

InN sluoksnių auginimas impulsiniu MOCVD metodu

Growth of InN epilayers by pulsed MOCVD

Jonas Jurkevičius, Darius Dobrovolskas, Žydrūnas Podlipskas, Kazimieras Nomeika, Marek Kolenda, Arūnas Kadys, Tadas Malinauskas, Juras Mickevičius, Ramūnas Aleksiejūnas, Gintautas Tamulaitis
Vilniaus universitetas, Fizikos fakultetas, Taikomųjų mokslų institutas, Saulėtekio al. 3, LT-10222 Vilnius
jonas.jurkevicius@ff.vu.lt

Siaurartapis InN pasižymi maža elektronų efektine mase, o elektronų dreifo greičiu lenkia tiek GaAs, tiek GaN, todėl yra perspektyvus kuriant greitaveikės elektronikos prietaisus. Tuo tarpu didelis InN sugerties koeficientas ir atsparumas saulės spinduliuotės poveikiui traukia fotovoltainių prietaisų kūrėjų dėmesį. Nepaisant sėkmingai išvystytų nitridinių puslaidininkių auginimo technologijų, kokybiškų InN sluoksnių auginimas vis dar yra rimtas technologinis iššūkis. Aukščiausios kokybės sluoksniai užauginami molekulinio pluoštelio epitaksijos (angl. *MBE*) metodu, tačiau ši technologija yra brangi. Gamybiniu požiūriu perspektyvesnis yra greitesnis ir lengviau pritaikomas dideliems gamybos mastams cheminio metalorganinių junginių nusodinimo iš garų fazės (angl. *MOCVD*) metodas, sėkmingai taikomas InGaN prietaisų pramonėje.

Tarp iššūkių, su kuriais susiduriama MOCVD technologija auginant InN yra palyginti aukšta amoniako disociacijos temperatūra ir žema indžio sublimacijos temperatūra, paliekančios siaurą optimalios auginimo temperatūros langą 600 °C aplinkoje. Be to, auginimo greitį ir prekursorių santykį riboja metališko indžio lašelių formavimasis. Čia pateikiamuose tyrimo rezultatuose parodoma, kad impulsinis MOCVD InN auginimo metodas yra tinkamas šių technologinių problemų sprendimui ir ženkliai geresnės kokybės InN sluoksnių gamybai.

Šiame darbe tirti 300-400 nm storio InN sluoksniai buvo užauginti azoto atmosferoje (400 mBar) ant GaN (5 μm c-GaN sluoksnis ant safyro padėklo) paviršiaus. Auginimo sąlygos optimizuotos keičiant temperatūrą, ir trimetilindžio (TMI) srauto impulso trukmę, pauzės trukmę, bei impulsų skaičių. Užaugintų sluoksnių struktūrinė kokybė vertinta pasitelkus rentgeno spindulių difrakcijos spektrus, paviršiaus morfologija tirta atominės jėgos mikroskopu. Konfokaliniu mikroskopu atlikta fotoluminescencinė spektroskopija su erdvine skyra. Krūvininkų dinamika tirta šviesa indukuotų dinamių gardelių metodika, kuri leido vienu metu nustatyti ir nepusiausvirųjų krūvininkų gyvavimo trukmę, ir jų bipolinės difuzijos koeficientą.

Palaidant grįžtamąjį ryšį tarp InN sluoksnių auginimo ir struktūrinių, morfologinių bei liuminescencinių savybių charakterizavimo optimizuotos InN auginimo sąlygos impulsiniu MOCVD metodu. Nustatyta, kad InN sluoksnio struktūrinė kokybė gerėja didėjant TMI impulso trukmei, kai užtikrinamas optimalus V/III santykis, valdomas TMI impulso ir pauzės trukmėmis. Didžiausio intensyvumo fotoluminescencija stebėta sluoksniuose, kurių auginimo metu TMI impulso ir

pauzės trukmių santykis buvo 7 s/20 s, atitinkantis 1,5-2 atominių InN sluoksnių užauginimą vieno ciklo metu. Aukštesnėje temperatūroje impulsiskai auginamų sluoksnių fotoluminescencijos spektrai pasižymi didesniu intensyvumu ir mažesniu mėlynoju smailės poslinkiu dėl Buršteino-Moso efekto. Didžiausias teigiamas poveikis liuminescencijos savybėms pasiektas auginant pereinamąjį InN sluoksnį palaipsniui keliant temperatūrą su kiekvienu TMI impulsu.

Optimizavus auginimo procedūrą MOCVD būdu pagaminti InN sluoksniai, kurių krūvininkų gyvavimo trukmės priylgsta gyvavimo trukmėms MBE būdu užaugintuose sluoksniuose. Tirtant krūvininkų dinamiką nustatytas sąryšis tarp optimaliomis sąlygomis impulsiskai auginamo InN sluoksnio storio ir elektronų judrio, jų pusiausvriosios koncentracijos, o kartu ir fotoluminescencijos smailės spektrinės padėties. Nustatytas pagrindinis veiksnys, lemiantis pusiausvirųjų krūvininkų tankį ir liuminescencijos intensyvumą.

Reikšminiai žodžiai: InN, MOCVD technologija, epitaksiniai sluoksniai, fotoluminescencija