

Jarosław Jung
Katedra Fizyki Molekularnej Politechniki Łódzkiej
90-924 Łódź
ul. Żeromskiego 116

POLITECHNIKA GDAŃSKA
WYDZIAŁ FIZYKI TECHNICZNEJ
I MATEMATYKI STOSOWANEJ

Łódź, 25. 08. 2019

Wpłynęło dnia 23.08.2019

L. dz. 48/KFT/MS/SN/2019

Zał. —

Recenzja pracy doktorskiej mgr. Daniela Pelczarskiego pt.

„Elektro- i magnetomodulacja dysocjacji ekscytonów w organicznych układach jednoskładnikowych i dwuskładnikowych typu donor elektronu - akceptor elektronu

wykonanej pod kierunkiem dr hab. inż. Waldemara Stampora, prof. nadzw. PG

Praca zawiera opis badań dotyczących wpływu pól elektrycznego i magnetycznego na zjawiska dysocjacji ekscytonów w organicznych układach jednoskładnikowych i dwuskładnikowych typu donor-akceptor. Eksperymenty były przeprowadzane z wykorzystaniem technik pomiaru: widm absorpcji i fotoluminescencji w obecności pola magnetycznego, prądów stałych w czasie oraz prądów wzbudzanych światłem bez pola magnetycznego i w jego obecności, elektro- i magnetomodulowanej fotoluminescencji, a także efektu fotowoltaicznego. Analizy wyników doświadczalnych dokonano z zastosowaniem teoretycznych modeli badanych zjawisk. Wiedzę zaczerpnięto z doniesień literaturowych, a także skorzystano z bogatego dorobku naukowego Katedry Fizyki Zjawisk Elektronowych Wydziału Fizyki Technicznej i Matematyki Stosowanej na Politechnice Gdańskiej, która od wielu lat jest przodującym w kraju ośrodkiem naukowym zajmującym się badaniami właściwości optycznych i elektrycznych w materiałach organicznych.

Układ recenzowanej pracy jest typowy dla rozpraw doktorskich. Wprowadzenie do pracy zawiera uwagi wstępne, w których Autor wskazuje na potencjalne zalety elektroniki organicznej. Zwraca uwagę na konieczności lepszego poznania zjawisk fizycznych odpowiedzialnych za dysocjację ekscytonów i rekombinację nośników ładunku. Wykazuje dlaczego do badania tych zjawisk może być przydatne stosowanie stałych i zmiennych w czasie pól elektrycznych i magnetycznych. We wstępie znajdują się również: opis celu pracy, jej streszczenie, a także lista publikacji o tematyce bezpośrednio związanej z rozprawą doktorską, których pan Damian Pelczarski jest współautorem. Następnie w rozdziałach 2, 3 i 4 Doktorant, korzystając z doniesień literaturowych, dokonuje opisu podstawowych zjawisk fizycznych odpowiedzialnych za elektro- i magnetomodulowaną dysocjację ekscytonów w materiałach organicznych. Informacje dotyczące technik eksperymentalnych, które ściśle są powiązane z wykonanymi badaniami umieszcza w rozdziale 5. Rozdział ten zawiera również opisy właściwości badanych materiałów, metodyki badań oraz układów pomiarowych, które można zaliczyć do części eksperymentalnej pracy.

W rozdziale 6 przedstawione są wyniki przeprowadzonych badań widm absorpcji, fotoluminescencji, przewodnictwa i fotoprzewodnictwa oraz magnetofotopradów w pochodnych amin TPD, 2TNATA oraz bardziej szczegółowo w dendrymerze m-MTDATA. W drugiej części rozdziału 6 przedstawione są badania elektro- i magnetomodulowanej dysocjacji ekscytonów w dwuskładnikowych układach donorowo-akceptorowych oraz wpływu pola elektrycznego i magnetycznego na stany wzbudzenia

elektronowego w mieszaninach dendrymer aminy (m-MTDATA, 2TNATA): pochodna fenantroliny (BCP, BPhen). Rozprawa kończy się zwięzłym podsumowaniem i wnioskami oraz spisem źródeł bibliograficznych.

