



Wrocław, 14 września 2026 r.

dr hab. inż. Łukasz Gelczuk, prof. Uczelni
Politechnika Wrocławska
Wydział Podstawowych Problemów Techniki
Katedra Inżynierii Materiałów Półprzewodnikowych
Wybrzeże Wyspiańskiego 27
50-370 Wrocław
e-mail: lukasz.gelczuk@pwr.edu.pl

Recenzja Rozprawy Doktorskiej

mgr inż. Piotra Żemojtela

***pt. „Wpływ domieszkowania metalami przejściowymi na procesy
optyczne w kwazi-dwuwymiarowych koloidalnych nanopłytkach
selenku kadmu”***

**w postępowaniu o nadanie stopnia doktora w dziedzinie nauk ścisłych i
przyrodniczych w dyscyplinie nauki chemiczne**

Recenzję sporządzono dla Rady Naukowej Instytutu Niskich Temperatur i Badań Strukturalnych im. Włodzimierza Trzebiatowskiego Polskiej Akademii Nauk we Wrocławiu, na podstawie decyzji z dnia 26 czerwca 2026 r.

Struktura i strona formalna rozprawy

Przedłożona rozprawa doktorska ma formę monografii naukowej. Rozprawa liczy w sumie 166 stron, natomiast zasadnicza numeracja tekstu obejmuje 154 strony. Część poprzedzająca tekst główny zawiera m.in. stronę tytułową, podziękowania, streszczenie w języku polskim i angielskim, wykaz dorobku oraz spis treści. Tekst główny składa się z pięciu rozdziałów, podsumowania oraz dwóch dodatków. Rozprawę uzupełniają spis akronimów, spis stosowanych oznaczeń, zestawienie zakresu wkładu autorów i współpracowników oraz bibliografię, obejmującą 167 pozycji.

Rozdział pierwszy (s. 1–54 tekstu głównego) stanowi obszerne wprowadzenie teoretyczne i metodologiczne, obejmujące strukturę pasmową półprzewodników, nanostruktury, wpływ domieszkowania, procesy relaksacji, metody pomiarowe oraz podstawy DFT i modelowania defektów. Rozdział drugi dotyczy syntezy nanopłytek CdSe, kontroli ich morfologii oraz domieszkowania Cu i Ag. W rozdziale trzecim przedstawiono właściwości spektroskopowe roztworów koloidalnych, w rozdziale czwartym analizę



termodynamiki defektów i ich poziomów przejść, a w rozdziale piątym wyniki spektroskopii pojedynczych nanopłytek i analizy ich kinetyki.

Układ pracy jest zasadniczo logiczny i czytelny. Na uznanie zasługuje rozdzielanie wyników pomiarów roztworów koloidalnych, obliczeń teoretycznych i badań pojedynczych nanopłytek, a także zamieszczenie osobnego zestawienia wkładu Doktoranta i współpracowników. Rozdział wprowadzający jest bardzo obszerny – zajmuje ponad jedną trzecią zasadniczej części rozprawy – jednak zakres przedstawionych w nim zagadnień teoretycznych i metodologicznych jest uzasadniony interdyscyplinarnym charakterem rozprawy. Przedstawione podstawy dotyczące struktury elektronowej, defektów, procesów relaksacji, metod spektroskopowych oraz obliczeń DFT tworzą spójne tło dla dalszej analizy wyników.

Teza, cele i zakres rozprawy

Tematyka rozprawy obejmuje syntezę i domieszkowanie koloidalnych nanopłytek CdSe, analizę ich właściwości optycznych i dynamiki rekombinacji oraz modelowanie defektów punktowych metodami z zasad pierwszych. Szczególną rolę w pracy odgrywa spektroskopia pojedynczych cząstek (SPS), w tym przypadku pojedynczych nanopłytek CdSe, pozwalająca ujawnić zróżnicowanie ich właściwości optycznych i dynamiki emisji, niewidoczne w standardowych pomiarach roztworów koloidalnych, gdzie rejestrowana jest uśredniona odpowiedź całej populacji nanostruktur.

Autor sformułował tezę, że model kinetyki migotania typu D może mieć zastosowanie do szerszej klasy półprzewodnikowych nanostruktur, w szczególności do domieszkowanych Cu i Ag koloidalnych nanopłytek CdSe. Autor zaznacza jednak, że warunkiem zgodności tego modelu jest współwystępowanie relaksacji ekscytonowej oraz promienistych przejść z udziałem poziomów defektowych, przy czym w kanale defektowym konkurują ze sobą procesy rekombinacji promienistej i bezpromienistego pułapkowania nośników.

