

Erdviškai praslinktu aksikonu generuojamų asimetrinių Beselio pluoštų panaudojimas skaidrių terpų mikroapdirbime

Spatially Displaced Axicon Halves for Generating Assymmetric Bessel Beams Applicable in Transparent Material Microprocessing

Ernestas Nacius^{1,2}, Pavel Gotovski^{1,4}, Orestas Ulčinas², Sergejus Orlovas¹, Vytautas Jukna^{1,3}

¹Fizinių ir technologijos mokslų centras, koherentinės optikos laboratorija, Saulėtekio al. 3, Vilnius 10257

²Workshop of Photonics, Mokslininkų g. 6A, Vilnius 08412

³Lazerinių tyrimų centras, Vilniaus universitetas, Saulėtekio al. 10, Vilnius 10223

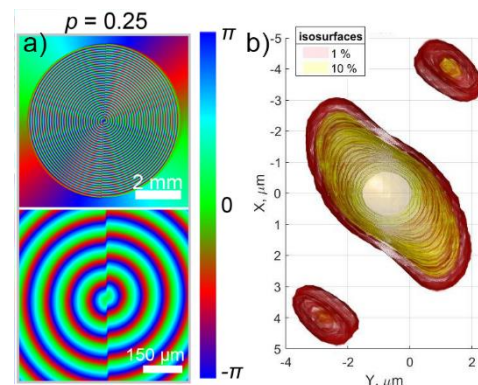
⁴Elektronikos fakultetas, Vilnius Gedimino technikos universitetas, Naugarduko g. 41, Vilnius 03227

ernestas.nacius@ftmc.lt

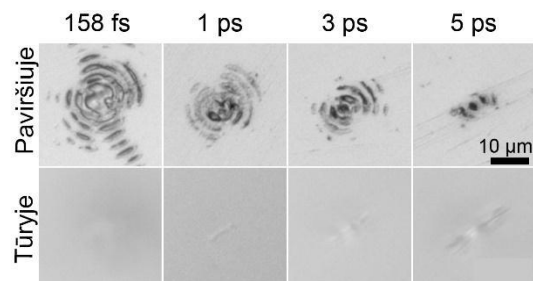
Beselio pluoštai yra sulaukę didžiulio dėmesio lazeriniame skaidrių terpių mikroapdirbime dėl savo išilginto židinio zonos. Pluošto skėtis gali būti daug kartų mažesnė nei tokio pačio diametro Gauso pluošto, kurio židinio ilgis yra apribotas Relėjaus atstumu. Ši pluošto savybė leidžia efektyviau apdirbti skaidrias medžiagas kuomet reikalingi ilgi pakitusios medžiagos kanalai, o tai atlikti Gauso pluoštais reiktų daug pakartotinių skenavimų [1]. Beselio pluoštams generuoti tradiciškai naudojami aksikonai – kūginiai lęšiai, kurie transformuoja plokščią kritusio pluošto bangos frontą į kūgio formą, tokiu būdu ant optinės ašies formuojamas riboto ilgio Beselio pluoštas. Refrakciniam aksikonui reikalingas formos tikslumas, ypatingai ties viršūne, nes ji yra kritinė siekiant generuoti aukštos kokybės ašinių intensyvumo skirstinį [2].

Puiki alternatyva stikliniams aksikonams yra aukšto optinio pažeidimo slenksčio geometrinės fazės elementai, kurie pagaminami lydyto kvarco tūryje tiesioginio lazerinio rašymo būdu suformuojant nanogardeles [3]. Ši technologija leidžia tiksliai keisti kritusio pluošto fazę, o tai leidžia pagaminti ir sudėtingesnio skirstinio elementus kuriais generuojami įmantrūs pluoštai.

Šiame darbe skaitmeniškai ir eksperimentiškai tiriamė unikalų skirstinių Beselio pluoštus generuojamus padalinus aksikono apertūrą į dvi sritis ir erdviškai jas perslenkant. Išskirtinis atvejis gaunamas, kuomet per ketvirčio fazės periodo dydį praslinktos aksikono pusės generuoja asimetrinį centrinių intensyvumo maksimumą. Toks pluoštas gali būti naudingas mikroįtrūkimų formavimui skaidrių terpių tūryje (žr. 1 pav.) [4], o juos jungiant – kontroliuojamas, išsistinis lūžis. Pluošto generacijos bei sklaidimo savybės išnagrinėtos pasitelkiant tiesinio ir netiesinio pluošto sklaidimo modelius, o eksperimento metu atliktų matavimų ir pažeidimų duomenys puikiai atitinka skaitmeninio modeliavimo rezultatus. Iš borosilikatinio stiklo pažeidimo rezultatų galima matyti, jog suformuotu išilginto dėmės Beselio pluoštu formuojami kryptingi mikroįtrūkimai, kurie itin naudingi ir pritaikomi stiklų pjovime (žr. 2 pav.).



1 pav. a) Geometrinės fazės elementas su praslinktomis aksikono fazės pusėmis, per ketvirtį fazės periodo ir b) pluošto sukuriamas plazmos tankio skirstinys borosilikatinio stiklo terpėje.



2 pav. Ketvirčio fazės poslinkio aksikonu suformuoto pluošto modifikacijos borosilikatinio stiklo paviršiuje ir tūryje.

Reikšminiai žodžiai: Beselio pluoštas, geometrinė fazė, aksikonas, mikroapdirbimas.

Literatūra

- [1] R. Meyer, M. Jacquot, R. Giust, J. Safioui, L. Rapp, L. Furfaro, P.-A. Lacourt, J. Dudley and F. Courvoisier “Single shot ultrafast laser processing of high-aspect ratio nanochannels using elliptical Bessel beams”, Optics Letters 42 21 (2017).
- [2] O. Brzobohatý, T. Čížmár and P. Zemánek “High quality quasi-Bessel beam generated by round-tip axicon”, Opt. Express 16, 12688–12700 (2008).
- [3] Y. Shimotsuma, P. G. Kazansky, J. Qiu and K. Hirao “Self-organized nanogratings in glass irradiated by ultrashort light pulses”, Phys. Rev. Lett. 91, 247405 (2003).
- [4] Baltrukonis, O. Ulčinas, S. Orlov, and V. Jukna “Void and micro-crack generation in transparent materials with high-energy first-order vector Bessel beam”, J. Opt. Soc. Am. B. 37, 2121–2127 (2020).