

Wrocław 24.11.2022

dr hab. inż. Alicja Bachmatiuk  
email: [alicja.bachmatiuk@port.lukasiewicz.gov.pl](mailto:alicja.bachmatiuk@port.lukasiewicz.gov.pl)

**Recenzja pracy doktorskiej mgr inż. Magdaleny Tamulewicz-Szwajkowskiej „Badania właściwości elektrycznych i mechanicznych membran na bazie dichalkogenków metali przejściowych”**

Przedstawiona mi do recenzji rozprawa doktorska, której promotorem jest dr hab. inż. Jarosław Serafińczuk, została przygotowana na Politechnice Wrocławskiej: Wydział Elektroniki i Fotoniki Mikrosystemów.

**1. Tematyka rozprawy doktorskiej**

Tematyka pracy dotyczy kilku ambitnych i bardzo ciekawych z punktu widzenia naukowca kompleksowych zagadnień: 1) metod eksfoliowania dichalkogenkowych kryształów celem utworzenia jak najcieńszych i powtarzalnych warstw/płatek (co cieszy: z uwzględnieniem świadomości występowania zanieczyszczeń pochodzących z taśm transferujących; ten aspekt jest pomijany przez wielu naukowców zajmujących się tematyką transferu materiałów 2D z wykorzystaniem taśm z klejem), 2) wykorzystania metod mikroskopii świetlnej, różnicowej spektroskopii transmisyjnej oraz odbiciowej, fotoluminescencji, spektroskopii Ramana, oraz ciekawego wykorzystania mikroskopii AFM z uwzględnieniem rodzaju sond skanujących na szczegółowe wyniki pomiarowe, 3) samodzielnego konstruowania/projektowania urządzeń pomiarowych lub podłoży do pomiarów właściwości przenoszonego materiału, z uwzględnieniem konieczności wykonania pomiarów elektrycznych i mechanicznych.

**2. Zakres rozprawy doktorskiej**

Rozprawa doktorska została podzielona na trzy części, bez wykorzystania klasycznego podziału na część literaturową i doświadczalną. W pierwszym rozdziale zawarto opis właściwości dichalkogenków metali przejściowych, wytwarzanie struktur dwuwymiarowych, jak również sposoby oddzielania materiału z kryształów i przenoszenie na docelowe podłoża. Kolejny rozdział skupia się spójnie na charakterystyce właściwości struktur z pojedynczych warstw dichalkogenków wykorzystywanych w trakcie badań (nie charakteryzowaniu, jak to pisze doktorantka w całej pracy). Natomiast trzeci rozdział zamyka całość pracy opisując wyniki badań cienkich warstw dichalkogenków otrzymywanych w laboratorium Politechniki

Wrocławskiej. Końcowym fragmentem pracy jest kompleksowe podsumowanie opisane skrupulatnie na dwóch stronach pracy.

### **3. Ocena rozprawy doktorskiej**

Doktorantka przekonująco przedstawiła motywację swoich badań, prawidłowo przedstawiła etapy ich realizacji i opisała zastosowane metody badawcze. Właściwie zostały przez nią przedstawione wyniki, obserwacje i pomiary oraz bardzo szczegółowo opisała wnioski rozprawy. Praca zawiera wszystkie wymagane elementy rozprawy doktorskiej. Zaletą recenzowanej pracy jest wysoki poziom i szeroki zakres przedstawionych badań naukowych oraz umiejętność dostosowania pomiarów i eksperymentów, w których doktorantka zdobyła doświadczenie za granicą do warunków w laboratorium, w którym realizowany był doktorat. Praca składa się ze spójnych rozdziałów, które na początku zawierają wstęp z przeglądem literaturowy, stanowi to spójny i logiczny układ. Unikatowym w pracy jest to, że zawiera schematy układów pomiarowych, które doktorantka konstruowała lub odzwierciedlała samodzielnie bazując na zdobytym doświadczeniu. Bardzo ciekawe w pracy jest zastosowanie i połączenie metod mikroskopowych i spektroskopowych, które stanowią spójną całość, w których otrzymywane wyniki i obserwacje łączą się w spójną całość.

### **4. Uwagi krytyczne**

Układ pracy jest poprawny i zawiera wszystkie niezbędne elementy rozprawy doktorskiej. Uwagę należy zwrócić również na niezwykle staranność w przygotowaniu pracy. Na pochwałę zasługuje ciekawa i odważna tematyka, wymagająca kompetencji docieklivego naukowca, obserwatora, oraz inżyniera kreującego swoje doświadczenie i budującego know-how zespołu wraz z przeprowadzanymi/planowanymi eksperymentami. Jednoznacznym potwierdzeniem stwierżeń i koncepcji przedstawionych w pracy są wyniki spektroskopowe potwierdzone obrazami z mikroskopii świetlnej i AFM. Pragnę podkreślić, że oceniam pracę doktorską bardzo wysoko pod względem wkładu w rozwój metod pomiarowych materiałów 2D, jak również w możliwą edukację w języku polskim osób zapoznających się z pracą, dla których korzystanie z fachowej obcojęzycznej literatury mogłoby stanowić problem.

Uwagę natomiast zwracają rozdzielczość pomiarowe dotyczące ugięcia przedstawiane przez doktorantkę w tabeli na stronie 82, pojawia się tu pytanie czy doktorantka była w stanie z dokładnością do trzech miejsc po przecinku zmierzyć prawidłowo te wartości? Ten sam aspekt rozdzielczości pomiarowej dotyczy tabeli 3.5, umieszczonej na stronie 88. Czy opisane i schematycznie przedstawione układy pomiarowe nie mogłyby stanowić własności intelektualnej?, czy doktorantka (lub zespół) samodzielnie wymyśliła układy lub ich elementy, które następnie były wykorzystywane w celach obserwacji mikroskopowych? Należy zwrócić uwagę, że bardzo często doktorantka używa słowa „charakteryzacja”, które powinno być zastąpione słowem „charakterystyka”, co może pochodzić z niewłaściwego tłumaczenia słowa z języka angielskiego „characterization”.

### **5. Konkluzja końcowa**

Uważam, że recenzowana rozprawa doktorska Pani mgr inż. Magdaleny Tamulewicz-Szwajkowskiej „Badania właściwości elektrycznych i mechanicznych membran na bazie dichalkogenków metali przejściowych” spełnia, zgodnie z "Ustawą o Stopniach Naukowych i

Tytule Naukowym oraz o Stopniach i Tytule w Zakresie Sztuki", z dnia 14 marca 2003 roku wraz ze zmianami z dnia 18 marca 2011 roku, w części dotyczącej stopnia doktora, warunki stawiane rozprawom doktorskim i po spełnieniu innych warunków formalnych wnoszę o jej publiczną obronę. Uwzględniając wysoką wartość naukową i kluczowy wkład w wiedzę w zakresie badań materiałów dichalkogenkowych, i zastosowania nowoczesnych metod pomiarowych wnoszę do Rady Naukowej o jej wyróżnienie.

prof. dr hab. Alicja