

OPTINIŲ FEMTOSEKUNDINIŲ IMPULSINIŲ AIRY PLUOŠTŲ GENERAVIMAS FAZINIŲ ELEMENTŲ PAGALBA

GENERATION OF OPTICAL FEMTOSECOND PULSED AIRY BEAMS WITH THE HELP OF PHASE ELEMENTS

Karolis Mundrys¹, Sergejus Orlovas¹

¹Fizinių ir technologijos mokslų centras, Saulėtekio al. 3, 10257, Vilnius
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.

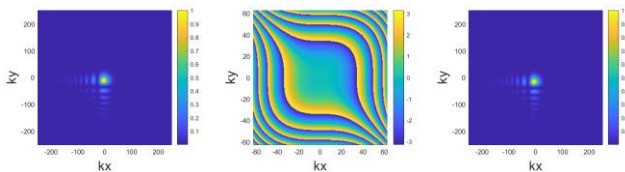
Dar 1979 m. buvo pastebėta, jog laisvą dalelę aprašančios Šriodingerio lygties sprendinys gali turėti bangų paketą, kuris matematiškai apibrėžiamas pasinaudojus Airy funkcija [1]. Toks sprendinys yra aprašomas šraiška:

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

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 tereikia Gauso pluoštą moduluoti kubine faze bei atlikti Furjė transformaciją. Rezultatai pateikti žr. 1 pav.



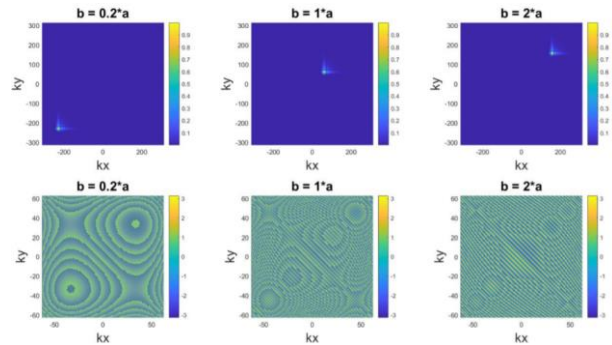
1 pav. Analitiškai apskaičiuoto Airy pluošto elektrinio lauko skirstinys (a). Kubinės fazės kaukė (b). Su kubine fazės kauke skaitmeniškai sugeneruoto Airy pluošto elektrinio lauko skirstinys (c).

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

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

čia a – konstanta nusakanti kubinės fazės periodą, b – konstanta nusakanti tiesinės fazės statumą. Airy pluoštą

galima valdyti keičiant b vertę, žr. 2 pav.

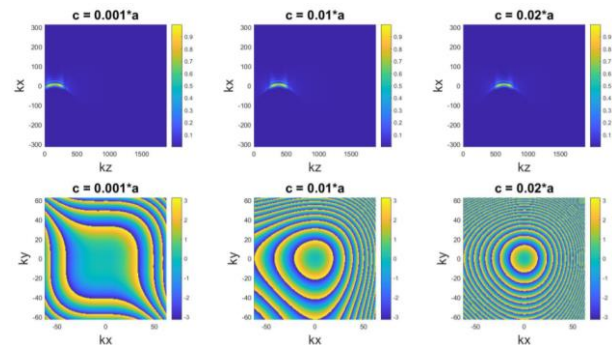


2 pav. $b(x+y)$ nario įtaka Airy pluoštui (viršuje). Atitinkamai naudota tolydi fazinė kaukė (apačioje).

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

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

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 XZ plokštumoje (viršuje). Atitinkamai naudota kaukė (apačioje).

Reikšminiai žodžiai: difrakcinis elementas, Airy pluoštas, nedifraguojantis pluoštas.

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)