

PLOKŠČIOS SPECIALIOS THZ OPTIKOS ELEMENTŲ GAMYBOS FEMTOSEKUNDINIAIS LAZERINIAIS IMPULSAIS TYRIMAS

INVESTIGATION OF SPECIAL FLAT THZ OPTICAL ELEMENT MANUFACTURE BY FEMTOSECOND LASER PULSES

Paulius Kizevičius¹, Ernestas Nacius¹, Sergejus Orlovas¹, Vytautas Jukna^{1,2}

¹Fizinių ir technologijos mokslų centras, Savanorių pr. 231, 02300 Vilnius

²Lazerinių tyrimų centras, Vilniaus universitetas, Fizikos fakultetas, Saulėtekio al. 10, LT-10223 Vilnius
paulius.kizevicius@ftmc.lt

Plokšti lazerinio pluošto formavimui skirti optiniai elementai įgauna vis didesnį populiarumą. Šie elementai, skirtingai negu tradiciniai, tokie kaip sferiniai lęšiai, yra plonesni, lengvesni, kompaktiškesni, o gamybos lankstumas leidžia kurti ypač didelės skaitinės apertūros lęšius neturinčius aberacijų. Tokie difrakciniai elementai pagerina objektų vaizdinimo raišką ir leidžia lanksčiai kontroliuoti elektromagnetinių bangų pluošto židinio struktūrą. THz diapazono elektromagnetinė spinduliuotė gali būti pritaikoma aptikti įvairias medžiagas dėl jų išskirtinių absorpcijos spektrų būtent šiame diapazone, tačiau iki šiol yra sudėtinga kontroliuoti pluoštus dėl optinių elementų stygiaus. Yra tikimasi, kad galima sėkmingai pritaikyti plokščiosios THz optikos elementus atlikti objektų vaizdinimą, o pasitelkiant Beselio pluoštą pasiekti ir super raišką [1]. Panašų rezultatą galima gauti ir su Airy pluoštais, kurie optinio diapazono mikroskopijoje storų biologinių mėginių vaizdavime pasiekia didelę raišką [2]. Abu šie idealizuoti pluoštai vadinami nedifraguojančiais, nes jų intensyvumas nepriklauso nuo atstumo z . Šio projekto tikslas yra išnagrinėti plokščiosios specialios THz optikos elementų gamybos femtosekundiniais lazeriniais impulsais ypatumus, pagrindinį dėmesį sutelkiant į aberacijas atsirandančias elementuose dėl gamybos ypatumų.

Silicio medžiaga yra skaidri THz spinduliuotei ir turi didelį lūžio rodiklį todėl įmanoma iš šios medžiagos pagaminti optinius elementus. Silicio draustinės juostos tarpas yra apie 1,14eV, todėl naudojant Light Conversion Pharos lazerio spinduliuotę 1030nm, kas atitiktų 1,2eV, galime efektyviai abliuoti šią medžiagą. Siekiant išsiaiškinti tokio gamybos proceso pagamintų elementų kokybę buvo pagaminti 8 ir 4 lygių difrakciniai aksikonai THz spinduliuotei. Pluoštui suteikiamo fazės vėlinimo $\phi(\rho)$ priklausomybė nuo išobliuoto gylio $h(\rho)$ yra:

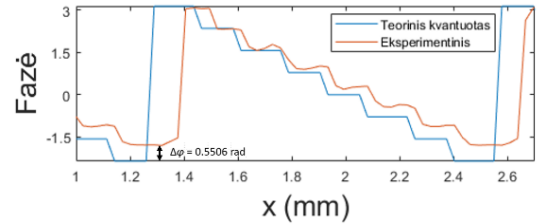
$$\phi(\rho) = h(\rho)[(n_1 - n_0)k], \quad (1)$$

čia k yra laisvosios erdvės bangos skaičius, n_0 ir n_1 yra atitinkamai oro ir silicio lūžio rodikliai. Laiptuotas arba kelių lygių aksikono profilis kvantuojamas į vienodo aukščio pakopas Δ . Kvantizuotą aukštį nurodo

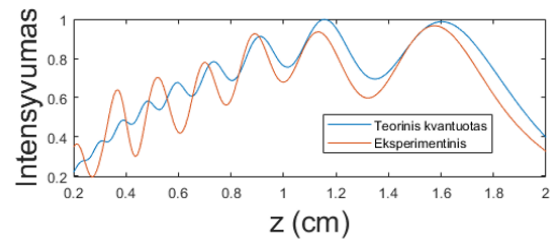
$$h_q(\rho) = \text{int}[h(\rho)/\Delta]\Delta, \quad (2)$$

čia $\Delta = 2\pi/Nq$, kur Nq yra laiptelių skaičius.

Pasitelkiant aprašytą algoritmą buvo lyginami sumodeliuoti teoriniai ir eksperimentiškai pagaminti aksikonų profiliai, žr. 1 (a) pav.



(a)



(b)

1 pav. (a) 8 lygių priartintas, vieno fazės periodo išilginis teorinio ir eksperimentinio aksikono pjūvis, bei generuojamo pluošto išilginiai intensyvumo pjūviai.

Pastebimi pagaminto elemento nuokrypiai nuo teorinio dėl gamybos ypatumų, tokių kaip pluošto diametras, apsilydimas, medžiagos išmetimas ir k.t. Nustatant šių nuokrypių įtaką kuriamam pluoštui, buvo sukurtas pluošto sklaidimo skaitmeninio modeliavimo įrankis. Per aksikonus perleidžiamas Gauso pluoštas ir stebimi susidariusio Beselio pluošto skersinis ir išilginis intensyvumai. Ašinis generuojamo pluošto intensyvumas pateiktas 1(b)pav. Jame matome, kad eksperimentinis intensyvumo skirstinys yra palyginamas su teoriniu ir tikimasi tik šiek tiek didesnių intensyvumo moduliacijų, kurias galime sumažinti sumažinant pluošto diametrą arba padidinant elemento apertūrą. Šie skaitmeninio modeliavimo intensyvumo skirstiniai bus palyginti su realiais eksperimentiniais rezultatais tolimesniame tyrime.

Reikšminiai žodžiai: difrakcinis elementas, nedifraguojantis pluoštas, terahercai.

Literatūra

- [1] L. Minkevičius, D. Jokubauskis, I. Kašalynas, S. Orlov, A. Urbas, G. Valušis, Bessel terahertz imaging with enhanced contrast realized by silicon multi-phase diffractive optics, Optics express 27(25), (2019).
- [2] T. Vetterburg, H. I. Dalgarno, J. Nytk, C. Coll-Lladó, D. E. Ferrier, T. Čížm'ar, F. J. Gunn-Moore, K. Dholakia, Light-sheet microscopy using an airy beam, Nature methods 11(5), (2014).