

Recenzja

rozprawy doktorskiej

Pani mgr inż. **Beaty Tim**

pt. **Organizacja nanocząstek złota na granicy faz i ich oddziaływanie
z wybranymi związkami organicznymi**

zrealizowana pod opieką

prof. dr hab. Aliny Dudkowiak oraz dr inż. Pauliny Błaszkiwicz

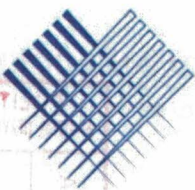
na Wydziale Inżynierii Materiałowej i Fizyki Technicznej Politechniki Poznańskiej

1. Ocena trafności tematu i celu rozprawy

Rozprawa doktorska Pani mgr inż. Beaty Tim została przygotowana w ramach Szkoły Doktorskiej Politechniki Poznańskiej w dyscyplinie inżynieria materiałowa. Wyniki badań zaprezentowane w niniejszej rozprawie zostały współfinansowane przez Narodowe Centrum Nauki (NCN) w ramach dwóch grantów: SONATY, pt. *Optymalizacja struktury nanoplatfomy do powierzchniowo wzmocnionej detekcji pochodnych chlorofilu z wykorzystaniem techniki Langmuira*, kierowanym przez dr inż. Michała Kotkowiaka oraz PRELUDIUM, pt. *Fotoaktywowane nanocząstki złota jako obiecujące środki w terapii fototermicznej – badania in vitro w biomimetycznych układach błonowych*, kierowanym przez doktorantkę.

Doktorantka jest współautorką dziewięciu wysoko punktowanych publikacji naukowych o zasięgu międzynarodowym i wysokim wskaźniku wpływu. Cztery z nich zostały wskazane, jako zbiór opublikowanych i powiązanych tematycznie artykułów naukowych stanowiących pracę doktorską. W trzech z wymienionych artykułów, mgr inż. Beata Tim jest pierwszym autorem i pełni funkcję autora korespondencyjnego lub jej udział w przygotowaniu publikacji uznano za równorzędny względem autora korespondencyjnego. Na szczególne wyróżnienie zasługuje też artykuł w uznanym czasopiśmie *Langmuir*.

Doktorantka ma w swoim dorobku również liczne nagrody. Czterokrotnie zdobyła Stypendium Rektora Politechniki Poznańskiej dla najlepszych studentów i dwukrotnie otrzymała Stypendium dla 10% najlepszych doktorantów Szkoły Doktorskiej Politechniki Poznańskiej. Na uznanie zasługuje również aktywność konferencyjna i szkoleniowa doktorantki. Mgr inż. Beata Tim w trakcie doktoratu wygłosiła jeden komunikat na konferencji krajowej



oraz zaprezentowała 12 plakatów na konferencjach krajowych i międzynarodowych, z czego za jeden z nich otrzymała wyróżnienie w konkursie na najlepszy plakat.

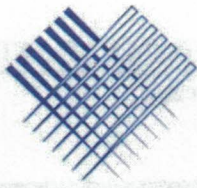
Dorobek naukowy mgr inż. B. Tim świadczy o jej wysokich kompetencjach badawczych i dużym zaangażowaniu w pracę naukową.

Rozprawa doktorska dotyczy badań nad właściwościami i organizacją nanocząstek metalicznych, na przykładzie nanocząstek złota w cienkich warstwach tworzonych na granicy faz oraz ich oddziaływań z wybranymi związkami organicznymi i modelowymi błonami biologicznymi, co wpisuje się w aktualne trendy badań w dyscyplinie inżynieria materiałowa i stanowi wysoką wartość poznawczą.

W pracy autorka podjęła się wyjaśnienia jak kształt nanocząstek złota (sferyczny lub prętopodobny) i sposób ich funkcjonalizacji, wpływają na organizację cienkich warstw na granicy faz powietrze-woda i powietrze-ciało stałe, ich właściwości termodynamiczne i stabilność. Ponadto zbadano oddziaływania pomiędzy nanocząstkami a wybranymi związkami organicznymi (kwasem 4-merkaptobenzoesowym (p-MBA) i rodaminą 6G) oraz lipidami (DPPC, POPC i cholesterol) w monowarstwach. W pracy zastosowano technikę Langmuira oraz metody Langmuira-Blodgett i Langmuira-Schaefera do tworzenia i przenoszenia cienkich warstw nanocząstek na podłoża stałe. Badania prowadzono z użyciem wielu metod spektroskopowych i mikroskopowych.

Zaprojektowane warstwy złożone z nanocząstek złota mogłyby zostać wykorzystywane jako: podłoża do ultraczułej detekcji analitów metodą SERS (choć nie podano żadnego przykładu analitu), oraz układy pomocne w zrozumieniu oddziaływań nanomateriałów z błonami komórkowymi.

