

Dr hab. Danuta Stróż
Uniwersytet Śląski
Instytut Nauki o Materiałach
ul. Bankowa 12
40-007 Katowice

Katowice, 16.12.2015

RECENZJA

osiągnięć naukowych, dydaktycznych i organizacyjnych dr inż. Jolanty Agnieszki Borysiuk
przedstawionych w ramach postępowania habilitacyjnego

Wprowadzenie

Doktor inż. Jolanta Borysiuk ukończyła studia na Wydziale Inżynierii Materiałowej Politechniki Warszawskiej w roku 1995 uzyskując tytuł magistra inżyniera w dyscyplinie inżynieria materiałowa. Pięć lat później przedstawia i broni na tym samym Wydziale pracę doktorską zatytułowaną „Badania defektów strukturalnych w wysokodomieszkowanym półprzewodniku GaAs:Te”. Już wówczas zapoznała się z techniką transmisyjnej mikroskopii elektronowej, gdyż pracę tę dr Borysiuk wykonywała pod kierunkiem znakomitego mikroskopisty prof. dr hab. Jana Kozubowskiego, który był Jej promotorem.

Po doktoracie dr Borysiuk wyjeżdża na półtoraroczny staż do Uniwersytetu Erlangen-Norymberga, gdzie pod kierunkiem prof. Horsta Strunk'a prowadzi badania mikroskopowe epitaksjalnych warstw azotowych.

Po powrocie do kraju dr Borysiuk pracuje kolejno w różnych instytutach badawczych (Instytut Wysokich Ciśnień Unipress, Instytut Technologii Materiałów Elektronicznych, Wydział Fizyki UW) w każdym z nich jako specjalistka w zakresie transmisyjnej mikroskopii elektronowej. W roku 2010 zatrudnia się dodatkowo w Instytucie Fizyki PAN, gdzie pracuje w zespole wzrostu MBE nanostruktur azotkowych pod kierunkiem prof. dr. hab. Zbigniewa Żytkiewicza. Po doktoracie dr Borysiuk rozszerza obszar swoich zainteresowań naukowych do zagadnień wytwarzania i charakterystyki warstw grafenowych a w szczególności podejmuje próby powiązania właściwości fizycznych grafenu z jego szeroko pojętą strukturą, w tym strukturą defektową, badaną za pomocą transmisyjnej mikroskopii elektronowej. Z tego też obszaru przedstawia prace, które wskazuje jako swoje osiągnięcia naukowo-badawcze w rozumieniu art. 16 ust. 2 pkt. 1 i 2 Ustawy o Stopniach Naukowych i Tytule Naukowym.

Ocena osiągnięcia naukowego dr inż. Jolanty Borysiuk

We wniosku Habilitantka za osiągnięcie naukowe, na postawie którego ubiega się o nadanie stopnia doktora habilitowanego, a któremu nadaje tytuł **Struktura krystaliczna i związane z nią własności fizyczne warstw grafenowych, zsyntetyzowanych na powierzchniach polarnych SiC**, przedstawia cykl 7 jednotematycznych publikacji. Wszystkie znajdują się w czasopismach z listy filadelfijskiej o wysokim Impact Faktorze. Są to np. Journal of Applied Physics, Applied Physics Letters czy Physical Review. Żaden z przedstawionych artykułów nie jest artykułem jednego autora, jednak Habilitantka ściśle określa zakres swojego wkładu w te artykuły do wykonania i interpretacji badań strukturalnych za pomocą transmisyjnej mikroskopii elektronowej. W sześciu na siedem artykułów Habilitantka wkład własny pocenia na 50% bądź wyżej. Tematyka, którą przedstawia dr Borysiuk w swym osiągnięciu naukowym dotyczy struktury grafenu, materiału, którego istnienie co prawda przewidziano w połowie XX wieku, ale który wytworzono dopiero w roku 2004 i wykazano jego unikatowe właściwości takie jak liniowa zależność dyspersyjna energii od pędu, doskonała wytrzymałość na rozciąganie (130 GPa) i inne bardzo ciekawe właściwości wskazujące na potencjalne zastosowania. Pomimo przeprowadzenia od roku 2004 wielu badań nad wytwarzaniem i właściwościami grafenu do dziś nie istnieją jego komercyjne zastosowania. Związane jest to z trudnościami w otrzymaniu pojedynczej warstwy grafenowej i osadzeniu jej na trwałym podłożu. Tak więc tematyka, którą podejmuje Habilitantka, a mianowicie wykazanie związku pomiędzy strukturą grafenu, która zależy od techniki i warunków jego otrzymania, a jego właściwościami jest bardzo współczesna i może przyczynić się do jego komercyjnego zastosowania, a z całą pewnością wnosi istotny wkład w rozwój wiedzy o tym nowoczesnym i wykazującym bardzo ciekawe właściwości materiale. Podjęcie badań struktury grafenu było tym bardziej zasadne, że to w Polsce w Instytucie Technologii Materiałów Elektronicznych opracowano dotychczas nie znaną i najtańszą metodę wytwarzania grafenu. To właśnie strukturę warstw grafenu syntetyzowanych na powierzchni węgla krzemu w Instytucie Materiałów Elektronicznych bada dr Jolanta Borysiuk. Habilitantka stosuje metodę transmisyjnej mikroskopii elektronowej. Jest to metoda trudna zarówno z punktu widzenia przygotowania preparatu, przeprowadzenia obserwacji, ale przede wszystkim z punktu widzenia interpretacji wyników. Pani dr Borysiuk jako jedna z pierwszych zastosowała tę technikę w badaniach struktur grafenowych i bardzo wnikliwie opracowała i zinterpretowała uzyskane obrazy. Właściwe połączenie badań strukturalnych z

