

Nebrangios THz optikos medžiagos: parafino ir polistereno palyginimas

Cost-efficient terahertz optical materials: paraffin and HIPS comparison

Kasparas Stanaitis^{1,2}, Karolis Redekas^{1,2}, Augustė Bielevičiūtė¹, Matas Bernatonis^{1,2} ir Linas Minkevičius¹

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

²Vilniaus universitetas, Fizikos fakultetas, Saulėtekio al. 9, 10222 Vilnius

kasparas.stanaitis@ftmc.lt

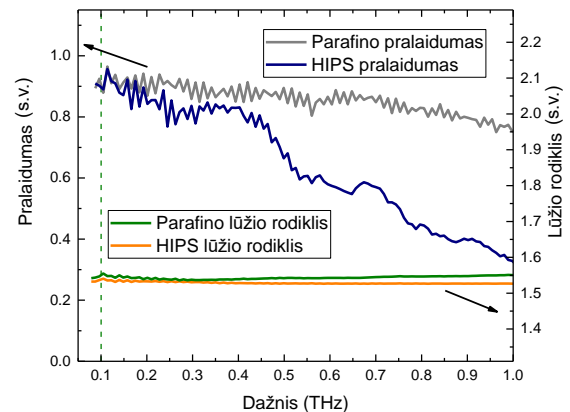
Terahercininė fotonika – perspektyvi ir sparčiai besivystanti optikos sritis, pasižyminti galimybe raiškiai atvaizduoti ir analizuoti objektus. Šiai spinduliuotei būdinga geras skvarbumas dielektrikuose ir maža energija [2], todėl THz ruožo bangos neturi jonizuojančio poveikio, ši savybė praverčia saugumo sistemose - THz spinduliuotė vis labiau naudojama oro uostose kaip alternatyva rentgeno sistemoms, tokiu būdu galima išvengti neigiamo poveikio sveikatai. Nenuostabu, kad THz sistemos susiduria su nemažai iššūkių – ši sritis reikalauja aukštos kainos optinių komponentų [1], šaltinių ar detektorių. Būtent brangių ir sunkiai gaminamų lęšių ar veidrodžių problemą yra siekiamas išspręsti – pastebėta, jog kasdienės medžiagos, tokios kaip parafinas ar aukšto asparumo polisterolis (HIPS) [3], pasižymi optinėmis savybėmis, kurios tinka THz ruožui skirtiems optiniams komponentams gaminti [1].

Šio tyrimo tikslas – palyginti dvi lengvai prieinamas ir namų sąlygomis apdirbamas medžiagas – parafiną bei HIPS, nustatyti šių medžiagų savybes ir iš jų pagaminti įvairių židinio nuotolių ($f = 2, 3$ ir 4 cm) lęšius, juos charakterizuoti. Lęšiai gaminami 3D spausdinimo technologija – parafino komponentams sukuriama formos, kurios užpildoma lydytu parafinu ir jam leidžiama sustingti, o optiniai komponentai iš HIPS paprasčiausiai atspausdinami.

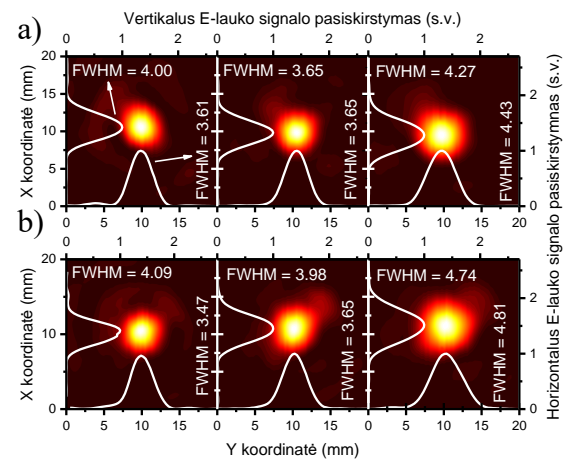
Tyrimo rezultatai lūkesčius atitiko – abiejų tipų lęšiai yra tinkami naudoti THz aplikacijoms. 5 mm storio medžiagų bandiniai buvo išmatuoti laikinės skyros spektroskopijos metodu (angl. Time domain spectroscopy), nustatyta medžiagų pralaidumo ir lūžio rodiklio priklausomybė nuo dažnio. Iš rezultatų [1 pav.] galime matyti, jog abi medžiagos 0,1 THz - 1 THz ruože pasižymi panašiu lūžio rodikliu ir aukštu pralaidumu, bet galime pastebėti, jog parafinas yra pranašesnis aukštesnės dažniams dėl stabilesnio pralaidumo. Pagaminti optiniai komponentai taip pat pasižymi gerais fokusavimo rezultatais – (FWHM svyruoja nuo 3,47 – 4,81 mm) [2 pav.], FWHM – spindulio pjūvio pusplotis, nefokusuotame spindulyje – 28 mm, tai reiškia, jog lęšiai suspaudžia spindulį apie 7 kartus. Sufokusuoti spinduliai iš priekio (xy plokštumoje) yra apskritimo formos, iš šono (xz) – tvarkingi Gauso pluoštai. Pagaminti lęšiai sėkmingai panaudoti terahercinio vaizdinimo sistemoje.

Apibendrinant galima pasakyti, jog tiek parafinas, tiek HIPS yra tinkamos medžiagos pigių optinių elementų gamybai. Iš šių medžiagų žemiems THz dažniams geriau tinka HIPS, nes plastiką lengviau apdirbti – tereikia sukurti 3D modelį ir jį atspausdinti, kuomet parafininius lęšius reikia lieti, taip atsiranda

tikimybė lęšį sugadinti.



1 pav. Parafino ir HIPS pralaidumo ir lūžio rodiklio priklausomybė nuo dažnio



2 pav. HIPS (a) ir Parafino (b) lęšiais fokusuotos spinduliuotės profilio vaizdas. Lęšiai $f=2, 3, 4$ cm iš kairės į dešinę. FWHM matavimo vienetai – mm.

Reikšminiai žodžiai: THz, terahercinis, optika, lęšis, 3D spausdinimas

Literatūra

- [1] A. Siemion et al., Paraffin Diffractive Lens for Subterahertz Range—Simple and Cost Efficient Solution. IEEE Transactions on Terahertz Science and Technology, **11**, 4, 396-401 (2021)
- [2] G. Valušis et al., Roadmap of Terahertz Imaging. Sensors **21**, 4092 (2021)
- [3] C. H. Brodie et al., Comprehensive study of 3D printing materials over the terahertz regime: absorption coefficient and refractive index characterizations. Optical Materials Express, **12**, 9, 3379-3402 (2022)