3D lazerinė litografija: priklausomybė nuo bangos ilgio

3D laser lithography: dependence on laser irradiation wavelength

Edvinas Skliutas¹, Danielius Samsonas², Lukas Kontenis², Laura Sebestinaitė¹, Salvijus Ulevičius¹, Mikas Vengris¹,

Mangirdas Malinauskas¹

¹Vilniaus universitetas, Fizikos fakultetas, Lazerinių tyrimų centras, Saulėtekio al. 10, LT-10223 Vilnius

²Light Conversion, Keramikų g. 2B, LT-10234 Vilnius

edvinas.skliutas@ff.vu.lt

Trimatė lazerinė litografija (3DLL) - tai adityvios gamybos technologija, žinoma ir plėtojama jau trisdešimt metų. Per tą laiką buvo pademonstruotos 3DLL galimybės: nuo pačių elementariausių dvimačių ir trimačių objektų formavimo – geometrinių figūrų, gardelių, realių daiktų miniatiūrų [1] ir t. t., iki ištobulintų funkcinių elementų ar įtaisų: implantų audinių inžinerijai [2], elementų kontroliuoti cheminių medžiagų judėjimui mikrokanaluose [3], mikrooptikos komponentų [4], difrakcinių optinių elementų [5], programuojamų medžiagų [6] ir metamedžiagų [7] bei fotoninių elementų [8]. Nepaisant technologijos pasisekimo industriniame pasaulyje, ji vis dar slepia neišaiškintų mokslui įdomių procesų, dėl kurių verda karštos diskusijos. Vienas aktualiausių klausimų - kokie cheminės reakcijos sužadinimo mechanizmai dominuoja esant tam tikroms lazerinės spinduliuotės parametrams. Suprantama, kad priklausomai nuo medžiagos sugerties spektro ir į ją krintančios spinduliuotės bangos ilgio (λ), galima realizuoti vienfotonę, dvifotonę ar daugiafotonę sugertį ar net griūtinę jonizaciją.

Šiame darbe bus pristatytas tyrimas, kaip kinta polimerizacijos sužadinimo ir optinio pramušimo slenksčiai priklausomai nuo lazerinės spinduliuotės λ . Eksperimentui atlikti buvo naudojama optinio parametrinio stiprinimo sistema CRONUS-3P, kurią sudarė CARBIDE lazeris (1030 nm, 1 MHz, 40 W) ir I-OPA optinis parametrinis stiprintuvas, kuriuo buvo derinamas λ pasirinktame 400-1300 nm intervale. Integruotas grupinio vėlinimo dispersijos valdymas leido kontroliuoti impulso trukme. Zeiss Plan-Apochromat 100x 1,4 skaitinės apertūros imersinis objektyvas buvo naudojamas spinduliuotei įvesti į bandinį. Objektų gamyba buvo atliekama judinant bandinį erdvėje PI NanoCube pjezoelektriniais stalais. 3DLL bendruomenėje paplitęs standartinis neigiamas prepolimeras SZ2080TM buvo pasirinktas Raiškos tiltų (RT) gamybai. RT metodas yra tinkamas nustatyti polimerizacijos ir optinio pažeidimo slenksčius formuojant pavienias linijas tarp suformuotų kolonų. Linijos buvo formuojamos keičiant lazerinės spinduliuotės intensyvumą nuo minimalios vertės iki tos, kuomet per mikroskopo kamerą būdavo užfiksuojamas aiškus linijų sproginėjimas - optinis pažeidimas. Toliau bandinys būdavo paruošiamas analizei skenuojančiuoju elektronų mikroskopu (SEM), kurios metu būdavo nustatoma, ties kokia intensyvumo verte padaroma pirmoji linija, ir ties kuria pramušama, ir kaip kinta linijų storis bei aukštis tarp šių dviejų slenksčių (1 pav. a)).

Šiuo eksperimentu siekiama pademonstruoti skirtingus sugerties režimus (1 pav. b)) ir jų poveikį polimerzacijos reakcijai, o tai papildytų vyraujantį supratimą apie šviesos ir medžiagos sąveikos mechanizmus ir jų įtaką erdvinei raiškai, tikslumui, gamybos našumui ir atkartojamumui 3DLL technologijoje.



 pav. Trimatė lazerinė litografija. a) – raiškos tiltų SEM nuotraukų koliažas, kuriame vaizduojami polimerizacijos ir optinio pramušimo slenksčiai. b) – įtėkio, reikalingo sužadinti polimerizaciją ir sukelti optinį pramušimą fotojautrintame SZ2080TM prepolimere, priklausomybė nuo bangos ilgio.

Reikšminiai žodžiai: trimatė lazerinė litografija, dvi/daugia-fotonė sugertis, šviesos-medžiagos sąveika, CRONUS-3P, SZ2080TM, impulso trukmė

Literatūra

- A. K. Yetisen, A. F. Coskun , G. England, et al., Adv. Mat., 28, 1724-1742 (2016).
- [2] J. Maciulaitis, S. Rekštytė, M. Bratchikov, et al., Appl. Surf. Sci., 487, 692-702 (2019).
- [3] D. Wu, L. G. Niu, S. Z. Wu, et al., Lab Chip. 15(6), 1515-23 (2015).
- [4] S. Thiele, K. Arzenbacher, T. Gissibl, et al., Sci. Adv. 3(2), e1602655 (2017).
- [5] E. Harnisch, M. Russew, J. Klein, et al., Opt. Mater. Express 5(2), 456 (2015).
- [6] Y. L. Zhang, Y. Tian, H. Wang, et al., ACS Nano 13(4), 4041–4048 (2019)
- [7] J. Qu, M. Kadic, A. Naber, et al., Sci. Rep., 7(1), 1-8 (2017).
- [8] D. Gailevicius, L. Jonušauskas, D. Sakalauskas, et al., Proc. SPIE, 10115, 1011511 (2017).