Projekt 4.3 Epitaksjalne warstwy półprzewodnik/nadprzewodnik - w kierunku nowych technologii kwantowych

Promotor: prof. dr hab. Henryk Grzegorz Teisseyre

Instytut: Instytut Fizyki PAN

Jednostka organizacyjna: ON 4.6

WWW: http://www.ifpan.edu.pl

Tło:
ST - Nauki ścisłe i techniczne
ST11 - Inżynieria materiałowa
ST11_07 - Inżynieria tlenków metali
ST11_08 - Inżynieria nowopowstających i alternatywnych materiałów
ST11_12 - Inżynieria półprzewodników oraz materiałów o własnościach magnetycznych

Cel projektu:
Celem tego projektu jest opracowanie oraz zbadanie wysokiej jakości epitaksjalnych heterostruktur półprzewodnik–nadprzewodnik opartych na sześciennym azotku niobu (NbN) oraz półprzewodnikach tlenkowych (MgO, MgCdO, MgZnO), wytwarzanych metodą epitaksji z wiązek molekularnych wspomaganej plazmą (PA-MBE). Projekt ma na celu przezwyciężenie obecnych ograniczeń w dziedzinie hybrydowych materiałów kwantowych poprzez uzyskanie strukturalnie spójnych, monokrystalicznych interfejsów umożliwiających efektywny transport elektronowy kontrolowany przez odbicie Andreeva.

Kluczowym założeniem jest stworzenie nowej platformy materiałowej, w której właściwości nadprzewodzące i półprzewodnikowe mogą być płynnie integrowane w ramach wspólnej struktury krystalograficznej. Pozwoli to na poprawę jakości interfejsów w porównaniu z istniejącymi układami otrzymywanymi metodą rozpylania, które są zazwyczaj polikrystaliczne i obarczone defektami oraz obniżoną koherencją.

Projekt zakłada również wytworzenie i charakteryzację epitaksjalnych złącz Josephsona opartych na tych heterostrukturach oraz określenie, w jaki sposób jakość epitaksjalna wpływa na kluczowe parametry urządzeń, takie jak długość koherencji i prąd krytyczny. Ostatecznie badania mają wskazać możliwe ścieżki prowadzące do opracowania nowych kwantowych urządzeń elektronicznych — w tym kubitów, detektorów pojedynczych fotonów oraz obwodów nadprzewodzących — wykorzystujących transport par Coopera.

Poprzez rozwój technik epitaksjalnego wzrostu dla układów nadprzewodnik–półprzewodnik projekt ma przyczynić się do rozwoju technologii kwantowych nowej generacji o lepszych parametrach, większej skalowalności oraz zmniejszonej dekoherencji.

Wymagania:
- dyplom magistra (lub status studenta ostatniego roku) fizyki, inżynierii materiałowej lub pokrewnych,

- podstawowa wiedza z zakresu fizyki fazy skondensowanej, w szczególności półprzewodników i/lub nadprzewodnictwa oraz teorii wzrostu kryształów.

Oczekiwania od kandydata:

Idealny kandydat do tego projektu powinien wykazywać połączenie zdolności technicznych, umiejętności analitycznych oraz zdolności do efektywnej pracy w interdyscyplinarnym środowisku badawczym. Niezbędne są silne predyspozycje techniczne oraz praktyczne podejście do pracy. Kandydat powinien czuć się swobodnie w pracy ze złożoną infrastrukturą eksperymentalną, w tym z systemami ultrawysokiej próżni (UHV). Obsługa urządzeń PA-MBE wymaga nie tylko precyzji, ale także gotowości do wykonywania rutynowych czynności konserwacyjnych oraz drobnych napraw mechanicznych; dlatego kandydat nie powinien unikać praktycznych zadań warsztatowych.

Doświadczenie w analizie danych oraz pracy z oprogramowaniem do kontroli eksperymentów — takim jak Origin, MATLAB, Python czy LabVIEW — będzie uznane za istotny atut, szczególnie w kontekście przetwarzania danych eksperymentalnych i automatyzacji pomiarów. Podstawowa znajomość (przynajmniej na poziomie teoretycznym) technik charakteryzacji materiałów, takich jak dyfrakcja rentgenowska (XRD), mikroskopia sił atomowych (AFM) oraz pomiary transportu elektrycznego w niskich temperaturach, jest pożądana.

Kandydat musi wykazywać się cierpliwością i precyzją, ponieważ procesy wzrostu epitaksjalnego mogą trwać wiele godzin i wymagają ścisłej kontroli warunków eksperymentalnych, w tym przygotowania podłoża w bardzo czystym i kontrolowanym środowisku. Wymagana jest biegła znajomość języka angielskiego, ponieważ cała literatura naukowa, dokumentacja techniczna oraz działalność publikacyjna prowadzona jest w tym języku. Oczekuje się również rozwiniętych umiejętności krytycznego myślenia, w tym zdolności interpretacji wyników eksperymentalnych, identyfikowania trendów oraz formułowania hipotez naukowych. Kandydat powinien także wykazywać wyraźną motywację do nauki obsługi zaawansowanych systemów PA-MBE oraz rozwijania kompetencji w zakresie technik wzrostu epitaksjalnego.

Na koniec niezbędne są dobre umiejętności komunikacyjne oraz zdolność pracy zespołowej, ponieważ projekt zakłada ścisłą współpracę z eksperymentatorami, operatorami systemów oraz badaczami teoretycznymi.

Finansowanie:
Stypendium: fundusze z projektu 5750 PLN miesięcznie, przed odjęciem obligatoryjnych składek ZUS (~15%), przez 48 miesięcy, co daje około 4363 PLN netto/miesiąc w latach 1-2, oraz (po zdaniu egzaminu śródokresowego) około 5613 PLN netto/miesiąc w latach 3-4.

Kontakt: teiss@ifpan.edu.pl