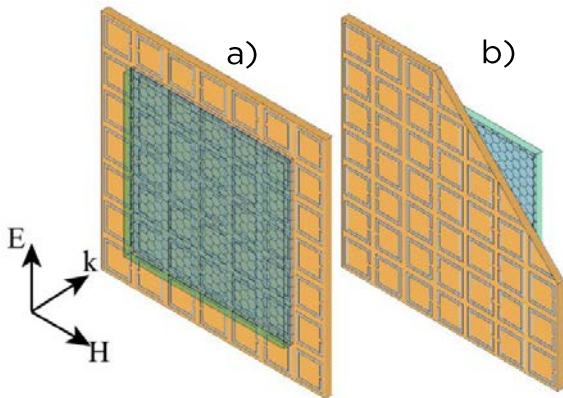
- [1] B. Bolin, E. T. Degens, S. Kempe, ir P. (eds. . Ketner, „Global carbon cycle: SCOPE 13“, John Wiley and Sons, New York, NY, 1979.
- [2] M. Nemec, L. Wacker, I. Hajdas, ir H. Gaggeler, „Alternative Methods for Cellulose Preparation for Ams Measurement“, Radiocarbon, t. 52, nr. 2, p. 1358-1370, 2010.
- [3] L. Wacker, M. Némec, ir J. Bourquin, „A revolutionary graphitisation system: Fully automated, compact and simple“, Nucl. Instruments Methods Phys. Res. Sect. B Beam Interact. with Mater. Atoms, t. 268, nr. 7-8, p. 931-934, 2010.
- [4] G. Skog, „The single stage AMS machine at Lund University: Status report“, Nucl. Instruments Methods Phys. Res. Sect. B Beam Interact. with Mater. Atoms, t. 259, nr. 1, p. 1-6, 2007.

GRAFENO SLUOKSNIO ĮTAKA FANO REZONANSUI VEIDRODIŠKAI ORIENTUOTŲ PERPJAUTŲ ŽIEDELIŲ REZONATORIŲ MASYVE

Andrius Kamarauskas, Gediminas Šlekas, Dalius Seliuta, Žilvinas Kancleris

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

Tyrinėjant rezonansinius darinius sudarytus iš veidrodiškai orientuotų perpjautų vario žiedelių, ant dielektriko pagrindo (žr. 1 pav.) buvo pastebėtas Fano rezonansas atsirandantis dėl plazmoninės ir gardelinės modų sąveikos [1]. Atlikus modeliavimus baigtinių skirtumų laiko skalėje metodu buvo išsiaiškinta, kad Fano rezonanso amplitudė smarkiai priklauso nuo laidžios plokštumos



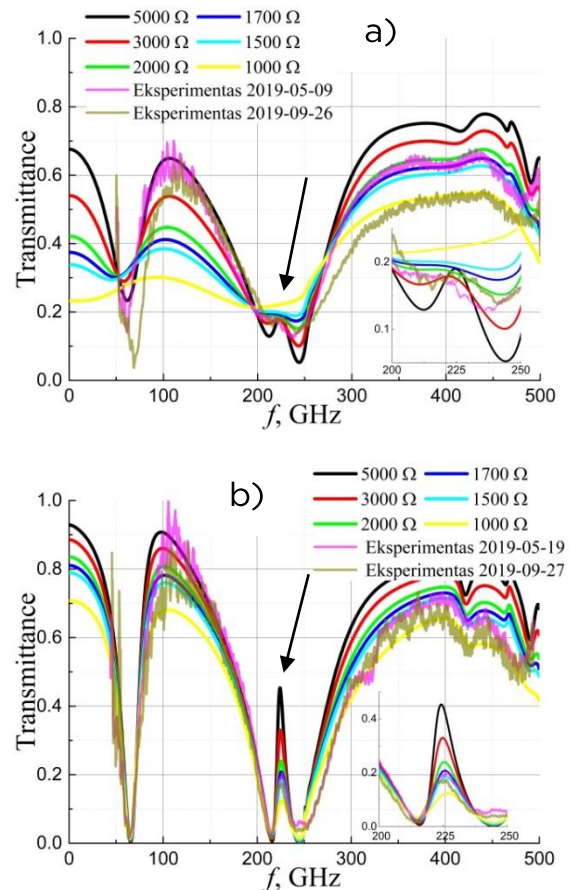
1 pav. Tiriamas rezonansinis darinys: a) grafinas ant rezonatorių, b) grafinas kitoje dielektriko pusėje. Pagrindo $\epsilon = 2,3$, storis $125 \mu\text{m}$, žiedelio plotis/aukštis $500 \mu\text{m}$, tarpelis $50 \mu\text{m}$, periodas $600 \mu\text{m}$. Vario juostelės plotis $50 \mu\text{m}$ storis $10 \mu\text{m}$.

uždėtas ant rezonatorių laidumo, kai jos įtaka plazmoninių modų rezonansų amplitudėms yra žymiai silpnesnė [2]. Šiame darbe atlikome eksperimentinius tokių darinių tyrimus, kaip laidžią plokštumą panaudodami 2d grafeno sluoksnį.

Eksperimentiškai tirtas darinys pavaizduotas 1 pav. Grafeno sluoksnis su apsauginiu dielektriko sluoksneliu ($\sim 300 \text{ nm}$) buvo dedamas ant rezonatorių (a) arba kitoje dielektriko pusėje (b).

Eksperimento ir modeliavimo rezultatai pateikti 2 pav. Matyti, kad uždėjus grafeno sluoksnį tiesiai ant rezonatorių, Fano rezonansas praktiškai išnyksta (a), kai patalpinus grafiną ant dielektriko, jo poveikis yra žymiai silpnesnis (b). Iš pateiktų rezultatų taip pat matyti, kad grafeno poveikis įprastinėms plazmoninėms modoms yra gerokai silpnesnis.

Palyginus eksperimento ir skaičiavimo rezultatus matyti, kad paviršinė grafeno sluoksnio varža yra tarp $1500\text{--}2000 \Omega$ omų į



2 pav. Eksperimentiškai išmatuoti ir apskaičiuoti spektrai: a) grafinas uždėtas iš dielektriko pusės, b) grafinas uždėtas ant rezonatorių. Rodyklės rodo Fano rezonansą ties 225 GHz

kvadrata, kas atitinka kitų tyrėjų publikuojamus rezultatus apie grafeno laidumą

Pastebėtas grafeno laidumo poveikis rezonanso amplitudei galėtų būti taikomas jos valdymui išoriniu elektriniu lauku, nes yra žinoma, kad, prijungus prie grafeno sluoksnio elektrinį potencialą, pasikeičia Fermi lygio padėtis, o tuo pačiu ir grafeno paviršinis laidumas [3].

Raktiniai žodžiai: Fano rezonansas, grafinas, FDTD

Literatūra

1. D. Seliuta, et al., Optics Letters. 44, 759 (2019).
2. A. Kamarauskas et al., Open Readings (2019).
3. H. Zhang et al., J. Appl. Phys. 125, 094501 (2019).

