

GaAsBi stačiakampių kvantinių duobių auginimo technologijos optimizavimas artimosios infraraudonosios srities emiteriams

Optimization of GaAsBi Rectangular Quantum Wells for NIR Emitters

Aivaras Špokas¹, Andrea Zelioli¹, Gustas Petrusevičius¹, Mikas Paulius Iršėnas², Augustas Vaitkevičius^{1,2}, Sandra Stanionytė¹, Aurimas Čerškus¹, Bronislovas Čechavičius¹, Evelina Dudutienė¹, Renata Butkutė¹

¹Fizinių ir technologijos mokslų centras, Saulėtekio al. 3, LT-10257 Vilnius

²Fotonikos ir nanotechnologijų institutas, Vilniaus universitetas, Saulėtekio al. 3, LT-10257 Vilnius

aivaras.spokas@ftmc.lt

Lazeriniai diodai yra populiariausias lazerių tipas rinkoje. Nors ši sritis ir yra gerai išvystyta, vis dar jaučiamas geros kokybės ir efektyvumo lazerinių diodų, veikiančių artimojoje infraraudonojoje srityje (NIR), trūkumas. Galio arsenidas bismidas yra perspektyvi medžiaga šiam panaudojimui dėl spartaus draustinių energijų tarpo (E_g) mažėjimo (iki 90 meV%). Tai leidžia pasiekti ilgesnes bangas įterpiant mažą kiekį bismuto, ko pasekoje sumažinamas gardelės neatitikimo dislokacijų tankis lyginant su populiaria ir gerai išvystyta NIR medžiaga – indžio galio arsenidu. Taip pat GaAsBi dėl staigaus valentinės juostos krašto energijos didėjimo, didėja ir spin-orbitinio suskilimo energija. Kai bismuto koncentracija yra didesnė nei 10%, spin-orbitinio suskilimo energija viršija E_g , taip užkirsdama vieną iš pagrindinių nespindulinių Ožė rekombinacijos kanalų [1,2]. Galiausiai, daugybinių GaAsBi kvantinių duobių lazeriniai diodai pasižymi stabilumu kambario temperatūroje, todėl jiems nebūtinai šaldymas [3].

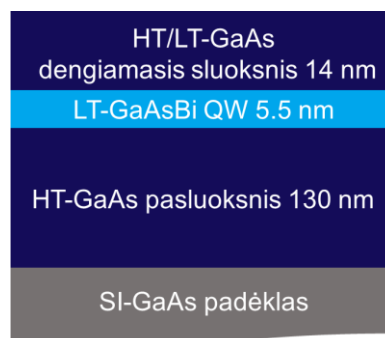
Įterpiant 4-9% bismuto į GaAs gardelę, 5,5 nm kvantinėse duobėse pasiekiamas 1000-1200 nm emisijos intervalas. Būtent šioje srityje yra kai kurių aplinkos dujų (CO_2 , CO, CH_4) vibraciniai dažniai. Todėl bismidiniai lazeriai gali būti naudojami selektyviose dujų detektavimo sistemose. Dar vienas mikrolazerių panaudojimas - kraujo deguonies koncentracijos jutikliai nešiojamuose išmaniesiuose įrenginiuose.

Pagrindinė darbo užduotis – GaAsBi daugybinių stačiakampių kvantinių duobių su GaAs barjeriais, technologinių auginimo parametrų optimizavimas 1000-1200 nm bangų ruožui, pasiekiant pakankamą emisijos intensyvumą būtina lazerinių diodų gamybai. Didžiausias dėmesys buvo skirtas keturioms technologinių parametrų grupėms: (1) bismuto srauto įtakai emisijos intensyvumui ir bangos ilgiui išlaikant pastovius arseno su galiu santykius; (2) bismuto drėkinamojo sluoksnio įtakai galutinei bismuto koncentracijai struktūroje; (3) padėklo temperatūros kalibracija siekiant atsikartojamumo naudojant skirtingus padėklo laikiklius, bei temperatūros įtakos bismuto inkorporacijai įvertinimui, naudojant temperatūrinio draustinių energijų tarpo kitimo (*band-edge thermometry*, angl.) metodiką; (4) struktūros dengiamojo sluoksnio įtakai emisijos bangos ilgiui.

Darbe pristatomos struktūros buvo auginamos molekulinio pluoštelių epitaksijos sistema (Veeco GENxplor R&D). Ši metodika leidžia tiksliai kontroliuoti auginamų sluoksnių storį bei

kompoziciją/bismuto koncentraciją. Būtent šie parametrai ir yra svarbiausi norint efektyviai keisti medžiagos draustinių energijų tarpą.

Fotoluminescencijos matavimai buvo atliekami siekiant iširti skirtingų auginimo sąlygų įtaką emisijos intensyvumui bei bangos ilgiui. Bandiniai taip pat buvo charakterizuojami *in-situ* didelės energijos elektronų difrakcijos (RHEED) metodika. Ši metodika leidžia patvirtinti GaAsBi kvantinės duobės augimą, dėl junginiui būdingos (2x1) rekonstrukcijos. Kitas RHEED metodikos panaudojimas – padėklo temperatūros įvertinimas pagal GaAs augimo rekonstrukcijas. Darbo metu buvo sėkmingai užaugintos ir atkartotos GaAsBi stačiakampių kvantinių duobių struktūros, kurių emisija buvo stebima intervale nuo 1090 iki 1460 nm, kai arseno su galiu santykis buvo artimas vienetui, o padėklas kaitinamas žemoje epitaksinio augimo temperatūroje (370 °C ir mažiau). Rentgeno spindulių difraktogramos buvo naudojamos bismuto koncentracijos, duobių storio bei duobės/barjero ribos įvertinimui.



1 pav. GaAsBi stačiakampių kvantinių duobių testinės struktūros pavyzdys.

Reikšminiai žodžiai: molekulinio pluoštelių epitaksija, GaAsBi, kvantinės duobės, lazeriniai diodai, fotoluminescencija.

Literatūra

- [1] K. Alberi, O.D. Dubon, W. Walukiewicz, K.M. Yu, K. Bertulis, and A. Krotkus. Appl. Phys. Lett. 91(5):89–92, (2007).
- [2] M. Usman, C.A. Broderick, A. Lindsay, and E.P. O'Reilly. Physical Review B-Condensed Matter and Materials Physics, 84(24):1–13, (2011).
- [3] P. Ludwig, N. Knaub, N. Hossain, S. Reinhard, L. Nattermann et al. Appl. Phys. Lett. 102, 242115 (2013).