

Badania naukowe prowadzone są często w oparciu o ciekawość badacza w celu zrozumienia fundamentalnych zjawisk rządzących naszym światem. Nierzadko ich praktyczne zastosowania lub potencjalny wpływ na naukę i życie codzienne nie są od razu oczywiste, ale czas ujawnia ich znaczenie. Na przykład, badania sprzężenia magnetycznego pomiędzy cienkimi warstwami magnetycznego żelaza oddzielonymi cienką warstwą chromu doprowadziły do odkrycia gigantycznego magnetooporu, efektu, który stał się podstawą dla spintroniki, dzięki której mamy dostęp m.in. do dysków twardych o dużej pojemności.

Zrozumienie właściwości lub funkcji, jakie może mieć warstwa uporządkowana atomowo (krystaliczna) wybranego materiału, często opiera się na znajomości jej elektronowej struktury pasmowej. Elektronowa struktura pasmowa wprowadza nas w „sekretne życie” elektronów, które występują w określonym materiale. Ze względu na ograniczenia narzucone przez skład atomowy (jak uczy nas fizyka kwantowa, każdy pierwiastek ma określoną liczbę elektronów, które mogą mieć tylko ściśle określone energie) 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 kryształie 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 za pomocą skaningowej spektroskopii tunelowej, 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 „pokrętkiem” modyfikującym właściwości elektronowe. Takie efekty mogłyby być potencjalnie wykorzystane w przyszłości w nowej generacji urządzeń spintronicznych oraz topotronicznych.

W projekcie przygotowujemy 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. 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.