

Instytut Podstawowych Problemów Techniki  
POLSKIEJ AKADEMII NAUK



Do Dyrektora

Prof. dr. hab. inż. Roman Puźniaka

Instytut Fizyki Polskiej Akademii Nauk

Ul. Al. Lotników 32/46

02-668 Warszawa

Prof. Dr. hab. Michael Giersig

Foreign member of Polish Academy of Sciences

Head of Department:

Theory of Continuous Media and Nanostructures  
Institute of Fundamental Technological Research  
Polish Academy of Science  
Pawińskiego St. 5B; 02-106 Warsaw, Poland

e-mail: mgiersig@ippt.pan.pl

phone: (+48) 22 826 12 81 ext. 410

mobile: +49 15754999168

<https://www.ippt.pan.pl>

Recenzja pracy doktorskiej Pani mgr Aleksandry Seweryn  
z tytułu

„Otrzymywanie i badanie biomimetycznych, cienkich warstw tlenków metali przejściowych”

Przedłożona do recenzji rozprawa doktorska mgr Aleksandry Seweryn, której promotorem jest prof. dr hab. Marek Godlewski z tytułu „Otrzymywanie i badanie biomimetycznych, cienkich warstw tlenków metali przejściowych”, powstała w Instytucie Fizyki Polskiej Akademii Nauk w kooperacji z Uniwersytetem Przyrodniczym we Wrocławiu i została przygotowana w języku polskim.

Praca doktorska pani mgr Aleksandrę Seweryn składa się z krótkiego streszczenia; wstępu opisującego cel i przedmiot badań oraz układem pracy i listą skrótów. Część główna przedłożonej pracy składa się z **siedmiu rozdziałów**. Poniżej konstruktywna krytyka poszczególnych rozdziałów z wskazówkami co należałoby uwzględnić na egzaminie końcowym/obronie doktoratu.

**W Rozdziale 1** kandydatka opisuje szczegółowo zagadnienia związane z budową, właściwościami, strukturą tkanki kostnej oraz jej modulacji w kontekście zrozumienia potencjalnej aplikacji biomedycznej w szczególności jako systemów stosowanych w implantologii i medycynie regeneracyjnej. Dobrze i zrozumiale opisane zjawiska biologicznych procesów związanych z funkcjonowaniem tkanki kostnej, należałoby uzupełnić graficznym schematem ułatwiającym zrozumienie opisanych zagadnień, które z pewnością podniesie wartość pracy. Wielokrotne powtarzanie że badania zostały przeprowadzone przez autorkę dysertacji jest zbędne. Ogólniki typu „zaletą implantatów metalicznych jest wytrzymałość mechaniczna” należy kwantytatywnie potwierdzić poddając np. Moduł Younga w porównaniu do innych materiałów organicznych oraz systemów metalicznych. Obecnie stosowane materiały nie korodują i są biokompatybilne, proszę podać przykłady i rozwinąć temat w kierunku poszukiwania nowych wielofunkcyjnych materiałów. W przypadku definicji właściwości mechanicznych powłoki implantów należałoby dodać jakimi metodami były one scharakteryzowane. Jasność w kontekście deponowania i dopasowania powłok do substratu należałoby jaśniej omówić, wpływ podłoża na wzrost warstw krystalicznych w porównaniu do amorficznych powinien być jasno zdefiniowany trochę więcej fizyki zamiast ogólnych sformułowań typu (rozbudowane powierzchnie). Istnieje wiele grup naukowych badających właściwości mechaniczne  $\text{TiO}_2$ , literatura jest bardzo obszerna wiele rzeczy jest b. dobrze znanych. Z opisu w manuskrypcie nie jest jasne jak wielkie muszą być kryształy  $\text{TiO}_2$ , aby spełniały

116

wymagania do zastosowań w biomedycynie. Brak jasności jaki rodzaj  $TiO_2$  (anatazu czy rutyłu) jest lepszy mamy przecież różną strukturę elektroniczną/przerwę energetyczną. Brak informacji o amorficznym  $TiO_2$  i zawartych w nich strukturach krystalicznych.

