

/Imię i nazwisko (*Name and surname*)/ Nguyen Minh Nguyen

Warsaw, 16 August 2023

/Dane kontaktowe (*Contact details*)/ nmnguyen@magtop.ifpan.edu.pl

/Numer PESEL (*PESEL No.*)⁽¹⁾ 94090615039

Rozprawa doktorska:

Topologiczne i nietopologiczne stany brzegowe w materiałach typu SnTe i HgTe

Streszczenie:

a rozprawa skupia się na klasyfikacji silnych izolatorów topologicznych i nadprzewodników, faz topologicznych bez przerw i faz topologicznych wyższego rzędu wykazujących obecność stanów narożnych i krawędziowych. W niniejszej pracy rozważano dwa główne wątki badawcze. Pierwszym tematem badań były stany topologiczne w SnTe. Materiały typu SnTe okazały się bardzo wszechstronne w badaniu wzajemnych zależności między topologią a różnymi rodzajami zaburzeń łamiących symetrię w ciągu ostatniej dekady. Przedstawione tu badania koncentrowały się na nanoprzewodach SnTe pod wpływem kombinacji pola magnetycznego Zeemana, nadprzewodnictwa typu s i pola łamiącego symetrię inwersji. W trakcie badań udało się wyjaśnić pochodzenie stanów narożnych i krawędziowych w fazie normalnej SnTe. Zaobserwowano także stany Majorany bez przerw chronione przez symetrię inwersji, co prowadzi do skwantyzowanego przewodnictwa cieplnego w drutach balistycznych. Dodatkowo wprowadzenie pola łamiącego symetrię inwersji spowodowało, że objętościowe stany Majorany uzyskały przerwę energetyczną, co spowodowało pojawienie się topologicznie chronionych stanów Majorany zlokalizowanych na końcach nanoprzewodu. Chociaż skupiliśmy się przede wszystkim na stosunkowo cienkich nanoprzewodach, obserwowane trendy w zależności od grubości sugerują, że realistyczne grubości nanoprzewodów mogą osiągnąć topologicznie nietrywialne fazy w osiągalnych doświadczalnie wartościach pola Zeemana. Odkrycia te dają obiecujące możliwości pogłębienia naszego zrozumienia i wykorzystania zjawisk topologicznych w nanoprzewodach SnTe oraz kontrolowania i tworzenia stanów zerowych Majorany poprzez manipulowanie polami łamiącymi symetrię inwersji (np. poprzez ferroelektryczność).

W drugim projekcie badawczym kierujemy naszą uwagę na badanie nietopologicznych stanów granicznych w materiałach będących potencjalnie kwantowymi spinowymi izolatorami Halla, takich jak heterostruktury HgTe/CdTe i InAs/GaSb. Udało się stwierdzić, że te wielowarstwowe struktury nie tylko zawierają topologicznie chronione helikalne stany brzegowe, ale także wykazują dodatkowe stany zlokalizowane na brzegu, które mogą mieć wpływ na rozpraszanie i transport, potencjalnie pogarszając jakość kwantowego spinowego efektu Halla. Wykorzystując obliczenia oparte na pierwszych zasadach, konstruujemy efektywny model ścisłego wiązania dla heterostruktur HgTe/CdTe, HgS/CdTe i InAs/GaSb i odkrywamy, że materiały te wykazują obecność dodatkowych stanów brzegowych, na które wpływa zakończenie brzegu. Mikroskopowe pochodzenie tych dodatkowych stanów brzegowych można prześledzić wstecz do minimalnego modelu, który zawiera płaskie paśma

i nietrywialną geometrię kwantową, co powoduje powstawanie ładunków polaryzacyjnych na brzegach. Ponieważ płaskie pasma oddziałują ze sobą i innymi stanami, podczas tworzenia hamiltonianu opisującego całą heterostrukturę, ładunki te manifestują się jako obserwowane dodatkowe stany brzegowe. Warto zauważyć, że w studniach kwantowych HgTe/CdTe dodatkowe stany brzegowe leżą daleko od poziomu Fermiego, czyniąc je nieaktywnymi w procesie transportu. Jednak w heterostrukturach HgS/CdTe i InAs/GaSb stany te pojawiają się w przerwie energetycznej, co pozwala na wielomodowy transport krawędziowy. Na koniec pokazujemy, że ponieważ te dodatkowe stany krawędziowe są nietopologiczne, możliwe jest wyeliminowanie ich z obszaru przerwy energetycznej poprzez modyfikację elektrostatycznego potencjału krawędziowego, na przykład za pomocą bramki bocznej lub domieszkowania chemicznego.

/czytelny podpis/ (legible signature)

A handwritten signature in blue ink, consisting of several fluid, connected strokes that are difficult to decipher.