Od strony edytorskiej rozprawa jest przygotowana starannie, chociaż można się w niej doszukać błędów językowych takich jak np. sformułowania: „...*blokery dziur.*”, „...*czoper.*”, „...*pik absorpcyjny.*”, „...*składowa zetowa momentu magnetycznego*”, „...*wektory spinów elektronów tworzących stan trypletowy precesują zgodnie w fazie...*”, lub „...*tworzenie się par e-h może również nastąpić w wyniku bezpośredniego przejścia S1→CT, po ówczesnej konwersji wewnętrznej...*”. Można również natrafić na błędną nomenklaturę np.: na stronie 54 użyto sformułowania *tlenek indowo-cynowy (ITO)* zamiast tlenek indu cyny (ITO), na stronie 19 ekstynkcję nazwano *intensywnością absorpcji*, w tekście na stronie 60 napisano, że „...*poruszające się po orbitach elektrony wykonują precesję* (tzw. precesja Larmora)...” zamiast „...*w wyniku ruchu orbitalnego elektronów następuje precesja wektora magnetycznego* (tzw. precesja Larmora)...”. Nie mogę się również zgodzić z nazwaniem długości termalizacji τ_0 *promieniem pary r_0* . Również bardziej poprawnie byłoby używać sformułowania prądy indukowane światłem zamiast *fotoprądy*. Sporadycznie zdarzają się błędy spowodowane nieuważną edycją tekstu i tak np.: na stronie 16 napisano, że „...*zależność gęstości fotoprądu od współczynnika absorpcji możemy zapisać w postaci...*”, podczas gdy równanie przedstawia zależność odwrotności gęstości prądu indukowanego światłem od współczynnika absorpcji. Na stronie 38 zwrot „*szybkość generacji nośników ładunku*” jest użyty zarówno w odniesieniu do szybkości dysocjacji jak i do szybkości fotogeneracji związanych par elektron-dziura, co przyczyniło się to do chaosu w opisie równań 3.1.4 i 3.1.5. W niektórych miejscach brakuje krótkich informacyjnych np.: wyjaśnienia co to jest widmo różniczkowe (strona 53) lub co oznacza zwrot „...*wieloelektronowy atom lekki.*” (strona 62).

Pomocny dla czytelnika jest indeks używanych symboli literowych przypisywanych wielkościom fizycznym umieszczony na początku pracy. Jednak jest on niepełny, ponieważ brakuje w nim niektórych symboli takich jak np. ξ lub φ_0 .

Szata graficzna ilustracji nie budzi zastrzeżeń. Śledząc rysunki wraz z opisami można bez zagładania do tekstu pracy zorientować się czego dotyczy ilustracja i jakie są najważniejsze parametry prezentowanych zjawisk, modeli fizycznych, wyników eksperymentów lub metod badawczych. Dobre wrażenie oprawy graficznej pracy trochę burzy brak rysunku 4.3.3, którego Autor, prawdopodobnie przez nieuwagę, zapomniał zamieścić.

Spis cytowanych prac obejmuje 172 artykuły i 20 pozycji książkowych. Wszystkie publikacje są przez doktoranta właściwie dobrane i cytowane.

Część rozprawy doktorskiej dotycząca badań własnych to rozdziały: 5. Szczegóły eksperymentu 6. Fotoprądy i magnetofotoprądy w układach jednoskładnikowych oraz 7. Podsumowanie i wnioski.

W rozdziale 5 rozprawy Autor uzasadnia wybór do badań pochodnych amin m-MTDATA, 2TNATA i TPD oraz pochodnych fenantroliny BCP i BPhen. Przyjęte kryteria wyboru materiałów takie jak: stosunkowo łatwe wytwarzanie cienkich warstw, dobre fotoprzewodnictwo i efektywna fluorescencja nośników ładunku oraz dostęp do bogatej literatury dotyczącej tych materiałów są w pełni uzasadnione. W opisanych w pracy badaniach Doktorant wykorzystał kilka oryginalnych i czasochłonnych metod badawczych. Użycie nowych związków organicznych wiązałoby się koniecznością ich szczegółowej charakteryzacji i selekcji. Uniemożliwiłoby to doktorantowi wykonanie zaplanowanych badań w czasie przeznaczonym na realizację pracy doktorskiej. W dalszej części tego rozdziału Autor opisuje metodykę wytwarzania próbek pomiarowych. Przedstawia także schematy blokowe przyrządów użytych w pracy do pomiarów: prądów indukowanych światłem, magnetofotoprądów, elektro- i magnetomodulowanej fotoluminescencji oraz opisuje sposoby wykonania pomiarów. Podaje także metody za pomocą, których wyznacza drogę dyfuzji ekscytonów na podstawie wyników pomiarów prądów indukowanych światłem oraz wygaszania fotoluminescencji.

