

RNDr. Marek Bugár

Dynamics of structural defects in CdTe-based semiconductors

(Posudek doktorské dizertační práce)

Předložená práce se zabývá studiem defektů, transportních a optických vlastností monokrystalů CdTe důležitých pro jejich aplikace v detektorech rtg a gama záření. Práce je experimentální povahy a přináší řadu originálních a důležitých výsledků.

Práce se skládá ze tří částí. První část práce obsahuje přehled fyzikálních vlastností CdTe, metod růstu krystalů CdTe a strukturních defektů v CdTe krystalech. Tato část práce také přináší stručné informace o transportních a optických vlastnostech CdTe a popisuje stručně použití CdTe v detektorech rtg a gama záření. Velký důraz je kladen na popis termodynamiky krystalizace CdTe a na strukturní defekty; text může sloužit jako úvodní informace pro hlubší studium problematiky. První část práce je samozřejmě kompilát literatury, je ovšem napsána přehledně a čtivě; našel jsem jen několik drobností, které je možné textu vytknout (např. chybějící jednotky ve vztazích (1.1) a (1.2), chybí údaj o tlaku v rovnovážném diagramu $T-x$ na obr. 1.10).

Druhá část práce popisuje růst krystalů, mikroskopické, transportní a optické měřicí metody. Transportní metody použité v práci jsou standardní (elektrická vodivost, Hallovo napětí měřené metodou van der Pauw), unikátní je ovšem měření Hallova napětí za vysokých teplot (s použitím standardní 6-bodové geometrie).

Jádrem práce je část třetí, v níž jsou shrnuty a diskutovány výsledky experimentů. Tato část obsahuje tři kapitoly, zabývající se defekty v CdTe, vysokoteplotním měřením Hallova napětí a IR spektroskopii CdTe. V první kapitole je velká pozornost věnována struktuře defektů v CdSe a způsobům jejich potlačení. Ukazuje se, že v krystalech CdTe dopovaných Cl existují dva typy inkluzí – „hvězdicovité“ inkluze obsahující čisté Cd a „trojúhelníkové“ inkluze obsahující Te. V práci je popsán způsob redukce počtu inkluzí žíháním v parách Cd a Te. Tímto žíháním ovšem klesá rezistivita CdTe a snižuje se tak účinnost materiálu ve fotodetektoru. Práce se zabývá metodou následného zvýšení rezistivity a používá dvoustupňovou sekvenci žíhání, při níž klesá počet defektů a obnoví se vysoký elektrický odpor materiálu. V práci je navržen mikroskopický model této žíhací sekvence a je ukázáno, že dopování Cl je rozhodující pro kompenzaci nábojových nositelů. Druhá kapitola rozebírá výsledky vysokoteplotních měření Hallova napětí. Byly naměřeny teplotní závislosti vodivosti a koncentrace nositelů při žíhání v různých atmosférách a studovány tak procesy při dvoustupňovém žíhání zavedeném v předchozí kapitole. Třetí kapitola experimentální části je věnována měření IR propustnosti a analýze získaných dat. Byla provedena řada měření vzorků s různým dopováním po různých žíhacích krocích. Výsledky byly interpretovány pomocí modelu rozptylu IR světla na inkluzích.

Práce je experimentální povahy, experimentálních výsledky jsou většinou jen kvalitativně interpretovány, bez důkladnějších numerických simulací. To ovšem nesnižuje kvalitu a význam práce, protože uvedené výsledky jsou velmi zajímavé a důležité pro aplikace CdTe krystalů. Z práce je patrné, že autor je zručný experimentátor. Po tech-

nické stránce je práce provedena pečlivě, nižší kvalita některých obrázků (např. obr. 1.9) je způsobena kopírováním z citované literatury.

K práci mám několik připomínek, které by bylo možné diskutovat při obhajobě:

1. V práci je prezentována řada experimentálních výsledků dosažená několika experimentálními metodami, z textu však není jasné, v čem je osobní přínos doktoranda. Nelze to poznat ani ze seznamu literatury, který obsahuje 84 položek převážně zahraničních autorů. Komentovaný seznam vlastních publikací doktoranda chybí.
2. V kapitole o defektech jsou ukázány výsledky EDX měření dokazující, že inkluze obsahují čisté Cd nebo čisté Te. Chybí ovšem informace o krystalové struktuře inkluzí – bylo provedeno měření rtg difrakce nebo transmisní elektronová mikroskopie (resp. elektronová difrakce)?
3. Analýza IR transmisních spekter modelem FCA (free carrier absorption) zmíněná v kap. 5.6. je popsána velmi stručně a vyžaduje podrobnější informace. Jaký je fyzikální smysl exponentu m ve fitované funkci v obr. 5.7?

Souhrnem lze konstatovat, že předložená práce je kvalitní a splňuje všechny náležitosti a parametry. Navrhuji, aby byla práce uznána jako práce dizertační a připuštěna k obhajobě.

V Praze, dne 2. 8. 2011

Václav Holý