

Vyjádření školitele

k dizertační práci Mgr. Mykhailo Barchuka

Diffuse x-ray scattering from GaN epitaxial layers

Pan Barchuk nastoupil do doktorského studia oboru F3 Fyzika kondenzovaných látek a materiálový výzkum v roce 2008. Téma jeho dizertační práce je studium strukturních defektů v epitaxních vrstvách GaN metodami rtg difrakce. Toto téma je vysoce aktuální protože vrstvy GaN nacházejí stále širší uplatnění v optoelektronice a jejich technologické použití je silně omezeno strukturními defekty.

Úvodní část práce shrnuje základní informace o GaN jako technologicky relevantním materiálu, zahrnující popis základních vlastností a metody depozice epitaxních vrstev GaN. V další části se autor zabývá obecným popisem strukturních defektů v epitaxních vrstvách a základy teorie rtg difrakce. Jádrem práce jsou kapitoly 6-10, v nichž autor popsal metodiku měření rtg difrakce na vrstvách GaN a výsledky měření dosažené na vrstvách s orientací (0001) (c-GaN) a (11-20) (a-GaN). Ve vzorcích c-GaN převažují tzv. threading dislokace (hranové, šroubové nebo smíšené), které se šíří vrstvou kolmo k jejímu povrchu. Autor simuloval difuzní rtg rozptyl na těchto dislokacích metodou Monte-Carlo, v níž uvážil deformační pole kolem dislokace včetně elastické relaxace na povrchu vrstvy, jakož i korelaci poloh dislokací. Výsledná rozložení difuzně rozptýlené rtg intenzity v reciprokém prostoru srovnal s experimentálními daty. Z těchto rozložení je možné určit hustotu dislokací (z šířky difrakčního maxima) a převažující typ dislokací (z exponentu asymptotické závislosti rozptýlené intenzity na vzdálenosti od uzlu reciproké mřížky). Měření byla provedena na sérii vzorků GaN s vloženou velmi tenkou vrstvou Si_xN_y , která zabraňuje šíření threading dislokací do objemu vrstvy. Výsledné hustoty a typy dislokací byly srovnány s výsledky jiných metod (transmisní elektronová mikroskopie a metalografické leptání) a bylo dosaženo dobré shody. Studie potvrdila pozitivní vliv vrstvy Si_xN_y na strukturní kvalitu vrstev GaN.

V poslední době se v polovodičové technologii začínají prosazovat vrstvy a-GaN, jejichž podstatnou výhodou je, že jejich povrch je nepolární a nevzniká tedy interní elektrické pole, jako u vrstev c-GaN, které deformuje pásovou strukturu, mění lokalizaci nositelů náboje v kvantové jámě a snižuje účinnost optických přechodů. Vrstvy a-GaN obsahují velké množství basálních vrstevných chyb v rovinách (0001) a cílem rtg difrakce bylo určit jejich hustotu a typ (tj. Burgersův vektor). Autor provedl řadu simulací difuzního rtg rozptylu na vrstevných chybách a simulovaná data srovnal s experimentálními výsledky. Ukázal, že ve vrstvách a-GaN převažují vrstevné chyby typu II a určil jejich hustotu.

Výsledky dizertace byly publikovány v třech článcích v mezinárodních časopisech (Phys. Rev. B, J. Appl. Phys., Appl. Phys. Lett.), v nichž je autor dizertace prvním autorem, další dva články jsou přijaty k publikaci, v těchto článcích je autor dizertace druhým autorem. Výsledky dizertace byly také prezentovány na mezinárodních konferencích (XTOP2010, Warwick, Velká Británie – poster, 8th School on x-ray scattering from thin layers, Smolenice, Sloven-

sko 2011 – ústní referát). Experimenty byly provedeny v rámci široké mezinárodní spolupráce, rtg měření byla provedena na synchrotronu ANKA v Karlsruhe, Německo, vzorky vrstev GaN pocházely z univerzity v Ulmu (Německo).

Předložená práce obsahuje na 140 stranách 10 kapitol a tři přílohy. V práci jsou výstižně popsány výsledky teorie a experimentů, po technické stránce nemám k práci připomínky. Podstatným nedostatkem práce je, že se autoru navzdory radám školitele nepodařilo obsah práce přehledně a logicky členit do kapitol, např. o defektech v GaN se čtenář dočte v kap. 2 a v kap. 5. Chybí také přehledná informace (nejlépe formou tabulky) o studovaných vzorcích a získaných strukturních parametrech. Práce nicméně obsahuje unikátní a cenné výsledky jak teoretické, tak metodické a experimentální povahy, vypracovaná metodika určování hustoty a typu defektů v GaN může sloužit pro rutinní ověřování kvality epitaxních vrstev.

Během práce na problému dizertační práce autor ukázal schopnost samostatné práce a řešení fyzikálních problémů. Přes nedostatek zmíněný výše proto navrhuji, aby byla práce přijata jako práce dizertační. V souhrnu lze konstatovat, že M. Barchuk splnil požadavky kladené pro udělení doktorského titulu. Doporučuji proto komisi, aby v případě úspěšné obhajoby byl M. Barchukovi udělen titul Ph.D.

V Praze, dne 30. 10. 2012

Prof. RNDr. Václav Holý, CSc.

školitel