



dr hab. Małgorzata GUZIK, prof. UWr
e-mail: malgorzata.guzik@uwr.edu.pl
Tel. +48 71 3757373

Wrocław, 7 czerwca 2026 r.

RECENZJA ROZPRAWY DOKTORSKIEJ

mgr inż. Kamili Marzeny Łupińskiej

pt. „Właściwości fotoniczne małowymiarowych związków organicznych
na bazie furanu o budowie typu donor- π -akceptor”

wykonanej w dyscyplinie: inżynieria materiałowa

na Wydziale Chemicznym Politechniki Wrocławskiej

Promotor: dr hab. inż. Lech SZNITKO, prof. PWr

Przedłożona do recenzji dysertacja została opracowana w języku polskim w formie monografii, bazującej na wynikach badań opublikowanych w trzech artykułach naukowych w czasopismach o zasięgu międzynarodowym. Rozprawa podejmuje aktualne i ważne zagadnienie, projektowania małowymiarowych materiałów organicznych typu donor- π -akceptor, w których właściwości fotofizyczne, laserowe i fotoprzełączające mogą być kształtowane zarówno przez strukturę chemiczną, jak i przez sposób agregacji oraz przetwarzania materiału. Tematyka pracy mieści się bardzo dobrze w obszarze inżynierii materiałowej, ponieważ dotyczy świadomego projektowania zależności struktura-właściwości-funkcja oraz oceny potencjału aplikacyjnego otrzymanych układów w fotonice i optoelektronice.

Na szczególne podkreślenie zasługuje konsekwentny wybór klasy związków D- π -A bazujących na pochodnych furanu. Autorka pokazuje, że materiały te są atrakcyjne z kilku powodów: mogą wykazywać emisję wzmocnioną przez agregację, mogą pełnić funkcję ośrodków czynnych dla akcji laserowej, a obecność wiązania stilbenowego otwiera możliwość fotoizomeryzacji typu E $\leftrightarrow$ Z. Tak sformułowany problem badawczy jest spójny i dobrze osadzony w aktualnych kierunkach badań nad organicznymi materiałami fonicznymi.

Rozprawa została logicznie podzielona na część teoretyczną, metodologiczną, część prezentującą wyniki oraz podsumowanie. Spis treści wskazuje przejrzystą strukturę dziewięciu rozdziałów, obejmujących wprowadzenie teoretyczne do oddziaływania światła z materiałem, podstaw laserów, fotochromizmu i barwników D- π -A, a następnie opis metodologii,



podstawowe właściwości spektroskopowe, weryfikację hipotez badawczych, podsumowanie, literaturę, dorobek naukowy oraz suplement. Taki układ pozwala czytelnikowi prześledzić drogę od motywacji i hipotez badawczych do konkretnych wyników eksperymentalnych. Poziom edytorski pracy jest bardzo wysoki, a wykonane rysunki są wyjątkowo przejrzyste i starannie przygotowane. Dobrze opracowane oraz wnikliwie omówione wyniki świadczą o dużym zaangażowaniu Autorki w realizację badań, a także o Jej dojrzałości naukowej, przejawiającej się umiejętnością interesującego i przekonującego prezentowania rezultatów własnej pracy. Dysertacja została przygotowana w sposób przemyślany, przejrzysty i staranny, dzięki czemu jej lektura jest prawdziwą przyjemnością. Została napisana poprawnym i fachowym językiem, a podczas lektury nie stwierdziłam błędów edytorskich.

Cele pracy zostały sformułowane jasno i dotyczyły zaprojektowania, syntezy oraz scharakteryzowania właściwości optycznych wybranych małowcząsteczkowych związków D- π -A. Autorka postawiła trzy hipotezy badawcze, które dotyczą: wykorzystania agregacji AIE/AIEE do projektowania materiałów laserowych, uzyskania akcji laserowej w pobliżu pierwszego okna biologicznego przez dobór silnego akceptora oraz wykorzystania wiązania stilbenowego do otrzymania fotoprzełączników działających w świetle widzialnym. Tak sformułowane cele są ambitne, ale jednocześnie dobrze weryfikowalne eksperymentalnie.