badaniami właściwości daje znacznie pełniejszy opis uzyskanych warstw grafenu. To w pełni uzasadnia fakt, że przedstawione w osiągnięciu Habilitantki publikacje nie są jedno-autorskie. Pierwsze dwa artykuły (H1 i H2) dotyczyły warstw grafenu uzyskanego w wyniku sublimacji krzemu na powierzchni 4H-SiC(0001), tj. powierzchni krzemowej. Habilitantka udowodniła występowanie węglowej warstwy buforowej kowalencyjnie związanej z powierzchnią węgla krzemu. Stwierdziła także, że warstwy grafenu wykazują ciągłość na stopniach i tarasach występujących na powierzchni SiC. Ponadto, potwierdziła możliwość interkalacji wodoru do warstw grafenowych, i udowodniła, że proces ten powoduje zaniknięcie warstwy buforowej. Wykazała także, że późniejsze wygrzewanie wodoru wywołuje powstanie znacznej ilości defektów strukturalnych w warstwie grafenu (H2). Następne publikacje (H3 - H7) dotyczą struktury warstw grafenu otrzymanych na powierzchni węglowej 4H-SiC(000 $\bar{1}$). Wyniki opublikowane w pracach pozwoliły na konstrukcję spójnego obrazu wzrostu warstw grafenowych na powierzchni węglowej SiC(000 $\bar{1}$). Przeprowadzone przez dr Borysiuk obserwacje wysokorozdzielcze TEM ujawniły, że ułożenie kolejnych warstw grafenu może być różne: niezależnie od dominującego ułożenia heksagonalnego zwartego AB, w warstwach również jest obecne ułożenie heksagonalne proste AA oraz ułożenie trygonalne ABC. Na podkreślenie zasługuje wykonanie symulacji komputerowych obrazów HRTEM i uzyskanie stosunkowo dobrej zgodności wyników teoretycznych z doświadczalnymi.

Podsumowując wyniki zawarte w przedstawionym cyklu artykułów można stwierdzić, że przyczyniły się one do wyjaśnienia budowy krystalicznej warstw grafenowych, syntetyzowanych na polarnych powierzchniach węgla krzemu w wysokotemperaturowym procesie sublimacji. Są one bez wątpienia znaczącym wkładem merytorycznym, świadczącym o umiejętności Habilitantki do dostrzegania i formułowania problemu naukowego. Uważam, iż dorobek Habilitantki po doktoracie stanowi osiągnięcie naukowe odpowiadający wymaganiom przewodu habilitacyjnego.

Pozostałe osiągnięcia naukowe – badawcze dr Jolanty Agnieszki Borysiuk

Kandydatka legitymuje się dużym dorobkiem naukowym w liczbie 71 publikacji, wszystkie w czasopiśmie znajdujących się w bazie Journal Citation Reports. W każdym przypadku wkład Habilitantki w powstanie danej pracy polegał na zaplanowaniu i przeprowadzeniu obserwacji strukturalnych przy użyciu transmisyjnego mikroskopu elektronowego, analizie i interpretacji wyników TEM oraz na napisaniu części manuskryptu. Sumaryczny *impact factor*

według listy Journal Citation Reports (JCR), zgodnie z rokiem opublikowania wynosi 125.4, liczba cytowań publikacji według bazy Web of Science (WoS) wynosi 674 a Indeks Hirscha:15. Doktor Borysiuk czynnie uczestniczyła w krajowych i zagranicznych konferencjach naukowych. Ma doświadczenie we współpracy z zagranicznymi jednostkami naukowymi – 1.5 roczny staż podoktorski w Niemczech (2000-2001) na Uniwersytecie Erlangen-Norymberga, Department of Materials Science. Była wykonawcą w 12 projektach badawczych oraz kierownikiem 2 projektów. W Autoreferacie Habilitantka nie podaje swego doświadczenia w działalności dydaktycznej. Należy sądzić, że jako pracownik naukowo-techniczny nie prowadziła bezpośrednio zajęć ze studentami. Natomiast jest opiekunką pracowni trawienia jonowego wysokiej rozdzielczości w Centrum Nowych Technologii Uniwersytetu Warszawskiego. W skład pracowni wchodzi nowoczesny mikroskop elektronowy FIB/SEM oraz urządzenia służące przygotowaniu preparatów do mikroskopii TEM i SEM.

Podsumowując, dorobek naukowy Habilitantki oceniam wysoko, natomiast działalność dydaktyczno-organizacyjną – na poziomie dostatecznym. Stwierdzam, że dr inż. Jolanta Agnieszka Borysiuk spełnia wymagania stawiane osobie, która ubiega się o nadanie stopnia doktora habilitowanego w dziedzinie nauk fizycznych (Ustawa o Stopniach i Tytule Naukowym oraz Stopniach i Tytule w Zakresie Sztuki z dnia 14 marca 2003 oraz późniejsze zmiany). Wnioskuje zatem o nadanie dr inż. Agnieszce Borysiuk stopnia doktora habilitowanego w dyscyplinie fizyka.

Dariusz Stoj