

Opinia

o rozprawie doktorskiej mgr Anny Dużyńskiej

Rozprawa doktorska mgr Anny Dużyńskiej zatytułowana „Wytwarzanie i charakteryzacja warstw nanorurek węglowych” opublikowana została w materiałach Wydziału Fizyki Politechniki Warszawskiej. Rozprawa liczy 154 strony i posiada dość bogatą bibliografię liczącą 207 pozycji.

Rozprawa składa się z dwóch zasadniczych części. Pierwsza część zawarta jest w trzech rozdziałach wprowadzających w tematykę nanorurek węglowych i opiera się na danych literaturowych z dziedziny tematyki objętej rozprawą doktorską. Stanowi ona wprowadzenie do drugiej części. Druga część rozprawy zawarta w trzech rozdziałach stanowi zasadniczą część rozprawy i oparta jest omówienie technik eksperymentalnych stosowanych przez doktorantkę, omówieniu technologii otrzymywanych warstw nanorurek oraz na przedstawieniu wyników samodzielnych pomiarów doktorantki.

Rozdział 1 zatytułowany „nanorurki węglowe” zawiera zasadnicze informacje o nanorurkach węglowych. W podrozdziale 1.1 omówiona jest struktura jak i rodzaj nanorurek takich jak nanorurki jednościenne, dwuścienne czy wielościenne. W podrozdziale 1.2 omówiona jest struktura pasmowa nanorurek oraz jak ze zwinięcia nanorurki określanego wektorem chiralnym wynikają dwa rodzaje nanorurek: metaliczne i półprzewodnikowe. W następnych podrozdziałach rozdziału 1 zawarte są podstawowe informacje o własnościach elektrycznych, optycznych, termicznych i mechanicznych nanorurek. Rozdział 1 kończy podrozdział 1.3, w którym omówione są metody wytwarzania nanorurek węglowych, takich jak: wyładowanie w łuku elektrycznym, ablacja laserowa, plazmowo termiczne osadzanie oraz metody oczyszczania i separacji nanorurek na metaliczne i na półprzewodnikowe. W podrozdziale tym doktorantka nie ustrzegła się od pewnej nieścisłości. Mianowicie omawiając strukturę pasmową grafitu stwierdza, cytując (strona 13): „*Konfiguracja sp^2 tworzy sieć heksagonalną typową dla grafitu. Natomiast orbital p_z jest odpowiedzialny za słabe wiązania van der Waals'a pomiędzy poszczególnymi płaszczyznami atomowymi w graficie*”. Jest to istotna nieścisłość; orbital p_z jest przede wszystkim odpowiedzialny za strukturę pasmową pojedynczej warstwy grafitu, za jego zerową przerwę energetyczną a przez to za własności elektronowe i optyczne.

Rozdział 2 rozprawy zatytułowany „Cienkie warstwy nanorurek – metamateriały” omawia zasadnicze metody wytwarzania cienkich warstw nanorurek takich jak rozpylanie, wytwarzanie aerozoli, dielektrofureza, zakraplanie z roztworu, bezpośredni wzrost na podłożu i filtracja próżniowa. Rozdział ten zawiera też omówienie własności elektrycznych,

optycznych, termicznych i mechanicznych warstw nanorurek węglowych. W rozdziale tym, stosunkowo dobrze napisanym brak jest rozwinięcia wątku nanorurek jako nanomateriałów, co zapowiada tytuł tego rozdziału.

Rozdział 3 zatytułowany „Wybrane zastosowania nanorurek węglowych” na siedmiu stronach omawia bardzo szerokie zastosowania nanorurek węglowych. Zwięzłość tego opisu pozostawia jednak pewien niedosyt.

Rozdział 4 zatytułowany „Metody charakteryzacji warstw nanorurek węglowych” zawiera opis podstawowych technik charakteryzacji warstw nanorurek, takich jak mikroskopia sił atomowych (AFM), skaningowa mikroskopia elektronowa (SEM), spektroskopia Ramana, spektroskopia absorpcyjna i pomiary elektryczne. Omówienie tych technik eksperymentalnych jest ważne w kontekście rozprawy, gdyż wszystkie te techniki były stosowane przez doktorantkę przy charakteryzacji otrzymywanych przez nią warstw nanorurek.

Rozdział 5 zatytułowany „Technologia wytwarzania cienkich warstw nanorurek węglowych” omawia dwie stosowane przez doktorantkę metody wytwarzania warstw nanorurek, to jest proces zakraplania z roztworu oraz proces filtracji próżniowej. Dwa rodzaje jednościennych nanorurek, tj. metaliczne i półprzewodnikowe były przez doktorantkę kupowane w firmie NanoIntegris i stosowane przez nią do otrzymywania warstw.

Rozdział 6 zatytułowany „Analiza własności cienkich warstw nanorurek węglowych” zawiera zasadnicze wyniki badań eksperymentalnych określające własności cienkich warstw z jednościennych nanorurek węglowych. Doktorantka poprzez pomiary AFM otrzymała informacje o grubości warstw oraz o gęstości upakowania warstw. Poza tym, poprzez pomiary AFM i SEM stwierdziła, że warstwy nanorurek otrzymanych za pomocą filtracji próżniowej są bardziej gęsto upakowane, a same nanorurki dobrze przylegają do siebie. Dlatego w dalszych pomiarach optycznych brała ona pod uwagę tylko warstwy otrzymane tą metodą. Doktorantka otrzymała warstwy nanorurek metalicznych i półprzewodnikowych o różnych grubościach, takich jak: 20nm, 30nm, 40nm, 50nm, 70nm 100nm i 200nm. Pomiary optyczne absorpcji pokazały, że występujące charakterystyczne pasma absorpcji dla nanorurek półprzewodnikowych są inne niż dla nanorurek metalicznych. Jest to istotny wynik pozwalający stwierdzić, że stosowane przez nią nanorurki są dobrze rozdzielone. Ponadto, stwierdziła ona istnienie korelacji intensywności pasm absorpcyjnych w funkcji grubości warstw. Następną optyczną techniką eksperymentalną zastosowaną przez doktorantkę była spektroskopia Ramana, którą zastosowała dla dwóch warstw o grubościach 50nm i 200nm, zarówno dla nanorurek metalicznych jak i półprzewodnikowych. Stwierdziła ona, że mierzone przez nią widma Ramana charakteryzują się typową dla nanorurek węglowych obecnością głównych modów ramanowskich RBM, G^- , G^+ oraz 2D. W szczególności występuje w nich typowe dla nanorurek rozszczepienie pasma G na dwa G^- i G^+ . Doktorantka przeprowadziła analizę położenia i szerokości połówkowych pasma G^+ dopasowując do kształtu linii funkcje Lorentza. W analizie tej uzyskiwał mapy tej linii na stosunkowo dużym obszarze warstw, których wyniki pokazała w postaci histogramów. Okazuje się, że o ile położenia linii G^+ dla nanorurek metalicznych i półprzewodnikowych różnią się nieznacznie o

