

AlGa_N/Ga_N peteliškės tipo (BT) jutiklių tyrimas 300 K ir 80 K temperatūrose teraherciniame dažnių ruože

Investigation of AlGa_N/Ga_N bow-tie (BT) type detectors at 300 K and 80 K temperatures in the terahertz range

Justinas Jorudas¹, Irmantas Kašalynas¹

¹ Terahercinės fotonikos laboratorija, Fizinių ir technologijos mokslų centras, Saulėtekio al. 3, 10257 Vilnius
justinas.jorudas@ftmc.lt

Naujos kartos terahercų (THz) ruožo sistemoms reikalingi kompaktiški ir greitai jutikliai kurie veiktų kambario temperatūroje. Panaudojant AlGa_N/Ga_N didelio elektronų judrio tranzistorines (HEMT) heterostruktūras su dvimačių elektronų dujų sluoksniu (2DEG) kuriami įvairių tipų jutikliai THz ruožui: su THz antena integruoti lauko tranzistoriai (TeraFETs) [1], Šotkio barjero diodai [2], karštųjų elektronų mikrobolometrai [3].

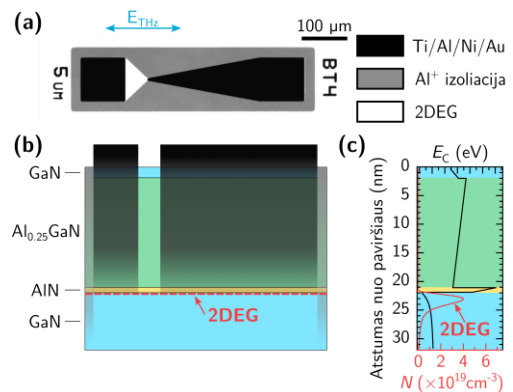
Šiame darbe tiriama peteliškės tipo (BT) THz jutikliai pagaminti iš komercinių AlGa_N/Ga_N heterostruktūrų. Heterostruktūros buvo užaugintos ant pusiau izoliuojančio SiC padėklo, kur 2DEG sluoksniu nuo paviršiaus nutolęs apie 21 nm. Energijų diagrama ir krūvininkų pasiskirstymas parodyti 1 pav. Atšaldžius heterostruktūrą krūvininkų judris silpnuose laukuose nuo 1800 cm²V⁻¹s⁻¹ vertės kambario temperatūroje padidėja iki 18000 cm²V⁻¹s⁻¹, kai temperatūra 80 K, dėl to, 2DEG sluoksniu varža nuo 340 Ω/kv. sumažėja iki 40 Ω/kv. Ominiai kontaktai su 2DEG sluoksniu formuojami iš Ti/Al/Ni/Au metalų, atkaitinant sluoksnius 30 s azoto dujų aplinkoje 830 °C temperatūroje. Optimizuotų ominių kontaktų specifinė varža siekia iki $\rho_c = 4 \cdot 10^{-6} \Omega \text{cm}^{-2}$, kas plataus elektrodo atveju atitinka varžą iki 0,45 Ωmm. Maža kontaktinė varža svarbi vengiant stipraus kontaktų kaitimo, kai naudojami dideli srovės tankiai, net ir trumpų impulsų atveju [4]. Elektrinio izoliavimo sritis, suformuotas implantavus 700 keV energijos Al⁺ jonus iki 650 nm gylyje, vizualizavome UV FL mikroskopo pagalba.

Vieno iš pagamintų BT jutiklių nuotrauka parodyta 1 pav. BT jutiklis THz ruože veikia dėl nevienalyčio krūvininkų kaitimo susiaurintoje kakliuko srityje. Vidinis elektrinio lauko gradientas susidarantis dėl karštųjų elektronų pernašos priklauso nuo krūvininkų judrio bei susiaurintos srities geometrijos, kuri buvo varijuojama keičiant susiaurintos srities plotį nuo 500 nm iki 17 μm, tuo tarpu judris– keičiant temperatūrą.

Pagamintų jutiklių jautrio matavimai atlikti 300 K ir 80 K temperatūrose 150-600 GHz dažniuose naudojant kvazi-optinį stendą, kuriame THz jutiklis buvo apšviečiamas Gausiniu pluoštu, o atsakas registruojamas su sinchroniniu stiprintuvu. Siekiant įvertinti jutiklio jautrį, registruotas signalas buvo sunormuotas į visos krintančios spinduliuotės galią. Pasitelkus hemisferinį Si lęšį kontakte su BT jutikliu, jo atsakas sustiprinamas iki 100 kartų, kas leidžia pasiekti optinio jautrio vertes iki 5 V/W 300 K temperatūroje, be pridėtos išorinės įtampos [5]. Nustatyta, kad jutiklių atsakas tiesiogiai

proporcingas galiai bent 6 dekadų ruože, o atsako sparta yra palyginama su komercinių Šotkio barjero diodų ir yra sub-nanosekundžių trukmės.

BT jutiklio atsakas į THz bendruoju atveju susideda iš dviejų krūvininkų kaitimo komponentų - susiaurintame elektrode ir 2DEG kanale. Kai krūvininkų kaitimas elektrode nėra reikšmingas, lyginant su jų kaitimu 2DEG kanale, tuomet prie BT jutiklio pridėjus išorinę postūmio įtampą efektyviai registruojami THz. Pavyzdžiui pridėjus ±1 V išorinę postūmio įtampą, BT jutiklio optinis jautris pasiekia vertes iki 0,1 V/W. Tuo tarpu, atšaldžius jutiklį iki 80 K temperatūros, kai padidėja krūvininkų judris 2DEG kanale, jutiklio optinis jautris padidėja papildomai iki 30 kartų dėl išaugusio volt-ampėrinės charakteristikos netiesiškumo.



1 pav. (a) Pagaminto BT jutiklio UV FL nuotrauka, (b) naudojamos Al_{0,25}Ga_{0,75}N/AlN/GaN heterostruktūros viršutinių sluoksnių schema, (c) laidumo juostos diagrama su elektronų pasiskirstymu.

Reikšminiai žodžiai: peteliškės tipo THz jutikliai, terahercinės bangos, galio nitrido heterostruktūros, dvimatės elektronų dujos.

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

Literatūra

- [1] E. Javadi *et al.*, *Sensors*, vol. 21, no. 9, p. 2909, Apr. 2021, doi: 10.3390/s21092909.
- [2] L. Yang *et al.*, *AIP Adv.*, vol. 10, no. 4, p. 045219, Apr. 2020, doi: 10.1063/5.0004470.
- [3] V. Mitin *et al.*, *J. Phys. Conf. Ser.*, vol. 486, p. 012028, Mar. 2014, doi: 10.1088/1742-6596/486/1/012028.
- [4] E. Šermukšnis *et al.*, *Appl. Sci.*, vol. 12, no. 21, p. 11079, Nov. 2022, doi: 10.3390/app122111079.
- [5] J. Jorudas *et al.*, *Lith. Phys. J.*, under preparation, 2023.