

Głównym celem projektu jest wykorzystanie metody napromieniowania wiązką elektronową w celu precyzyjnego dostrojenia poziomu Fermiego w izolatorach topologicznych (IT), w zakresie między pasmem przewodnictwa, poprzez przerwę energetyczną, do pasma walencyjnego; oraz identyfikacja zjawisk fizycznych charakterystycznych dla izolatorów topologicznych, do których dostęp był dotychczas znacznie utrudniony przez obecność nośników ładunku o wysokiej koncentracji w objętości materiału; i zbadanie tych zjawisk w funkcji położenia poziomu Fermiego. Głównym do tej pory problemem w badaniach izolatorów topologicznych był wysoki udział przewodnictwa z objętości materiału w całkowitym przewodnictwie próbki, spowodowany defektami struktury krystalicznej. Zakładamy, że zastosowanie metody napromieniania wiązką elektronową izolatorów topologicznych z grupy Bi_2X_3 ($\text{X} = \text{Te}, \text{Se}$), a także z czteroskładnikowej rodziny $\text{Bi}_{2-x}\text{Sb}_x\text{Te}_{3-y}\text{Se}_y$ z jej trójskładnikowym krańcowym członkiem $\text{Bi}_2\text{Te}_2\text{Se}$ zmniejszy przewodnictwo objętościowe do minimum.

Fazy topologiczne tworzą nową kategorię faz z porządkiem kwantowym, która wykracza poza dobrze znaną teorię łamania symetrii Landaua, z powodzeniem opisującą fazy związane z różnymi stanami materii, porządkiem magnetycznym, a nawet nadprzewodnictwem lub nadciekłością. Izolatory topologiczne stanowią jedną z faz topologicznych - posiadają jednocześnie przerwę energetyczną w objętości oraz bezprzerwowe (metaliczne) stany graniczne Diraca. Takie stany powierzchniowe w trójwymiarowych izolatorach topologicznych lub stany krawędziowe w dwuwymiarowych IT pochodzą z inwersji pasmowej (będącej wynikiem silnego sprzężenia spinowo-orbitalnego) w objętości i są topologicznie chronione przez symetrię względem odwrócenia czasu. Dzięki tej ochronie spiny elektronów Diraca ze stanów granicznych są ściśle sprzężone z ich pędem, a zatem nie występuje wsteczne rozpraszanie nawet w obecności defektów lub zanieczyszczeń, co jest korzystne dla transportu elektrycznego i zastosowań spintronicznych.

Na Wydziale Fizyki Uniwersytetu Warszawskiego będą prowadzone badania przy użyciu spektrometru ESR (ang. Electron Spin Resonance). Technika ta jest potężnym narzędziem do badania licznych zjawisk, począwszy od standardowego zastosowania związanego z badaniem właściwości spinowych zlokalizowanych defektów, poprzez zdelokalizowane elektrony przewodnictwa (oba podejścia wykorzystują zjawisko rezonansu spinowego), kończąc na badaniach właściwości transportu elektronowego wykorzystujących rezonansowe lub nierezonansowe zmiany dobroci wnęki wywołane zmianami przewodnictwa próbki. Istnieją również dobrze znane metody pomiaru i analizy rezonansów ferromagnetycznych. Niedawno zastosowano spektrometry ESR do eksperymentów pompowania spinowego. Tak więc jedna technika eksperymentalna obejmuje szeroką gamę zjawisk fizycznych, które można zaobserwować również dla izolatorów topologicznych.

Celem projektu jest pogłębienie wiedzy na temat izolatorów topologicznych i opracowanie metody precyzyjnego dostrojenia poziomu Fermiego za pomocą napromieniowania wiązką elektronową. Materiały te są ważne dla teoretycznego zrozumienia powstawania różnych faz topologicznych i mają bezpośrednie implikacje dla proponowanych w literaturze urządzeń. Pomimo początkowych trudności badacze na całym świecie rzeczywiście wierzą, że izolatory topologiczne z ich topologicznie chronionym przewodnictwem są ścieżką do realizacji praktycznych komputerów kwantowych, urządzeń spintronicznych lub wielofunkcyjnych topologicznych tranzystorów (przy użyciu, na przykład, interfejsów magnetycznych z izolatorami topologicznymi, takimi jak złącza magnetoelektryczne). Realizacja tych pomysłów miałaby szeroki wpływ na każdą dziedzinę, która wykorzystuje osiągnięcia technologiczne, czyli faktycznie wszystkie możliwe obszary życia codziennego.