



FIZINIŲ IR
TECHNOLOGIJOS MOKSLŲ
CENTRAS

4

DOKTORANTŲ IR
JAUNŲJŲ MOKSLININKŲ

FIZINIŲ IR TECHNOLOGIJOS MOKSLŲ CENTRO

KONFERENCIJA



2014

spalio 28-29 d.

TEZĖS

DOKTORANTŲ IR JAUNŲJŲ MOKSLININKŲ KONFERENCIJA 2014



Spalio 28 d.

A. Arlauskas. Terahercinių impulsų generacijos mechanizmai nuo kristalinio telūro paviršiaus.

E. Adomaitienė. Adaptivusis netiesinis valdiklis dinaminių sistemų balno tipo rimties būsenoms stabilizuoti.

I. Gorina. ^{210}Pb ir tričio tūrinio aktyvumo variacijos gruntiniame vandenyje paviršinės radioaktyviųjų atliekų saugyklos aplinkoje.

R. Godliauskienė. Patvarių halogenintų organinių teršalų tyrimai masių spektrometrijos metodu.

J. Jablonskienė. Platinos-kobalto katalizatoriaus aktyvumas etanolio bei borhidrido oksidacijos reakcijoms.

A. Balčiūnaitė. Borhidrido oksidacijos ant $\text{Au}(\text{Ni})/\text{TiO}_2/\text{nv}$ ir $\text{Au}(\text{Cu})/\text{TiO}_2/\text{nv}$ katalizatorių tyrimas.

V. Čyras. Mažos varžos Ni/Cu kontakto formavimas cheminio nusodinimo būdu.

M. Špandyreva. Savitvarkio monosluoksnių su tiolio, fenilalanino ir amido funkcinėmis grupėmis charakterizavimas paviršiaus sustiprintos Ramano spektroskopijos metodu.

R. Striela. (R,S-6-Metoksi-2-((4-metoksi-3,5-dimetilpiridin-2-il)metilsulfinil)-1H-benzimidazolo (Omeprazolo) pirminių metabolitų sintezė.

J. Kovger. TiO_2 nanovamzdelinių plėvelių elektrocheminio dekoravimo vario junginių nanodariniais tyrimas.

R. Žalnėravičius. Titano oksido dekoravimas Cu_2O ir gautų dangų antimikrobinių savybių tyrimas.

R. Venckevičius. Fazei jautri detekcija vieno šaltinio terahercinio vaizdinimo sistemoje.

L. Minkevičius. Kompaktinės difrakcinės optikos sprendimai terahercinės spinduliuotės fokusavimui.

V. Jakštas. Elektroniniai komponentai, pagaminti iš $\text{AlGaIn}/\text{GaIn}$ heterostrukturų ant safyro padėklo.

M. Karaliūnas. Krūvininkų lokalizacijos reiškiniai MgZnO epitaksiniuose sluoksniuose: dvigubas mėlynasis poslinkis fotoluminescencijos smailės padėties priklausomybėje nuo temperatūros.

J. Adamonis. Terahercinės spinduliuotės emisija maišant šviesolaidinio lazerio impulsus.

M. Tamošiūnaitė. 4G interneto silpnybės ir galimi sprendimai, pritaikant RTD/SL sistemas.

S. Kičas. Beam focalization in reflection from chirped dielectric mirrors.

T. Tolenis. Struktūrinės spalvos, suformuotos garinant nikelį ant *Monarcho* drugelio sparno.

J. Želudevičius. Skaidulinio itin trumpų impulsų generatoriaus, veikiančio fazės moduliavimosi reiškinių ir dvigubo spektrinio filtravimo pagrindu, tyrimai.

D. Andrijauskas. Silicio nitrido šalinimas nuo silicio padėklo kombinuojant fs UV lazerinę spinduliuotę ir cheminį išdvinimą.

S. Frankinas. Didelės galios femtosekundinė skaidulinė čirpuotų impulsų stiprinimo sistema su trečios eilės dispersijos kompensavimu panaudojant čirpuotą šviesolaidinę Brego gardelę.

M. Gabalis. Silicio žiedinių mikrorazonatorių su aukšta, vienmačio fotoninio kristalo indukuota dispersija, modeliavimas.

G. Abromavičius. HfO_2 , Sc_2O_3 , Al_2O_3 plonų sluoksnių dengimas jonapluoščio dulkinimo technologija bei jų taikymas UV spektrinio ruožo dangų formavimui.

K. Vaškevičius. SOI subbanginių struktūrų charakterizavimas.

R. Danilevičius. Kelių optinių ciklų femtosekundinis OPČIS šaltinis naudojant pikosekundinio skaidulinio lazerio užkratą ir pikosekundinio kietakūnio regeneratyvinio stiprintuvo kaupinimą.

S. Indrišiūnas. Šviesos atspindį mažinančių struktūrų formavimas fotovoltiniams elementams, naudojant abliaciją keliais interferuojančiais lazerio pluoštais.

V. Stankevič. Laisvos formos 3D struktūrų formavimas lydytame kvarce femtosekundinio lazerio impulsais.

A. Paulauskas. Paviršinių plazmonų rezonansinės kreivės kitimas vykstant gyvsidabrio adsorbcijai.

Š. Vaškelis. Paviršiaus elektrinio potencialo priklausomybė nuo dujų ir šviesos poveikio nanometrinio storio sluoksniuotose metalo oksidų struktūrose.

I. Ratas. Sinchronizacijos valdymas trūkiuoju uždelstu grįžtamu ryšiu.

N. Remeikaitė-Nikienė. Organinės medžiagos Baltijos jūroje ir Kuršių mariose kilmė: stabilijų anglies izotopų metodas.

E. Meinorė. Organinių junginių analizė panaudojant teigiamų matricų faktorizacijos (PMF) metodą miesto ir foninėse vietovėse Lietuvoje.

V. Barkauskas. RBMK tipo reaktoriaus kuro skerspjūvių bibliotekų skaičiavimas.

D. Pavilonis. Nanostruktūrizuotų La-Ca-MnO sluoksnių magnetovaržos relaksacija.

I. Černiukė. Auginimo temperatūros ir impulsinio lazerio poveikio tyrimas $\text{La}_{0.67}\text{Sr}_{0.33}\text{MnO}_3/\text{MgO}$ sluoksnių magnetovaržinėms savybėms.

L. Tamošaitis. Dimerinio granuliocitų kolonijas stimuliuojančio veiksnio darinių ir jų receptoriaus sąveikos tyrimas taikant visiško vidaus atspindžio spektrinę elipsometriją.

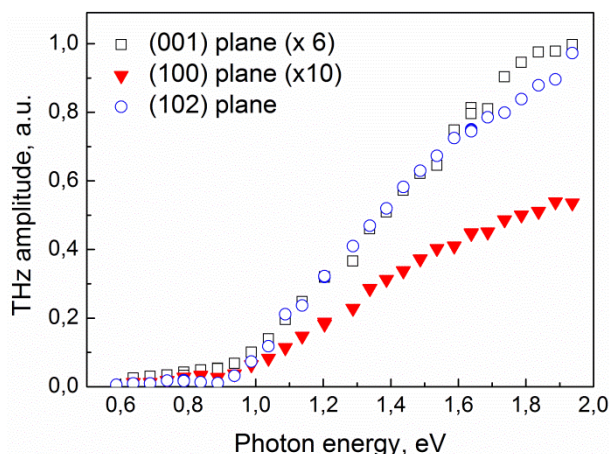
Terahercinių impulsų generacijos mechanizmai nuo kristalinio telūro paviršiaus

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

Fizinių ir technologijos mokslų centras, optoelektronikos skyrius
A. Goštauto 11, LT-01108 Vilnius, el. p.: arlauskas@pfi.lt

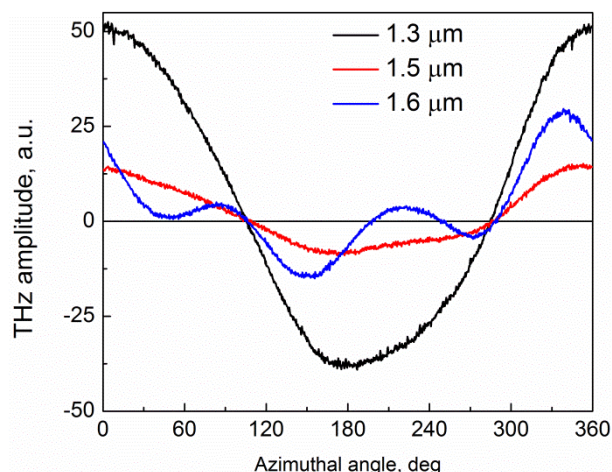
Dauguma puslaidininkių apšviesti trumpais femtosekundiniais impulsais, spinduliuoja kelių pikosekundžių (ps) trukmės terahercinius (THz) impulsus [1]. Siauratarpiai puslaidininkiai dažnai pasižymi kaip medžiagos, kurios tai atlieka gan efektyviai. Telūras (Te) – tai siauratarpis ($\epsilon_g = 0,34$ eV), šeštos grupės puslaidininkinis kristalas, kurio ankstyvieji tyrimai [2] smarkiai įtakojo supratimą apie THz impulsų generaciją nuo puslaidininkių paviršiaus. [2] darbe buvo aiškinama kad du mechanizmai sąlygoja THz impulsų generaciją: tai optiškai aktyvios gardelės osciliacijos – koherentiniai fononai ir dėl skirtingų elektronų ir skylių difuzijos koeficientų atsiradusi srovė – fotodemberio efektas. Visgi šiame darbe pateiktos kai kurių rezultatų interpretacijos ir mūsų pastebėti nauji faktai verčia paanalizuoti šią medžiagą iš naujo.

Šiame darbe yra nagrinėjama THz generaciją nuo trijų skirtingų Te kristalografinių plokštumų. Optiniam šios medžiagos žadinimui buvo naudojama lazerio ir optinio parametrinio stiprintuvo sistema, kuria buvo keičiamas žadinančios spinduliuotės bangos ilgis ir tokiu būdu buvo matuojamas THz sužadavimo spektras (1 pav.)



1 pav. THz impulso amplitudės priklausomybė nuo žadinančios spinduliuotės kvanto energijos esant skirtingoms kristalografinėms orientacijoms.

Iš pateikto paveikslėlio matyti, kad ties 0,9 eV THz amplitudė staiga pradeda didėti. Taipogi buvo pastebėta, kad THz generacija yra anizotropinė ir stipriai priklauso nuo azimutinio kampo orientacijos, kuri keičiasi kai žadinančios spinduliuotės kvanto energija viršija 0,9 eV (2 pav.)



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

Šiame darbe bus pristatyta studija apie THz impulsų generaciją nuo Te paviršiaus. Analizuojant spektrinę THz generacijos priklausomybę ir azimutinio kampo matavimus parodysime, kad egzistuoja trys skirtingi generacijos mechanizmai: fotodemberio ir šoninio fotodemberio efektai bei antros eilės netiesinis reiškiny. Taipogi bus pateiktas teorinis modelis aiškinantis šiuos rezultatus

Literatūra

1. X. -C. Zhang, B. B. Hu, J. T. Darrow, and D. H. Auston, Appl. Phys. Lett. **56**, 1011 (1990).
2. T. Dekorsy, H. Auer, H. J. Bakker, H. G. Roskos, and H. Kurz, Phys.Rev.B **53**, 4005 (1996)

Adaptyvusis netiesinis valdiklis dinaminų sistemų balno tipo rimties būsenoms stabilizuoti

Elena Adomaitienė, Gytis Mykolaitis, Skaidra Bumelienė, Arūnas Tamaševičius

Fizinių ir technologijos mokslų centras, Elektronikos skyrius
A. Goštauto 11, LT-01108 Vilnius, el. p.: elena.tamaseviciute@ftmc.lt

Įprasti valdymo metodai skirti dinaminų sistemų nestabilioms rimties būsenoms (NRB) stabilizuoti reikalauja iš anksto žinoti arba visą matematinį modelį arba tikslias NRB koordinates. Tačiau daugeliui realių sistemų, ypač biologijoje, ekonomikoje, sociologijoje, chemijoje, nei tikslūs modeliai, nei tiksli NRB vieta nėra žinomi. Be to, NRB vieta gali kisti laike priklausomai nuo išorinių nežinomų ir nenuspėjamų jėgų. Daugelis iki šiol sukurtų metodų naudoja nestabilius tiesinius filtrus balnams aptikti ir stabilizuoti [1-5].

Šiame darbe sukurtas naujas adaptyvusis grįžtamojo ryšio metodas, skirtas dinaminų sistemų nežinomoms balno tipo NRB stabilizuoti. Naujasis valdiklis yra netiesinis. Naudojama Heavisaido laiptelinė funkcija (dalimis pastovi funkcija). Grįžtamojo ryšio jėga minimizuojama taip, kad paklaida būtų labai mažoje tolerancijos juostoje. Metodas yra šiek tiek panašus į įprastinį proporcinio grįžtamojo ryšio metodą (išskyrus tai, kad jis automatiškai aptinka NRB). Tolerancijos juostoje atramos taškas nekinta ($r = \text{const.}$). Todėl matematinė analizė tampa paprastesnė.

Metodas buvo ištirtas analiziškai, skaitiškai ir eksperimentiškai, pasirinkus trečiosios eilės chaotinę Lorenz'o dinaminę sistemą:

$$\dot{x} = -\sigma x + \sigma y,$$

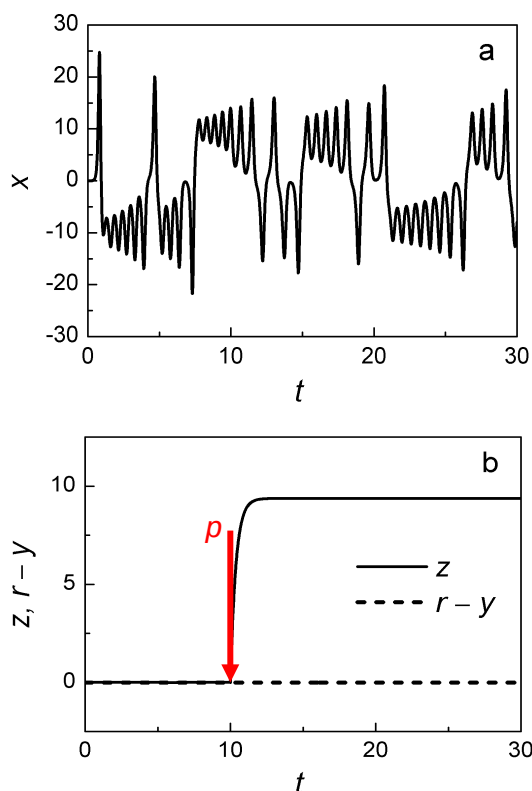
$$\dot{y} = \rho x - xz - y + k(r - y),$$

$$\dot{z} = xy - bz + p,$$

$$\dot{r} = \nu \text{sgn}(r - y)H(k|r - y| - \varepsilon).$$

Čia x, y, z dinaminiai Lorenz'o sistemos kintamieji, σ, ρ, b – pastovūs Lorenz'o sistemos parametrai, p – nežinoma perturbacija, k – valdymo parametras, r – kintamasis atramos taškas, H – Heavisaido funkcija, ν – kitimo greitis, ε – tolerancijos juosta.

Valdiklio, pritaikyto chaotinei Lorenz'o sistemai, skaitiniai rezultatai pateikti 1 pav.



1 pav. (a) Lorenz'o sistemos chaotiniai virpesiai, stebimi be valdymo ($k = 0$). (b) Stabilizuotos Lorenz'o sistemos balno tipo rimties būsenos ($k = 50$, $\varepsilon = 0.05$, $\nu = 0.05$), kai $p = 0$ ($t < 10$) ir kai $p \neq 0$ ($t > 10$).

Literatūra

1. K. Pyragas, V. Pyragas, I. Z. Kiss, J. L. Hudson, Phys. Rev. Lett. **89**, 244103 (2002).
2. A.Tamaševičius, E.Tamaševičiūtė, G. Mykolaitis, S. Bumelienė, Phys. Rev. E **78**, 026205 (2008).
3. A.Tamaševičius, E.Tamaševičiūtė, G. Mykolaitis, S. Bumelienė, R. Kirvaitis, Phys. Rev. E **82**, 026205 (2010).
4. A.Tamaševičius, E.Tamaševičiūtė, G. Mykolaitis, S. Bumelienė, Phys. Rev. E **88**, 032904 (2013).
5. E. Tamaševičiūtė, G. Mykolaitis, S. Bumelienė, A. Tamaševičius, Phys. Rev. E **88**, 060901 (Rapid communication) (2013).

²¹⁰Pb ir tričio tūrinio aktyvumo variacijos gruntiniame vandenyje paviršinės radioaktyviųjų atliekų saugyklos aplinkoje

Inga Gorina, Arūnas Gudelis

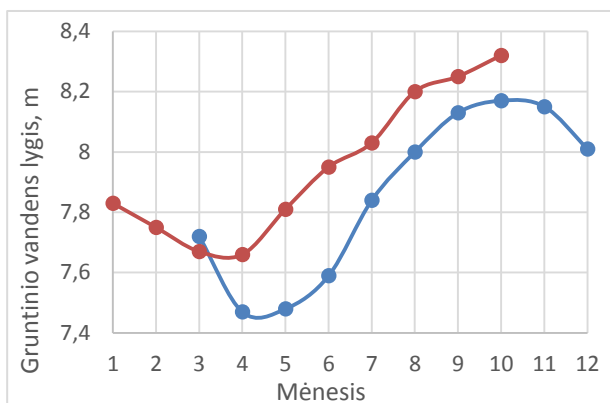
Fizinių ir technologijos mokslų centras, Metrologijos skyrius
Savanorių 231, LT-02300 Vilnius, el. p.: inga.gorina@ftmc.lt

Šiuo metu uždarytoje Maišiagalos paviršinėje radioaktyviųjų atliekų saugykloje saugoma apie $9,48 \cdot 10^{13}$ Bq radioaktyviųjų atliekų. Radionuklidų, kurių aktyvumas 2014 m. viršija 10 GBq, sąrašas pateiktas 1 lentelėje.

1 lentelė. Radionuklidų inventoriųs

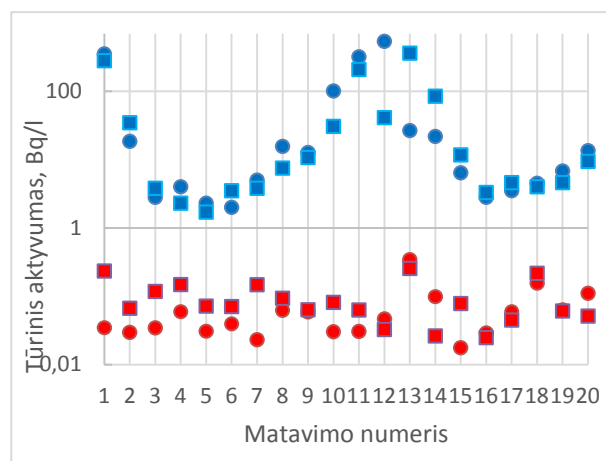
Nuklidas	Pusėjimo trukmė, metai	Aktyvumas, Bq
H-3	12.312	6,16E+13
C-14	5.7E+03	1,76E+11
Co-60	5.2711	2,69E+11
Ni-63	98.7	3,48E+10
Sr-90	28.80	3,54E+11
Cs-137	30.05	3,13E+13
Eu-152	13.522	1,49E+10
Tl-204	3.78	6,91E+10
Ra-226	1.6E+03	1,10E+11
Pu-239	2.41E+03	9,14E+11

Saugyklos aplinkos monitoringas vyksta nuo 1993 m stebint gruntinį vandenį, gruntą, biotos mėginius. Tričio ir radioanglies nuotekiai iš saugyklos pastebėti ankstesniais tyrimais. Kiekvieną mėnesį yra matuojamas gruntinio vandens lygis (1 pav), tričio, ²¹⁰Pb tūrinis aktyvumas.



1 pav. Gruntinio vandens lygio kaita gręžinyje Nr.5 2013 ir 2014 metais.

Detalūs ²¹⁰Pb, patenkančio į aplinką kaip ²²⁶Ra skilimo produktas, tūrinio aktyvumo matavimai gruntiniame vandenyje pradėti 2013 m. kovo mėn (2 pav). Europos komisijos rekomenduojama geriamojo gruntinio vandens ²¹⁰Pb tūrinio aktyvumo vertė viršyta 4 mėginiuose ir vidurkinės tūrinio aktyvumo vertės viršija maksimalias išmatuotas vertes, pateikiamas moksliniuose straipsniuose [1-3]. Tričio tūrinio aktyvumas varijuoja kintant gruntinio vandens lygiui.



2 pav. ³H ir ²¹⁰Pb tūrinis aktyvumas gruntiniame vandenyje gręžiniuose Nr. 41(●) ir Nr. 42 (■) 2013 – 2014 m.

Raktiniai žodžiai: Paviršinė radionuklidų saugykla, tritis, radionuklidų pernaša, gruntinis vanduo.

Literatūra

- Desideri D, Meli MA, Feduzi L, Roselli C, Rongoni A, Saetta D (2007) U-238, U-234, Ra-226, Po-210 concentrations in bottled mineral waters in Italy and their dose contribution. J Environ Radioact 94:86-97
- Bonotto DM, Bueno TO (2008) The natural radioactivity in Guarani aquifer groundwater, Brazil. Appl Radiat Isot 66:1507-1522
- European Commission Recommendation 2001/928/EURATOM. Official Journal of European Communities L. 344, 28.12.2001.

Patvarių halogenintų organinių teršalų tyrimai masių spektrometrijos metodu

Rasa Godliauskienė^{1,2}, Evaldas Naujalis¹

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

²Nacionalinis maisto ir veterinarijos rizikos vertinimo institutas, Kairiūkščio 10, LT-08409 Vilnius
el. p.: rgodliauskiene@gmail.com

Patvarūs organiniai teršalai (POT) – tai grupė junginių, kurie yra atsparūs veikiant cheminiams, biologiniams procesams, aplinkoje turi ilgą degradacijos periodą, todėl biologiškai kaupiasi žmonių, gyvūnų audiniuose bei maisto grandinėje. Halogenintų teršalų grupės, tokios kaip polichlorinti dibenzo-p-dioksinais ir dibenzofuranais (PCDD/DFs), polichlorinti bifenilais (PCBs), yra nuodingos, kancerogeniškos ir mutageniškos. Kita halogenintų teršalų grupė – polibrominti difenileteriai (PBDEs) yra antipirenai, pasižymintys panašiu toksiškumu kaip ir chlorinti dariniai.

Vienas iš mano tiriamojo darbo tikslų, įdiegti polihalogenintų organinių teršalų analizės metodus maisto produktuose bei pašaruose naudojant aukštos skiriamosios gebos dujų chromatografiją masių spektrometriją. Į tyrimus buvo įtraukti dariniai:

- polichlorinti dibenzo-p-dioksinais (PCDDs);
- polichlorinti dibenzofuranais (PCDFs);
- polichlorinti dioksinų tipo Non-Ortho bifenilais (Non-PCBs);
- polichlorinti dioksinų tipo Mono-Ortho bifenilais (Mono PCBs);
- Ne dioksinų tipo polichlorinti bifenilais (NDL-PCBs);
- Polibrominti difenileteriai (PBDEs);

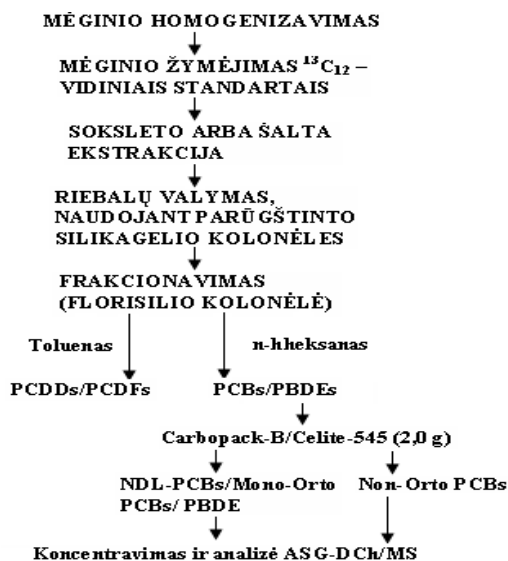
Mėginių paruošimo analizei schema pavaizduota 1 pav.

