

Filamentacijos slopinimas netiesinėje Kero terpėje fotoniniais kristalais

Suppression of filamentation in Kerr media by photonic crystals

Edvinas Aleksandravičius¹, Darius Gailevičius¹, Audrius Dubietis¹, Kęstutis Staliūnas^{1,2,3}

¹Vilniaus universitetas, Fizikos fakultetas, Lazerinių tyrimų centras, Saulėtekio al. 10, LT-10223 Kaunas

²ICREA, Passeig Lluís Companys 23, 08010, Barcelona, Spain

³UPC, Dep. de Física, Rambla Sant Nebridi 22, 08222, Terrassa (Barcelona) Spain

edvinas.aleksandravicius@ff.vu.lt

Netiesinis intensyvių ultratrumpų lazerio impulsų sklaidimas skaidriose terpėse sukuria unikalų ir įspūdingą reiškinį, vadinamą femtosekundine filamentacija. Filamentas atsiranda dėl sudėtingos tiesinių ir netiesinių efektų sąveikos. Tai veda prie ultratrumpų lazerio impulso transformacijos į filamentą, turintį plačiajuostį spektrą, vadinamą superkontinuumu. Filamentas gali turėti ribotą energijos ir galios kiekį, kuris yra kritinės savifokusavimo galios eilės. Plačios juostos kietojo kūno dielektrinėse medžiagose artimojoje IR srityje P_{cr} yra kelių MW eilės [1]. Tačiau daugeliui taikymų reikalingas didelis spektrinės energijos tankis ir didelė impulsinė galia, kuri gerokai viršija tipines vertes, pasiekiamas viename filamente. Galimas sprendimas yra naudoti fotoninius kristalus pluošto filamentacijos slopinimui.

Gerai žinoma, kad fotoniniai kristalai gali paveikti pluošto difrakciją ir sklaidimą [2]. Savikolimacijos efektas yra plačiai ištirtas fotoninio kristalo poveikio pluošto difrakcijai pavyzdys. Šį efektą sukelia erdvinės dispersijos kreivių suplokštėjimas, kurį galima gauti kai kurioms fotoninių kristalų geometrijoms. Nors tai nėra ypač naudinga, kai kalbama apie filamentacijos slopinimą, norint gauti kitus erdvinės sklaidos režimus, galima naudoti kitokias geometrijas. Pavyzdžiui, sumažintas arba padidėjęs kreivumas atitinka susilpnėjusią arba sustiprintą difrakciją. Kita galimybė yra gauti erdvinę dispersiją su neigiamu kreivumu, atitinkančia antidifrakciją. Atsižvelgdami į tai, galime daryti išvadą, kad galima sukurti tokios geometrijos fotoninį kristalą, dėl kurio susidaro erdvinis dispersijos režimas, galintis kompensuoti netiesinį pluošto fokusavimąsi, taip slopindamas filamento susidarymą.

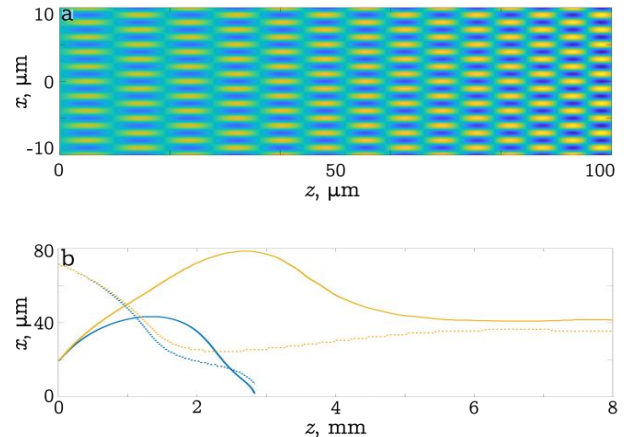
Skaitmeninis modeliavimas buvo atliktas naudojant pluošto propagavimo metodą, kuris aproksimuoja lėtai kintančio pluošto gaubtinę. Lūžio rodiklio moduliacijos profilis parenkamas harmoninis tiek skersinėje X , tiek išilginėje Z kryptimis, kaip parodyta 1a paveiksle. Periodiškumas abiem kryptimis buvo keičiamas, siekiant nustatyti optimalią geometriją, o išilginis periodas buvo susietas su skersiniu periodu per Talboto ilgį:

$$d_z = \frac{d_{\text{Talbot}}}{Q} \cong \frac{2d_x^2}{\lambda Q}$$

Bendru atveju fotoniniam kristalui su pastoviu periodu ir visoms geometrinės konstantos Q reikšmėms, kurios yra artimos 1, yra kelios dispersijos kreivės, atitinkančios skirtingas Blocho režimo šakas. Tai dažnai yra nepageidautina, nes tai apsunkina pluošto difrakcijos

valdymą, tačiau šią problemą galima išspręsti įvedant adiabatinių čirpą į išilginį fotoninio kristalo periodą, kaip parodyta 1a paveiksle. Tai darome pradėdami nuo išilginio periodo, atitinkančio geometrinę konstantą Q , pakankamai toli nuo 1, ir lėtai artėdami prie norimo Q .

Pluoštų, simuliuotų šiuo metodu, diametro evoliucija pavaizduota 1b paveiksle. Matome, kad homogeniniu atveju (mėlynos linijos) pluošto skersmuo pirmiausia didėja, bet galiausiai pluoštas pradeda konverguoti ir kolapsuoja ties $z = 2,84$ mm. Naudojant tuos pačius pluošto parametrus, bet šį kartą fotoniniame kristale (geltonos linijos) matome, kad pluošto skersmuo iš pradžių vėl didėja, tačiau šį kartą spindulys nekolapsuoja, vietoj to spindulys tik truputį konverguoja ir pluošto skersmuo asimptotiškai artėja prie kažkokios vertės kuriai difrakcija ir netiesinis fokusavimas yra subalansuoti. Pradinis pluoštų divergavimas vyksta todėl, kad naudojamas pradinis pluoštas yra elipsinis.



1 pav. a – lūžio rodiklio moduliacijos pavyzdys, b – pluoštų diametrai išmatuoti ties e^{-2} .

Rezultatai rodo, kad naudojant fotoninį kristalą, kurio geometrija atitinka Q reikšmę artimą 1, galima pasiekti filamentacijos slopinimą. Be to, naudojant teigiamą ir neigiamą čirpavimą, galima pasiekti tiek sustiprintą difrakciją ($Q > 1$), tiek antidifrakciją ($Q < 1$).

Reikšminiai žodžiai: fotoniniai kristalai, erdvinė dispersija, filamentacija, superkontinuumas.

Literatūra

- [1] A. Dubietis, G. Tamošauskas, R. Šuminas, V. Jukna, A. Couairon, Lith. J. Phys. **57**, 113-157 (2017).
- [2] H. S. Eisenberg, Y. Silberberg, R. Morandotti, J. S. Aitchison, Phys. Rev. Lett. **85**, 1863-1866 (2000).