

Przedmiotem projektu jest wytwarzanie i badanie jednowymiarowych nanostruktur (nanodrutów) będących kombinacją topologicznych izolatorów krystalicznych z ferro/antyferro – magnetykami i nadprzewodnikami. Topologiczne izolatory krystaliczne są materiałami o unikalnych właściwościach fizycznych. Z powodu specyficznych symetrii sieci krystalicznej (struktura regularna, soli kuchennej) oraz specjalnych cech struktury pasmowej, niektóre spośród szerokiej gamy wąskoprzerwowych półprzewodników IV-VI - np. związki potrójne PbSnSe i PbSnTe, charakteryzują się występowaniem tzw. „topologicznej ochrony”, co wiąże się z obecnością odpornych na wsteczne rozpraszanie, nośników ładunku elektrycznego na brzegu materiału (powierzchni w przypadku kryształu objętościowego, lub krawędzi w przypadku cienkiej warstwy). Tego typu nośniki mają charakter bezmasowych fermionów Diraca (analogicznie jak nośniki prądu elektrycznego w grafenie) i charakteryzują się b. wysokimi ruchliwościami. Ponadto (w odróżnieniu od grafenu) topologicznie chronione nośniki ładunku posiadają określoną orientację spinową (spin prostopadły do wektora falowego  $k$ ).

Wyżej wspomniane cechy topologicznych izolatorów krystalicznych powodują występowanie bardzo ciekawych właściwości fizycznych na styku (międzypowierzchni) tych materiałów z badanymi od dawna ferro i antyferromagnetykami oraz nadprzewodnikami. Jest to związane z wzajemnymi oddziaływaniami spinowo zorientowanych nośników prądu i lokalnych momentów magnetycznych w Ferro/antyferromagnetykach; bądź indukowanym nadprzewodnictwem w topologicznym izolatorze w bezpośredniej bliskości nadprzewodnika. W szczególności możliwe jest modyfikowanie właściwości jednego materiału poprzez drugi, co może zostać wykorzystane w nowego typu prototypowych przyrządach elektronicznych (spintronicznych) z bardzo małym zużyciem energii.

Kombinacja materiałów topologicznych z nadprzewodnikami prowadzi do uzyskania tzw. fermionów Majorany - złożonych kwazi-cząstek, które z powodu unikalnych właściwości są potencjalnie użyteczne do zastosowań w komputerach kwantowych.

W niniejszym projekcie proponujemy wytwarzanie i badanie kwazi-jednowymiarowych nanostruktur (nanodrutów), w których w związku z dużym stosunkiem powierzchni do objętości, efekty związane z topologicznie chronionymi stanami brzegowymi są dużo silniejsze od tych występujących w kryształach objętościowych i cienkich warstwach. Nanodrutę będą w całości wytwarzane w jednym urządzeniu – układzie do epitaksji z wiązek molekularnych (ang. *molecular beam epitaxy* (MBE)). Urządzenie tego typu wytwarza cienkie monokrystaliczne warstwy ultra-czystych materiałów, zarówno pojedyncze warstwy jak i wielowarstwowe heterostruktury zawierające materiały różniące się od siebie (np. pod względem parametru sieci, składu chemicznego, struktury krystalicznej). Wzrost MBE odbywa się w warunkach ultrawysokiej próżni, co jest niezbędne do wytworzenia materiałów o jakości zapewniającej możliwość obserwacji efektów związanych z topologicznie chronionymi nośnikami ładunku elektrycznego.

Otrzymane nanostruktury będą badane w Instytucie Fizyki PAN w Warszawie przy użyciu nowoczesnych urządzeń pomiarowych, takich jak skaningowy i transmisyjny mikroskop elektronowy, nadprzewodnikowy interferometr kwantowy i inne.