1 lentelėje pateikti metodo patvirtinimo duomenys atitinka Europos Komisijos keliamus reikalavimus analizės metodams, kuriuos apima keli etapai: riebalų ekstrakcija, riebalų valymas, frakcijų atskyrimas, pastarųjų gryninimas.

Apie 90 % POT šaltinių sudaro maistas, o ypač gyvūninės kilmės maisto produktai. Įvertinus teršalų įsisavinimą organizme, buvo nustatyta, kad didžiausią POT dienos dozę žmogaus organizmas gauna vartojant Baltijos menkių kepenėles (2 – 4 TE₍₁₉₉₈₎ kg/svorio) suvartojant 100 g per mėnesį.

1 lentelė. Metodo patvirtinimo duomenys

	Žuvis	Mėsa	Augalinės kilmės pašarai	Gyvūninės kilmės pašarai
	Viršutinė riba (PCDD/PCDF, PCB)			
Konc., ng/kg	7.10	3.46	3.2	6.3
SN, ng/kg	0.42	0.27	0.2	0.1
SSN, %	7.38	7.90	5.2	1.9
Teisingumas, %	-12.19	1.25	- 1.2	- 6.6



1 pav. Mėginių paruošimo schema.

Individualių dioksinų, furanų ir PCB dienos dozės buvo apskaičiuotos pagal formulę:

$$Y_i (\text{pg TEQ d}^{-1}) = CX_i \quad (1)$$

kur Y_i yra teršalų suvartojimas pagal individualią maisto produkto grupę (pg TE per dieną), C yra POP koncentracija tam tikruose produktuose (pg TE g riebalų⁻¹ arba pg TE g produkto⁻¹), X_i yra statistinis produkto suvartojimas per dieną (g arba g riebalų). POT teršalų suvartojimas skaičiuotas statistiniam žmogaus kūno svoriui 65 kg.

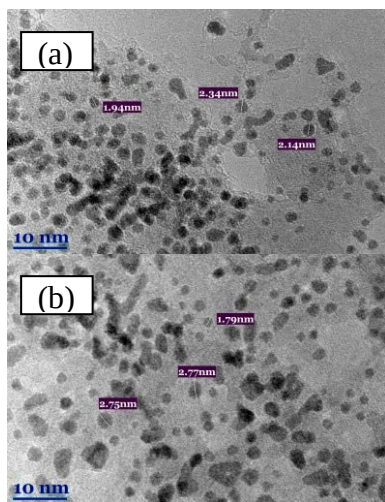
Platinos-kobalto katalizatoriaus aktyvumas etanolio bei borhidrido oksidacijos reakcijoms

Jolita Jablonskienė, Loreta Tamašauskaitė-Tamašiūnaitė

Fizinių ir technologijos mokslų centras, Katalizės skyrius
A. Goštauto 9, LT-01108 Vilnius, el. p.: jol.jab@gmail.com

Šiame darbe pristatomi mikrobangų sintezės metodu susintetinti PtCo katalizatoriai, pagrindu naudojant grafeną (PtCo/G). Gautų katalizatorių struktūra bei sudėtis buvo tirama, taikant TEM, XRD bei ICP-OES, o jų elektrokatalizinis aktyvumas buvo tiriamas tiesioginėms etanolio bei borhidrido oksidacijos reakcijoms, taikant ciklinę voltamperometriją ir chronoamperometriją.

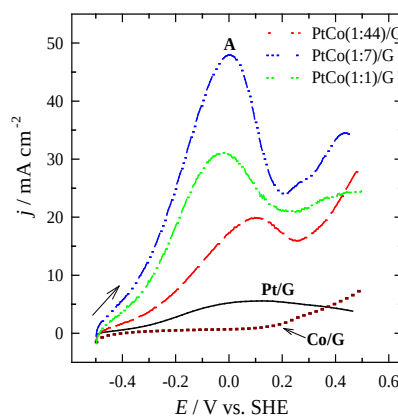
Nustatyta, kad buvo susintetinti PtCo/G katalizatoriai, kuriuose Pt:Co moliniai santykiai yra 1:1, 1:7, 1:22 ir 1:44, o nusodintos Pt nanodalelės yra 1-3 nm dydžio (Pav. 1).



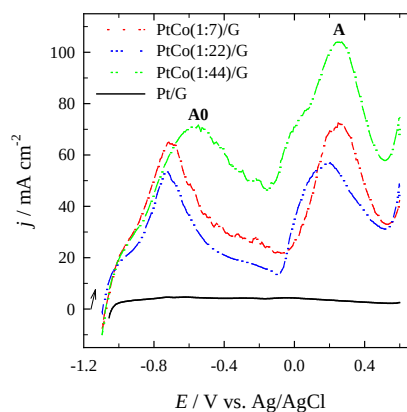
1 pav. TEM nuotraukos PtCo(1:7)/G (a) ir PtCo(1:44)/G (b) katalizatorių.

Pav. 2 ir 3 pateiktos etanolio ir natrio borhidrido oksidacijos ant tiriamų katalizatorių kreivės. Nustatyta, kad didžiausiu elektrokataliziniu aktyvumu etanolio oksidacijai (Pav. 2, smailė **A**) pasižymi PtCo/G katalizatorius, kuriame Pt:Co molinis santykis yra 1:7, lyginant su PtCo/G katalizatoriais, kuriuose Pt:Co moliniai santykiai yra 1:1 ir 1:44, atitinkamai. Srovės tankio vertės, išmatuotos ant PtCo/G katalizatorių, yra 4-9.5 karto didesnės nei jos yra ant Pt/G katalizatoriaus.

PtCo/G katalizatorius, kurio Pt:Co molinis santykis yra 1:44, pasižymi didžiausiu elektrokataliziniu aktyvumu H_2 oksidacijos (smailė **AO**) ir BH_4^- jonų oksidacijos (smailė **A**) reakcijoms, lyginant su Pt(Co(1:7))/G ir PtCo(1:22)/G katalizatoriais.



2 pav. Pt/G (juoda linija), Co/G (taškinė linija), PtCo/G katalizatorių anodinio skleidimo voltamperogramos, užrašytos 1 M C_2H_5OH + 0.5 M NaOH tirpale, esant skleidimo greičiui 50 mV s^{-1} .



3 pav. Pt/G (juoda linija) ir PtCo/G katalizatorių anodinio skleidimo voltamperogramos, užrašytos 0.05 M $NaBH_4$ + 1 M NaOH tirpale, esant skleidimo greičiui 10 mV s^{-1} .

Susintetinti katalizatoriai yra perspektyvios medžiagos ir gali būti naudojami kaip anodo medžiagos tiesioginiams etanolio bei borhidrido kuro elementams.

Borhidrido oksidacijos ant Au(Ni)/TiO₂nv ir Au(Cu)/TiO₂nv katalizatorių tyrimas

Aldona Balčiūnaitė, Loreta Tamašauskaitė Tamašiūnaitė

Fizinių ir technologijos mokslų centras, Katalizės skyrius
A. Goštauto 9, LT-01108 Vilnius, el. p.: balciunaite.aldona@gmail.com

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

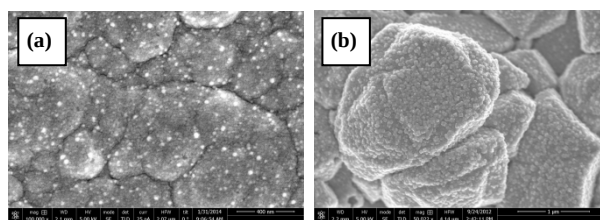
Šiame darbe Au, Ni ir Cu dalelės buvo nusodinamos ant titano oksido nanovamzdelių (TiO₂nv) paviršiaus, naudojant cheminio metalų nusodinimo bei galvaninio pakeitimo metodus [1, 2]. TiO₂nv paviršius buvo formuojamas, elektrochemiškai anoduojant Ti paviršių 0,24 M H₂SO₄ + 0,5 sv.% NH₄F 25 °C temperatūros tirpale 1 val., naudojant 20 V įtampą. Iš pradžių buvo nusodinamas nikelio ar vario pasluoksnis ant TiO₂nv paviršiaus. Nikelio pasluoksnis (~0,4 μm storio) buvo nusodinamas ant TiO₂nv paviršiaus, taikant autokatalizinę Ni(II) jonų redukciją, reduktoriumi naudojant natrio hipofosfitą. Cheminio nikeliavimo tirpalo sudėtis (M): nikelio sulfatas – 0,1; glicinas – 0,4; natrio hipofosfitas – 0,25; natrio malonatas – 0,1; pH = 9,0. Tirpalo darbinė temperatūra – 85 °C, $t_{\text{Ninusod.}}$ = 1 min.

Cheminio vario danga (~15 μm storio) buvo nusodinama ant TiO₂nv paviršiaus, reduktoriumi naudojant Co(II)-dietilentriamino kompleksus [3]. Cheminio variavimo tirpalo sudėtis (M): vario chloridas – 0,05; kobalto chloridas – 0,15; dietilentriaminas – 0,6; pH 6,0. Tirpalo darbinė temperatūra – 20 °C, $t_{\text{Cunusod.}}$ = 10 min.

Au dalelės buvo nusodinamos ant Ni/TiO₂nv ar Cu/TiO₂nv paviršių, įmerkiant pastaruosius į 1 mM HAuCl₄ + 0,1 M HCl 25 °C temperatūros tirpalą 30 s. Buvo suformuoti

Au(Ni)/TiO₂nv ir Au(Cu)/TiO₂nv katalizatoriai su nusodinto Au įkrova 8,2 ir 8,5 μg_{Au} cm⁻², atitinkamai.

1 pav. pavaizduoti FESEM vaizdai Au(Ni)/TiO₂nv (a) ir Au(Cu)/TiO₂nv (b) katalizatorių. Kaip matyti iš 1 pav. pateiktų FESEM vaizdų, po Ni/TiO₂nv ar Cu/TiO₂nv elektrodų įmerkimo į auksavimo tirpalą 30 s, nusodintų Au nanodalelių dydis yra nuo 10 iki 50 nm ant Ni/TiO₂nv ir Cu/TiO₂nv paviršių.



1 pav. FESEM vaizdai Au(Ni)/TiO₂nv (a) ir Au(Cu)/TiO₂nv (b) katalizatorių, gautų įmerkiant TiO₂nv paviršių į cheminio nikeliavimo 85 °C temperatūros tirpalą 1 min ar į cheminio variavimo 20 °C temperatūros tirpalą 10 min, o po to į 1 mM HAuCl₄ + 0,1 M HCl 25 °C temperatūros tirpalą 30 s.

Au(Ni)/TiO₂nv ir Au(Cu)/TiO₂nv katalizatorių elektrokatalizinis aktyvumas buvo įvertintas borhidrido oksidacijos reakcijai, taikant ciklinę voltamperometriją ir chronoamperometriją. Nustatyta, kad didesniu kataliziniu aktyvumu borhidrido oksidacijos reakcijai pasižymėjo Au(Ni)/TiO₂nv katalizatorius su nusodinto Au įkrova 8,2 μg_{Au} cm⁻² lyginant su Au(Cu)/TiO₂nv katalizatoriumi su nusodinto Au įkrova 8,5 μg_{Au} cm⁻².

Literatūra

1. Tamašauskaitė-Tamašiūnaitė L., Balčiūnaitė A., Šimkūnaitė D., Selskis A., J. Power Sources 202 (2012) 85-91.
2. Tamašauskaitė-Tamašiūnaitė L., Balčiūnaitė A., Vaiciukevičienė A., Selskis A., Norkus E. J. Power Sources 225 (2013) 20-26.
3. Vaškėlis A., Stankevičienė I., Jagminienė A., Tamašauskaitė-Tamašiūnaitė L., Norkus E., J. Electroanal. Chem. 622 (2008) 136-144.

Mažos varžos Ni/Cu kontakto formavimas cheminio nusodinimo būdu

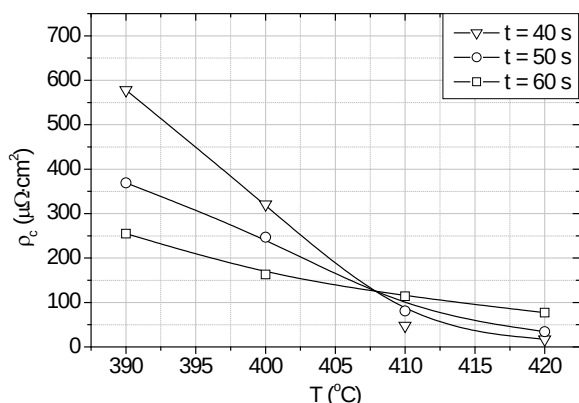
V.Čyras, R.Juščenka, A.Selskis

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

Chemiškai nusodinti Ni/Cu kontaktai gali būti puiki ir gerokai pigesnė alternatyva Ag pastai, naudojami saulės elementų priekinio paviršiaus kontaktinio tinklelio formavimui šilkografijos būdu [1]. Taip išvengiama sudėtingų technologinių įrenginių ir apsiribojama standartine cheminių procesų įranga.

Plonas Ni sluoksnis formuojamas naudojant cheminio nikeliavimo tirpalą, susidedantį iš Ni šaltinio nikelio chlorido (NiCl_2), reduktoriaus natrio hipofosfito (NaH_2PO_2) ir papildomų priedų. Silicio paviršiaus aktyvavimas paladžio chloridu [2] buvo pakeistas į aktyvavimą koncentruotu nikeliavimo tirpalu, atliekant dviejų pakopų nikeliavimo procesą. Nusodintas Ni sluoksnis buvo įdegintas azoto atmosferoje esant 390 – 420 °C temperatūrai greito atkaitinimo krosnyje. Ant įdeginamo Ni sluoksnio, buvo chemiškai nusodintas 20 μm Cu sluoksnis.

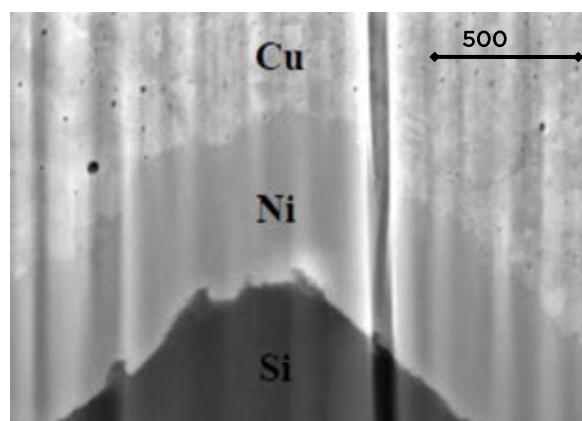
Kontaktinės varžos matavimai buvo atliekami naudojant TLM (*angl. transfer lenght method*) metodą [3]. Didėjant Ni įdeginimo temperatūrai ir laikui, kontaktinė varža mažėjo (1 pav.). Tai gali būti susiję su NiSi fazės formavimusi. Geriausia 17 μΩ·cm² kontaktinės varžos vertė buvo pasiekta esant 420 °C temperatūrai ir 40 s įdeginimo laikui.



1 pav. Kontaktinės varžos priklausomybė nuo Ni įdeginimo temperatūros ir įdeginimo laiko.

Ni/Cu kontakto morfologija buvo tyrinėjama skenuojančio elektroninio mikroskopo (SEM) pagalba (2 pav.). Naudojant dviejų

pakopų cheminio nikeliavimo procesą, buvo gauta tolygi sandūra tarp Si ir Ni, be paprastai matomo Si paėdinimo su tarp jo ir Ni įsiterpusiu SiO_x arba NiO_x sluoksniu.



2 pav. Skersinis Ni/Cu kontakto pjūvis.

Rentgeno spindulių difrakcijos metodu nustatyta, jog mažėjant Ni_3P kristalų dydžiui Ni sluoksnyje, stiprėja adhezija, o Ni_3P kristalų dydis stipriai priklauso nuo Ni sluoksnio įdeginimo sąlygų. Geriausia adhezijos vertė siekė 1.15 N/mm.

NiSi fazė, paprastai siejama su maža kontaktine varža, rentgenogramose nebuvo pastebėta. Norint identifikuoti šį ploną maždaug 100 nm storio sluoksnį, reikalingas selektyvus Ni/Cu kontakto nuėdinimas nuo Si paviršiaus prieš atliekant rentgeno spindulių difrakcijos tyrimus. Kitas tam tinkamas metodas – rentgeno spindulių fotoelektronų spektroskopija (XPS) [4].

Literatūra

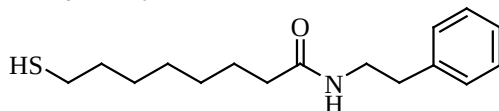
1. S. Gatz et. al, Phys. Status Solidi RRL 5, 4, 147-149 (2011).
2. Chao-Chi Jain, Shuan-Sheng Wang, Journal of the Chinese Institute of Engineers, 32, 1 (2009).
3. D.K. Schroder, "Semiconductor Material and Device Characterization", John Wiley and Sons, New Jersey (2006).
4. Vikrant A. Chaudhari, Chetan S. Solanki, Solar Energy Materials & Solar Cells 94 (2010) 2094-2101

Savitvarkio monosluoksnio su tiolio, fenilalanino ir amido funkcinėmis grupėmis charakterizavimas paviršiaus sustiprintos Ramano spektroskopijos metodu

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

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

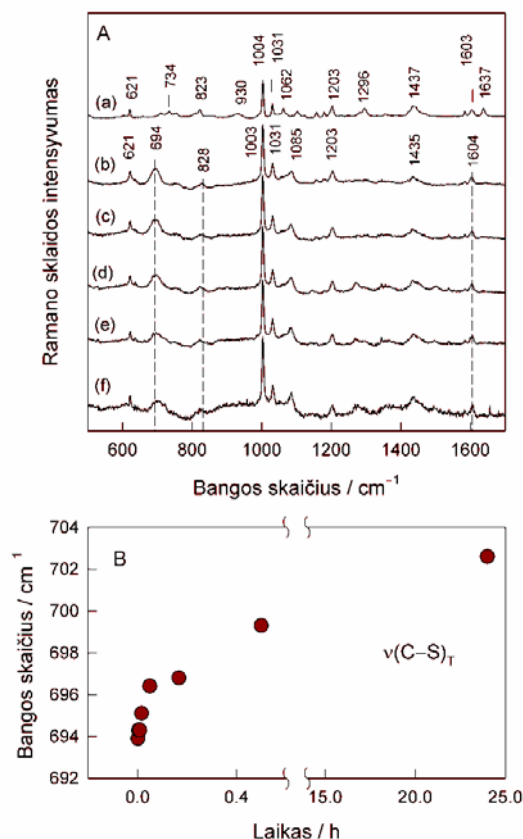
Aromatinės amino rūgščių funkcinės grupės stabilizuoja baltymų tretinę struktūrą, sąveikauja su aktyviais centrais biomolekulėse, dalyvauja elektronų pernašos vyksmuose. Bioelektrocheminiuose procesuose biomolekulės sąveikauja su metalo elektrodais. Siekiant šiuos procesus valdyti ir tobulinti būtina molekuliniame lygmenyje suprasti kaip pakinta biomolekulių funkcinių grupių struktūra elektrocheminėje fazių riboje. Tokią informaciją gali suteikti vienas jautriausių šiuo metu žinomų metodų – paviršiaus sustiprinta Ramano spektroskopija (PSRS). Šio darbo tikslas – nustatyti fenilalanino ir amido funkcines grupes turinčio tiolio (1 pav.) struktūrinius kitimus kintant išlaikymo laikui adsorbcijos tirpale PSRS metodu.



1 pav. Tiolio su galine fenilalanino funkcinę grupę ir amido grupę angliavandenilinėje grandinėje (MOPHE) struktūra.

Adsorbuoto MOPHE spektre vyrauja fenilalanino žiedo virpesiai ties 621 (F6b), 1003 (F12), 1031 (F18a), 1203 (F7a) ir 1604 cm^{-1} (F8a). Amido grupės virpesys matomas tik kieto būvio spektre ties 1637 cm^{-1} (2 pav. a). Plati juosta ties 694 cm^{-1} susijusi su *trans* konformero C–S valentiniu virpesiu [1]. Kieto būvio spektre ši moda stebima ties 734 cm^{-1} . Taigi, dėl adsorbcijos juostos dažnis sumažėja 40 cm^{-1} . Tai susiję su 2 efektais: C–S ryšio elektroninio tankio sumažėjimu susiformuojant Ag–S ryšiui ir metalo masės efektu [1,2]. Mes pastebėjome, kad juostos dažnis didėja, ilgėjant adsorbcijos laikui (2 pav. B). Tai rodo, kad susiformavus glaudžiam monosluoksniui (po 24 h), sustiprėja (sutrumpėja) C–S ryšys. Esant trumpiems adsorbcijos laikams, S atomas sąveikauja su aktyviausiomis

paviršiaus vietomis, susiformuoja stiprus kovalentinis Ag–S ryšys, o C–S valentinio virpesio dažnis sumažėja.



2 pav. (A) Kieto būvio MOPHE Ramano spektras (a) ir PSRS spektrai nuo Ag elektrodo išlaikant adsorbcijos tirpale 5 s (b), 30 s (c), 3 min (d), 30 min (e), ir 24 h (f). (B) Virpesio $\nu(\text{C-S})_T$ bangos skaičiaus priklausomybė nuo išlaikymo laiko adsorbciniame tirpale. Spektrų intensyvumai sunormuoti pagal 1203 cm^{-1} juostą.

Literatūra

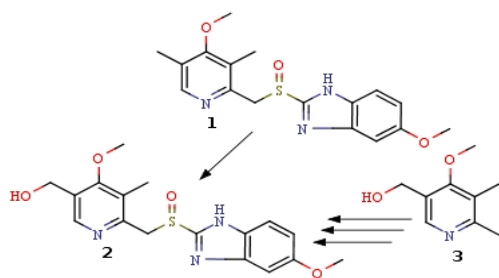
1. M.A. Bryant, J.E. Pemberton, J. Am. Chem. Soc. **113**, 3629 (1991).
2. I. Matulaitienė, Z. Kuodis, O. Eicher-Lorka, G. Niaura, J. Electroanal. Chem. **700**, 77 (2013).