Za wartościowy element rozprawy uznaję szeroki zakres stosowanych metod eksperymentalnych. Obejmuje on klasyczną charakterystykę absorpcyjną i emisyjną, pomiary wydajności kwantowych i czasów życia fluorescencji, przygotowanie cienkich warstw polimerowych, badania jedno- i dwufotonowo wzbudzonej akcji laserowej, monitorowanie fotoizomeryzacji metodą absorpcji w czasie rzeczywistym, analizę zmian strukturalnych metodą ^1H NMR oraz pomiary fotoindukowanej dwójłomności optycznej. Dobór metod jest adekwatny do postawionych hipotez i wskazuje na dobre przygotowanie Doktorantki do prowadzenia interdyscyplinarnych badań na pograniczu chemii materiałów, spektroskopii i fotoniki.

Istotną wartością rozprawy jest również komponent syntetyczny. Autorka wskazuje, że część związków, a dokładnie benzyloksowe pochodne furanów, została przez nią otrzymana podczas półrocznego stażu w École Normale Supérieure w Lyonie. W mojej ocenie wzmacnia to samodzielny i materiałowy charakter pracy, ponieważ Doktorantka nie ograniczała się jedynie do pomiarów gotowych układów, ale uczestniczyła także w projektowaniu i otrzymywaniu nowych związków.

Rozdział dotyczący podstawowych właściwości spektroskopowych badanych związków pełni ważną funkcję w konstrukcji pracy. Autorka słusznie rozpoczyna część eksperymentalną od charakterystyki absorpcji, emisji, wydajności kwantowych oraz czasów życia fluorescencji, ponieważ dopiero te dane pozwalają racjonalnie interpretować dalsze



eksperymenty laserowe i fotoizomeryzacyjne. Wykazanie AIE dla większości badanych związków jest jednym z kluczowych wyników dysertacji.

Za szczególnie interesującą uważam część dotyczącą jednofotonowo wzbudzonej emisji laserowej. Doktorantka nie ogranicza się do stwierdzenia, że uzyskała emisję wzmocnioną, ale analizuje zależność progu generacji od stężenia, wpływ agregacji, rolę dodatku niesolwentu, a także różnice między roztworem, proszkiem i warstwami polimerowymi. Taka dyskusja dobrze pokazuje, że agregacja nie jest traktowana w pracy jako przypadkowy efekt uboczny, lecz jako narzędzie inżynierii materiałowej.

W pracy przekonująco pokazano także, że właściwy dobór części akceptorowej jest kluczowy dla przesuwania emisji ku czerwieni i bliskiej podczerwieni. Wyniki dla karbazolowych pochodnych furanowych oraz dyskusja dotycząca siły akceptora są szczególnie cenne, ponieważ pozwalają powiązać strukturę molekularną ze spektralnym położeniem emisji laserowej.

Cennym elementem rozprawy jest część dotycząca dwufotonowo wzbudzonej akcji laserowej. Autorka pokazuje, że układy AIE mogą stanowić podstawę materiałów laserowych wzbudzanych dwufotonowo, a zwiększenie zawartości barwnika w matrycy może obniżać próg generacji i poprawiać fotostabilność. Są to wyniki ważne zarówno z punktu widzenia badań podstawowych, jak i potencjalnych zastosowań w fotonice organicznej.

Trzecia zasadnicza część omawiająca wyniki, dotycząca fotoizomeryzacji oraz fotoindukowanej dwójłomności optycznej, bardzo dobrze dopełnia obraz badanych materiałów jako układów wielofunkcyjnych. W mojej ocenie szczególnie interesujące jest pokazanie, że zastosowanie silnego akceptora pozwala ograniczyć klasyczną słabość układów stilbenowych, czyli konieczność wzbudzania w zakresie UV, oraz że badane związki można aktywować światłem widzialnym przy relatywnie niskich intensywnościach.