Dzięki zdolności do wzmacniania sygnału optycznego wytworzone warstwy zawierające nanocząstki złota mogą być wykorzystywane, jako podłoża do ultraczułej detekcji leków, biomolekuł czy markerów za pomocą SERS. Z kolei analiza oddziaływań nanocząstek z modelowymi błonami komórkowymi pomoże zrozumieć, w jaki sposób nanomateriały mogą przenikać do komórek lub oddziaływać z ich powierzchnią. Ma to olbrzymie znaczenie przy projektowaniu bezpiecznych nośników leków i innowacyjnych biomateriałów. Warto również wskazać, że projektowanie nowatorskich materiałów z możliwością kontrolowania organizacji, agregacji i upakowania nanocząstek umożliwia uzyskanie określonych właściwości optycznych i fizykochemicznych, które mogą być wykorzystywane do produkcji podłoży do sensorów, optoelektronice czy fotonice.



Temat rozprawy jest aktualny, naukowo uzasadniony i dobrze osadzony w światowej literaturze przedmiotu. Doktorantka przygotowała krótkie i zwięzłe wprowadzenie do części eksperymentalnej, a wyniki zaprezentowane w rozprawie zostały opublikowane w prestiżowych czasopismach.

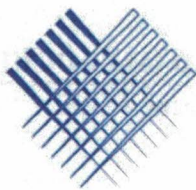
Na podstawie przedłożonych oświadczeń doktorantki oraz pozostałych współautorów można stwierdzić, że mgr inż. Beata Tim wykazała się dużą samodzielnością naukową oraz znaczącym zaangażowaniem w realizację prac badawczych prowadzonych w ramach dwóch projektów finansowanych przez Narodowe Centrum Nauki, z których jednym kierowała samodzielnie.

2. Ocena merytoryczna rozprawy

Zakres pracy obejmował szereg badań eksperymentalnych nad organizacją funkcjonalizowanych nanocząstek złota w cienkich warstwach tworzonych na granicy faz powietrze-woda oraz powietrze-ciało stałe, a także analizę ich oddziaływań z wybranymi związkami organicznymi i modelowymi błonami biologicznymi. W szczególności badano wpływ kształtu nanocząstek oraz rodzaju funkcjonalizacji powierzchni na właściwości termodynamiczne, morfologię, stabilność, stopień agregacji i upakowania warstw.

Doktorantka wykorzystała szereg technik spektroskopowych i mikroskopowych, w tym spektroskopię UV-Vis, powierzchniowo wzmacnianą spektroskopię Ramana (SERS), odbiciowo-absorpcyjną spektroskopię w podczerwieni z modulacją polaryzacji (PM-IRRAS), mikroskopię kąta Brewstera (BAM), mikroskopię konfokalną (CLSM), skaningową mikroskopię elektronową (SEM) czy transmisyjną mikroskopię elektronową (TEM). Dodatkowo wykonano również pomiary dynamicznego rozpraszania światła (DLS), pomiary Zeta-potencjału oraz dyfrakcji promieni rentgenowskich pod małym kątem (SAXRD) do oceny fizykochemicznej nanocząstek złota. *Wszystkie metody zostały dobrane adekwatnie do założonych celów badawczych.*

Praca ma uporządkowaną strukturę, odpowiadającą formie doktoratu opartego na cyklu publikacji naukowych. Składa się z części wprowadzającej, przedstawiającej aktualny stan wiedzy i uzasadnienie podjęcia badań, opis badanych materiałów i stosowanych technik pomiarowych, opis badań i uzyskanych wyników, podsumowanie i wnioski, bibliografię zawierającą 60 pozycji literaturowych, dorobek naukowy doktorantki, oświadczenia współautorów publikacji, a także cztery powiązane tematycznie artykuły opublikowane w renomowanych czasopismach z listy JCR, stanowiących cykl powiązanych publikacji naukowych. W rozprawie znalazły się także: streszczenie w wersji polskiej i angielskiej oraz spis stosowanych skrótów i oznaczeń.



Najsłabszą stroną rozprawy jest rozdział 3, w którym w dużym skrócie omówiono badane materiały oraz stosowane techniki badawcze. Niektóre z nich zostały opisane zaledwie jednym zdaniem.

Na uwagę zasługuje jednak fakt, że poszczególne publikacje tworzą spójny cykl badawczy, zaczynając od badań nad syntezą, funkcjonalizacją i organizacją nanocząstek złota w cienkich warstwach, poprzez możliwość zastosowania ich w technice SERS, aż po badania oddziaływań nanocząstek z modelowymi błonami biologicznymi. Dzięki temu rozprawa ma charakter kompleksowy i konsekwentnie realizuje założone cele naukowe.

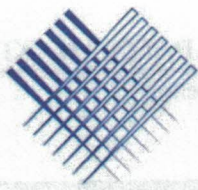
Rozdział 4 prezentuje opis badań w odniesieniu do publikacji z cyklu. Pokazuje istotę badań nad organizacją nanocząstek złota w cienkich warstwach na granicy faz. Rozdział 5 będący podsumowaniem rozprawy wskazuje najistotniejsze wnioski końcowe wynikające z omawianych artykułów. W obu rozdziałach (4 i 5) brakuje jednak dyskusji naukowej i odniesienia do aktualnych badań nad organizacją choćby innych nanocząstek metalicznych w cienkich warstwach wytworzonych metodą LB i LS. Zasugerowano również możliwe aplikacje, np. jako podłoża do sensorów bazujących na SERS, ale nie zaproponowano przykładów analitów. Nie wskazano również żadnych przykładów bionanomateriałów, do projektowania których można wykorzystać badania na modelowych błonach biologicznych.

