

Warszawa, 24.05.2016 r.

dr hab. Andrzej Wysmołek,
prof. UW
Zakład Fizyki Ciała Stałego
Instytut Fizyki Doświadczalnej
Wydział Fizyki
Uniwersytet Warszawski

**Recenzja rozprawy doktorskiej mgr Anny Dużyńskiej
pt. „Wytwarzanie i charakteryzacja cienkich warstw nanorurek węglowych”**

Nanorurki węglowe to ciągle bardzo aktualny obiekt badań na świecie. Oprócz spektakularnych badań dotyczących właściwości pojedynczych nanorurek węglowych, które miały ogromną wagę poznawczą, na świecie podejmuje się wiele wysiłku w celu wytworzenia i wykorzystania uporządkowanych struktur złożonych z wielu nanorurek. Możliwości wykorzystania warstw nanorurek jest bardzo wiele. Decydują o tym zarówno unikatowe właściwości pojedynczych nanorurek, takie jak świetne przewodnictwo termiczne, wytrzymałość mechaniczna, bogactwo właściwości optycznych i elektrycznych wynikające ze struktury krystalicznej i rozmiarów nanorurek, jak też ich organizacja przestrzenna w złożonej strukturze (np. warstwie). Znalazienie konkretnych zastosowań dla układów warstwowych wymaga więc zarówno opanowania technologii nanorurek, jak też znalezienia sposobu wytwarzania struktur złożonych z nanorurek o pożądanymi właściwościami. Rozprawa doktorska mgr Anny Dużyńskiej wpisuje się w ten nurt badań.

W ramach pracy wytworzone zostały cienkie (50-200 nm) warstwy nanorurek jednościennych. Wykorzystano w tym celu komercyjnie dostępne roztwory wodne nanorurek. Do formowania warstw wykorzystano dwie metody: zakraplanie z roztworu oraz filtrację próżniową. Wytworzone struktury zostały gruntownie scharakteryzowane z wykorzystaniem różnych technik badawczych, takich jak mikroskopia sił atomowych (AFM), skaningowa mikroskopia elektronowa (SEM), absorpcja światła w obszarze NIR-Vis, spektroskopia ramanowska, pomiary elektryczne i fotoelektryczne. Uzyskane wyniki dostarczyły informacji przydatnych w kontekście różnych zastosowań warstw nanorurek.

Praca składa się z ośmiu rozdziałów i liczy 155 stron wraz z bibliografią, spisem rysunków oraz informacjami o dorobku naukowym mgr Anny Dużyńskiej.

W rozdziale 1 zebrane zostały podstawowe informacje na temat metod wytwarzania nanorurek węglowych ich budowy, struktury pasmowej, właściwości mechanicznych, termicznych, elektrycznych i optycznych. W tej części zwrócono również uwagę na sposoby oczyszczania i separacji nanorurek o różnych parametrach, w tym oddzielania nanorurek półprzewodnikowych od metalicznych.

Rozdział 2 dotyczy sposobów otrzymywania oraz własności struktur złożonych z nanorurek. W rozdziale 3 przedstawiono wybrane zastosowania nanorurek węglowych do magazynowania energii, w ogniwach słonecznych, w zastosowaniach elektronicznych, sensorowych, różnorodnych zastosowaniach medycznych i wielu innych. Rozdział 4 przedstawia w sposób skondensowany wybrane metody

