

Sterowanie efektem Rashby na powierzchni krzemu.

Złamanie symetrii inwersji przy powierzchni kryształu prowadzi do efektu Rashby polegającego na zniesieniu degeneracji spinowej powierzchniowych stanów elektronowych. Efekt ten jest określony przede wszystkim poprzez gradient potencjału wzdłuż normalnej do powierzchni. Po raz pierwszy spinowo rozszczepione stany elektronowe zostały zaobserwowane na powierzchni Au(111) przy pomocy fotoemisyjnej spektroskopii z kątową rozdzielczością w 1996 roku. W kolejnych latach efekt zaobserwowano na innych metalicznych powierzchniach wolframu, molibdenu, bizmutu oraz irydu. Fotoemisyjna spektroskopia z kątową i spinową rozdzielczością potwierdziła charakterystyczną strukturę wektora polaryzacji spinowej pasm elektronowych. Wektor ten jest równoległy do powierzchni i prostopadły do wektora falowego elektronu. Jednocześnie „podąża” za konturem pasm elektronowych na powierzchni Fermiego zataczając okrąg wokół punktów o wysokiej symetrii w strefie Brillouina.

W modelu Rashby zniesienie degeneracji spinowej pasm elektronowych wynika z istnienia gradientu potencjału przy powierzchni kryształu. Model prawidłowo opisuje topologię pasm, nie daje jednak ilościowej zgodności wartości rozszczepienia pasm. Wyraźne rozbieżności widoczne są w przypadku tzw. gigantycznego rozszczepienia spinowego zaobserwowanego w stopach powierzchniowych BiAg₂, powierzchniowych stopach Bi i Pb na Cu i Ag, czy też powierzchniach Si i Ge z rekonstrukcjami wywołanymi obecnością atomów Bi i Pb. Bardziej zaawansowane modele rozważają dodatkowe przyczynki do efektu Rashby. Wśród nich do najważniejszych należą: liczba atomów, anizotropia składowej równoległej potencjału powierzchniowego oraz asymetria funkcji falowych związana z pofałdowaniem powierzchni kryształu. Czynniki te wpływają na rozszczepienie spinowe oraz strukturę wektora polaryzacji spinowej pasm elektronowych. Efekt Rashby został przewidziany lub zaobserwowany również na płaskich powierzchniach Si z różnymi rekonstrukcjami lub pokrytych ultra cienkimi warstwami innych pierwiastków. W układach tych, np. po osadzeniu na powierzchni atomów o dużej liczbie Z, zaobserwowano zwiększenie rozszczepienia spinowego i nietypowe kierunki wektora polaryzacji spinowej pasm elektronowych. Wykazano również, że rozszczepienie spinowe pasm może być sterowane grubością warstwy Bi lub, w przypadku stanów kwantowych w Pb, domieszkowaniem podłoża Si.

Zupełnie odmienna struktura wektora polaryzacji spinowej pasm elektronowych spodziewana jest w jednowymiarowych strukturach. Powierzchnia Fermiego powinna zawierać jednowymiarowe, spinowo spolaryzowane pasma o przeciwnej polaryzacji. Tego typu pasma występują w kwantowym spinowym efekcie Halla. Doskonałym wyborem do obserwacji tego typu pasm wydają się być jednowymiarowe struktury Au wytwarzane na wycinalnych powierzchniach krzemu: Si(335)-Au, Si(557)-Au, Si(553)-Au, Si(775)-Au. Faktycznie, istnienie spinowo rozszczepionych pasm w tych układach zostało przewidziane w pracach teoretycznych. Jedyne jak dotąd eksperyment bezpośrednio potwierdzający te przewidywania został przeprowadzony przed kilku laty przy pomocy spinowo i kątowo rozdzielczej spektroskopii fotoemisyjnej SARPES dla układu Si(557)-Au.

Celem przedkładanego projektu jest przeprowadzenie systematycznych badań wpływu przedstawionych powyżej czynników (liczby atomów, anizotropii składowej równoległej potencjału powierzchniowego oraz asymetrii funkcji falowych związanej z pofałdowaniem powierzchni kryształu) na strukturę spinową powierzchniowych pasm elektronowych jednowymiarowych struktur osadzanych na powierzchni krzemu. Realizacja projektu umożliwi głębsze zrozumienie wpływu różnych czynników na właściwości spinowe niemagnetycznych powierzchni oraz stworzy nowe możliwości sterowania takimi układami.

Wybór krzemu jako podłoża w proponowanym projekcie podyktowany jest chęcią połączenia spintroniki opartej na efekcie Rashby z doskonale rozwiniętą technologią krzemową. Aby zrealizować

ten cel muszą być spełnione dwa bardzo istotne warunki. Najważniejszy, to wartość rozszczepienia spinowego pasm elektronowych przy powierzchni Fermiego. Musi być na tyle duża aby zapewnić działanie elementów spintronicznych w temperaturze pokojowej. Drugim czynnikiem jest metaliczność rozszczepionych pasm – muszą zapewnić odpowiednio duży „transport spinów”. Istnienie przerwy energetycznej w półprzewodnikowym podłożu zapewnia separację przewodzących stanów powierzchniowych od objętościowych, które spowodowałyby szybką dekoherencję spinowego sygnału.