

Warszawa, 05.03.2013

dr hab. Jerzy Łusakowski
Instytut Fizyki Doświadczalnej
Wydział Fizyki Uniwersytetu Warszawskiego
jerzy.lusakowski@fuw.edu.pl
tel.: 22 55 32 408

Recenzja rozprawy doktorskiej mgr. Krzysztofa Kolwasa
“Zjawiska transportu elektronowego w mikrostrukturach PbTe z wieloma kontaktami
i w strukturach hybrydowych In/PbTe”

Rozprawa doktorska mgr. Krzysztofa Kolwasa “Zjawiska transportu elektronowego w mikrostrukturach PbTe z wieloma kontaktami i w strukturach hybrydowych In/PbTe” poświęcona jest zagadnieniom związanym z jednym z najgorętszych aktualnie tematów w fizyce ciała stałego - izolatorom topologicznym i nadprzewodnikom topologicznym.

Zakres badań przedstawionych w rozprawie mgr. K. Kolwasa wyznaczyły dwa zagadnienia. Pierwszym z nich była doświadczalna próba odpowiedzi na pytanie, czy w PbTe jest realizowana faza dwuwymiarowego izolatora topologicznego. Poszukiwania tej fazy realizowane były poprzez pomiar oporów nielokalnych w wartwach epitaksjalnych PbTe. Drugim zagadnieniem były badania złączy nadprzewodnik - półprzewodnik w układzie In/PbTe. Badania te prowadzono metodą pomiaru oporu w zależności od temperatury oraz podatności magnetycznej.

Rozprawa składa się z dwóch zasadniczych części oraz dodatków. W części pierwszej (Rozdział 1) omówione są podstawowe zagadnienia związane z izolatorami topologicznymi oraz aspektami pomiarowymi takich związków. Autor przedstawia to zagadnienie wychodząc od podstawowych zagadnień dotyczących struktury pasmowej ciał stałych, półprzewodników z wąską przerwą i oddziaływania spin-orbita, co umożliwia wprowadzenie kluczowych pojęć i relacji wykorzystywanych w drugiej części pracy. Omówiony jest także spinowy efekt Halla oraz złącze nadprzewodnik - półprzewodnik.

Druga część pracy (Rozdziały 2 - 4) zawiera opis procedur eksperymentalnych i wyników pomiarów wraz z ich dyskusją. Zamieszczone na końcu pracy Dodatki pozwalają Autorowi na

szczegółowe przedstawienie kilku zagadnień o charakterze bardziej technicznym (np. opis procedury wytwarzania kontaktów indowych do PbTe, czy opis programów w języku LabView stosowanych do sterowania eksperymentem).

Wybór PbTe jako materiału, w którym poszukiwana była faza izolatora topologicznego był oparty na przesłankach wynikających z prac wykonanych w grupie prof. Grzegorza Grabeckiego w koncu lat 90-tych oraz ożywionej dyskusji sprzed kilku lat o możliwości wystąpienia tej fazy w PbTe.

Przeprowadzone przez mgr. K. Kolwasa badania wykazały, że faza taka w przypadku badanych kryształów PbTe nie występuje, zaś silne efekty oporu nielokalnego obserwowane w próbkach PbTe na podłożu BaF₂ pochodziły od przewodnictwa równoległego w podłożu. Przeprowadzenie dowodu, że to właśnie przewodnictwo równoległe jest odpowiedzialne za znaczące wartości oporów nielokalnych wymagało wytworzenia i zbadania warstw PbTe wyhodowanych na studniach kwantowych PbEuTe, redukujących udział przewodnictwa równoległego w podłożu.

Analiza przewodnictwa układu In/PbTe wykazała, że poszukiwane złącze In/PbTe jest w istocie realizowane przez bardziej skomplikowany układ In/nadprzewodnik międzyfazowy/PbTe, co uniemożliwia prowadzenie badań poszukiwanego topologicznego nadprzewodnika.

Przedstawione w rozprawie badania nie doprowadziły do spektakularnego sukcesu, jakim niewątpliwie byłoby wykazanie istnienia fazy izolatora topologicznego w PbTe lub nadprzewodnika topologicznego w układzie In/PbTe. Nie uważam jednak tego za czynnik obniżający wartość rozprawy. Przeciwnie, samo znalezienie odpowiedzi na postawione pytania, nawet jeśli nie są to odpowiedzi w pełni satysfakcjonujące jest wystarczającym dowodem jakości wykonanej pracy.

Na podkreślenie zasługuje systematyczność procedur badawczych oraz staranność ich przeprowadzenia. Wykonanie opisanych badań wymagało od Autora osobistego wdrożenia się w szereg niełatwych (także manualnie) technik eksperymentalnych związanych z przygotowaniem próbek (litografia, przygotowanie kontaktów). Badania prowadzone były z wykorzystaniem szeregu technik pomiarowych (pomiar transportowy w zależności od pola magnetycznego, pomiar podatności magnetycznej, pomiar metodą spektroskopii jonów wtórnych, obrazowanie za pomocą mikroskopu sił atomowych). Szeroki zakres stosowanych metod badawczych miał na celu jak najlepsze określenie właściwości badanych struktur i świadczy o rzetelnym podejściu do badanych problemów.

Od strony edytorskiej rozprawa jest przygotowana bardzo starannie. Rysunki są przedstawione w prawidłowej skali, z zachowaniem właściwych podpisów i czytelnych opisów. Odnośniki do równań i pozycji literaturowych są wykonane prawidłowo. Na podkreślenie zasługuje bogata bibliografia (198 pozycji), szczegółowo ilustrująca omawiane zagadnienia. Rozprawa jest napisana z dbałością o prawidłową formę językową, bez używania wyrażen żargonowych, o które łatwo w pracach

specjalistycznych.

Wyraźniejszym mankamentem jest dla mnie zbyt pobieżna analiza kierunków dalszych prac eksperymentalnych. Rozprawa w znaczącym stopniu opiera się na procesach technologicznych (wzrost warstw epitaksjalnych i studni kwantowych, proces formowania kontaktów) i w związku z tym można oczekiwać przedstawienia szerszych propozycji modyfikacji zastosowanych dotychczas rozwiązań.

Podsumowując, uważam rozprawę mgr. Krzysztofa Kolwasa za cenny wkład w dziedzinę badań izolatorów topologicznych i spełniającą formalne i zwyczajowe wymagania stawiane rozprawom doktorskim i wnoszę o dopuszczenie jej do publicznej obrony.

A handwritten signature in black ink, appearing to be 'K. Kolwas', written in a cursive style.