

Popularnonaukowe streszczenie projektu

„Nikt nie powinien się zajmować półprzewodnikami, to takie mętne bagno; kto wie czy one w ogóle istnieją! ”. Wolfgang Pauli, jeden z najwybitniejszych fizyków XX wieku, wypowiadając te słowa 70 lat temu, nie mógł bardziej się mylić. Już w połowie ubiegłego stulecia pojawiły się pierwsze komputery, a dekadę później zaczął funkcjonować internet. Nikt nie spodziewał się, że za pół wieku te dwie technologie zdominują rynek telekomunikacyjny, transportowy oraz przemysł zbrojeniowy. Tak dynamiczny rozwój technologiczny nie byłby możliwy bez dogłębnego zrozumienia półprzewodników - materiałów stanowiących podstawę działania większości współczesnych urządzeń elektronicznych. Wraz z ich rosnącą popularnością, powstało zapotrzebowanie na coraz mniejsze, szybsze i bardziej oszczędne komputery. Udało się to osiągnąć dzięki ciągłemu zmniejszaniu rozmiarów tranzystorów oraz innych urządzeń półprzewodnikowych. Dziś – na początku XXI wieku – zbliżamy się do granicy miniaturyzacji naszych urządzeń półprzewodnikowych, które obecnie mają rozmiary rzędu kilku nanometrów. Podobny postęp zachodzi w dziedzinie pamięci magnetycznych, w których wykorzystujemy materiały ferromagnetyczne, tj. charakteryzujące się spontanicznym namagnesowaniem.

Biorąc pod uwagę powyższe aspekty, fizycy zaczęli poszukiwać innych możliwości technologicznych. Jedną z nich jest elektronika spinowa tzw. spintronika. Do tej pory wykorzystywaliśmy tylko jedną z właściwości nośników przenoszących prąd elektryczny, mianowicie ich ładunek. Spintronika ma na celu wykorzystanie spinowego stopnia swobody elektronu. Aby to osiągnąć, naukowcy z całego świata próbują stworzyć materiał, który cechowałby się właściwościami półprzewodnikowymi oraz ferromagnetycznymi. Otrzymanie takiego materiału, jest możliwe poprzez umieszczenie w półprzewodniku (np. arsenku galu, GaAs) domieszek magnetycznych (np. manganu, Mn). Te materiały nazywamy rozcieńczonymi półprzewodnikiem ferromagnetycznym. Celem proponowanego projektu jest zbadanie wzajemnego oddziaływania własności elektrycznych i magnetycznych blisko tzw. temperatury Curie, w której materiał traci swoje spontaniczne namagnesowanie i zaczyna zachowywać się jak materiał niemagnetyczny.

Jedną z cech półprzewodników ferromagnetycznych jest występowanie silnego maksimum oporu elektrycznego (ściślej jego pochodnej) w temperaturze Curie. Zjawisko to jest znane badaczom od co najmniej pięciu dekad, jednak do tej pory nikt nie zaproponował teorii, która by go opisywała ilościowo. Naszym zamiarem jest sprawdzenie, jak zachowuje się to zjawisko w zależności od parametrów materiałowych (np. stężenia manganu) oraz warunków zewnętrznych (np. pola magnetycznego). Wydaje się, że korzystając z przewidywań mechaniki kwantowej będziemy w stanie wyjaśnić mechanizm powodujący to zjawisko i opisać je teoretycznie.

Dalsza część projektu zostanie poświęcona na sprawdzenie, czy przepływ prądu elektrycznego będzie w stanie zmieniać kierunek namagnesowania materiału. Okazuje się, że jest to możliwe dzięki dodatkowemu polu magnetycznego pochodzącego od relatywistycznego oddziaływania spinu poruszającego się elektronu z polem elektrycznym kryształu. Nasze badania przeprowadzimy dla dwóch materiałów - (Ga,Mn)As oraz (Pb,Sn,Mn)Te, które dzięki różnym parametrom materiałowym i strukturze krystalicznej, zweryfikują nasze przewidywania teoretyczne.