

Tytuł polski: „Topologia spotyka magnetyzm: związki na bazie Sn dla indukowanych magnetyzacją przejść topologicznych (TopoTin)”

Tytuł angielski: “Topology meets magnetism: Sn-containing compounds for magnetization-driven topological phase transitions (TopoTin)”

Kierownik projektu: dr inż. Ewa Maria Młyńczak

Numer projektu: 2022/46/E/ST3/00184

Zrozumienie właściwości lub funkcji, jakie może mieć uporządkowana atomowo (krystaliczna) warstwa wybranego materiału, często opiera się na znajomości jej elektronowej struktury pasmowej. Ze względu na ograniczenia narzucone przez skład pierwiastkowy oraz rozmieszczenie atomów w sieci krystalicznej (liczba najbliższych sąsiadów, kąt między atomami itd.), elektrony znajdujące się w danym materiale poruszają się, mając określone energie i pędy. Relacje energii i pędu nazywane są relacjami dyspersyjnymi, a określone dla różnych kierunków w kryształ tworzą właśnie elektronową strukturę pasmową. Okazuje się, że pasma elektronowe mają często bardzo specyficzne właściwości, a szczególnie interesujące są punkty przecięcia poszczególnych pasm. Na przykład w grafenie znaleziono liniowe skrzyżowania pasm, które są określane jako stożki Diraca. Elektrony, które „żyją” na stożku Diraca, mają zerową masę, dlatego mogą poruszać się z bardzo dużymi prędkościami, co prowadzi do bardzo wysokiego przewodnictwa elektrycznego.

W ramach projektu TopoTin będziemy badać elektronową strukturę pasmową materiałów cienkowarstwowych składających się z cyny (Sn) i żelaza (Fe). Takie związki są magnetyczne, a jednocześnie wykazują ciekawe struktury elektronowe, między innymi zawierające stożki Diraca. Kierując się pewnymi przewidywaniami teoretycznymi i wynikami uzyskanymi przez innych badaczy, zbadamy modyfikacje struktury pasmowej Fe_xSn_y , które mogą być spowodowane zmianą stanu magnetycznego próbki. Jeżeli taka zależność zostanie zauważona, będzie to oznaczać, że powinna być możliwa zmiana struktury pasma elektronowego (np. otwarcie przerwy energetycznej w punkcie Diraca), a tym samym charakterystyk transportu elektronowego poprzez zmianę kierunku namagnesowania, co byłoby łatwym do kontrolowania „pokrętle” modyfikującym właściwości elektronowe. Takie efekty mogłyby być potencjalnie wykorzystane w nowej generacji urządzeń spintronicznych oraz topotronicznych.

W projekcie przygotujemy cienkowarstwowe próbki Fe_xSn_y metodą epitaksji z wiązek molekularnych, która pozwala na osadzanie ultracienkich warstw materiałów krystalicznych o dobrze kontrolowanej grubości, aż do pojedynczych warstw atomowych. Scharakteryzujemy właściwości magnetyczne tak przygotowanych filmów i zwizualizujemy ich elektronową strukturę pasmową eksperymentalną metodą kątowno-rozdzielczej spektroskopii fotoemisyjnej (ARPES). Badaniom eksperymentalnym towarzyszyć będą teoretyczne obliczenia struktury elektronowej. Próbki Fe_xSn_y to materiały warstwowe, składające się z pojedynczych warstw atomów cyny (stanenu, który jest odpowiednikiem grafenu) oraz warstwy złożonej z atomów żelaza i cyny umieszczonej na tzw. sieci Kagome, złożonej z heksagonów otoczonych przez trójkąty równoboczne. W trakcie realizacji projektu będziemy również tworzyć nowe kryształy, poprzez sekwencyjne osadzanie warstw stanenu i warstwy Kagome w określonej kolejności. W ten sposób będziemy mogli tworzyć cienkie warstwy o nowych, nieoczekiwanych i potencjalnie użytecznych właściwościach magnetycznych i elektronicznych.