NASICON-structured $\text{NaTi}_2(\text{PO}_4)_3$ synthesis and characterization for aqueous Na-ion batteries

Barbara Chatinovska^{1,2}, Skirmantė Tutlienė², Milda Petrulevičienė², Jurgis Pilipavičius², Jurga Juodkazytė², Linas Vilčiauskas²

¹Vilniaus Universitetas, Chemijos ir Geomokslų Fakultetas, Chemijos institutas, Naugarduko g. 24, LT-03225, Vilnius

²Fizinis ir technologijos mokslų centras, Cheminės inžinerijos ir technologijų skyrius

Saulėtekio al. 3, LT-10257 Vilnius, el. p.: barbara.chatinovska@ftmc.lt

Lithium-ion batteries (LIB) is currently the main electrochemical energy storage technology, nowadays used in high-power/energy applications. Nevertheless, the ongoing issues concerning the price, safety and the natural scarcity of lithium are attracting attention to the exploration of alternative technologies. A promising counterpart to LIB is the sodium ion battery (SIB) [1]. However, there are still a lot of challenges when it comes to the development of suitable electrode materials that would ensure high capacity, long lifespan, and cycling performance. Sodium superionic conductor (NASICON)-structured $\text{NaTi}_2(\text{PO}_4)_3$ (NTP) stands out in terms of its suitable electrode potential, high ionic conductivity, structural and electrochemical stability as well as high theoretical capacity [2]. Nevertheless, there is still a number of remaining challenges in order to optimize its synthesis and properties before making it a suitable high-performance negative electrode for aqueous SIBs. We present the results of successful syntheses of pure NTP and various carbonaceous – NTP composites together with the measurements of their electrochemical properties and performance.

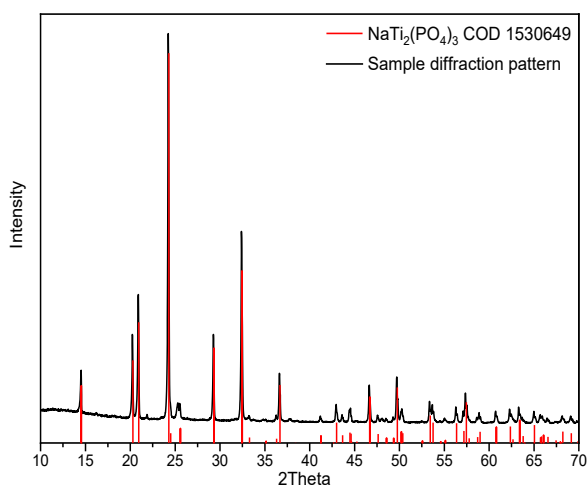


Fig. 1. XRD graph of phase-pure NTP

A number of different aqueous sol-gel synthesis approaches were employed to prepare the material samples. The phase purity and crystallinity of obtained samples were characterized by powder X-ray diffraction (XRD) (Fig. 1.) and material morphology was evaluated by scanning electron microscopy (SEM).

The electrodes were prepared by mixing the active materials with Carbon Black (Timcal) conducting filler and polyvinylidene fluoride (Kynar) binder in the ratio of 7:2:1. The electrochemical properties of prepared electrodes were characterized in the in-house built three-electrode bottom mount flat sample cells using cyclic voltammetry and charge/discharge galvanostatic cycling.

Superior electrochemical performance was found to be characteristic for carbonaceous-NTP based electrodes, as investigated by means of cyclic voltammetry (Fig. 2). The active material was obtained via aqueous sol-gel method with lactic acid stabilized titanium isopropoxide as titanium precursor. Carbonaceous-NTP composites were proven to be the most electrochemically active samples.

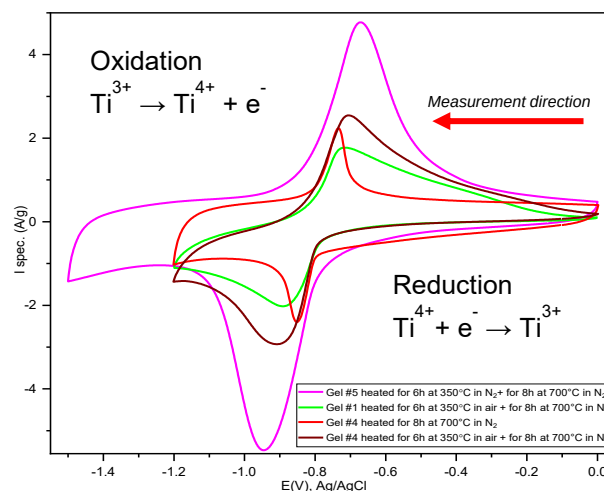


Fig. 2. Cyclic voltammogram of carbonaceous-NTP composite

In our presentation, we will further analyze different pathways of NTP and carbonaceous-NTP synthesis, characterize the material morphology and phase purity of different samples and investigate the electrochemical properties of altering NTP and carbonaceous-NTP based electrodes.

References

1. Palomares, V. et al. Na-ion batteries, recent advances and present challenges to become low cost energy storage systems. *Energy Environ. Sci.* (2012) 5, 5884
2. Wu M. et al. NASICON-Structured $\text{NaTi}_2(\text{PO}_4)_3$ for Sustainable Energy Storage. *Nano-Micro Lett.* (2019) 11:4

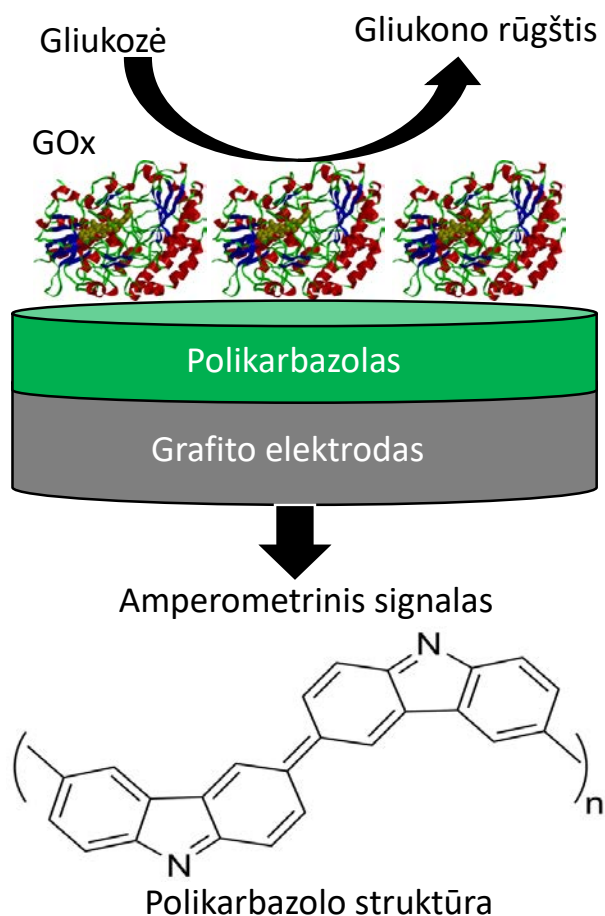
KARBAZOLO PAGRINDU LAIDŽIŲ POLIMERŲ SINTEZĖ IR TAYKYMAS JUTIKLIUOSE

Delianas Palinauskas^{1,2}, Gintautas Bagdžiūnas¹

¹Fizinių ir technologijos mokslų centras, Funkcinių medžiagų ir elektronikos skyrius,
Saulėtekio al. 3, Vilnius, el. p.: gintautas.bagdziunas@ftmc.lt

