



INSTYTUT MASZYN PRZEPŁYWOWYCH

im. Roberta Szewalskiego

POLSKIEJ AKADEMII NAUK

80-231 Gdańsk

ul. J. Fiszera 14

Tel. (centr.): 58 3460881
Tel. (sekr.): 58 3416071

Fax: 58 3416144

e-mail: imp@imp.gda.pl
www.imp.gda.pl

Dr hab. Katarzyna Grochowska, prof. IMP PAN
Zakład Fizycznych Aspektów Ekoenergii
Pracownia Materiałów Funkcjonalnych

Gdańsk, 23.07.2025

RECENZJA

rozprawy doktorskiej mgr inż. Małgorzaty Bogusz

pt. „*Functionalized organic coatings as bioelectronic interfaces*”
(*„Funkcjonalizowane pokrycia organiczne jako interfejsy bioelektroniczne”*)

pod opieką promotora: dr hab. inż. Katarzyny Krukiewicz, prof. PŚ

1. Podstawa wykonania recenzji

Recenzję wykonano na podstawie uchwały Rady Dyscypliny Nauki Chemiczne Politechniki Śląskiej z dnia 14 maja 2025 r. i pisma z dnia 14 maja 2025 r. z prośbą o opracowanie recenzji pracy doktorskiej mgr inż. Małgorzaty Bogusz, pt. „*Functionalized organic coatings as bioelectronic interfaces*”, której promotorem jest dr hab. inż. Katarzyna Krukiewicz, prof. PŚ.

2. Formalna charakterystyka pracy

Rozprawę doktorską pani Małgorzaty Bogusz stanowi zbiór 7 powiązanych tematycznie artykułów naukowych. Przedłożona praca doktorska składa się 54-stronicowego autoreferatu, który obejmuje spis treści, streszczenie pracy w j. angielskim oraz w j. polskim, listę publikacji naukowych będących podstawą napisania rozprawy, spis nazewnictwa, wprowadzenie (1), hipotezy i cele badawcze (2), metodologię (3), wyniki i dyskusję (4), podsumowanie (5), spis literatury (6), opis wkładu oraz zestawienie dotychczasowej aktywności naukowej doktorantki. Praca składa się również z dwóch załączników: deklaracji promotora, a jednocześnie autora korespondującego publikacji naukowych stanowiących zbiór oraz kopii tych publikacji.

3. Struktura i zawartość rozprawy doktorskiej

We wprowadzeniu (strony 11-12) doktorantka krótko przedstawia kontekst naukowy oraz praktyczne znaczenie elektroaktywnych interfejsów pomiędzy żywymi komórkami a układami elektronicznymi. Autorka podkreśla ich kluczową rolę w biosensorach, inżynierii tkankowej oraz neuroprotetyce. Pokrótce wskazuje zalety i wady tradycyjnie stosowanych materiałów (złota, irydu, platyny) zwracając szczególną uwagę na mechaniczne niedopasowanie tych materiałów do miękkich tkanek biologicznych oraz na możliwość stanów zapalnych, powstawanie blizn glejowych oraz ryzyko infekcji bakteryjnych. Doktorantka wskazuje, że poprzez modyfikację powierzchni można polepszyć parametry działania urządzeń bioelektronicznych opartych na metalach oraz zwiększyć ich integrację z układami biologicznymi. Autorka wymienia możliwe techniki modyfikacji powierzchni, w tym metody fizyczne (w celu poprawienia chropowatości), chemiczne (zwiększenie powinowactwa biologicznego poprzez wprowadzenie polimerów przewodzących, białek czy cząsteczek zwiększających adhezję), a w szczególności elektrochemiczne pozwalające na precyzyjne sterowanie parametrami i monitorowanie

