

Oponentský posudek disertační práce Jakuba Pekárka „Room-temperature semiconducting detectors”.

Tématem disertační práce je studium funkčnosti detektorů na bázi polovodičů CdTe a CdZnTe. Funkčnost detektorů je sledována ze tří hledisek. První je vliv povrchového opracování detektoru na jeho dlouhodobou stabilitu, druhá část je studium depolarizace detektorů. Třetím cílem je vyvinutí metody umožňující stanovit různé přenosové vlastnosti detektorů záření, jako je vnitřní profil elektrického pole, účinnost sběru náboje, pohyblivost a doba života nosičů náboje.

Téma disertační práce je velmi zajímavé a patří mezi aktuální témata, protože CdTe/CdZnTe detektory představují perspektivní součástky pro detekci Rentgenova a gama záření. Pro funkčnost detektorů je podstatná správná povrchová úprava detektoru snižující zásadním způsobem svodový proud součástky. Dále je pro funkci detektoru důležitá jeho depolarizace při registraci vysokého toku záření, kdy dochází k zachycení generovaných děr na hlubokých hladinách v zakázaném pásu. Jedná se o náročnou problematiku, ale doktorand měl velkou výhodu práce v týmu, který při studiu CdTe a CdZnTe detektorů dosahuje řadu let velmi dobrých výsledků.

Experimentální metody použité v disertační práci představují komplexní soubor metod, které umožnily dosažení řady unikátních výsledků. Zde bych vyzvedl rozvoj měřící metody „Laser- Transient-Current-Technique“.

Práce je psána přehledně, dobře logicky strukturována a graficky pěkně provedena. Je rozdělena do sedmi kapitol. Ve stručném úvodu je shrnuta historie výzkumu CdTe a CdZnTe krystalů, příprava a charakterizace detektorů, jasně je popsána motivace a dobře jsou definovány cíle dizertační práce. V teoretické části jsou uvedeny základní rovnice popisující transport nerovnovážných nositelů v detektoru. Ve třetí kapitole jsou popsány použité měřící techniky i s detailními schémata zapojení jednotlivých měřících aparatur. Těžiště práce je v kapitolách 4, 5 a 6, kde jsou prezentovány a diskutovány všechny dosažené výsledky. Čtvrtá kapitola se zabývá povrchovou úpravou materiálů CdTe a CdZnTe před přípravou kovového kontaktu a vlivem těchto různých úprav na svodový proud a spektrální rozlišení s ohledem zejména na dlouhodobou stabilitu detektorů. Jako nejlepší technologie přípravy povrchu se ukázalo chemicko - mechanické leštění a leptání v brom metanolu s následnou pasivací v 50% hydroxidu draselném nebo ve vodném roztoku $\text{NH}_4\text{F} / \text{H}_2\text{O}_2$. Tato úprava vedla k podstatné redukci svodového proudu. Následující kapitola se věnuje depolarizaci detektorů infračerveným světlem. U detektoru pod vysokým tokem rentgenových paprsků dochází k zachycení generovaných děr na hlubokých úrovních a tím k vytvoření prostorového náboje uvnitř vzorku. Tento prostorový náboj stíní aplikované elektrické pole a tím dochází k nižší účinnosti detektorů. Depolarizace detektorů lze dosáhnout infračerveným osvětlením vzorku určité vlnové délky a intenzity, v tomto případě 1200 nm. Přidáním tohoto dodatečného osvětlení je možné generovat elektrony z valenčního pásma na hluboké hladiny, kde dochází k jejich rekombinaci se zachycenými dírami a důsledku toho klesá hodnota prostorového náboje. V šesté kapitole se autor zabývá v první části přenosovými charakteristikami detektorů pomocí metod „Transient-Current-Technique“ (TCT) a „Transient-Charge-Technique“ (TChT). Signál byl generován alfa-částicemi. V druhé části šesté kapitoly je věnována vývoji měřící metody „Laser- Transient-Current-Technique“, kde zdroj alfa-částic byl nahrazen laserem. Tato metoda umožnila přesnější stanovení efektivitu sběru náboje a pohyblivosti elektronů i při malých hodnotách přiloženého elektrického pole. V poslední části této kapitoly byla experimentálně studována L-TCT odezva koplanárního detektoru a

výsledky byly porovnány s teoretickým modelem. V závěru jsou přehledně shrnuty všechny dosažené výsledky.

Práce obsahuje celou řadu originálních výsledků, z kterých bych především vyzdvihl optimalizaci úpravy povrchu, která vedla k podstatnému snížení svodového proudu a rozšíření měřící metody L-TCT, které umožnilo získání přesnějších výsledků.

K práci mám následující dotazy a připomínky:

1. Postrádám přehled měřených detektorů, kde by byly uvedeny jejich parametry. Na úvod jednotlivých kapitol je sice zmínka o měřených detektorech, ale to je podle mě nedostatečné.

2. Ve čtvrté kapitole mi chybí aspoň základní popis dějů při pasivaci povrchu, vysvětlení proč se liší jednotlivé postupy a co je příčinou špatné časové stability detektorů pasivovaných metodou BE + NHF?

3. Pasivace předchází přípravě kontaktů, jak ovlivňuje typ a kvalitu kontaktů? Na straně 51 se uvádí, že In anoda pomáhá snížit svodový proud, proč?

4. K depolarizaci $\text{Cd}_{0.9}\text{Zn}_{0.1}\text{Te}$ detektoru dochází v intervalu $\sim 0.9 \text{ eV} - 1.25 \text{ eV}$ s maximem efektu $\sim 1.05 \text{ eV}$. Závisí poloha maxima depolarizace na šířce zakázaného pásu, případně na dotaci krystalu?

5. Koreluje křivka depolarizace (obr. 5.4) se spektrální závislostí absorpčního koeficientu?

6. Výsledky měření metodou TChT jsou ovlivněny použitou měřící elektronikou. Je možné sestavit měřící aparaturu tak, aby tomu tak nebylo? Jaký smysl má použití této metody ve srovnání s metodou TCT?

Přes uvedené připomínky disertační práce Jakuba Pekárka „Room-temperature semiconducting detectors” splňuje požadavky kladené na disertační práci a prokazuje předpoklady autora k samostatné vědecké práci. Disertační práci doporučuji k obhajobě.

V Praze dne 22. 8. 2017

Ing. Jiří Oswald CSc.
Fyzikální ústav AV ČR v.v.i.