

Posudek na dizertační práci RNDr. Jakuba Zázvorky „Photoconductivity, photoluminescence and charge collection in semiinsulating CdTe and CdZnTe“

V Praze, 19.7.2016

Problematika, kterou se RNDr. Jakub Zázvorka zabývá ve své dizertační práci, je nadále vysoce aktuální. Důvodem jsou rozšiřující se aplikace polovodičů CdTe a CdZnTe v oblasti detekce záření gama a Rentgenova záření při lékařském zobrazování, materiálové charakterizaci a v systémech radiačního monitoringu.

Přes poměrně dlouhou historii studia materiálů CdTe a CdZnTe zůstává řada pro aplikace důležitých fyzikálních otázek nedostatečně vysvětlena a pochopena. Jedná se především o vlastní proces růstu krystalů, kompenzaci mělkých příměsí a současné dosažení vysokoodporového stavu a dostatečně dlouhé doby života nosičů elektrického proudu, jakož i problematiku vlivu stavu povrchu na svodové proudy a průběh elektrického pole v detektorech. Stávající aplikace jsou omezeny na oblast malých a středních radiačních toků. Při vysokých radiačních tocích, které jsou potřebné pro počítačovou tomografii (toky Rentgenovských fotonů více než $10^9/\text{mm}^2\text{s}$) dochází k postupnému snižování účinnosti sběru náboje v detektorech způsobenému záchytem fotogenerovaných nosičů náboje na hlubokých pastech a jejich rekombinací.

Cílem předložené dizertace byl výzkum fyzikálních procesů spojených s přítomností hlubokých hladin v objemu studovaných detektorů a s vlivem povrchových stavů na transport náboje a činnost detektoru.

V úvodní části práce jsou shrnuty v literatuře publikované výsledky týkající se hlubokých hladin. Teoretická část přehledně shrnuje oblasti potřebné k analýze v experimentu získaných závislostí – Shockley-Readův model, řešení drift-difúzní a Poissonovy rovnice a Hechtovu relaci.

V experimentální části jsou popsány základní principy použitých experimentálních metod - fotoluminiscence, bezkontaktního měření elektrického odporu, měření transientních proudů a elipsometrie.

Podstatná část dizertace je věnována dosaženým výsledkům a jejich podrobné analýze. Úvodní poměrně rozsáhlá kapitola této části je věnována velmi podrobné analýze výsledků měření fotoluminiscence se zaměřením na velmi komplikovanou a z hlediska kompenzace a transportu náboje významnou oblast energií 0.8-1.3eV. K pochopení signálu fotoluminiscence v této oblasti bylo využito komplexního přístupu zahrnujícího laserové buzení světlem s energií větší i menší než je šířka zakázaného pásu a i analýzu teplotních závislostí v širokém rozsahu teplot. Podařilo se podrobně analyzovat tři komponenty přispívající k signálu v oblasti 1.1 eV a předložit předpokládané schéma rozložení energetických hladin v zakázaném pásu.

V další kapitole výsledkové části se dizertant věnuje sběru náboje ve vysokoodporovém CdZnTe se zaměřením na závislost na mírné změny polohy Fermiho meze v blízkosti středu zakázaného pásu semiizolačních vzorků. Výsledkem podrobného studia kombinací řady experimentálních metod je předložení dvou teoretických modelů. Z aplikačního hlediska je významné potvrzení již dříve indikovaného rozporu mezi požadavkem na minimalizaci

temného proudu dosažením co největšího elektrického odporu a potřebou zachování dostatečně dlouhé doby života fotogenerovaných elektronů.

Závěrečná část rozboru výsledků je zaměřena na povrch detektorů a jejich vliv na transport náboje. Za velmi zajímavá lze považovat zjištění týkající se závislosti nelinearity odezvy materiálu na přiložený napěťový puls na elektrickém odporu povrchové vrstvy. Přestože teoretická analýza těchto výsledků není dosud uzavřena, jedná se o velmi zajímavou problematiku, jejíž pochopení má obecný význam pro správné vyhodnocení metody bezkontaktního měření elektrického odporu. Výsledky elipsometrických měření, měření I-V charakteristik a XPS povrchové vrstvy CdTe a CdZnTe a jejich časový vývoj spojený s oxidací povrchu jsou tématem poslední kapitoly výsledkové části.

Výsledky dosažené v práci považuji významné jak pro základní výzkum vysokoodporového CdTe, tak pro konkrétní aplikace v oblasti detekce vysokoenergetického záření.

Po celou dobu projevoval RNDr. Jakub Zázvorka vysoké pracovní nasazení. Je spoluautorem 12 původních prací publikovaných v časopisech s impakt faktorem. Další dvě práce jsou v současné době v recenzním řízení v Applied Surface Science a Science and Technology of Advanced materials. Jeho h-index je 3. Výsledky práce prezentoval na řadě mezinárodních konferencí. K práci přistupoval tvůrčím způsobem a významně tak přispěl k rozvoji experimentálních technik v laboratořích FÚ UK.

Během doktorského studia absolvoval zahraniční pobyt na Univerzitě ve Freiburgu – 3 měsíce.

RNDr. Jakub Zázvorka plně prokázal, že je schopen řešit náročné problémy v oboru fyziky polovodičů. Konstatuji, že dizertační práce splňuje požadavky na ní kladené a doporučuji její postoupení příslušné komisi k obhajobě a aby mu byl udělen titul PhD.



prof. Ing. Jan Franc, DrSc.
školitel
Fyzikální ústav UK