²Vilniaus Universitetas, Chemijos ir Geomokslų Fakultetas, Fizikinės chemijos katedra,
Naugarduko g. 24, Vilnius, el.p.: delianas.palinauskas@chf.stud.vu.lt

Pastaruoju metu konjuguoti elektrai laidūs polimerai buvo tiriami kaip potencialios medžiagos galinčios sumažinti metalo ir neorganinių puslaidininkų poreikį įvairiose jų taikymo srityse [1]. Taip pat konjuguoti polimerai gali būti chemiškai modifikuojami ir išlaikyti elektrinį laidumą [2]. Ši savybė išnaudojama kuriant trečios kartos gliukozės biosensorius, kuriuose polimeras atsakingas už elektrinio krūvio pernašą tarp flavino adenino dinukleotido (FAD) aktyviojo centro ir elektrodo. Šie efektai sumažina gliukozės aptikimo elektrocheminį potencialą ir padidina stabilumą [3-5].



Šiame pranešime bus pristatyti rezultatai apie amperometrinius gliukozės jutiklius, kurie buvo pagaminti laidaus polimero polikarbazolo pagrindu. Polikarbazolo sluoksniai ant grafito substrato buvo gauti elektrocheminės oksidacijos būdu. Sluoksnių laidumas buvo tiriamas elektrocheminio impedanso spektroskopijos metodu ir galima polikarbazolo struktūra patvirtinta remiantis Ramano spektroskopija (1 pav.). Ant šiuo polimeru modifikuoto grafito elektrodo buvo imobilizuota gliukozės oksidazė (GOx), kuri vėliau sutinklinta glutaro aldehidu (1 pav.). Ciklinės voltamperometrijos metodu buvo tiriamas amperometrinio signalo atsakas į gliukozės koncentraciją naudojant darbinį elektrodą esant GOx ir tik polimero sluoksniui bei legiruojuojant polimero sluoksnį geležies jonais.

Padėka: Projektas bendrai finansuotas iš Europos socialinio fondo lėšų (projekto Nr. 09.3.3-LMT-K-712-15-0174) pagal dotacijos sutartį su Lietuvos mokslo taryba (LMTLT).

Literatūra:

1. T.H. Le, Y. Kim, H. Yoon, *Polymers*, 9(4), 150 (2017).
2. M. Leclerc, A. Najari, S. Beaupré, *Canadian Journal of Chemistry*, 87(9), 1201 (2009).
3. G. Bagdžiūnas, Š. Žukauskas, A. Ramanavičius, *Biosensors and Bioelectronics*, 102, 449 (2018).
4. G. Bagdžiūnas, A. Ramanavičius, *Phys. Chem. Chem. Phys.*, 21, 2968 (2019).
5. Š. Žukauskas, A. Ramanavičius, G. Bagdžiūnas, *Journal of The Electrochemical Society*, 166 (6) B316 (2019).

1 pav. Jutiklyje naudojamo darbinio elektrodo schema ir nustatyta polikarbazolo struktūra.

INFLUENCE OF SYNTHESIS TEMPERATURE ON PHASE PURITY AND PARTICLE SIZED OF $\text{NaTi}_2(\text{PO}_4)_3$

Domantas Selskas^{1,2}, Skirmantė Tutlienė², Audrius Drabavičius², Linas Vilčiauskas²

¹ Vilnius university, Faculty of Chemistry and Geosciences, Naugarduko street 24, Vilnius 03225

² Center for Physical Sciences and Technology, Department of Chemical Engineering and Technology
Saulėtekio av. 3, LT-10257 Vilnius, email.: domantas.selskas@chgf.stud.vu.lt

In recent years sodium-ion batteries attract a lot of attention owing to their low cost and abundance of sodium resources. NASICON-type $\text{NaTi}_2(\text{PO}_4)_3$ material has been extensively studied as a promising anode for sodium-ion batteries. There was an experiment conducted in which $\text{NaTi}_2(\text{PO}_4)_3$ was synthesized in 5 different temperatures and tried to determine most optimal heating conditions. The obtained results will be presented. Ideally the $\text{NaTi}_2(\text{PO}_4)_3$ phase should be pure and particles need to be small for better conductivity.

The synthesized samples were analyzed by powder XRD. From obtained XRD data (Fig. 1) it is apparent that 850°C and 800°C temperatures are too high, because additional phase of NaTiOPO_4 is formed. Analysis of SEM pictures showed that samples synthesized at 800°C consists of melted together particles and the sizes of those particles are relatively big (particle sizes are listed in the Table 1). The search for ideal synthesis conditions were narrowed to:

a) heating for 12 hours at 700°C;
b) heating for 4 hours at 350°C and then 8 hours at 700°C with intermediate. The resulting powder obtained phase pure $\text{NaTi}_2(\text{PO}_4)_3$ and nearly identical to each other. Only difference is particle size and the particles were smaller when heated at 350°C 4h + 700°C 8h by about 5%.

to sum up the results it appears that the best conditions to synthesize single phase $\text{NaTi}_2(\text{PO}_4)_3$ is by firstly heating at 350°C for 4 hours and then at 700°C for 8 hours because the phase is pure and particles are the smallest compared to all of the different heatings.

Table 1. Synthesized powder particle sizes					
Heating conditions	850°C 12h	800°C 12h	350°C 4h + 800°C 8h	700°C 12h	350°C 4h + 700°C 8h
Particle size, μm	2.581	2.204	1.577	1.346	1.287

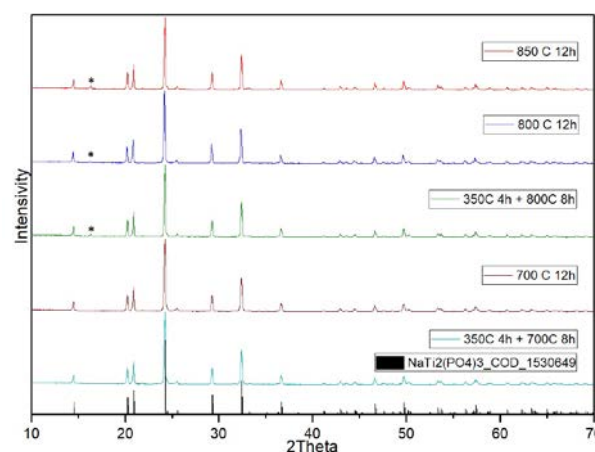


Fig. 1. XRD patterns of synthesized powder at different heating procedures. Additional peaks of NaTiOPO_4 phase are marked *.