Przydatne byłoby przedstawienie energii poziomów HOMO i LUMO dla m-MTDATA, 2TNATA, BCP i BPhen w tabeli w rozdziale 5.1 pomimo tego, że w dalszej części pracy te energie przedstawione są graficznie na rysunku 6.2.2.

Rozdział 6 pracy dotyczy wyników pomiarów i ich analizy. Jest on podzielony na dwie części, z których pierwsza 6.1 dotyczy badań prądów indukowanych światłem i fotoluminescencji w próbkach wytworzonych z m-MTDATA, 2TNATA i TPD. Druga część 6.2 zawiera opis podobnych badań wykonanych dla mieszanin pochodnych amin z BCP i BPhen uzupełnionych o badania wykonane technikami elektro- i magnetomodulacji prądów indukowanych światłem.

Intencją Autora jest zastosowanie elektrod ograniczających injekcją dziur do materiału organicznego. W tym celu wykonuje dwie jednakowe elektrody z cienkiej kilkunastonanometrowej warstwy aluminium. Po zmierzeniu charakterystyk prądowo-napięciowych w ciemności okazuje się jednak, że występuje asymetria tych charakterystyk gdy do próbek przyłożona napięcia o przeciwnej polaryzacji. Tłumaczy to występowaniem cienkiej warstwy tlenku aluminium na jednej z elektrod. Warstwa ta sprzyja przejściom tunelowym elektronów z elektrody do próbki, które rekombinując z dziurami zmniejszają prąd ciemny. Również rejestrowane prądy indukowane światłem różnią się między sobą w zależności od tego która z elektrod była oświetlana, co jest wyjaśniane efektywną dysocjacją ekscytonów w pobliżu dodatnio spolaryzowanej elektrody. Autor dopasowuje zmierzone charakterystyki prądowo-napięciowe krzywymi teoretycznymi wyznaczonymi na podstawie jednowymiarowego modelu Onsagera. Tłumaczy znaczne odstępstwa tych krzywych od punktów doświadczalnych w zakresie małego pola elektrycznego zjawiskami zachodzącymi przy elektrodach.

Jednak krzywe wyznaczone na podstawie modelu, nawet w przypadku wysokiego pola też dosyć znacznie odbiegają od punktów pomiarowych, co autor powinien był skomentować w pracy.

