

250 GHz detektoriaus apertūros didinimas panaudojant 3x3 masyvą

Enhancement of 250 GHz detector aperture using a 3x3 array

Kęstutis Ikamas^{1,3}, Dmytro B. But², Domantas Vizbaras¹, Cezary Kołaciński², Alvydas Lisauskas¹

¹Taikomosios elektrodinamikos ir telekomunikacijų institutas, Vilniaus Universitetas, LT-10257, Vilnius, Lietuva

²Center for Terahertz Research and Applications, Institute of High Pressure Physics PAS, 01-142 Warsaw, Poland

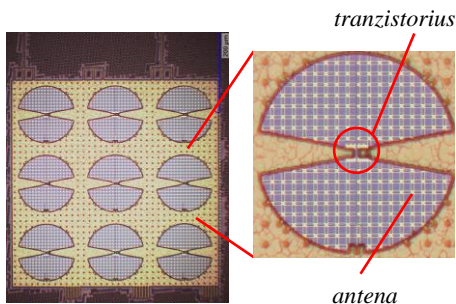
³Generolo Jono Žemaičio Lietuvos karo akademija, Šilo 5A, 10322, Vilnius, Lietuva

kestutis.ikamas@ff.vu.lt

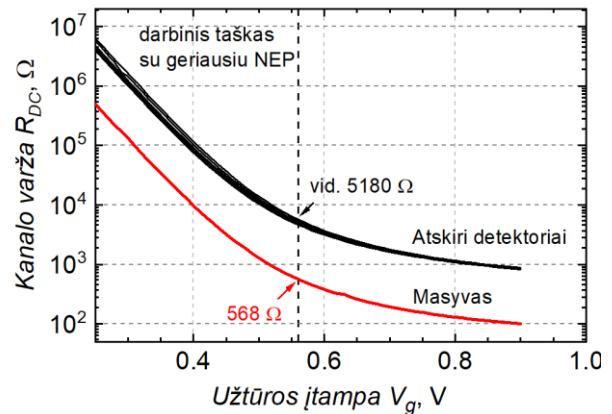
Per paskutiniuosius du dešimtmečius stebimas vis didėjantis terahercų (THz) dažnių ruože veikiančių įtaisų plėtojimo intensyvumas bei jų pritaikymas įvairiose srityse, tokiose kaip vaizdinimas, medicina ar saugumas [1]-[2]. Per šį laikotarpį pasiekta pažanga būtų neįmanoma be naujų kompaktiškų, pigių ir greitų komponentų, kurie leidžia efektyviai valdyti THz spinduliuotę. Komplementari metalo oksido-puslaidininkio (KMOP) technologija įgalina tokių komponentų kūrimą. Vienas didžiausių šios silicio technologijos privalumų – galimybė masiškai gaminti didelius detektorius ir šaltinių masyvus. Jie gali būti naudojami THz vaizdinimo sistemose, pavyzdžiui, didelės spartos realaus laiko kameros [3] arba artimo lauko vaizdavimo sistemose [4]. Šiame darbe pristatomas 3x3 elementų masyvas, kurio pagrindinė sudedamoji dalis – KMOP lauko tranzistorius su paviršine antena.

Devynių detektorių (3x3) masyvas pagamintas naudojant 180 nm silicio KMOP technologinį procesą. Kiekvienas detektorius yra sudarytas iš vieno 180 nm ilgio ir 2 μm pločio lauko tranzistoriaus, prijungto prie viršutiniuose metalo sluoksniuose suformuotos paviršinės plyšio tipo antenos (žr. 1 pav.). Dėl santykinai didelės silicio padėklo dielektrinės skvarbos, ši antena turi geriausią efektyvumą, kai elektromagnetinė spinduliuotė į ją patenka iš padėklo pusės. Detektorių gardelės periodas – 180 μm. Viso masyvo plotas – 540×540 μm². Tiek masyvas, tiek atskiri elementai optimizuoti 250 GHz dažniui [5]. Geresniam THz spinduliuotės surinkimui naudotas 6,8 mm aukščio ir 12 mm skersmens Si hiperhemisferinis lęšis, priglautas prie įtaiso iš padėklo pusės.

Lygiagrečiai sujungus matricos elementų išėjimus, bendra įtaiso varža sumažėja maždaug devynis kartus lyginant su vienu detektoriumi (2 pav.). Dėl to sumažėja įtampos triukšmas ir padidėja moduliacijos dažninės juostos plotis naudojant tą pačią nuskaitymo elektroniką.



1 pav. Detektorių matricos (kairėje) ir atskiro detektoriaus (dešinėje) nuotraukos



2 pav. Detektorių masyvo ir jį sudarančių atskirų elementų kanalo varžos priklausomybė nuo užtūros įtampos. Punktyrine linija pažymėtas darbinis taškas, kuriame įtaisų NEP yra mažiausias

Palyginimui, išmatuota masyvo efektinė triukšmo galia (NEP) siekė $25 \text{ pW}/\sqrt{\text{Hz}}$, tuo tarpu, kai atskiro detektoriaus NEP buvo tik truputį mažesnis – $24 \text{ pW}/\sqrt{\text{Hz}}$, nors jautris buvo ženkliai didesnis (387 V/W – pavienio detektoriaus, 120 V/W – masyvo).

Dėl didelio jautrio ir žemo NEP, pasiūlytą masyvą galima sėkmingai taikyti įvairiose sistemose, jautriose THz pluošto fokusavimui, pavyzdžiui, THz artimojo lauko mikroskopijoje, duomenų ryšio sistemose. Visi masyvo elementai dalyvauja renkant THz spinduliuotę, todėl jis turi didesnę santykinę apertūrą lyginant su pavieniu detektoriumi. Atlikti matavimai, kuriuose buvo keičiamas atstumas tarp įtaiso ir fokusuojančio veidrodžio, rodo, kad matrica yra mažiau jautri atstumui iki židinio taško: atsako pusplotis (angl. FWHM) z -ašies kryptimi 3 mm didesnis. Krintančio į masyvą THz pluošto matavimai, nuskaitant atskirų elementų signalus, parodė, kad net ir nedidelė matrica gali būti naudojama spinduliuotės profilio Si lęšio viduje įvertinimui.

Reikšminiai žodžiai: teraherciai, detektorių masyvas, terahercų detektorius, CMOS

Literatūra

- [1] D. M. Mittleman, Opt. Express, 26, 8, pp. 9417–9431, Apr 2018.
- [2] G. Valušis, et. al. Sensors, 21, 12, p. 4092, Jan 2021.
- [3] J. Zdanevicius, et. al. J. Infrared Millim. Terahertz Waves, 36, 10, pp. 986–997, Oct 2015.
- [4] U. R. Pfeiffer, et. al. IEEE Microwave Magazine, 20, 9, pp. 32–46, 2019.
- [5] K. Ikamas, et. al., in 2022 47th IRMMW-THz. IEEE, Aug 2022.