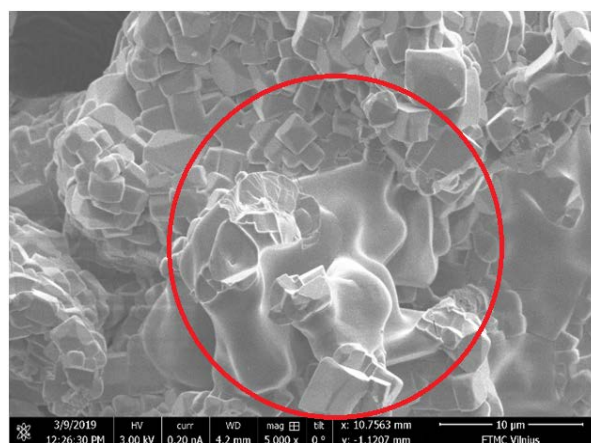


Fig. 2. SEM picture of particles synthesized at 850°C temperature.

FS LAZERIO PAVEIKTO SODA-LIME STIKLO STRUKTŪRINIŲ POKYČIŲ TYRIMAS RAMANO SPEKTROSKOPIJA

Laura Tauraitė, Antanas Urbas, Sergejus Orlovas, Ilja Ignatjev

Fizinių ir technologijos mokslų centras, Fundamentinių tyrimų skyrius,
Koherentinės optikos laboratorija
Saulėtekio al. 3, LT-10257, Vilnius, el. p.: laura.tauraitė@ff.stud.vu.lt

Selektyvus ėsdinimas yra svarbus procesas elektronikos ir medicinos prietaisų komponentų gamyboje. Deja, cheminio ėsdinimo procesas yra laiko reikalaujantis procesas, o tai mažina gamybos našumą. Yra žinoma, kad paveikus soda-lime stiklą vainikiniu išlydžiu, pažeistose vietose ėsdinimo sparta kalio šarme (KOH) padidėja apie 80 kartų [1]. Tačiau pastebėta, kad fs lazeriu paveiktoje stiklo vietoje ėsdinimo sparta padidėja iki 1000 kartų. Šio darbo tikslas yra nustatyti soda-lime stiklo struktūrinius pokyčius, paveikus fs lazeriu, siekiant pasiekti efektyviausią ėsdinimo spartą.

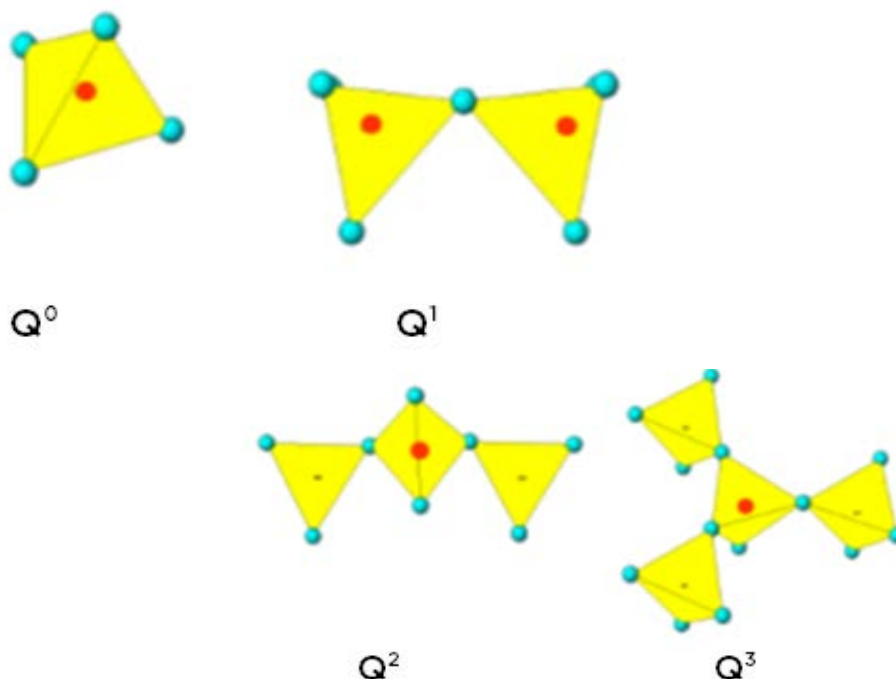
Soda-lime stiklas yra sudarytas iš silicio dioksido (SiO_2), natrio karbonato (Na_2CO_3) bei kalcio oksido (CaO) junginių. Struktūrinis tinklas šiame stikle yra sudarytas iš tetraedro formos silicio ir deguonies, Q grupės, junginių, kurie kartu jungiasi per tiltelinius deguonis (1 pav.). Priemaišiniai šarminiai metalai arba šarminiai žemės metalai, šiuo atveju Na ir Ca, modifikuoja stiklo struktūrinį tinklą, keisdami jo fizines ir chemines savybes.

Tyrimo metu soda-lime stiklo mėginiai yra paveikiami 1030 nm lazeriu. Pažeisti mėginiai analizuojami Ramano spektroskopijos metodu. Šis metodas buvo pasirinktas, nes Q grupės junginių Ramano poslinkiai yra tiksliai žinomi ir nepriklauso nuo šarminių metalų junginių [2].

Ramano spektroskopija šiame tyrime yra atliekama 532 nm žadinamuoju pluoštu. Analizuojant gautus spektrus galima nustatyti stiklo struktūrų santykio pakitimus. Žinant lazerio poveikį stiklo struktūrai, galima parinkti tinkamus lazerio veikos parametrus ir taip pasiekti efektyviausią selektyvų ėsdinimą.

Literatūra

1. Daisuke Sakai et al 2013 Jpn. J. Appl. Phys. **52** 036701.
2. G.S. Henderson, H.W. Nesbitt, G.M. Bancroft, *Some Interesting Observations on Oxygen Environments in Silicate Glasses with Implications for the Fitting of the High Frequency Raman Envelope* (Cargese, France, 2017).



1 pav. Q grupės junginių vizualizacija.