Uzupełnić „pewna cytotoksyczność” lub „znikoma” bardziej kwantytatywnie.

W przypadku podrozdziału 1.2.5 brakuje informacji jak charakteryzowano gęstość tkanki kostnej.

Wymienione istotne zmiany hormonalne, w szczególności spadek poziomu estrogenów; proponowałbym uzupełnić informacją o ilości chorobowych przypadków u kobiet w porównaniu z mężczyznami w kwestii złamań spowodowanych osteoporozą fakt ten podniesie wartość aplikacyjną tej pracy.

Zmienić sformułowanie w 1.3. „były w ogólności pozytywne”

W **Rozdziale 2**, kandydatka, opisała używane materiały i metodę ich otrzymywania za pomocą depozycji cienkich warstw atomowych (ALD) oraz strukturalnej i spektroskopowej charakteryzacji.

Niezbyt wystarczająco jest opisana interakcja nanomateriałów z ciałem stałym (na implantatach). Schemat struktury elektronicznej substratu  $TiO_2$  i naniesionego  $HfO_2$  zwiększy przejrzystość i umożliwi zrozumienie interpretacji stabilności i interakcji systemów.

Strona 46 błędne oznaczenie podrozdziałów... 5.1 -5x etc. (niedbałość); Wymienione rozdziały zawierają znane opublikowane dane można je jednoznacznie skrócić.

**Rozdział 3** zawiera informacje dotyczące części eksperymentalnej a w szczególności optymalizacji parametrów metody ALD. Kandydatka wykazuje dużo znajomość literatury w wybranym temacie i słusznie wybrała parametry do optymalizacji wzrostu  $HfO_2$  na implantatach. Otrzymane rezultaty wykazują oryginalność badań oraz innowacyjny charakter oraz prawidłowy dobór wykorzystanych metod i technik badawczych potwierdzających trafność zagadnienia badawczego. Dyskusje wyników można rozszerzyć i potwierdzić otrzymanymi badaniami strukturalnymi (TEM, SEM).

W **rozdziale 4** zawiera informacje o eksperymentalnych warunkach celem otrzymania pro apatytu twórczego materiału jako powłoki implantu kostnego. Jako że współczynnik załamania, wytrzymałość mechaniczna, przewodność cieplna i przewodność elektryczna jest zależna od rodzaju struktury (amorficzna czy krystaliczna) krótka informacja na ten temat umożliwi lepsze zrozumienie procesów/ bio-mineralizacji tkanki kostnej. Tekst odnośnie procesów mineralizacji (strona 86) jest nie do końca wyjaśniony i brak jednoznacznej logicznej idei jak ten proces zrozumieć. Założone cele zostały osiągnięte (prawidłowy wybór prekursorów i udokumentowana reprodukcyjność warstw).

**Rozdział 5** zawiera opis procesu modyfikacji i optymalizacji warstw ALD w zasadzie inna możliwa modyfikacja w którym parametrem determinującym jest temperatura. Po studiach danych literaturowych kandydatka przeprowadziła cykl eksperymentów celem optymalizacji temperatury. Otrzymane wyniki potwierdzają przewidywaną strukturę i są potwierdzone wynikami w badaniach strukturalnych.

W **rozdziale 6** kandydatka opisuje wyniki procesu nanoszenia mineralnego materiału nukleującego na powierzchni zmodyfikowanej powierzchni  $HfO_2$  i stanowią dobry materiał wyjściowy do sprawdzenia i potwierdzenia epigenetyki.

