



prof. dr hab. inż. Tadeusz Ossowski
Katedra Chemii Analitycznej
Uniwersytetu Gdańskiego

11 Kwiecień 2018

Ocena rozprawy habilitacyjnej dr inż. Piotra Bujaka

„Nowe nanomateriały nieorganiczne i organiczne o kontrolowanych właściwościach elektronowych i luminescencyjnych: otrzymywanie, badania spektroskopowe, strukturalne i elektrochemiczne oraz przykłady zastosowań”

1. Ogólna charakterystyka tematyki badawczej rozprawy habilitacyjnej.

Pan dr inż. Piotr Bujak jest absolwentem Politechniki Śląskiej w Gliwicach, studiował na Wydziale Chemii na kierunku Technologia Chemiczna (2002). Swoją karierę zawodową habilitant związał z Uniwersytetem Śląskim, gdzie na Wydziale Matematyki, Fizyki i Chemii obronił pracę doktorską pod tytułem „Charakterystyka mikrostruktur wybranych kopolimerów akrylowych za pomocą spektroskopii NMR” w roku 2008. Tematyka badawcza dr inż. Bujaka koncentruje się wokół syntezy materiałów nieorganicznych i badaniu ich właściwości optycznych i elektronowych. Zainteresowania naukowe habilitanta dotyczyły niezwykle szerokiej gamy tematów. Podjął się zagadnień dotyczących równowag- „Równowagi jonowe w roztworach...” (praca dyplomowa), zajmował się katalizą „Próby wykorzystania układu KCl/Oxone” do utleniania alkoholi”, następnie zgłębiał chemię polimerów prowadząc badania nad „Charakterystyka strukturalna wybranych kopolimerów akrylowych za pomocą spektroskopii NMR”. I wreszcie w ostatnim okresie czasu skupił się na tematach dotyczących nieorganicznych i organicznych materiałów półprzewodnikowych. Podejmowane tematy badawcze wydają się wskazywać na rozległość zainteresowań i dużą aktywność naukową Habilitanta.

Dr inż. Piotr Bujak przedstawiał rozprawę habilitacyjną w postaci zbioru piętnastu oryginalnych publikacji wieloautorskich H1-H15. W wielu z tych prac Dr Bujak jest autorem korespondencyjnych. Ponadto Habilitant wskazuje, na swój wysoki udział procentowy (35-50%) w realizacji prac, co może wskazywać na wiodącą rolę w ich tworzeniu. Te fakty dowodzą, że Dr Piotr Bujak jest samodzielnym i aktywnym badaczem, a jego wniosek habilitacyjny jest w pełni uzasadniony.



1. Charakterystyka rozprawy habilitacyjnej oraz uzyskane wyniki.

Nanotechnologia to dziedzina nauki, która powstała w latach pięćdziesiątych XX wieku. Zajmuje się kontrolowanym wytwarzaniem nanocząsteczek i nanomateriałów oraz metodami służącymi do ich badania i modelowania. Nanomateriały ze względu na swoje właściwości wykorzystywane są dziś w wielu dziedzinach życia. Z tego punktu widzenia tematyka pracy habilitacyjnej Dr Bujaka dotyczy istotnych i dynamicznie rozwijających się dziedzin naukowych i ma szereg odniesień do zastosowań praktycznych.

Podstawowym celem prowadzonych przez Dr. Bujaka badań było otrzymanie nowych elektronowoaktywnych nanomateriałów nieorganicznych i organicznych, a także kompozycji hybrydowych (nanokryształów półprzewodników z elektroaktywnymi ligandami) o kontrolowanych właściwościach elektronowych i luminescencyjnych. Habilitant koncentrował się na dwóch obszarach badawczych

- Opracowaniu metod otrzymywania nieorganicznych półprzewodników, szczególnie trój- i czteroskładnikowych, tak aby możliwa była wymiana ligandów pierwotnych w celu otrzymania ligandów o pożądanych właściwościach elektrochemicznych. Wykonaniu charakterystyki otrzymanych połączeń organiczno-nieorganicznych.

-Otrzymywaniu nowych małych cząsteczkowych półprzewodników organicznych charakteryzujących się dużą wydajnością foto- i elektroluminescencji. Prace te polegały na funkcjonalizacji barwników kadziowych, w celu ich przekształcenia na elektroluminoforesy z rodziny azaacenów. Badania te dotyczyły samoorganizacji monowarstw tych związków na takich podłożach jak grafit pirolityczny (HOPG), czy monokryształy złota. Interesującym aspektem tych badań było wytworzenie szeregu organicznych diod elektroluminescencyjnych typu gość/gospodarz.