CERIO DANGŲ ANTIKOROZINIŲ SAVYBIŲ TYRIMAS

Lina Ramanauskaitė¹, Skirmantė Tutlienė², Monika Skruodienė², Jurgis Pilipavičius²,
Rimantas Ramanauskas²

¹ Chemijos institutas, Chemijos ir geomokslų fakultetas, Naugarduko g. 24, LT-03225 Vilnius

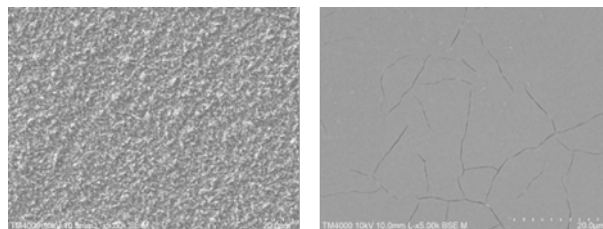
² Fizinių ir technologijos mokslų centras, Cheminės inžinerijos ir technologijų skyrius
Saulėtekio al. 3, LT-10257 Vilnius, el. p.: monika.skrudiene@ftmc.lt

Metalai bei jų lydiniai yra viena svarbiausių ir plačiausiai naudojamų konstrukcinių medžiagų klasė. Dėl metalus pažeidžiančios korozijos, kasmet patiriami milžiniški nuostoliai – ekologiniai, sveikatos bei ekonominiai. Šiai problemai spręsti kuriamos įvairios technologijos, vienas iš tokių – metalai dengiami apsauginėmis dangomis.

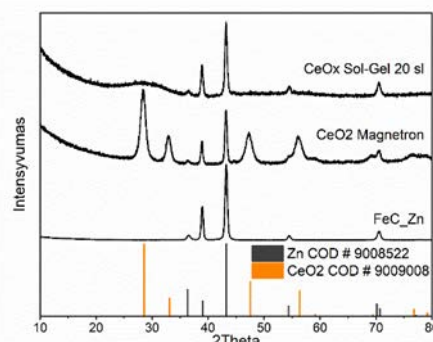
Kontroliuojama aktyvi korozinė apsauga pastaruoju metu sulaukia nemažai mokslininkų dėmesio. Pažeidus dangą ant metalo paviršiaus „išsilaisvina“ katijonai (inhibitoriai) suformuodami barjerinį junginį, kuris blokuoja sąlytį su korozine aplinka. Šis procesas dar yra vadinamas „savaiminiu užgijimu“. Inhibitoriai dangoje turi būti efektyvūs, tirpūs ir skvarbūs. Labai svarbus faktorius – lėtas inhibitoriaus atpalaidavimas, tik taip dangą gali išlikti efektyvi ilgą laiką.

Stendiniame pranešime bus pristatyti rezultatai gauti analizuojant Ce oksidines dangas suformuotas ant galvanostatiškai cinkuotų šlifoto anglinio plieno DC01 plokštelių. Ce oksidinės antikorozinės dangos buvo suformuotos dviem metodais: zolių-gelių įmerkimo (angl.k. *dip-coating*) ir magnetroninio dulkinimo (angl.k. *magnetron sputtering*). Suformuotos dangos charakterizuotos įvairiais metodais: kokybė įvertinta analizuojant paviršių optiniu mikroskopu, paviršiaus morfologija – skenuojančia elektronų mikroskopija (SEM), dangų elementinė sudėtis – energijos dispersijos spektroskopija, fazinė sudėtis – Rentgeno spindulių difraktometrija, o antikorozinėms savybėms ištirti buvo atlikti korozinių srovių tyrimai.

Nors magnetroninio dulkinimo būdu suformuotos dangos vizualiai yra tolygesnės, jų korozinės savybės yra prastesnės už zolių-gelių metodu suformuotų dangų. Pastebėta, kad cinkuotos anglinio plieno plokštelės atsparumą korozijai žymiai pagerina cerio oksidinės dangos, suformuotos zolių-gelių metodu, geriausios savybės gautos dengiant 20 sluoksnių iš stabilizuoto cerio (IV) izopropoksidinio zolio. Antikorozinės dangų savybės priklauso nuo dangų storio.



1 pav. Magnetroninio dulkinimo būdu (kairėje) ir zolių-gelių metodu dengtų mėginių SEM nuotraukos.



2 pav. Galvanostatiškai Zn padengto anglinio plieno (FeC_Zn), CeO₂ magnetronu (CeO₂ Magnetron) ir CeO_x zolių-gelių metodu (CeO_x Sol-Gel 20sl) suformuotų dangų XRD difraktogramos. Stulpeliai žymi Zn ir CeO₂ kristalinių fazių standartizuotus duomenis.

1 lentelė. Korozinių srovių matavimų duomenys.

Mėginys	E _{corr} , V	i _{corr} , A/cm ²
FeC_Zn	-0,93865	1,21 × 10 ⁻⁵
CeO _x Sol-Gel 5 sl.	-0,92894	7,75 × 10 ⁻⁶
CeO _x Sol-Gel 20 sl.	-1,02040	2,14 × 10 ⁻⁶
CeO ₂ Magnetron	-0,93729	9,89 × 10 ⁻⁶

Duomenys gauti vykdant projektą bendrai finansuotą iš Europos socialinio fondo lėšų (projekto Nr. 09.3.3-LMT-K-712-15-0115) pagal dotacijos sutartį su Lietuvos mokslo taryba (LMTLT).



SKULPTŪRINIŲ PLONŲ SLUOKSNIŲ FORMAVIMAS ANT KRISTALINIŲ PADĖKLŲ IR JŲ TYRIMAI LAZERINĖSE SISTEMOSE

Lukas Ramalis, Lina Grinevičiūtė, Rytis Buzelis ir Tomas Tolenis

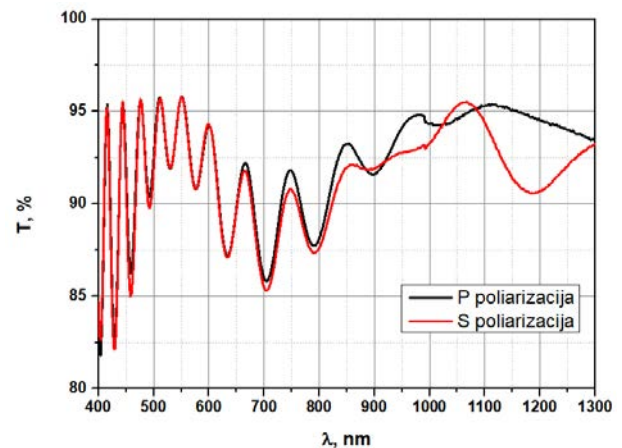
Fizinių ir technologijos mokslų centras, Lazerinių technologijų skyrius
Savanorių pr. 231, LT-02300 Vilnius, el. p.: lukas.ramalis@ftmc.lt

Šiuolaikiniai modernūs ir inovatyvūs optiniai įrenginiai turi integruotą, didelių galių, lazerinę sistemą. Šių įrenginių taikymas yra įvairus: medžiagų apdorojime (pjovimas, gręžimas), medicinoje, ryšių technologijoje ir kita. Siekiant dažniau taikyti lazerines sistemas kasdieniniame gyvenime, reikia mažinti sistemos matmenis. Taigi, reikia naujų sprendimų optiniams komponentams, tokiems kaip poliarizatoriai, diafragmos ar erdviniai filtrai.

