

Elektrony są fermionami, co oznacza, że zgodnie ze statystyką Fermiego-Diraca zajmują kolejno poziomy energetyczne od najniższego do najwyższego, przy czym na jednym poziomie może znajdować się tylko jeden elektron o określonym spinie. Poziom oddzielający poziomy wypełnione od niezapełnionych przez elektrony, w temperaturze zera bezwzględnego, nazywamy poziomem Fermiego. Kontrolowanie energii poziomu Fermiego w półprzewodnikach poprzez domieszkowanie doprowadziło do wytworzenia złącza p-n. Tak jak atomy tworzą obiekty makroskopowe, takie jak cząsteczki i kryształy, tak półprzewodnikowe złącze p-n jest podstawowym składnikiem wszystkich elektronicznych układów scalonych. Ponadto, złącze p-n jest wydajnym źródłem światła w diodach świecących oraz laserach półprzewodnikowych. Innym zastosowaniem złącza są ogniwa fotowoltaiczne, przetwarzające energię świetlną na elektryczną.

W przypadku dielektryków, w których mamy niewiele swobodnych elektronów, w stanie podstawowym są one związane z poszczególnymi atomami. Dlatego uważa się, że energia poziomu Fermiego nie jest istotnym parametrem opisującym takie układy. Sytuacja zmienia się gdy dielektryki domieszkujemy jonami metali przejściowych oraz ziem rzadkich. Procedurę taką stosuje się do produkcji luminoforów oraz scyntylatorów, gdzie pod wpływem energii dostarczonej z zewnątrz następuje luminescencja domieszek. Podczas wzbudzania (w luminoforach przy pomocy światła, w przypadku scyntylatorów wysokoenergetycznym promieniowaniem) w materiałach luminescencyjnych mogą pojawiać się znacznie więcej swobodnych nośników ładunku (elektronów i dziur). W projektowaniu oraz badaniu tych materiałów nie można ignorować faktu, że elektrony podlegają statystyce Fermiego-Diraca. Choć na ogół nie jest to brane pod uwagę, wartość energii Fermiego decyduje o procesach rekombinacji promienistej oraz wydajności luminescencji.

Przedstawiony projekt ma na celu badanie energii poziomu Fermiego w monokrystalicznych warstwach dielektryków, takich jak granaty, perowskity oraz ortokrzemiany wytwarzanych metodą epitaksji z fazy ciekłej. W szczególności będziemy się koncentrować na znalezieniu zależności wartości energii Fermiego od rodzaju domieszki jonów ziem rzadkich (typowe centra luminescencji) i metali przejściowych. W poprzednich pracach pokazaliśmy, że możliwa jest zmiana położenia poziomu Fermiego w polikrystalicznych ortokrzemianach poprzez domieszkowanie ich jonami glinu lub litu. Taką samą procedurę chcemy zastosować do kontroli wartości energii Fermiego w warstwach monokrystalicznych. W tym celu planujemy domieszkować warstwy atomami metali, które posiadają dodatkowe elektrony walencyjne lub mają mniej elektronów walencyjnych niż zastępowane przez nie jony sieci aby wytworzyć w ten sposób dodatkowe stany energetyczne, które podwyższają lub obniżają poziom Fermiego (tzw. inżynieria poziomu Fermiego). Następnie nakładając jedną warstwę na drugą planujemy wytworzyć złącze p-n oraz zbadać jego charakterystyki prądowo-napięciowe i luminescencyjne. Wybraliśmy warstwy monokrystaliczne otrzymywane w niskiej temperaturze aby maksymalnie ograniczyć ilość niekontrolowanych defektów, które pojawiają się w monokryształach hodowanych z roztoku. Oprócz podstawowej wiedzy na temat energii Fermiego w dielektrykach, spodziewamy się uzyskać nowe efekty, takie jak elektroluminescencja i efekt fotowoltaiczny, które obserwuje się w złączach półprzewodnikowych. W odróżnieniu od półprzewodników, w których przerwa energetyczna jest węższa niż 4 eV materiały dielektryczne posiadają przerwę energetyczną o szerokości nawet do 10 - 12 eV. Uzyskanie efektywnego złącza p-n w oparciu o dielektryki pozwala wykorzystać więc zupełnie nowy zakres energii niedostępny w konwencjonalnych diodach luminescencyjnych (LED) i laserach półprzewodnikowych. Chociaż projekt dotyczy badań podstawowych wyniki naszych prac mogą być również użyteczne przy projektowaniu baterii słonecznych dla potrzeb badań kosmosu. W próżni kosmicznej promieniowanie ultrafioletowe nie jest absorbowane, dlatego złącza oparte na dielektrykach mogą znacznie zwiększyć wydajność konwersji ogniw fotowoltaicznych w systemach hybrydowych zawierających złącza dielektryczne i półprzewodnikowe.