Podstawowym kierunkiem badań, który stanowi przedmiot rozprawy habilitacyjnej Dr inż. Piotra Bujaka są zagadnienia związane z syntezą i badaniami nanokryształów półprzewodnikowych. W swoich badaniach Habilitant wykorzystał i rozwinął znane metody syntezy koloidalnych nieorganicznych półprzewodników ze szczególnym uwzględnieniem trój- i czteroskładnikowych półprzewodników typu In-P, Cu-In-S, Cu-In-Se, Cu-In-ZnS, Cu-Zn-Sn-S₄, Cu-Fe-S₂. Istotnym celem prowadzonych badań było określenie wpływu składu mieszaniny reakcyjnej (prekursorów, ligandów, rozpuszczalnika) na skład, strukturę, i rozmiar nanokryształów. Należy podkreślić, że prace w tym zakresie miały w dużym stopniu charakter użyteczny i koncentrowały się na opracowaniu optymalnej procedury preparatywnej. Autor otrzymał i zidentyfikował



nanomateriały hybrydowe zawierające rdzeń (np.: Cu-In-Zn-S) oraz ligandy aminowe. Badania elektrochemiczne w tym zakresie pozwoliły na opisanie zmienności w właściwościach szeregu ligandów wiążących się z powierzchnią nanokryształu różnymi grupami funkcyjnymi.

Autor opracował oryginalną metodę syntezy nanokryształów stopowych Ag-In-Zn-S o interesującym widmie fotoluminescencyjnym tzw. „okienka biologicznego”. Tego typu półprzewodniki charakteryzują się małą przerwą energii wzbudzonych oraz interesującymi właściwościami optycznymi i optoelektronicznymi. Habilitant zaproponował prostą metodę wymiany ligandów pierwotnych pozwalającą na dyspersję nanokryształów w środowisku wodnym. Dzięki wysokiej wydajności kwantowej dochodzącej do 60% ten typ nieorganicznych połączeń znalazł zastosowanie do otrzymywania nanokoniugatów zdolnych do rozpoznawania komórek nowotworowych i budowy nośników leków przeciwnowotworowych.

Kolejnym polem działania Dr inż. Bujaka były próby otrzymania koloidalnych nanokryształów niezawierających indu. W tym zakresie habilitant opracował szereg metod preparatywnych pozwalających na otrzymanie nano kryształów Cu-Fe-S charakteryzujących się niewielkimi rozmiarami oraz w zależności od sposobu prowadzenia syntezy różnym kształtem i wielkościami [H11]. Ta grupa związków była wyjątkowo starannie analizowana z punktu widzenia warunków prowadzonej reakcji, stechiometrii i substratów zastosowanych do syntezy i pozwoliła autorowi na otrzymanie dużej grupy połączeń Cu-Fe-S o różnym składzie, kształcie i wielkości nanocząsteczek.

W syntezie czteroskładnikowych półprzewodników $\text{Cu}_2\text{ZnSnS}_4$ habilitant opracował procedurę preparatywną pozwalającą na otrzymanie zarówno nano-kryształów o strukturze wurcytu jak i kesterytu w zależności od sposobu prowadzenia reakcji *heating-up* lub *hot injection*. W zakresie syntezy tych nanokryształów habilitant zwrócił uwagę na konieczność takiego doboru prekursorów oraz prowadzenie reakcji tak by nie dopuścić do powstawania mieszaniny faz. Ma to krytyczny wpływ na kierunek przebiegu reakcji i jakość otrzymanych struktur półprzewodnikowych.

Następnym podjętym tematem była synteza i badanie właściwości małowielkościowych półprzewodników organicznych [H13, H14]. Zsyntezowane przez habilitanta związki organiczne charakteryzowały się wysokimi wydajnościami kwantowej luminescencji, osiągając wartości nawet 60% i 80%. Habilitant wykorzystał pochodne barwników kadziowych indantron i flawanatron do budowy materiałów emitujących światło organiczne, diod elektroluminescencyjnych. Ten kierunek badań uważam za bardzo interesujący i w pełni podzielam zacytowaną w autoreferacie habilitacyjnym entuzjastyczną recenzję pracy [H14].

Oceniając całość dorobku naukowego dr Piotra Bujaka należy zwrócić uwagę na różnorodność podejmowanych tematów i zagadnień. Podobnie zbiór prac przedstawiony do



recenzji (H1-H15) jest także obszerny. Odnoszę wrażenie, że dorobek naukowy w zakresie syntezy i badań nieorganicznych koloidalnych materiałów półprzewodnikowych byłby wystarczający do pozytywnej oceny dr inż. Piotra Bujaka jako dorobek habilitacyjny. Część dorobku naukowego odnosząca się do małowymiarowych półprzewodników organicznych jest niezmiernie interesująca i stanowi odrębną grupę związków w sensie chemicznym. Habilitant łączy je w jedną tematykę badawczą, dla której właściwości luminescencyjne, elektroluminescencyjne są elementem spinającym z szeroko badanymi półprzewodnikami nieorganicznymi.

