

Optinės adatos generavimas geometrinės fazės elementais esant netobulom sąlygoms

Generation of the optical needle with geometric phase elements under imperfect conditions

Sergejus Orlovas, Pavel Gotovski, Paulius Šlevas, Vytautas Jukna, Orestas Ulčinas, Antanas Urbas
Fizinių ir technologijos mokslų centras, Koherentinės optikos laboratorija, Sauletekio 3, LT-10257, Vilnius
sergejus.orlovas@ftmc.lt

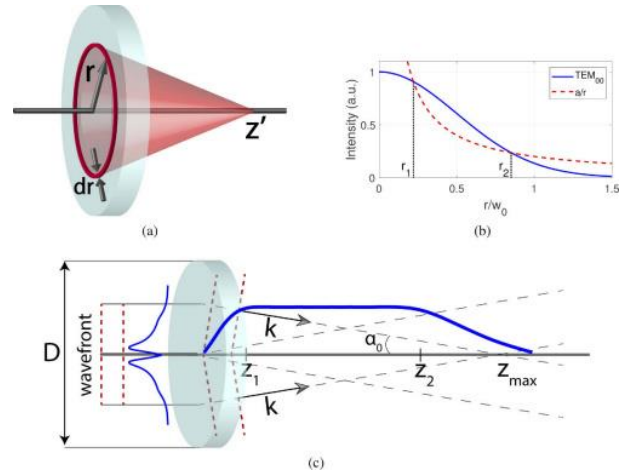
Optinės bangos, turinčios ilgas židinio linijas ir mažus židinio taškų dydžius, yra pageidaujamos įvairiose srityse ir vadinamos optinėmis adatomis, o Beselio pluoštai yra įprastas optinių adatų pavyzdys. Beselio pluoštams generuoti reguliariai naudojamos kūginės prizmės, tačiau ši metoda dažniausiai kamuoja ašinio intensyvumo svyravimai. Šiame darbe mes pristatome optinį elementą, pagrįstą erdvės Pancharatnam-Berry faze (PBP), įgalinantį sukurti didelės galios optinę adatą su glotniu ir pastoviu ašinio intensyvumo profiliu [1]. Fazė PBP elementuose atsiranda ne dėl optinio kelio skirtumų, bet atsiranda dėl geometrinės fazės, atsirandančios manipuluojant erdvėje vektoriniu dvigubai laužiančiu subpikseliu. Mūsų eksperimente faze yra įgyvendinama su 2 tipo neskaidria stiklo medžiagos modifikacija, dėl kurios susidaro nanogardelės su lėtomis ašimis, nukreiptomis statmenai įrašinio spindulio poliarizacijai. Tiek skaitmeniškai, tiek eksperimentiniu būdu tiriame optinės adatos generacijos stabilumą netobulomis sąlygomis. Optinių schemų neatitikimų įtaka yra tiriama skaitmeniškai ir eksperimentiškai.

Visų pirma, mes pagaminome PBP elementą, generuojantį 600 bangos ilgių ilgio ir 20 bangos ilgių pločio optinę adatą. PBP elemento efektyvumas yra 50%. Šį PBP elementą sėkmingai pagaminome „Altechna R&D“, o eksperimentas gerai atitinka teorinius lūkesčius.

Mes tiek skaitmeniškai, tiek eksperimentiškai ištyrėme optinės adatos generacijos stabilumą įvairiomis netobulomis sąlygomis. Pasirodo, kad į sistemą patekus platesniam Gauso spinduliui $w_0 + \Delta w_0$ gaunama į Beselio pluošta panaši adata, kurios intensyvumas ašyje nuolat didėja. Kai spindulys yra mažesnis $w_0 - \Delta w_0$, ašies intensyvumas mažėja tostant nuo elemento. Optinė adata buvo stabili $|\Delta w_0| / w_0 \approx 0.05$.

Kampinis PBP elemento ir linijinio poliarizatoriaus išderinimas turi sudėtingesnę poveikį, nes poliarizatorius yra atsakingas už nepageidaujamų komponentų filtravimą ir tinkamą PBP elemento veikimą. Šiuo atveju, kai azimutinio poslinkio reikšmės $\beta = \in - 40^\circ, 40^\circ$, optinė adata yra iškraipyta – ašinė intensyvumo forma tampa įgaubta arba išgaubta. Esant $\beta > 40^\circ$ reikšmėms, optinė adata ant optinės ašies susiskaldo į keletą dalių, kurių ašinis intensyvumas yra gana sudėtingai kintantis. Darome išvadą, kad optinė adata išlieka tabili, kol $|\beta| < 5^\circ$.

Galiausiai buvo ištyrta poveikis, kurį sukėlė skersinis PBP elemento poslinkis arba skersinis pluošto poslinkis. Pluošto poslinkis paprastai suteikia nuolat didėjančią ašinio intensyvumo profilį. Tačiau kadangi antroji



1 pav. Scheminis geometrinio elemento pavaizdavimas. Be galo mažas žiedo formos plotas, kurio spindulys r ir plotis dr , pavaizduotas raudonai, o iš jo sklindantys spinduliai fokusuojasi atstumu z' . b) Grafikas, kuriame matomi krentančio TEM₀₀ pluošto (mėlyna) ir norimo intensyvumo (raudona brūkšneliu) profiliai. c) Schematinis optinės adatos generavimo vaizdas.

situacija nėra įprasta, mes nagrinėjame tik PBP elemento poslinkio rezultatus, nes, mūsų nuomone, tai yra dažnesnis eksperimente stebimas nuokrypis. Šiuo atveju ašinis intensyvumo profilis tampa išgaubtas. Optinė adata yra nejautri poslinkiams $\Delta x/w_0 < 0,125$.

Reikšminiai žodžiai: Optinė adata, nedifraguojantys pluoštai, Geometrinė fazė, Optinių elementų charakterizavimas.

Literatūra

- [1] P. Gotovski, P. Šlevas, S. Orlov, O. Ulčinas, and A. Urbas, Opt. Express **29**, 33331-33345 (2021).