procesu deponowania w czasie rzeczywistym. W tym miejscu opisana została także ogólna zasada działania deponowania elektrochemicznego oraz jego zalety w kontekście modyfikacji morfologii, składu chemicznego, przewodności elektrycznej i biokompatybilności. Opis ten nie jest w moim przekonaniu pełny. Brakuje przede wszystkim kompleksowego przeglądu literatury oraz precyzyjnego wskazania luki badawczej, którą doktorantka zamierzała wypełnić, co jest standardem w rozprawach doktorskich i powinno bezpośrednio prowadzić do określenia celów i hipotez badawczych. Brakuje wyraźnego powiązania z jakiego powodu i w odpowiedzi na jakie braki w aktualnym stanie wiedzy doktorantka chciała wdrożyć takie, a nie inne strategie modyfikacji powierzchni. Tu nasuwa się pytanie czy wybór materiałów oparto o zidentyfikowane niedociągnięcia wcześniejszych aplikacji czy raczej o ich dostępność i popularność w literaturze? Brakuje także argumentacji dlaczego zaproponowane materiały/kombinacje materiałów są korzystniejsze lub nowatorskie. W konsekwencji cele i hipotezy badawcze przedstawione w kolejnej części wydają się wynikać nie z jasno udokumentowanej luki badawczej lecz z ogólnej obserwacji potencjalnych zastosowań różnych technik modyfikacji. Zdecydowanie brakuje szerszego kontekstu, którego oczekuje się od rozpraw doktorskich. Kompleksowy przegląd literatury, wyraźne wskazanie luki badawczej oraz motywacja doboru materiałów stanowiłoby wzmocnienie logiki rozprawy.

W kolejnej części można zapoznać się z hipotezami i celami rozprawy doktorskiej (strona 13). Głównym celem pracy było opracowanie i kompleksowe zbadanie zaawansowanych strategii funkcjonalizacji powierzchni elektrod do zastosowań bioelektronicznych, w szczególności z wykorzystaniem elektrochemicznych metod modyfikacji, obejmujących zastosowanie polimerów przewodzących, osadzanie cząstek metalu i elektroszczepienie soli diazoniowych. Ponadto, doktorantka postawiła hipotezę, że funkcjonalizacja powierzchni elektrod ww. materiałami pozwoli istotnie poprawić kluczowe właściwości interfejsów bioelektronicznych. W tym miejscu przedstawiono również 6 celów szczegółowych. Autorka rozprawy wskazuje także, że wyniki badań zostały opublikowane w recenzowanych międzynarodowych czasopismach, a rozprawa doktorska jest podsumowaniem najważniejszych wyników, ze szczególnym uwzględnieniem tych, nad którymi osobiście pracowała w trakcie doktoratu.

Część 3 to część poświęcona badaniom eksperymentalnym (strony 14-17). Bardzo syntetyczny charakter tej części nie utwierdza czytelnika w przekonaniu, że doktorantka rozumie stosowane techniki badawcze. Przedstawione działania przypominają raczej ogólną listę użytych metod niż faktyczny, naukowy opis eksperymentu. Przykładowo, samo wskazanie, że do analizy powierzchni użyto SEM czy AFM nie daje czytelnikowi pewności, że autorka rozumie mechanizm działania tych technik i potrafi interpretować uzyskane dzięki nim dane. Część metodologiczna nie precyzuje, czy poszczególne pomiary (szczególnie te bardziej zaawansowane, wymagające specjalistycznych umiejętności lub dostępu do konkretnego zaplecza) doktorantka przeprowadziła samodzielnie. Opis wkładu własnego znajduje się na końcu dysertacji (strona 54), jednak w tej części pracy czytelnikowi brakuje jasnej informacji, które badania były realizowane osobiście przez doktorantkę, a które np. we współpracy lub zostały zlecone. Dodatkowo, ze względu na lakoniczny charakter wstępu brakuje mi uzasadnienia wyboru metodologii badawczej, czyli kontekstu badań. Niestety, braki te wpływają na odbiór kompetencji doktorantki w zakresie prowadzenia badań eksperymentalnych, a szczegółowy opis umożliwiłby ocenę rzeczywistej samodzielności oraz poziomu specjalistycznej wiedzy autorki.

W Rozdziale 4 można zapoznać się z wynikami prac eksperymentalnych doktorantki. Omawiane są różne strategie modyfikacji powierzchni z wykorzystaniem polimerów przewodzących, nanocząstek metali i monowarstw diazoniowych oraz ich wpływ na właściwości elektrochemiczne, biologiczne i funkcjonalne powłok. W Podrozdziale 4.1.1. przedstawiono wpływ jonów domieszkowania na właściwości powłok CP. Wykazano, że dobór dopantu, w szczególności ClO_4^- oraz PF_6^- może znacząco poprawić właściwości elektrochemiczne, topografię powierzchni oraz biokompatybilność w porównaniu do tradycyjnie stosowanego anionu PSS^- . Udział autorki w pracy A1

będącej podstawą tego podrozdziału polegał m.in. na optymalizacji procesu polimeryzacji elektrochemicznej, badaniach właściwości elektrochemicznych, zaproponowaniu obwodów zastępczych do modelowania widm impedancyjnych, charakterystyce powierzchni przy użyciu techniki SEM, opisie eksperymentów *in vitro* oraz na pisaniu i redagowaniu pierwszej wersji pracy. Procentowy udział to 40 %. Jednocześnie, w publikacji zaznaczone jest, że drugi autor publikacji ma równy wkład w powstanie tej pracy co pierwszy, co rodzi pytanie czy przedstawione osiągnięcia można jednoznacznie przypisać doktorantce jako głównej wykonawczyni badań.

