

Warszawa 22 stycznia 2015 r.

Prof. dr hab. Marek Godlewski
Instytut Fizyki
Polskiej Akademii Nauk
02-668 Warszawa
Al. Lotników 32/46

**Recenzja rozprawy doktorskiej
magister Karoliny Wichrowskiej
zatytułowanej:**

**"Defekty strukturalne w heterozłączach
półprzewodnikowych na bazie CdTe"**

Praca doktorska magister Karoliny Wichrowskiej wykonana została w Instytucie Fizyki Polskiej Akademii Nauk w Warszawie pod kierunkiem profesora dr hab. Tadeusza Wosińskiego. Celem rozprawy było wyjaśnienie natury głębokich stanów defektowych w warstwach CdTe i heterostrukturze CdTe/ZnTe wykonywanych metodą MBE. Badane przez mgr Wichrowską próbki wykonywane były w grupie profesora Grzegorza Karczewskiego w Instytucie Fizyki PAN w Warszawie. Struktury te wytwarzano i badano pod kątem możliwych zastosowań fotowoltaicznych. Dla tych zastosowań zrozumienie procesów pułpkowych nośników było kluczowe.

Rozprawa doktorska składa się z dziesięciu rozdziałów. Praca liczy 111 stron, zawiera liczne wykresy zawierające uzyskane wyniki i długą listę odnośników do prac z tematyki rozprawy. Praca napisana jest bardzo starannie i czyta się ją z przyjemnością.

Należy zaznaczyć, że wiedza o defektach w sieci CdTe jest dosyć bogata, co jest omówione w rozdziale drugim rozprawy. W tym sensie obserwowane w wykonanych pomiarach różne defekty nie badane były po raz pierwszy. **Jako recenzent zastanowiłem się przede wszystkim czy uzyskane w rozprawie wyniki są oryginalne. Po przeczytaniu rozprawy nie mam tych wątpliwości.** Na szczęście, co jest podkreślane przez autorkę rozprawy, dane literaturowe o defektach w sieci CdTe były (i nadal są) bardzo rozbieżne. Silną stroną wykonanych badań jest zestawienie wyników dla próbek zarówno n jak p typu, a następnie dla heterostruktur CdTe/ZnTe, w tym tak przygotowanej, że obszar zubożony jest po stronie CdTe złącza. Badane były także próbki wzrastane na dwóch typach podłoży – GaAs i CdTe. **Uważam, że przedstawiona w pracy analiza defektów w CdTe jest bardzo wartościowa.**

Przystępując do opisu formalnego pracy podaję że, składa się ona (jak już pisałem) z dziesięciu rozdziałów. **Do rozprawy dołączony jest spis dorobku naukowego doktorantki, który jest już duży!** Spis obejmuje 9 publikacji i liczne prace konferencyjne.

Rozprawa rozpoczyna się krótkim wprowadzeniem merytorycznym (rozdział pierwszy). Następnie w rozdziale drugim omówione są podstawowe właściwości CdTe i (jak już pisałem) omówiona jest dotychczasowa wiedza o defektach w sieci CdTe. Ponieważ w rozprawie badane są próbki wykonywane metodą MBE, autorka rozprawy zakłada, że w badanych próbkach brak jest obcych domieszek. Biorąc pod uwagę wysoką czułość użytej metody badawczej (DLTS) jest to, w moim odczuciu, jednak założenie dosyć ryzykowne.

W konsekwencji w całej rozprawie, w tym w kolejnym trzecim rozdziale, dyskutowane są prawie wyłącznie „proste”, samoistne defekty sieci typu luka kadmowa w różnych stanach ładunkowych. Dziwne, że autorka nie rozpatruje istotnej roli tzw. centrów A (kompleks luki kadmowej z donorem). Jest to bardzo rozpowszechniony defekt w objętościowych materiałach II-VI.

Rozdział czwarty rozprawy zawiera opis właściwości stanów defektowych, w tym tych spodziewanych w polu elektrycznym. Omówiona jest także rola silnego sprzężenia z siecią, ważna w przypadku defektów typu DX, których obecność w sieci CdTe jest postulowana.

Rozdział piąty rozprawy zawiera wstęp teoretyczny do badanych zjawisk (fizyka złącza) jak i opis użytych metod doświadczalnych. Dokładnie omówiona jest metoda DLTS używana przez autorkę rozprawy.

Rozdział szósty to opis badanych próbek. Użycie próbek wykonanych metodą MBE jest istotne. Takie próbki są „czystsze” od kryształów objętościowych. Metoda MBE umożliwia lepszą kontrolę ich czystości. Z drugiej strony użycie tej właśnie metody istotnie podnosi koszty wykonanych struktur. Tym samym nie wierzyc aby możliwa była komercjalizacja badanych struktur w fotowoltaice. Nie jest to oczywiście zarzut do autorki rozprawy, ale wyłącznie komentarz do stwierdzenia zawartego w rozprawie, że możliwe są zastosowania fotowoltaiczne badanych struktur.

Główne wyniki rozprawy zawarte są w rozdziale siódmym. Zawiera on bardzo wartościowe wyniki pomiarowe i przekonującą ich analizę. Uzupełniające wyniki pomiarowe (wyniki pomiarów TEM i XRD wykonane przez inne osoby) podane są w

rozdziałach ósmym i dziewiątym. Zaskoczyło mnie podane w rozdziale dziewiątym porównanie wyników XRD dla próbek CdTe osadzanych na podłożu GaAs i CdTe (homoepitaksja). Stwierdzenie, że próbki homoepitaksjalne są lepsze wydaje się oczywiste gdyby nie fakt podkreślany w dużej liczbie znanych mi publikacji, że podłoża GaAs są znacznie lepszej jakości niż CdTe i dlatego są wykorzystywane w epitaksji CdTe mimo niedopasowania sieciowego.

Jak już pisałem praca napisana jest bardzo starannie. W omówieniu treści rozprawy nie podaję żadnych uwag krytycznych. Uzyskane wyniki i ich interpretacja są przekonujące. Należy podkreślić, ostrożność autorki. W przypadku niejasności autorka pisze „prawdo podobnie itp... Unika więc ryzykownych stwierdzeń. Dla mnie jest to dowód jej dojrzałości naukowej.

Konkludując uważam, że rozprawa doktorska magister Karoliny Wichrowskiej spełnia wszystkie wymagania formalne stawiane pracom doktorskim. Tym samym wnioskuję o dopuszczenie kandydatki do publicznej obrony tej rozprawy.

Na koniec chciałbym dodać uwagę osobistą. Pamiętam panią Karolinę jako studentkę uczęszczającą na moje wykłady, która (jak mówili inni studenci) była studentką innej kategorii. Z przyjemnością przeczytałem tę rozprawę potwierdzającą duży potencjał naukowy doktorantki. Życzę więc jej dalszych sukcesów naukowych.

Prof. dr hab. Marek Godlewski

