

Katodoluminescencija GaN kristaluose, užaugintuose ant grafeno/SiC padėklų

Cathodoluminescence in GaN nanocrystals grown on graphene/SiC templates

Mantas Migauskas, Viktorija Mickūnaitė, Žydrūnas Podlipskas

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

mantas.migauskas@ff.stud.vu.lt

Dažnai naudojama metodika gaminant plonus galio nitrido (GaN) sluoksnius yra epitaksija ant safyro ar silicio karbido padėklų, tačiau šis būdas turi nemažai trūkumų kaip augimo vietoje nesutampančių GaN ir padėklo kristalinių gardelių ir skirtingo šiluminio plėtimosi. Siekiant pagerinti auginimo metodiką ir didėjant susidomėjimui 2D van der Waals (vdW) medžiagomis vystomas kitas auginimo metodas – van der Waals epitaksija. Jo metu kristalai auginami ant padėklų, padengtų 2D vdW medžiagomis, kurių populiariausia yra grafenas. Šiuo metodu nusodinamos medžiagos atomų išsidėstymas yra nulemiamas ne stiprių kovalentinių ryšių, o tolumo atstumo vdW jėgų, todėl suteikiama daugiau laisvės gardelės atstumui ir terminiam plėtimuisi [1]. Kadangi šis gamybos metodas yra ganėtinai naujas, taip gautos medžiagos yra itin tiriamos, šiuo atveju naudojant hibridinę skenuojančių elektronų mikroskopijos (SEM) ir katodoluminescencijos (CL) sistemą.

Pranešimas suskirstytas į dvi dalis: didelio kiekio nano salų CL signalo analizę ir atskirų salų CL signalo pokyčius jų viduje. Kadangi bandinys buvo nusėtas įvairių formų ir dydžių nano salomis, buvo susitelkta tik į salas, atitinkančias taisyklingas figūras: piramides, šešiakampius bei strypus.

Pradedant nuo kiekybinių priklausomybių, ištirtas CL spektras ir palygintas su anksčiau matuotu homogenišku GaN sluoksniu, užaugintu ant safyro padėklo. Pastebėta, kad nors bendra spektro forma yra panaši, GaN/grafenas bandinio pagrindinė juosta, esanti ties 360 nm, yra iki dviejų kartų platesnė nei GaN/safyras bandinyje. Labiausiai tikėtina, kad šis platėjimas nulemtas pakavimo defektų, kurie, šiuo atveju, atsiranda augančiam GaN pradedant keistis iš kubinės į heksagoninę gardeles ir atvirksčiai [2]. Papildomi pokyčiai pasimato 400 – 500 nm bangos ilgio regione, kur GaN/grafenas bandinyje CL signalo beveik nėra, palyginus su GaN/safyras bandiniu. Šiuo atveju nors pakavimo defektai gali būti dalinė priežastis, signalo nebuvimas gali indikuoti ir mažą anglies priemaišų buvimą, kadangi jos dažnai siejamos su šio regiono spinduliavimu.

Nagrinėjant atskiras salas buvo nustatyta, kad iš panašaus dydžių minėtų figūrų geriausiai spinduliuoja šešiakampiai. Tokie rezultatai buvo netikėti, nes šešiakampės struktūros formuojasi tiesiai ant SiC, per grafene esančias nano skylutes, nepaisydamos grafeno sluoksnio. Tokio pobūdžio augimo metu formuojasi didelis

defektų ir paviršiaus įtempimų kiekis [3]. Pirminiu žvilgsniu papildomi defektai turėtų modifikuoti spektrą ir mažinti CL intensyvumą, tačiau taip nėra. Taip pat buvo pastebėta, kad spektro sudėtis kinta nuo figūros dydžio. Nuspėjamai, pagrindinis maksimumas krenta mažėjant figūrai, tačiau 400 – 700 nm vadinama defektų juosta nepriklauso nuo salos dydžio, todėl šios dvi smailės mažėjant figūrai tampa vis labiau palyginamos, jų santykis artėja link vieneto.

Taip pat buvo ištirta, kaip CL signalas kinta skirtingų figūrų viduje. Nagrinėti du parametrai, signalo plotis ties puse maksimumo (geriau žinomas angl. trumpiniu FWHM) ir maksimumą atitinkančio bangos ilgio poslinkis (angl. peak wavelength shift arba PWS). Abu šie parametrai gerai sutapo tarpusavyje ir parodė vienodas tendencijas visų formų salose. Figūrų viduryje signalo maksimumas yra siauriausias ir geriausiai atitinka tradicinio GaN spinduliuojamą bangos ilgį. Artėjant link kraštų maksimumas gali išplatėti 10 – 20 nm bei tuo pačiu pasislinkti į raudonąją spektro pusę 10 – 25 nm. Mažiausias pokytis kaip ir didžiausias CL signalas buvo matomas šešiakampėse nano salose.

Reikšminiai žodžiai: GaN, grafenas, epitaksija, katodoluminescencija.

Literatūra

- [1] Badokas, K., Kadys, A., Augulis, D., Mickevičius, J., Ignatjev, I., Skapas, M., Šebeka, B., Juška, G., & Malinauskas, T. (2022). MOVPE growth of GaN via graphene layers on GaN/Sapphire templates. *Nanomaterials*, 12(5), 785.
- [2] Bosch, J., Valera, L., Mastropasqua, C., Michon, A., Nemoz, M., Portail, M., Zúñiga-Pérez, J., Tchernycheva, M., Alloing, B., & Durand, C. (2023). InGaN/GaN QWs on tetrahedral structures grown on graphene/SiC. *Microelectronic Engineering*, 275, 111995.
- [3] Journot, T., Okuno, H., Mollard, N., Michon, A., Dagher, R., Gergaud, P., Dijon, J., Kolobov, A. V., & Hyot, B. (2019c). Remote epitaxy using graphene enables growth of stress-free GaN. *Nanotechnology*, 30(50), 505603.