Następnie Autor umiejętnie manipulując: grubościami warstw, polaryzacją i wielkością przyłożonego napięcia do próbek, natężeniem zewnętrznego pola magnetycznego, a także energią i modulacją intensywności światła dokonuje szeregu pomiarów. Bada zjawisko dysocjacji ekscytonów przy elektrodzie oświetlając próbki od strony dodatnio spolaryzowanej elektrody i w objętości po oświetleniu próbek od strony ujemnie spolaryzowanej elektrody. Wykreślając zależności odwrotności gęstości prądów indukowanych światłem od odwrotności współczynnika absorpcji i wspomagając się widmami absorpcji światła i fotoluminescencji zmierzonymi dla układów m-MTDATA, 2TNATA i TPD wyznacza długości drogi dyfuzji ekscytonów singletowych w tych materiałach. Do badań dyfuzji wykorzystuje też metodę wygaszania fotoluminescencji, z użyciem której również wyznacza drogi dyfuzji ekscytonów w tych samych materiałach. Obserwuje bardzo dobrą zgodność z wynikami uzyskanymi metodą analizy prądów indukowanych światłem, co stanowi silny argument za poprawnością wykonanych badań. Dokonuje także analizy transportu dyfuzyjnego ekscytonów. Zakłada, że ma on charakter zgodny z mechanizmem przeskokowym i na podstawie wyznaczonych dróg dyfuzji oraz czasów zaników fluorescencji odczytanych z doniesień literaturowych wyznacza współczynniki dyfuzji dla badanych materiałów. Dużą wartość wyliczonych wartości stałych dyfuzji ekscytonów singletowych w badanych materiałach przypisuje sprzężeniu elektronowemu pomiędzy molekułami. Dla układu m-MTDATA wykazuje, że w próbkach oświetlanych od strony ujemnie spolaryzowanej elektrody można zaniedbać prądy fotowzmacnione, a dysocjacja nośników ładunku zachodzi w głównie w objętości materiału za pośrednictwem par bliźniaczych. Na podstawie wyznaczonej zależności kwantowej wydajności fotogeneracji nośników ładunku od natężenia pola elektrycznego, z zastosowaniem trójwymiarowego modelu Onsagera, oszacowuje długość termalizacji par oraz pierwotną wydajność fotogeneracji. Badając wpływ pola magnetycznego na przepływ prądu indukowanego światłem w układzie m-MTDATA Doktorant wykonuje eksperymenty dla próbek oświetlanych od strony elektrody spolaryzowanej dodatnim lub ujemnym potencjałem. W przypadku zastosowania światła silnie absorbowanego o długości fali 385 nm obserwuje zwiększanie się prądu indukowanego światłem wraz ze zwiększającą się indukcją pola magnetycznego w zakresie od 0 mT do kilkunastu mT. Efekt ten tłumaczy zmniejszaniem się prawdopodobieństwa przejść międzysystemowych typu singlet-tryplet w wyniku rozczepienia Zeemana stanu trypletowego, które moduluje efekty nadsubtelne elektronów i dziur z otoczeniem protonowym. Występowanie spowolnienia obserwowanego efektu dla pola magnetycznego o indukcji powyżej kilkudziesięciu mT Doktorant tłumaczy rozpraszaniem swobodnych nośników ładunku na stanach trypletowych zgodnie z mechanizmem trionowym opisanym w rozdziale 4 pracy. Obserwuje także, że po oświetleniu próbek światłem zielonym o długości fali 532 nm z zakresu bezpośredniego wzbudzenia molekularnych ekscytonów trypletowych występuje ujemny efekt magnetyczny, który tłumaczy mechanizmem wygaszania ekscytonów trypletowych na nośnikach ładunku uwięzionych w pułapkach.

W rozdziale 6.2 Autor przedstawia wyniki badań dysocjacji ekscytonów w układach dwuskładnikowych m-MTDATA:BCP, 2TNATA:BCP oraz m-MTDATA:BPhen. Używa takich samych metod pomiarowych jak w przypadku układów jednoskładnikowych uzupełniając je badaniami z wykorzystaniem elektro- i magnetomodulowanej fotoluminescencji. Analizy wpływu pola elektrycznego na dysocjację ekscytonów dokonuje z zastosowaniem schematu opisującego bezpośrednio przejście kompleksu spotkaniowego typu wzbudzony donor – akceptor w stanie podstawowym do emitującego światło ekscypleksu znajdującego się w stanie singletowym lub opisującego przejście za pośrednictwem bliźniaczych par elektron-dziura znajdujących się w stanie singletowym.

Schemat ten ujmuje we wzorze 6.2.1, który jest jednak niepełny, ponieważ uwzględnia jedynie część diagramu wrażliwą na pole elektryczne.

Na podstawie pomiarów fotoprzewodnictwa wyznacza zależności kwantowej wydajności fotogeneracji nośników ładunku od natężenia pola elektrycznego w badanych związkach donorowo-akceptorowych. Podobne zależności od natężenia pola elektrycznego uzyskuje dla elektromodulowanej fotoluminescencji. Dokonuje prób dopasowania wyników doświadczalnych do krzywych teoretycznych opisanych za pomocą różnych modeli fotogeneracji nośników ładunku. Najlepsze dopasowania, poparte krytyczną analizą, uzyskuje stosując model Sano-Tachiyi-Noolandi-Hong. Na tej podstawie wyznacza wielkości charakteryzujące każdy z badanych układów. Uznaje, że użyty model prawidłowo opisuje obserwowane zjawisko, ponieważ wyznaczone promienie sfery rekombinacji mają wartości zbliżone do średniej odległości międzycząsteczkowej. Jednak uzyskuje znacznie większe wartości długości termalizacji wyznaczonych na podstawie analizy pomiarów prądów indukowanych światłem od wartości tych długości wyznaczonych na podstawie pomiarów elektromodulowanej fotoluminescencji. Na tej podstawie Autor formułuje hipotezę, że w badanych układach występują po dwie takie długości. Postuluje, że rekombinacja bliźniacza par ładunków o niewielkiej długości termalizacji (par bliźniaczych krótkich) prowadzi do powstania ekscypleksów zanikających promieniście, a pary o większej długości termalizacji (par bliźniacze długie) oprócz wydajnej dysocjacji na swobodne nośniki ładunku zanikają do stanu podstawowego bezpromieniście. Założenie to stanowi podstawę do przeprowadzenia przez Doktoranta analiz niektórych wyników badań wpływu pola magnetycznego na proces dysocjacji ekscytonów.

