

Kreiva trajektorija sklindančių femtosekundinių šviesos pluoštų formavimas naudojant iš stiklo išpjautas fazines kaukes

Forming accelerating light beams by means of phase plates cut from glass

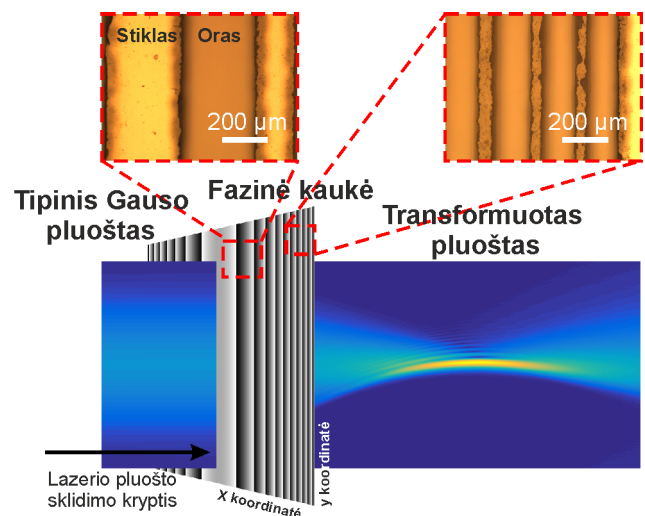
Mykolas Karpavičius, Simas Butkus, Domas Paipulas, Valdas Sirutkaitis
Vilniaus universitetas, Lazerinių tyrimų centras, Saulėtekio al. 10, 10223 Vilnius
mykolas.karpavicius@ff.stud.vu.lt

Kreivomis trajektorijomis sklindantys pluoštai yra neseniai pademonstruoti šviesos pluoštai, kurie, dėl savo unikalios savybės skliti bet kokiomis išlenktomis trajektorijomis, susilaukė didelio dėmesio įvairiose srityse. Tokių pluoštų taikymai pademonstruoti šviesos lakštų mikroskopijai, optiniam dalelių manipuliavimui bei lazeriniam mikroapdirbimui [1, 2]. Norint suformuoti kreiva trajektorija sklindantį pluoštą reikia moduluoti Gauso pluošto bangos frontą tam tikra faze, paprastai tai atliekama naudojantis erdviu šviesos moduliatoriumi (spatial light modulator), tačiau jie yra gana brangūs bei pasižymi žemu optinės pažaidos slenksčiu, todėl nėra optimalūs taikymui medžiagų apdirbimo tikslais. Pastaraisiais metais stebima pasaulinė didelės galios ($> 100\text{ W}$) femtosekundinių lazerių atsiradimo tendencija [3, 4]. Tokioms lazerinėms sistemoms aukščiau aptarti pluošto manipuliavimo metodai bus praktiškai nepritaikomi, taigi atsiranda didelis poreikis naujų, alternatyvių pluošto manipuliavimo metodikų kūrimui bei tyrimams.

Šiame darbe tirta alternatyvi kreiva trajektorija sklindančių pluoštų formavimo metodika pasitelkiant iš stiklo išpjautas dvinares fazines kaukes. Naudojantis femtosekundiniu lazeriu tokias kaukes galima pagaminti greitai ir nesudėtingai, taip pat, kadangi pagamintos iš stiklo, jos turi daug aukštesnį pažaidos slenksčių nei erdviniai šviesos moduliatoriai, taigi tokio tipo fazines kaukes būtų galima taikyti ir didelės galios femtosekundinėms sistemoms. Fazinių kaukių formos buvo apskaičiuotos pasitelkiant kreivomis trajektorijomis sklindančių pluoštų geometrinės optikos interpretaciją, šiuo metodu galima sukurti fazines kaukes, kuriomis suformuoti pluoštai sklinda iš anksto pasirinktomis išlenktomis trajektorijomis.

Minėtos fazinės kaukės buvo gaminamos iš $0,1\text{ mm}$ storio silikatinio stiklo, tam tikrose vietose išabliuojant kiaurymes stiklo bandinyje. Eksperimentai atlikti įmonės "Šviesos Konversija" gamybos femtosekundiniu lazeriu "Carbide". Per taip apdirbtą stiklo plokštelę praleidus Gauso pluoštą, jo bangos frontas yra faziškai moduluojamas tam tikru dydžiu, dėl atsiradusio lūžio rodiklio skirtumo tarp kiaurymės (oras, $n \approx 1$) ir likusios plokštelės dalies (stiklas, $n \approx 1,5$). Taip moduluoto šviesos pluošto komponentai užlinksta skirtingais kampais ir konstruktyviai interferuoja pagal iš anksto parinktą sklidimo trajektoriją. Pagamintomis kaukėmis suformuoti pluoštai buvo registruojami su ant poslinkio staliuko įtvirtinta CCD kamera. Pluoštai sklido pagal iš anksto parinktą trajektoriją ir, per 300 mm sklidimo, statmenose koordinatėse užlinksta $0,55\text{ mm}$. Eksperimento rezultatai gerai sutampa su teoriškai modeliuotais rezultatais. Toks pluošto skli-

dimo trajektorijos manipuliavimas ateityje gali būti taikomas tūrinių modifikacijų rašymui bei jų išdinimui skaidriose terpėse, siekiant suformuoti kanalus pagal kreivas trajektorijas. Taip pat potencialus tokių pluoštų taikymas medžiagų abliacijos eksperimentuose, kuriuose siekiama kontroliuoti formuojamos įpjovos pasvirimo kampą.



1 pav. Pluošto formavimo schema. Kreiva trajektorija sklindantis pluoštas suformuojamas praleidus Gauso pluoštą per iš stiklo išpjautą fazinę kaukę.

Reikšminiai žodžiai: Airy pluoštas, kreiva trajektorija sklindantis pluoštas, fazinė kaukė

Literatūra

- [1] M. A. Bandres, I. Kaminer, M. S. Mills, B. M. Rodriguez-Lara, E. Greenfield, M. Segev and D. N. Christodoulides, *Opt. & Photon. News* **24**, 30 (2013).
- [2] A. Mathis, F. Courvoisier, L. Froehly, L. Furaro, M. Jacquot, P. A. Lacourt and J. M. Dudley, *Appl. Phys. Lett.* **101**, 071110 (2012).
- [3] P. Russbuehdt, T. Mans, M. Hermans, D. Hoffmann and D. Wortmann, *Laser Technik Journal* **7**, 2 (2010).
- [4] P. Russbuehdt, T. Mans, J. Weitenberg, H.-D. Hoffmann and R. Poprawe, *Opt. Lett.* **35**, 4169-4171 (2010).