Na podstawie przedstawionego zestawienia dorobku naukowego stwierdzam, że osiągnięcia naukowe Doktorantki są bardzo dobre i wyraźnie przewyższają standardowe wymagania stawiane kandydatom do stopnia doktora w dyscyplinie inżynierii materiałowej, w szczególności w obszarze fotoniki i materiałów funkcjonalnych.

•Najważniejszym elementem dorobku są **trzy artykuły opublikowane w renomowanych czasopismach międzynarodowych**: dwa artykuły w czasopiśmie Journal of Materials Chemistry C (IF 5,1 oraz 5,7; 140 pkt MEiN), jeden artykuł w ACS Omega (IF 4,3; 70 pkt MEiN). We wszystkich publikacjach doktorantka jest pierwszą autorką oraz autorką korespondencyjną, co świadczy o jej wiodącej roli w planowaniu badań, realizacji eksperymentów, analizie wyników oraz przygotowaniu publikacji. Jest to szczególnie istotne w ocenie samodzielności naukowej kandydata do stopnia doktora. Łączna punktacja publikacji wynosi 350 pkt MEiN, a wszystkie prace zostały opublikowane w czasopismach o uznanej pozycji międzynarodowej. Taki wynik należy uznać za bardzo dobry na etapie doktoratu.

•Doktorantka wykazała się **znaczną aktywnością konferencyjną**. W latach 2021–2025 uczestniczyła w 14 konferencjach krajowych i międzynarodowych, prezentując wyniki badań



zarówno w formie wystąpień ustnych, jak i posterów. Na szczególne podkreślenie zasługują: wykłady zaproszone podczas wydarzeń naukowych w 2025 r.; prezentacje ustne na międzynarodowych konferencjach; nagroda za najlepsze wystąpienie ustne podczas VII Ogólnopolskiej Konferencji Kryształki Molekularne (2023) oraz wyróżnienie posterowe podczas Kumquat Conference 2021. Tak duża liczba wystąpień świadczy o aktywnym uczestnictwie doktorantki w życiu naukowym oraz o umiejętności prezentowania wyników badań przed środowiskiem krajowym i międzynarodowym.

- Bardzo mocnym elementem dorobku są **dlugoterminowe i krótkoterminowe staże badawcze** realizowane w École Normale Supérieure de Lyon we Francji, w tym sześciomiesięczny pobyt naukowy w latach 2023–2024. Współpraca z zespołem francuskim zaowocowała wspólnymi publikacjami i wystąpieniami konferencyjnymi. Świadczy to o skutecznym funkcjonowaniu doktorantki w międzynarodowym środowisku badawczym. Uzupełnieniem mobilności są również staże realizowane na Uniwersytecie Warszawskim.

- **Dorobek projektowy** należy ocenić wyjątkowo wysoko. Doktorantka uczestniczyła w realizacji projektu Narodowe Centrum Nauki PRELUDIUM BIS 2, uzyskała finansowanie wyjazdu zagranicznego w programie Narodowej Agencji Wymiany Akademickiej (NAWA), była kierownikiem własnego projektu NCN PRELUDIUM 23, kierowała również projektem otrzymanym w ramach Minigrantów Politechniki Wrocławskiej. Pozyskanie środków finansowych w konkursie NCN jako kierownik projektu jest osiągnięciem szczególnie wartościowym, potwierdzającym zdolność do samodzielnego planowania i prowadzenia badań naukowych oraz o umiejętności formułowania ambitnych celów badawczych.

Reasumując, przedstawiony dorobek naukowy doktorantki oceniam bardzo wysoko, a w kontekście etapu kariery naukowej wręcz wyróżniający się. Jest spójny tematycznie, wartościowy pod względem naukowym. Całokształt osiągnięć wskazuje na dojrzałość badawczą oraz bardzo dobre przygotowanie do samodzielnego prowadzenia prac naukowych. Nie ulega wątpliwości, że Doktorantka posiada potencjał do dalszego rozwoju kariery akademickiej.

