

Úloha nanorozmeru pri formovaní vlastností feromagnetických III-V polovodičov

Jozef Novák
Elektrotechnický ústav SAV, Bratislava

Magnetické polovodiče pripravované na základe III-V polovodičov vyvolali v poslednej dobe vlnu záujmu najmä kvôli možným aplikáciám v oblasti spintroniky. Spintronicke technológie umožňujú využitím elektrických a magnetických vlastností materiálov pracovať s elektrónovým spinom podobne, ako s nábojom elektrónu u bežných elektronických súčiastok. Všeobecne sa očakáva, že materiály pripravené na základe polovodičov s magnetickými alebo k spinu vzťahovateľnými vlastnosťami umožnia vznik úplne nových súčiastok v ktorých sa bude využívať nielen náboj elektrónov a dier, ale aj ich spin. Využitie moderných epitaxných technológií MBE a MOVPE umožňuje prípravu celého radu polovodičových materiálov s magnetickými vlastnosťami. V súčasnosti stále ostáva nezodpovedaná otázka, ktorý výmenný mechanizmus umožňuje v III-V polovodičoch stabilizovať feromagnetickú fázu.

Koncentrácia magnetických iónov (obvyčajne Mn) je veľmi nízka a vzdialenosti medzi nimi dosahujú 1-3 nm. Všeobecne akceptovaná predstava, že v III-V polovodičoch hrajú pri stabilizácii feromagnetizmu kľúčovú úlohu voľné nosiče sa ukázala ako platná len čiastočne. Na základe nej je možné vysvetliť väčšinu vlastností GaMnAs pripravovaného pomocou MBE technológie. Nedokáže však vysvetliť vlastnosti InMnAs, pri ktorom bola dosiahnutá hodnota Curieho teploty vyše 330 K.

Aplikovanie technológie používanej na rast kvantových bodiek prinieslo nové informácie a otvorilo nové možnosti skúmania III-V feromagnetických polovodičov. Hlavným prínosom je zdokonalenie kryštalografickej dokonalosti v dôsledku aplikácie Stranski-Krastanov rastového módu, vysoká homogenita pripravovaného materiálu v dôsledku obmedzeného zdroja materiálu (zmáčacia vrstva v rozsahu 0.5 - 5 monovrstvy) a možnosť dosiahnuť vyššiu koncentráciu magnetických iónov v objemovej jednotke bez tvorby klastrov. Hlavnou výhodou použitia kvantovo obmedzených štruktúr je predĺženie spinového relaxačného času, čo je dôležité pre budúce aplikácie takýchto systémov.

V prednáške sa sústreďíme na prehľad súčasného stavu problematiky, objasnenie hlavných rozdielov medzi rôznymi materiálovými systémami z hľadiska ich špecifických fyzikálnych vlastností a ich potenciálu pre možné aplikácie v spintronike. Budeme tiež prezentovať naše výsledky dosiahnuté v oblasti skúmania vplyvu nanorozmeru na vlastnosti feromagnetického InMnAs, vzťah medzi materialovými a magnetickými vlastnosťami. Poukážeme na možnosti technológie MOCVD a porovnáme ich s potenciálom technológie MBE