Głównym celem pracy była analiza natury stanów defektowych powstających w nanopłytkach CdSe w wyniku domieszkowania Cu i Ag oraz określenie ich wpływu na właściwości optyczne, w szczególności położenie i szerokość pasma emisji, czasy zaniku i stabilność luminescencji. Autor podjął również próbę ustalenia, czy obserwowana emisja domieszkowa związana jest z pojedynczym poziomem defektowym, czy z konkurencją kilku stanów o odmiennych właściwościach kinetycznych.

Zakres badań obejmuje otrzymywanie nanopłytek CdSe o kontrolowanej grubości i wymiarach w płaszczyźnie, domieszkowanie miedzią i srebrem, post-syntezową zmianę geometrii prowadzącą do nanopierścieni, pomiary absorpcji i fotoluminescencji, spektroskopię czasowo-rozdzielczą, spektroskopię pojedynczych nanopłytek z analizą TCSPC, FLID i korelacji drugiego rzędu oraz obliczenia energii tworzenia i termodynamicznych poziomów przejść defektów.



Ocena merytoryczna i naukowa rozprawy

Rozprawa dotyczy aktualnego problemu badawczego z zakresu fizykochemii półprzewodnikowych nanostruktur, związanego z wpływem domieszek i stanów defektowych na mechanizmy rekombinacji i emisji w koloidalnych nanopłytkach CdSe. Zrozumienie i kontrola tych procesów mają znaczenie zarówno podstawowe, jak i potencjalnie aplikacyjne, ponieważ stany defektowe i powierzchniowe w istotny sposób wpływają na wydajność, stabilność oraz dynamikę emisji tego typu nanostruktur. Tematyka pracy ma charakter interdyscyplinarny, łącząc chemię i fizykochemię nanomateriałów, spektroskopię optyczną, fizykę półprzewodników oraz modelowanie kwantowo-chemiczne. Zakres badań dobrze wpisuje się w dyscyplinę nauki chemiczne, ponieważ istotną część rozprawy stanowią synteza koloidalna, chemia domieszkowania i powierzchni, termodynamika defektów oraz badanie zależności pomiędzy lokalnym środowiskiem chemicznym a właściwościami optycznymi nanostruktur.

Za najcenniejszy element pracy uważam zastosowanie spektroskopii pojedynczych cząstek do rozdzielania emisji ekscytonowej i defektowej oraz ujawnienia niejednorodności właściwości poszczególnych nanostruktur, maskowanej w pomiarach roztworów koloidalnych przez uśrednienie sygnału. Wyniki wskazują, że szerokie pasmo emisji defektowej obserwowane w koloidzie nie musi odpowiadać jednemu jednorodnie poszerzonemu przejściu, lecz może być wynikiem uśrednienia wielu wąskich, zróżnicowanych energetycznie konfiguracji lokalnych. Jest to istotny rezultat z punktu widzenia interpretacji fizykochemicznej i projektowania właściwości optycznych nanostruktur. Interesujące są również różnice między układami domieszkowanymi Cu i Ag. W badanych seriach nanopłytki domieszkowane Cu wykazują dłuższą i bardziej złożoną dynamikę relaksacji, podczas gdy dla Ag obserwowano na ogół prostszą kinetykę oraz mniejszą dyspersję właściwości emisyjnych. Pozytywnie oceniam także część dotyczącą nanopierścieni CdSe. Autor wykazał możliwość kontroli ich właściwości poprzez dobór rozmiaru struktur wyjściowych oraz zaobserwował zależność czasów zaniku fotoluminescencji od średnicy pierścienia. Na uznanie zasługuje również rzetelne wskazanie ograniczenia tej części badań: pojedyncze nanopierścienie wykazywały zbyt dużą fotodegradację, aby możliwa była wiarygodna analiza migotania, i Autor nie nadinterpretował niepełnych danych.

Metodykę eksperymentalną przedstawiono szczegółowo. Warto podkreślić udział Doktoranta w montażu układu spektroskopowego i przygotowaniu własnego oprogramowania do sterowania oraz akwizycji danych. Część obliczeniowa jest ambitna: zastosowano pakiet CRYSTAL17, lokalne bazy orbitalne, relatywistyczne pseudopotencjały, funkcjonal hybrydowy oraz superkomórkę CdSe zawierającą 216 atomów z korekcjami elektrostatycznymi dla defektów naładowanych. Jednocześnie model objętościowy ma ograniczenia w odniesieniu do ultracienkich nanopłytek, co szerzej omówiono w uwagach krytycznych.