(R,S-6-Metoksi-2-((4-metoksi-3,5-dimetilpiridin-2-il)metilsulfinil)-1H-benzimidazolo (Omeprazolo) pirminių metabolitų sintezė

Romualdas Striela, Gintaras Urbelis, Linas Labanauskas

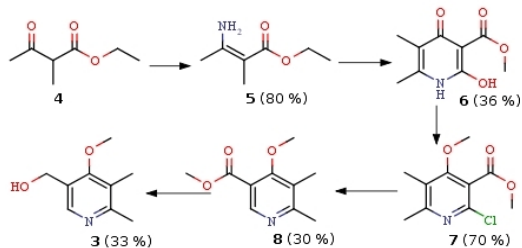
Fizinių ir technologijos mokslų centras, chemijos institutas
A. Goštauto 11, LT-01108 Vilnius, el. p.: romualdas.striela@gmail.com

Omeprazolas (**1**) reguliuoja rūgšties gamybą skrandyje. Jis veikia, kaip protonų siurblio slopiklis ir buvo pirmasis kliniškai panaudotas šios klasės junginys. Nors omeprazolo (**1**) ir jo analogų sintezė prieinama, peržiūrėjus literatūrą, nepavyko surasti galimų pirminio omeprazolo metabolito hidroksiomeprazolo (**2**) (schema 1) cheminių sintezės būdų.



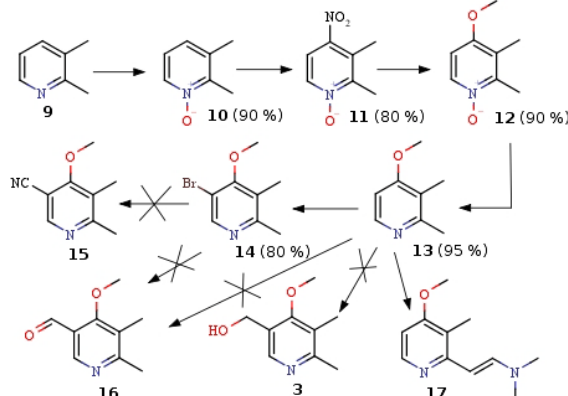
Schema 1.

Siekiant susintetinti hidroksiomeprazolą (**2**) būtina žinoti (4-metoksi-5,6-dimetilpiridin-3-il)metanolio (**3**) sintezės būdus. Sintezę įgyvendinti bandyta dviem būdais: ciklizuojant piridino žiedą (schema 2) arba modifikuojant 2,3-dimetilpiridiną (**9**) (schema 3). Įgyvendinant sintezės būdą pavaizduota scheme 2, jau pirmose stadijose susidurta su mažomis reakcijų išeigomis. Sintetinant aminą (**5**), pasiekti tenkinančias išeigas pavyko tik panaudojus didelius slėgius, o ciklizacijos reakcijos išeigos, neviršija 36 %. Susintetinus (4-metoksi-5,6-dimetilpiridin-3-il)metanolį (**3**) bendra išeiga siekė vos 2 %.



Schema 2.

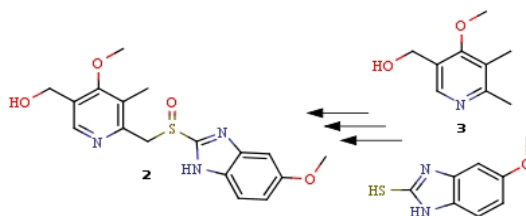
Modifikuojant 2,3-lutidiną (**9**) (schema 3), produktų išeigos buvo žymiai aukštesnės. Tačiau susidurta su problemomis įvedant pakaitus į 5-tąją 2,3-dimetil-4-metoksipiridino (**13**) padėtį. Tiesiogiai oksimetilinant, nepavyko susintetinti norimo junginio (**3**). O piridino (**13**) *orto*-litinimas, norint susintetinti aldehidą (**16**), lydymas protono atplėšimu iš 2-joje padėtyje



esančios metilgrupės, susidarant junginiui (**17**).

Schema 3.

Ieškant alternatyvu tiesioginiam pakaitų įvedimui, sėkmingai susintetintas 5-brom-2,3-dimetil-4-metoksipiridinas (**14**). Deja kol kas nepavyko pakeisti 5-tos padėties bromo atomo tiek nukleofilu panaudojant CuCN/DMF, tiek elektrofilais per piridino (**14**) magnio organinius junginius.



Schema 4.

Sujungus piridininę ir benzimidazolinę dalis (schema 4) sukurtas hidroksiomeprazolo (**2**) cheminis sintezės metodas. Hidroksiomeprazolas (**2**) šiuo metodu gali būti susintetintas per 14 stadijų su bendra 0,6 % išeiga.

TiO₂ nanovamzdelinių plėvelių elektrocheminio dekoravimo vario junginių nanodarinių tyrimas

Jelena Kovger, Alfonsas Rėza, Algis Selskis, Arūnas Jagminas

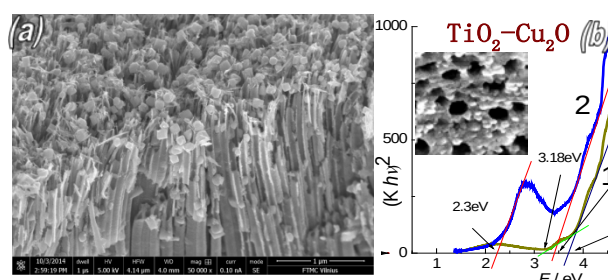
Fizinių ir technologijos mokslų centras, Elektrocheminės medžiagotyros skyrius
A. Goštauto 9, LT-01108 Vilnius, el. p.: jelena.kovger@mail.lt

TiO₂ kristalitių, pasižyminčių puslaidininkinėmis savybėmis ($E_g \geq 3,0$ eV), gebėjimas UV šviesoje skaldyti vandenį nustatytas daugiau nei prieš 40 metų [1]. Kad išplėsti sugeriamos šviesos ruožą matomosios link, per praėjusį laikotarpį buvo publikuoti šimtai pasiūlymų. Tai pasiekti pavyksta pakeičiant TiO₂ gardelėje dalį Ti ar O atomų kitų metalų bei N, C, S, P atomais, dekoruojant TiO₂ nanokristalitus tauriųjų metalų bei siaurajuosčių puslaidininkinių nanodarinių. Greta tradicinių dopavimo būdų siūlomi hidroterminio, solvotermio, UV šviesos inicijuotos redukcijos bei elektronusodnimo keliai. Pastarajame dešimtmetyje šie tyrimai pagrindinai yra nukreipti tvarkios struktūros poringų bei nanovamzdelinių anatazo-TiO₂ sluoksnių, gaunamų anoduoiant Ti paviršių organiniuose tirpaluose su fluoridų bei vandens priedais, modifikavimo linkme. Ieškoma būdų kaip efektyviai legiruoti ar dekoruoti tokius TiO₂ sluoksnius.

Pastaraisiais tyrimais siekta modifikuoti titano anodinių oksidinių plėvelių sudėtį ir tuo pačiu savybes dekoruojant TiO₂ nanovamzdelius Cu₂O ir CuO nanodalelėmis kintančiosios srovės lauke. Šio metodo privalumai pirmą kartą buvo publikuoti 2014 metais [2] ir pristatomi šiame darbe. Tyrimuose naudotos tvarkios nanovamzdelinių paketų TiO₂ plėvelės tradiciškai suformuojamos anoduoiant titano elektrodus etilenglikoliniame tirpale su NH₄F (0,3 sv.%) ir H₂O (2,0 sv.%) priedais. Cu₂O ir CuO į TiO₂ vamzdelius buvo sodinami iš vandeninių tirpalų 0 Hz dažnio kintančiaja

srove, kontroliuojant įtampas ant elektrodų vertę programuojamu šaltiniu. Produktai charakterizuoti skenuojančia elektronų mikroskopija (1 pav., a), rentgeno spindulių difraktometrija, Raman, EDX, difrakcinio atspindžio ir kitais tyrimais.

Nustatyta, kad parinkus tirpalų sudėtis ir optimizavus kintančiosios srovės apdirbimo sąlygas galima tolygiai dekoruoti TiO₂ vamzdelius tiek Cu₂O, tiek CuO nanodalelėmis, sukuriant TiO₂-Cu₂O bei TiO₂-CuO heterostruktūras, absorbuojančias ir matomąją šviesą (1 pav., b).



1 pav. Charakteringi TiNT plėvelių, dekoruotų Cu₂O nanodalelėmis, SEM vaizdai bei Kubelka-Munk spektrai (b) prieš (1) ir po (2) TiNT dekoravimo Cu(II) acetatiniame elektrolite rodo ženklų šviesos sugerties krašto pasislinkimą TiO₂-Cu₂O heterostruktūrose matomos link

Literatūra

1. Fujishima, K. Honda, Nature **238**, 37 (1972).
2. A. Jagminas, J. Kovger, A. Rėza, J. Juodkazytė, A. Selskis, R. Kondrotas, B. Šebeka, J. Vaičiūnienė, Electrochim. Acta **125**, 516 (2014).

Titano oksido dekoravimas Cu_2O ir gautų dangų antimikrobinų savybių tyrimas

Rokas Žalnėravičius, Arūnas Jagminas, Algimantas Paškevičius

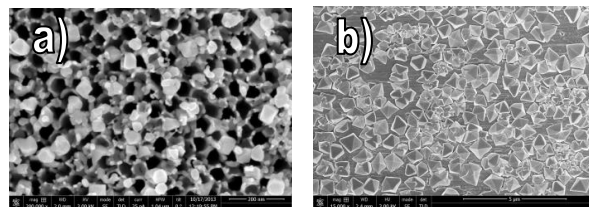
Fizinių ir technologijos mokslų centras, Elektrocheminės medžiagotyros skyrius
A. Goštauto 11, LT-01108 Vilnius, el. p.: rzalneravicius@gmail.com

Funkcinės neorganinės nanomedžiagos su neįprastomis ir naujomis savybėmis šiuo metu sulaukia daug dėmesio dėl naujų taikymų įvairiose srityse, tokiose kaip saulės celės, kondensatoriai, katalizatoriai, medicina, elektronika ir kosmetika [1]. Viena tokių medžiagų yra titano oksidas. Nors pati medžiaga dėl savo savybių labai patraukli, tačiau vis daugiau tyrimų skiriama TiO_2 heterostruktūroms.

Teigiama, kad pats titano oksidas pasižymi baktericidinėmis savybėmis ir nežymiai veikia mikroorganizmus [2]. Šis poveikis išauga jei TiO_2 paviršius yra sužadinas UV spektro šviesa (elektrono – skylės generavimas) [3]. Deja UV spinduliai sudaro tik apie 4 % saulės spektro pasiekiančio žemės paviršių, kas labai riboja tokių dangų praktinio pritaikymo galimybes. Dėl šios priežasties titano oksidą siekiama dekoruoti įvairių puslaidininkių nanodariniams, kas sumažina TiO_2 draustinės juostos plotį. Viena iš alternatyvių medžiagų – vario suboksidas, kuriuo dekoravus titano dioksido paviršių gauto elektrodo sužadinimui pakanka jau ir regimosios šviesos energijos. Valentinėje juostoje susidariusios skylės generuoja hidroksilo radikalus ($\text{OH}^\bullet$), o sužadinti elektronai laidumo juostoje – deguonies $\text{O}_2^\bullet$. Šie radikalai pasižymi oksidacinėmis savybėmis ir gerai skaldo organines medžiagas [3]; mūsų atveju – mikroorganizmų sienelės sudedamąsias dalis. Šiuo mechanizmu grindžiama mikroorganizmų inaktyvacija.

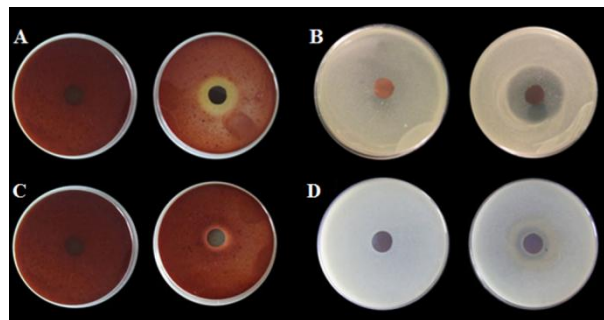
Korinės struktūros titano oksido paviršius gaunamas anoduojant Ti etilenglikolio tirpale su amonio fluoridu. Gautų nanovamzdelių ilgis 4-6 μm , diametras 45-50 nm. Susiformavusi amorfinė danga rekristalizuojama prie 450 $^\circ\text{C}$ temperatūros, ko pasekoje gaunama gryna anatazo kristalinė fazė. Šiame darbe tokios dangos buvo elektrochemiškai „dekoruotos“ Cu_2O nanokristalais, kurių nusėdimas ant paviršiaus

yra gana tolygiai išbarstytas (1 pav. a). Tuo tarpu (1 pav. b) iliustruoja, kad silpnai rūgščiuose Cu (II) tirpaluose elektrochemiškai nusodinami kintančios srovės lauke ant termiškai oksiduoto Ti paviršiaus kristalitai yra oktaedrinės struktūros Cu_2O , kurie pasižymi gana taisyklinga forma. Jų dydis – 200-400 nm.



1 pav. Cu_2O dekoruoto TiO_2 paviršiaus SEM vaizdai: a – anoduoto Ti, b – termiškai oksiduoto Ti paviršiaus.

Antimikrobinės savybės buvo tiriamos lizės zonų metodu (2 pav.).



2 pav. Kokybinės analizės rezultatai panaudojant eukariotinius mikroorganizmus: pirmą eilutę – $\text{TiO}_2/\text{Cu}_2\text{O}$, antrą – anoduoto Ti dekoruoto Cu_2O nanodariniams poveikis A, C, – *Aspergillus versicolor*, B – *Saccharomyces cerevisiae*, D – *Candida krusei*.

Kairėje pusėje – ląstelių kultūros kontrolė, dešinėje pusėje – fungistatinė/cidinė zona rodo, kad sukurtos dangos pasižymi efektyviomis fungistatinėmis/cidinėmis savybėmis.

Literatūra

1. Y. Ding, et al., J. Colloid Interface Sci., 2013. 392(0): p. 151-157.
2. I. Ditta, et al., Appl. Microbiol. Biotechnol., 2008. 79(1): p. 127-133.

Phase sensitive detection in single source terahertz imaging setup Fazei jautri detekcija vieno šaltinio terahercinio vaizdinimo sistemoje

Rimvydas Venckevičius, Linas Minkevičius, Dalius Seliuta, Gintaras Valušis ir Irmantas Kašalynas

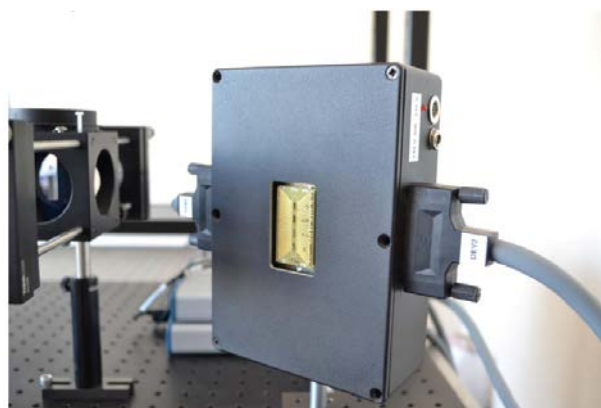
Fizinių ir technologijos mokslų centras, Optoelektronikos skyrius, Terahercinės fotonikos laboratorija
A. Goštauto 11, LT-01108 Vilnius, el. p.: rimvydas.venckevicius@ftmc.lt

Terahercinė (THz) spinduliuotė turi savybę prasiskverbti pro popierių, plastiką ir kitas medžiagas, todėl gali būti pritaikoma įpakuočių objektų, pašto siuntų inspekcijai. Šiuo metu kompaktinės kambario temperatūros THz vaizdinimo sistemos aktyviai tyrinėjamos dėl sąlyginai nesudėtingo įgyvendinimo, nedidelio dydžio, mažos kainos ir spartaus veikimo. Antena kaupinami mikrobolometrai [1], peteliškės formos diodai bei nanometriniai FET tranzistoriai [2], veikiantys virš ribinio dažnio, gali būti naudojami kaip detektoriai tokiose sistemose [3]. Neseniai buvo pademonstruotas THz vaizdinimas su „peteliškės“ formos InGaAs diodais, panaudojant heterodininį bangų maišymą [4], naudojant du sinchronizuotus elektroninius THz šaltinius.

Šiame darbe buvo ištirta galimybė pritaikyti Mach-Zender interferometro principais veikiančią vieno šaltinio schemą THz vaizdinimui.

Heterodininis vaizdinimas gali būti naudingas siekiant turėti didesnę sistemos signalas-triukšmas santykį lyginant su tiesiogine detekcija, o taip pat matuoti bandinių optinį storį, sekant heterodininio signalo fazę. Jei ankstesniame eksperimente [4] buvo naudojami du skirtingo dažnio sinchronizuoti THz spinduliuotės šaltiniai, tai šiame darbe, siekiant supaprastinti vaizdinimo sistemą, buvo naudojamas vienas THz šaltinis, veikiantis dažninės moduliacijos režime.

Mūsų tiriama sistema buvo paremta Mach-Zender interferometro principais pralaidumo matavimo geometrijoje. THz šaltinis, elektroninių daugintuvų grandinė buvo nustatyta generuoti tiesiškai dažniu moduluotą 300 GHz spinduliuotę. Spartūs InGaAs peteliškės formos diodai (1 pav.) buvo naudojami kaip detektoriai. Veikimo metu į detektorių nukreipiami du spindulių pluošteliai, kurie gaunami padalinus šaltinio spinduliuotę dalikliu.



1 pav. Eksperimentinės THz vaizdinimo sistemos fragmentas: vaizdo užrašymui naudojama InGaAs detektorių liniuotė.

Vienas iš jų eigoje praeina pro tiriamąjį objektą. Tuomet dėl optinių kelių skirtumo interferavę spindulių pluošteliai detektoriuje sukuria f dažniu kintamą signalą, kurio dažnis ir vėlinimas priklauso nuo objekto optinio storio, t.y. medžiagos lūžio rodiklio ir objekto storio.

Tyrimo metu buvo atlikti įvairių medžiagų optinio storio tyrimai matuojant ir dažnio, ir vėlinimo kitimą.

Literatūra

1. J. Trontelj and A. Sešek, "Micro-machined millimeter wave sensor array for FM radar application," Proc. SPIE 8544, 85440G/1-11 (2012).
2. I. Kašalynas et al., "Continuous wave spectroscopic terahertz imaging with InGaAs bow-tie diodes at room temperature," IEEE Sensors Journal 13, p. 50-54 (2013).
3. A. Lisauskas et al., "Exploration of Terahertz Imaging with Silicon MOSFETs," JIMT 35, 63-80 (2014).
4. L. Minkevičius et al., "Terahertz heterodyne imaging with antenna coupled InGaAs-based bow-tie sensors," Appl. Phys. Lett 99, p. 131101 (2011).

Kompaktinės difrakcinės optikos sprendimai terahercinės spinduliuotės fokusavimui

Linas Minkevičius, Vincas Tamošiūnas, Karolis Madeikis, Rimvydas Venckevičius,
Bogdan Voisiat, Irmantas Kašalynas ir Gintaras Valušis

Fizinių ir technologijos mokslų centras, Optoelektronikos skyrius
A. Goštauto 11, LT-01108 Vilnius, el. p.: linas.minkevicius@ftmc.lt

Difrakciniai lęšiai pasižymi savo kompaktiškumu ir technologiniu paprastumu. Dažniausiai jie yra naudojami monochromatinės spinduliuotės fokusavimui. Toks lęšis susideda iš žiedų (Fresnel'io zonų), kurių plotis ir atstumas tarp kraštų vis mažėja tostant nuo centro. Nors jie geriausiai veikia tik vienam bangos ilgiui, o kitiems sumažėja vaizdo kontrastas ir fokusavimo efektyvumas, tačiau tokio tipo kompaktinės optikos sprendimai gana ženkliai galėtų sumažinti terahercinės (THz) vaizdinimo sistemos komponentų dydį bei atvertų galimybes optiką integruoti į detektorių masyvus.

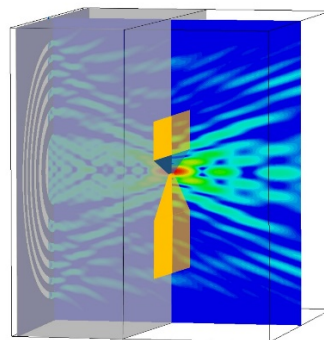
Šiame darbe buvo teoriškai suskaičiuotos, pagamintos ir eksperimentiškai ištirtos trys grupės THz difrakcinių elementų: (I) standartinės zoninės plokštelės, (II) kombinuotos plokštelės su THz filtrų masyvais, (III) plokštelės, integruotos į detektoriaus padėklo paviršių, jutiklio jautrio pagerinimui.

Efektyvus spinduliuotės fokusavimas terahercinės zoninėmis plokštelėmis ir kombinuotomis zoninėmis plokštelėmis su integruotais rezonansiniais filtrais buvo pademonstruoti [1] darbe. Šis sprendimas leistų panaudoti pigius plataus spektro šaltinius vaizdinimo sistemoms kurti. Modifikuotų zoninių plokštelių idėja buvo išplėta bei pristatyta [2] darbe, kur atlikti teoriniai skaičiavimai ir eksperimentiniai tyrimai parodė, kad trumpo židinio nuotolio ir aukštos skaitinės apertūros abiejų tipų zoninės plokštelės yra tinkamos terahercinėms vaizdinimo sistemoms tobulinti pasiekiant rezoliuciją, palyginamą su bangos ilgiu.

Norint dar labiau sumažinti vaizdinimo sistemos matmenis ir komponentų skaičių, buvo pasiūlyta zonines plokšteles sujungti kartu su THz jutikliu. Šiuo sprendimu eliminuojamas poreikis sistemos justiravimui ir tuo pačiu yra padidinamas jutiklio jautris.

Eksperimentiniams tyrimams naudota zoninė plokštelė buvo suformuota tiesiai ant apatinio InP puslaidininkinio padėklo paviršiaus, padengto 200 nm storio aukso sluoksniu [3].

Viršutiniame padėklo paviršiuje jau anksčiau buvo suformuotas InGaAs „peteliškės“ tipo THz diodų masyvas. Struktūrinė jutiklio su fokusuojančiu elementu schema yra pateikta 1 pav. Kolimuota spinduliuotė praėjusi zoninę plokštelę ir 0.5 mm storio InP padėklą yra fokusuojama ties detektoriaus aktyviąja sritimi. Norint parodyti zoninės plokštelės įtaką registruojamo signalo amplitudei buvo atlikti keičiamo krintančios spinduliuotės kampo matavimai su dviem to paties dizaino jutikliais, iš kurių vienas buvo be fokusuojančio elemento.



1 pav. Elektromagnetinės bangos fokusavimą iliustruojantis vaizdas, kai jutiklis ir zoninė plokštelė yra integruoti ant skirtingų pusiau izoliuojančio InP padėklo pusių.

Tyrimai parodė, kad šie elementai gali būti kokybiškai integruoti į kompaktines THz vaizdinimo sistemas bei į THz jutiklius taip padidinat jų atsako amplitudę virš 20 kartų.

Literatūra

1. L.Minkevičius, B. Voisiat, A. Mekys, R. Venckevičius, I. Kašalynas, D. Seliuta, G. Valušis, G. Račiukaitis, V. Tamošiūnas, *Electronic Letters* **49** (1), p. 49-50 (2013).
2. L.Minkevičius, K. Madeikis, B. Voisiat, I. Kašalynas, R. Venckevičius, G. Račiukaitis V. Tamošiūnas, G. Valušis, *Journal of Infrared, Millimeter, and Terahertz Waves* **35** (9), p. 699-702 (2014).
3. L. Minkevičius, V. Tamošiūnas, K. Madeikis, B. Voisiat, I. Kašalynas and G. Valušis, *Electronic Letters* **50** (19), p. 1367-1369 (2014).

