

## Erdvėje ir laike koncentruotos šviesos sąveikos su medžiaga: II. gamtos įkvėpti nanodariniai

### Matter in spatio-temporally compressed light: II. bioinspired nanostructures

Roaldas Gadonas<sup>1</sup>, Mangirdas Malinauskas<sup>1</sup>, Mikas Vengris<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Vilniaus universitetas, Fizikos fakultetas, Saulėtekio al. 10, LT-10223 Vilnius  
[roaldas.gadonas@ff.vu.lt](mailto:roaldas.gadonas@ff.vu.lt)

Daugiafotonė fotopolimerizacija: lazerinis 3D spausdinimas su nanometriniu skyra.

Priartėjus prie (bet neperžengus) medžiagos optinio pažeidimo slenkščio, kai fotonų koncentracija pasiekia  $10^{19}$  fot./cm<sup>3</sup>, šviesos poveikis medžiagai tampa negrįžtamas. Vienas iš svarbiausių tokių tvarių fotoreakcijų pavyzdžių yra organinių molekulių polimerizacija (tinklinimas) – šviesos sukeltas monomerinių molekulių jungimasis į vieną makromolekulinį junginį. Netiesinės erdvėlaikyje koncentruotos šviesos sąveikos su medžiaga dėka šias reakcijas galima inicijuoti itin mažų matmenų tūryje – tik aštriai sufokusuoto pluošto sąsmaukos aplinkoje. Slenkstinis polimerizacijos reakcijos pobūdis lemia tai, kad negrįžtama fotomodifikacija įvyksta daug mažesniame nei pluošto sąsmauka tūryje. Tai sudaro labai mažų trimačių (3D) polimerinių darinių formavimo technologijos su nanometriniu erdvine skyra pagrindą. Nuosekliai keičiant pluošto sąsmaukos padėtį fotojautrios medžiagos tūryje galima formuoti laisvai pasirinktos geometrijos erdvinius polimerinius darinius, o juos atskirti nuo nepaveiktos medžiagos padeda organiniai tirpikliai (ryškikliai), išplaunantys neeksponuotą medžiagos monomerinę frakciją. Ši adityvioji (pridedanti medžiagos prie ruošinio) itin lanksti technologija mokslinėje spaudoje dažnai vadinama „tiesioginio lazerinio rašymo 3D litografijos“ (TLR3DL) technologija. Pastaruoju metu jos galimybės vystosi labai sparčiai, o taikymai apima visą eilę svarbių sričių, tokių kaip šviesos sklaidimo mikrometriniame mastelyje valdymas mikrooptiniais (miniatiūriniais optikos elementais) ir nanooptiniais komponentais (fotoniniais kristalais), įvairių mikrofluidinių lustų funkcinių komponentų formavimas ir integravimas, tvarkių porinių specifinės mikroarchitektūros karkasų kamieninių ląstelių kultūroms bei individualių dirbtinių implantų prototipavimas, ir t.t.

Šios krypties darbai Lietuvoje prasidėjo 2005 m. Pirmoji publikacija paskelbta 2009 m., o 2013 m. jau publikuotas apžvalginis straipsnis prestižiniame žurnale Physics Reports [1]. Šis tyrimas yra daugiaplanis, nes jungia darbus, nukreiptus į TLR3DL technologijos pagrindą sudarančių fizikinių procesų tyrimus, šviesos ir medžiagos sąveikos fizikinių ir cheminių mechanizmų

supratimą (identifikavimą), darinių formavimo našumą ir atkartojamumą, jų savybių charakterizavimą, papildomą funkcionalizavimą ir panaudojimą moksliniams, pramoniniams bei biomedicininiais uždaviniams spręsti.

Pastaraisiais metais buvo ženkliai pasistūmėta į priekį sprendžiant visą eilę uždavinių, tokių kaip formavimo erdvinės raiškos didinimas ir darinių kokybės bei savybių įvairiems taikymams valdymas (per ekspozicijos moduliaciją, inicijuojamo poveikio mechanizmus, medžiagų sudėtį ir t.t.), darinių reikalingo dydžio ir priimtinos praktinių uždavinių sprendimui gamybos spartos bei atkartojamumo užtikrinimas, tinkamų formavimui medžiagų plėtra ir technologinių formavimo parametų pritaikymas, technologijos praplėtimas pritaikant skaidrių terpių tūriniam modifikavimui (fotoniniai kristalai, skirti šviesos pluoštų erdvinė charakteristikų valdymui), unikalių integruotų ir daugiafunkcinių (refrakcinių bei difrakcinių) mikrooptikos komponentų modeliavimas, gamyba bei tyrimas, technologijos integravimas su tradicinėmis (UV litografija, minkštoji ir nanoįspaudų litografija, cheminis esdinimas, tiesioginio lazerinių impulsų indukuota dalelių pernaša) technologinėmis platformomis, taip pat pademonstruoti biomedicininiai metodų taikymai *in vitro* ir *in vivo* (biosuderinamumas, ląstelių proliferacija ir diferenciacija, bioskaidumas).

Šių darbų svarbą liudija glaudus bendradarbiavimas su užsienio mokslo centrais, kartu vykdyti tiriamieji projektai ir parengtos publikacijų serijos. Tyrimai šia kryptimi sėkmingai tęsiasi ir toliau nuolat vystomi [2].

*Reikšminiai žodžiai: ultratrumpieji šviesos impulsai, tiesioginis lazerinis rašymas, mezoskopiniai dariniai, fotoniniai kristalai, mikrooptiniai komponentai, dirbtiniai karkasai, biomimetiniai dariniai.*

#### Literatūra

- [1] M. Malinauskas, M. Farsari, A. Piskarskas and S. Juodkazis, , Phys. Rep. **533**, 1 (2013).
- [3] D. Gailevičius, V. Purlys, M. Peckus, R. Gadonas, K. Staliunas, Spatial Filters on Demand Based on Aperiodic Photonic Crystals, spaudoje, Annal. Physik. Spaudoje, 10.1002/andp.201700165.