Wyróżnienie dwóch różnych odległości termalizacji w tym samym materiale wydaje mi się mało prawdopodobne. Chyba lepszym podejściem byłoby założenie, że długość termalizacji podlega rozkładowi statystycznemu, w ramach którego dopuszczalne są różne odległości termalizacji.

Badając wpływ pola magnetycznego na przepływ prądu w układach m-MTDATA:BCP, 2TNATA:BCP oraz m-MTDATA:BPhen Doktorant obserwuje dodatni efekt magnetyczny podobnie jak w układach jednoskładnikowych. Podczas analizy obserwowanego efektu zakłada, że dominującą rolę odgrywają pary bliźniacze długie, które zidentyfikował wcześniej podczas badań wpływu pola elektrycznego na dysocjację ekscytonów. Szybkie narastanie efektu magnetycznego, a następnie jego nasycenie wraz ze wzrostem indukcji pola magnetycznego tłumaczy podobnie jak w przypadku próbek jednoskładnikowych. Dla skali oddziaływań nadsubtelnych, gdy pole magnetyczne osiąga co najwyżej kilkanaście mT dominuje proces konwersji międzysystemowej par bliźniaczych długich ze stanu singletowego

do stanu trypletowego. Dla wyższych pól magnetycznych zachodzi oddziaływanie stanów trypletowych ze swobodnymi nośnikami ładunku zgodnie z modelem trionowym. Doktorant twierdzi, że w przypadku pola elektrycznego o małym natężeniu indukowany polem elektrycznym wzrost wartości długości termalizacji prowadzi do zwiększenia prawdopodobieństwa konwersji singlet-tryplet wskutek czego krzywe sygnału magnetofotoprądów rosną, a w przypadku pola elektrycznego o dużym natężeniu wydajna konwersja spinowa do stanu trypletowego maleje czego wynikiem jest zmniejszanie się magnetofotoprądów.

Pomimo tego, że przedstawiona powyżej argumentacja jest prawidłowa, to jednak sposób jej opisu jest mało przejrzysty dla czytelnika nie zajmującego się badaniami magnetofotoprądów, który patrząc na rysunek 6.2.10 oczekiwałby większego prądu indukowanego światłem w miarę jak stany trypletowe będą coraz słabiej obsadzane.

Autor wykonuje badania magnetoluminescencji dla dwuskładnikowych układów m-MTDATA:BCP, 2TNATA:BCP oraz m-MTDATA:BPhen. Obserwuje wyraźny efekt wygaszania magnetoluminescencji polem elektrycznym co jest naturalną konsekwencją skracania czasu życia singletowych par elektron-dzira, których dysocjacja jest coraz bardziej wydajna w miarę jak natężenie pola elektrycznego rośnie. Doktorant pokazuje również, że wielkość sygnału magnetomodulowanej fotoluminescencji rośnie wraz ze zwiększającym się promieniem termalizacji nośników ładunku. W ostatnim podrozdziale pracy przedstawia wyniki badań ogniwa fotowoltaicznego zbudowanego w konfiguracji ITO/MoO₃/m-MTDATA:Bcp/Li/Al. Charakterystykę prądowo-napięciową tego ogniwa dopasowuje do trójwymiarowego modelu Onsagera, co uzasadnia dominacją zjawiska rekombinacji bliźniaczej w wytworzonym ogniwie.

Jednak w moim przekonaniu przedstawione ogniwo fotowoltaiczne jest słabej jakości. Współczynnik wypełnieni FF jest bardzo mały, co może świadczyć o niewielkiej powierzchni heterozłącza wynikającej np. z nieodpowiedniej proporcji składników mieszaniny donorowo-akceptorowej lub z wytworzenia się w warstwie aglomeratów jednego ze składników. W tym przypadku charakterystyka prądowo-napięciowa zdominowana byłaby przez materiał donora elektronów lub akceptora elektronów, co może stanowić wyjaśnienie dobrej zgodności danych eksperymentalnych z modelem Onsagera.

