

Badania teoretyczne efektów magnetooporowych w dwuwymiarowych strukturach z silnym oddziaływaniem spin-orbita

Anna Dyrdał

Wydział Fizyki, Uniwersytet im. Adama Mickiewicza w Poznaniu

Oddziaływanie spin-orbita możemy identyfikować z pewnym wewnętrznym polem magnetycznym, które działa na spin elektronu zamiast na jego ładunek. To efektywne pole magnetyczne sprzęga orbitalny i spinowy stopień swobody i stwarza możliwość czysto elektrycznej kontroli spinu. Obecna elektronika spinowa skupia się na intensywnym poszukiwaniu efektywnej konwersji transportu ładunku i spinu. Oddziaływanie spin-orbita generuje wiele efektów transportowych, które stwarzają możliwości do realizacji konwersji 'spin-ładunek'. Na szczególną uwagę zasługuje tutaj spinowy efekt Halla oraz indukowana prądem polaryzacja spinowa (tzw. efekt Edelsteina). Mechanizmy prowadzące do tych efektów mogą być związane z tzw. wewnętrznymi własnościami danego materiału, takimi jak jego symetria (bądź brak pewnych symetrii), oraz z spinowo-zależnymi efektami rozproszeniowymi.

Ostatnio, w niemagnetycznych układach wykazujących silne oddziaływanie spin-orbita, zaobserwowano że opór układu zależy liniowo zarówno od wartości natężenia prądu elektrycznego (zewnątrznego pola elektrycznego) oraz wartości przyłożonego pola magnetycznego. Efekt ten, z uwagi na swoje liniowe zachowanie względem obu pól – elektrycznego i magnetycznego, nazwano biliniowym magneto-elektrycznym oporem (BMER – od ang. bilinear magnetoelectric resistance).

Celem projektu jest opracowanie teorii efektu BMER i innych tzw. „jednokierunkowych” efektów obserwowanych w ostatnich latach. Dodatkowo celem projektu jest wskazanie efektywnych sposobów pomiaru efektów pozwalających realizować konwersję typu spin-ładunek, oraz możliwych sposobów wykorzystania takiej konwersji w elementach elektronicznych.

Pełne zrozumienie fizyki jaka prowadzi do BMER umożliwi jego zastosowanie w nowych układach elektronicznych i spintronicznych. W szczególności możemy myśleć o zaproponowaniu nowego protokołu zapisu i odczytu informacji w dyskach twardych i innych urządzeniach logicznych, dla których stany „0” i „1” (związane odpowiednio z wysoką i niską wartością oporu) będą powiązane z kierunkiem przepływu prądu elektrycznego.

W ramach projektu zakłada się także badanie transportu ładunku i spinu w tzw. hybrydowych strukturach van-der-Waalsa. Takie układy otrzymuje się poprzez nakładanie na siebie różnych dwuwymiarowych kryształów takich jak grafen, heksagonalny azotek boru, silicen (dwuwymiarowy kryształ krzemu) pojedyncze warstwy kryształów dichalkogenków ziem rzadkich, itp. Tak otrzymany, sztuczny materiał posiada bardzo szczególne własności elektronowe i magnetyczne i może być zaprojektowany dla konkretnego zastosowania w elektronice konwencjonalnej lub spinowej. W projekcie, szczególnie istotne będą takie warstwowe układy hybrydowe dla których efekty bliskościowe odpowiedzialne za wzmocnienie oddziaływania spin-orbita lub magnetyzm pozwolą zaprojektować pewne nowe zawory, filtry czy tranzystory spinowe charakteryzujące się silnym sygnałem magnetooporowym (np. silny gigantyczny lub tunelowy magnetoopór, bądź silny efekt BMER).