Elektroniniai komponentai, pagaminti iš AlGaIn/GaN heterostrukūrų ant safyro padėklo

Vytautas Jakštas¹, Vytautas Janonis¹, Irena Šimkienė¹, Irmantas Kašalynas¹

¹ Fizinių ir technologijos mokslų centras, Optoelektronikos skyrius, A. Goštauto 11, LT-01108 Vilnius, el. p.: vytautas.jakstas@ftmc.lt

Dėl unikalių fizikinių savybių (plataus draustinio tarpo, didelio elektronų judrio, gero šiluminio laidumo) GaN yra laikomas perspektyvia medžiaga, tinkančia aukštų įtampų (didelių galių) įtaisų, veikiančių aukštoje temperatūroje, gamybai. Per pastarąjį dešimtmetį padaryta didžiulė pažanga auginant kokybiškus AlGaIn/GaN heterostrukūrų sluoksnius bei iš jų gaminant elektronikos komponentus. Viena iš tokių pritaikymo galimybių galėtų būti didelio elektronų judrumo tranzistoriai (angl., *high electron mobility transistor*, HEMT), pagaminti AlGaIn/GaN darinių pagrindu [2]. Ypač aktualus yra HEMT pritaikymas plazmoniniams THz šaltiniams, kurie būtų naudojami THz spektroskopijai ir vaizdinimui. Ypatingą susidomėjimą kelia THz spinduliuotės emisija iš HEMT su gardelės tipo elektrodais [3].

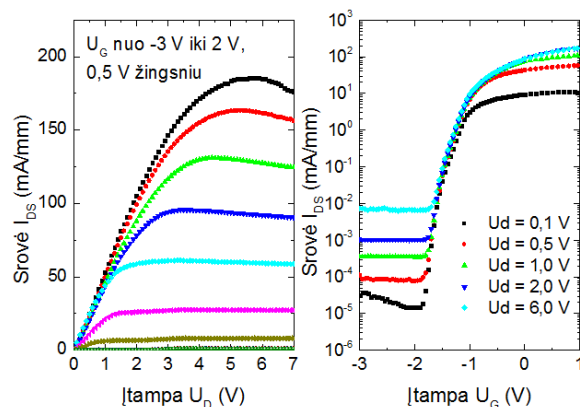
Šiame darbe tiriame Šotkio diodus ir HEMTus, kurie buvo pagaminti iš AlGaIn/GaN heterostrukūrų, išaugintų metalorganinių junginių sintezės iš garų fazės (angl., *metalorganic vapour phase epitaxy*, MOVPE) būdu ant safyro padėklo Vilniaus universiteto Taikomųjų mokslų institute. 1 nm storio dengiantysis GaN sluoksnis buvo užaugintas ant kvantinės duobės, sudarytos iš 20 nm storio nelegiruoto AlGaIn sluoksnio, 1 nm storio AlN barjero bei nelegiruoto GaN. Visa tai yra užauginama ant 330 μm storio safyro padėklo, turinčio buferinius GaN sluoksnius.

Elektronikos komponentai buvo pagaminti Fizinių ir technologijos mokslų centre naudojant standartinę ultravioletinę fotolitografiją. Metaliniai kontaktai suformuoti naudojant garinimo elektroniniu spinduliu įrenginį. Ominiai kontaktai buvo suformuoti užgarinus keturių metalų (Ti/Al/Ni/Au) sluoksnį bei atkaitinus bandinį N₂ atmosferoje. Tam buvo panaudota sparčiojo šiluminio atkaitinimo technologija (angl., *rapid thermal annealing*, RTA). Siekiant gauti kuo mažesnę kontaktinę varžą, reikalinga atkaitinimo temperatūra buvo nustatyta eksperimentiniu būdu, atkaitinus įvairius bandinius temperatūrų intervale nuo 800 °C iki 900 °C. Mažiausia savitosios varžos vertė, lygi 3,4·10⁻⁵ Ω·cm², gauta atkaitinus bandinius 830 °C temperatūroje. Šotkio kontaktai buvo suformuoti iš dviejų (Ni/Au) metalų sluoksnių.

Šotkio diodų voltamperinės charakteristikos buvo išmatuotos plačiame įtampų intervale nuo -210 V iki +2 V. Geriausių diodų tiesioginės krypties srovės tankis siekė 600 A/cm², o atbulinė nuotėkio

srovė beveik įsisotino ties žemesnėmis nei -2 V vertėmis, ir neviršijo 1 A/cm² iki -210 V įtampos. Kai kurie diodai buvo pramušti esant didesnei nei -100 V įtampai. Voltfaradinių charakteristikų (CV) matavimai leido įvertinti dvimačių elektronų (angl., *2 dimensional electrons*, 2DE) tankį, kuris svyravo nuo 1,6·10¹² cm⁻² iki 4,7·10¹² cm⁻², priklausomai nuo auginimo metu įvesto Al kiekio, bei krūvininkų tankio profilį. Nustatyta, kad didžiausias krūvininkų tankis yra 18-19 nm atstumu nuo bandinio paviršiaus.

Sukūrėme ir pagaminome HEMT su žiedo tipo užtūros elektrodais, kurių matmenys buvo 5,5 μm x 100 μm, atstumas tarp ištakos ir santakos siekė 13 μm, o tarp santakos ir užtūros – 2,5 μm arba 5,0 μm. Tokio tranzistoriaus voltamperinės perdavimo ir išėjimo charakteristikos pavaizduotos 1 pav. Įvairių tranzistorių sunormuotos santakos srovės beveik įsisotino ir pasiekė vertes, didesnes nei 300 mA/mm, kai užtūros įtampa yra +2 V. Be to, atkirtos įtampa yra apie -2 V, kas sutampa su rezultatu, gautu iš CV matavimų.



1 pav. Tipinio HEMT nuolatinės srovės charakteristikos: (a) išėjimo charakteristika, (b) perdavimo charakteristika.

Literatūra

1. V. Jakštas et al., "Schottky diodes and high electron mobility transistors made of 2DEG AlGaIn/GaN structures on sapphire substrate," *Lithuanian Journal of Physics* (2014, priimtas spausdinti);
2. A. E. Fatimy et al., "AlGaIn/GaN high electron mobility transistors as a voltage-tunable room temperature terahertz sources," *Journal of Applied Physics* **107**, 024504 (2010).

Krūvininkų lokalizacijos reiškiniai MgZnO epitaksiniuose sluoksniuose: dvigubas mėlynasis poslinkis fotoluminescencijos smailės padėties priklausomybėje nuo temperatūros

dr. Mindaugas Karaliūnas

Fizinių ir technologijos mokslų centras, Optoelektronikos skyrius
A. Goštauto 11, LT-01108 Vilnius,
Baltijos pažangiųjų technologijų institutas
Saulėtekio al. 15, LT-10224 Vilnius, el. p.: mindaugas.karaliunas@bpti.lt

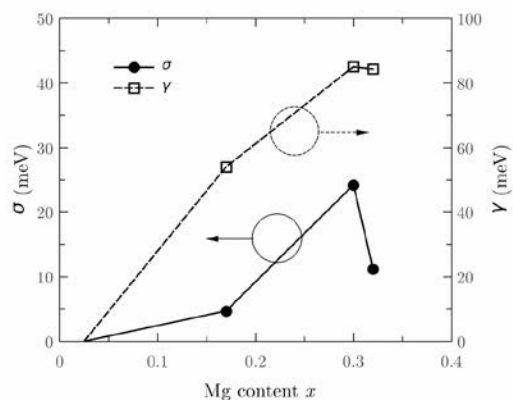
Cinko oksidas (ZnO) yra gerai žinomas tiesiatarpis puslaidininkis, dėl savo išskirtinių optinių savybių puikiai tinkantis taikymams optoelektronikoje. ZnO draustinės energijos tarpas E_g yra 3,37 eV kambario temperatūroje, todėl yra skaidrus regimosios spektro dalies spinduliuotei. Išskirtinė ZnO savybė – neįprastai didelė eksitono ryšio energija (60 meV). Naujas galimybes ZnO taikymams atveria draustinio tarpo inžinerija: sulydant ZnO su CdO E_g yra siaurinamas, o sulydant su MgO E_g gali būti praplatintas net iki 4 eV.

1 lentelė. MgZnO epitaksinių sluoksnių auginimo ir struktūros parametrai.

Bandinio žym.	T_{Mg} (°C)	Φ_{O_2} (sccm)	d (nm)	r (nm)	x (%)
A	310	2,5	100	2,31	3
B	370	2,8	130	5,8	17
C	345	2,7	110	9,13	30
D	345	2,7	320	2,77	32

Šiame darbe tirti molekulinės epitaksijos būdu užauginti MgZnO sluoksniai ant ZnO epitaksinių sluoksnių, kurie užauginti ant (0001) plokštumos safyro padėklų naudojant MgO (bandiniai A, B ir C) arba GaN (bandinys D) buferinius sluoksnius. Sluoksnių auginimo metu padėklo temperatūra buvo 500 °C, o Zn efuzijos celės temperatūra – 290 °C. Mg kiekis x sluoksniuose buvo parenkamas keičiant Mg efuzijos celės temperatūrą T_{Mg} ir deguonies dujų srautą ϕ_{O_2} . Jų vertės pateiktos 1 lentelėje kartu su sluoksnių struktūrą charakterizuojančiais dydžiais: sluoksnio storis d , Mg kiekis lydyne x ir atominės jėgos mikroskopu išmatuotas paviršiaus nelygumas r . Struktūriniai sluoksnių tyrimai parodė sluoksnius esant epitaksinius ir geros kokybės [1].

Fotoluminescencijos (FL) tyrimai parodė, kad Mg kiekio didinimas sluoksnyje pagerina spindulinę emisiją. Išmatuotas dvigubas FL smailės padėties mėlynasis poslinkis priklausomybėje nuo temperatūros atskleidė esant dviejų tipų skirtingos energijos krūvininkų lokalizacijos centrus. Iš FL rezultatų nustatytas vidutinis lokalizacijos centrų energijos gylio pasiskirstymas σ ir γ [2]. Pav. 1 pavaizduota σ ir γ priklausomybė nuo Mg kiekio sluoksnyje. Modelį patvirtina skenuojančiu artimojo optinio lauko mikroskopu gauti eksperimentiniai rezultatai [1].



1 pav. Dviejų lokalizacijos centrų energijos vidutinio gylio σ ir γ priklausomybė nuo Mg kiekio lydyne x [2].

Literatūra

1. M. Karaliūnas, V. Šukauskas, E. Kuokštis, Sh.-Y. Ting, J.-J. Huang, and C.-C. Yang, Phys. Stat. Solidi C **10**(10), 1265 (2013).
2. M. Karaliūnas, E. Kuokštis, Sh.-Y. Ting, J.-J. Huang, and C.-C. Yang, J. Appl. Phys. **116**, 123501 (2014).

Terahercinės spinduliuotės emisija maišant šviesolaidinio lazerio impulsus

J. Adamonis, R. Venckevičius, R. Danilevičius, I. Kašalynas, N. Rusteika,
R. Adomavičius ir A. Krotkus

Fizinių ir technologijos mokslų centras, Optoelektronikos skyrius
A. Goštauto 11, LT-01108 Vilnius, el. p.: juozas.adamonis@pfi.lt

I. ĮVADAS

Optoelektronikoje yra sugalvotas ne vienas metodas leidžiantis generuoti bei registruoti terahercinę (THz) spinduliuotę, kuri rado svarbių taikymų THz spektroskopijoje bei vaizdų sudaryme [1]. Šiuose eksperimentuose dažniausiai pasitelkiamos THz sistemos, kuriose imtuvo ir siųstuvo vaidmenį atlieka fotolaidžios antenos pagamintos iš puslaidininkinių medžiagų pasižyminčių sub-pikosekundinės krūvininkų pagavimo trukmėmis. Darbe 2 autoriai pasiūlė paprastą tokios sistemos patobulinimą, leidžiantį keisti generuojamos spinduliuotės dažnį. Tokioje schemoje THz emiteris žadinamas lazerio pluoštelio, kurio intensyvumas yra moduluojamas sinusoide. Tokį pluoštelį sudaro superpozicija dviejų tiesiškai faziškai moduluotų (čirpuotų) optinių impulsų pavėlintų vienas kito atžvilgiu. Ankstesniuose bandymuose čirpuoti lazerio impulsai buvo gaunami išplečiant kietakūnio ar šviesolaidinio [3] lazerio impulsus optiniuose plėstuvuose.

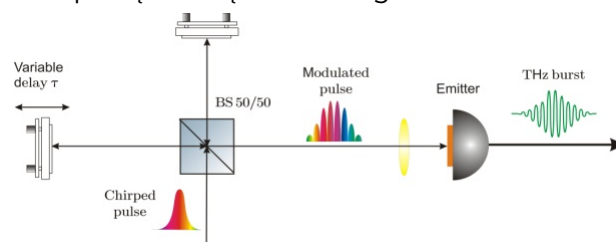
Šiame darbe siauros spektrinės juostos THz spinduliuotei generuoti buvo naudojami čirpuoti 1 μm bangos ilgio optiniai impulsai išspinduliuojami tiesiai iš pikosekundinio lazerio. THz spinduliuotės šaltinis buvo GaAsBi fotolaidi antena. Mūsų sistema (1 pav.) yra paprastesnė ir kompaktiškesnė negu jos pirmtakai, kuriose be didelių gabaritų kietakūnio lazerio buvo naudojamos išorinės optinių impulsų čirpavimo schemos.

II. REZULTATAI

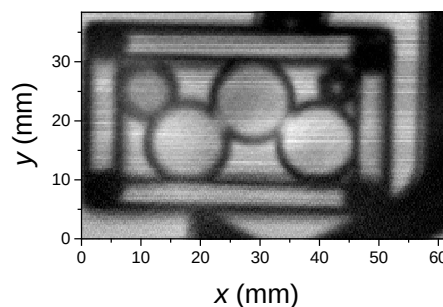
Sistemos centrinio dažnio derinimo ribos, bei THz impulsų spektro plotis buvo nustatyti iš matavimų naudojant koherentinį detektorius - fotolaidžią GaAsBi anteną. Šiuo metodu pavyko užregistruoti THz impulsus siekiančius 2,5 THz. THz spinduliuotės spektro plotis kito 50 - 70 GHz dažnių srityje iki 1 THz.

Naudojant nekoherentinio detektavimo schemą su Golay cele buvo išmatuota THz impulsų vidutinė galia, kuri siekė 10 nW ties 0,3 THz. Siekiant pademonstruoti galimybę greitai ir nesudėtingai atlikti vaizdinimo

eksperimentus buvo atlikti eksperimentai su trumpesnę atsaką turinčiais galios matuokliais.



1 pav. Derinamo dažnio THz spinduliuotės generavimo schema.



2 pav. THz vaizdas tabletės plastikiniame įpakavime. Eksperimentas atliktas ties 300 GHz, detektuojant Schottky diodu.

Tuo tikslu buvo išbandyti Schottky tipo detektoriai, o taip pat ir Ti-mikrobolometrai su keliomis skirtingomis rezonansinėmis antenomis. 2 paveikslėlyje pavaizduoti THz vaizdinimo rezultatai.

III IŠVADOS

Šiame darbe buvo pademonstruota perduodamo dažnio, kompaktiška ir sparti THz vaizdų gavimo sistema.

Literatūra

1. B.B. Hu and M. C. Nuss, Opt. Lett. **20**, 1716-1718 (1995).
2. A. S. Weling, B. B. Hu, N. M. Froberg and D. H. Auston, Appl. Phys. Lett. **64**, 137-139 (1994).
3. J. Stigwall and A. Wiberg, IEEE Phot. Technol. Lett., **19**, 931 (2007).

4G interneto silpnybės ir galimi sprendimai, pritaikant RTD/SL sistemas

Milda Tamošiūnaitė

Fizinių ir technologijos mokslų centras, FTMC Optoelektronikos skyrius
A. Goštauto 11, LT-01108 Vilnius, el. p.: milda.tamosiunaite@ff.vu.lt

Europos Komisijos parengtoje 2020 m. strategijoje [1] numatoma, kad iki 2020 metų visiems Europos Sąjungos piliečiams turi būti sudaryta galimybė naudotis ne mažesnės nei 30 Mb/s spartos, o bent pusei namų ūkių – net 100 Mb/s spartos interneto ryšiu. Siekiant įvykdyti šiuos tikslus, plečiamas 4G tinklas. Tačiau susiduriama su įvairiomis kliūtimis: itin griežtomis higienos normomis ($\leq 0,01 \text{ W/cm}^2$), papildomomis investicijomis, baime dėl per mažai ištirto bazinių stočių poveikio sveikatai. Todėl bazinės stotys turi būti išdėstytos kuo optimaliau.

Projektuojant bazinės stoties būtina atsižvelgti į signalo sklaidimo metu patiriamus nuostolius dėl lūžio rodiklio ir jo gradiento bei įvairių sklaidimo kelyje pasitaikančių kliūčių įtakos. Ryšio tiekėjai siekia užimti kuo žemesnių dažnių juostas, nes žemesnio dažnio signalai gali be ženklų iškraipymų nusklisti ilgesnius atstumus. Tačiau šios juostos jau yra perpildytos. Naudojant 1 – 100 GHz dažnius (į šią kategoriją patenka 4G tinkle naudojamos WiMAX ir LTE technologijos), tenka įskaityti ir meteorologinių reiškinių (lietaus, rūko debesų ir kt.) įtaką [2].

Lietuvos telekomunikacijų sektorių reguliuojanti LR Ryšių reguliavimo tarnyba neturi techninių galimybių stebėti 4G signalo lygio. Todėl sukūrėme ir šiuo metu vykdomė eksperimentą, kurio tikslas – 1 min. intervalais fiksuoti 4G ryšio (naudojančio WiMAX technologiją) stiprumą (dBm) ir gautus duomenis palyginti su tos vietovės meteorologiniais parametrais bei pagal juos apskaičiuotu lūžio koeficientu, charakterizuojančiu lūžio rodiklio pokyčius. Matavimams pasirinkta teritorija, kurioje signalas yra silpnas.

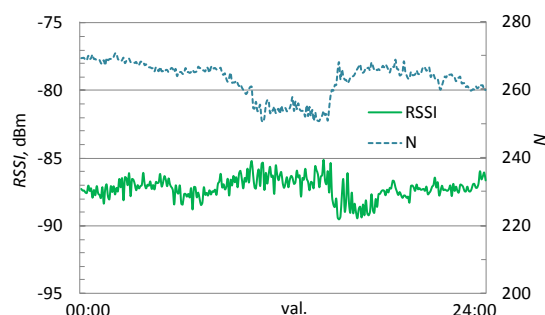
Lūžio koeficientas N apskaičiuojamas pagal Tarptautinės telekomunikacijų sąjungos (ITU) rekomendacijas [3]:

$$N = (n - 1) \times 10^6 = \frac{77,6}{T} \left(p + 4810 \frac{e}{T} \right), \quad (1)$$

čia n – atmosferos lūžio rodiklis, $T(K)$ – temperatūra, p (hPa) – atmosferos slėgis, e (hPa)

– dalinis vandens garų slėgis (proporcingas vandens garų slėgiui ir santykinei drėgmei).

Pirmųjų duomenų analizė parodė, kad ryšio kokybę itin ženkliai įtakoja papildoma drėgmė (lietus, rūkas) bei nuo jos priklausomo atmosferos lūžio koeficiento kitimas (1 pav.).



1 pav. Išmatuoto ryšio kokybės parametro RSSI (dBm) priklausomybė nuo apskaičiuoto atmosferos lūžio koeficiento N (1 paros laikotarpis).

Todėl reikalingi nauji technologiniai sprendimai. Perspektyvos matomos terahercinių (THz) dažnių juostoje, kurioje tikimasi pasiekti net iki 100 Gb/s greitaveiką ir eliminuoti ryšio kokybės priklausomybę nuo meteorologinių sąlygų [4]. Tačiau susiduriama su signalo sklaidimo atstumais ir kokybiškų THz šaltinių poreikiu.

Šiuo metu kuriame naujo tipo kambario temperatūros kompaktiškus THz spinduliuotės šaltinius – rezonansinius-tunelinius diodus su atitinkamo dizaino antenomis, kurie veiktų subTHz dažnių ruože (ties 0,6 THz) ir galėtų būti pritaikyti telekomunikacijų srityje.

Literatūra

1. ES ekonomikos augimo strategija „Europa 2020“ (http://www.mita.lt/uploads/documents/intelektine_nuosavybe/europe_2020.pdf).
2. R. L. Freeman, *Radio System Design for Telecommunications* (3rd ed., Wiley-Interscience, New York 2007).
3. The radio refractive index: its formula and refractivity data. Recommendation ITU-R P.453-10 (02/2012).
4. Th. Schneider, *J Infrared Milli Terahz Waves*, Springer US (August 2014).

InAs kvantinių taškų fotoluminescencijos ir moduluoto atspindžio temperatūriniai tyrimai

Andrius Rimkus, Evelina Pozingytė, Ramūnas Nedzinskas,
Bronislovas Čechavičius, Julius Kavaliauskas, Gintaras Valušis

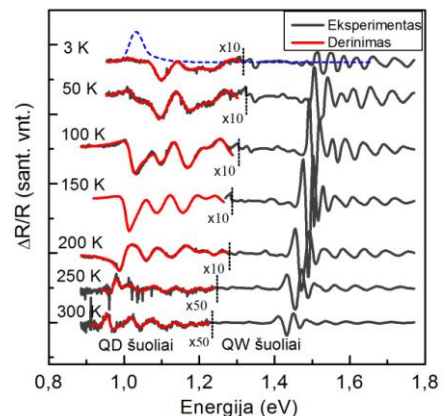
Fizinių ir technologijos mokslų centras, Optoelektronikos skyrius
A. Goštauto 11, LT-01108 Vilnius, el. p.: andrius.rimkus@ftmc.lt

Savitvarkiai InAs/GaAs kvantiniai taškai (QD) sudaro šiuolaikinių infraraudonųjų (IR) fotojutiklių (*QD infrared photodetector*, QDIP) aktyviąją terpę [1]. QDIP veikimas yra pagrįstas optiniais šuoliais tarp laidumo juostos energijos pajuosčių. Kita vertus, QD dariniai gali būti optimizuojami 1,3 μm bangos ilgiui, išnaudojant tarpjuostinius šuolius kvantiniame taške. Pastarųjų metų aktualija – kvantiniai taškai, įterpti į sudėtinės kvantines duobes (*dot-in-a-well*; DWELL). Jų fotoatsaką galima paslankiai valdyti, keičiant taško/duobės parametrus ir pridėdant išorinį elektrinį lauką.

Šio darbo tikslas – spektroskopiškai ištirti InAs kvantinių taškų, įterptų į InGaAs/GaAs/AlAs kvantines duobes (QW), optines savybes ir elektroninę sandarą. Buvo taikomos fotoluminescencijos (PL) ir moduluoto atspindžio (PR) metodikos 3–300 K temperatūrose. PL eksperimente buvo tiriamos DWELL darinių tarpjuostinių šuolių tarp pagrindinių ir sužadintųjų būsenų energijos, linijų išplitimas ir terminio gesinimo mechanizmai. PR metodu buvo tirama tarpjuostinių šuolių visuma bei moduluojančios spinduliuotės įsiskverbimas į DWELL darinį.

Eksperimentinių PL rezultatų analizė parodė, kad tarpjuostinių optinių šuolių tarp pagrindinių InAs QD būsenų raudonasis poslinkis darinyje su InGaAs dengiančiuoju sluoksniu yra nulemtas įtempimų sumažėjimo ir siejamas su efektyviu taško matmenų padidėjimu nanodarinio auginimo metu [2]. Taip pat nustatytas mažesnis PL linijos išplitimas žymi tolygesnį InAs kvantinių taškų dydžių pasiskirstymą darinyje su dengiančiuoju InGaAs sluoksniu [3].

