

# Terahercinis spalvotas struktūrinių defektų vaizdinimas mene ir pramonėje

## Representation of terahertz color spectroscopy in arts and industry

Benas Bužinskas<sup>1</sup>, Rusnė Ivaškevičiūtė-Povilauskienė<sup>1</sup>, Domas Jokubauskis<sup>1</sup> ir Linas Minkevičius<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Fizinių ir technologijos mokslų centras, Optoelektronikos skyrius, Saulėtekio al. 3, LT-10257 Vilnius  
benas.buzinskas@ftmc.lt

Šių dienų technologijų vystymasis vyksta eksponentiškai greitai. Kasdien stebint naujausias technologijas, galime atkreipti dėmesį ir į bandymus vis plačiau panaudoti terahercinių (THz) dažnių ruožą (0,1 THz – 10 THz). Pirmieji terahercinės spektroskopijos vaizdinimai buvo atlikti T.S Hartwick [1] ir jo kolegų dar 1976 m. naudojant molekulinį THz lazerį. Nors THz bangos spektre išskirtos tik daug vėliau nei kitos elektromagnetinės bangos, tačiau šios spinduliuotės taikymas yra labai platus. THz bangos gali būti naudojamos apsaugos sistemoms pagerinti, medicinoje nustatyti odos ligoms, prietaisams aptinkantiems maisto defektus ir net mene [2]. Šių bangų savybės gali puikiai pasitarnauti ieškant senų paveikslų autorių arba norint aptikti kitus piešinius, esančius po viršutiniu dažų sluoksniu (senovėje drobės buvo labai brangios ir manoma, kad tapytojai vieną drobę panaudodavo daugiau nei vienam piešiniui.).

Panašus bandymas buvo atliktas ir anksčiau, jį atlikusi C.L.Koch-Dandolo su kolega P.U.Jepsen, spektroskopinį vaizdinimą atliko atspindyje bei panaudojo terahercinę laiko skyros spektroskopiją. Šis metodas yra neinvazinis, galintis iš esmės gauti 3-D duomenis [2].

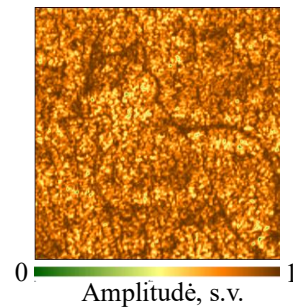


1 pav. Eksperimento metu naudotas bandinys.  
a) Pirmo sluoksnio grafito pieštuku pieštas vilko atvaizdas. b) Antro sluoksnio akrilinais dažais pieštas avies atvaizdas

THz vaizdinimo tyrimams, pirmiausia ant kartono lapo (storis 3,31mm) grafito pieštuku buvo nupieštas vilkas (1 pav. a)), ant jo viršaus akrilinais dažais buvo nutapyta avilė. Išorinis piešinys buvo nutapytas taip, kad akimis būtų neįmanoma įžvelgti pieštuku piešto vilko (1 pav. b)). Pirmieji pralaidumo eksperimentai buvo atlikti su Gunn diodiniu 100 GHz šaltiniu ir microbolometriniu [3] detektoriumi taikant signalo registravimą sinchroninės detekcijos metodu (moduliacija 1053 Hz), vaizdinamo taško dydis siekė dydis 0,5 x 0,5 mm<sup>2</sup>, skanavimo greitis 50 mm/s, parabolinių veidrožių pagalba terahercų spinduliuotę buvo fokusuojama į kiekvieną bandinio tašką atliekant taškinį skanavimą.

Tolimesni eksperimentai buvo atlikti su FIRL100 lazeriu, kurio spinduliuojamas THz dažnis buvo 0,76 THz. Vieno vaizdo užrašymo trukmė priklauso nuo skanavimo greičio, kurį galime keisti, tačiau kuo mažesnis skanavimo greitis tuo matavimai yra tikslesni, tad vienas skanavimas gali užtrukti iki 5 min, kai bandinio dydis 18 cm x 13 cm.

Dėl grafito ir metalų savybės atspindėti THz elektromagnetines bangas, iš gautų rezultatų, galime puikiai matyti pirminį piešinį (2 pav.). Grafitas, sugeria THz bangas ir nepraleidžia jų iki detektoriaus. Pirminis piešinys buvo išryškintas taikant skaitmeninį duomenų apdorojimą. THz vaizdinimo metodai yra tinkami nedestrukcinio metodu identifikuoti skirtingus paveikslų sluoksnius.



2 pav. Paveikslų pirmo sluoksnio vaizdas ties 0,76 THz. Pikselio dydis 0,5 x 0,2 mm<sup>2</sup>, vaizdas sudaro 60040 pikselių.

*Reikšminiai žodžiai: terahercai, vaizdinimas.*

### Literatūra

- [1] T.S. Hartwick, D. T. Hodges, D. H. Barker, F. B. Foote, Appl. Opt. **15**, 1919-1922, (1976).
- [2] C. L. Koch Dandolo, P. U. Jepsen, J. Infrared Millim. Terahertz Waves **37**, 198-208 (2016).
- [3] L. Minkevičius, L. Qi, A. Siemion, D. Jokubauskis, A. Sešek, A. Švigelj, J. Trontelj, D. Seliuta, I. Kašalynas, G. Valušis, Appl. Sci. **10**, 3400, (2020).