

Molekulinių pluoštelių epitaksijos sąlygų įtaka Kvantinių kaskadinių lazerių paviršiaus kokybei

MBE growth conditions influence on Quantum Cascade laser surface quality

Karolis Stašys¹, Jan Devenson¹

¹Fizinių ir technologijos mokslų centras, Savanorių pr. 231, 02300 Vilnius
Karolis.stasys@ftmc.lt

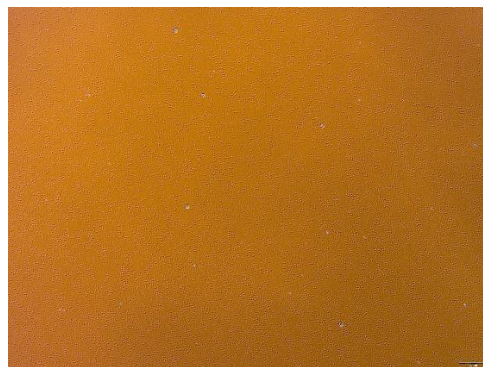
Kvantiniai kaskadiniai lazeriai (QCL) dabar laikomi standartiniais šviesos šaltiniais daugeliui cheminių jutiklių, dirbančių vidurinėje infraraudonųjų spindulių ruože (Mid-IR) 3-10 μm . Deja, QCL formavimas naudojant molekulinio pluošto epitaksiją (MPE) yra labai sudėtingas, nes net mažiausi augimo sąlygų svyravimai gali stipriai įtakoti kristalinės gardelės kokybę ir lazerio savybes. Dėl labai stiprios arseno desorbcijos greičio temperatūros priklausomybės reikia naudoti didelį arseno viršslėgį vietinio oksido desorbcijos proceso metu. Kita vertus, didelis V grupės elementų viršslėgis gali sukelti antisaitų susidarymą ir padidinti defektų tankį išaugusioje struktūroje.

Šiame darbe mes tiriamo, kaip InAs kristalinių padėklų oksido desorbcija ir stipriai Si-legiruoto plakiruojančio sluoksnio augimo sąlygos, taip pat plokštelių temperatūros pasiskirstymas, įtakoja defektų tankį suformuotoje struktūroje. Defektų tankis yra labai svarbus QCL plokštelių kristalų parametras, nes jis tiesiogiai koreliuoja su lazerio našumu. Defektų tankis buvo vertinamas naudojant diferencialinės interferencijos kontrasto mikroskopiją.

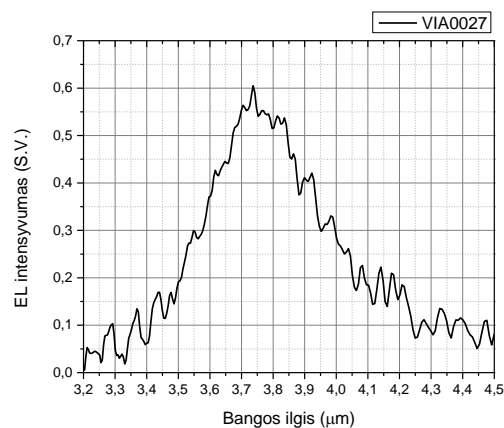
Atliekant pirminius QCL struktūrų auginimus, buvo pastebėta, kad InAs medžiagos epitaksija ant dviejų colių kristalinių padėklų, leidžia gauti pakankamai storus sluoksnius su labai mažų ($\sim 200 \text{ cm}^{-2}$) defektu tankiu. Tuo tarpu naudojant 3-jų colių padėklus, situacija yra kitokia - augimo metu padėklų išorinis žiedas turėjo labai daug defektų ($> 8000 \text{ cm}^{-2}$). Manoma, kad ši sritis susidaro dėl plokštelių laikiklio užteršimo. Siekiant išvalyti laikiklius nuo bet kokios taršos, jie buvo nusmėliuoti. Tai pakeitė laikiklių paviršiaus šiurkštumą, kas lėmė padidėjusią šilumos iš efuzijos celių ir padėklo kaitintuvo sugertį. Manome, kad tai sukėlė labai netolygų temperatūros pasiskirstymą. Pirometru išmatuotas padėklo temperatūrinis gradientas (nuo centro link krašto) siekė apie 25 $^{\circ}\text{C}$ skirtumą. Šis temperatūros pokytis paveikė deoksidacijos proceso kokybę, perkaitindamas padėklų periferiją, o augimo metu nebuvo įmanoma kontroliuoti deoksidacijos stebint RHEED rekonstrukcijas, nes šiuo metodu yra stebima tik centrinė padėklo dalis. Tai lėmė netolygią padėklo valymo procedūrą, dėl kurios atsirado didelis defektų tankis su neįprastu pasiskirstymu (1 pav).

Didelis temperatūrinis gradientas per padėklą taip pat turėjo didelį poveikį stipriai siliciu legiruoto plakiruojančio sluoksnio augimui, dėl ko susidarė regionai, kuriuose yra labai didelis defektų tankis. Siekiant sumažinti defektų tankį, augimo sąlygos buvo kruopščiai pakeistos, išlaikant pusiausvyrą tarp arseno viršslėgio ir augimo temperatūros. Tačiau sąrankos

pakeitimai buvo nepakankami, norint sumažinti plokštelių temperatūros gradientą. Problemai spręsti, buvo panaudotas tokio pat dydžio silicio padėklas, uždėtas tiesiai ant InAs padėklo, kuris turėtų veikti, kaip šilumos skirstytuvas. Tai turėjo teigiamą įtaką ir leido smarkiai sumažinti InAs pagrindu pagamintų kvantinių kaskadinių lazerinių struktūrų defektų tankį ir leido užauginti elektroluminescuojančias struktūras (2 pav.).



1 pav. QCL kristalo paviršiaus, po nesėkmingo auginimo, Nomarskio vaizdas.



2 pav. QCL kristalo elektroluminescencijos spektras.

Reikšminiai žodžiai: MPE, QCL, Indžio Arsenidas, deoksidacija

Literatūra

- [1] J. Devenson, R. Teissier, O. Cathabard, A. Baranov. InAs-based quantum-cascade lasers. February 2008 Proceedings of SPIE - The International Society for Optical Engineering 6909:22-DOI: 10.1117/12.767653