

Izolatory topologiczne (IT) to grupa materiałów, która wykazuje zachowania kwantowe nawet w temperaturze pokojowej. **W roku 2016 Nagrodę Nobla z fizyki przyznano za teoretyczne badania nad topologicznymi przejściami fazowymi i topologicznymi fazami materii.** Jak podano w komunikacie prasowym Komitetu Noblowskiego laureaci, *otworzyli drzwi do nieznanego świata, w którym materia może przyjmować osobliwe stany. Zastosowali zaawansowane metody matematyczne do zbadania nietypowych faz, stanów, materii, takich jak nadprzewodnictwo, nadciekłość, cienkie warstwy magnetyczne. Dzięki ich pionierskim pracom obecnie trwają poszukiwania nowych, egzotycznych form materii. Wiele osób ma nadzieję na przyszłe zastosowanie tych badań w materiałoznawstwie i elektronice.* W ciągu ostatniej dekady dziedzina badań izolatorów topologicznych przoduje na polu badań materii skondensowanej - głównie ze względu na odkrywanie nowych zjawisk w topologicznych fazach materii; zjawisk egzotycznych i nieobserwowanych w klasycznych materiałach, dających nadzieje na szerokie zastosowanie w różnego rodzaju urządzeniach. Wpisując się w aktualne trendy proponujemy eksperymentalne podejście do tematu obejmujące wytworzenie struktur zawierających IT oraz badanie i modyfikowanie ich własności. IT są słabo przewodzące elektrycznie w objętości (wnętrzu) kryształu, ale ich elektrony znajdujące się na powierzchni mogą poruszać się swobodnie w sposób chroniony przed rozpraszaniem przez defekty. Co więcej, wszystkie elektrony poruszające się w danym kierunku muszą mieć spiny, skierowane w tym samym kierunku (zamrażanie spinu) lub inaczej mówiąc być spinowo spolaryzowane. Spin lub wewnętrzny moment pędu można sobie wyobrazić jako właściwość związaną z ruchem cząstek wokół ich własnej osi. Powstała możliwość kontroli ruchu elektronów spolaryzowanych spinowo wewnątrz materiału poprzez przepływ prądu wzbudziła duże zainteresowanie potencjalnymi zastosowaniami w elektronice. Dzięki mechanizmowi zamrażania spinów elektronów powierzchniowych materiały te są doskonałym kandydatem na urządzenia optospintroniczne i w przyszłości mogą być podwaliną technologii komputerów kwantowych. Wśród potencjalnych zastosowań wymienia się na przykład zawory spinowe lub źródła spinów spolaryzowanych nośników, diody Schottkiego, a nawet konwertery typu spin-ładunek. W naszym projekcie badawczym będziemy bezpośrednio badać wybrane zjawiska związane z własnościami izolatorów topologicznych naniesionych na warstwę metalu i następnie pewne obserwowane efekty modyfikować. W przypadku planowanych badań strukturą podlegającą charakteryzacji i modyfikacji byłby układ zawierający warstwę IT oraz metal (Cr, Cu, Ag, Pt oraz Ag). Głównym punktem zainteresowania byłby wpływ obecności warstwy metalu na własności IT a także towarzyszące efekty występujące w pobliżu styku IT z metalem na strukturę krystaliczną i elektronową a także na samą dynamikę elektronów. Zjawiska takie jak stany powierzchniowe oraz polaryzacja spinowa elektronów są trudne do zaobserwowania bez wysoce wyrafinowanego sprzętu badawczego takiego jak kątowna rozdzielcza spektroskopia foto elektronów (ARPES). Niestety tego typu pomiary wymagają bardzo świeżej warstwy powierzchniowej z uwagi na niską głębokość penetracji elektronów, a także nakładanie się struktury warstwy pochodzącej z utleniania próbki. Dlatego próbki charakteryzuje się w warunkach ultrawysokiej próżni, a nawet w tym przypadku całkowitą świeżość powierzchni można utrzymać tylko przez kilka godzin. Na szczęście istnieją metody pozwalające na obserwację tych zjawisk w rzeczywistych warunkach pracy. Rzeczywiste warunki pracy uwzględniają powstanie warstwy tlenku na powierzchni IT po wyjęciu przygotowanej struktury z komory wzrostu. Dzięki dokładnej analizie powstającej po wyjęciu próbki z układu próżniowego warstwy tlenku wiadomo, że jest to głównie mieszanina tlenku telluru i tlenku bizmutu, które są przezroczyste w spektrum widzialnym i dzięki temu nie zakłócają pomiarów, które planujemy zrealizować. A dzięki ich bliskim właściwościom do warstwy pasywacyjnej aluminium tlenki te tworzą stabilną, warstwę o grubości 2 nm, która chroni materiał przed dalszym uszkodzeniem i wilgocią. Technika, która może wykorzystać wszystkie te właściwości w największym stopniu, jest femtosekundowa spektroskopia laserowa. Podstawowa koncepcja tej metody jest dosyć prosta. Laser femtosekundowy generuje krótkie impulsy 200fs ($200 \cdot 10^{-15}$ s), które są podzielone na promień pompujący, który wzbudza elektrony i drgania cienkiej warstwy, oraz sondę, która wykrywa zmiany w odbiciu w czasie. Eksperyment ten jest bardzo podobny do kręcenia filmu po klatkowego, dzięki ruchomemu lustru (linia opóźniająca) jesteśmy w stanie "fotografować" efekt pompy po nieco innym czasie. Technika ta dzięki bardzo subtelnej interakcji z materią jest w stanie, bez uszkodzenia, wykryć nawet niewielkie zmiany struktury. Z tego powodu jest ona szeroko stosowana w badaniach i kontroli urządzeń elektronicznych. Zarejestrowany sygnał pozwala opisać różne zjawiska, takie jak relaksacja nośników elektrycznych, wibracje fononowe, a nawet mechaniczne drgania struktur w próbce. Ze względu na możliwość bezpośredniej interakcji z elektronami można obserwować takie subtelne zmiany, jak modyfikacja dynamiki elektronów, nawet po wystawieniu na działanie powietrza i starzeniu się cienkiego filmu. W tym projekcie wykorzystamy techniki pozwalające dokładnie zbadać zjawiska występujące w pobliżu złącza IT-metal. Uważamy że nasz projekt stanowić będzie duży wkład w realizację systemów spintronicznych i zwiększy zrozumienie zjawisk rządzących tą niezmiernie interesującą fazą materii.