Siekiant pagerinti poliarizuojantį optinį komponentą, egzistuoja galimybė nusodinti mikrometrinių matmenų struktūrinę ploną plėvelę tiesiogiai ant mikrolazerinėje sistemoje esamų elementų (veidrodžių, netiesinių kristalų ir t.t.). Deja, standartiniais izotropiniais sluoksniais paremti poliarizatoriai (plonų plėvelių arba kubiniai poliarizatoriai) gali būti naudojami tik kaip atskiras elementas sistemoje, nes optinis komponentas turi būti pakreiptas specifiniu kampu (Briusterio kampu). Formuojant anizotropinę, koloninės struktūros daugiasluoksnę dangą, gaunamas poliarizatorius nulinio laipsnių šviesos kritimo kampui, kuris pasižymi dideliu lazerinės spinduliuotės atsparumu [1].

Šiame darbe naudojama garinimo kampu metodika, garinant nanostruktūrizuotus anizotropinius sluoksnius. Amorfinių medžiagų garinimas vyksta manipuliuojant padėklo orientacija nusodinimo proceso metu, sukeliant šešėliavimo efektą [2]. Naudojant fizinių garų nusodinimo metodą ir keičiant padėklo kampą garų srauto atžvilgiu, gaunami skirtingo lūžio rodiklio anizotropiniai sluoksniai. Atliekamas dangos modeliavimas, kai kombinuojami sluoksniai viena kryptimi pasižymi panašiu lūžio rodikliu, o kita - skirtingu. Tokiu atveju daugiasluoksnė danga viena kryptimi turi panašius lūžio rodiklius (galima prilyginti vienasluoksniai dangai šia kryptimi), o kita kryptimi - formuojamas Brego veidrodis su aukšto ir žemo lūžio rodiklio sluoksniais (1 pav.).

Optinė ir struktūrinė analizė parodė, kad yra galimybė formuoti poliarizatorių, nulinio laipsnių šviesos kritimo kampui, naudojant silicio oksido medžiagą. Tokie optiniai elementai pasižymi dideliu lazerinės spinduliuotės atsparumu, dideliu pralaidumu arba atspindžiu ir turi labai mažus optinius nuostolius.



1 pav. Pralaidumo intensyvumo priklausomybė nuo bangos ilgio skirtingomis kryptimis

Literatūra

- [1] A. Lakhtakia, R. Messier. Sculptured thin films: nanoengineered morphology and optics. Bellingham, Wash: SPIE Press, 2005
- [2] Hodgkinson, I. & Wu, Q. H. Serial bideposition of anisotropic thin films with enhanced linear birefringence. Appl. Opt. 38, 3621-3625 (1999).

EFFECT OF REDUCTANT ON PHOTOELECTROCHEMICAL ACTIVITY OF SOL-GEL DERIVED NANOSTRUCTURED WO₃ FILMS

Maliha Parvin, Milda Petrulėvičienė, Irena Savickaja, Benjaminas Šebeka,
Arnas Naujokaitis, Vidas Pakštas and Jurga Juodkazytė

Center for Physical Sciences and Technology, Department of Chemical Engineering and Technology
Saulėtekio av. 3, LT-10257 Vilnius, email: maliha.parvin@ftmc.lt

Photoelectrochemical (PEC) water splitting has been considered as one of the most promising technologies in clean and renewable energy production. Numerous semiconductor materials have been intensively studied as photoelectrodes in PEC systems. Among them WO₃ nanomaterials have received considerable attention due to the ability of capturing 12% of the solar illumination with band gap energy of around 2.5-2.7 eV, high crystallinity, porosity, moderate hole diffusion length, good chemical stability, low cost and low toxicity [1-3].

In this study, nanostructured layers of WO₃ on fluorine-doped tin oxide (FTO) substrate were formed by sol-gel method. Three different reductants have been used to investigate their effect on photoelectron-chemical activity and properties of WO₃ photoanodes. Peroxytungstic acid (PTA) was synthesized using sodium tungstate (Na₂WO₄ × 2H₂O), HCl (37 %) and H₂O₂ as precursors and (NH₄)₂C₂O₄ as capping agent. Subsequently, ethanol, propanol or acetic acid was added separately as reductant, which slowly and controllably reduced peroxotungstates to form uniform and ordered WO₃·H₂O films on FTO-covered glass substrates under soft water bath conditions at 85°C. After coating procedure samples were annealed at 500 °C for 2 h with heating rate of 1°C/min to obtain a crystalline nanostructured WO₃ films and to remove residual carbon. The coatings were characterized using X-ray diffraction (XRD) analysis (Fig. 1) and scanning electron microscopy (SEM).

Using propanol as a reductant was found to be the most effective route to increase photocurrent density of WO₃ photoanodes. Photoelectrochemical performance of WO₃ films formed using three different reductants is compared in Fig. 2. The high photocurrent density resulted from the efficient charge transport through the well-aligned WO₃ nanocrystallites. Correlation between PEC activity and morphology, structure, phase composition of sol-gel derived WO₃ films will be discussed.

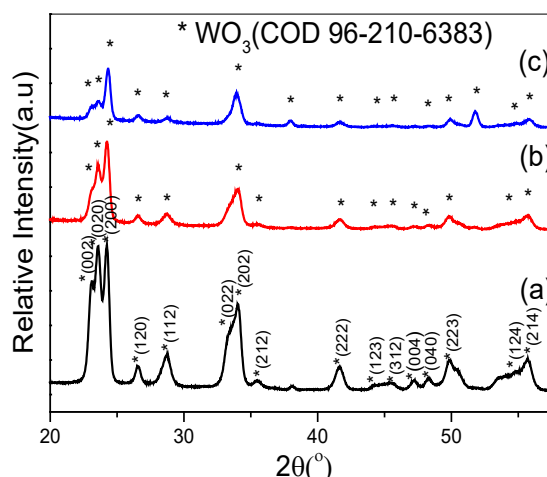


Fig. 1. XRD patterns of sol-gel derived WO₃ films prepared using three different reductants: a) propanol, b) ethanol and c) acetic acid

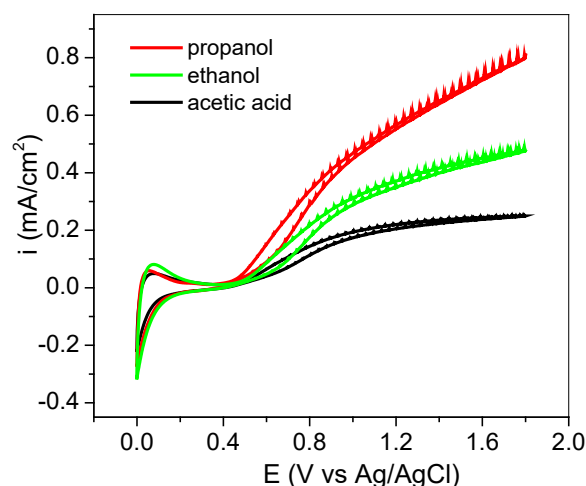


Fig. 2. Cyclic voltammograms of WO₃ photoelectrodes prepared using three different reductants; curves were recorded in 0.5 M H₂SO₄ solution under illumination (~100 mW cm⁻²) at potential scan rate of 50 mV s⁻¹.

