

Didelio jautrio plačiajuostis terahercinis silicio KMOP technologijos jutiklis

High-sensitivity broadband THz detector based on silicon CMOS

Kęstutis Ikamas^{1,3}, Alvydas Lisauskas^{1,2}, Daniel Voß², Hartmut G. Roskos²

¹Vilniaus universitetas, Fizikos fakultetas, Saulėtekio al. 9, 10222 Vilnius

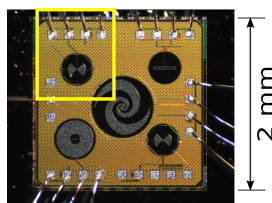
²Physikalisches Institut, Goethe-Universität Frankfurt, Max-von-Laue-Str. 1, D-60438 Frankfurt am Main, Germany

³Generolo Jono Žemaičio Lietuvos karo akademija, Šilo g. 5a., LT-10322 Vilnius

kestutis.ikamas@ff.vu.lt

Lauko tranzistoriai gali būti panaudoti terahercų ruožo spinduliuotės detekcijai. Šio tipo jutikliai - tai galios jutikliai ir jų veikimo principas - terahercinių bangų lyginimas tranzistoriaus kanale. Kai dažniai yra nedideli, tranzistorius dirba klasikiniu varžinio maišymo režimu, tačiau kylant dažniui pradeda veikti kitas, plazminių bangų sklidimu dvimatėje elektronų dujose grįstas maišymo mechanizmas, leidžiantis jutikliui dirbti viršijančiuose kanalo uždarymą dažniuose [1, 2]. Integriniuose grandynuose įdiegti komplementarūs metalo oksido-puslaidininkių (KMOP) tranzistoriai ir su jais suderintos antenos yra vienas iš galimų kambario temperatūros THz jutiklių sprendimų, panaudotų realaus laiko vaizdo kamerų gamybai [2, 3]. KMOP detektorių konstrukcija nuolat gerinama siekiant padidinti jų jautrį ir patikimumą. Šiame darbe pristatomas plačiajuostis jutiklis su peteliškės formos antena, kurio ekvivalentinė triukšmų galia (NEP) ir jautris 500-750 GHz dažnių srityje išlieka vienodame lygyje ir siekia, atitinkamai, 67 pW/√Hz ir 100 V/W, įskaitant visą į prietaisą krintančios spinduliuotės galią.

Terahercinis tranzistorinis jutiklis (TeraFET) buvo sumodeliuotas Vilniaus universitete ir pagamintas Taivano kompanijos "TSMC", naudojant standartinę 90 nm KMOP technologiją. Siekiant pagerinti detektoriaus jautrį, atsižvelgta į tokius tranzistoriaus geometrijos parametrus kaip kanalo ilgis, užtūros ilgis ir plotis, pilnutinių varžų suderinimą tarp antenos ir tranzistoriaus bei gamybos ypatumus. Viename Si kristale įterpti keli skirtingi jutikliai (1 Pav.). Šiame darbe pristatomas tiriamoje dažnių srityje jautriausias prietaisas su peteliškės formos antena. Jutiklis optimizuotas ryšiui su hiperpusrutulio formos Si lęšiu iš padėklo pusės.

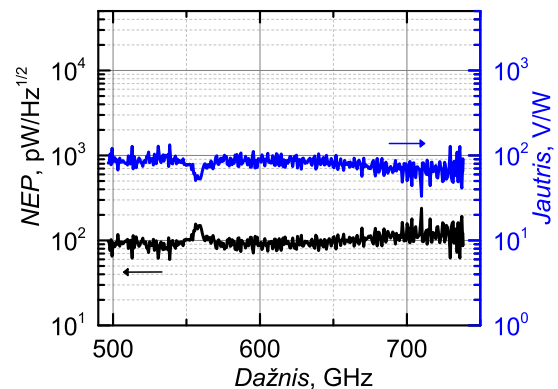


1 pav. Si kristalas su plačiajuosčiu jutikliu su peteliškės formos antena (išskirtas rėmeliu).

TeraFET dažninės ir elektrinės charakteristikos išmatuotos eksperimentiniu stendu, kurį sudarė 500-750 GHz dažnių diapazone derinamas nuolatinės veikos šaltinis "VDI WR1.5" ir du neašiniai ("off-axis") paraboliniai veidrodžiai, skirti spinduliuotę nukreipti į detektorius.

Tranzistoriaus atsakas stiprinamas mažatriukšmiu įtampos stiprintuvu ir matuojamas diniminiu signalo analizatoriumi "SRS SR785". Spinduliuotė moduluojama šaltinyje stačiakampio formos periodiniu signalu.

Didžiausias įtampos signalas ir jautris jutiklyje pasiekiamas ties 0,06 V užtūros įtampa. Ties 610 GHz dažniu tranzistoriaus jautris siekė 200 V/W įskaitant visą į prietaisą krintančią spinduliuotės galią. Atsižvelgus į nuostolius antenoje ir lęšiuose, įvertinti TeraFET rodikliai būtų kelis kartus geresni, tačiau mažiau naudingi iš praktinės pritaikymo pusės. Optimalus detektoriaus darbinis taškas yra ties ~0,45 V užtūros įtampa, kur NEP yra mažiausia - 67 pW/√Hz. Nesutapimas tarp jautrio ir NEP atsiranda dėl netiesinės kanalo varžos priklausomybės nuo užtūros įtampos. Tyrimai parodė, kad jutiklis yra plačiajuostis - jo efektyvumas išlieka tame pačiame lygyje plačiame dažnių diapazone. Detektoriaus NEP neperžengia 100 pW/√Hz ribos beveik visoje tirtų dažnių srityje (žr. 2 Pav.). Gauti TeraFET jautriai yra kelis kartus geresni už komercinius Golėjaus narverlio tipo terahercinius jutiklius.



2 pav. Jutiklio efektinės triukšmo galios ir jautrio priklausomybės nuo terahercinio šaltinio dažnio. Užtūros įtampa - 0,45 V.

Reikšminiai žodžiai: lauko tranzistorius, silicio KMOP, terahercai, NEP, detektorius

Literatūra

- [1] M. Dyakonov, M. Shur, IEEE Transactions on Electron Devices **43**(3), 380 (1996). 10.1109/16.485650
- [2] A. Lisauskas et al., Journal of Applied Physics **105**(11) (2009). 10.1063/1.3140611
- [3] J. Zdanevičius, M. Bauer et al., Journal of Infrared, Millimeter, and Terahertz Waves **36**(10), 986 (2015). 10.1007/s10762-015-0169-1