W Podrozdziale 4.1.2. pani Małgorzata skupiła się na opisie wpływu nanocząstek metali na właściwości biologiczne powłok CP. Doktorantka wykazała, że wprowadzenie cząstek złota i srebra do struktury PEDOT doprowadziło do powstania wielofunkcyjnej powłoki o silnych właściwościach antybakteryjnych i obniżonej cytotoksyczności. Udział autorki w pracy A2 będącej podstawą tego podrozdziału polegał m.in. na pomiarach kąta zwilżalności, pomiarach cytotoksyczności oraz analizie uzyskanych wyników i napisaniu pierwszej wersji manuskryptu. Udział procentowy to 20 % i rodzi się pytanie czy można publikację tę traktować jako kluczowy, samodzielny dorobek naukowy doktorantki w świetle wymogu wykazania się samodzielnością badawczą podczas przewodu doktorskiego.

W Podrozdziale 4.2. pani Małgorzata rozszerzyła zakres zastosowań powłok opartych na polimerach przewodzących poprzez analizę ich właściwości magazynowania ładunku. W szczególności filmy PEDOT:Nafion poddane obróbce rozpuszczalnikiem wykazały doskonałe właściwości elektrochemiczne, takie jak wysoka pojemność, niska rezystancja oraz długoterminowa stabilność, przewyższając tym samym uznawany za standard PEDOT:PSS. Podobnie, kompozyt PEDOT/PEDOP, otrzymany metodą warstwa po warstwie, pokonał ograniczenia poszczególnych homopolimerów dzięki zoptymalizowanej trójwymiarowej strukturze i efektywnemu transportowi jonów. W pracy A3 wkład doktorantki (40 %) polegał na pomiarach właściwości elektrochemicznych, analizie wyników oraz pisaniu pierwszej wersji manuskryptu. Natomiast w pracy A4 wkład doktorantki (65 %) polegał nie tylko na optymalizacji procesu polimeryzacji elektrochemicznej, wykonaniu obliczeń, wykonaniu pomiarów FTIR, analizie danych, opisie wyników SEM, AFM, testów zarysowania, ale również na zdobyciu własnego finansowania na badania co jest istotnym osiągnięciem na tym etapie rozwoju kariery naukowej.

W Podrozdziale 4.3. autorka opisuje zastosowanie soli diazoniowych do modyfikacji powierzchni elektrod. Poprzez elektrochemiczne przyłączanie różnych soli diazoniowych do powierzchni platyny uzyskano lepsze właściwości powłok PEDOT:PSS w kontekście adhezji, transferu ładunku oraz stabilności mechanicznej. Dodatkowo, mieszane warstwy diazoniowe wykazały zdolność do ograniczenia adhezji bakterii bez pogarszania kompatybilności z komórkami ssaków. Natomiast, po przyłączeniu do zmodyfikowanych powierzchni polilizyny poprawiono adhezję komórek nerwowych. Tak jak w przypadku innych prac udział autorki w ich powstanie został opisany na stronie 54. W pracy A5 doktorantka zoptymalizowała proces elektroszczepienia soli diazoniowych, opracowała metodologię badań elektrochemicznych i brała udział w pisaniu pierwszej wersji manuskryptu (udział został oceniony na 30 %). Co istotne w tej pracy doktorantka nadzorowała prace studenta co jest ważne, ponieważ w ramach swojego dorobku wykazała się kompetencjami z zakresu organizacji i nadzorowania pracy badawczej innych członków zespołu. Takie doświadczenie potwierdza nie tylko jej umiejętności eksperymentalne, lecz także istotne kompetencje zarządcze i dydaktyczne, stanowiące ważny element dorobku osoby ubiegającej się o stopień doktora. W pracy A6 udział doktorantki (65 %) polegał m.in. na optymalizacji procesu elektroszczepienia soli diazoniowych, charakterystyce elektrochemicznej otrzymanych materiałów wraz z analizą wyników, opisie wyników analizy XPS, badaniu kąta zwilżania, pomiarach przy użyciu profilometru, badaniu cytotoksyczności, opisie wyników badań bakteriologicznych czy pisaniu pierwszej wersji manuskryptu. Warto podkreślić, że tak samo jak w przypadku pracy A4 pani Małgorzata uzyskała finansowanie na badania. Natomiast w przypadku pracy A7 wkład autorki polegał na opracowaniu metodologii badań oraz badaniach adhezji komórek.

