

## Priverstinė spinduliuotė ir optinis stiprinimas InGaN dariniuose

### Stimulated emission and optical gain in InGaN structures

Jūras Mickevičius, A.Širvinskytė, R.Aleksiejūnas

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

[juras.mickevicius@ff.vu.lt](mailto:juras.mickevicius@ff.vu.lt)

Nitridiniai puslaidininkiai yra tyrinėjami jau kelis dešimtmečius, siekiant pritaikyti juos fotoninių prietaisų – šviestukų ir lazerių – gamyboje. InGaN/GaN kvantinių duobių panaudojimas aktyviojoje srityje leido sukurti aukšto efektyvumo šviestukus, emituojančius mėlynoje spektro srityje, tačiau efektyvumas stipriai krenta emisijai žalioje spektro srityje. Emisijos spektro poslinkis paprastai pasiekiamas, didinant indžio kiekį InGaN lydinyje, tačiau tokie dariniai pasižymi prastesne struktūrine kokybe, didesne defektų koncentracija. Didesnis indžio kiekis taip pat lemia stipresnę vidinį elektrinį lauką bei didesnes sudėties fluktuacijas – abu šie efektai stipriai įtakoja krūvininkų pernašos ir rekombinacijos procesus. Nors nuolatinis auginimo technologijos tobulinimas leidžia gerinti kokybę, o darinių struktūros modifikavimas įgalina keisti optines savybes, vis dar yra ieškoma optimalaus auginimo sąlygų ir optinių savybių derinio.

Šiame darbe buvo tiriama priverstinės spinduliuotės parametrų koreliacija su indžio kiekiu ir/ar kvantinės duobės pločiu InGaN/GaN dariniuose. Buvo tirtos trys bandinių grupės – InGaN epitaksiniai sluoksniai su skirtingu indžio kiekiu, InGaN/GaN kvantinės duobės su skirtingu indžio kiekiu bei InGaN/GaN kvantinės duobės su skirtingo pločio duobėmis. Visi bandiniai buvo užauginti ant safyro padėklų, naudojant cheminio metalorganinio junginio nusodinimo iš garų fazės (MOCVD) technologiją. Bandiniai buvo charakterizuojami, naudojant fotoluminescencijos (FL) metodiką, matavimus atliekant plačiame sužadinimų intervale. Optinis stiprinimas buvo tiriamas, naudojant kintamo juostelės ilgio (VSL) metodiką. Visi matavimai buvo atliekami kambario temperatūroje.

Tirtų InGaN/GaN darinių FL spektrai, išmatuoti žemo sužadinimo sąlygomis, apėmė plačią spektrinę sritį nuo 380 iki 520 nm – didinant indžio kiekį darinyje, FL juosta slinko į ilgabangę pusę bei plėtėsi, atspindėdama augantį lokalizuotų krūvininkų rekombinacijos indėlį. Didinant sužadinimą, bandinių FL spektrai slinko į trumpabangę pusę, o viršijus tam tikrą sužadinimą (priverstinės spinduliuotės slenkstį), spektre atsirado antra juosta, atspindinti priverstinius šuolius. Dariniuose su mažu indžio kiekiu antroji juosta atsirado ant ilgabangio pagrindinės FL juostos šlaito, tuo tarpu dariniuose su dideliu indžio kiekiu – ant trumpabangio šlaito. Toks priverstinės spinduliuotės juostos padėties pasikeitimas atsiranda dėl augančios krūvininkų lokalizacijos įtakos.

Gauti rezultatai atskleidė, jog priverstinės spinduliuotės slenkstis mažėja, didinant indžio kiekį iki

10-12% tiek kvantinėse duobėse, tiek epitaksiniuose sluoksniuose – dominuoja teigiama krūvininkų lokalizacijos, kuri apsaugo krūvininkus nuo nespindulinės rekombinacijos centrų, įtaka. Tolimesnis indžio kiekio didinimas lemia vis prastesnę darinio kokybę, kurios nebeatsveria krūvininkų lokalizacija, ir priverstinės spinduliuotės slenkstis auga. Kvantinių duobių dariniuose slenkščio augimą galima sulėtinti, didinant duobės plotį – geresnis elektrono ir skylės banginių funkcijų persiklojimas lemia didesnę optinį stiprinimą bei mažesnę priverstinės spinduliuotės slenkstį. Tuo tarpu, epitaksiniuose sluoksniuose slenkstis išauga tiek, kad priverstinės spinduliuotės nesimato net ir prie aukščiausių eksperimentuose naudotų sužadinimų.

*Reikšminiai žodžiai: InGaN, fotoluminescencija, priverstinė spinduliuotė, optinis stiprinimas*