

Posudek na doktorskou práci Mgr.Hassana Elahadidyho „Fotoelektrická spektroskopie hlubokých hladin ve vysokoodporovém CdTe“

V Praze, 15.7.2008

Problematika, kterou pan Hassan Elhadidy zvolil za téma své doktorské práce je v současné době vysoce aktuální. Důvodem je to, že polovodiče CdTe a CdZnTe představují z hlediska svých vlastností ideální materiály pro detektory záření gama a rentgenova záření, jejichž rozsáhlé uplatnění se očekává v lékařském zobrazování, materiálové charakterizaci a v bezpečnostních aplikacích.

Širšímu uplatnění těchto materiálů zatím brání to, že je obtížné připravit výchozí monokrystaly v kvalitě umožňující kompletní sběr náboje v objemech, které by umožňovaly uplatnění technologií mikroelektroniky pro přípravu detektorových matic. Hlavní příčinou tohoto stavu jsou defekty, jejichž energetické hladiny leží hluboko v zakázaném pásu a které působí jako efektivní past'ová a rekombinační centra. Přes dlouhodobé úsilí zůstává identifikace většiny hlubokých hladin v oblasti spekulací.

Cílem doktorské práce bylo přispět k pochopení vlivu hlubokých hladin přítomných v materiálu na transport náboje a pokusit se zjistit ty, které sběr elektronů a děr nejvíce ovlivňují. K charakterizaci vysokoodporových vzorků CdTe legovaných různými příměsemi bylo použito několik metod – Termoelektrická spektroskopie, PICTS (photo induced current transient spectroscopy, optická fotoluminiscence a mapování elektrického odporu bezkontaktní metodou.

V úvodní části práce je velmi podrobně shrnut dosavadní stav poznání hlubokých hladin v CdTe a jejich identifikace, a to jak z pohledu experimentálního, tak na základě teoretických ab-initio výpočtů. Následuje stručná teoretická část a obsáhlé shrnutí experimentálních metod v práci použitých.

Za významný přínos práce lze považovat vybudování a uvedení do provozu aparatury pro měření termoelektrické spektroskopie hlubokých hladin. Jedná se unikátní spektroskopickou metodu umožňující určit energie a záchytné průřezy pastí včetně toho zda dochází k záchytu elektronů nebo děr.

Za hlavní výsledky doktorské práce lze považovat, že se podařilo ukázat, že krystaly CdTe legované donory s hlubokými hladinami poblíž středu zakázaného pásu (Ge, Sn) vykazují

na těchto hladinách záchyt elektronu. Naproti tomu hluboké hladiny fixující Fermiho energii v krystalech legovaných mělkými donory (In, Cl) jsou děrové pasti. To vysvětluje, proč se nedaří při legování hlubokými donory připravit detektorový materiál s dostatečně dlouhou dobou života elektronů potřebný pro kompletní sběr náboje generovaným dopadajícími kvanty rentgenova nebo gama záření. Tento výsledek byl potvrzen měřeními fotoluminescence, která ukázala o 1-2 řády vyšší signál fotoluminescence hlubokých hladin pro případ materiálu s hlubokými donory. V krystalech legovaných In se podařilo ukázat korelaci mezi integrální intenzitou signálu z A-center a z hlubokých hladin. Tento výsledek indikuje, že tyto hluboké hladiny jsou komplexy vznikající současně s A-centry a mělo by tedy být v budoucnu možné jejich koncentraci ovlivňovat vhodnou teplotou během růstu krystalů. Pomocí numerického modelu byly porovnány různé metody používané pro stanovení parametrů hlubokých hladin z křivek termoelektrické emise. Bylo zjištěno, že nejlepšího souladu se vstupními parametry modelu dosahuje tzv. metoda „heating rate“, jež byla v celé práci k určení parametrů hladin použita.

Výsledky dosažené v práci považují významný pokrok v pochopení vlivu hlubokých hladin na fotoelektrický transport náboje v semiizolačním CdTe, na jejichž základě bude možné v budoucnu ovlivňovat technologii přípravy krystalů s cílem dosáhnout větší výtěžnosti materiálu vhodného pro detektorové aplikace.

Po celou dobu projevoval doktorand vysoké pracovní nasazení. To umožnilo publikaci většiny výsledků v mezinárodních vědeckých časopisech. Celkově vyšlo v mezinárodních časopisech (J.Mater. Research, J.Appl.Phys., J.Electron.Mater, Semicond.Sci.technol.) 6 prací. Výsledky byly rovněž prezentovány na několika mezinárodních konferencích.

V rámci doktorské práce absolvoval doktorand pobyty na Univerzitě ve Freiburgu, SRN, kde prováděl část měření.

Konstatuji, že doktorská práce splňuje požadavky na ní kladené a doporučuji jí k obhajobě. Navrhuji aby po úspěšné obhajobě byl panu Mgr. Hassanu Elhadidymui udělen titul Dr. (PhD).

Doc.Ing.Jan Franc, DrSc.
vedoucí doktorské práce
Fyzikální ústav UK