**Rozdział 7** nakreśla plany na przyszłościowe badania i działalność wdrożeniową otrzymanych systemów.



Przedmiot badań recenzowanej pracy doktorskiej jest interesujący a tematyka badawcza wchodzi w istotny obszar badania materiałów bio- kompatybilności o szerokim spektrum zastosowania w biomedycynie a w szczególności w medycynie regeneracyjnej. Materiały te cieszą ogromnym zainteresowaniem w badania nowych związków do wykorzystania jako materiały stabilizujące i wspomagające wzrost tkanki kostnej o specyficznych właściwościach mechanicznych i pomimo znaczącego postępu technologicznego są nadal wyzwaniem. Źródła dobrano stosownie do obranej tematyki badawczej. Doktorantka zebrała literaturę, która odnosi się głównie do artykułów publikowanych w czasopismach z listy filadelfijskiej. W mojej ocenie praca jest bardzo dobrym punktem wyjścia do dalszych analiz i dobrą postawą dla wielu dalszych innowatorskich badań. Ocena pracy jest jednoznacznie pozytywna i w mojej opinii spełnia wszystkie warunki stawiane pracom doktorskim. Podjęta tematyka badawcza jest zdecydowanie nowatorska, a wyniki badań i ich interpretacja przedstawione są w sposób prawidłowy. Autorka badań wykazała się dobrą znajomością metodyki syntezy oraz badań materiałów wysokiej bio- kompatybilności. Zarówno opis teoretyczny jak i eksperymentalny przedłożony w postaci artykułów naukowych jest poprawnie opisany i opracowany. Badania prowadzone są spójnie a wszystkie zastosowane techniki badawcze zostały dobrane poprawnie zapewniając realizację zakładanych celów. Otrzymane wyniki mają zdecydowaną wartość naukową w porównaniu z innymi opisanymi metodami, syntezy wymienionych materiałów. Badania strukturalne i spektralne wykazują poprawność i prawidłowość ich interpretacji. Praca ta wyraźnie pokazuje, że mgr Aleksandra Seweryn systematycznie podchodziła do problemów badawczych. Dokładnie przeanalizowała odpowiednią literaturę i jasno scharakteryzowała postawione problemy badawcze oraz przedstawiła wyniki swoich badań w przekonującej perspektywie. Generalnie zgłoszona przez mgr. Seweryn praca wykazuje wysoki standard, co znajduje również odzwierciedlenie w jej publikacjach. Recenzowana praca stanowi oryginalne rozwiązanie problemu badawczego, jakim tworzenie i charakteryzacja materiałów o wysokiej wydajności bio- kompatybilności wskazując na zaawansowaną wiedzę teoretyczną i eksperymentalne umiejętności Autorki, będące podstawą dla samodzielnego prowadzenia pracy naukowej. Badania empiryczne zostały dobrze opisane i opublikowane w rozpoznawalnych czasopismach naukowych. Uważam, że praca spełnia wszelkie wymogi wymagane rozprawom doktorskim w ustawie o szkolnictwie wyższym i na tej podstawie wnioskuję o jej dopuszczenie do publicznej obrony.

Praca uzupełniona jest trzema oryginalnymi artykułami naukowymi z listy filadelfijskiej „International Journal of Nanomedicine; Journal of Nanobiotechnology; Materials”. W dwóch pracach mgr Seweryn jest pierwszą autorką. Dokonując oceny rozprawy doktorskiej brano pod uwagę brak oświadczeń współautorów co utrudnia ocenę wkładu mgr Seweryn, ale można wnioskować, że pierwszy autor miał znaczący wkład w prace. Załączone prace są spójne tematycznie i reprezentują b. dobry poziom naukowy.

M6

Instytut Podstawowych Problemów Techniki  
POLSKIEJ AKADEMII NAUK



Podsumowując, praca ta jest wkładem naukowym na dobrym międzynarodowym poziomie. Prace doświadczalne również w kolaboracji z innymi jednostkami naukowymi zostały wykonane profesjonalnie. Postawiony cel badawczy został przekonująco osiągnięty.

Biorąc pod uwagę wszystkie powyższe punkty, proponuję następującą ocenę:

**„Bardzo dobry”**

*Michał Giersiö*  
(M. GIERSIÖ)

Warszawa, 05.09.2023

*Michał Giersiö*  
(M. GIERSIÖ)