

Cel projektu

Celem niniejszego projektu jest synteza oraz zbadanie właściwości nanodrutów półprzewodnikowych złożonych z czystego antymonku indy oraz domieszkowanych atomami manganu, galu lub telluru. Metoda syntezy tych nanostruktur zostanie zoptymalizowana, a jej parametry skorelowane z właściwościami materiałów. Wnioskodawcy spodziewają się, że uzyskane nanodrutki będą mogły znaleźć praktyczne zastosowanie jako materiały aktywne we współczesnej nanoelektronice.

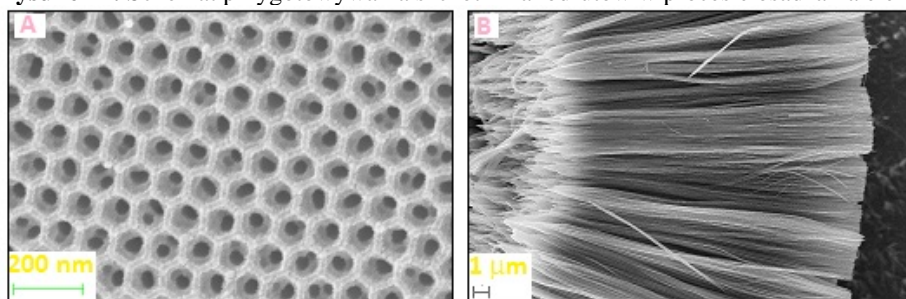
Przyczyny podjęcia tematyki badawczej oraz opis badań podstawowych

Wielofunkcyjne materiały nanostrukturalne przyciągają uwagę naukowców i przedsiębiorców ze względu na możliwości ich zastosowania w różnych dziedzinach np. jako elementy układów logicznych, generatorów termoelektrycznych, czujników chemicznych i biologicznych oraz nanourządzeń elektrycznych. Podstawowym ograniczeniem związanym z praktycznym zastosowaniem nanomateriałów są relatywnie wysokie koszty ich wytwarzania. W związku z tym, wysiłki naukowców koncentrują się na opracowaniu nowych, stosunkowo łatwych w implementacji, a przede wszystkim niedrogich metod otrzymywania nanomateriałów.

Istnieje kilka metod, które umożliwiają otrzymywanie nanostrukturalnych materiałów o różnych kształtach i rozmiarach w stosunkowo krótkim czasie. Jedną z nich jest osadzanie elektrolityczne. Polega ono na wywołaniu reakcji chemicznej między elektrodami poprzez przyłożenie zewnętrznego potencjału/prądu. W zależności od tego, na której elektrodzie odbywa się osadzanie, procesy elektrochemiczne możemy podzielić na katodowe i anodowe. W wyniku osadzania elektrolitycznego można otrzymywać nanomateriały tlenkowe, metaliczne, polimerowe, sole metali przejściowych i wiele innych. Osadzanie elektrolityczne jest metodą stosunkowo taną i może być przeprowadzone w temperaturze pokojowej, dzięki czemu zmniejsza się efekt mieszania składników materiału, co jest szczególnie istotnym elementem w strukturach warstwowych. Grubość osadzonej warstwy można kontrolować, obserwując ilość ładunku przepłyniętego przez elektrolizer. Szybkość osadzania można kontrolować zmieniając prąd w czasie procesu. Z kolei skład i liczba defektów w materiale zależy od przyłożonego napięcia.



Rysunek 1. Schemat przygotowywania szczotki nanodrutów w procesie osadzania elektrochemicznego w porowatej matrycy.



Rysunek 2. Zdjęcia SEM porowatej matrycy (A) oraz szczotki złożonej z nanodrutów (B).

Niewątpliwą zaletą osadzania elektrolitycznego jest to, że warstwy mogą być tworzone na dużych powierzchniach o skomplikowanym kształcie, można je również prowadzić wyciem porowatych matryc. Schemat otrzymywania szczotek nanodrutów w procesie osadzania elektrolitycznego przedstawiono na rysunku 1, przykładów mikrostruktur porowatej matrycy oraz szczotki złożonej z nanodrutów prezentuje rysunek 2.

InSb, jest półprzewodnikiem, który ze względu na swoje dobre właściwości elektryczne jest stosowany w czujnikach gazów, elektronice czy generatorach termoelektrycznych. Ponadto, materiał ten można skutecznie modyfikować, np. poprzez dodatek atomów, np. węgla, antymonu, manganu, galu czy telluru, przez co uzyskuje on zupełnie nowe właściwości. Przykładowo, około 2% dodatek atomów manganu powoduje, że antymonek indy, który wcześniej nie wykazywał właściwości ferromagnetycznych, uzyskuje takie właściwości. Otwiera to więc zupełnie nowe możliwości zastosowania Mn-InSb w urządzeniach magnetycznych. Aby dodatkowo spotęgować magnetyczną odpowiedź takiego materiału, korzystnym wydaje się zmniejszenie jego wymiarów z trójwymiarowych kryształów do szczotek złożonych z miliardów jednowymiarowych nanodrutów. Innym przykładem modyfikacji antymonku indy jest domieszkowanie go atomami telluru. Taki zabieg umożliwia zwiększenie przewodnictwa elektrycznego materiału przy jednoczesnym utrzymaniu przewodnictwa cieplnego na takim samym poziomie lub nawet zmniejszenia jego wartości. Wydaje się to skomplikowane, jednak, taka nowo wytworzona struktura Te-InSb może być z powodzeniem zastosowana jako element wysokowydajnego generatora termoelektrycznego, czyli urządzenia, które umożliwia przekształcenie energii elektrycznej w ciepło i odwrotnie ciepła w energię elektryczną. Konstrukcja tego typu urządzeń jest niezwykle ważna ze względu na możliwości odzyskiwania energii elektrycznej z ciepła np. emitowanego przez silnik spalinowy. W ten sposób po redukcji zapotrzebowania na paliwo oraz emisji szkodliwych gazów, które stanowią produkt uboczny ich spalania. Ostatnim przykładem może być modyfikacja właściwości optycznych antymonku indy poprzez dodatek

atomów galu do struktury tego materiału. Podobnie jak w przypadku atomów manganu, również tutaj nawet niewielka domieszka (ok 2%) może spowodować drastyczne zmiany właściwości uzyskanego materiału.

Wszystkie wymienione modyfikacje właściwości antymonku indy, możliwe są do wykonania podczas elektrosyntezy tego materiału. Konieczna jest jedynie zmiana składu elektrolitu. Podsumowując, osadzanie elektrolityczne jako metoda otrzymywania szczotek złożonych z miliardów pojedynczych nanodrutów jest również techniką umożliwiającą modyfikowanie właściwości materiału. Nanostruktury będące przedmiotem badań niniejszego projektu zostały tak zaprojektowane aby posiadały różnice właściwości w wyniku prostych manipulacji tj. dodatku niewielkiej ilości atomów innych pierwiastków. Te nowe właściwości są szczególnie interesujące z punktu widzenia możliwych praktycznych zastosowań w nanoelektronice.