

Gdańsk, 24.07.2020

**Ocena rozprawy habilitacyjnej oraz dorobku naukowego dr Rafała Jakieli
w postępowaniu dotyczącym przyznania stopnia doktora habilitowanego nauk
w dziedzinie nauk ścisłych i przyrodniczych w dyscyplinie nauki fizyczne**

Podstawą do przygotowania opinii stanowiło pismo Przewodniczącego Rady Naukowej Instytutu Fizyki PAN (IF PAN) informujące mnie o powołaniu na członka i recenzenta komisji habilitacyjnej w sprawie nadania stopnia doktora habilitowanego dr Rafałowi Jakiele, na mocy uchwały Rady Naukowej IF PAN (E15/2020). Recenzję wykonałem na bazie dokumentacji, sporządzonej przez dr Rafała Jakielę, dostarczonej w postaci zbioru danych w formie płyty CD.

1. Podstawowe informacje i ocena aktywności naukowej kandydata

Dr Rafał Jakiela ukończył studia magisterskie w 1999 roku na kierunku fizyczna aparatura pomiarowa w Szkole Nauk Ścisłych, Niepublicznej Wyższej Szkole przy Polskiej Akademii Nauk. Odbываяc staż studencki w laboratorium Spektrometrii Masowej Jonów Wtórnych (SIMS) zrealizował pracę dyplomową magisterską zatytułowaną „*Implantacja krzemu do arsenku galu*”, której promotorem był prof. Adam Barcz. Stopień doktora Wnioskodawca uzyskał w roku 2005, broniąc w IF PAN rozprawę doktorską pt. „*Mechanizmy dyfuzji w półprzewodnikach A3B5*” pod opieką prof. Adama Barcza.

Podczas studiów doktoranckich Wnioskodawca zajmował się badaniami SIMS skupionymi na opisie dyfuzji domieszek w materiałach półprzewodnikowych (m.in. dyfuzja tlenu w krzemie). Swoje umiejętności w zakresie stosowania techniki pomiarowej SIMS doskonalił w ramach staży w zagranicznych ośrodkach (np. dwutygodniowy staż Chalmers University of Technology). Praca doktorska Wnioskodawcy skupiona była na zjawiskach i mechanizmach dyfuzji jak i właściwościach elektrycznych domieszek w półprzewodnikach GaAs, InP i GaN.

Habilitant pracuje bez przerw w Instytucie Fizyki PAN od 1998 roku, najpierw na etacie doktoranta a następnie etacie specjalisty (od 2005). Po uzyskaniu stopnia doktora zainteresowania naukowe Wnioskodawcy skupiły się na dalszym rozwoju warsztatu i metodyki charakteryzacji struktur półprzewodnikowych z użyciem SIMS. Równolegle w latach 1998-2015 Wnioskodawca był zatrudniony jako asystent w laboratorium epitaksji MOCVD Instytutu Technologii Materiałów Elektronicznych.

Zakres badań Wnioskodawcy jest bardzo obszerny, dotyczący między innymi: dyfuzji i aktywacji atomów w różnych półprzewodnikach, właściwości warstw półprzewodników półmagnetycznych (Ga,Mn)N, właściwości warstw otrzymanych metodą ALD, oceny jednorodności stechiometrii kryształów objętościowych CdTe, dyfuzji i aktywacji sodu w kryształach tlenku cynku, charakteryzacji warstw ZnO otrzymanych metodą rozpylania katodowego, badań struktury warstw oraz przyrządów na bazie półprzewodników III-V otrzymanych metodą MBE itd.

W tym miejscu chciałbym zaznaczyć, że Wnioskodawca ubiegający się o nadanie stopnia doktora habilitowanego powinien wykazywać się dokonaniem z takich obszarów jak: publikacje wyników badań w indeksowanych i uznanych na świecie czasopismach, zagraniczne pobyty naukowe i staże podoktorskie, istotna zmiana lub rozbudowanie tematyki badawczej w odniesieniu do prac prowadzonych w ramach pracy doktorskiej, pozyskiwanie projektów na finansowanie prac badawczych ze źródeł zewnętrznych oraz udział w tworzeniu nowego warsztatu doświadczalnego jak i kształceniu młodych pracowników nauki.