Palyginus fotoatspindžio ir fotopralaidumo (PT) matavimų rezultatus, PR spektre buvo pastebėta PT komponentė, daranti įtaką spektrų gaubtinės formai bei intensyvumui. Atsižvelgiant į tai, bandinio padėklas buvo pašalintas siekiant eliminuoti PT komponentę PR spektruose ir taip tiksliau įvertinti fotoatspindžio spektrinius ypatumus.



1 pav. DWELL darinio su InGaAs sluoksniu PR spektrų priklausomybė nuo temperatūros.

Žemų temperatūrų srityje pastebimas mažesnis PR intensyvumas yra siejamas su InAs QD legiravimu. Pagrindinės QD būsenos yra (iš dalies) užpildytos elektronais ir sugertis į žemiausius lygmenis yra apribota. Kylant temperatūrai didėja termoaktyvacija iš žemiausių QD energijos lygmenų į aukštesnius InGaAs QW lygmenis. Šio proceso metu padidėja absorbcijos į žemiausiuosius QD lygmenis tikimybė bei didėja optinių šuolių tarp pagrindinių, bei tarp žemiausių sužadintųjų būsenų intensyvumas.

PR smailių intensyvumo gesimas >250 K temperatūrose siejamas su absorbuotų krūvininkų termoaktyvacija iš InAs kvantinių taškų į InGaAs kvantinę duobę.

Literatūra

1. V. Karpus, Dvimačiai elektronai (Ciklonas, Vilnius, 2004).
2. R. Nedzinskas, B. Čechavičius, A. Rimkus, J. Kavaliauskas, G. Valušis, L. Li, E. H. Linfield, *Optical features of InAs quantum dots-in-a-well structures*. Lith. J. Phys. **54**, 54–57 (2014).
3. M.V. Maximov, A.F. Tsatsul'nikov, B.V. Volovik, D.S. Sizov, Yu.M. Shernyakov, A.E. Zhukov, S.S. Mikhlin, Yu.G. Musikhin, and W. Neumann, *Phys. Rev. B* **62**(24), 16671 (2000).

Dispersinis krūvininkų judėjimas polimero-PCBM tūrinės heterosandūros saulės elementuose

Vytenis Pranculis¹, Armantas Melianas², Andrius Devižis¹, Vidmantas Gulbinas¹,
Olle Inganas² ir Martijn Kremerink²

¹Fizinių ir technologijos mokslų centras, molekulinų darinių fizikos skyrius
A. Goštauto 11, LT-01108 Vilnius, el. p.: vytenis.pranculis@ftmc.lt

²Linkopingo Universitetas, Fizinės chemijos ir biologijos skyrius
58183, Linkopingas, Švedija

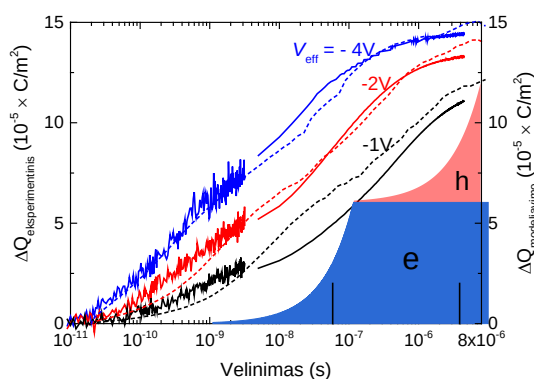
Dažnai manoma, jog procesai vykstantys organiniuose tūrinės heterosandūros saulės elementuose yra nuostovūs ir juos galima aprašyti naudojantis įvairiais dydžiais pamatuotais nuostoviomis sąlygomis. Esminiai parametrai tokiuose elementuose yra elektronų ir skylių judrumai, kurie gali būti pamatuoti daugybe skirtingų metodikų¹⁻³.

Šiame darbe krūvininkų judėjimas tiriamas pasitelkiant sub-pikosenkudinės laikinės skyros optinį TREFISH metodą papildytą elektriniais lėkio laiko (Time-Of-Flight) matavimais. Ši kombinacija leidžia stebėti krūvininkų judėjimą per šešias laiko dekadas. Gauti rezultatai panaudoti kinetiniam Monte-Carlo modeliavimui.

Eksperimentiniai duomenys kartu su rezultatais gautais iš modeliavimo rodo, jog krūvininkai sugeneruoti tiek po impulsinio tiek po nuolatinio sužadavimo turi nuo laiko priklausančią judrį. Krūvininkų judėjimas tokiuose saulės elementuose yra keliomis eilėmis greitesnis nei numato nuostovaus judrio teorija, o krūvininkų ištraukimo iš saulės elemento laikai pasižymi plačia dispersija. Monte-Carlo modeliavimo rezultatai atskleidžia, kad šie dispersiniai procesai kyla iš krūvininkų relaksacijos link terminės pusiausvyros po sužadavimo.

Monte-Carlo modeliavimo rezultatai taip pat atskleidžia, kad krūvininkų ištraukimo laikų pasiskirstymą (tiek nuolatiniam, tiek

impulsiniam žadinimui) galima nesunkiai gauti iš krūvio ištraukimo kinetikų pamatuotų po impulsinio sužadavimo



1 pav. TQ1:PCBM saulės elemento krūvininkų ištraukimo kinetikos pamatuotos TREFISH ir TOF metodikomis (ištinės linijos) bei sumodeliuotos Monte-Carlo metodu (brūkšninės linijos) rodo radikaliai skirtingus rezultatus nei numato pastovaus judrio teorija (užtušotos kreivės).

Literatūra

1. W. F. Pasveer, J. Cottaar, C. Tanase, R. Coehoorn, P. A. Bobbert, P. W. M. Blom, D. M. de Leeuw, M. A. J. Michels, Phys. Rev. Lett. 2005, **94**, 206601.
2. L. J. A. Koster, E. C. P. Smits, V. D. Mihailetschi, P. W. M. Blom, Phys. Rev. B 2005, **72**, 085205.
3. T. G. J. van der Hofstad, D. Di Nuzzo, S. van Reenen, R. A. J. Janssen, M. Kemerink, S. C. J. Meskers, J. Phys. Chem. C 2013, **117**, 3210.

Beam focalization in reflection from chirped dielectric mirrors

Simonas Kičas, Yu-Chieh Cheng, Kęstutis Staliūnas, Ramutis Drazdys

Fizinių ir technologijos mokslų centras, Taikomųjų tyrimų skyrius, Optinių dangų laboratorija
Savanorių pr. 231, LT-02300 Vilnius, el. p.: simonas@optida.lt

Control of spatial propagation of light beams, in particular, of their diffractive broadening and of their focusing is one of the main objectives in optics and photonics. A novel material with negative refractive index in the vicinity of photonic band gap was recently numerically and experimentally demonstrated. As predicted, these micro-modulated structures like photonic crystals or left-handed metamaterials, can alter both spatial and temporal light characteristics. These activities aim to manipulate the characteristics of beams transmitted through photonic crystals. The novelty of our work is the beam manipulation in reflections from photonic structures. In this paper we explore reflections of narrow beams from one-dimensionally modulated chirped dielectric structures, where the layer thickness period varies linearly across the structure (the so called chirped dielectric mirrors).

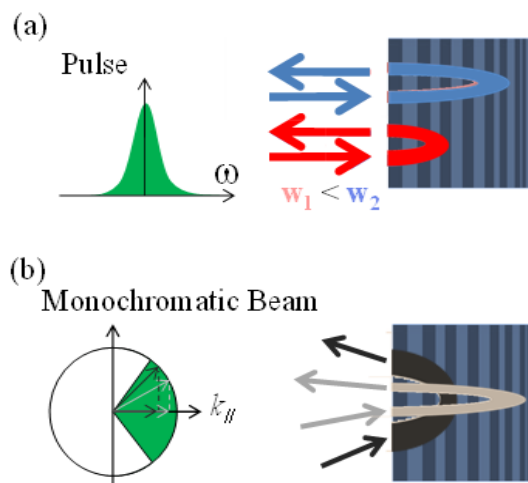
It is well known, that the ultrashort pulses reflected from the chirped mirrors can show modified temporal dispersion [1]. Different frequency components reflect from the different depth of the structure, as shown in Fig.1.a, and can be delayed according to layer modulation employed. As a consequence, the pulses reflected from such mirrors can obtain a chirp, on the contrary, a pulse chirp of opposite sign can be compensated in reflection resulting in temporal pulse compression.

The different angular components of the beam should also reflect from a different depth of the structure as shown in Fig.1.b, which can result in modification of the spatial dispersion. The beam in this way could obtain important spatial transformations during reflections. In particular, a focalization of the beam could be possible.

In conclusion, we predict and experimentally demonstrate the modification of the diffractive spreading of light beams upon reflection from dielectric chirped mirrors. The focusing effect has been demonstrated here for a 1D modulated structure with a linear chirp

and for optimized structure. The demonstration shows some apparent limitations: focalization appears only at specific nonzero incidence angles, it is not monotonic with respect to the angle, and it occurs only in one lateral direction.

This effect opens new possibilities to beam manipulation in micro-photonics circuits as, for example, to build micro-cavities or micro-lasers with focusing flat end mirrors.



1 Fig. (a) Reflection of pulses (consisting of different frequency components) from the chirped mirror; (b) reflection of beams (containing different angular plane wave components) from the chirped mirror.

Calculations using multiple matrix transfer method, also the full FDTD calculations, experimental measurements of beam reflections from chirped mirrors, the beam shaping and focalization will be reported in the presentation.

References

1. R. Szipocs, Opt. Lett. **19** (3), 201 (1994).
2. Y.C. Cheng, M. Peckus, S. Kicas, J. Trull, C. Cojocaru, R. Vilaseca, R. Drazdys, and K. Staliūnas, Phys. Rev. A, **87**, 045802 (2013).
3. Y.C. Cheng, S. Kicas, J. Trull, M. Peckus, C. Cojocaru, R. Vilaseca, R. Drazdys, and K. Staliūnas, Sci. Rep. **4**, 6326 (2014).

Struktūrinės spalvos, suformuotos garinant nikelį ant *Monarcho* drugelio sparno

Tomas Tolenis

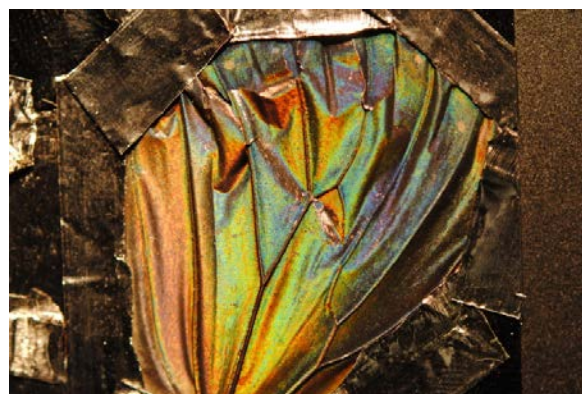
Fizinių ir technologijos mokslų centras, Taikomųjų tyrimų skyrius, Optinių dangų laboratorija
Savanorių pr. 231, LT-02300 Vilnius, el. p.: tomas.tolenis@mail.lt

Žmonija jau nuo senų laikų žavisi spalvomis. Dauguma pramoninių dažų yra cheminės prigimtės, gaminant absorbuojančius pigmentus. Pastarosios organinės dalalės sklendo ore ir kenkia mūsų sveikatai. Nepaisant to, kad dažus galima gaminti dviem būdais: pasitelkiant chemines medžiagas arba fizikines struktūras, žmonių akys negali atskirti spalvos prigimtės. Jeigu galėtume fizikinėmis struktūromis pakeisti cheminius dažus, išvengtume daugybės ore sklandančių žalingų dalelių. Fizikinės prigimtės spalvos atsiranda dėl tokių fizikinių reiškinių kaip šviesos lūžimas, difrakcija, interferencija ir kt. Dauguma gamtoje sutinkamų spalvų ir atspalvių yra fizikinės prigimtės. Tai atveria galimybę formuoti struktūrines spalvas replikuojant biologinius paviršius.

Bioreplikacijos idėja pastaruoju metu pritraukia vis daugiau mokslininkų iš įvairių sričių. Daugybė technologijų (zolių-gelių, litografija ir kt.) buvo sėkmingai panaudotos replikuojant biologinius bandinius [1]. Deja, nė viena iš šių technologijų nebuvo sėkmingai įdiegtos pramonėje, kadangi jomis naudojantis galima pagaminti tik vieną repliką iš vieno bandinio. Per pastaruosius keletą metų, buvo išstobulinta nauja plono sluoksnio formavimo technika – CEFR (angl. *Conformally-Evaporated-Film-by-Rotation*) [2]. Šios technologijos metu, medžiaga yra garinama ant dideliu kampu pakreipto ir greitai apie savo ašį besisukančio padėklo. Tokiu būdu garų srautas padengia visus bandinio nelygumus ir atkartoja jo paviršių. Ši technologija jau buvo pademonstruota kaip tinkama pramonei veiklai [3]. Deja, struktūrinių spalvų, naudojantis šia technologija nebuvo pastebėta.

Modifikavus CEFR procesą, buvo užgarintas nikelio sluoksnis ant *Monarch* (*Danaus plexippus*) drugelio sparno. Šis drugelis buvo pasirinktas kaip vienas iš labiausiai paplitusių drugelių šiaurės Amerikoje. Užgarinus 500 nm metalo sluoksnį ant drugelio, buvo pastebėtos įvairios spalvos (Pav. 1.). Jos kito

keičiant apšvietimo kampą. Naudojantis skenuojančiu elektronų mikroskopu, buvo pastebėta, kad sparno struktūra yra periodinė. Periodo ilgis yra 500 nm. Tai leidžia teigti, kad matomos spalvos atsiranda dėl šviesos difrakcijos nuo metalu padengtos periodinės struktūros.



1 pav. *Monarcho* drugelio sparno, užgarinto Ni sluoksniu, optinio mikroskopo nuotrauka.

Išsamesniam bioreplikuotos struktūros tyrimui buvo pasinaudota spektrofotometru ir fotoaparatu. Užfiksavus baltos šviesos šaltinio kritimo kampą, buvo keičiamas detektoriaus ir kameros kampas. Buvo pastebėta, kad spektras ir fiksuojama spalva kinta keičiant detektavimo kampą. Iš atspindžio spektrų buvo paskaičiuotos spalvos CIE spalvų diagramoje. Jos buvo palygintos su matomomis kamera. Užfiksuotos spalvos taip pat buvo palygintos su teoriniu periodinės gardelės modeliu.

Patobulintas CEFR metodas leido tiksliai atkartoti periodinę *Monarcho* drugelio struktūrą. Nikelio sluoksniu padengtas sparnas, pasižymėjo plačia spalvų palete, kuri pasireiškė dėl šviesos difrakcijos.

Literatūra

1. D.P. Pulsifer ir A. Lakhtakia, *Bioinspiration and Biomimetics*, **6**, 031001 (2011).
2. R.J. Martín-Palma, C.G. Pantano ir A. Lakhtakia, *Nanotechnology*, **19**, 355704 (2008).
3. D.P. Pulsifer, A. Lakhtakia, R.J. Martín-Palma ir C. G. Pantano, *Bioinspiration and Biomimetics*, **5**, 036001 (2010).

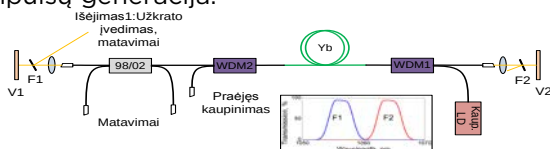
Skaidulinio itin trumpų impulsų generatoriaus, veikiančio fazės moduliavimosi reiškinio ir dvigubo spektrinio filtravimo pagrindu, tyrimai

Julijanas Želudevičius, Kęstutis Regelskis

Fizinių ir technologijos mokslų centras, Lazerinių technologijų skyrius
Savanorių pr. 231, LT-02300 Vilnius, el. p.: j.zeludevicius@ar.fi.lt

Daugumos itin trumpus impulsus generuojančių lazerinių šaltinių veikimas yra paremtas išilginių rezonatoriaus modų sinchronizacija. Skaidulinuose osciliatoriuose pasyvi modų sinchronizacija gali būti pasiekama naudojant netiesinių optinių atsakų pasižymintį elementus: įsisotinantį puslaidininkinį sugėrikliu [1], netiesinę stiprinančią skaidulinę kilpą [2], netiesinę poliarizacijos sukimo reiškinį [3]. Nors visi šie metodai yra tinkami naudojimui, kiekvienas iš jų turi savų trūkumų – puslaidininkiniai įsisotinantys sugėrikliai pasižymi ilgalaikė degradacija, netiesinės poliarizacijos sukimo paremtas metodas yra neatsparus aplinkos poveikiui. Alternatyvus metodas itin trumpų impulsų generacijai yra 2R (angl. reshaping and re-amplification) optinių regeneratorių [4] pagrindu sudaryta skaidulinė uždara grandinė. Iki šiol buvo pademonstruotas šio metodo naudojamas generuojant trumpus impulsus tik telekomunikacinių bangos ilgių spektro srityje [5]. Šiame darbe buvo tiriamas 1064 nm bangos ilgių srityje veikiantis impulsų generatorius.

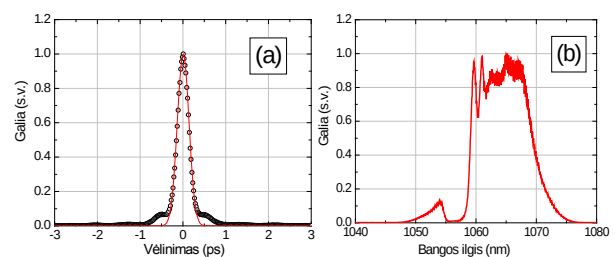
Eksperimentinė tiriama skaidulinio generatoriaus schema yra pavaizduota 1 pav. Pagrindiniai schemos elementai tai iterbiu legiruota aktyvi skaidula (Yb), kaupinimo lazerinis diodas generuojantis 975 nm spinduliuotę (Kaup. LD), signalo ir kaupinimo tankintuvai (WDM1, WDM2), optiniai filtrai (F1, F2), kurių pralaidumo spektrai nepersikloja (1 pav. interpas) ir veidrodžiai (V1, V2). Skaidulinis daliklis (98/02) yra skirtas skaiduloje cirkuliuojančių impulsų išvedimui ir matavimams. Kadangi filtrų F1 ir F2 pralaidumo sritys nepersikloja, optinis rezonatorius nesusidaro, taigi negali būti sužadinta jokia išilginė moda. Tačiau, įvedus tam tikrą parametrų pradinį impulsą per išėjimą 1, schemoje gali būti sužadinta stabili savaiminė impulsų generacija.



1 pav. Eksperimentinė impulsų generatoriaus schema.

Generatoriaus veikimas yra paremtas fazės moduliavimosi reiškiniu, kai impulsų spektras sklindant skaidula išplinta. Nors rezonatorius yra optiškai uždarytas (filtrų pralaidumo langai nepersikloja), dėl fazės moduliavimosi sistemoje atsiranda grįžtamasis ryšis palaikantis tam tikrų parametrų (tikrinių) impulsų generavimą.

Darbo metu buvo tiriami generuojamų impulsų parametrai, nustatytos generatoriaus veikimo sritys priklausomai nuo aktyvios skaidulos kaupinimo, išbandomi skirtingi impulsų sužadinimo būdai. Eksperimentiškai buvo registruojami stabilūs 2,8 ps trukmės, 0,8 nJ energijos impulsai. Impulsų pasikartojimo dažnis atitiko grandinės apėją ir siekė 11,5 MHz, tačiau buvo nustatyta, kad galimos generatoriaus veikos kai yra generuojami keli impulsai per apėją. Išmatavus generuojamų impulsų spektrą buvo nustatyta, kad impulsai nėra spektriškai riboti, todėl buvo pabandyta impulsus suspausti naudojant difrakcinių gardelių kompresorių. Esant optimaliam suspaudimui buvo gaunami 228 fs trukmės impulsai (2. pav.).



2. pav. (a) Suspaustų impulsų autokoreliacija. Taškai – eksperimentiniai duomenys, raudona kreivė – aproksimacija Gauso funkcija. (b) Impulsų spektras.

Literatūra

1. U.Keller et al., IEEE J. Sel. Top. Quantum Electron. **2**, 435 (1996).
2. C.Aguergaray et al., Opt. Express **20**, 10545 (2012).
3. V.J. Matsas, D. J. Richardson, T. P. Newson, and D. N. Payne, Opt. Lett. **18**, 358 (1993).
4. P.V. Mamyshev, in *24th European Conf. On Opt. Commun.* 1998, pp. 475–476 (IEEE, 1998).
5. T.North and M. Rochette, Opt. Lett. **39**, 174 (2014).

Silicio nitrido šalinimas nuo silicio padėklo kombinuojant fs UV lazerinę spinduliuotę ir cheminį ėsdinimą

Darius Andrijauskas, Valius Čyras

Fizinių ir technologijos mokslų centras, Lazerinių technologijų skyrius
A. Goštauto 11, LT-01108 Vilnius, el. p.: darius.andrijauskas@gmail.com

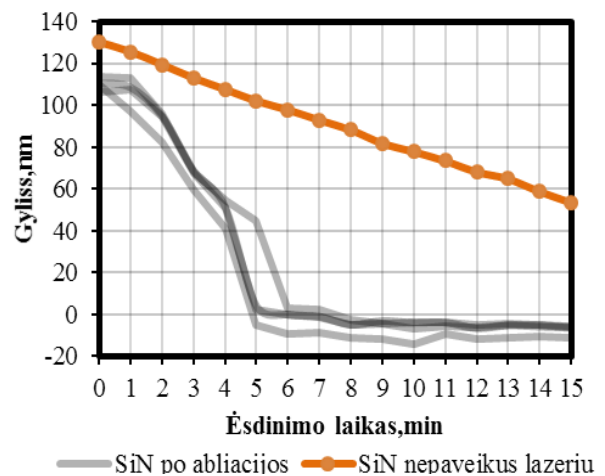
Silicio nitridą pradėjus naudoti saulės elementų gamyboje atsirado poreikis ir jo šalinimui bei modifikavimui. Šiame darbe siūlomas nauja silicio nitrido šalinimo nuo silicio padėklų metodika.

Klasikinis priėjimas prie selektyvaus silicio nitrido šalinimo yra sluoksnio abliavimas panaudojant impulsinius lazerinius. Ši metodika yra ganėtinai paprasta, tačiau nelabai tinkama didelio energijos konversijos efektyvumo saulės elementų gamybai, dėl patikimam medžiagos pašalinimui užtikrinti naudojamo didelio energijos tankio destruktinio poveikio silicio padėklo paviršiui. Kad to išvengti yra siūloma sekanti šiame darbe aprašoma metodika.

Metodika susideda iš dviejų žingsnių: pirmame žingsnyje SiN yra modifikuojamas femtosekundiniais ultravioletinės lazerinės spinduliuotės impulsais, ko pasakoje tampa chemiškai aktyvesnis; antrame žingsnyje plokštelės merkiamos į vandenilio fluoro tirpalą, kur lazeriu paveiktas silicio nitridas ėsdinasi iki 4 kartų greičiau už nepaveiktą silicio nitridą. Šios metodikos privalumai yra tai, kad naudojami žymiai mažesni lazerinės energijos tankiai, kas mažina reikalavimus eksperimentinei/gamybinei įrangai ir tai, kad tokiu būdu lazerinė spinduliuotė nepažeidžia silicio paviršiaus. Todėl ši metodika yra gali būti pritaikyta didelio efektyvumo saulės elementų gamyboje.

