

POPULARNONAUKOWE STRESZCZENIE PROJEKTU

Nasz projekt dotyczy izolatorów topologicznych - całkiem nowej klasy materiałów, która wykazuje bardzo specyficzne właściwości, ekscytujące zarówno fizyków, jak i inżynierów projektujących elementy dla przyszłych elektroniki. Materiały te nazywane trójwymiarowymi izolatorami topologicznymi (3D IT) bardzo dobrze przewodzą prąd elektryczny tylko na ich powierzchni, podczas gdy w głębi są izolatorami, a w rzeczywistości właściwie półprzewodnikami. Ponadto, elektroniczne stany powierzchniowe są zabezpieczone przed rozpraszaniem a prąd elektryczny utworzony z tzw. powierzchniowych fermionów Diraca wykazuje specyficzną polaryzację spinową. Oznacza to, że fermiony powierzchniowe są doskonałymi nośnikami prądu i prąd jest spinowo spolaryzowany. Kierunek polaryzacji zależy od kierunku ruchu.

Izolatory topologiczne są intensywnie badane od kilku lat, ale wiele problemów związanych z ich właściwościami pozostaje nierozwiązane. Jednym z ważniejszych problemów jest stabilność chemiczna i struktury elektronowej, krytycznej dla tych materiałów, gdy tworzone jest złącze pomiędzy izolatorem topologicznym a innym materiałem. W naszym projekcie chcemy zbadać złącza pomiędzy izolatorami topologicznymi, takimi jak tellurek bizmutu i seleno-tellurek bizmutu a metalami wykazującymi uporządkowane magnetyczne, takimi jak żelazo, kobalt czy gadolin.

Takie złącza są nieuniknione, gdy planowane jest urządzenie, które będą wykorzystywać specyficzne stany elektronowe powierzchni i jego polaryzację spinową. Wiedza na temat możliwych reakcji chemicznych między warstwy IT i warstwą metalu jest niezwykle ważna, ponieważ potencjalna niestabilność chemiczna może zniszczyć lub zmodyfikować stany powierzchniowe. Z drugiej strony istnieją pierwsze doniesienia o zupełnie nowych zjawiskach, które mogą wystąpić w obszarze połączeń pomiędzy IT i półprzewodnikiem lub między różnymi izolatorami topologicznymi jak Sb_2Te_3 i Bi_2Te_3 .

Nasz projekt koncentruje się na badaniach heterostruktur czyli układów wielowarstwowych, w których występują połączenia między IT i innymi metalami. Układy cienkich warstw zostaną wytworzone przy użyciu epitaksji z wiązek molekularnych. Problemy, które zamierzamy rozwiązać wymagają zaawansowanych metod badawczych i zespołu doświadczonych naukowców. Oba wymogi są spełnione. Większość eksperymentów, w tym osadzanie cienkich warstw będą wykonywane w naszych laboratoriach. Mamy unikalny wielofunkcyjny klaster ultra-wysokopróżniowy, który umożliwia nanoszenie cienkich warstw i ich szczegółową ich charakteryzację *in situ*, bez kontaktu warstwy z atmosferą. Zbadamy atomową i chemiczną strukturę obszarów w pobliżu złącza wykorzystując do tego celu takie techniki jak dyfrakcja elektronów, spektroskopia fotoelektronów, skaningowa spektroskopia elektronów Auger czy mikroskopia sił atomowych. Zastosujemy też spektroskopię tunelową, która jest rodzajem spektromikroskopii używaną do detekcji elektronowych stanów powierzchniowych. Dodatkowo dla wybranych próbek zastosowane zostaną inne techniki, które pozwolą zdobyć wiedzę na temat zachowania układu elektronów wzbudzonych przy użyciu ultrakrótkich impulsów laserowych lub uzyskać informacje o dyspersji energii stanów elektronowych. Te ostatnie badania będą wykonane w polskim synchrotronie SOLARIS z wykorzystaniem kątowno rozdzielczej spektroskopii fotoelektronów i promieniowania synchrotronowego o zmiennej polaryzacji.