

THz pluošto formavimas, taikant metamedžiagomis praturtintus plokščius lęšius.

THz beam engineering using metamaterial enhanced flat lenses

Karolis Redeckas¹, Rusnė Ivaškevičiūtė-Povilauskienė^{1,2}, Vladislavas Čižas¹, Ernestas Nacius¹, Ignas Grigelionis¹, Matas Bernatonis¹, Sergejus Orlovas¹, Gintaras Valušis¹, Linas Minkavičius¹

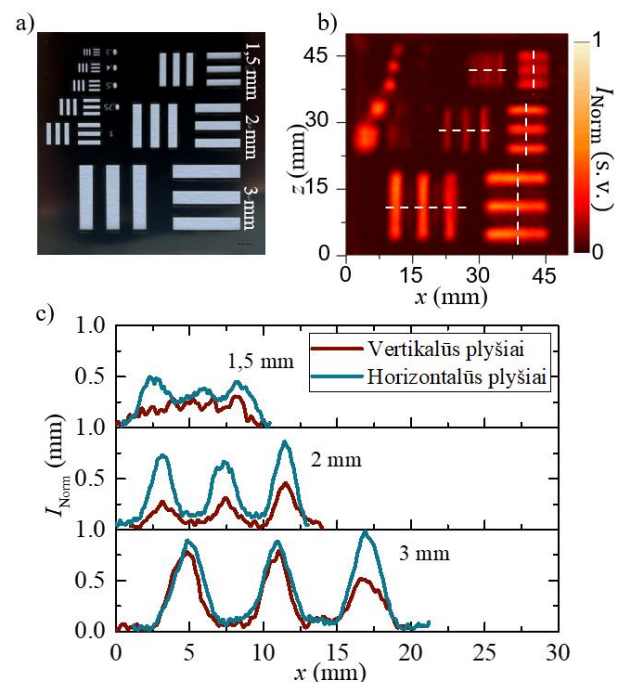
¹Fizinių ir technologijos mokslų centras, Optoelektronikos skyrius, Saulėtelio al. 3, LT-10257 Vilnius
karolis.redeckas@ftmc.lt

Terahercinę (THz) spinduliuotę sudaro nedestruktyvių elektromagnetinių bangų ruožas (0,1 THz- 10 THz) [1], kuriame dalis dielektrinių medžiagų, tokių kaip popierius, guma ar tekstilės, yra optiškai pralaidūs. Ši savybė suteikia patrauklumo THz spinduliuotei, kadangi pastaroji gali būti pritaikyta įvairių medžiagų inspekcijoms, apsaugos sistemoms, maisto kokybės kontrolei ar net bioaudinių tyrimams [2]. Tačiau maža šaltinių galia ir žemas detektorių patikimumas kartu su dideliais reikalingų optinių komponentų matmenimis bei kaina yra svarūs iššūkiai, pristabdantys platų THz vaizdinimo technologijų įdiegimą [3]. Mažų matmenų bei masės plokščiosios optikos (Frenelio lęšiai) taikymas yra vienas iš sprendimų kuriant kompaktines THz vaizdinimo sistemas. Taikant metapaviršių technologiją atveriamos papildomos spinduliuotės manipuliavimo galimybės, kurias įdiegus galima pagerinti THz vaizdinimo sistemos funkcionalumą, bei fiksuojamų vaizdų kokybę.

Šiame darbe pristatomas metapaviršius, išpjautas ant plonos nerūdijančio plieno folijos. Pastaroji struktūra, sudaryta iš invertuotų padalinto žiedo rezonatorių (CSRR) ne tik fokusuoja spinduliuotę, bet ir valdo jos poliarizaciją. Tokiu būdu šis optinis elementas leidžia atlikti poliarizacijai jautrų objektų vaizdinimą.

Fokusuojančio metapaviršiaus dizainas buvo kuriamas kombinuojant Frenelio zoninės plokštelės ir CSRR veikimus. Pastarieji metaatomai, pagal skirtingą fazės vėlinimą geometriškai adaptuoti, periodiškai kartojami keturiuose skirtinguose Frenelio zonose. 100 GHz spinduliuotei buvo sukurti keturi skirtingus židinio nuotolius (10mm; 20mm; 30mm; 40mm) turintys metapaviršiai. Šių optinių elementų veikimas buvo įvertintas tiek atliekant skaitinius modeliavimus, paremtus 3D FDTD metodu, tiek eksperimentiškai, pasitelkiant 100 GHz šaltinį- InP Gunn diodo osciliatorių bei peteliškės tipo diodą [4] detekcijai. Pradžioje buvo tiriamos metapaviršių fokusavimo bei poliarizacijos valdymo galimybės. Realizuotas poliarizacijos manipuliavimas, sukant metapaviršiumi praturtintą lęšį aplink jo optinę ašį, leidžia patogiai įgyvendinti objektų vaizdinimą skirtinguose poliarizacijose. Šiai užduočiai panaudotas rezoliucijos įvertinimui skirtas metalinis taikynys, sudarytas iš skirtingo dydžio horizontaliai ir vertikalčiai nukreiptų išpjovų grupių (1 pav. a). Ant pastarojo metapaviršiumi buvo fokusuojama modifikuojamos poliarizacijos spinduliuotė, kurią pralaidume detektuojant užrašytas jo THz vaizdas (1 pav. b). Pagal šiuos rezultatus matoma, jog vaizdinimo

sistemoje panaudojus metapaviršių, pavyksta išskirti mažesnius objektus, nei bangos ilgis. Be to pasiekama rezoliucijai priklauso nuo šaltinio, detektoriaus poliarizacijų, metapaviršiaus orientacijos, bei nuo taikinio struktūros orientacijos (1 pav. c).



1 pav. THz vaizdinimo rezultatai, naudojant metalęšį. Rezoliucijos įvertinimui skirtas taikynys a), bei jo THz vaizdas b). Brūkšnine linija pažymėtose vietose atliktų pjūvių rezultatai c).

Padėka

Finansavimą skyrė Lietuvos mokslo taryba (LMTLT), sutarties Nr. [S-MIP-22-76].

Literatūra

- [1] T. Nagatsuma, Terahertz technologies: present and future, *IEICE Electronics Express*, 2011, 8, 1127–1142.
- [2] D. M. Mittleman, Twenty years of terahertz imaging [Invited], *Optics Express*, 2018, 26, 9417–9431.
- [3] G. Valušis, A. Lisauskas, H. Yuan, W. Knap, and H. G. Roskos, Roadmap of terahertz imaging 2021, *Sensors*, 2021, 21.
- [4] L. Minkevičius, V. Tamošiūnas, M. Kojelis, E. Žąsinas, V. Bukauskas, A. Šatkus, R. Butkute, I. Kašalynas and G. Valušis, Influence of Field Effects on the Performance of InGaAs-Based Terahertz Radiation Detectors., *J Infrared Milli Terahz Waves* 2017, 38, 689–707.