

Vektoriniai Beselio pluoštai, pasižymintys sferinės simetrijos poliarizacijos savybėmis

Vector Bessel beams, having polarization with spherical symmetry

Ada Gajauskaitė, Sergej Orlov

Fizinių ir technologijos mokslų centras, Fotoninių technologijų industrinė laboratorija, Saulėtekio al. 3, 10257 Vilnius
ada.gajauskaite@ftmc.lt

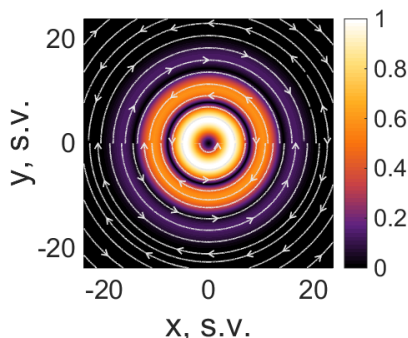
Beselio pluoštas ypatingas tuo, kad pluošto skersiniai matmenys sklaidimo metu nekinta, todėl jis dar vadinamas nedifraguojančiu pluoštu [1]. Vektorinė lazerio pluoštų prigimtis tampa aktuali tuomet, kai plokščios bangos, sudarančios pluošto erdvinį spektrą, sklinda dideliais kampais. Vektoriniai pluoštai gali turėti santykinai didelę išilginę elektrinio lauko komponentę [2-4].

Šiame darbe nagrinėjami vektoriniai Beselio ir Beselio-Gauso pluoštai, kurie pasižymi sferinės simetrijos poliarizacinėmis savybėmis. Analitiškai vektoriniai pluoštai aprašyti taikant klasikinį metodą [5]. Skaičiavimuose apibrėžiamos dvi ortogonalios vektorinių Beselio pluoštų šeimos:

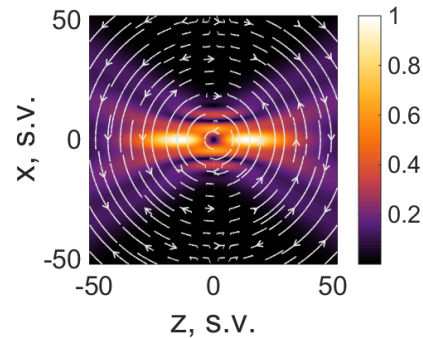
$$\mathbf{M} = \nabla \times \mathbf{R}\psi, \quad \mathbf{N} = 1/k \nabla \times \mathbf{M},$$

kur ψ – skaliarinio Beselio (arba Beselio-Gauso) pluošto kompleksinė amplitudė, $\mathbf{R} = (x, y, z)$ – vektorius sferinėje koordinačių sistemoje, $k = 2\pi/\lambda$ – bangos skaičius, o λ – šviesos bangos ilgis. Beselio pluoštas, turintis fazinio fronto dislokaciją, vadinamas optiniu sūkuriu. Optinį sūkurį charakterizuojantis parametras – topologinis krūvis m , kuris nusako fazinio fronto sukimosi kryptį ir didumą. Pagal apibrėžimą, \mathbf{M} vektorinis laukas yra ortogonalus vektoriui \mathbf{R} ir yra proporcingas elektriniam laukui TE modeje, o \mathbf{N} laukas yra statmenas tiek \mathbf{M} laukui, tiek \mathbf{R} vektoriui ir nusako elektrinį lauką TM modeje [5].

Mūsų nagrinėjamu atveju gauname, kad vektorinio lauko elektrinio lauko skirstinys TE modeje, kai $m = 1$ turi sferinės simetrijos poliarizaciją, kaip parodyta 1 pav. ir 2 pav. Kaip matyti, tiek skersinėje (xy) plokštumoje, tiek išilginėje (xz) plokštumoje elektrinio lauko kryptis nukreipta išilgai azimutinio orto.



1 pav. Elektrinio lauko ($\mathbf{E} = \mathbf{M}$) skersinis skirstinys ($z = 0$), kai $m = 1$. Rodyklės rodo lauko kryptį.



2 pav. Elektrinio lauko ($\mathbf{E} = \mathbf{M}$) išilginis skirstinys ($y = 0$), kai $m = 1$. Rodyklės rodo lauko kryptį.

Tokią poliarizacijos būseną būtų galima vadinti sferine-azimutine-meridionaline. Šis pluoštas turi centrinę intensyvumo minimumo sritį, kuri yra apribota didesnio intensyvumo barjeru iš visų pusių. Keičiant Beselio pluošto kūgio kampą arba Gauso apertūros plotį, galima valdyti gaunamos intensyvumo minimumo srities matmenis. Tinkamai parinkus parametrus gali būti suformuota „optinė adata“, kuri centre atskirta į dvi dalis. Vektorinis pluošto erdvinis spektras apskaičiuojamas taip:

$$\mathbf{F}_M = i(\mathbf{k} \times \mathbf{R})S,$$

kur S – Beselio pluošto spektras, \mathbf{k} – bangos vektorius. Dėl suformuoto intensyvumo skirstinio šis pluoštas panašus į „optinę spurgą“, todėl galėtų būti potencialiai naudojamas dalelių valdymui, mikroapdirbimui ir židinio inžinerijoje.

Reikšminiai žodžiai: Beselio pluoštai, poliarizacija, difrakcija

Literatūra

- [1] D. McGloin and K. Dholakia, *Contemp. Phys.* **46**, 15-28 (2005).
- [2] R. Dorn, S. Quabis, R. Dorn, M. Eberler, O. Glöckl and G. Leuchs, *Opt. Comm.* **179**, 1-7 (2000).
- [3] Y. Wang, W. Dou, H. Meng, *Opt. Express* **22**, 7821-7830 (2014).
- [4] Z. Bouchal, M. Olivk, *J. Mod. Opt.* **42**, 1555-1566 (1995).
- [5] P. M. Morse and H. Feshbach, *Methods of theoretical physics*, (McGraw-Hill, New York, 1953).