Buvo atlikti aprašytos metodikos bandymai. Paimtos poliruoto silicio plokštelės ir padengtos silicio nitridu. Tada sluoksnis paveiktas 300 fs 343 nm UV lazerio impulsais įvairiomis energijomis. Tada gauti bandiniai buvo ėsdinami vandenilio fluoro rūgšties tirpale 1 minutę, tada matuojami profilometru ir vėl ėsdinama prieš tai minėtame tirpale.

Kaip matyti iš 1 pav. pradinis silicio nitrido storis buvo ~130nm. Po lazerinio poveikio matomos ~20 nm gylio duobutės. Pilka linija vaizduoja paveiktos vietos žemiausio taško silicio nitrido storį. Šiuo atveju 0 yra silicio padėklo paviršius. Kaip matyti iš pateikto grafiko, selektyvus ėsdinimasis vyksta pirmas 6 minutes, po to pasiekiamas silicio paviršius ir selektyvus ėsdinimasis sustoja. Iš eksperimentinių rezultatų matyti, kad darytos prielaidos apie selektyvų ėsdinimąsi pasiteisino.



1 pav. Ėsdinimo eksperimento rezultatai.

Pateiktame grafike matyti kaip leidžiasi žemiausias taškas, tačiau kad procesas būtų technologiškas, reikia užtikrinti viso paveikto ploto tolygų selektyvų ėsdinimąsi. Kad tai būtų galima užtikrinti reikia atlikti daugiau tyrimų.

Didelės galios femtosekundinė skaidulinė čirpuotų impulsų stiprinimo sistema su trečios eilės dispersijos kompensavimu panaudojant čirpuotą šviesolaidinę Brego gardelę

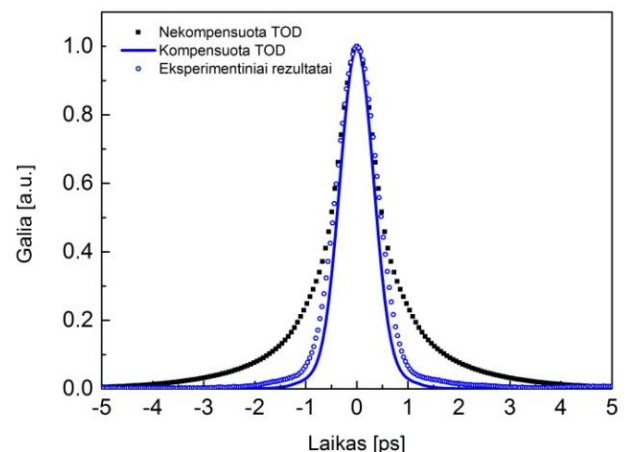
Saulius Frankinas^{1,2}, Nerijus Rusteika^{1,2}, Andrejus Michailovas^{1,2}

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

Femtosekundžių trukmės impulsų generacija skaiduliniais lazeriais paremta faziškai moduluotų impulsų stiprinimu ir jų spaudimu. Įprastai tokiose lazerinėse sistemose impulsų čirpavimui naudojama vienamodė skaidula, čirpuoti impulsai stiprinami vienamodžiu skaiduliniu stiprintuvu, o impulsai spaudžiami difracinių gardelių pora. Tokia konfigūracija užtikrina pluošto kokybę, artimą Gauso pluoštui, tačiau nekompensuojama trečios eilės dispersija, todėl suspaustų impulsų kontrastas žymiai pablogėja. Čirpuotos šviesolaidinės Brego gardelės panaudojimas impulsų plėtimui ir spaudimui eliminuoja trečios eilės dispersijos nekompensavimo problemą, tačiau tokios sistemos pluošto kokybė būtų ribojama kompresoriaus skaidulos šerdies dydžiu. Šiame darbe parodoma, jog naudojant čirpuotą šviesolaidinę Brego gardelę su tam tikru čirpo profiliu, kompensuojančiu difracinių gardelių kompresoriaus trečios eilės dispersiją, išlaikoma aukšta pluošto kokybė ir pasiekiamas geras impulsų kontrastas.

Šiame darbe aprašomos lazerinės sistemos užkrato šaltinis yra visiškai skaidulinis pasyviojo modų synchronizacijos pikosekundinis osciliatorius, generuojantis 1.6ps trukmės beveik spektriškai ribotus impulsus, kurių centrinis bangos ilgis yra 1030 nm. Vienamodžiu skaiduliniu stiprintuvu sustiprinti osciliatoriaus impulsai sklinda pasyvia skaidula, kurioje dėl fazės moduliavimosi impulsų spektras išplinta. Impulsų laikinis plėtimas iki 70ps realizuojamas čirpuota šviesolaidine Brego gardele, su tam tikru dispersijos profiliu. Galiausiai impulsai sustiprinti iki 6W 10um vienamodėje, iterbio jonais legiruotoje skaiduloje ir suspausti iki 664 fs difracinių gardelių kompresoriumi.

Atliktas teorinis lazerinės sistemos modeliavimas, kuris parodė gerą teorinių ir eksperimentinių rezultatų atitikimą (1 pav.). Taip pat atliktas lazerinės sistemos be trečios eilės dispersijos kompensacijos teorinis modeliavimas (1 pav.), parodęs, jog nesuderinus plėstuvo ir spaustuvo trečios eilės dispersijos gaunamas žymiai blogesnis suspaustų impulsų kontrastas.



1 pav. Teoriškai suskaičiuotų suspaustų impulsų autokoreliacinių kreivių palyginimas, kai plėstuvo ir spaustuvo trečios eilės dispersija yra suderinta ir kai nesuderinta. Greta pateikta išmatuota suspaustų impulsų autokoreliacinė kreivė.

Literatūra

1. J. Želudevičius et al., „Femtosecond fiber CPA system based on picosecond master oscillator and power amplifier with CCC fiber“, Opt. Express 21, 5338-5345 (2013).

Silicio žiedinių mikrorazonatorių su aukšta, vienmačio fotoninio kristalo indukuota dispersija, modeliavimas

Martynas Gabalis, Darius Urbonas ir Raimondas Petruškevičius

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

Optiniai žiediniai mikrorazonatoriai suformuoti aukšto lūžio rodiklio medžiagoje pasižymi keletu naudingų savybių, kurios leidžia juos taikyti sprendžiant įvairias problemas. Signalo filtravimas, vėlinimas ir aplinkos lūžio rodiklio pokyčio nustatymas tėra tik keletas žiedinių mikrorazonatorių pritaikymo sričių [1, 2].

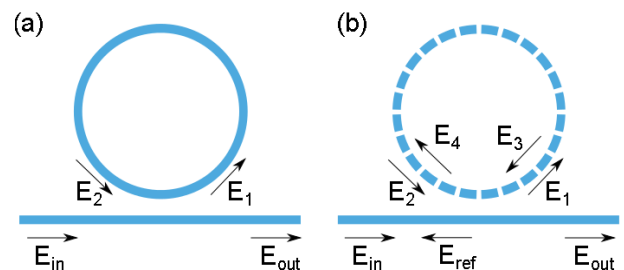
Kaip aplinkos lūžio rodiklio jutikliai įprasti žiediniai mikrorazonatoriai (1 pav. (a)) turi vieną trūkumą – didelė dalis rezonatorių sklindančio elektromagnetinio lauko yra sutelkta rezonatoriaus šerdyje. Dėl to rezonanso sąlyga pasikeitus aplinkos lūžio rodikliui pasikeičia nežymiai ir rezonanso bangos ilgio pokytis, stebimas pralaidumo spektre taip pat yra nedidelis.

Šiame darbe nagrinėjami silicio žiediniai mikrorazonatoriai su suformuotu juose vienmačiu fotoniniu kristalu (1 pav. (b)). Tokia struktūra pasižymi aukšta dispersija. Dėl padidėjusios dispersijos rezonatoriaus kokybės faktorius ir jautrumas aplinkos lūžio rodiklio pokyčiui taip pat išauga.

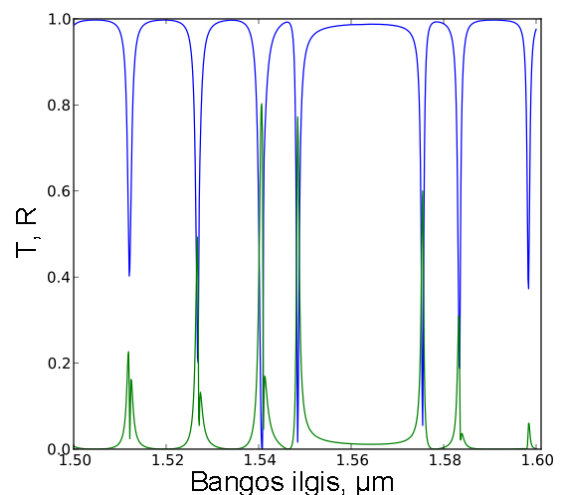
Realistiškų struktūrų modeliavimas yra itin reiklus kompiuterio resursams ir reikalauja ilgo skaičiavimo laiko. Bene populiariausias skaitinio modeliavimo metodas sprendžiant šviesos sklaidimo žiediniame mikrorazonatoriuje uždavinį yra baigtinių skirtumų laiko skalėje metodas, naudojamas ir šiame darbe.

Kaip galimybę sutrumpinti skaičiavimo laiką šiame darbe pristatysime susietų modų teorijos panaudojimą tokių struktūrų analizavimui. Naudojantis šia teorija lauko amplitudžių skaitinės vertės skirtingose rezonatoriaus vietose (1 pav.) gali būti susietos per algebrinę lygčių sistemą. Pralaidumo ir atspindžio koeficientai skirtingiems bangos ilgiams gaunami išsprendus šią lygčių sistemą. 2 pav. vaizduojami žiedinio mikrorazonatoriaus su suformuotu vienmačiu fotoniniu kristalu pralaidumo ir atspindžio spektrai. Jame matyti vienmačio fotoninio kristalo įtakota draustinė

juosta besitiesianti nuo $1.55 \mu\text{m}$ iki $1.57 \mu\text{m}$ bangos ilgio. Dėl padidėjusios dispersijos greta draustinės juostos stebimas ir atstumų tarp rezonansų sumažėjimas.



1 pav. Žiedinių mikrorazonatorių schemas: (a) įprastas žiedinis mikrorazonatorius (b) žiedinis mikrorazonatorius su vienmačiu fotoniniu kristalu.



2 pav. Žiedinio mikrorazonatoriaus pralaidumo (mėlyna linija) ir atspindžio (žalia linija) spektrai.

Literatūra

1. W. Bogaerts, P. DeHeyn, T. VanVaerenbergh, K. DeVos, S.K. Selvaraja, T. Claes, P. Dumon, P. Bienstman, D. VanThourhout, R. Baets, *Laser & Photonics Reviews* **6**(1), 47 (2012).
2. M. Gabalis, D. Urbonas, R. Petruškevičius, *Journal of Optics* **16**(10), 1 (2014).

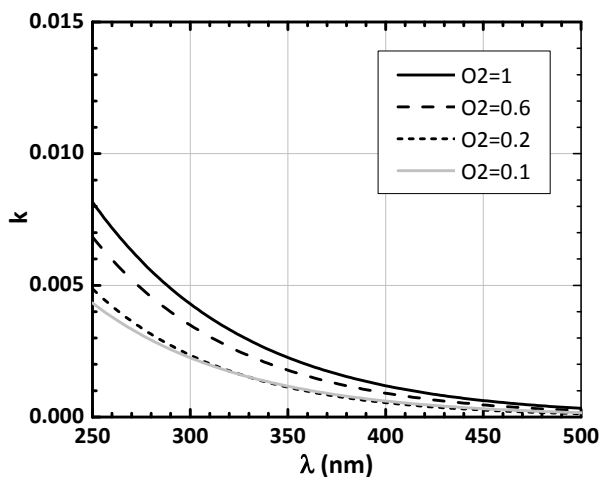
HfO₂, Sc₂O₃, Al₂O₃ plonų sluoksnių dengimas jonapluoščio dulkinimo technologija bei jų taikymas UV spektrinio ruožo dangų formavimui

Giedrius Abromavičius

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

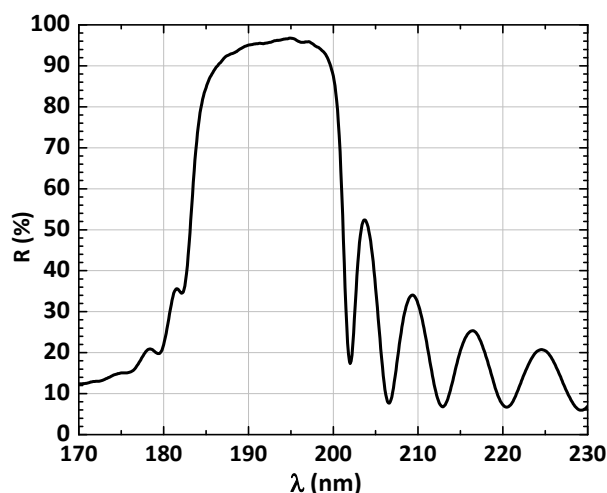
UV spektriniame ruožo lazeriuose naudojamos optinės dangos turi pasižymėti kuo mažesniais sklaidos bei sugerties nuostoliais. Jonapluoščio dulkinimo technologija leidžia formuoti ypatingai mažo šiurkštumo plonus dielektrikų sluoksnius ir tuo pačiu užtikrinti žemą sklaidos lygį, tačiau dažnai yra susiduriama su optine sugertimi, didesne, nei naudojant kitas optinių dangų formavimo technologijas.

Pranešime yra pristatomi dažniausiai optinių dangų formavimui naudojamų metalo oksidų – HfO₂, Sc₂O₃ bei Al₂O₃ plonų sluoksnių optinių savybių tyrimas, naudojant skirtingus O₂ dujų kiekius jonapluoščio dulkinimo proceso metu, taip pat minėtų parametrų kitimas naudojant papildomas atkaitinimo procedūras.



1 pav. Sc₂O₃ sluoksnių ekstinkcijos koeficientas esant skirtingam O₂ kiekiui (sant. vnt.) proceso metu

Taip pat demonstruojama gautų rezultatų taikymas dielektrinių veidrodžių 193nm bei 266nm bangos ilgiams formavimui.



2 pav. Išmatuotas dielektrinio veidrodžio, naudojant optimalų O₂ kiekį bei papildomo atkaitinimo procedūrą, atspindžio spektras.

Literatūra

1. M.Bischoff et al „Postdeposition treatment of IBS coatings for UV applications with optimized thin-film stress properties“ *Appl. Optics*. **84**, 4798 (2004).
2. P.Langston et al „Influence of oxygen pressure variations on the optical properties of ion beam sputtered metal oxide coatings“ *Frontiers in Optics, San Jose, USA* (2011).
3. R. Thielsch, J. Heber, N. Kaiser „Absorption limited performance of SiO₂/Al₂O₃ multi-layer coatings at 193nm – a systematic study“ *Optical Interference Coatings, Banff, Canada* (2001).

SOI subbanginių struktūrų charakterizavimas

Konstantinas Vaškevičius, Raimondas Petruškevičius, Darius Urbonas, Martynas Gabalis

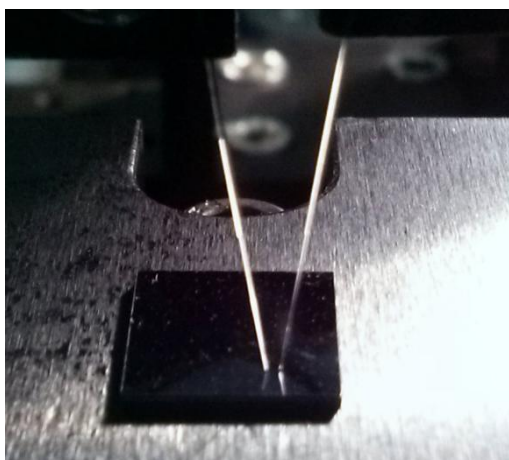
Fizinių ir technologijos mokslų centras, Lazerinių technologijų skyrius
Savanorių pr. 231, LT-02300 Vilnius, el. p.: konstantinas.vaskevicius@ftmc.lt

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

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

1. Tikslų žadinančios spinduliuotės įvesties pozicionavimą.
2. Efektyvų atsako registravimą.
3. Aukštą spektrinę skyrą, kad galima būtų registruoti rezonansus.

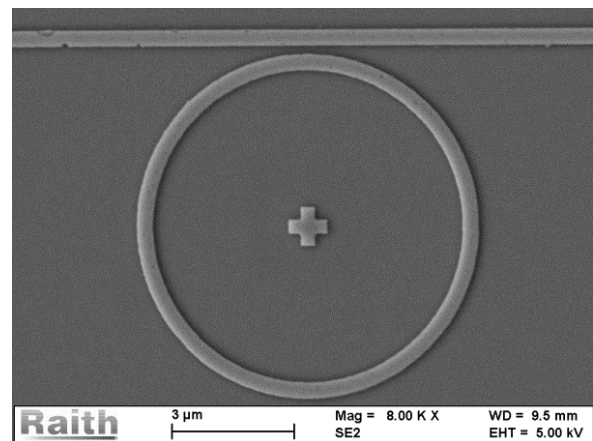
Siekiant šių tikslų buvo suprojektuotas ir įrengtas nanofotoninių struktūrų charakterizavimo stendas. Įvestis ir išvestis realizuota kampu šviesolaidžiais, pozicionuojamais trijose ašyse 50 nm tikslumu [3].



1 pav. Bandinys su įvedimo/išvedimo šviesolaidžiais.

Pirmieji tirti bandiniai buvo pagaminti elektronų pluošto litografijos būdu, kuris leidžia pasiekti itin aukštą skyrą, tačiau dėl prigimtinio lėtumo ir didelės kainos labai riboja eksperimentų apimtį. (2 pav.)

SOI charakterizavimo stendas sėkmingai išbandytas, užregistruoti pirmosios bandinių partijos rezonansai.



2 pav. Žiedinis rezonatorius, SEM nuotrauka.

Literatūra

1. Narayanaswamy R and Wolfbeis O S 2004 Optical Sensors (New York: Springer)
2. Barrios C A 2012 Anal. Bioanal. Chem. 403 1467-75
3. Gabrielli L H, Liu D, Johnson S G and Lipson M 2012 Nat. Commun. 3 1217

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

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

S. Indrišiūnas, G. Račiukaitis

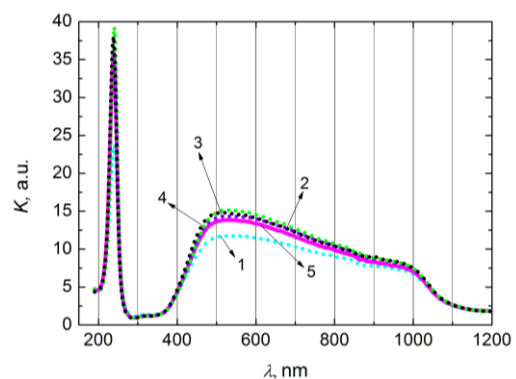
Fizinių ir technologijos mokslų centras, Lazerinių tyrimų skyrius
Savanorių pr. 231, LT-02300 Vilnius, el. p.: simonas.indrisiunas@ftmc.lt

Siekiant užtikrinti saulės enegetikos konkurencingumą, reikalinga mažinti elemento pagaminimo kaštus ir didinti jo efektyvumą. Vienas iš būdų tam pasiekti yra padidinti šviesos dalį, patenkančią į aktyviąją elemento sritį. Šviesos sugerties didinimui bandoma pasitelkti įvairias plazmonines [1] ar difrakcines [2] struktūras. Šiame darbe buvo tirti du metodai, leidžiantys padidinti šviesos sugertį: komercinių polikristalinio silicio saulės elementų pasyvacinio silicio nitrido sluoksnio tekstūravimas ir silicio padėklų tekstūravimas interferuojančiais lazerio pluoštais.

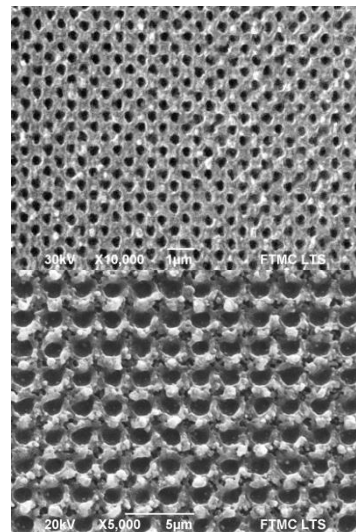
Interferuojantys lazerio pluoštai sukuria periodinį intensyvumo skirstinį, kuris gali būti panaudotas periodinių struktūrų įrašymui medžiagoje. Šis metodas leidžia vienos ekspozicijos metu apdirbti sąlyginai didelį paviršiaus plotą.

Polikristalinio silicio saulės elementai buvo tekstūruoti naudojant pikosekundinio lazerio II harmoniką. Keturių interferuojančių pluoštų intensyvumo skirstiniu buvo paveiktas saulės elementų silicio nitrido sluoksnis. Naudojant mažus spinduliuotės energijos tankius šiame sluoksnyje buvo stebimas silicio oksinitrido formavimasis interferencinio skirstinio maksimumų padėtyse. Buvo išmatuotos optinės ir elektrinės tokiu būdu paveikto saulės elemento savybės ir nustatyta, kad tokiu būdu paveikus elementą, jo savybės pagerėja.

Kitas tirtas būdas saulės elemento savybėms gerinti buvo silicio padėklo tekstūravimas. Nauji šviesos pagavimo struktūrų formavimo metodai ypač svarbūs plonasluoksniams saulės elementams, kuriuose tradicinė ęsdinimu gaunama struktūra nebetinka. Naudojant interferuojančius pluoštus, polikristalinio ir monokristalinio silicio padėkluose buvo abliuojami periodiniai įdubų masyvai, tirtos struktūros atspindžio savybės.



1 pav. Sugerties koeficiento K spektrai, esant įvairiems lazerinio apdirbimo parametrams. Spinduliuotės energijos tankis: 1 – 0.42 J/cm^2 ; 2 – 0.28 J/cm^2 ; 3 – 0.07 J/cm^2 ; 4 – 0.04 J/cm^2 ; 5 – atraminis bandinys.



2 pav. Periodiniai įdubų masyvai išabliuoti silicio padėkluose naudojant kelis interferuojančius lazerio pluoštus.

Literatūra

1. S. Pillai, K. R. Catchpole, T. Trupke and I.S. Pillai, K. R. Catchpole, T. Trupke and M. A. Green: J. Appl. Phys., 101, (2007).
2. A. Gombert, K. Rose, A. Heinzl, W. Horbelt, C. Zanke, B. Bläsi and V. Wittwer: Sol. Energy Mater. Sol. Cells, 54, (1998) 333-342.P.

