

# Radiacinių defektų įtakos GaN spinduliuočių jutiklių charakteristikų kaitai tyrimai

## Research of impact of radiation defects on changes of GaN radiation sensor characteristics

Dovilė Meškauskaitė, Eugenijus Gaubas, Tomas Čeponis, Jevgenij Pavlov, Vytautas Rumbauskas  
Taikomųjų mokslų institutas, Saulėtekio al. 3, LT-10257 Vilnius  
[dovile.meskauskaite@tmi.vu.lt](mailto:dovile.meskauskaite@tmi.vu.lt)

Galio nitridas (GaN) pasižymi didele pramušimo įtampa, didele veikimo sparta, todėl yra vis plačiau naudojamas didelės galios ir/arba aukštadažnių prietaisų gamybai. Lyginant su puslaidininkinių dalelių detektorių pramonėje plačiai naudojamu siliciu arba galio arsenidu, GaN pasižymi didesniu atsparumu radiacijai ir yra viena perspektyviausių medžiagų radiacijai atspariems detektoriams, aukštųjų energijų spinduliuočių dozimetrams [1] bei įvairaus tipo jutikliams [2] formuoti. Tačiau GaN tyrimai, skirti charakteristikų kaitai po apšvitos dideliais įtėkiais, yra fragmentiniai. Todėl, siekiant įvertinti GaN perspektyvumą taikymams naujos kartos didelio skaišio didžiojo hadronų priešpriešinių srautų greitintuvo (High luminosity-large hadron collider – HL-LHC) ir kitų greitintuvų aplinkose, yra aktualūs parametų evoliucijos tyrimai apšvitinant medžiagą dideliais įvairių tipų dalelių įtėkais.

Šiame darbe buvo tiriami 1  $\mu\text{m}$  storio metalas-InGaN/GaN heterosandūra-metalas detektoriai, pagaminti konvertuojant komercinius šviestukus į spinduliuočių jutiklius. GaN heterosandūra 0.25  $\mu\text{m}$  storio ir  $10^{-2} \text{ cm}^2$  ploto, kurioje suformuotas InGaN/GaN kvantinių duobių aktyvios spindulinės rekombinacijos sluoksnis, buvo užauginta MOCVD (Metalorganic vapour phase epitaxy) metodu. Protonais indukuotos liuminescencijos spektroskopijos (PLS), barjerinės talpos kinetikų veikiant tiesiškai kintančios įtampos impulsams (BELIV - Barrier evaluation by linearly increasing voltage) bei trumpojo jungimo srovių nesąlytiniai ir kontaktiniai metodai buvo pasitelkti vykdam *in situ* elektrinių ir optinių charakteristikų evoliucijos tyrimus. Šie dariniai buvo apšvitinami 1.6 MeV energijos protonų pluoštelio, suformuotu Tandetron 4110A dalelių greitintuve, galiausiai pasiekiant  $\Phi=6 \times 10^{15} \text{ p/cm}^2$  įtėkius. Protonų pluoštelio sužadintos liuminescencijos spinduliuotė buvo surenkama daugiaskaiduliniu šviesolaidžiu, o signalas buvo analizuojamas spektrofotometru Avantes AvaSpec-2048TEC. Tuo pačiu metu buvo registruojamos BELIV kinetikos. Prieš atliekant apšvitą, Monte Carlo metodu naudojant TRIM programinę platformą buvo įvertinta, kad 1.6 MeV stabdymo efektyvusis ilgis GaN medžiagoje yra gerokai didesnis už bandinio storį [3]. Todėl 1.6 MeV energijos protonai yra skvarbūs 1  $\mu\text{m}$  storio sluoksniams, ir apšvita kuriami defektai yra homogeniškai pasiskirstę bandinio tūryje. Apšvitos poveikis detektorių funkciniams parametrų buvo įvertintas ir kontaktiniais metodais, atlikus voltamperinių (I-V) ir voltfaradinių (C-V) charakteristikų matavimus nešvitintuose bandiniuose ir bandiniuose apšvitintuose didžiausiu įtėkiu ( $\Phi=6 \times 10^{15} \text{ p/cm}^2$ ). Radiaciniai defektai

bandiniuose apšvitintuose didžiausiu įtėkiu buvo identifikuoti talpinės giliųjų lygmenų spektroskopijos (Capacitance-deep level transient spectroscopy – C-DLTS) metodu, pasitelkiant HERA-DLTS System 1030 spektrometrą. C-DLTS metodas pasižymi dideliu jautriu įvertinant defektų koncentracijas, jų terminės aktyvacijos energijas ir kitas giliųjų lygmenų charakteristikas [4].

Protonų pluoštelio sužadintos liuminescencijos spektro struktūra ir įvairių liuminescencijos juostų intensyvumas kito apšvitos metu dėl radiacinių ir technologinių defektų sąveikų. Šiuo spektroskopijos būdu buvo identifikuoti vyraujantys spindulinės rekombinacijos centrai ir įvertinta jų kūrmosi sparta apšvitinant 1.6 MeV energijos protonų pluoštelio. Nespindulinės krūvininkų rekombinacijos centrų pasireiškimas apšvitos metu buvo įvertintas iš BELIV kinetikų kaitos. BELIV kinetikų analizė taip pat leido įvertinti barjerinės talpos kitimus ir terminės krūvininkų generacijos srovių sandus [5]. Barjerinės talpos ir generacinės srovės kitimai, įvertinti *in situ* eksperimentuose, gerai dera su C-V ir I-V parametru matavimo rezultatais. C-DLTS metodu identifikuoti vyraujantys defektai, jų koncentracijos ir pasiskirstymo homogeniškumas detektoriaus bazės plotyje.

Liuminescencijos spektrų ir BELIV kinetikų evoliucija, įvertinta apšvitos 1.6 MeV energijos protonais metu, atskleidė, kad GaN detektoriai yra tinkamai sinchroniškai registruoti optinius ir elektrinius signalus plačiame įtėkių diapazone. Todėl GaN yra perspektyvi medžiaga dalelių detektorių ir dozimetru gamybai bei taikymams greitintuvų aplinkoje.

*Reikšminiai žodžiai:* GaN, apšvita protonais, dalelių detektoriai, radiaciniai defektai, liuminescencija, BELIV, DLTS.

### Literatūra

- [1] P.J. Sellin and J. Vaitkus, Nucl. Instrum. Methods Phys. Res. Sect. A-Accel. Spectrom. Dect. Assoc. Equip. **557** (2), 479 (2006).
- [2] S. J. Pearton et al., J. Phys. Condens. Matter **16** (29), R961 (2004).
- [3] J. F. Ziegler, M. D. Ziegler, and J. P. Biersack, Nucl. Instruments Methods Phys. Res. Sect. B Beam Interact. with Mater. Atoms **268** (11–12), 1818 (2010).
- [4] D. V. Lang, J. Appl. Phys. **45** (7), 3023 (1974).
- [5] E. Gaubas, T. Čeponis, and J. V. Vaitkus, *Pulsed capacitance technique for evaluation of barrier structures*. (Saarbrücken-Berlin: LAMBERT Academic Publishing, 2013.)