Uwagi merytoryczne

Praca ma wysoki poziom eksperymentalny, ale zawiera kilka nieścisłości o różnej wadze. Wyjaśnienia wymaga na przykład sposób interpretacji zależności energii tworzenia defektów przedstawiony w części teoretycznej pracy. Autor, odnosząc się do równania (1.51) oraz jego graficznej ilustracji na rys. 1.22 oraz schematu na rys. 1.23, stwierdza (s. 50-51): „Jak pokazano schematycznie na rys. 1.23, energia formacji defektów donorowych (typ n) rośnie ze wzrostem potencjału Fermiego, a energia formacji defektów akceptorowych (typ p) maleje. Defekty donorowe powstają więc preferencyjnie, gdy poziom Fermiego leży bliżej minimum pasma przewodnictwa, a akceptorowe, gdy leży bliżej wierzchołka pasma walencyjnego.” Fragment ten jest niejednoznaczny i, w mojej ocenie, wymaga szerszego komentarza Autora. W szczególności proszę o wyjaśnienie, jak należy rozumieć relację pomiędzy położeniem poziomu Fermiego, energią tworzenia poszczególnych stanów ładunkowych defektu oraz termodynamicznymi poziomami przejść $\varepsilon(q/q')$, a także na jakiej podstawie Autor formułuje wniosek o preferencyjnym tworzeniu defektów o charakterze donorowym lub akceptorowym w określonych położeniach E_F . Doprecyzowania wymaga również terminologia „defekt donorowy (typ n)” i „defekt akceptorowy (typ p)”, ponieważ może ona sugerować utożsamienie charakteru defektu z typem przewodnictwa materiału; w odniesieniu do defektów występujących w różnych stanach ładunkowych bardziej precyzyjne byłoby odnoszenie charakteru donorowego lub akceptorowego do konkretnego przejścia ładunkowego albo stosowanie określenia „defekt o charakterze donorowym/akceptorowym”.

Szczególnie istotna jest niespójność dotycząca definicji, oznaczenia i normalizacji entalpii tworzenia CdSe oraz wynikającego z niej doboru potencjałów chemicznych. W części metodologicznej rozdziału 1 (s. 48) Autor definiuje $\Delta H_f[\text{CdSe}]$ jako entalpię tworzenia podawaną w przeliczeniu na atom i zapisuje warunek (1.49) $\Delta\mu_{\text{Cd}} + \Delta\mu_{\text{Se}} = 2\Delta H_f[\text{CdSe}]$, gdzie czynnik 2 wynika z liczby atomów w jednostce formuły CdSe. W rozdziale 4 (s. 81) pojawia się natomiast oznaczenie $\Delta H_{\text{form}}[\text{CdSe}]$ o wartości $-2,04$ eV, przy czym nie określono jednoznacznie, czy wielkość ta odnosi się do jednego atomu, czy do jednostki formuły CdSe. Równania (4.1)–(4.2) prowadzą do warunku $\Delta\mu_{\text{Cd}} + \Delta\mu_{\text{Se}} = \Delta H_{\text{form}}[\text{CdSe}]$, co odpowiadałoby normalizacji na jednostkę formuły i nie jest bezpośrednio zgodne z równaniem (1.49). Wyjaśnienia wymaga zatem, czy oznaczenia $\Delta H_f[\text{CdSe}]$ i $\Delta H_{\text{form}}[\text{CdSe}]$ odnoszą się do tej samej wielkości oraz jaka normalizacja entalpii została faktycznie zastosowana w obliczeniach. Dodatkowej niejednoznaczności dostarcza fakt, że w równaniach (4.3)–(4.5) dla faz CuSe_2 , Cu_3Se_2 i Ag_2Se pojawiają się czynniki odpowiadające liczbie atomów w jednostce formuły, co sugeruje stosowanie entalpii tworzenia w przeliczeniu na atom.