Tak wieloaspektowe opracowanie, jakim znajduję rozprawę doktorską Pani mgr inż. Kamili Marzeny ŁUPIŃSKIEJ, nie tylko dostarcza bardzo wielu informacji, ale budzi również pytania



natury poznawczej. Przykładem tego mogą być sformułowane przeze mnie poniższe pytania.

- Czy agregacja jest konsekwentnie interpretowana jako świadomie wykorzystywany mechanizm funkcjonalny, czy w niektórych przypadkach może być jedynie efektem ubocznym zachodzących procesów fizykochemicznych?
- Jakimi metodami eksperymentalnymi doktorantka rozróżnia wkład emisji pochodzącej od pojedynczych cząsteczek, agregatów oraz mikro- lub nanokryształów?
- Jakie przesłanki przemawiają za wyborem TCF jako kluczowego elementu projektowania badanych układów oraz jakie ograniczenia tej strategii zostały zaobserwowane?
- Czy określenie „biological window” użyte w pracy można już wiązać z rzeczywistym potencjałem zastosowań biomedycznych, czy odnosi się ono obecnie jedynie do korzystnego położenia pasma emisji w zakresie widmowym?
- Na ile obserwowany w publikacji 1 efekt pamięci można uznać za podstawę do opracowania optycznych systemów zapisu informacji i jakie są jego ograniczenia pod względem trwałości oraz stabilności sygnału?
- Na podstawie uzyskanych wyników, czy można wskazać optymalny dobór siły donorów i akceptorów oraz elementów struktury układu D- π -A, który pozwalałby na dalsze przesuwanie emisji w kierunku czerwieni i podczerwieni przy zachowaniu wysokiej wydajności generacji laserowej? W jakim stopniu ograniczeniem są tutaj właściwości fotofizyczne samych cząsteczek, a w jakim efekty związane z ich agregacją i morfologią materiału, oraz które modyfikacje strukturalne uważa Pani za najbardziej perspektywiczne w dalszej optymalizacji badanych związków?
- Gdyby badania były kontynuowane, jakie trzy eksperymenty kontrolne doktorantka uznałaby za najistotniejsze dla jednoznacznego potwierdzenia mechanizmu random lasingu indukowanego zjawiskiem AIE?

Proszę Doktorantkę o ustosunkowanie się do nich.

Po szczegółowej analizie przedstawionej pracy doktorskiej Pani mgr inż. Kamili Marzeny ŁUPIŃSKIEJ stwierdzam, że w świetle Ustawy z dnia 14 marca 2003 r. „O stopniach naukowych i tytule naukowym oraz o stopniach i tytule w zakresie sztuki”, Dz.U. z 2003 r. Nr 65, poz. 595; z 2005 r. Nr 164 poz. 1365, a zwłaszcza Art. 13 pkt. 1, który brzmi „Rozprawa doktorska, przygotowana pod opieką promotora, powinna stanowić oryginalne rozwiązanie problemu naukowego lub artystycznego oraz wykazywać ogólną wiedzę teoretyczną kandydata w danej dyscyplinie naukowej lub artystycznej, a także umiejętność samodzielnego prowadzenia pracy naukowej lub artystycznej” pragnę stwierdzić, że rozprawa doktorska Pani mgr inż. Kamili Marzeny ŁUPIŃSKIEJ pt. „Właściwości fotoniczne małowcząsteczkowych



związków organicznych na bazie furanu o budowie typu donor- π -akceptor” spełnia wymogi ustawowe i może zostać przedstawiona do publicznej obrony.

Biorąc pod uwagę szeroki zakres wykonanych badań, trudność tematu i uzyskane rezultaty oraz imponujący dorobek naukowy Autorki powstały podczas prowadzenia badań, wnoszę do wysokiej Rady Naukowej Politechniki Wrocławskiej we Wrocławiu o wyróżnienie recenzowanej przeze mnie rozprawy.

Z wyrazami szacunku,