2. Charakterystyka dorobku organizacyjnego i dydaktycznego.

Pan Dr Bujak przedstawiając swoje osiągnięcia dydaktyczne i w zakresie popularyzacji nauki przedstawił się jako recenzent prac olimpiady chemicznej oraz sekretarz komitetu okręgowego olimpiady chemicznej w Katowicach. Ponadto jest także współautorem jednego z rozdziałów książki „Z chemią ku przyszłości” (Redakcja Ryszard M. Janiuk, Wydawnictwo Uniwersytetu Marii Curie-Skłodowskiej, Lublin 2015). Oczekiwałem, że jako pracownik wyższej uczelni powinien wykazać się większym doświadczeniem/aktywnością w zakresie dydaktyki i nauczania. Nie znalazłem szerszej (pełniejszej) informacji w przekazanych materiałach habilitacyjnych. Autor pisze, że po ukończeniu studiów w 2002 roku rozpoczął pracę na stanowisku aparaturowego instalacji nadtlenku benzoilu w firmie NOWICHEM w Chorzowie. Następnie w 2003 roku rozpoczął pracę jako nauczyciel przedmiotów zawodowych w Śląskich Technicznych Zakładach Naukowych w Katowicach. Równolegle rozpoczął studia doktoranckie na Wydziale Matematyki, Fizyki i Chemii, Uniwersytetu Śląskiego w Katowicach.

Należy podkreślić, że Habilitant wykazał się umiejętnościami w zakresie organizacji i opieki nad prowadzonymi pracami magisterskimi i inżynierskimi na Wydziale Matematyki, Fizyki i Chemii Uniwersytetu Śląskiego oraz Wydziale Chemicznym Politechniki Warszawskiej.

Pan Dr inż. Piotr Bujak prowadził badania w ramach trzech grantów. TEAM „*New solution processable organic and hybrid (organic/inorganic) functional materials for electronics, optoelectronics and spintronics*” (2011-2015) realizowanego w przez Prof. Adama Pronia na Politechnice Warszawskiej. Projektu NCN OPUS kierowanych przez prof. Małgorzatę Zagórką „*Nowe półprzewodniki organiczne o kontrolowanych właściwościach luminescencyjnych, magnetycznych i elektrycznych dla elektroniki molekularnej i spintroniki*” (2016-2019) oraz „*Trójskładnikowe i czteroskładnikowe nanokryształy półprzewodnikowe o małej przerwie energii wzbronionej: nowe metody syntezy, funkcjonalizacja powierzchni, nanokompozyty z*



półprzewodnikami organicznymi oraz zastosowania w konwersji energii”, (2016-2019) realizowanego w ramach NCN przez Prof. Adama Pronia na Politechnice Warszawskiej . Niestety Habilitant nie był w żadnym z realizowanych projektów kierownikiem.

Szkoda, że habilitanci nie odbywają kilkuletnich pobytów za granicami (może chociaż kilkumiesięczne), w wyniku których wzbogacają się o wiedzę, umiejętności i doświadczenie, często wprowadzają nową tematykę badawczą, nowe świeże pomysły intelektualne (dawniej tak bywało).

3. Wniosek końcowy.

Pan Dr inż. Piotr Bujak poza dorobkiem habilitacyjnym przedstawionym w pracach H1 – H15 jest współautorem szeregu publikacji przed uzyskaniem stopnia doktora (prace cytowane jako D1-D5). Ponadto habilitant wskazał szereg prac naukowych po uzyskaniu stopnia naukowego a nie chodzących bezpośrednio w skład habilitacji (prace cytowane jako K1-K5) oraz wykaz pozostałych publikacji 1-9. Do każdej z wydzielony grup autor przedstawiał staranne skrótove omówienie przedmiotu badań i ocenił swój wkład w powstanie publikacji.

Podsumowując, dorobek naukowy Dr. inż. Piotra Bujaka to 34 publikacje z Listy Filadelfijskiej (po doktoracie 29). Sumaryczny współczynnik IF wynosi 137, natomiast Indeks Hirscha według bazy WoS to 10. Jest to dorobek **spełniający zwyczajowe i formalne wymagania stawiane kandydatom do tytułu doktora habilitowanego**

Uważam, że zarówno rozprawa habilitacyjna, jak i dorobek naukowy Pana Dr inż. Piotra Bujaka spełniają zwyczajowe i ustawowe wymogi stawiane habilitantom (art.L6 i 17 ustawy z dnia 14 marca 2003 r. o stopniach naukowych i tytule naukowym oraz o stopniach i tytule w zakresie sztuki (Dz. U. Nr 65 poz. 595 ze zm. Dz.U. z 2005 r., nr L64, poz. 1365)). Stawiam wniosek o dopuszczenie Pana Dr inż. Piotra Bujaka do dalszych etapów przewodu habilitacyjnego.

Ossowski