

Realizując nasz poprzedni projekt badawczy OPUS13 zauważyliśmy, że proste oporniki wykonane z wielowarstwowych struktur PbTe/CdTe wykazują nadspodziewanie dużą czułość na promieniowanie podczerwone, nawet w temperaturze pokojowej. Mimo iż, konstrukcja tych detektorów nie była zoptymalizowana (brak im było warstw anty-odbiciowych, soczewek immersyjnych, optymalnych kontaktów elektrycznych, etc.), ich detekcyjność okazała się porównywalna z detekcyjnością najlepszych detektorów komercyjnych. Ta zaskakująco dobra detekcyjność bierze się z unikatowych właściwości wielowarstwowych struktur PbTe/CdTe. Ze względu na odmienne sieci krystaliczne PbTe i CdTe materiały te są niemieszalne, nie rozpuszczają się w sobie, nie tworzą stopów. W roztworze stałym dążą do rozdzielania się tworząc wytrącenia czystego PbTe i CdTe z ostrymi granicami między nimi. Niedopasowanie sieci krystalicznych powoduje, że na tych granicach pojawiają się pozrywane wiązania atomowe, które mogą wyłapywać i pułapkować swobodne nośniki ładunku (elektrony lub dziury) obecne w materiale, głównie w obszarach PbTe. Efekt ten powoduje znacznie zmniejszenie samoistnej koncentracji nośników i tym samym zwiększa efekt fotoprzewodnictwa. Innym, istotnym powodem, dla którego wielowarstwowe struktury PbTe/CdTe są świetnym kandydatem na detektory podczerwieni jest prawdopodobnie silne tłumienie rekombinacji nośników wzbudzonych podczerwienią. Chodzi tu o tzw. rekombinację Augera, która jest głównym mechanizmem ograniczającym detekcyjność w półprzewodnikach z wąską przerwą energetyczną, z których robi się zazwyczaj detektory podczerwieni. W strukturach zbudowanych z materiałów szeroko- i wąsko-przerwowych, jak w tym przypadku, rekombinacja jest silnie tłumiona.

Przedmiotem proponowanych badań będą wielowarstwowe struktury PbTe/CdTe, czyli materiał zbudowany z naprzemiennych warstw epitaksjalnych PbTe i CdTe hodowanych metodą epitaksji z wiązek molekularnych (MBE). Typowe grubości warstw PbTe to 10-50 nm, a CdTe 50-200 nm. Liczba ich powtórzeń par warstw to kilka do, kilkunastu, zatem typowe grubości całych struktur są rzędu 1 um. Na podstawie naszych poprzednich badań możemy stwierdzić, że wielowarstwowe struktury PbTe/CdTe są w istocie nowym materiałem półprzewodnikowym, który ma inne właściwości fizyczne i zachowuje się inaczej niż jego dobrze znane składniki, PbTe i CdTe. Ponadto eksperymentalnie sprawdziliśmy, że właściwości fizyczne wielowarstwowych struktur PbTe/CdTe w bardzo istotnym stopniu zależą od sposobu ich wykonania, tj. parametrów procesu wzrostu takich, jak temperatura podłoża, czasy wzrostu obu składników, ilość powtórzeń par PbTe/CdTe, ich stechiometria, etc. Na przykład, morfologia takich struktur zasadniczo zależy od temperatury wzrostu. Również tak podstawowe właściwości materiału, jak koncentracja nośników ładunku, ich ruchliwość, transmisja i odbicie optyczne determinowane są przez parametry procesu MBE. W szczególności stwierdziliśmy, że odpowiednio manipulując czasem wzrostu warstw możemy otrzymać wielowarstwowe struktury PbTe/CdTe o bardzo różnym przewodnictwie elektrycznym, od metalicznego do izolującego.

W niniejszy projekcie stawiamy sobie trzy cele. Pierwszym z nich, o charakterze naukowo-poznawczym, jest zbadanie nowych właściwości wielowarstw PbTe/CdTe. Drugim znalezienie i ściśle określenie relacji pomiędzy podstawowymi właściwościami fizycznymi wielowarstw PbTe/CdTe, a parametrami procesu MBE, w którym są one wzrastane. Relacje te wykorzystane zostaną następnie do osiągnięcia trzeciego celu, którego charakter jest bardziej aplikacyjny. Tym celem jest wytworzenie i zoptymalizowanie wysokotemperaturowych detektorów podczerwieni, w których obszarem światłoczułym będą wielowarstwowe struktury PbTe/CdTe. Planujemy badania dwóch różnych typów detektorów: rezystorów pracujących w trybie fotoprzewodzącym oraz diod pracujących w trybie fotowoltaicznym. Na podstawie dotychczasowych wyników mamy nadzieję na otrzymanie detektorów o lepszych parametrach niż obecnie istniejące.

Badania struktur wielowarstwowych PbTe/CdTe są na bardzo wczesnym etapie, gdyż do tej pory ukazało się bardzo niewiele prac na ten temat, a w aspekcie zastosowania do detekcji podczerwieni tylko jedna. Fakt, że właściwości tego materiału mogą być efektywnie kontrolowane za pomocą parametrów wzrostu metodą MBE, czyni ten temat intrygującym pod względem poznawczym, a sam materiał atrakcyjnym dla zastosowań praktycznych, jako materiał na czule detektory podczerwieni pracujące w temperaturze pokojowej. Można oczekiwać, że wyniki realizacji tego projektu będą miały istotny wpływ na rozwój detektorów podczerwieni – przyrządów, które są szeroko stosowane do różnych celów takich, jak analiza gazów chemicznych, wykrywanie wycieków gazu, obrazowanie w podczerwieni, zdalne pomiary temperatury etc.