

## **Transport ładunku i spinu w nanoukładach na bazie silicenu**

Bartłomiej Rzeszotarski  
Wydział Fizyki i Informatyki Stosowanej AGH  
Katedra Informatyki Stosowanej i Fizyki Komputerowej

### **Streszczenie**

Rozprawa dotyczy badań właściwości transportowych ładunku i spinu w nanoukładach na bazie silicenu, w szczególności wpływu oddziaływań spin-orbita typu Rashby i Kane-Mele, oraz zewnętrznych pól magnetycznych i elektrycznych na strukturę elektronową, a także na obserwowane efekty kwantowe (m.in kwantowy spinowy efekt Halla i efekt Aharonova-Bohma). Do tego celu wykorzystano model ciasnego wiązania, gdzie kwantowomechaniczny problem rozpraszania rozwiązywano z rozdzielczością atomową metodą kwantowej granicy przewodzącej.

W ramach pracy przedstawiono projekt inwertera spinowego, mogącego służyć jako tranzystor spinowy, kontrolowanego przez napięcie bramki sterującej. Wykorzystano w nim możliwość uzyskania stanu topologicznego izolatora celem związania prądów spinowych na krawędzi wstęgi, co jednocześnie umożliwia dobór prędkości precesji poprzez jej liniową zależność z różnicą wartości wektora falowego między modem wchodzącym i wychodzącym dla stanów krawędziowych. Pokazano, że dostrajając odpowiednio parametry długości i napięcia bramki, szerokości wstęgi oraz poziom Fermiego, można uzyskać pełny obrót spinu na odległościach rzędu kilku nanometrów.

Rozprawa zawiera także projekt detektora fazy topologicznego izolatora oraz fazy trywialnego transportu dla silicenu w układzie interferometru Younga oraz Aharonova-Bohma (systemie dwuszczelinowym i pierścieniowym), gdzie badając konduktancję w funkcji zewnętrznego pola magnetycznego możemy wykryć, w którym stanie ów układ się znajduje.

Kolejne części rozprawy pokrywają badania kwantowego spinowego efektu Halla indukowanego lokalnie przez niejednorodne pole elektryczne, gdzie pod obszarami bramkowania następuje przejście stanu silicenu z izolatora pasmowego do izolatora topologicznego, co skutkuje związaniem prądów chiralnych wzdłuż linii granicznych (zmian znaku pola elektrycznego). W oparciu o ten efekt, przedstawiono badanie geometrycznego rozłożenia gęstości rozproszeniowej w pierścieniu kwantowym z dwoma kontaktami, wpływ zaburzenia punktowego na współczynnik odbicia, a także projekt pomiaru rezystancji, dla którego oscylacje w funkcji pola magnetycznego odpowiadają interferencjom Aharonova-Bohma.

Skupiono się również na efektach magnetycznych dla kwantowego kontaktu punktowego zdefiniowanego elektrostatycznie w silicenie. Zmierzono wartości efektywnego czynnika Landégo przy pomocy pomiaru transkonduktancji i wykazano związek wyników z oddziaływaniem spin-orbita typu Kane-Mele.