

Antenomomis susieti AlGaIn\GaIn didelio elektronų judrio tranzistoriai THz dažnio bangoms detektuoti

Antenna-coupled AlGaIn\GaIn high electron mobility transistors for detection of THz frequency waves

Miroslav Saniuk^{1,2}, Maxim Moscotin¹, Justinas Jorudas¹ ir Irmantas Kašalynas¹

¹Terahercinės fotonikos laboratorija, Fizinių ir technologijos mokslų centras (FTMC), Saulėtekio al. 3 LT-10257 Vilnius

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

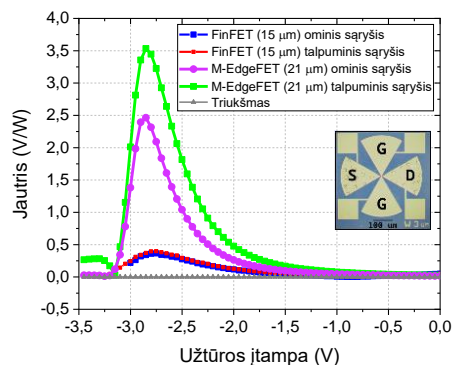
miroslav.saniuk@ftmc.lt

Terahercinio (THz) dažnio elektromagnetinių bangų panaudojimą praktikoje riboja pigių, greitaveikių, kambario temperatūroje veikiančių THz jutiklių stoka. Minėtus reikalavimus gali patenkinti puslaidininkiniai jutikliai, tokie kaip AlGaIn/GaIn didelio elektronų judrio lauko tranzistoriai (HEMT) su integruotomis THz antenomomis, literatūroje kartais pavadinami TeraFET. Šie jutikliai gali veikti plačiame dažnių ruože nerezonansiniu THz detektavimo režimu, kuris riboja jautrį, arba rezonansiniu, kuriame tikimasi didesnio TeraFET jautrio [1,2]. Siekiant realizuoti rezonansinio TeraFET veikimą, reikalinga tiksliai apibrėžta geometrija, kur kanalo ilgis yra apribojamas nanometrinių matmenų [3].

Vienas iš būdų, leidžianti sumažinti geometrinius reikalavimus skirtinguose dažniuose, tai elektrinio lauko pagalba kontroliuoti kanalo plotį ir ilgį [4]. Tai įgyvendinama EdgeFET tipo lauko tranzistoriuje, kuriame greta kanalo simetriškai suformuojami planariniai užtūros elektrodai, kurie kitaip nei FinFET topologijoje, pilnai neperdengia kanalo [4]. Tokia lauko elektrodų topologija leidžia kontroliuoti tranzistoriaus kanalo plotį, pridėdamas įtampą prie užtūros elektrodų. Mūsų grupė pasiūlė EdgeFET jutikliuose santakos ir ištakos elektrodus prijungti prie vienos petiliškės-tipo (BT) antenos, taip realizuoti omini ryšį su kanalu, o du simetriškai kanalo atžvilgių išdėstytus užtūros elektrodus prijungti prie kitos BT antenos, kuri per AlGaIn barjerą (dielektrikas) yra atskirta nuo kanalo (talpuminis sąryšis) [5].

Ištirti trijų dydžių EdgeFET'ai, pagaminti iš AlGaIn\GaIn HEMT struktūrų, užaugintų ant SiC padėklo. Tirtuose bandiniuose kanalo plotis buvo vienodas, 3 μm , tačiau skyrėsi kanalo ilgis, kuris buvo 21 μm , 13,5 μm , arba 9 μm . Papildomai buvo modifikuota užtūros elektrodų topologija, užtūra uždengiant nedidelę kanalo dalį (iki 1 μm) iš abiejų pusių. Modifikuotą dizainą pavadino M-EdgeFET, jų jautrio tyrimo rezultatus palyginome su FinFET tipo jutikliu, kuriame užtūros elektrodas pilnai perdengia 15 μm ilgio ir 5 μm pločio kanalą. Matavimai atlikti naudojant tiesiškai poliarizuotą, 150 GHz dažnio, 14 mW galios pluoštelį, sufokusuotą paraboliniu veidrodžio (OAP) pagalba. Skenuojant bandinį OAP židinio plokštumoje buvo išmatuota jautrio priklausomybė nuo užtūros įtampos. M-EdgeFET darbo režimai (ominis ir talpuminis) buvo ištirti tranzistorių su sumontuotu Si lęšiu orientuojant išilgai poliarizacijos vektoriui.

Nustatyta, kad M-EdgeFET'ų jautris padidėjo nuo 0.3 mV/W iki 11 mV/W, sumažinus kanalo ilgį nuo 21 μm iki 9 μm . Be to, tokie jutikliai pasižymėjo apie 40% didesniu jautriu 150 GHz dažnio spinduliuotei kai pasirinkamas talpuminis THz antenos sujungimas su kanalu (žr. 1 pav.). Pastebėta, kad M-EdgeFET jautris yra apie 8 kartus didesnis už analogiškos geometrijos FinFET jautrį.



1 pav. FinFET (15 μm) ir EdgeFET (21 μm) jautrio priklausomybių nuo užtūros įtampos palyginimas, esant ominiui ir talpuminiui jutiklio darbo režimui (sąryšiu). S – ištaka, D – santaka, G – užtūra.

Reikšminiai žodžiai: THz jutikliai, AlGaIn\GaIn HEMT struktūros, TeraFET, EdgeFET, FinFET.

Dėkojame LMT, kuri finansavo T-HP projektą (01.2.2-LMT-K-718-03-0096)

Literatūra

- [1] M. S. Vitiello *et al.*, "Room-Temperature Terahertz Detectors Based on Semiconductor Nanowire Field-Effect Transistors," *Nano Lett.*, 12(1), pp. 96–101 (2012), doi: 10.1021/nl2030486.
- [2] M. Dyakonov and M. Shur. "Detection, mixing, and frequency multiplication of terahertz radiation by two-dimensional electronic fluid." *IEEE transactions on electron devices* 43(3) pp. 380-387 (1996), DOI: 10.1109/16.485650
- [3] S. Boppel *et al.*, "0.25- μm GaIn TeraFETs Optimized as THz Power Detectors and Intensity-Gradient Sensors," *IEEE Trans. Terahertz Sci. Technol.*, 6(2), pp. 348 – 350 (2016), doi: 10.1109/TTHZ.2016.2520202.
- [4] G. Cywinski *et al.*, "Electrically controlled wire-channel GaIn/AlGaIn transistor for terahertz plasma applications," *Appl. Phys. Lett.*, 112(13), p. 133502 (2018), doi: 10.1063/1.5023391.
- [5] M. Moscotin *et al.*, "THz detection optimization of antenna coupled AlGaIn\GaIn high electron mobility transistors," Proc of 48th IRMMW-THz conference, Sep. 17 – Sept. 22, 2023, Montreal, Canada.