Dodatkowo w równaniach (4.1)–(4.2) opis parametru λ jest odwrócony względem samych wzorów. Przy $\lambda = 0$ Autor otrzymuje $\Delta\mu_{\text{Cd}} = 0$, co odpowiada warunkowi niedomiaru selenu (nadmiaru kadmu), podczas gdy tekst przypisuje temu przypadkowi



warunek nadmiaru selenu. Jeśli zachować deklarację, że $\lambda = 0$ oznacza nadmiar selenu, należałoby zamienić role λ i $(1-\lambda)$; jeśli natomiast $\Delta H_{form}[\text{CdSe}]$ pozostaje wielkością na atom, dodatkowo w równaniach (4.1)–(4.2) powinien pojawić się czynnik 2.

Kolejną istotną niejasność stanowią wartości potencjałów chemicznych deklarowane jako rzeczywiście użyte w obliczeniach. W nawiązaniu do rys. 4.1 (s. 82) Autor podaje, że w obliczeniach zastosowano „połowę odcinka stabilności CdSe”, przyjmując odpowiednio pary potencjałów dla warunków niedomiaru selenu $(\Delta\mu_{\text{Cd}}, \Delta\mu_{\text{Se}}) = (0, -1,018)$ eV i nadmiaru selenu $(-1,018, 0)$ eV. Pary te nie spełniają warunku równowagi CdSe, dla którego suma potencjałów powinna wynosić około $-2,035$ eV (zgodnie z rys. 4.1). Jeżeli $-1,018$ eV oznacza połowę entalpii przypadającej na jednostkę formuły, to środek odcinka stabilności ma postać $(-1,018, -1,018)$ eV, a nie jednej z podanych par. Z rozprawy nie można jednoznacznie ustalić, czy jest to jedynie niespójność redakcyjna, czy też takie wartości zostały rzeczywiście wykorzystane w obliczeniach energii tworzenia defektów, przedstawionych na rys. 4.2. W drugim przypadku bezwzględne energie tworzenia niektórych defektów wymieniających jeden atom z rezerwuarem mogłyby zostać przesunięte o wartość rzędu 1 eV, co mogłoby zmienić porównanie stabilności defektów o różnej stechiometrii.

Kolejna uwaga dotyczy kryterium emisji jednofotonowej. W części metodologicznej rozdziału 1 (s. 30) Autor definiuje parametr $R \approx g^{(2)}(0)$, określany jako znormalizowany stopień antykorelacji fotonów, i przyjmuje kryterium $R < 0,5$ jako potwierdzenie emisji z pojedynczego centrum. Tymczasem dla próbki CdSe:Cu 0,1% wartość $R = 0,61$ została opisana jako potwierdzająca jednofotonowy charakter emisji defektowej. Wartość ta wskazuje wprowadzić na wyraźne tłumienie maksimum centralnego, a więc na tzw. antygrupowanie fotonów (ang. *photon antibunching*), ponieważ spełnia warunek $R < 1$, nie spełnia jednak przyjętego wcześniej kryterium $R < 0,5$. W konsekwencji wynik $R = 0,61$ może być zgodny z dominującym udziałem pojedynczego centrum emisyjnego przy współdziale promieniowania tła, procesów wieloekscytonowych lub innych kanałów emisji, ale sam w sobie nie stanowi formalnego potwierdzenia jednofotonowego charakteru emisji. Dla porównania, uzyskana dla próbki Cu 0,32 % wartość $R = 0,37$ spełnia przyjęte kryterium i znacznie silniej wspiera interpretację emisji z pojedynczego centrum.

W rozprawie występuje niespójność w opisie zależności położenia pasma defektowego od stężenia domieszki. Dla obu analizowanych serii CdSe:Cu dane liczbowe podane w tabelach 3.2 i 3.4, dotyczące parametrów emisji defektowej, wskazują że wzrost zawartości Cu prowadzi do przesunięcia maksimum emisji defektowej ku krótszym falom: z 680,0 do 670,9 nm oraz z 687,6 do 661,1 nm, a więc do przesunięcia hipsochromowego. Tymczasem w opisie drugiej serii oraz w podsumowaniu wzrost stężenia domieszki powiązано z przesunięciem batochromowym, czyli ku dłuższym falom. Taki trend jest rzeczywiście obserwowany dla obu serii CdSe:Ag, lecz nie dla Cu. Wskazane byłoby zatem



rozdzielenie interpretacji obu domieszek i doprecyzowanie, czy użycie określenia „batochromowe” dla serii Cu jest błędem redakcyjnym, czy wynika z innego sposobu interpretacji danych.