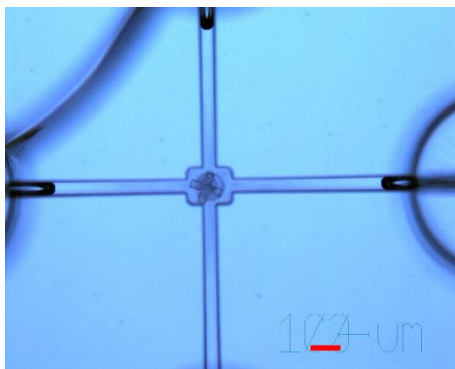
Laisvos formos 3D struktūrų formavimas lydytame kvarce femtosekundinio lazerio impulsais

Valdemar Stankevič, Gediminas Račiukaitis

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

Femtosekundinių lazerių taikymas medžiagų mikroapdirbime atveria plačias galimybes skaidriųjų terpių tūriniam modifikavimui. Lydyto kvarco viduje lazeriu sukeltos medžiagos modifikacijos gali būti transformuotos į trimates tūrinės mikrosistemos su optinėmis, mechaninėmis ir skysčio transportavimo savybėmis, modifikuotą zoną chemiškai išėsdinant, įmerkus bandinį į fluorido rūgštį (HF) [1].

Šiame darbe demonstruojamas technologijos pritaikymas trimatėms (3D) tūrinėms mikrostruktūroms sukurti. 3D struktūros buvo formuojamos pagal suprojektuotą 3D CAD brėžinį su integruotomis judančiomis tūrinėmis dalimis kanalų viduje per kuriuos galima praleisti skystį (pav. 1).



1 pav. Suformuotas ir išėsdintas 3D mikromaišytuvas lydytojo kvarco tūryje.

Pagrindinė technologija, naudota šioms struktūroms formuoti yra paremta mikrokanaalų formavimu lydytojo kvarco tūryje, kur mikrokanaalai yra įrašomi tiesioginio lazerinio rašymo būdu, skenuojant linijas viena po kitos [2]. Lazerinės spinduliuotės intensyvumas buvo parinktas taip, kad lydytajame kvarce susiformuotų II-ojo tipo modifikacijos, o lazerio spinduliuotės poliarizacijos kryptis parinkta statmena skenavimo kryptiai geriausioms išėdinimo sąlygoms pasiekti [3].

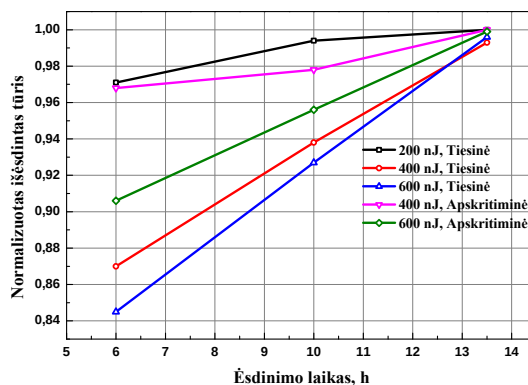
3D struktūrų formavimui buvo naudojamos kelios skenavimo strategijos [4], kurių parametrai nurodyti lentelėje 1.

1 lentelė. 3D struktūrų formavimo skenavimo strategijų parametrai.

Skenavimo strategija	Atstumas tarp sluoksnių $\Delta z, \mu\text{m}$	Atstumas tarp skenavimo linijų $d, \mu\text{m}$
Linijų skenavimas	3.5	2-3
Kontūro skenavimas	3.5	2-3

Lazerio impulso energija buvo parinkta tokiu būdu, kad būtų pasiektas nanogardelių formavimo langas (200-600 nJ).

Bandiniai su įrašytomis modifikacijomis buvo išėdinami 10% HF rūgštyje ir laiko tarpais: 6, 10 ir 13.5 val. buvo registruotas išėsdintas tūris (2 pav.).



2 pav. Išėsdinto tūrio priklausomybė nuo išėdinimo laiko.

Literatūra

- 1 Y. Bellouard, A.A. Said, M. Dugan and P. Bado, Proc. ISOT - International Symposium on Optomechatronic Technologies, pp. 445-450, 21-23 Sept., (2009).
- 2 V. Stankevič, G. Račiukaitis, Lithuanian Journal of Physics, **54** (3), xxx, (2014).
- 3 C. Hnatovsky, R. S. Taylor, E. Simova, V. R. Bhardwaj, D. M. Rayner and P. B. Corkum, Opt. Lett. **30**, 1867-1869 (2005).
- 4 V. Stankevič, G. Račiukaitis, Proceedings of LPM2014, (2014)

Paviršinių plazmonų rezonansinės kreivės kitimas vykstant gyvsidabrio adsorbcijai

Andrius Paulauskas, Viktoras Vaičiškauskas

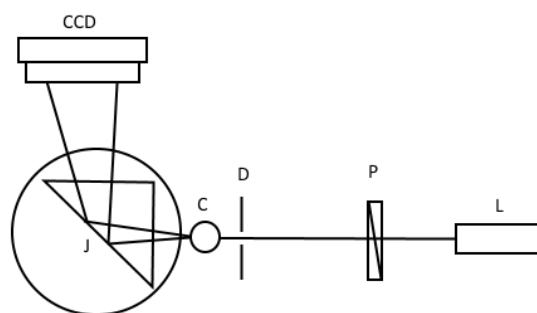
Fizinių ir technologijos mokslų centras, Taikomosios IR Spektroskopijos laboratorija
Savanorių pr. 231, LT-02300 Vilnius, el. p.: paulauskas_andrius@yahoo.com

Dėl savo toksiškumo, judrumo ir ilgo išsilaikymo aplinkoje gyvsidabris yra laikomas labai pavojinga medžiaga. Jis gali sukelti žmonėms ir gyvūnams stiprų neigiamą poveikį smegenims, inkstams, nervinei bei endokrinei sistemoms [1]. Pagal profesinio saugumo ir sveikatos administracijos (OSHA, JAV) nuostatus gyvsidabrio koncentracijos pikinis limitas ore yra $0,1 \text{ mg/m}^3$. Ilgalaikei taršai leistina gyvsidabrio koncentracija kelis kartus mažesnė.

Labiausiai paplitusiose gyvsidabrio matavimo metodikose gyvsidabris kaupiamas tauriaisiais metalais, dažniausiai auksu. Pakaitinus gyvsidabris desorbuojasi, o jo koncentracija matuojama įvairiais metodais (šaltų garų atominė fluorescencija ar absorbcine spektroskopija). Kitos matavimo metodikos paremptos plonos aukso plėvelės varžos ar atspindžio koeficiento matavimu. Be to, gyvsidabriui absorbuojantis prie aukso, keičiasi jo optinės savybės, kurias galime išmatuoti paviršinių plazmonų rezonansine spektroskopija [2 - 3].

Šiame darbe bus pristatoma gyvsidabrio detekcija pasinaudojant paviršinių plazmonų rezonanso reiškiniu. Metodikos principinė schema pateikiama 1 pav. Pagrindiniai schemos elementai 650 nm lazeris (pažymėtas raide L) bei prizmė su juntamuoju apie 60 nm storio aukso sluoksniu (pažymėta raide J). Poliarizuotas lazerio pluoštas cilindrinio lęšiu išplečiamas kritimo plokštumoje ir atsispindėjęs nuo prizmės pagrindo pataiko į CCD liniuotę. Tokiu būdu vienu matavimu gauname visą plazmoninės sugerties kreivę.

Gyvsidabriui adsorbuojantis prie aukso paviršiaus susidaro amalgamas. Kaitinant aukso paviršių gyvsidabris desorbuojasi, tokiu būdu regeneruojamas gyvsidabrio jutiklis. 1 pav. pavaizduota prizmė yra kvarcinio stiklo kiuvetėje, kuri apvyniota kaitinamąja viela.



1 pav. Principinė eksperimento schema. L – lazeris, P – poliarizatorius, D – diafragma, C – cilindrinis lęšis, J – prizmė su juntamuoju aukso sluoksniu, CCD – CCD liniuotė.

Literatūra

1. Tao, H., Lin, Y., Yan, J., & Di, J. A. Electrochem. Commun., 40, 75-79, (2014).
2. Lin, Y. W., Huang, C. C., & Chang, H. T. Analyst, 136(5), 863-871, (2011).
3. M. Levlin, E. Ikävalko, T. Laitinen. J. Anal. Chem., 365, 577-586, (1999).

Paviršiaus elektrinio potencialo priklausomybė nuo dujų ir šviesos poveikio nanometrinių storio sluoksniuotose metalo oksidų struktūrose

Šarūnas Vaškelis

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

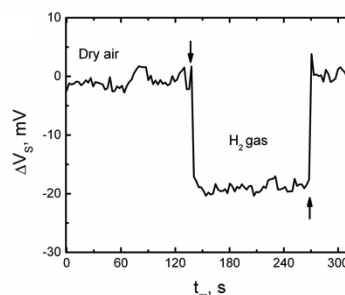
Metallų oksidai dėl didelio jautrumo, ilgalaikio stabilumo ir pigios technologijos plačiai naudojami komercinių dujų jutiklių gamyboje. Šie jutikliai yra pritaikomi įvairiose sistemose, pavyzdžiui pramoninių procesų kontrolėje, aplinkosaugoje, medicinoje ir pan. Tačiau darbo temperatūros, dažnai siekiančios 400-600K, riboja tokių jutiklių integravimą į įvairius elektroninius prietaisus, pvz. išmaniuosius įrenginius. Pastarųjų metų tyrimai rodo, jog sumažinti metalo oksidų jutiklių darbo temperatūrą būtų galima, panaudojant nanometrinius darinius, kaip antai: kvazi-1D dariniai (nanosūlai, nanovazdeliai ir pan.) [1], kuriuose gali būti stebimi kvantiniai reiškiniai, tinkantys keisti dujų sąveiką su paviršiumi į atsako signalą, hibridiniai dariniai su molekuliniais junginiais [2], kuriuose atsako į dujas mechanizmus lemia procesai molekulėse, ir pan. Publikuojami eksperimentų [3] ir skaičiavimų [4] rezultatai leidžia tikėtis pritaikyti nanometrinius ir nanostruktūrizuotus darinius taip pat ir metalų oksidų dujų jutikliams, veikiantiems kambario temperatūroje, kurti.

Įvairaus storio puslaidininkinių metallų oksidų sluoksnių elektrinės savybės buvo tiriamos skenuojančiojo zondo mikroskopijos metodais naudojant mikroskopo zondą kaip viršutinį kontaktą ar elektrodą. Šiame darbe buvo tiriami itin ploni (iki 20 nm) titano ir indžio oksidų sluoksniuoti dariniai, užauginti iš fizinių garų fazės magnetroninio dulkinimo metodu. Padėklui naudotos Si plokštelės. Padėklai, prieš formuojant metallų oksidų sluoksnius, buvo padengiami Au sluoksniu.

Metallų oksidų darinių paviršiaus potencialo kitimas dėl išorinio poveikio dujomis ir šviesa buvo tirtas skenuojančiojo zondo mikroskopijos metodais, naudojant Kelvino zondo modą. Šviesos poveikio tyrimams naudoti šviestukai, kurių bangos ilgiai yra iš intervalo nuo 400 nm iki 735 nm. Tyrimų metu bandiniai buvo įtvirtinti specialioje uždaroje kameroje su įvedimais šviesai ir dujoms bei skenuojančiajam zondui. Bandinių kameroje buvo galima sudaryti švaraus arba su pasirinktomis tiriamosiomis dujomis sintetinio oro aplinką.

Eksperimentiniais paviršiaus elektrinio potencialo tyrimais įrodyta, jog paviršiaus potencialo atsako į dujas trukmė aplinkos

temperatūroje yra ženkliai trumpesnė, negu tų pačių metalo oksidų elektrinės varžos atsakas. 1 pav. iliustruotas TiO_2 darinio paviršiaus potencialo atsako, išmatuoto kambario temperatūroje į H_2 dujas, trukmė < 20 sekundžių, kai tuo tarpu standartinės konstrukcijos varžinio jutiklio atsako analogiškoms sąlygoms trukmė > 2000 sekundžių.



1 pav. Paviršiaus elektrinio potencialo pokytis, kai keičiama darinį supanti atmosfera: švarus oras, H_2 dujos (800ppm) ir vėl švarus oras. Matavimai atlikti trisluoksniu darinio $\text{In}_2\text{O}_3/\text{TiO}_2/\text{In}_2\text{O}_3$ paviršiuje $T = 295 \text{ K}$.

Eksperimentų rezultatai įrodo, jog, parinkus tinkamą sluoksniuotų darinių konstrukciją, stebimas tam tikras cheminio atsako atminties efektas, kuriame paviršiaus potencialas nepakinta, kamara užpildžius švarių oru po sąveikos su H_2 dujomis. Pradinę darinio būseną atitinkantį potencialą galima gauti 2 min. šviečiant 400 nm monochromatine 30 $\mu\text{W}/\text{mm}^2$ intensyvumo šviesa.

Analizuojant tyrimo rezultatus, pasiūlytas paviršiaus sąveikos poveikio daugiakomponenčio sluoksniuoto darinio savybėms mechanizmo modelis. Aptartos pasiūlytojo modelio skaitmeninių charakteristikų suderinamumo su eksperimentu sąlygos. Numatyti tolimesnių tyrimų uždaviniai.

Literatūra

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

Sinchronizacijos valdymas trūkiuoju uždelstu grįžtamu ryšiu

Irmantas Ratas, Kęstutis Pyragas

Fizinių ir technologijos mokslų centras, Fundamentinių tyrimų skyrius
A. Goštauto 11, LT-01108 Vilnius, el. p.: irmantas.ff.vu@gmail.com

Sinchronizacija yra procesas, kurio metu autovirpesinės sistemos dėl silpnos sąveikos suvienodina savo periodus. Šis fenomenas stebimas biologinėse, fizikinėse, cheminėse sistemose [1]. Yra manoma, kad sinchronizuota neuronų veikla paremtas regėjimas, tačiau patologiškai sinchronizuoti neuronai nulemia ir ligų tokių kaip Parkinsono liga sindromus. Todėl reikia suprasti ir išmokyti valdyti sinchronizacijos mechanizmus.

Valdymo algoritmai gali būti suskirstyti į dvi pagrindines grupes: a) valdymas be grįžtamojo ryšio – kurie nereikalauja veikiamos sistemos stebėjimo, bet yra energetiškai neefektyvūs; b) valdymas grįžtamojo ryšiu – valdymo jėga priklauso nuo esamos ar buvusios sistemos būsenos, todėl pasiekus norimą būseną valdymas išsijungia. Grįžtamojo ryšio algoritmų trūkumas yra tas, kad valdymo signalas tiesiogiai gali veikti ir matavimų rezultatus. Šito trūkumo pavyksta išvengti naudojant trūkų uždelstą grįžtamąjį ryšį. Mūsų darbo tikslas buvo parodyti, kad šis metodas yra tinkamas sinchronizuotų sistemų valdymui.

Trūkiaus grįžtamojo ryšio su delsa algoritmas susideda iš dviejų pakopų:

1) sistema evoliucionuoja laisvai, nuo jos nuskaitinėjamas vidutinis laukas (neuronų atveju tai būtų vidutinis potencialas) ir įrašomas į atmintį arba siunčiamas į delsos liniją;

2) sistema veikiama signalu, kuris proporcingas pirmos pakopos metu įrašytam signalui.

Abi algoritmo pakopos trunka po vienodą laiko tarpą τ .

Algoritmo veikimą pirmiausia ištestavome su vienu iš paprasčiausių – fazinių osciliatorių tinklu, kitaip dar vadinamu Kuramoto modeliu. Pasinaudodami redukcijos metodais [2], analitiškai parodėme, kad termodinaminės ribos (t.y. esant begaliniam osciliatorių skaičiui) artinyje siūlomas algoritmas gali desinchronizuoti sistemą. Rezultatai buvo patikrinti skaitmeniniais eksperimentais su Kuramoto modelio baigtiniu osciliatorių skaičiumi, sudėtingesniais osciliatoriais (Landau-Stuart), bei FitzHugh-Nagumo, Hodgkin-Huxley neuronų tinklais. Visais minėtais atvejais algoritmas sugebėdavo sistemas desinchronizuoti. Nustatyta, jog valdymo parametrams (grįžtamojo ryšio daugikliui bei įrašymo/veikimo laikui τ) būdinga rezonansinė struktūra, t.y. desinchronizacija pasiekama τ pasirinkus proporcingą sistemos vidutinio lauko svyravimo pusperiodžiui [3].

Literatūra

1. S. H. Strogatz, *Sync: The Emerging Science of Spontaneous Order* (New York, 2003).
2. E. Ott, T. M. Antonsen, *Chaos* **18**, 037113 (2008).
3. I. Ratas, K. Pyragas, *Phys. Rev. E* **90**, 032914 (2014).

Organinės medžiagos Baltijos jūroje ir Kuršių mariose kilmė: stabiliųjų anglies izotopų metodas

Nijolė Remeikaitė-Nikienė^{1,2}, Galina Lujanienė², Rūta Barisevičiūtė², Vitalijus Malejevas^{1,2},
Galina Garnaga-Budrė^{1,3}, Algirdas Stankevičius^{1,2}

¹ Aplinkos apsaugos agentūra (AAA), Jūrinių tyrimų departamentas, Taikos pr. 26, LT-91222 Klaipėda,

² Fizinių ir Technologijų Mokslų centras (FTMC), Fizikos institutas, Savanorių pr. 231, LT-02300 Vilnius,

³ Klaipėdos universitetas, Herkaus Manto g.84, LT-92294, Klaipėda; n.remeikaite@aaa.am.lt

El. p.: n.remeikaite@gmail.com

Pagrindiniai organinės medžiagos (OM) Baltijos jūroje šaltiniai yra pirminė produkcija, upių nuotėkis ir pritekėjimas iš Šiaurės jūros. Pagal savo susidarymo vietą OM skiriama į autochtoninės (telkinyje sukurtos) ar alochtoninės (atneštinės) kilmės. Vandens stulpe ar dugno nuosėdose organiką suskaido bakterijos, o išsiskyrusios maistmedžiagės (biogenai) prisideda prie eutrofikacijos reiškinių. Šiandien eutrofikacija viena opiausių Baltijos jūros problemų, todėl ekosistemos valdyme svarbu vertinti tiek organinės medžiagos pasiskirstymą, jos akumuliacijos greičius ir pobūdį, tiek žinoti organinės medžiagos kilmę.

Izotopiniai metodai ekologams jau seniai tapo priemonė vertinant OM šaltinius (sausumos, jūros, gėlo vandens telkinio ir pan.). Šiam tikslui ypač plačiai naudojamas stabiliųjų anglies izotopų santykis (¹³C/¹²C, t.y. δ¹³C), nes manoma, kad jis daug nesikeičia diagenėzės metu [1]. Tyrimai rodo, kad sausumos augalai pasižymi mažomis δ¹³C vertėmis (nuo -30 ‰ iki -23 ‰), kai tuo tarpu, jūros fitoplanktono δ¹³C signalai yra didesni (paprastai nuo -24 ‰ iki -19 ‰). Gėlavandens fitoplanktono δ¹³C vertės kinta plačiame intervale ir dažnai persidengia su sausumos augalų δ¹³C vertėmis [2].

Šio tyrimo tikslas buvo įvertinti Baltijos jūros ir Kuršių marių sedimentuotos organinės medžiagos (SOM) δ¹³C verčių pasiskirstymą bei nustatyti sausumos/gėlo vandens telkinių kilmės organinės medžiagos dalį bendrame organinės medžiagos kiekyje.

Baltijos jūros ir Kuršių marių dugno nuosėdų mėginiai paimti 2012 m. ir 2013 m. pavasario (balandžio, gegužės mėn.), vasaros (rugpjūčio mėn.) ir rudens (spalio, lapkričio mėn.) sezonais, įgyvendinant Valstybinę aplinkos monitoringo programą, taip pat iš dalies ES finansuojamo projekto „Cheminio ginklo paieška ir vertinimas (CHEMSEA)“ rėmuose. SOM δ¹³C

analizei imti paviršinio dugno nuosėdų sluoksnio (0-3 cm) mėginiai.

Sausumos/gėlo vandens organinės medžiagos procentinė dalis sedimentuotoje organinėje medžiagoje apskaičiuota pagal formulę:

$$T (\%) = \frac{\delta^{13}\text{Cm} - \delta^{13}\text{Cj}}{\delta^{13}\text{Cs} - \delta^{13}\text{Cj}} * 100\% \quad (1)$$

čia: T – sausumos/gėlo vandens organinės medžiagos dalis (procentais) sedimentuotoje organinėje medžiagoje, δ¹³Cm – δ¹³C vertė matuota mėginyje, δ¹³Cj – jūros organinei medžiagai būdinga δ¹³C vertė (-23.0 ‰), δ¹³Cs – sausumos/gėlo vandens kilmės organinės medžiagos δ¹³C vertė (-30.0 ‰).

SOM δ¹³C vertės tyrimų laikotarpiu Baltijos jūroje kito nuo -28.7 ‰ (rudeni, Kuršių marių vandens įtakos zonoje) iki -23.8 ‰ (vasarą, atviroje Baltijos jūroje); vidutinė vertė siekė -25.8 ± 1.5 ‰. Vidutiniškai, Kuršių marių dugno nuosėdų organinė medžiaga buvo izotopiškai lengvesnė (-29.7 ± 0.5 ‰), δ¹³C kito nuo -30.0 iki -28.7 ‰.

Skaiciavimai rodo, kad didžioji dalis Kuršių marių SOM yra sausumos ir pačiame vandens telkinyje sukurtos organinės medžiagos mišinys. Vidutiniškai, alochtoninė organinė medžiaga sudarė apie 40 % bendro Baltijos jūroje SOM kiekio, ir šis skaičius buvo panašus į kitų studijų [3] metu gautus rezultatus.

Autoriai dėkingi Lietuvos mokslų tarybai už finansinę paramą (sutarties Nr. MIP-080/2012).

Literatūra

1. Meyers, P. A., 1994. Preservation of elemental and isotopic identification of sedimentary organic matter. *Chemical Geology* 144, 289–302.
2. Rolff, C., 2000. Seasonal variation in delta 13C and delta 15N of sizefractionated plankton at a coastal station in the northern Baltic Proper. *Marine Ecology. Progress Series* 203, 47–65.
3. Szczepańska A., Zaborska A., Maciejewska A., Kuliński K., Pempkowiak, J., 2012. Distribution and origin of organic matter in the Baltic Sea sediments dated with ²¹⁰Pb and ¹³⁷Cs. *Geochronometria* 39(1), 1–9.

Organinių junginių analizė panaudojant teigiamų matricų faktorizacijos (PMF) metodą miesto ir foninėse vietovėse Lietuvoje

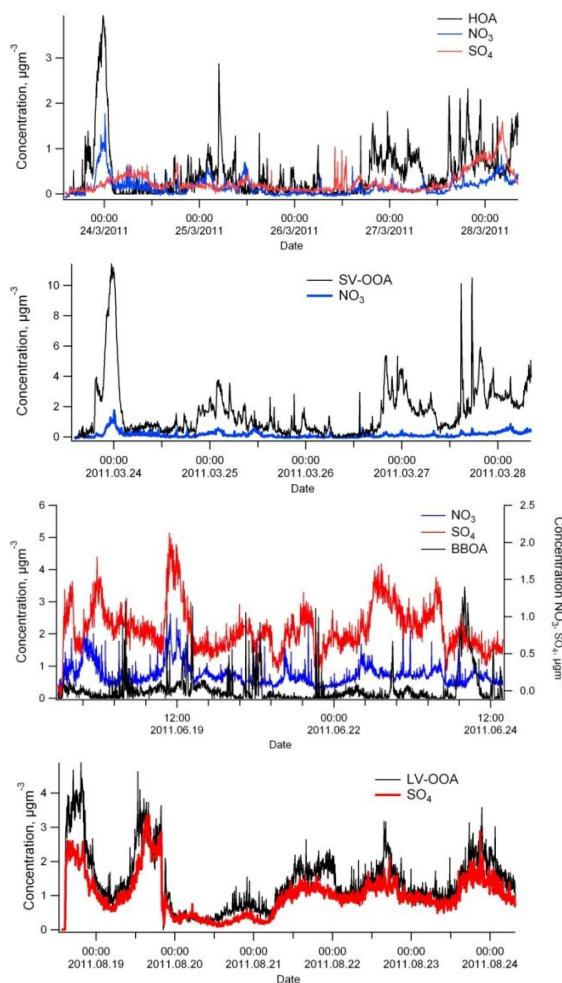
Ernesta Meinorė, Jonas Šakalys, Kęstutis Kvietkus

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

Submikroninės frakcijos atmosferos aerozolio dalelių (PM₁) matavimai panaudojant kvadrupolinį aerozolių masės spektrometrą (Q-AMS) buvo nuosekliai vykdomi 2011 m. kovo – rugpjūčio mėnesiais Vilniaus mieste (54°38'35.9"N, 25°10'58.44"E), Preilos (55°22'34"N, 21°01'52"E) ir Rūgšteliškio (55°27'48"N, 26°40'36"E) atmosferos užterštumo tyrimų stotyse. Organiniai aerozolio dalelių junginiai (OA) sudarė 68.8%, 77.1% ir 77.0% viso išmatuoto PM₁ atitinkamai Preilos, Rūgšteliškio ir Vilniaus matavimo stotyse. Panaudojant teigiamų matricų faktorizacijos (PMF) [1] metodą, skirtą vienietinės masės skyrų spektrams, atlikta organinių junginių kilmės šaltinių analizė.

