

Periodiškai moduluotų fotoninių struktūrų taikymas lazerinės spinduliuotės valdymui

Periodically modulated photonic structures for light manipulation

Julianija Nikitina¹, Ceren Babayigit², Kęstutis Staliūnas^{3,4}, Lina Grinevičiūtė¹

¹Fizinių ir technologijos mokslų centras, Savanorių pr. 231, 02300 Vilnius

²University of California, Irvine, 92697 California, JAV

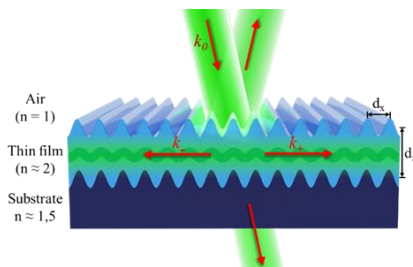
³ICREA, Passeig Lluís Companys 23, 08010 Barcelona, Ispanija

⁴UPC, Rambla Sant Nebridi 22, 08222 Barcelona, Ispanija

julianija.nikitina@ftmc.lt

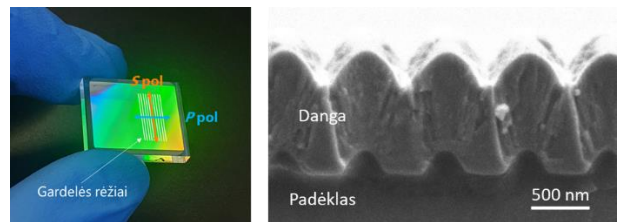
Lazerinės spinduliuotės valdymui optinėse sistemose naudojami įvairūs optiniai elementai ir jų kombinacijos, pvz., intensyvumo arba spektriniai filtrai, fazinės plokštelės, poliarizatoriai, lęšiai ir t.t. Tačiau kai siekiama sumažinti lazerinių sistemų fizinių dydį iki mili- arba net mikro- skalės, standartiniai sprendimai ne visada yra tinkami. Pavyzdžiui, interferencinių dangų ir kubiniai poliarizatoriai nuneša lazerio spindulį nuo sklaidimo krypties, kas reikalauja papildomo sistemos perkalibravimo. Erdviniam filtravimui skirtos konfokaliinių lęšių sistemos užima daug vietos, todėl mikrolazeriuose naudoti netinka. Tokios priežastys nulemia naujų kompaktiškų optinių elementų poreikį bei vystymą.

Tobulėjant ęsdinimo ir litografijos technologijoms, vis dažniau bandoma pritaikyti įvairių medžiagų periodinį mikro- arba nano- struktūrizavimą funkcinių optinių komponentų formavimui. Ypač dielektrinių struktūrų patrauklumą lemia aukštas atsparumas lazerinei spinduliuotei, lyginant su metalinėmis ar polimerinėmis medžiagomis. Tačiau tokių elementų formavimas yra technologiškai sudėtingas ir nėra iki galo išdirbtas. Vienas iš galimų tokių struktūrų gamybos būdų yra optinių dangų tolygus nusodinimas ant periodiškai struktūrizuoto padėklo [1]. Tokioje fotoninėje struktūroje, kurios schematinė iliustracija pateikta 1 pav., pasireiškia Fano tipo rezonansas, kuris nulemia ryškių asimetrinės formos pralaidumo/atspindžio smailių atsiradimą spektruose [2]. Tuo labiau, linijinės struktūros atveju, rezonanso sąlygos nėra vienodos statmenoms poliarizacijoms. Abi šios savybės gali būti išnaudotos norint formuoti šviesos valdymui skirtus optinius elementus, tinkančius valdyti nulinio laipsnių kampu krintančią spinduliuotę.



1 pav. Fotoninės struktūros, kurioje tenkinamos sąlygos Fano tipo rezonanso atsiradimui, schematinė iliustracija [2]

Šiame darbe tiriamos vienasluoksnės architektūros fotoninės struktūros, sudarytos iš aukšto lūžio rodiklio metalo oksido dangos, tolygiai nusodintos ant periodiškai moduluoto padėklo. Plonų sluoksnių nusodinimui buvo naudojama jonapluoščio dulkinimo technologija (*angl.* Ion Beam Sputtering). Pirmiausia buvo siekiama įvertinti skirtingų metalo oksidų tolygaus nusodinimo kokybę (struktūrizuoto padėklo formos atkartojimą nusodintame sluoksnyje, kaip parodyta 2 pav.). ~1 μm storio dangų topografijos charakterizavimas parodė, kad struktūrizuoto padėklo formos atkartojimas priklauso nuo dangos medžiagos: hafnio, niobio ir tantalio oksidų storų sluoksnių paviršiaus moduliacijos sumažėjo atitinkamai ~6.7 %, ~10 %, ~7.2 %. Silicio oksido dangos paviršiaus moduliacija sumažėjo net 35 %.



2 pav. (a) Fotoninės struktūros nuotrauka; (b) Plono sluoksnio, nusodinto ant struktūrizuoto padėklo, skerspjūvio SEM nuotrauka [3]

Taip pat buvo atliktas suformuotų struktūrų optinis charakterizavimas, kuris parodė Fano tipo rezonansinio reiškinio atsiradimą, kai dangos lūžio rodiklis yra didesnis nei naudojamo padėklo. Ši sąveika pasireiškia žemo pralaidumo rezonansinėmis linijomis (θ , λ) spektriniuose žemėlapiuose, kas demonstruoja potencialius tokių periodiškai moduluotų struktūrų taikymus: pluošto erdvinį filtravimą ir statmenų poliarizacijų išskyrimą.

Reikšminiai žodžiai: optinės dangos, plonų sluoksnių nusodinimas, erdvinis filtravimas, poliarizatoriai.

Literatūra

- [1] L. Grinevičiūtė, C. Babayigit, D. Gailevičius, M. Peckus, M. Turduev, T. Tolenis, M. Vengris, H. Kurt, K. Staliūnas, *Adv. Optical Mater.* 2001730, 2021
- [2] L. Grinevičiūtė, J. Nikitina, C. Babayigit, K. Staliūnas, *Applied Physics Letters* 118, 131114, 2021
- [3] I. Lukosiunas, L. Grinevičiūtė, J. Nikitina, D. Gailevičius, K. Staliūnas, *Phys. Rev. A*, L061501, 2023