

STRESZCZENIE PRACY DOKTORSKIEJ

Badanie wpływu ciśnienia hydrostatycznego i naprężeń wewnętrznych na wybrane własności magnetyczne i transportu elektronowego warstw epitaksjalnych GaMnAs.

(Ga,Mn)As jako typowy przykład półprzewodnika półmagnetycznego jest rozważany jako potencjalny kandydat na materiał do zastosowań spintronicznych. Jednakże pomimo licznych doświadczalnych i teoretycznych prac poświęconych tej tematyce, wiele kwestii pozostaje wciąż niewyjaśnionych. Stąd potrzeba nowych eksperymentalnych danych.

W niniejszej rozprawie doktorskiej przedstawiono wyniki pomiarów przeprowadzonych na serii próbek $\text{Ga}_{1-x}\text{Mn}_x\text{As}$ z zawartością manganu $x \approx 6-7\%$. Próbki zostały wyhodowane niskotemperaturową techniką epitaksji z wiązki molekularnej. Część warstw wyhodowano na buforze $\text{Ga}_{1-y}\text{In}_y\text{As}$ o różnej zawartości indu ($y = 12 - 30\%$), a część bezpośrednio na podłożu GaAs. W badaniach koncentrowano się na magnetycznych i magnetotransportowych właściwościach próbek, takich jak anizotropia oraz temperatura krytyczna T_C przejścia fazowego paramagnetyk-ferromagnetyk.

W pracy zaprezentowano pomiary oporu oraz namagnesowania w funkcji zewnętrznego pola magnetycznego oraz temperatury. Analiza przeprowadzona w oparciu o rozszerzony model Stonera-Wolfartha pozwoliła wyznaczyć parametry anizotropii magnetycznej badanych próbek. Wyznaczono zarówno parametry opisujące anizotropię pozapłaszczyznową jak i anizotropię w płaszczyźnie.

Na szczególną uwagę zasługują wyniki uzyskane dla próbki z silnym naprężeniem epitaksjalnym wywołanym przez bufor $\text{Ga}_{0.7}\text{In}_{0.3}\text{As}$ z dużą zawartością indu. Niedopasowanie sieciowe równe 2% jest istotnie większe niż w badanych dotychczas próbkach tego typu. Pozwoliło to zwiększyć anizotropię magnetyczną próbki i osiągnąć pole anizotropii równe 2 T.

Dla jednej z warstw GaMnAs wyhodowanych bezpośrednio na podłożu GaAs zaobserwowano niemonotoniczną zależność pola anizotropii w funkcji temperatury,

Główna część pracy skupiona jest wokół pomiarów magnetotransportowych GaMnAs pod wysokim ciśnieniem hydrostatycznym. Badania przeprowadzono dla dwóch próbek wyhodowanych na buforze GaInAs. Dla obu zaobserwowano wzrost temperatury krytycznej

T_C wywołany ciśnieniem i równy około 2 K na 1 GPa. Porównują uzyskane wyniki z wcześniej otrzymanymi (dla próbek bez bufora GaInAs) zauważono, że wzrost T_C jest tym większy im wyższa jest wyjściowa temperatura krytyczna w ciśnieniu normalnym.

W celu wyznaczenia temperatur krytycznych użyto czterech różnych metod. Porównanie wyników otrzymanych każdą z nich pozwoliło zauważyć, że metoda bazująca na pochodnej oporu po temperaturze nie daje dobrych rezultatów dla próbek z niską T_C i tym samym nie jest uniwersalna.

Wyznaczono także zmiany stałych anizotropii (pozapłaszczyznowej oraz w płaszczyźnie) w funkcji zewnętrznego ciśnienia hydrostatycznego. Badania przeprowadzono dla dwóch próbek o znacząco różnej anizotropii. Dla jednej z nich osią łatwą była oś prostopadła do płaszczyzny próbki, dla drugiej oś leżąca w płaszczyźnie próbki. Zewnętrzne ciśnienie wywołało wzrost pola anizotropii o $10\% \pm 5\%$ na 1 GPa dla obu próbek. Badania anizotropii próbek GaMnAs w ciśnieniu hydrostatycznym nie były wcześniej wykonywane.

Wykonano także pomiary oporu w funkcji zewnętrznego pola magnetycznego. Zaobserwowano anomalie magnetooporu o złożonej strukturze, na przykład wąskie maksimum otoczone przez płytkie minima bądź wiele maksimów położonych blisko siebie. Za pomocą symulacji komputerowych przepływu prądu i rozkładu potencjału na próbce wyjaśniono pochodzenie złożonych anomalii jako związane z przemagnesowywaniem się próbki. Metoda elementów skończonych pozwoliła powiązać złożoną strukturę pików ze strukturą domenową, odtwarzając teoretycznie kształt zaobserwowanych anomalii. Zaimplementowany algorytm może być z powodzeniem użyty do rozwiązania innych problemów wymagających rozważania przepływu prądu przez niejednorodną próbkę w polu magnetycznym.

Podsumowując, w niniejszej pracy uzyskano nowe wyniki doświadczalne. Pomiary temperatury krytycznej oraz anizotropii magnetycznej w warunkach wysokiego ciśnienia hydrostatycznego stanowią oryginalny wkład do badań w zakresie warstw GaMnAs i tym samym mogą się przyczynić do głębszego zrozumienia fizyki półprzewodników półmagnetycznych i opisujących je modeli.

Piotr Juszyński