

A3-B5-Bi kvantinių darinių technologijos infraraudoniesiems šviestukams

Growth and investigation of Bi-containing A3-B5 compounds

Arnas Pukinskas^{1,2}, Silvija Keraitytė^{1,2}, Nerijus Jurkūnas^{1,3}, Algirdas Jasinskas¹, Simona Pūkienė¹, Andrius Bičiūnas¹, Bronislavas Čechavičius¹, Virginijus Bukauskas¹, Arnas Naujokaitis¹, Martynas Skapas¹ ir Renata Butkutė^{1,2}

¹Fizinių ir technologijos mokslų centras, Optoelektronikos skyrius, Saulėtekio al. 3, 10257 Vilnius, Lietuva

²Fotonikos ir nanotechnologijų institutas, Fizikos fakultetas, Vilniaus universitetas, Saulėtekio al. 3, 10257 Vilnius, Lietuva

³Optonas Ltd, Savanorių pr. 235, 02300 Vilnius, Lietuva

arnas.pukinskas@ff.stud.vu.lt

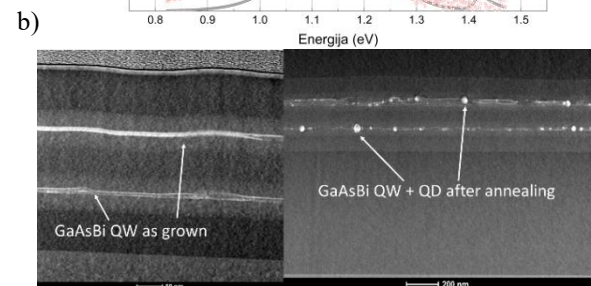
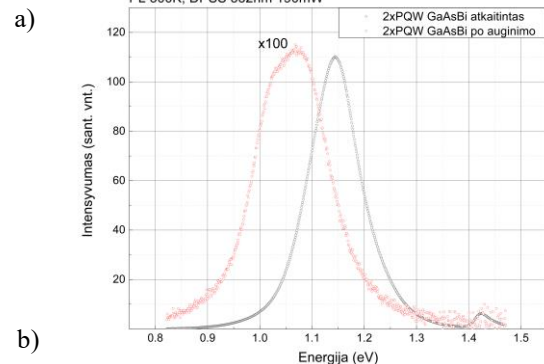
Moksliniai tyrimai artimųjų infraraudonųjų (NIR) bangų spektrinėje srityje pastaruoju metu sulaukė ypatingo dėmesio dėl šioje srityje esančių daugelio organinių molekulių vibracinės sugerties arba emisijos spektro linijų. Ateityje šios srities taikymai siejami su medicina, neinvaziamam ligų atpažinimui, su maisto pramone, toksinių bioproduktų detektavimui, su aplinkosauga, oro ir vandens taršos matavimams, taip pat su kriptografija, duomenų apsaugos sistemomis.

Pagrindiniai faktoriai ribojantys šiuolaikinių puslaidininkinių lazerinių diodų taikymą – nestabilus lazerinės spinduliuotės bangos ilgis kintant aplinkos temperatūrai bei nespindulinės Ožė rekombinacijos nuostoliai. Temperatūrinė medžiagų draustinių energijų tarpo priklausomybė lemia tai, kad šiuos lazerius reikia šaldyti norint užtikrinti stabilų jų veiklą ir taip pat didina sistemos matmenis bei kainą. Todėl naujų medžiagų, funkcionuojančių NIR srityje kambario temperatūroje, paieška yra labai aktuali.

Sprendžiant šias problemas prieš porą dešimtmečių buvo atrasta nauja A3-B5-Bi šeimos junginių grupė pavadinta bismidais. Bismidai yra vieni iš perspektyviausių junginių infraraudonųjų bangų srityje dėl savo unikalios savybės – draustinių energijų tarpo valdymo As pakeičiant Bi. Vos 1% Bi sumažina draustinės energijos juostos plotį net iki 88 meV [1]. Teoriškai pademonstruota, kad pasitelkiant GaAs platformą trinarių GaAsBi junginių draustinių energijų tarpą galima keisti nuo 1,42 eV iki 0,75 eV [2], kas atitinka spektrinę sritį nuo 875 nm iki 1500 nm. Be to šie junginiai pasižymi žymiai silpnesne nei kiti tradiciniai optoelektronikos puslaidininkiniai draustinės energijos juostos priklausomybe nuo temperatūros [3]. Taigi, tikėtina, kad jų pagrindu pagaminti lazeriai puikiai veiktų kambario temperatūroje be papildomo aušinimo.

Šio darbo pagrindinis tikslas yra artimosios infraraudonosios srities šviestukų su A3-B5-Bi kvantiniai dariniai – kvantinėmis duobėmis ir joje esančiais kvantiniai taškais, technologijos optimizavimas. Technologinė studija leis iširti galimybę A3-B5-Bi kvantinius darinius pritaikyti lazerinių diodų ir šviestukų aktyviojoje terpėje. Kvantinių darinių technologinių sąlygų optimizavimas darbe yra atliekamas naudojant molekulių pluoštelių epitaksiją (MBE) ir pasitelkiant trinarius bismidinius junginius GaAsBi bei in-situ atkaitinimą kvantinių taškų formavimui. MBE optimizavimo procese pagrindinis

dėmesys yra skiriamas kvantinių barjerų ir duobių sudėties ir geometrijos (duobės ir barjero pločiui, formai) paieškai, įvertinamas kvantinių duobių skaičiaus poveikis optiniams ir elektriniams parametrams, n ir p sričių legiravimai bei i srities tinkamiausių parametru paieškos. Bandiniai charakterizuojami atliekant I-V ir luminescencijos (PL ir EL) matavimus, paviršiaus morfologinius tyrimus, struktūrinę kokybę vertinama skenuojančiuoju elektronų ir peršviečiamųjų elektronų mikroskopais. PL rezultatai parodė, kad bandinių emisijų smailės svyruoja 1,035 – 1,18 eV intervale, atkaitinimo bandinius, jų intensyvumas išauga 100 kartų. Peršviečiamųjų elektronų mikroskopija įrodė, jog auginant susidaro kvantinės duobės, o po atkaitinimo susiformuoja kvantiniai taškai. Optimalios GaAsBi kvantinių duobių su kvantiniai taškais auginimo sąlygos: padėklo temperatūra 380-430°C, atkaitinimo temperatūra 700-750°C, As/Ga srautų santykis artimas 1.



1 pav. GaAsBi (a) PL spektrai (b) STEM nuotraukos be ir su in-situ atkaitinimu.

Reikšminiai žodžiai: NIR diodai, šviestukai, bismidai, MBE, PL, EL, TEM.

Literatūra

- [1] Francoeur, S. et al., Appl. Phys. Lett. 82, 3874 (2003).
- [2] P. Ludewig et al., Applied Physics Letters 102(24), 242115 (2013).
- [3] J. Liu et al., AIP Advances 7, 115006 (2017).