Uwagi i pytania, na które oczekuję, że w czasie obrony uzyskam odpowiedzi i wyjaśnienia są następujące:

- W rozdziale 5.3.5.2 znajduje się sformułowanie: „...W metodzie tej, nazywanej również fotoluminescencyjną lub optyczną, natężenie fotoluminescencji zbieranej z powierzchni swobodnej warstwy emitera lub z tej warstwy pokrytej cienką warstwą materiału odbijającego ekscytyny..”. Interesuje mnie z jakiego materiału jest wykonana „warstwa, która odbija ekscytyny” i jaki mechanizm jest odpowiedzialny za „odbijanie ekscytynów”?
- Na stronie 54 Autor pisze, że tlenek indu cyny stanowi elektrodę wstrzykującą nośniki ładunku, a w innym miejscu pracy na stronie 82, że aluminium jest elektrodą słabo injekcyjną. Czy zawsze tak jest i od czego zależą właściwości injekcyjne tych elektrod?

- Dlaczego w metodzie magnetomodulowanej fotoluminescencji rozpatrywana jest pierwsza harmoniczna, podczas gdy w metodzie elektromodulowanej fotoluminescencji druga harmoniczna natężenia emitowanego światła?
- W rozdziale 6.1.2.3 w opisie nad rysunkiem 6.1.9 jest napisane, że „...maksimum absorpcji przesuwają się w stronę większych wartości długości fal wraz ze zwiększaniem grubości warstw, co oznacza większą głębokość wnikania światła do próbki..” – czy to jest prawda?
- Czy kąt oświetlania próbek 30 stopni w metodzie wyznaczenia długości drogi dyfuzji ekscytonów metodą wygaszania fotoluminescencji SR-PLQ ma jakieś znaczenie?
- Dopasowując krzywe teoretyczne zgodne z modelem Sano-Tachiya-Noolandi-Hong do danych eksperymentalnych przyjęto, że wartości pierwotnej wydajności fotogeneracji oraz długości termalizacji są takie same jak te wyznaczone z zastosowaniem trójwymiarowego modelu Onasagera. Jakie były przesłanki, aby przyjąć te wartości do obliczeń?

Niezależnie od moich krytycznych uwag bardzo dobrze oceniam pracę doktorską mgr. Daniela Pelczarskiego. Tematyka poruszana w rozprawie jest bardzo obszerna. Należy podkreślić, że pan Daniel Pelczarski wykazał się dojrzałością naukową, wiedzą, a także krytyczną podejściem do analizowanych problemów. Wnikliwie interpretował wyniki pomiarów wspierając się wielokrotnie i umiejętnie wiadomościami zaczerpniętymi z doniesień literaturowych. Część pracy opisana w rozdziale 6 zawiera wiele ciekawych wyników badań dotyczących mechanizmów wygaszania fotoluminescencji. Szczególnie wartościowe są badania wpływu pola magnetycznego na prądy indukowane światłem. Dostarczają one wielu istotnych informacji dotyczących mechanizmów odpowiedzialnych za procesy dysocjacji i rekombinacji nośników ładunku w materiałach organicznych, których nie można zbadać analizując jedynie zachowanie tych materiałów pod wpływem pola elektrycznego. Należy również dodać, że badania wpływu pola magnetycznego na właściwości zjawisko dysocjacji ekscytonów w materiałach organicznych, a w szczególności zastosowanie techniki prądów indukowanych światłem modulowanych zmiennym polem magnetycznym mają charakter nowatorski w skali naszego kraju.

Dorobek naukowy Doktoranta obejmuje 5 publikacji. Czasopisma, w których ukazały się te prace notowane są na Liście Filadelfijskiej i punktowane są wysoko na listach Ministerstwa Nauki i Szkolnictwa Wyższego.

Stwierdzam, że recenzowana rozprawa mgr. Daniela Pelczarskiego spełnia wymagania stawiane pracom doktorskim i zwracam się do Rady Wydziału Fizyki Technicznej i Matematyki Stosowanej Politechniki Gdańskiej z wnioskiem o dopuszczenie mgr. Daniela Pelczarskiego do dalszych etapów przewodu doktorskiego.

Wnioskuje do Komisji Doktorskiej o przyznanie wyróżnienia Panu Danielowi Pelczarskiemu.

Dr hab. inż. Jarosław Jung



