

Parabolinės simetrijos skerspjūvio optinių pluoštų linijinio židinio inžinerija

Engineering of electromagnetic focal lines with parabolic cross-sections

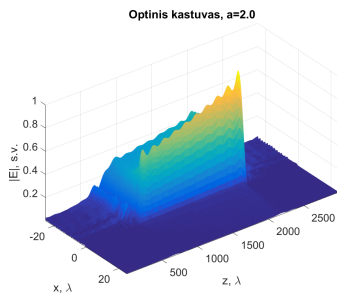
Tomas Kontrimas^{1,2}, Sergej Orlov²

¹Vilniaus universitetas, Fizikos fakultetas, Saulėtekio al. 9, 10222 Vilnius

²Fizinių ir technologijos mokslų centras, Fotoninių technologijų industrinė laboratorija, Saulėtekio al. 3, 10257 Vilnius
t.kontrimas@outlook.com

Įvairiose pramonės srityse yra pritaikomi lazerio impulsiniai pluoštai su ilgu linijiniu židiniu ir siauru skersinio intensyvumo pasiskirstymu. Ypatingai yra vertinamas nedifraguojantis Beselio pluošto ašinis intensyvumo skirstinys – „optinė adata“ [1], kuris yra plačiausiai panaudojamas struktūrų, kurių dydis palyginamas su krentančios šviesos bangos ilgiu, mikroapdirbime. Pasinaudojant koherentinių Beselio pluoštų superpozicija galima kurti tolimesnes optines adatas, ypač kai norime kontroliuoti išilginį pasiskirstymą. Tačiau kai kuriose pritaikymuose yra poreikis valdyti asimetrinį skersinį pluošto pasiskirstymą.

Nedifraguojančių parabolinių pluoštų pagalba galima keisti skersinio profilio parabolinės formos išlinkimą [2], o pasinaudodami daugelio tokių koherentinių pluoštų superpozicija tampa įmanoma pakeisti ir išilginį pluošto profilį linijiniame židinyje. Tokio tipo pluoštas gali būti vadinamas „optiniu kastuvu“.



1 pav. Optinio kastuvo elektrinio lauko pjūvis x-z plokštumoje.

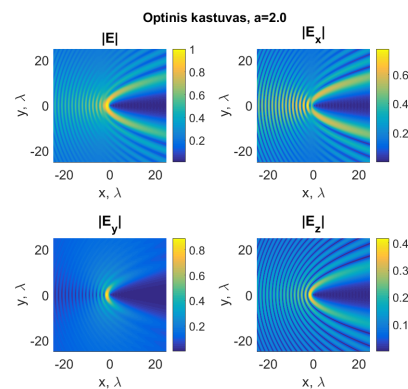
Optinio kastuvo elektrinio (arba magnetinio) lauko poliarizacijos valdymas yra sekantis žingsnis konstruojant parabolinio skerspjūvio linijinį židinį, kuris būtų pritaikomas ten, kur yra svarbi elektromagnetinio lauko orientacija. Tai ypač svarbu, kai pluoštas yra fokusuojamas didelės skaitinės apertūros lęšiu - skaliariniai sprendiniai pradeda nebegalioti ir turime įvesti vektorinius sprendinius. Vektoriniai sprendiniai iš skaliarinių yra suskaičiuojami remiantis klasikine technika (žr. (1) formules), aprašyta [3].

$$\mathbf{M} = \nabla \times (\mathbf{a}\varphi) \quad \mathbf{N} = \frac{1}{k} \nabla \times \mathbf{M}, \quad (1)$$

čia \mathbf{a} – vienetinis Dekarto vektorius (arba tiesinė jų kombinacija), k – bangos skaičius, φ – skaliarinis parabolinis pluoštas [2]. \mathbf{M} yra statmena vienetiniam vektoriui \mathbf{a} magnetinė moda, o \mathbf{N} – elektrinė moda. Elektromagnetiniai

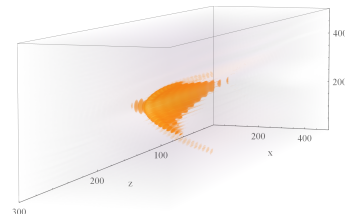
laukai aprašyti \mathbf{M} ir \mathbf{N} funkcijomis yra tarpusavyje statmeni, todėl juos čia naudojame kaip bazę linijinio židinio inžinerijoje.

Norint valdyti išilginį pluošto pasiskirstymo profilį (1 pav.) ir dalinai kontroliuoti skersinio lauko pasiskirstymą – išlenkimą (2 pav.) buvo panaudota parabolinio cilindro pluoštų monochromatinė superpozicija. Pasirinkus lygtyje (1) $\mathbf{a} = \hat{z}$, elektrinis laukas aprašomas \mathbf{N} yra radialinės poliarizacijos.



2 pav. Optinio kastuvo skersinis elektrinio lauko pjūvis ir elektrinių laukų komponentės skersinėje plokštumoje x-y.

Modeliavimo rezultatai parodė, jog galima lanksčiai parinkti išilginį pasiskirstymo profilį ir keisti skersinio pasiskirstymo išlinkimo profilį. 3D pluoštas, turintis parabolinį skerspjūvį, pavaizduotas 3 pav.



3 pav. Optinio kastuvo izopaviršiai ties puse intensyvumo.

Reikšminiai žodžiai: paraboliniai pluoštai, vektoriniai sprendiniai, optinis kastuvai

Literatūra

- [1] M. Zhu, Q. Cao, H. Gao, *Creation of a 50,000 λ long needle-like field with 0.36 λ width*, JOSA A **31**(3), 500–504 (2014).
- [2] Miguel A. Bandres, Julio C. Gutiérrez-Vega, and S. Chávez-Cerda *Parabolic nondiffracting optical wavefields*, Opt. Lett., **29**(1), 44–46, (2004).
- [3] J. Stratton, *Electromagnetic Theory*, An IEEE Press classic reissue (Wiley, 2007).