

Nieliniowe Efekty Magnetotransportowe w Izolatorach Topologicznych

[Nonlinear Magnetotransport Phenomena in Topological Insulators]

Kateryna Boboshko

Streszczenie

Niniejsza rozprawa opisuje obecnie kluczowe dla spintroniki zjawiska transportowe, koncentrując się na biliniowym magnetooporze i planarnym efekcie Halla w izolatorach topologicznych. Na początku rozprawy wprowadzono podstawowe koncepcje dotyczące izolatorów topologicznych, w tym charakter ich stanów powierzchniowych, efekt przyszpilenia spin-pęd (ang. *'spin-momentum locking'*) oraz efekt Rashby, który jest związany z spinowo-zależnym rozszczepieniem pasm, w wyniku złamania symetrii inwersji przestrzennej. Następnie opisana została indukowana prądem polaryzacja spinowa, znana również jako efekt Edelsteina, oraz indukowane sprzężeniem spin-orbita efekty Halla.

W kolejnych rozdziałach wprowadzono magnetoopór i planarny efekt Halla. Rozdział 3 omawia różne typy magnetooporu i wprowadza do tematyki biliniowego magnetooporu, a więc efektu w którym magnetoopór skaluje się liniowo z polem magnetycznym i z gęstością prądu elektrycznego. W rozdziale 4 omówiony jest planarny efekt Halla, który obserwujemy w obecności pola magnetycznego zorientowanego w płaszczyźnie układu, w przeciwieństwie do zwykłego efektu Halla, w którym napięcie poprzeczne jest generowane w obecności pola magnetycznego zorientowanego prostopadle do powierzchni układu. Omówione zostały pochodzenie i mechanizmy tego zjawiska. W rozprawie omówiono także kluczowe wyniki eksperymentalne oraz przedstawiono szczegółową teoretyczną analizę nieliniowego planarnego efektu Halla, wskazując jak ten efekt można wykorzystać w przyszłych aplikacjach spintronicznych.

Następnie, stosując zaawansowane techniki teoretyczne, takie jak metoda funkcji Greena i diagramowy rachunek zaburzeń, wyjaśniono podstawowy fizyczny mechanizm biliniowego magnetooporu i nieliniowego planarnego efektu Halla dla stanów powierzchniowych w trójwymiarowych izolatorach topologicznych. Rozprawa opiera się na sformułowaniu opisu teoretycznego prowadzącego zarówno do biliniowego magnetooporu jak i nieliniowego planarnego efektu Halla w przypadku, gdy w układzie znajdują się domieszki, defekty, które z natury zawierają sprzężenie spin-orbita. Zbadano zależność tych zjawisk od parametrów charakteryzujących materiał. W ramach tej teorii wyprowadzone zostały analityczne formuły dla przewodności podłużnej i poprzecznej, współczynniki magnetooporowe (biliniowy i kwadratowy magnetoopór) oraz symetryczny i antysymetryczny kąt w planarnym efekcie Halla. Otrzymane wyniki analityczne i numeryczne biliniowego magnetooporu i nieliniowego planarnego efektu Halla wskazują na możliwość wyznaczenia z danych pomiarowych pewnych parametrów charakteryzujących badany układ, takich jak wektor Fermiego (energia Fermiego) i parametr sprzężenia spin-orbita.