

# Artimosios infraraudonosios srities lazerinių diodų žemo dažnio triukšmo charakteristikos

## Low-frequency noise of near-infrared laser diodes

Justinas Glemža<sup>1</sup>, Sandra Pralgauskaitė<sup>1</sup>, Jonas Matukas<sup>1</sup>, Aivaras Špokas<sup>2</sup>, Andrius Bičiūnas<sup>2</sup>, Bronislovas Čechavičius<sup>2</sup>, Evelina Dudutienė<sup>2</sup>, Renata Butkutė<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Taikomosios elektrodinamikos ir telekomunikacijų institutas, Vilniaus universitetas, Saulėtekio al. 3, LT-10257 Vilnius

<sup>2</sup>Fizinių ir technologijos mokslų centras, Savanorių pr. 231, 02300 Vilnius

[sandra.pralgauskaite@ff.vu.lt](mailto:sandra.pralgauskaite@ff.vu.lt)

Artimosios infraraudonosios srities lazeriniai diodai plačiai naudojami šviesolaidinėse ir belaidžio ryšio sistemose, jutikliuose mokslo ir medicinos srityse ir kt. [1,2]. Skirtingose srityse naudojamų lazerinių diodų charakteristikoms (spinduliuotės galia, spinduliuotės profilis, modų skaičius ir šuoliai ir kt.) keliami skirtingi reikalavimai. Tačiau tokios ypatybės kaip stabili ir ilgą laiką veikia, signalo ir triukšmo santykis yra svarbios visiems lazerinės spinduliuotės šaltiniams. Todėl nuolat ieškoma naujų infraraudonosios srities lazeriniams diodams naudojamų medžiagų ir kvantinių darinių. Šiame darbe pristatome artimosios infraraudonosios srities lazerinių diodų žemo dažnio optinių ir elektrinių fliktuacijų tyrimus plačiame temperatūros intervale. Gauti rezultatai leis nustatyti fizikinius procesus, vykstančius skirtingų medžiagų ir skirtingų kvantinių darinių pagrindu pagamintuose lazeriniuose dioduose. Žemo dažnio triukšmo charakteristikos atskleidžia nestabilaus puslaidininkinių įtaisų veikimo bei jų senėjimo priežastis, leidžia įvertinti puslaidininkiniuose dariniuose esančių defektų (krūvininkų pagavimo centrų) parametrus ir prigimtį.

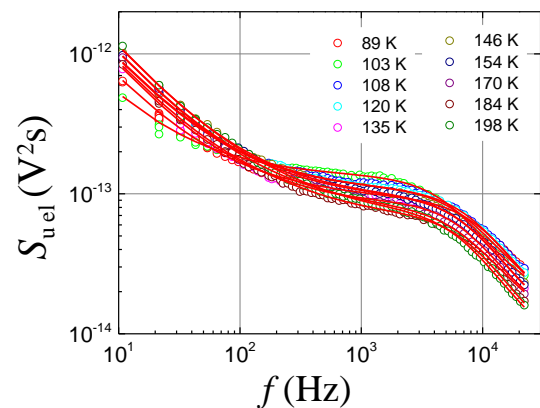
Darbe buvo tirti lazeriniai diodai, kurių aktyvioji sritis sudaryta iš vienos ar daugiau kvantinių duobių. Buvo naudojamos skirtingos aktyviosios srities darinio medžiagos: GaAs, AlGaAs, GaAsBi. Taip pat buvo tiriami lazeriniai diodai su skirtingo profilio kvantinėmis duobėmis: įprastomis stačiakampėmis ir parabolinėmis. Tirtųjų lazerinių diodų slenkstinė srovė buvo (40-120) mA intervale. GaAsBi aktyviosios srities spinduliuotės bangos ilgis – (1030-1060) nm, AlGaAs – (780-827) nm, GaAs – (780-805) nm.

Optinių (išėjusios šviesos galios) ir elektrinių (diodo įtampos) fliktuacijų matavimai buvo atlikti žemo dažnio srityje: nuo 10 Hz iki 20 kHz, temperatūrai kintant intervale nuo 71 K iki 290 K. Atlikus vienalaikius optinio ir elektrinio triukšmo signalo matavimus, apskaičiuotas abipusės koreliacijos tarp šių signalų faktorius. Triukšmo charakteristikų matavimai buvo atlikti specialioje ekranuotoje laboratorijoje, kuri leido išvengti pašalinės elektromagnetinės spinduliuotės.

Tirtųjų lazerinių diodų optinių ir elektrinių fliktuacijų spektrai yra sudaryti iš  $1/f^\alpha$  ir Lorencio tipo komponentų. Lorencio tipo spektrai yra būdingi krūvininkų generacijos ir rekombinacijos vyksmams, stebimiems esant tam tikroms lazerių veikimo sąlygoms (temperatūrai ir injekcinei srovei).

Elektrinio triukšmo spektrai buvo gerai aproksimuojami  $1/f$ ,  $1/f^\alpha$  ir dviem Lorencio tipo spektrais,

kurių būdingosios relaksacijos trukmės siekė kelis šimtus nanosekundžių (1 pav.). Lorencio tipo spektrą lemia laisvųjų krūvininkų skaičiaus lazerio darinyje fliktuacijos dėl atsitiktinių krūvininkų pagavimo ir išlaisvinimo vyksmų. Tirtųjų lazerių triukšmo charakteristikose tam tikroje temperatūroje buvo stebimi aktyvūs krūvininkų pagavimo centrai, kurių aktyvacijos energijos vertės buvo 16,0 meV ir 20,4 meV.



1 pav. Lazerinio diodo su GaAs parabolinėmis kvantinėmis duobėmis elektrinio triukšmo įtampos fliktuacijų spektrai esant skirtingai temperatūrai tekant 10 mA injekcinei srovei: taškai – eksperimentiniai rezultatai, išsitiesinė linija – aproksimacija.

Rezultatų analizė atskleidė, kad lazerinių diodų su stačiakampėmis GaAsBi kvantinėmis duobėmis elektrinio triukšmo įtampos spektrinis tankis yra maždaug dviem eilėmis didesnis nei lazerių su GaAs kvantinėmis duobėmis (stačiakampio ar parabolinio profilio). Šis rezultatas rodo, kad arseno keitimas bismutu padidina kvantinio darinio defektingumą. Taip pat buvo pastebėta, kad kvantinės duobės profilis tam įtakos neturi.

*Reikšminiai žodžiai:* elektrinis triukšmas, fliktuacijos, lazerinis diodas, optinis triukšmas, parabolinės kvantinės duobės, stačiakampės kvantinės duobės.

### Literatūra

- [1] Z. Peng, Y. Du, and Y. Ding, *Sensors*, **20**, 681, 2020.
- [2] C. Palade, I. Stavarache, T. Stoica, and M. L. Ciurea, *Sensors*, **20**, 6395, 2020.