References

1. R. Zhang, F. Ning, S. Xu, L. Zhou, M. Shao and M. Wei, *Electrochim. Acta.* **274**, 217 (2018).
2. J. Joy, J. Mathew, and S. C. George, *Int. J. Hydrogen Energy.* **43**, 4804(2018).
3. Y. Liu, J. Li, W. Li, H. He, Y. Yang, Y. Li, and Q. Chen, *Electrochim. Acta.* **210**, 251. (2016).

DUJŲ PURKŠTUKŲ GAMYBA IŠ LYDYTO KVARCO NANOSEKUNDINIU LAZERIU

Miglė Mackevičiūtė, Juozas Dudutis, Vidmantas Tomkus, Paulius Gečys

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

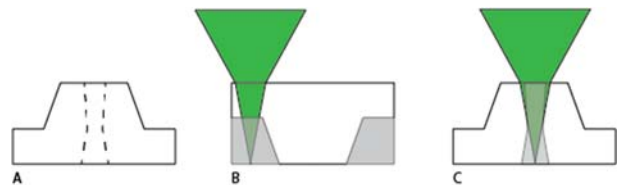
Dujų purkštukai naudojami lazeriniuose plazmos lauko greitintuvuose (Laser Wakefield Accelerators). Šiuose greitintuvuose dalelės yra pagaunamos ir pagreitinamos femtosekundinio lazerio impulsais sukuriamoje plazmoje. Sugeneruotos spinduliuotės parametrai priklauso nuo dujų tankio erdvinio profilio, todėl tampa svarbu kontroliuoti dujų purkštukų matmenis mikrometriniame lygmenyje [1].

Dujų purkštukai gali būti gaminami iš skirtingų medžiagų įvairiais mechaninio apdirbimo, ėsdinimo ar stereolitografijos (spausdinimo) būdais. Tačiau koku būdu bus gaminamas purkštukas priklauso nuo norimos kokybės bei greičio. Stereolitografijos būdas yra greitas ir nesudėtingas, tačiau tokiu būdu negalima apdirbti medžiagos mikrometriniu tikslumu. Cheminiu būdu galima itin tiksliai apdirbti medžiagą (iki dešimčių nanometrų eilės), tačiau tai brangus bei ilgai trunkantis procesas. Lazerinis apdirbimas su nanosekundiniais impulsais tampa gera alternatyva purkštukų gamybai, kadangi užtikrina gerą kokybės ir greičio santykį. Naudojant nanosekundinius impulsus galima lokalizuoti terminio poveikio zoną bei kontroliuoti susidarantį mikroįtrūkimus medžiagoje. Apdirbant didžioji medžiagos dalis yra pašalinama nuolaužų forma, taip sumažinant energijos sąnaudas dėl medžiagos išlydymo ir išgarinimo [2].

Skaidrias terpes lazerio impulsais galima apdirbti fokusuojant pluoštą į apatinę arba į viršutinę bandinio pusę. Apdirbant iš viršaus lazerio impulsai gali būti blokuojami dėl sąveikos su išabliuota medžiaga ar susidarantia plazma. Be to lazerio pluoštas gali būti išsklaidytas nuo pūvio sienelių. Dėl šių priežasčių sumažėja proceso našumas bei kokybė. Todėl skaidrios medžiagos yra apdirbamos iš apatinės pusės [3].

Dujų purkštukų gamyba dažnai susideda iš dviejų dalių – išorinės formos frezavimo bei kanalo, kuriuo teka dujos, frezavimo (1 pav.). Išorinio purkštuko konturo frezavimo sparta yra daug didesnė nei kanalo, kadangi kanalo matmenys yra daug mažesni (sąsmaukos vietoje siekiantys iki 100 μm). Tad kritiškiausia purkštuko vieta yra būtent jo kanalas. Jis pradedamas frezuoti nuo platesnės jo dalies, taip paliekant daugiau vietos išabliuotai

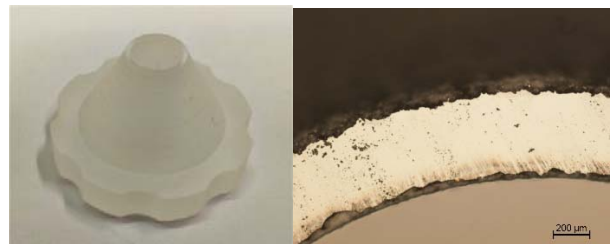
medžiagai pasišalinti iš sąveikos zonos. Purkštuko gamyba gali pasunkėti, jei kanalą ir išorinę formą reikia frezuoti iš skirtingų pusių. Tuomet pirma išfrezuojamas išorinis kontūras, apverčiamas bandinys ir formuojamas kanalas.



1 pav. Purkštuko gamyba su lazeriniu pluoštu. A – purkštuko forma, B – išorinės formos frezavimas, C – kanalo frezavimas. Žaliai pažymėtas lazerio pluoštas, o pilkai pažymėtos frezuojamos vietos.

Eksperimente naudojamas diodais kaupinamas nanosekundinis kietojo kūno lazeris (532 nm, Ekspla). Naudoti ~ 10 ns trukmės impulsai, keičiant impulsų pasikartojimo dažnį 25 kHz – 200 kHz intervale. Pluošto padėtis XY plokštumoje buvo keičiama su galvanometriniais skeneriais (ScanLab), o Z ašyje su žingsniniu varikliu. Pluošto fokusavimui naudotas telecentrinis f-theta objektyvas su 80 mm židinio nuotoliu.

Pagamintų purkštukų diametras siekė 22 mm, o aukštis 12,7 mm. Jie buvo gaminami iš 12,7 mm storio lydyto kvarco langelio. Pagamintas purkštukas pavaizduotas 2 paveiksle.



2 pav. A – nanosekundiniu lazeriu išpjautas purkštukas su nuo 7 mm iki 6 mm mažėjančio diametro kanalu, B – purkštuko kanalo viršutinė pusė.

Literatūra

1. V. Tomkus, V. Girdauskas, J. Dudutis, P. Gečys, V. Stankevič, G. Račiukaitis, Opt. Express **26**(21), 27965-27977, (2018).
2. P. Gečys, J. Dudutis, and G. Račiukaitis, J Laser Micro Nanoen. **10**, 254-258 (2015).
3. D. Ashkenasi, T. Kaszemeikat, N. Mueller, A. Lemke, H. J. Eichler, Proc. SPIE, San Francisco, 8243, 82430m (2012).

