

Beata Łuszczynska
Katedra Fizyki Molekularnej
Politechnika Łódzka
90-924 Łódź
ul. Żeromskiego 116

Łódź, 07. 07. 2019

**Recenzja pracy doktorskiej pana mgr inż. Pawła Zassowskiego pt:
„WPLYW STOPNIA PODSTAWIENIA NA WŁAŚCIWOŚCI ELEKTROCHEMICZNE
I SPEKTROSKOPOWE ZWIĄZKÓW OPARTYCH O RDZEŃ TRIAZYNY”**

wykonanej pod kierunkiem prof. dr. hab. inż. Mieczysława Łapkowskiego
oraz dr inż. Wojciecha Domagały, jako promotora pomocniczego,
na Wydziale Chemicznym Politechniki Śląskiej

Tematyka badań opisanych w pracy doktorskiej dotyczy badań właściwości fizykochemicznych serii pochodnych triazyny i karbazolu pod kątem ich potencjalnych zastosowań w diodach elektroluminescencyjnych. Tego typu półprzewodniki organiczne, będące obiektem badań pana mgr inż. Pawła Zassowskiego są obecnie obiektem intensywnych badań, ze względu na ich zastosowanie w optoelektronice, a w szczególności w układach wykazujących termicznie aktywowaną opóźnioną fluorescencję.

Przedstawiona mi do recenzji rozprawa doktorska pana mgr inż. Pawła Zassowskiego ma układ klasyczny. Praca liczy, wraz ze spisem cytowanej literatury, 174 strony; tekst został podzielony na 6 rozdziałów (nie uwzględniając odnośników literaturowych). Drugi rozdział, liczący 32 strony, poświęcony jest przeglądowi literatury. W trzecim rozdziale autor przedstawia motywację wyboru tematyki badań, która bezpośrednio wynika z przedstawionego przeglądu literaturowego oraz formułuje w zwięzły i jasny sposób cel swoich badań. Czwarty i piąty rozdział pracy stanowi odpowiednio część eksperymentalną liczącą 19 stron i część prezentującą wyniki badań własnych autora wraz z ich dyskusją. Rozprawę zamyka krótki rozdział szósty z podsumowaniem i wnioskami, po czym następują spis literatury, prezentacja dorobku naukowego Doktoranta, jego udziału w projektach badawczych oraz wyróżnień i nagród. Szkoda, że autor nie zawarł w pracy streszczenia, chociaż w języku angielskim, co mogłoby zwiększyć możliwość zapoznania się zakresem i wynikami pracy szerszej grupie odbiorców z międzynarodowej społeczności

akademickiej. Zamieszczony na stronie czwartej spis treści nie obejmuje wszystkich podrozdziałów pracy, brakuje podrozdziału 2.4. Ogólnie jednak bardzo dobrze oceniam rozprawę od strony redakcyjnej; tekst jest napisany poprawnym językiem, czyta się go z zainteresowaniem, a rysunki są opracowane w sposób staranny i czytelny.

Dwa pierwsze podrozdziały przeglądu literaturowego mają w dużej mierze charakter podręcznikowy, tzn. zebrane są w nich podstawowe wiadomości dotyczące półprzewodników organicznych, ze szczególnym uwzględnieniem właściwości elektrochemicznych i spektroskopowych tej grupy materiałów. Trzeci podrozdział jest poświęcony zastosowaniu materiałów organicznych w elektronice, który szerzej prezentuje budowę i zasadę działania organicznych diod elektroluminescencyjnych. Szkoda, że w tym podrozdziale autor nie przedstawił znaczenia badań elektrochemicznych organicznych półprzewodników w kontekście projektowania i konstrukcji organicznych diod elektroluminescencyjnych. Końcowa część przeglądu literatury poświęcona jest przeglądowi związków opartych o rdzeń triazyny lub karbazolu pod kątem ich zastosowań w urządzeniach optoelektronicznych, takich jak diody elektroluminescencyjne i ogniwa fotowoltaiczne.

Ogólnie część literaturowa zasługuje na bardzo dobrą ocenę, gdyż autor dokonał wyczerpującego przeglądu, obejmującego sto czterdzieści dwie pozycje literaturowe i wykazał się szeroką wiedzą dotyczącą zarówno badanych materiałów jak i metod badania ich właściwości elektrochemicznych i optycznych.

Rozdział 4. zatytułowany „Część eksperymentalna” zawiera opis badanych materiałów oraz aparatury i metod badawczych. Warto podkreślić, że zakres pracy doktorskiej pana mgr inż. Pawła Zassowskiego jest bardzo szeroki, obejmuje syntezę nowych związków: pochodnych triazyny o różnym stopniu podstawienia pochodnymi karbazolowymi, badania ich właściwości spektroskopowych, elektrochemicznych, a także charakteryzację polimerów otrzymanych na drodze elektrochemicznej polimeryzacji niektórych badanych pochodnych triazyny. Ponadto otrzymane materiały zostały wykorzystane do wytworzenia warstw emisyjnych diod elektroluminescencyjnych i zostały wyznaczone parametry pracy diod, pozwalające ocenić ich jakość.

