

# Fotoninių struktūrų technologijos ir praktiniai taikymai

## Technologies and Practical Applications of Photonic Structures

Tomas Tamulevičius

Kauno technologijos universitetas, Medžiagų mokslo institutas, K. Baršausko g. 59, LT-51423 Kaunas  
Kauno technologijos universitetas, Matematikos ir gamtos mokslų fakultetas, Fizikos katedra, Studentų g. 50,  
LT-51368 Kaunas  
[tomas.tamulevicius@ktu.lt](mailto:tomas.tamulevicius@ktu.lt)

Šviesai skindant per skersinę ar išilginę kryptimi dėsningai periodiškai moduluotas sritis ji gali būti kryptingai išsklaidoma, efektyviai atspindima arba praeiti visiškai nepatyrusi intensyvumo nuostolių. Paprasčiausi tokių struktūrų pavyzdžiai yra vienmatės difrakcinės gardelės tačiau tai gali būti ir sudėtingi jų rinkiniai kaip hologramos ar metapaviršiai. Parenkant šviesą difraguojančių struktūrų periodą, geometriją bei optines savybes galima dėsningai valdyti pasirinkta kryptimi atskeliamą monochromatinės šviesos intensyvumą [1] ar polichromatinės šviesos spalvą [2]. Tai leidžia šias struktūras pritaikyti lazerio pluošto dalikliams ar optinės apsaugos nuo padirbinėjimo ženklams.

Daugiasluoksnės optinės struktūros išilgine sklaidimo kryptimi priklausomai nuo sandaros gali veikti kaip antirefleksinės dangos, veidrodžiai ar šviesos sugėrikliai. Tam paprastai naudojamos plačiame optiniame diapazone skaidrios ir nesugėriančios dielektrinės medžiagos pasižyminčios kontrastingu lūžio rodikliu. Tačiau tam galima pasitelkti ir optiškai sugėriančias medžiagas, pvz. nanokompozitines dangas su tauriųjų metalų nanodalelėmis [3]. Paviršiaus plazmonų rezonansui būdinga sugėrtimi pasižyminčios dangos leidžia esminiai praplėsti efektyvios sugėrties bei šviesos kritimo kampų darbinį intervalą.

Siekiant išgauti rekordinius difrakcijos efektyvumus galima pasitelkti daugiasluoksniuose dialektiniuose veidrodžius suformuotas difrakcines gardeles. Specializuotoje Littrow konfigūracijoje veikiantys difrakciniai elementai gali pasižymėti artimu 100% efektyvumu aktualiu ultra trumpų impulsų generavimo sistemoje [4].

Jeigu skaidrių daugiasluoksnių dielektrinių dangų nusodinimas yra plačiai naudojama technologija įvairiai lazerinei optikai tuo tarpu sugeriančių sluoksnių taikymai yra vis dar vystomi. Reaktyvus magnetroninis metalo dulkinimas argono jonais acetileno atmosferoje leidžia nusodinti dielektrines amorfinės deimanto tipo anglies matricos dangas su įterptomis metalo nanodalelėmis (DLC:Me). Valdant nusodinimo sąlygas galima keisti metalo nandalelių koncentracija ir skirtingai taip kryptingai valdant dangų optines savybes [4].

Siekiant suformuoti artimų bangos ilgiui matmenų paviršines struktūras susiduriamas su optinės litografijos apribojimais. Kontaktinė UV litografija patikimai veikia iki 0,5-1,0 μm būdingų struktūrų matmenų. Holografinė litografija yra patraukli alternatyva kai reikalingas raštas yra periodinis. Naudojant trumpabangę (UV ar mėlyną)

šviesą galima pasiekti 150-300 nm būdingų matmenų struktūras nes teorines šios litografijos apribojimas siekia pusę bangos ilgio. Šias struktūras galima naudoti refraktometriniams jutikliams [5]. Naudojant nuolatinės veikos lazeriu įrašymui pasitelkiamos fotojautrios medžiagos tačiau jos apsunkina tolimesnį periodinių struktūrų panaudojimą. Tiesiogine lazerinė abliacija daugelio spindulių interferenciniu lauku yra patraukli alternatyva nes įgalina periodinių struktūrų formavimą praktiškai bet kioje medžiagoje. Buvo parodyta, kad 600-1000 nm periodo difrakcines gardeles galima suformuoti nanokompozitinėse DLC:Ag dangose [6] ar nikelio folijoje [2], kuri yra suderinama su apsaugos nuo padirbinėjimo ženklų tiražavimo technologija.

Holograminis efektas optinėse apsaugos nuo padirbinėjimo priemonėse yra stebėtojiui pagavus vaizdinus tačiau tuo pačiu ir pilnai analitiškai aprašomas fizikinis reiškinys. Pasitelkus kūginės difrakcijos aprašymą buvo sukurtas algoritmas, kuris gali tiksliai suskaičiuoti iš difrakcinių gardelių aibės sudaryto piešinio spalvas [6] bei parengta jo realizacija programėlėje „HoloApp“ skirtoje išmaniajam įrenginiui [7].

*Reikšminiai žodžiai: difrakcinė gardelė, nanokompozitinės dangos, holografinė litografija, apsaugos nuo padirbinėjimo ženklai, lazerio pluošto dalikliai.*

### Literatūra

- [1] T. Tamulevičius, I. Gražulevičiūtė, A. Jurkevičiūtė, S. Tamulevičius, *Optics and Lasers in Engineering* **51** (10), 1185 (2013).
- [2] T. Tamulevičius, M. Juodėnas, T. Klinavičius, A. Paulauskas, K. Jankauskas, A. Ostreika, Armantas, A. Žutautas, S. Tamulevičius, *Scientific Reports* **8**, 14245 (2018).
- [3] S. Tamulevičius, Š. Meškiniš, T. Tamulevičius, H.-G. Rubahn, *Reports on Progress in Physics* **81** (2) 024501 (2018).
- [4] L. Stankevičius, T. Tamulevičius, A. Žutautas, M. Juodėnas, K. Juškevičius, R. Drazdys, S. Tamulevičius, *Optics and Laser Technology* **126**, 106071 (2020).
- [5] T. Tamulevičius, I. Gražulevičiūtė, D. Urbonas, M. Gabalis, R. Petruškevičius, S. Tamulevičius, *Optics Express* **22** (22) 27462-27475 (2014).
- [6] A. Jurkevičiūtė, G. Klimaitė, T. Tamulevičius, J. Fiurowski, H.-G. Rubahn, S. Tamulevičius, *Advanced Engineering Materials* **22** (3) 1900951 (2020)
- [7] <https://play.google.com/store/apps/details?id=edu.ktu.holoapp&hl=lt&gl=US>