

Recenzja pracy doktorskiej mgr Piotra Sankowskiego „Theory of spin dependent phenomena in layered structures based on(Ga,Mn)As”

Teoretyczne rozważania zawarte w przedstawionej mi do opinii pracy dotyczą obliczeń mających na celu wyjaśnienie natury sprzężenia wymiennego pomiędzy warstwami półprzewodników magnetycznych rozdzielonych warstwami półprzewodnika nie posiadającego takich własności (rozdział 3) oraz tunelowaniu dziur w diodach Zenera złożonych z magnetycznych (ferromagnetycznych) okładek i niemagnetycznej bariery (rozdziały 5,6 i 7). W szczególności rozpatrywana jest kwestia anizotropii magnetooporu tunelowego w zależności od orientacji namagnesowania w okładkach. Każda z części poprzedzona jest wstępem o charakterze bardziej ogólnym opisującym stosowaną do obliczeń technikę. Za klamrę spinającą uznać można stosowane w całej pracy obliczenia metodą ciasnego wiązania.

Przedstawiona mi do zaopiniowania rozprawa, jak napisałem powyżej, jest obszerna i porusza dużą ilość tematów, dotyczy kilku różnych zjawisk fizycznych ważnych dla potencjalnych zastosowań, i rozpatruje je posługując różnymi narzędziami teoretycznymi. Dotyczy, wbrew tytułowi nie tylko materiałów III-V z manganem ale również supersieci zbudowanych z innych atomów. W tym sensie materiał zawarty w pracy mógłby „obsłużyć” więcej niż jeden doktorat. Merytorycznie praca jest bardzo dobra a jej wyniki są ważne dla spintroniki.

Merytorycznie rozprawa jest bardzo dobra. Mam tylko kilka zastrzeżeń, które być może wynikają wyłącznie z mojego niezrozumienia. Po pierwsze nie jestem pewien czy zaniechanie problemów związanych z lokalizacją nośników jest realistycznym założeniem przy rozpatrywaniu zjawisk transportu, przynajmniej w obszarze wysokich koncentracji dziur, który w pracy jest również rozpatrywany.

Moja druga uwaga dotyczy rysunku 7.1. Dotyczy on bardzo prostej, analitycznej relacji modelowej pomiędzy polaryzacją spinową nośników a poziomem Fermiego. Nie wiem skąd pochodzą zafalowania na krzywych i dlaczego nie widać pełnej polaryzacji dla wartości poziomu Fermiego mniejszych niż rozszczepienie spinowe. Czy jest to efekt skończonej temperatury? Jeśli tak, to wypadałoby podać jej wartość.

Jak dobre jest przybliżenie polegające na zaniechaniu niezależnej od spinu części nieciągłości pasm pomiędzy (Ga,Mn)As i GaAs czy InAs?

Niektóre rysunki (np. 5.10a, czy 6.10 a) dyskutujące anizotropię prądu tunelowego wykazują niezrozumiałą dla mnie brak symetrii. Jak jest jej źródło?

W jakim sensie używa autor słowa „granica” w podpisie do rysunku 6.10? Nie widzę dla małych napięć żadnego zachowania asymptotycznego.

W podsumowaniu, autor pisze, że obliczona przez niego zależność prądu tunelowego od napięcia jest poprawna. Jak dobrze zgadza się ta wartość z danymi doświadczalnymi?

Od strony formalnej praca pozostawia jednak wiele do życzenia. Po pierwsze, napisana jest skrótowo i wiele pozostawia czytelnikowi do domysłu. Na przykład termin „TMR ratio” choć wielokrotnie wykorzystywany w rozdziałach wcześniejszych, formalnie zdefiniowany jest dopiero w rozdziale 7. Zapewne również ta nadmierna oszczędność nie pozwoliła autorowi skomentować, dlaczego np. na rysunku 6.2 są załamania na krzywych lub pojawiają się na nich piki (rys. 6.3a czy 6.6b)? Co oznaczają falki nad AAs na stronie 72 i 75?

Choć niemal wolna od błędów literowych (znalazłem ich tylko kilka) praca napisana jest złym językiem. Językiem pracy jest język angielski, obcy zarówno dla recenzenta jak i – w sposób oczywisty – dla autora. Decyzję o napisaniu pracy w tym języku należy uznać za błąd. To nie tylko kwestia urody używanego w pracy języka, czy stylu, czy drobnych potknięć (takie też są). Zła kolejność składniowa niektórych zdań czasami bardzo utrudnia ich zrozumienie – patrz, na przykład str. 56 - „Next we study the effect of material properties on the TMR and its decrease, i.e., hole and Mn concentration in magnetic layers and nonmagnetic spacer band offset” lub – str. 62 - “This is the result of the relative change of the Fermi level in both leads and hence the bias for which the levels match at best is shifted as well”).

Niektóre skróty (np. IEC pojawiające się na stronie 8, nie są wcześniej wyjaśnione. Dotyczy to też używanych we wzorach symboli (np. operator translacji w 2.4 nie jest nigdzie nazwany, a podobny symbol używany jest dalej na oznaczenie współczynnika transmisji).

Na rysunku 1.6 przydałoby się narysować kierunek przepływu prądu. Co to jest vertical spin coherent transport – str. 17? Co to znaczy, że „atomic orbitals...can be diagonalized” – str. 20?

Dostępny mi egzemplarz pracy zawiera rysunki w wersji czarno-białej. Uniemożliwia to analizę i zrozumienie dużej z nich liczby. Byłoby pomocne, by choć jeden z rysunków typu 5.14 zawierał opis osi krystalicznych. Na rys. 7.1 krzywa dla $s=0.22$ eV powinna być chyba w „okienku” z oznaczeniami zaznaczona jako przerywana – nie jest.

Zaletę niewątpliwą pracy jest zebrana w niej obfita literatura dotycząca poruszanych zagadnień (pozostaje dla mnie jednak niezrozumiałe, dlaczego cytownie tej literatury w tekście rozprawy rozpoczyna się od pozycji 72).

Podsumowując, uważam pracę doktorską mgr Piotra Sankowskiego za ciekawą i merytorycznie bardzo dobrą i pomimo powyższych uwag krytycznych uważam, że z nadmiarem spełnia kryteria stawiane pracom doktorskim. Wnoszę o dopuszczenie mgr Piotra Sankowskiego do publicznej jej obrony.



Warszawa, 26 kwietnia 2009

prof.dr hab. Jacek Kossut