

Promotor naukowy

Prof. dr hab. T. Wosiński

Autor

Mgr Inż. Khrystyna Levchenko

*Rozcieńczony Półprzewodnik Magnetyczny (Ga, Mn)(Bi, As) - Charakteryzacja Warstw i Transport Elektronowy w Strukturach Niskowymiarowych*

## **Streszczenie**

Głównym celem mojej rozprawy doktorskiej jest wzbogacenie i rozszerzenie wiedzy dotyczącej jednego z najintensywniej badanych związków z klasy rozcieńczonych półprzewodników magnetycznych – (Ga,Mn)As, który, z niekonwencjonalną domieszką ciężkich atomów Bi, tworzy nowy związek poczwórny – (Ga,Mn)(Bi,As). Na podstawie istniejącej szerokiej wiedzy eksperymentalnej i teoretycznej dotyczącej półprzewodników ferromagnetycznych, która posłużyła jako punkt odniesienia w badaniu nowego materiału, możemy odkryć jego potencjał, skupiając się na badaniach właściwości magnetycznych i magneto-transportowych. Najważniejszym wynikiem rozprawy doktorskiej jest ujawnienie zwiększonej siły sprzężenia spin-orbita wywołanej dodaniem atomów Bi, która skutkuje zwiększonym polem koercji warstw przy zachowaniu ich podstawowych właściwości, a w szczególności, anizotropii magneto-krystalicznej dominującej w niskotemperaturowych pomiarach magneto-transportowych w słabych polach magnetycznych.

Wszystkie badania przeprowadzone były na szeregu cienkich warstw (Ga,Mn)As i (Ga,Mn)(Bi,As) o różnej grubości, koncentracji domieszek (Mn i Bi), buforze i naprężeniach. Wyniki badań metodami wysokorozdzielczej dyfraktometrii rentgenowskiej, spektroskopii masowej jonów wtórnych, transmisyjnej mikroskopii elektronowej i spektroskopii Ramana pokazują, że (Ga,Mn)(Bi,As), pomimo złożonej struktury, ma wysoką jakość strukturalną o niskiej koncentracji defektów i jednorodnym rozkładzie składników. Właściwości magnetyczne warstw badane były za pomocą magnetometrii magneto-optycznego efektu Kerra, magnetometrii SQUID i spektroskopii relaksacji spinowej mionów, które umożliwiły szczegółową analizę anizotropii magneto-krystalicznej i jednorodności struktury magnetycznej oraz wyznaczenie stosunkowo wysokich temperatur Curie. Uzyskane wyniki pokazały, że dodanie już 1% Bi może obniżyć nawet o 20% temperaturę fazowego przejścia magnetycznego, ale zachowuje anizotropię magneto-krystaliczną, z łatwą osią magnetyczną w płaszczyźnie warstwy, wzdłuż kubicznych kierunków krystalograficznych  $\langle 100 \rangle$  w temperaturze ciekłego helu, dla warstw hodowanych w warunkach naprężeń ściskających, oraz prostopadłą anizotropią z łatwą osią wzdłuż kierunku [001] dla warstw hodowanych w warunkach naprężeń rozciągających. Pomiar magneto-transportowe w niskich temperaturach w słabych ( $\pm 0.1$  T) i silnych ( $\pm 13$  T) polach magnetycznych pokazały znacznie zwiększony magneto-opór warstw oraz wzrost ich pola koercji i pola anizotropii w wyniku dodania atomów Bi. Wpływ siły sprzężenia spin-orbita

*K. Levchenko*

*T. Wosiński*

21.10.2019

oszacowano w modelu kwantowej słabej lokalizacji dla dwuwymiarowych warstw ferromagnetycznych.

Mam nadzieję, że przedstawione wyniki rozprawy przyczynią się zarówno do rozwoju nowych koncepcji spintronicznych elementów pamięci magnetycznych jak i do zrozumienia zjawisk kwantowych indukowanych rozpraszaniem spinowym w obecności pola magnetycznego.

*H. Leochenka*  
*Prof.*