W rozdziale 5. Doktorant przedstawiła w systematyczny sposób uzyskane wyniki badań i ich dyskusję. W pierwszym podrozdziale został przedstawiony szczegółowy opis syntezy materiałów, będących przedmiotem dalszych badań. Dla każdej reakcji syntezy została obliczona wydajność, która w większości prowadzonych reakcji przekroczyła 60%. W kolejnym podrozdziale autor przedstawił wyniki badań spektroskopowych badanych materiałów. Dodatkowo wykorzystał metodę symulacji TDDFT w celu pokazania orbitali odpowiedzialnych za absorpcję w badanych cząsteczkach.

Najwięcej miejsca autor poświęcił opisowi badań właściwości elektrochemicznych badanych materiałów. Doktorant sprecyzował warunki prowadzenia eksperymentów, wykazując duże doświadczenie i kompetencje w wykorzystaniu technik woltamperometrii cyklicznej, spektroelektrochemii UV-Vis-NIR oraz EPR, co pozwoliło mu zaproponować mechanizm utleniania badanych związków oraz identyfikację reakcji następczych i ich produktów.

Na wysoki poziom wszechstronnej analizy wyników wskazują rozdziały 5.3 i 5.4 i związane z nimi publikacje w czołowych czasopismach o obiegu międzynarodowym, które stanowią istotny wkład w postaci systematycznych badań wpływu stopnia podstawienia triazyny na właściwości optoelektroniczne takich pochodnych.

W rozdziale 5.5 autor przedstawił wyniki dotyczące zastosowania zsyntezowanych związków jako warstw donorowych, które zostały pokryte warstwami odpowiednio dobranych, komercyjnie dostępnych związków akceptorowych. Na podstawie widm fluorescencji oraz wyników badań czasoworozdzielczej fluorescencji autor zidentyfikował tworzenie się w stanie wzbudzonym ekscypleków. Takie układy donorowo akceptorowe zostały wykorzystane do konstrukcji diod elektroluminescencyjnych. Dla badanych diod elektroluminescencyjnych, autor wyznaczył następujące parametry: napięcie włącz, luminancję, zewnętrzną wydajność kwantową oraz koordynaty koloru w systemie CIE 1931. Najlepsze diody elektroluminescencyjne charakteryzowały się zewnętrzną wydajnością kwantową powyżej 5%, co autor przypisuje występowaniu zjawiska termicznie aktywowanej opóźnionej fluorescencji. Warto byłoby tutaj przedyskutować, jakimi metodami

wprost można byłoby potwierdzić występowanie zjawiska TADF w badanych układach.

Wszystkie otrzymane diody charakteryzowały się stosunkowo wysokimi wartościami napięcia włącz. Szkoda, że parametry diod elektroluminescencyjnych nie zostały skomentowane w kontekście właściwości transportowych badanych materiałów.

W podsumowaniu recenzji chcę podkreślić ogólnie bardzo wysoki poziom badań przeprowadzonych przez Pana Pawła Zassowskiego, który wykonał pełen cykl badań, od syntezy materiałów, poprzez zbadanie ich właściwości elektrochemicznych, optycznych, aż do zastosowania ich w prototypowych diodach elektroluminescencyjnych. Imponująca jest ilość wyników opisanych w rozprawie doktorskiej, świadcząca o bardzo dużym nakładzie czasu i pracy Doktoranta. Na wysoką ocenę zasługuje też wnikliwa i krytyczna analiza uzyskanych wyników, oparta o szeroką wiedzę z zakresu elektrochemii.

Chciałabym podkreślić, że nieliczne uwagi krytyczne zawarte w recenzji mają charakter dyskusyjny i w niczym nie umniejszają mojej wysokiej oceny pracy doktorskiej. Stwierdzam, że rozprawa Pana mgr inż. Pawła Zassowskiego pt.: „Wpływ stopnia podstawienia na właściwości elektrochemiczne i spektroskopowe związków opartych o rdzeń triazyny” spełnia wymagania stawiane pracom doktorskim określonym w ustawie o tytule i stopniach naukowych i zwracam się do Rady Wydziału Chemicznego Politechniki Śląskiej z wnioskiem o dopuszczenie pana mgr inż. Pawła Zassowskiego do dalszych etapów przewodu doktorskiego. Ponadto, ze względu na wysoką ocenę wartości naukowej rozprawy i znaczący dorobek naukowy zgłaszam wniosek o uznanie jej za wyróżniającą.



Dr hab. inż. Beata Łuszczynska