Ograniczeniem części teoretycznej jest zastosowanie trójwymiarowego modelu kryształu objętościowego (typu *bulk*) do interpretacji właściwości nanopłytek o grubości kilku monowarstw. Autor sam wskazuje, że ograniczenie wymiarowości wpływa na ekranowanie dielektryczne i bezwzględne wartości energii tworzenia, a w nanopłytkach dodatkową rolę odgrywają skończona grubość, uwięzienie kwantowe, zmienione ekranowanie dielektryczne oraz właściwości powierzchni, w tym jej pasywacja ligandami. W dalszej części pracy Autor słusznie zaznacza, że pozycje poziomów wyznaczone w modelu *bulk* należy traktować jako orientacyjne, a nie jako bezpośrednie odpowiedniki energii emitowanych fotonów. W tym kontekście wcześniejsze stwierdzenie (s. 46), że zastosowany model umożliwia „... precyzyjną identyfikację stanów biorących udział w rekombinacji ...”, wydaje się zbyt kategoryczne. Wyniki DFT dostarczają wartościowych przesłanek dotyczących charakteru i względnej stabilności rozważanych defektów, jednak bezpośrednio, ilościowe przypisywanie obliczonych poziomów defektowych do obserwowanych pasm emisji wymaga ostrożności.

W części dotyczącej analizy FLID i TCSPC pojedynczych nanopłytek w rozdziale 5.2 brakuje pełniejszej informacji statystycznej pozwalającej ilościowo zweryfikować proponowaną zależność mechanizmu migotania od stężenia Cu. Przedstawione wyniki pojedynczych nanopłytek, w szczególności obserwacja dwóch dyskretnych stanów emisyjnych dla próbki Cu 0,32 %, stanowią przekonujące przesłanki dla występowania mechanizmu M3. Autor wskazuje również na powtarzalność podobnych zachowań w innych emiterach. Nie podano jednak całkowitej liczby przebadanych nanopłytek dla poszczególnych stężeń, udziału obiektów wykazujących zachowanie typu M2 i M3 ani jednoznacznych kryteriów ich klasyfikacji i wyboru do prezentacji. Z tego względu stwierdzenie, że wzrost stężenia Cu prowadzi do przejścia od M2 do M3, należy traktować jako jakościowo dobrze wspartą interpretację, natomiast nie jako ilościowo wykazaną zależność populacyjną.

Autor wiąże obserwowaną emisję defektową m.in. z możliwością tworzenia złożonych centrów zawierających międzywęzłowe atomy Ag lub Cu i luki kadmowe. Jest to interpretacja fizycznie uzasadniona, lecz niezwerifikowana bezpośrednio. Obliczenia DFT obejmują izolowane defekty punktowe i nie zawierają analizy stabilności proponowanych kompleksów, a zastosowane metody eksperymentalne nie pozwalają określić lokalnego położenia atomów domieszki w pojedynczych nanopłytkach CdSe. Z tego względu przypisanie obserwowanej emisji określonym kompleksom należy traktować jako uzasadnioną hipotezę, a nie ich bezpośrednią identyfikację. Dodatkowo termodynamiczne poziomy przejść ładunkowych nie są bezpośrednio równoważne energiom przejść optycznych, ponieważ te ostatnie zależą m.in. od relaksacji strukturalnej i sprzężenia



elektron–fonon. Dlatego zbieżność energii poziomu obliczonego metodą DFT z maksimum szerokiego pasma PL, opisana na str. 87, może wspierać określoną interpretację, lecz nie stanowi samodzielnego dowodu pozwalającego jednoznacznie określić mikroskopowe pochodzenie obserwowanej emisji.