Nustatyti 3 organinių junginių kilmės šaltiniai Vilniaus ir Rūgšteliškio stotyse, bei 2 Preilos stotyje. I) Vilniuje: biomasės degimo OA (BBOA), pirminiai antropogeninės kilmės angliavandenilio OA (HOA) (1 a) Pav.), mažai oksiduoti pusiau lakūs OA (SV-OOA) (1 b) Pav.); II) Rūgšteliškyje: BBOA (1 c) Pav.), senesnės oksidacijos mažai lakūs OA (LV-OOA) (1 c) Pav.), SV-OOA; III) Preiloje: LV-OOA (1 d) Pav.), SV-OOA.

Pabrėžtina tai, jog Vilniaus mieste SV-OOA komponentė turi santykinai didesnę oksidacijos laipsnį nei HOA, kadangi f_{44} vertė didžiausia palyginti su kitomis vertėmis spektre [2]. Tikėtina, jog Rūgšteliškio matavimo stotyje BBOA komponentės išryškėjimas sąlygotas padidėjusio laužų deginimo birželio 21-24 d.d. Rūgšteliškio stotyje SV-OOA komponentė mažiau oksiduota ir dalelės yra „šviežesnės“ palyginti su Vilniaus stotyje išmatuotomis dalelėmis. Tiek Rūgšteliškio, tiek Preilos stotyje SV-OOA dedamosios f_{44} reikšmė lygi 0.18. Abi šios stotys yra foninės, tad tikėtina, jog foninėse vietovėse tipinė SV-OOA komponentės f_{44} vertė lygi 0.18, tačiau norint patikrinti šios išvados teisingumą reikalinga didesnė eksperimentų imtis.



1 pav. a) HOA komponentė Vilniuje; b) SV-OOA komponentė Vilniuje; c) BBOA komponentė Rūgšteliškyje; d) LV-OOA komponentė Preiloje.

Literatūra

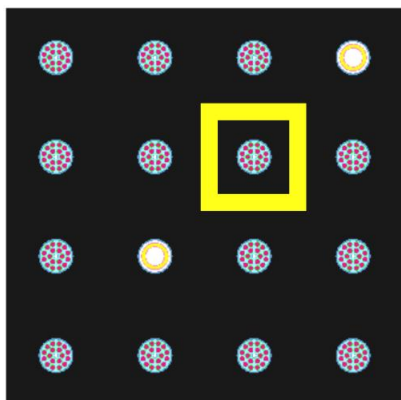
1. P. Paatero, U. Tapper, Positive Matrix Factorization – a Nonnegative Factor Model with Optimal Utilization of Error-Estimates of Data Values, *Environmetrics*, 5, 111-126 (1994).
2. N.L. Ng, M.R. Canagaratna, J.L. Jimenez, Q. Zhang, I.M. Ulbrich, R. Worsnop, Real-Time Methods for Estimating Organic Mass Concentrations from Aerosol Mass Spectrometer Data, *Environ. Sci. Technol.*, 45, 910-916 (2011).

RBMK tipo reaktoriaus kuro skerspjūvių bibliotekų skaičiavimas

Vytenis Barkauskas, Artūras Plukis

Fizinių ir technologijos mokslų centras, Branduolinių tyrimų skyrius
A. Goštauto 11, LT-01108 Vilnius, el. p.: vytenis.barkauskas@gmail.com

Uždarius Ignalinos AE itin svarbu užtikrinti saugų susidariusio panaudoto branduolinio kuro (PBK) tvarkymą. Viena iš esminių užduočių charakterizuojant PBK yra nuklidinės sudėties įvertinimas. Nuklidinė sudėtis lemia PBK charakteristikas: aktyvumą, likutinės šilumos išsiskyrimą, efektyvų neutronų daugėjimo koeficientą [1]. Šias charakteristikas galima įvertinti naudojant skaitmeninio modeliavimo metodus. Siekiant patvirtinti skaitmeninio modelio tinkamumą turi būti atliktas modeliavimo rezultatų palyginimas su eksperimentiniais duomenimis.



1 pav. RBMK tipo reaktoriaus gardelė su kuro ir valdymo kanalais.

Pristatomame darbe RBMK-1500 reaktoriaus kuro išdegimo modeliavimo metu buvo sudarytos vienos grupės skerspjūvių bibliotekos. Bibliotekos supaprastina nuklidų koncentracijos lygties sprendimą iki (1) lygties pavidalo – šią lygtį galima spręsti žinant vidutinį neutronų srautą $\bar{\Phi}$.

$$\frac{dN_i}{dt} = \sum_{j=1}^m l_{ij} \lambda_j N_j + \bar{\Phi} \sum_{k=1}^m f_{ik} \sigma_k N_k - (\lambda_i + \bar{\Phi} \sigma_i) N_i$$

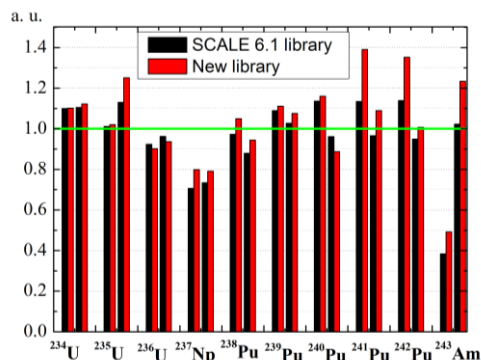
Skaičiavimai atlikti naudojant 238-grupių ENDF-B VII skerspjūvių biblioteką bei SCALE 6.1 programinio kodo komponentus: deterministinį NEWT neutronų transporto lygties sprendimo kodą ir ORIGEN-S, skirtą nuklidinei sudėčiai skaičiuoti.

Kuro švitinimo reaktoriuje sąlygos buvo modeliuotos naudojantis 4x4 kanalų

konfigūracija (1 pav.), kurią sudaro 14 kuro kanalų ir 2 kanalai su valdymo strypais. Pradinis kuro sodrinimas ^{235}U skaičiavimuose buvo 2.4-2.8 % kurui su erbio sugėrikliu ir 1.8-2.2 % kurui be erbio sugėriklio. Vienos grupės skerspjūvių bibliotekos buvo skaičiuotos sekant 1 pav. pažymėtos kuro rinklės sudėties evoliuciją, darant prielaidą, kad kituose kanaluose kuro sudėtis atitinka vidutinio išdegimo kurą. Skaičiavimai taip pat buvo atlikti esant įvairiam šilumnešio (vandens) tankiui.

Sudarius bibliotekas, siekiant įvertinti gautų rezultatų atitikimą eksperimentiniams duomenims, buvo skaičiuojami svarbiausių branduolinei saugai izotopų koncentracijos, kurios buvo palygintos su vertėmis, gautomis eksperimentiškai tiriant RBMK-1000 reaktoriaus kuro sudėtį [2], gauti rezultatai pateikiami 2 pav.

Palyginimas rodo, jog atlikti skaičiavimai gerai sutampa su eksperimentiniais duomenimis 2 % sodrinimo kurui be erbio. Taip pat pastebėta, jog vandens tankis kanale turi didelės įtakos aktinoidų (^{241}Pu , ^{243}Am) susidarymui.



2 pav. Eksperimentinių ir sumodeliuotų koncentracijų santykių palyginimas.

Literatūra

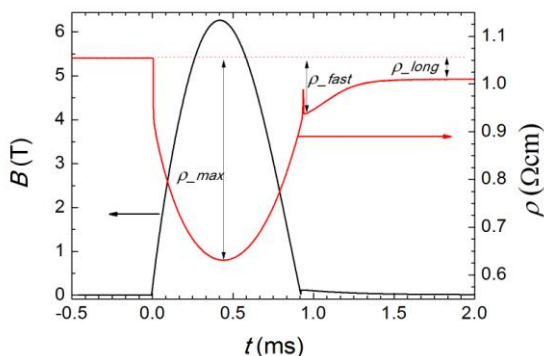
1. Spent Nuclear Fuel Assay Data for Isotopic Validation, NEA State of the art Report, OECD (2011).
2. Murphy, B. D., ORIGEN-ARP Cross-Section Libraries for the RBMK-1000 System, Prepared by Oak Ridge National Laboratory (2006).

Nanostruktūrizuotų La-Ca-MnO sluoksnių magnetovaržos relaksacija

Dainius Pavilionis, Nerija Žurauskienė

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

Polikristaliniai sluoksniai iš manganitų, pasižymintys milžiniškos magnetovaržos (CMR) reiškiniu yra perspektyvūs, kuriant stipraus impulsinio magnetinio lauko matuoklius [1]. Jie turi pasižymėti pakankamu jautrumu plačiame magnetinių laukų ruože (0,1 – 100 T) bei didele sparta (dešimčių kHz dažnių ruožas). Todėl svarbu išsiaiškinti, kaip polikristalinių manganitų sluoksnių cheminė sudėtis ir nehomogeniška struktūra lemia magnetovaržos dydį (jutiklio jautrumą) plačiame temperatūrų ir magnetinių laukų ruože, bei ištirti magnetovaržos atminties efektus, kurie riboja matuoklio spartą.



1 pav. Tiriomojo sluoksnio savitosios varžos ρ pokytis magnetiniame lauke B .

Buvo ištirta La-Ca-MnO sluoksnių magnetovarža impulsiniuose magnetiniuose laukuose iki 10 T. Nustatyta, kad pasibaigus magnetinio lauko impulsui, stebimas varžos atsistatymo į pradinę vertę procesas, kurio metu galima išskirti tris charakteringus laikų ruožus: 1) ultraspurtų varžos atsistatymą (<1 μ s); 2) greitąją relaksaciją (~200 μ s); 3) lėtąją relaksaciją (~2 ms). Parodyta, kad greitosios relaksacijos varžos dinamiką galima aprašyti Kolmogorov-Avrami-Fatuzzo modeliu [2], įskaitančiu magnetinių domenų kristalituose persiorientavimą į pusiausvyrinę būseną.

Tuo tarpu lėtosios relaksacijos dinamiką galima aprašyti Kohlrausch-Williams-Watts modeliu [3], įskaitančiu magnetinių momentų netvarkiose tarpkristalitinėse srityse sąveiką, būdingą stikliškosioms sistemoms. Nustatyta, kad žemose temperatūrose (100 K) „greitosios“ relaksacijos pradinės liekamosios varžos dalis, lyginant su bendru varžos pokyčiu magnetiniame lauke, yra mažesnė La-Ca-Mn-O sluoksnių atveju (6 %) palyginus su La-Sr-Mn-O sluoksniais (16 %), ir mažėja, artėjant prie metalas-puslaidininkis virsmo temperatūros T_m . Šios varžos relaksacijos dinamika turi S-tipo formą žemose temperatūrose, kuri artėjant prie T_m virsta paprasta Debajaus eksponente. Tuo tarpu lėtosios relaksacijos pradinės liekamosios varžos dalis žemose temperatūrose (100 K) sudaro apie 12-19% bendro varžos pokyčio, esant 2 T magnetinei indukcijai ir mažėja, didėjant magnetiniam laukui bei temperatūrai. Mažiausia pradinės liekamosios varžos dalis stebima sluoksniuose su mažiausiais kristalitais.

Literatūra

1. S. Balevičius, N. Žurauskienė, V. Stankevič, S. Keršulis, V. Plaušinitienė, A. Abrutis, S. Zherlitsyn, T. Herrmannsdörfer J. Wosnitzer and F. Wolff-Fabris, "Nanostructured Thin Manganite Films in Megagauss Magnetic Field", Appl. Phys. Lett., vol 101, pp. 092407-1-092407-4, 2012.
2. M. Avrami, "Kinetics of phase change. II Transformation - time relations for random distribution of nuclei", J. Chem. Phys., vol. 8, pp. 212-224, Feb. 1940.
3. G. Williams and D. C. Watts, "Non-symmetrical dielectric relaxation behaviour arising from a simple empirical decay function", Trans. Faraday Soc. vol. 66, pp. 80-85, 1970.

Auginimo temperatūros ir impulsinio lazerio poveikio tyrimas $\text{La}_{0.67}\text{Sr}_{0.33}\text{MnO}_3/\text{MgO}$ sluoksnių magnetovaržinėms savybėms

Irina Černiukė, Bonifacas Vengalis

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

Stroncio-lantano mangano oksidas $\text{La}_{0.67}\text{Sr}_{0.33}\text{MnO}_3$ (LSMO), turi perovskito kristalinę struktūrą ir pasižymi virsmu iš didelės varžos paramagnetinės į metališkąją feromagnetinę būseną ties Kiuri temperatūra ($T_C \sim 350$ K). Šis oksidas yra svarbus įvairių spintronikos prietaisų gaminiui savo magnetovaržinėms savybėms: milžiniškosios magnetovaržos (CMR), reiškiniu, kuris išmatuojamas ties T_C , esant palyginti stipriems magnetiniams laukams ($\mu_0 H > 1.0$ T) ir taip vadinama silpno lauko magnetovarža (LFMR). Pastaroji matuojama, esant silpniems laukams ($\mu_0 H < 0.1$ T) polikristaliniuose bandiniuose, kuriuose yra natūraliai arba dirbtinai sudarytos tarpkristalitinės sritys. Didžiausios LFMR reikšmės dažniausiai yra pasiekiamos žemose ($T \ll T_C$) temperatūrose [1].

Šiame darbe buvo tiriami plonieji LSMO sluoksniai ($d \approx 200\text{--}300$ nm), užauginti magnetroninio dulkinimo būdu 550°C – 800°C temperatūrose ant skeltų kristalinių MgO (100) padėklų. Darbo tikslas buvo ištirti padėklų temperatūros įtaka auginamų LSMO sluoksnių kristalinei struktūrai, galimam tarpkristalinių sričių formavimuisi ir su šiomis sritimis susijusiomis magnetovaržinėmis savybėmis. Papildomai šiame darbe tarpkristalitinės sritys buvo sudaromos veikiant sluoksnius didelės galios impulsinio (Nd:YAG) lazerio spinduliuote ($\lambda = 532$ nm, $\tau = 20$ ns). Elektrinės varžos, magnetovaržos ir voltamperinių charakteristikų tyrimai buvo atliekami plačiame temperatūrų ruože (78 K – 350 K), keičiant magnetinio lauko dydį (-0.73 T $\div$ 0.73 T) ir kryptį ($\alpha = 0 \div 90^\circ$) sluoksnio normalės atžvilgiu.

Rentgeno spinduliuotės difrakcijos tyrimai parodė, jog LSMO sluoksnių, užaugintų ant MgO (100) padėklų 800°C ir 750°C temperatūrose vyraujanti kristalo-

grafinių plokštumų orientacija yra (100), tuo tarpu esant žemesnėms padėklų temperatūroms ($T_s = 700^\circ\text{C}$ – 550°C) sluoksniai buvo polikristaliniai. Paviršiaus morfologijos tyrimai, naudojant atominių jėgų mikroskopą, parodė, kad mažėjant augimo temperatūrai vidutiniai kristalitų matmenys sumažėja nuo 200 nm iki 40 nm.

Buvo nustatyta, jog LSMO sluoksnių elektrinė varža nuosekliai didėja tiek mažėjant padėklo temperatūrai, tiek ir veikiant užaugintus sluoksnius impulsinio lazerio spinduliuote. Taip pat paaiškėjo, kad varžos pakitimus abiem atvejais lėmė didelės elektrinės varžos tarpkristalinės sritys ir su šiomis sritimis susijęs potencialinis barjeras bei elektronų tuneliavimas tarp feromagnetinių kristalitų. Didžiausios CMR reikšmės, siekiančios 14% (kai $T = 300$ K ir $\mu_0 H = 0.72$ T), buvo išmatuotos 800°C temperatūroje užaugintiems sluoksniams. Didžiausios LFMR reikšmės (apie 16%) buvo gautos 550°C temperatūroje užaugintiems polikristaliniams LSMO sluoksniams, tuo tarpu lazeriu paveiktų LSMO sluoksnių, užaugintų 800°C temperatūroje, LFMR siekė 10% (kai $T = 78$ K). Atlikus modelinius skaičiavimus buvo įvertinta susidariusių tarpkristalitinių sričių įtaka sluoksnio elektrinei varžai ir magnetovaržos vertėms plačiame temperatūrų ruože. Ištyrus silpno lauko magnetovaržos histerezę, esant žemoms temperatūroms, įvertintos koercinio lauko reikšmės ir jų priklausomybės nuo technologinių sąlygų.

Literatūra

1. P.K. Siwach, H.-K. Singh, and O. N. Srivastava, J. Phys.: Condens. Matter **20**, 273201 (43pp) (2008).

Dimerinio granulocitų kolonijas stimuliuojančio veiksnio darinių ir jų receptoriaus sąveikos tyrimas taikant visiško vidaus atspindžio spektrinę elipsometriją

Linās Tamošaitis, Z. Balevičius, I. Balevičiūtė, S. Tumėnas, A. Stirke,
A. Makaravičiūtė, A. Ramanavičienė, A. Ramanavičius

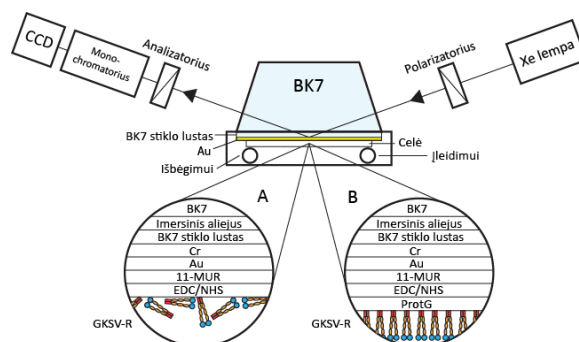
Fizinių ir technologijos mokslų centras, Puslaidininkų fizikos instituto Medžiagotyros ir elektros inžinerijos skyrius
A. Goštauto 11, LT-01108 Vilnius, el. p.: Linās.tamošaitis@gmail.lt

Žmogaus granulocitų kolonijas stimuliuojantis veiksnys (žGKSV) yra mažos masės (~20 kDa) glikoproteinas, kurio rekombinantinės formos yra plačiai naudojamos medicinoje kaip papildas po chemoterapijos atstatyti neutrofilų kiekiui kraujyje ir chroninei neutropenijai gydyti [1]. GKSV yra vienintelė medžiaga, kuri padidina hematopoetinių kamieninių ląstelių kiekį kraujyje ir kartu skatina neutrofilų brendimą, tačiau šis citokinas pasižymi mažu fiziologiniu pusamžiu in vivo. Šitam trūkumui kompensuoti sukurtos įvairios II kartos GKSV formos, kurios pasižymi geresne farmakodinamika ir farmakokinetika [2-5]. In vivo tyrimais galima įvertinti vaisto efektyvumą, tačiau jie ne visada suteikia informaciją apie veikimo mechanizmą, kuris galėtų būti pritaikomas kitų vaistų kūrime [3,6]. Vaisto efektyvumą lemia jo sąveika su receptoriais ir jo šalinimo greitis iš organizmo. Atskirai įvertinti receptoriaus-ligando sąveikai gali būti naudojami neardantys ir žymių nereikalaujantys optiniai metodai.

Spektrinė elipsometrija (SE) yra pasižymintis dideliu jautrumu optinis metodas, kuris matuoja šviesos, atsispindėjusios nuo mėginio, poliarizacijos pokytį. Jis leidžia stebėti medžiagų sluoksnių formavimąsi in situ, todėl tokia matavimo metodika puikiai tinka tyrinėti biologinių objektų sąveikas kietos/skystos fazių sąlyčio riboje. SE apjungta su paviršiaus plazmonų rezonansu (PPR) (visiško vidaus atspindžio spektrinė elipsometrija (VVASE)) pasižymi itin dideliu jautrumu. VVASE yra pranašesnė už tradicinius PPR metodus, nes matuojamas papildomas parametras Δ (delta), kuris yra jautresnis už PPR matuojamą parametą Ψ (psi) [7].

Šis darbas buvo atliktas su tikslu išvystyti visiško vidaus atspindžio spektrinės elipsometrijos metodiką tirti biomolekulių sąveikas ir įvertinti tų biomolekulių asociacijos ir disociacijos dinamiką. Tai buvo daroma

nustatant lūžio rodiklio dispersijos funkcijas ir sluoksnių storius naudojant duomenis surinktus dinaminio spektroskopinės elipsometrijos režimu. Taip pat buvo parodyti elipsometrinio tyrimų pranašumai nagrinėjant tokias sistemas – ištirta įvairių GKSV baltymų sąveika su jų receptoriais, kuris buvo imobilizuotas ant plono aukso sluoksnio, nustatytos sąveikų kinetinės konstantos bei pasiūlyti skirtingi sąveikos modeliai [8].



1 pav. Eksperimento schema.

Literatūra

1. K.Hübel, D.C.Dale, W.C.Liles, *J. Infect. Dis.* **2002**, *185*, 1490.
2. W.Halpern, T.A. Riccobene, H.Agostini, K.Baker, D.Stolow, M.-L.Gu, J.Hirsch, A.Mahoney, J.Carrell, E.Boyd, K.J.Grzegorzewski, *Pharm. Res.* **2002**, *19*, 1720.
3. C.A.Sarkar, K.Lowenhaupt, P.J.Wang, T.Horan, D.A.Lauffenburger, *Biotechnol. Prog.* **2003**, *19*, 955.
4. G. Molineux, *Curr. Pharm. Des.* **2004**, *10*, 1235.
5. G.N.Cox, D.J. Smith, S.J. Carlson, A.M. Bendele, E. A. Chlipala, D. H. Doherty, *Exp. Hematol.* **2004**, *32*, 441.
6. L.K.Roskos, P.Lum, P.Lockbaum, G.Schwab, B.-B. Yang, *J. Clin. Pharmacol.* **2006**, *46*, 747.
7. I.Baleviciute, Z.Balevicius, A.Makaraviciute, A.Ramanaviciene, A.Ramanavicius, *Biosens. Bioelectron.* **2013**, *39*, 170.
8. Z.Balevicius, I.Baleviciute, S.Tumenas, L.Tamošaitis, A.Stirke, A.Makaraviciute, A.Ramanaviciene, A.Ramanavicius, *Thin Solid Films* **2013**, *1*.