Udział doktorantki określono na 20 %. Pewną wątpliwość budzi tu fakt, że pierwszym autorem pracy zgodnie z podanymi afiliacjami jest inny doktorant co utrudnia jednoznaczną ocenę w jakim zakresie rezultaty przedstawione w artykule można uznać za efekt samodzielnej pracy naukowej doktorantki.

Rozdział 5 zawiera podsumowanie i wnioski, a całą rozprawę kończy spis literatury zawierający 102 pozycje, opis wkładu w publikacje oraz zestawienie dorobku naukowego, co pozwala zapoznać się z całą aktywnością naukową pani Małgorzaty Bogusz. Czego mi brakuje na koniec rozprawy doktorskiej, to rozbudowanej analizy porównawczej przedstawionych rezultatów z danymi literaturowymi. Pozwoliłoby to na pokazanie w szerszym kontekście naukowym jak materiały doktorantki plasują się względem najnowszych doniesień innych zespołów badawczych, zarówno pod kątem właściwości elektrochemicznych, funkcjonalnych, biologicznych (np. biokompatybilności, aktywności antybakteryjnej), jak i potencjału aplikacyjnego. Jasne zestawienie, np. w formie tabelarycznej, pozwoliłoby na wskazanie miejsca osiągnięć doktorantki na tle aktualnego stanu wiedzy.

4. Ocena merytoryczna i znaczenie pracy

Celem rozprawy doktorskiej było opracowanie i zbadanie zaawansowanych strategii funkcjonalizacji powierzchni, mających na celu poprawę właściwości elektrochemicznych, biokompatybilności oraz zdolności do funkcjonalnego dostosowania interfejsu elektroda-tkanka. Cel ten doktorantka osiągnęła poprzez opracowanie i wielostopniową weryfikację strategii funkcjonalizacji powierzchni elektrod, ze szczególnym naciskiem na elektrochemiczne metody modyfikacji. Przedstawione rozwiązania obejmują m.in. zastosowanie polimerów przewodzących (w tym analizę wpływu typu anionów domieszkowania na morfologię oraz biokompatybilność powłok), hybrydowych układów polimer-nanocząstki metali do poprawy aktywności biologicznej (w tym przeciwbakteryjnej) oraz innowacyjne wykorzystanie chemii diazoniowej, umożliwiającej zarówno trwałą biofunkcjonalizację, jak i kontrolę adhezji powłok do metalicznych podłoży. Praca wyróżnia się interdyscyplinarnością oraz szerokim wachlarzem zaawansowanych technik badawczych pod względem elektrochemii, charakteryzacji powierzchni, biologii komórkowej i mikrobiologii. Tak szeroko prowadzone badania są szczególnie cenne nie tylko z punktu widzenia badań podstawowych, ale pod kątem wykorzystania zebranych wyników w przemyśle. Podjęcie badań w tym kierunku i stosowanie tak szerokiego wachlarza metod badawczych z pewnością wymagało od doktorantki zapoznania się z tymi technikami, szkoda tylko, że doktorantka nie wykazała tego w Rozdziale 3. Innowacyjności pracy należy upatrywać w systematycznym zestawieniu różnych strategii modyfikacji elektrochemicznej, w połączeniu z szerokimi badaniami właściwości aplikacyjnych - w tym zaawansowanych superkondensatorów, interfejsów implantacyjnych czy powłok o regulowanej bioaktywności i odporności na kolonizację bakteryjną. Szczególną wartością jest kontekst praktyczny: opracowane materiały posiadają potencjał wdrożeniowy jako elementy nowoczesnych wszczepialnych urządzeń medycznych, zgodnie z potrzebami dynamicznie rozwijającego się sektora bioelektroniki.

Do największych osiągnięć pani Małgorzaty Bogusz zaliczam:

- a) opracowanie zestawu metod modyfikacji powierzchni materiałów przeznaczonych na interfejsy elektroda-tkanka, ze szczególnym uwzględnieniem elektrochemicznych technik depozycji;
- b) demonstrację wpływu rodzaju dopantu na właściwości powłok polimerowych;
- c) uzyskanie powłok hybrydowych o kontrolowanej aktywności biologicznej;
- d) wykorzystanie chemii diazoniowej do poprawy adhezji, stabilności i biofunkcjonalności powłok.