3. Strona formalna i językowa

Praca ma przejrzystą strukturę i logiczny układ. Składa się z pięciu głównych rozdziałów, obejmujących: wstęp, część eksperymentalną, podsumowanie oraz bibliografię zawierającą 60 pozycji literaturowych. Istnieje jednak rozbieżność w numeracji rozdziałów przedstawionych w spisie treści i samych rozdziałach. Dla przykładu, w spisie treści „Forma rozprawy doktorskiej i wkład doktorantki” jest rozdziałem II, a w samej rozprawie rozdziałem I.

Praca została napisana poprawnym, zrozumiałym językiem naukowym. Tekst jest klarowny, logiczny i wolny od poważniejszych uchybień redakcyjnych.

W rozdziale 1 (Wstęp) można znaleźć zbyt rozbudowane zdania, które miejscami utrudniają odbiór tekstu. Przykładem jest akapit na stronie 14 dotyczący luki badawczej związanej z zależnością pomiędzy funkcjonalizacją nanocząstek a ich organizacją w cienkich warstwach, który ze względu na złożoną konstrukcję zdań pozostaje niejasny i trudny w interpretacji. W tym samym rozdziale poli(tlenek etylenu) został opatrzony niepoprawnym skrótem PEG-SH (strona 15). Niefortunne jest także sformułowanie na stronie 16 o parametrach termodynamicznych „zobrazowanych” za pomocą techniki BAM.



W kolejnym rozdziale, na stronie 21, pojawia się kolejne stwierdzenie o „nanoszeniu dyspersji.” Pomiary potencjału elektrokinetycznego zapisujemy zwyczajowo: pomiary Zeta-potencjału, zamiast potencjału zeta. W pracy pojawiają się również inne niefortunne określenia, takie jak: depozycja warstwy (zamiast osadzanie/nanoszenie) czy zarejestrowanie kinetyki relaksacji (raczej zarejestrowanie pomiarów kinetyki).

Zupełnie niezrozumiały pozostaje pierwszy wniosek z rozdziału „Podsumowanie” na stronie 36.

Wskazane przykłady należy uznać za redakcyjne niedociągnięcia, które nie wpływają na wartość naukową pracy.

4. Oryginalność rozprawy

Rozprawa wnosi istotny wkład w rozwój wiedzy w dyscyplinie inżynieria materiałowa. Osiągnięte wyniki są dobrze udokumentowane i opublikowane w czasopismach o ugruntowanej pozycji i wysokim współczynniku wpływu.

Do oryginalnych osiągnięć autorki z pewnością należy wykazanie możliwości kontrolowanego projektowania cienkich warstw funkcjonalizowanych nanocząstek złota o ściśle określonej organizacji, wykazujących efekt wzbudzenia plazmonowego i potencjał aplikacyjny w detekcji molekuł metodą SERS. Szczególnym osiągnięciem o dużej wartości poznawczej dla dyscypliny jest ustalenie zależności pomiędzy kształtem nanocząstek, rodzajem funkcjonalizacji powierzchni oraz parametrami procesu kompresji a organizacją, agregacją i właściwościami optycznymi tworzonych warstw.

Istotnym odkryciem jest także wykazanie możliwości częściowego wbudowywania (bądź adsorpcji) nanocząstek złota w warstwy lipidowe, co ma znaczenie dla dalszego rozwoju badań nad bezpiecznymi nanomateriałami.

5. Uwagi i sugestie

Proszę o uzupełnienie następujących informacji:

- Jakie anality można wykryć przy pomocy zaproponowanych układów?
- Czy nanocząstki złota można zastąpić innymi nanocząstkami metalami wykazującymi efekt wzbudzenia plazmonowego? Dlaczego w pracy wybrano nanocząstki złota?
- Proszę wyjaśnić kryterium wyboru lipidów? Jakie znaczenie mają badania z wykorzystaniem DPPC w kontekście modelowania chorób płuc, jak np. niedodma czy odma?

- Proszę zaproponować przykłady biomateriałów, które można zaprojektować bazując na danych eksperymentalnych z prezentowanego cyklu.

6. Podsumowanie i wniosek końcowy

Podsumowując, rozprawa doktorska mgr inż. Beaty Tim, stanowi samodzielne, oryginalne opracowanie naukowe, które wnosi nową wartość poznawczą w dyscyplinie inżynieria materiałowa.

W mojej ocenie praca spełnia wymagania określone w art. 187 ust. 1 Ustawy z dnia 20 lipca 2018, Prawo o szkolnictwie wyższym i nauce (Dz.U. z 2024 r., poz. 1571 ze zm.) oraz w Regulaminie Szkoły Doktorskiej Politechniki Poznańskiej. Wnioskuje zatem o dopuszczenie Pani mgr inż. Beaty Tim do publicznej obrony rozprawy doktorskiej.



Signed by /
Podpisano przez:

Marta Joanna
Woźniak-Budych

Date / Data: 2026-
05-12 00:28