

OPTINIŲ AIRY PLUOŠTŲ ERDVINIO VALDYMO METODAI PASITELKUS FAZINIUS ELEMENTUS

Karolis Mundrys, Sergejus Orlovas, Klemensas Laurinavičius

Fizinių ir technologijos mokslų centras, Fundamentinių tyrimų skyrius
Saulėtekio al. 3, LT-10257 Vilnius. Pranešėjo el. p.: karolis.mundrys@ftmc.lt

Lazerinis skaidrių terpių mikroapdirbimas yra strategiškai svarbus aukštų technologijų srityje. Šio proceso metu vis dažniau reikalaujami netradiciniai lazeriniai pluoštai, kadangi be impulsinių pluoštų trukmių tampa svarbi ir pluošto struktūra židinio arba linijinio židinio aplinkoje. Vienas iš tokių netradicinių lazerinių pluoštų yra Airy pluoštas. Pagrindinis Airy pluošto privalumas yra tai, kad jo skirstinio padėtį galima valdyti tiek ant sklaidimo ašies (tiesinė inžinerija), tiek pluošto skerspjūvio plokštumoje (pluoštų forma). Ši savybė leidžia sugeneruoti Airy pluoštą, turintį tam tikrus pageidaujamus specifinius parametrus.

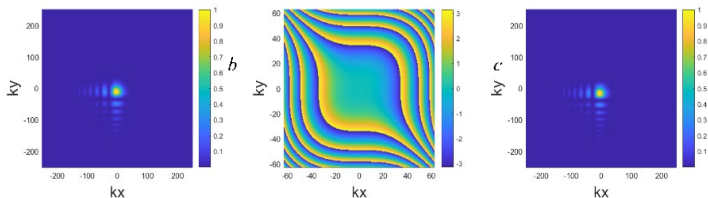
Dar 1979 m. buvo pastebėta, jog laisvą dalelę aprašančios Šriodingerio lygties sprendinys gali turėti bangų paketą, kuris matematiškai apibrėžiamas pasinaudojus Airy funkcija [1]. Toks sprendinys yra aprašomas šia sąlyga:

$$\varphi(s, \xi) = Ai\left(s - \frac{\xi^2}{4} + ia\xi\right) e^{as - \frac{a\xi^2}{2} + i\left(\frac{a^2\xi}{2} - \frac{\xi^3}{12} + \frac{s\xi}{2}\right)}, \quad (1)$$

čia $\varphi(s, \xi)$ yra elektrinio lauko paketo pasiskirstymą nusakanti funkcija, $s = x/x_0$ - bedimensinė skersinė koordinatė, $\xi = z/kx_0^2$ - bedimensinė koordinatė sklaidimo kryptimi, a - slopinimą nusakanti konstanta, Ai žymi Airy funkciją. Furjė transformavus šį bangų paketą gaunama tokia išraiška [2]:

$$\tilde{\varphi}(k_x, k_y) = A_0 e^{-a(k_x^2 + k_y^2)} \exp\left(i \frac{k_x^3 + k_y^3}{3}\right), \quad (2)$$

čia A_0 yra normavimo konstanta. Taigi norint gauti Airy pluoštą reikia Gauso pluoštą moduluoti kubine faze bei atlikti Furjė transformaciją. Rezultatai pateikti žr. 1 pav.

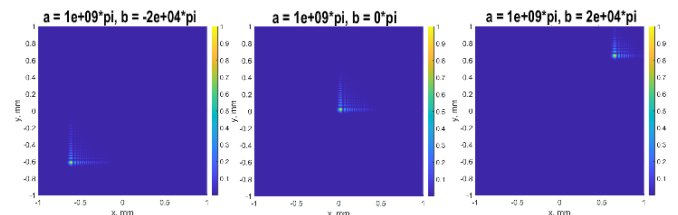


1 pav. Analitiškai apskaičiuoto Airy pluošto elektrinio lauko skirstinys (a). Kubinės fazės kaukė (b). Su kubine fazės kauke skaitmeniškai sugeneruoto Airy pluošto elektrinio lauko skirstinys (c).

Prie kubinės fazinės kaukės pridėjus tiesinį narį, Airy pluoštą galima valdyti skersinėje plokštumoje. Dabar fazinės kaukės išraiška aprašoma taip:

$$T = e^{-i[a(x^3+y^3)+b(x+y)]}, \quad (3)$$

čia a - konstanta nusakanti kubinės fazės periodą, b - konstanta nusakanti tiesinės fazės statumą. Airy pluoštą galima valdyti keičiant b vertę, žr. 2 pav.

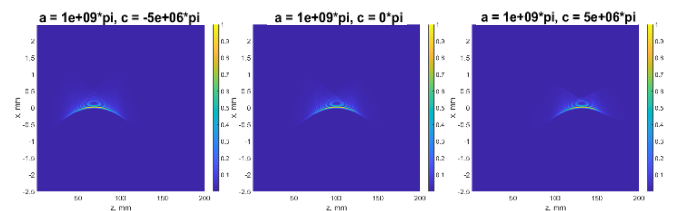


2 pav. $b(x+y)$ nario įtaka Airy pluoštui. Rezultatai pavaizduoti XY plokštumoje. Naudoti parametrai: $a = 400\pi$, $b = -100\pi$; $a = 400\pi$, $b = 0$; $a = 400\pi$, $b = 100\pi$.

Airy pluoštą taip pat galima valdyti ir sklaidimo krypties atžvilgiu, prie kurių fazinės kaukės pridėjus parabolinį narį. Fazinės kaukės išraiška aprašoma taip:

$$T = e^{-i[a(x^3+y^3)+c(x^2+y^2)]}, \quad (4)$$

čia c - konstanta nusakanti fazės vėlinimo statumą. Airy pluoštą galima valdyti keičiant koeficiento c vertę, žr. 3 pav.



3 pav. $c(x^2+y^2)$ nario įtaka Airy pluoštui. Rezultatai pateikti XZ plokštumoje. Naudoti parametrai: $a = 400\pi$, $c = -200\pi$; $a = 400\pi$, $c = 0$; $a = 400\pi$, $c = 200\pi$.

Tokiais metodais galima generuoti nedifraguojantį Airy pluoštą tam tikroje specifinėje erdvėje pagal poreikius. Nedifraguojantys bei erdvėje valdomi Airy pluoštai gali būti pritaikomi įvairiose srityse kaip medžiagų apdirbimas bei vaizdinimas.

Literatūra

- [1] Berry, M. V., & Balazs, N. L. Nonspreading wave packets. American Journal of Physics, 47(3), 264-267. (1979)
- [2] Wei, Bing-Yan, et al. Polarization-controllable Airy beams generated via a photoaligned directorvariant liquid crystal mask. Scientific reports, 5:1: 1-8. (2015)