5. Uwagi dotyczące edycji i składu (tj. pytania niemerytoryczne)

Pomimo wysokiego poziomu merytorycznego, rozprawa doktorska mgr inż. Małgorzaty Bogusz napotyka pewne niedociągnięcia redakcyjno-edytorskie:

- a) Część metodologiczna i wstęp wykazują bardzo syntetyczny charakter. Wyodrębnienie podrozdziałów jest prawidłowe, jednak zawartość poszczególnych sekcji bywa zbyt skrócona w stosunku do oczekiwań wobec pracy doktorskiej, co utrudnia czytelnikowi pełne zrozumienie toku badań oraz logiki wyboru metod.
- b) Brakuje jednoznacznego podkreślenia, które fragmenty pracy i eksperymenty były realizowane samodzielnie, a które w ramach zespołu – chodzi mi tu o Rozdział 3. Szczególnie, że doktorantka niejednokrotnie posługuje się określeniem „our approach”.
- c) Chociaż w podsumowaniu podano ogólne wnioski i przedstawiono szeroki wykaz publikacji, nie uwzględniono porównawczych analiz rezultatów własnych względem danych literaturowych, brakuje zestawień tabelarycznych lub jakościowych podsumowań pokazujących, jak opracowane materiały plasują się na tle światowego dorobku w tej dziedzinie.
- d) Zestawienie publikacji i dorobku naukowego mogłyby być przedstawione w sposób bardziej klarowny, na przykład poprzez ujednolicenie formatowania oraz wyraźniejsze oddzielenie poszczególnych sekcji.
- e) Brakuje informacji o zmianie nazwiska autorki rozprawy.

W całej pracy znalazłam kilka nieścisłości, drobnych potknięć, ale nie obniżają one w żaden sposób merytorycznej zawartości dysertacji:

- Na Rysunku 3 a w opisie osi y powinien pojawić się podpis „gęstość prądu”, a nie „prąd”, skoro podana jednostka to mA/cm^2 .
- Zdanie „The enhanced electrochemical properties of PEDOT/PEDOP were examined using atomic force microscopy (AFM) and SEM (Figure 8A), comparing nano-scale (S_a , AFM) and micro-scale (S_a , SEM) roughness (Table 1).” powinno być przeredagowane; właściwości elektrochemicznych nie bada się za pomocą technik SEM i AFM.

6. Uwagi merytoryczne i pytania

- a) Jakie są ograniczenia i potencjalne słabości zastosowanych metod badawczych?
- b) Na Rysunku 1 b skany anodowy i katodowy krzywej woltamperometrycznej przecinają się dwukrotnie w zakresie potencjałów $+1,2 - +1,5 \text{ eV}$. Czy może Pani wyjaśnić, z czego wynika to zjawisko i jak należy je interpretować w kontekście badanego układu elektrochemicznego?
- c) Dlaczego mniejsze jony dopujące, takie jak PF_6^- i ClO_4^- , sprzyjają powstawaniu bardziej porowatej struktury, podczas gdy większe polimerowe dopanty, jak PSS⁻, prowadzą do utworzenia morfologii bardziej zwartej?
- d) Na stronach 34-35 napisała Pani „EIS spectra shown as a Nyquist plot (Figure 11B) revealed similar electrical properties for all PEDOT:PSS-coated electrodes, indicating a consistent charge transfer mechanism.”. Jednocześnie, w Tabeli 1 zamieszczonej w publikacji A5 dotyczącej tych samych materiałów przedstawiono wartości parametrów elementów zastępczego obwodu elektrycznego, które wykazują zauważalne różnice pomiędzy badanymi próbkami. Proszę o wyjaśnienie, jak należy rozumieć sformułowanie o „podobnych właściwościach elektrycznych” w świetle niejednoznacznych wyników liczbowych zawartych w tabeli oraz czy przekładają się one rzeczywiście na identyczny mechanizm transferu ładunku we wszystkich analizowanych powłokach?
- e) W publikacji A6, analizując wyniki EIS dla zminiaturyzowanych elektrod, zastosowano rozszerzony układ zastępczego obwodu elektrycznego poprzez wprowadzenie dodatkowych elementów w porównaniu do modelu używanego dla elektrod o większej powierzchni, choć zastosowane były takie same powłoki, a jedyną techniczną różnicą była zminiaturyzacja elektrody. Proszę o wyjaśnienie z jakiego powodu zdecydowano się na taką modyfikację modelu?