NEABELINIAI GEOMETRINIAI POTENCIALAI IR SUKINIO ORBITOS SĄVEIKA PERIODIŠKAI TRIKDOMOMS SISTEMOMS

Povilas Račkauskas¹, Viktor Novičenko¹, Han Pu², Gediminas Juzeliūnas¹

¹ Vilniaus universitetas, Teorinės fizikos ir astronomijos institutas,

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

²Rice University, Department of Physics and Astronomy and Rice Center for Quantum Materials,

Periodinis trikdymas praturtina topologines, bei daugiadalelines fizinių sistemų savybes. Šiame darbe buvo nagrinėtas būdas sukurti neabelinį geometrinį potencialą, taip pat trimačią sukinio ir orbitos sąveiką, dalelei veikiamai periodinio trikdžio.

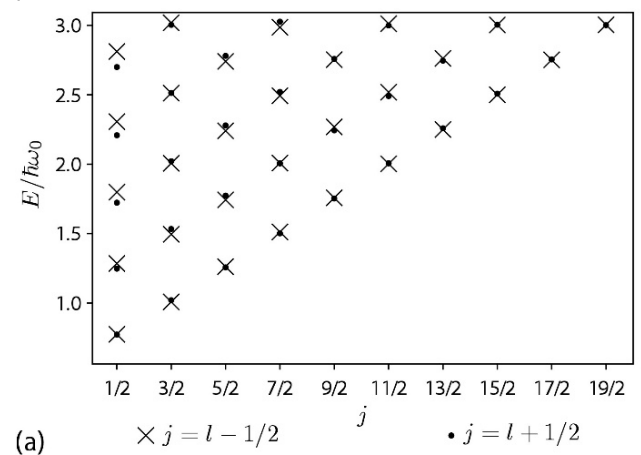
Nagrinėtas trikdys, veikiantis dalelę matematiškai gali būti išreikštas, kaip nuo padėties priklausančio ermitinio operatoriaus $\hat{V}(\mathbf{r})$ ir greitai osciliuojančios periodinės funkcijos $f(\omega t)$ sandauga. Tam, kad sukinio ir orbitos sąveika būtų žymi operatoriaus $\hat{V}(\mathbf{r})f(\omega t)$ matriciniai elementai negali būti labai mažesni už trikdymo energiją $\hbar\omega$, dėl to negali būti taikoma aukštų dažnių aproksimacija [1]. Ši problema apeinama atlikus unitarinę transformaciją, dėl kurios dingsta periodinio trikdžio narys pradiniam hamiltoniane, o vietoj jo randasi osciliuojantis vektorinis potencialas. Naujam hamiltonianui gali būti taikomi aproksimaciniai metodai.

Darbe buvo svarstomas atvejis, kai $\hat{V}(\mathbf{r})$ priklauso nuo dalelės vidinių laisvės laipsnių (sukinio ar kvazi-sukinio), todėl šis operatorius nebūtinai komutuoja su savimi skirtingose ervinėse koordinatėse $[\hat{V}(\mathbf{r}), \hat{V}(\mathbf{r}')] \neq 0$. To pasekoje adiabatinė sistemos evoliucija, vienoje Floquent juostoje, yra lydimi neabelinio geometrinio potencialo, taigi ir sukinio ir orbitos sąveikos.

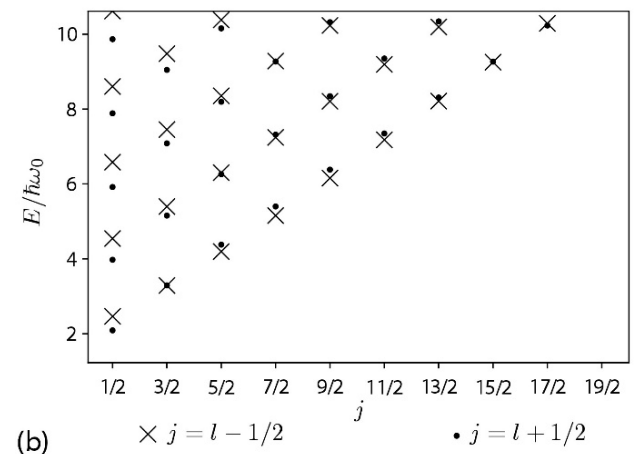
Šis formalizmas buvo iliustruotas galimos fizinės realizacijos analize: sukinį turinčio atomo judėjimo nevienalyčiame osciliuojančiame magnetiniame lauke nagrinėjimu. Konkrečiai aprašytas, pusinio sukinio dalelės elgesys cilindriškai simetriškame lauke. Monopolinio efektinio magnetinio lauko atveju $\mathbf{B} \propto \mathbf{r}$ [2, 3] sukinio ir orbitos sąveika yra $\mathbf{L} \cdot \mathbf{S}$ formos. Ši sąveika, didelioms $|\mathbf{r}|$ reikšmėms yra $O(1/r^2)$ eilės. Tokia toliaveikė sąveika turi žymią įtaką ne tik žemiausios energijos būsenoms. To pasekmė yra tai, jog būsenos, kurių azimutinis kvantiniai skaičiai yra $l = j \mp 1/2$, čia j yra fiksuotas, yra beveik išsigimusios (1 pav.). Šioje sistemoje, tinkamai parinkus išorinį potencialą, būsena $n = 0$, $l = 1$ gali turėti mažiausią energiją.

Neabeliniai geometriniai potencialai, gali būti sukurti ir optiškai sukabinant itin šaltų atomų išsigimusias apvilkas būsenas [4], tačiau tokie metodai reikalauja žymių eksperimentinių pastangų. Pateiktoje sistemoje išsigimusios

Floquent būsenos atsiranda dėl periodinio trikdymo. Šis metodas yra žymiai eksperimentiškai lengvesnis. Taip pat, nenaudojant lazerinės spinduliuotės pašalinama ir sistemos šilimo problema.



(a)



(b)

1 pav. Sistemos tikrinių energijų $E_{n,l,j}$ priklausomybė nuo kvantinio skaičiaus j , kai $j = l \pm 1/2$. Tikrinės energijos yra pateiktos dviem skirtingiems harmoninės gaudyklės dažniams: a) $\omega_G = 1/4 \omega_0$ ir b) $\omega_G = \omega_0$. Čia $\hbar\omega_0$ yra charakteringoji sukinio ir orbitos sąveikos energija, kai $\mathbf{r} = 0$ t.y. $E_{soc}(\mathbf{r} = 0) = \hbar\omega_0(\mathbf{L} \cdot \mathbf{S}/\hbar^2)$.

Literatūra

1. V. Novičenko, E. Anisimovas, G. Juzeliūnas, Phys. Rev. A **95**, 023615 (2017).
2. X.-F. Zhou, C. Wu, G.-C. Guo, R. Wang, H. Pu, Z.-W. Zhou, Phys. Rev. Lett. **120**, 130402 (2018).
3. B. M. Anderson, I. B. Spielman, G. Juzeliūnas, Phys. Rev. Lett. **111**, 125301 (2013).
4. J. Ruseckas, G. Juzeliūnas, P. Öhberg, M. Fleischhauer, Phys. Rev. Lett. **95**, 010404 (2005).