Uwagi językowe, terminologiczne i redakcyjne

Rozprawa jest napisana językiem zasadniczo zrozumiałym i odpowiadającym charakterowi pracy naukowej. Autor sprawnie posługuje się terminologią z zakresu spektroskopii, fizyki półprzewodników, chemii nanomateriałów i obliczeń DFT, a liczne rysunki i zestawienia ułatwiają śledzenie toku argumentacji. Tekst nie został jednak poddany dostatecznie starannej korekcie redakcyjnej. Występują w nim literówki, błędy fleksyjne i składniowe, powtórzenia wyrazów, niekonsekwencje w zapisie symboli, jednostek i stężeń oraz pojedyncze błędy bibliograficzne. Przykładowo można wskazać sformułowania „wszystkie entalpie formacji są podawane są”, „między defektem a idealnym kryształu”, „z mikroskopek konfokalnym” oraz konstrukcje zawierające zdublowane przyimki. W kwestii niepoprawnej terminologii, nieprecyzyjne jest określenie konfiguracji Ag_i+V_{Cd} i Cu_i+V_{Cd} jako par Frenkla, gdyż termin ten odnosi się *de facto* do luki i atomu międzywęzłowego tego samego pierwiastka. W tym przypadku właściwsze jest określenie „kompleks domieszka–luka”. Nie w pełni konsekwentna jest również terminologia dotycząca SPS; zamiennie stosowane są określenia „spektroskopia pojedynczych cząstek”, „spektroskopia pojedynczych nanokryształów” i „spektroskopia pojedynczych emiterów”. W badanych układach odnoszą się one zasadniczo do tej samej klasy eksperymentów, ale nie są pojęciami całkowicie równoważnymi, ponieważ pomiar pojedynczej nanopłytki nie musi oznaczać emisji z pojedynczego centrum optycznego. Wskazane byłoby ujednolicenie terminologii, najlepiej poprzez stosowanie określenia, np. „spektroskopia pojedynczych cząstek (SPS), w tym przypadku pojedynczych nanopłytek CdSe”.

Uchybienia językowe i edytorskie nie utrudniają zasadniczo zrozumienia pracy i nie mają takiej wagi jak opisane wyżej uwagi merytoryczne. Ich liczba wskazuje jednak, że końcowa wersja rozprawy wymagała bardziej starannej korekty.

Podsumowanie i wnioski końcowe

Podsumowując, stwierdzam, że rozprawa prezentuje szeroką ogólną wiedzę teoretyczną Autora w dyscyplinie nauki chemiczne, szczególnie w zakresie chemii i fizykochemii nanomateriałów, spektroskopii oraz właściwości defektów w półprzewodnikach. Zakres samodzielnie wykonanych prac eksperymentalnych, udział w budowie infrastruktury pomiarowej, przygotowaniu oprogramowania i analizie wyników wskazują na opanowanie umiejętności samodzielnego prowadzenia pracy naukowej. Za oryginalny wkład rozprawy w rozwiązanie problemu naukowego uznaję analizę i interpretację wyników spektroskopii pojedynczych nanopłytek CdSe w kontekście



kinetyki migotania typu D, pozwalające na rozpoznanie niejednorodności emisji defektowej w układach domieszkowanych Cu i Ag. Istotnym wynikiem tej analizy jest wykazanie, że szerokie pasmo emisji defektowej obserwowane w pomiarach roztworów koloidalnych stanowi uśrednioną odpowiedź wielu zróżnicowanych energetycznie konfiguracji lokalnych, których indywidualne właściwości ujawniają się dopiero w pomiarach pojedynczych nanopłytek.

Dorobek naukowy Autora, według informacji zawartych w rozprawie, obejmuje kilka opublikowanych prac, w tym pierwszoautorską publikację dotyczącą nanopierścieni CdSe, a także wystąpienia konferencyjne poświęcone defektom, modelowaniu z zasad pierwszych i właściwościom optycznym nanostruktur. Dorobek ten oceniam jako dobry i wystarczający na etapie ubiegania się o stopień doktora. Świadczy on o aktywnym uczestnictwie w badaniach i rozwoju samodzielności naukowej.

Wskazane w recenzji błędy i uwagi merytoryczne wymagają omówienia podczas publicznej obrony, szczególnie w zakresie termodynamiki defektów, normalizacji entalpii formowania i potencjałów chemicznych, spójności równań (1.49), (4.1) i (4.2), kryterium jednofotonowości oraz statystycznego uzasadnienia proponowanych mechanizmów. Nie podważają one jednak głównych wyników eksperymentalnych ani ogólnej wartości naukowej rozprawy.

Stwierdzam zatem, że rozprawa doktorska mgr. inż. Piotra Żemojtela pt. „Wpływ domieszkowania metalami przejściowymi na procesy optyczne w kwazi-dwuwymiarowych koloidalnych nanopłytkach selenku kadmu” spełnia wymagania określone w art. 187 ustawy z dnia 20 lipca 2018 r. – Prawo o szkolnictwie wyższym i nauce (t.j. Dz.U. z 2024 r. poz. 1571, z późn. zm.). W związku z powyższym wnioskuję do Rady Naukowej INTiBS PAN o dopuszczenie rozprawy do publicznej obrony.