- f) Na przedstawionych wykresach EIS w publikacji A7 widoczna jest wyraźna przerwa (skok) w prezentowanych danych (brak punktów pomiarowych) w zakresie średnich częstotliwości. Z czego wynika przerwa w prezentowanych danych EIS na wykresie? Dodatkowo, dobroć dopasowania zastępczego obwodu elektrycznego mieści się w przedziale 10^{-3} - 10^{-2} w zależności od elektrody (Tabela S1, materiały dodatkowe do publikacji A7). Jak Pani ocenia jakość dopasowania modelu do krzywych doświadczalnych?

7. Podsumowanie

Praca doktorska pani mgr inż. Małgorzaty Bogusz „Functionalized organic coatings as bioelectronic interfaces” stanowi ważny wkład do dyscypliny nauki chemiczne, szczególnie w kontekście ukierunkowanej modyfikacji elektrod w celu podniesienia ich wydajności elektrochemicznej, biokompatybilności, stabilności czy właściwości antybakteryjnych, co ma znaczenie dla rozwoju materiałów interfejsowych do zastosowań w obszarze implantowalnych urządzeń bioelektronicznych.

Pani Małgorzata Bogusz do momentu złożenia rozprawy doktorskiej była współautorką 13 prac, z czego 7 wchodzi w skład zbioru będącego podstawą do napisania rozprawy. W 5 pracach była pierwszą autorką (4 prace wchodzące w skład cyklu oraz 1 praca dodatkowa). Ponadto, doktorantka przedstawiła wyniki swoich badań na 9 konferencjach naukowych (3 wystąpienia ustne oraz 6 w formie posterów). Tu należy podkreślić, że jedno z ustnych wystąpień miała na 72nd Annual Meeting of the International Society of Electrochemistry. Prezentację osiągnięć na tak uznanej międzynarodowej konferencji z zakresu elektrochemii można traktować jako cenny element dorobku naukowego. Pani Małgorzata brała także udział w 5 projektach, z czego w dwóch jako stypendystka. Jak już wcześniej wspomniano uzyskała też finansowanie na własne badania. Staże naukowe mgr inż. Małgorzaty Bogusz w renomowanych ośrodkach badawczych (Niemcy - University of Freiburg, Nowa Zelandia - University of Auckland, USA - University of California Irvine) należy ocenić bardzo wysoko, a tak szeroka aktywność międzynarodowa stanowi przyszły potencjał rozwoju kariery badawczej doktorantki. Stypendia rektora, stypendium projakościowe, opieka nad magistrantką, stanowią wartościowe uzupełnienie publikacyjnej części dorobku. Wyniki badań zaprezentowane w rozprawie doktorskiej stały się podstawą do uzyskania 2 patentów oraz do napisania 5 zgłoszeń patentowych. Szkoda tylko, że doktorantka nie wykazała tych patentów także w swoim spisie dorobku naukowego. Szkoda także, że nie uwzględniła w tym współautorstwa patentu „Sposób pomiaru stopnia pęcznienia hydrożeli polimerowych w postaci sypkiej”.

Mimo moich krytycznych uwag dotyczących części metodologicznej oraz wstępu teoretycznego, zaawansowanie merytoryczne treści publikacji pozwala określić, że pani mgr inż. Małgorzata Bogusz posiadała umiejętności w zakresie metodyki i metodologii prowadzenia badań naukowych. Ponadto, mimo uwag dotyczących wiodącego wkładu w powstanie niektórych publikacji stanowiących zbiór powiązanych tematycznie artykułów naukowych będących podstawą napisania rozprawy doktorskiej, uważam, że doktorantka wystarczająco wyodrębniła swój wkład w powstanie tych prac, a co najmniej w publikacjach A4 i A6 jej wkład był wiodący. Po uważnym przeczytaniu rozprawy przygotowanej przez panią Małgorzatę Bogusz jestem przekonana, że zasługuje ona na otrzymanie stopnia doktora.

Niniejszym stwierdzam, że rozprawa doktorska „Functionalized organic coatings as bioelectronic interfaces” spełnia wymagania zgodne z Ustawą z dn. 20 lipca 2018 r. – Prawo o szkolnictwie wyższym i nauce (Dz. U. z 2024 r., poz. 1571 z późn. zm.). Na tej podstawie wnioskuję o przyjęcie tej rozprawy i dopuszczenie pani mgr inż. Małgorzaty Bogusz do dalszych etapów postępowania.

Podpisano odręcznie przez
autora