Zdobyte doświadczenia w wyżej wymienionych obszarach stanowią podstawę do stwierdzenia, iż Wnioskodawca potrafi samodzielnie kreować zagadnienia badawcze, dobierać metody pozwalające weryfikować hipotezy jak i krytycznie analizować wyniki eksperymentów realizowanych samodzielnie lub w zespole badawczym.

Wskaźniki bibliometryczne nie są najważniejszą i idealną miarą oceny efektów prac ale umożliwiają względną walidację rozwoju naukowego oraz wagi opublikowanych prac. Najważniejsze wskaźniki dotyczące dorobku naukowego Wnioskodawcy przedstawiają się następująco (stan na 20 stycznia 2020 r.): liczba publikacji w recenzowanych czasopismach naukowych z listy JCR: 191, z czego 160 zostało opublikowanych po doktoracie. Prace te

Kontakt:

dr hab. inż. Robert Bogdanowicz prof. PG
Tel +48 58 3471503 | email: rbogdan@eti.pg.edu.pl
Fax +48 58 3471848 | <http://eti.pg.edu.pl/nanodiamondi>

opublikowane są w czasopismach ściśle związanych z naukami fizycznymi oraz inżynierią materiałową. W znakomitej większości tych prac Kandydat nie jest pierwszym, głównym lub ostatnim autorem zwyczajowo odpowiadającym za ich koordynację lub inicjację.

Sumaryczny współczynnik wpływu IF tych prac wynosi: 302. Kandydat nie pełnił roli kierowniczej w projektach naukowych, ale uczestniczył aktywnie jako wykonawca w 6 krajowych projektach badawczych oraz ERC Advanced Grant.

Baza Web of Science podaje (24.07.2020), że łącznie wszystkie prace dr Rafała Jakięły były cytowane 2095 razy (bez autocytowań 1848), dając w wyniku h-indeks 22.

Habilitant zaprezentował również podsumowanie swoich prezentacji konferencyjnych, gdzie osobiście wygłaszał referaty (tylko 2 przed doktoratem) lub występował z plakatem (15 po doktoracie). Wymieniono tu ważne międzynarodowe i krajowe konferencje tematyczne (m.in. Jaszowiec, MRS, ELTE). Wnioskodawca jest laureatem nagrody Dyrektora IF PAN za najlepszą publikację w 2016 roku.

Krótkoterminowy pobyt badawczy w instytucie badawczym Helmholtz-Zentrum Dresden - Rossendorf e.V. w Niemczech posłużył Wnioskodawcy do realizacji projektu skupionego na implantacji tlenu do kryształów GaN oraz Al_2O_3 . Habilitant jest również współtwórcą dwóch rozwiązań wynalazczych objętych ochroną w UP RP, dotyczących syntezy materiałów półprzewodnikowych oraz specjalnych procedur i konfiguracji spektrometru SIMS.

Wnioskodawca nie wykazuje w dorobku dłuższych staży zagranicznych, zaproszonych/wygłaszanych wystąpień konferencyjnych czy opracowanych nowych technologii lub stanowisk badawczych. Dorobek naukowy dr Rafała Jakięły jest skupiony na charakteryzacji materiałów półprzewodnikowych z użyciem SIMS. Biorąc pod uwagę około 15 letni okres po doktoracie (czas realizacji pracy habilitacyjnej), wymienione efekty publikacyjne oraz wskaźniki wpływu można uznać za wartości dobre na tym etapie rozwoju naukowego.

Podsumowując, stwierdzam, że przedstawiony dorobek naukowy dr Rafała Jakięły spełnia wymagania stawiane badaczom na tym etapie rozwoju naukowego.

2. Ocena osiągnięcia naukowego

Jako osiągnięcie naukowe w rozumieniu art. 219 ust. 1 pkt. 2 ustawy z dnia 20 lipca 2018 r. Prawo o szkolnictwie wyższym i nauce (Dz. U. z 2020 r. poz. 85 z późn. zm.), będące podstawą do wszczęcia i przeprowadzenia postępowania habilitacyjnego, wnioskodawca wskazał cykl sześciu publikacji powiązanych tematycznie zatytułowany „*Rola pierwiastków atmosferycznych w półprzewodnikach*”.

Wnioskodawca przedstawił w osiągnięciu 5 publikacji współautorskich oraz 1 pracę monoautorską. W pracach współautorskich Wnioskodawca deklaruje 40-80% udziału jako wykonujący pomiary SIMS, opracowujący wyniki oraz współredaktor manuskryptów. Podane wartości procentowe udziału są proporcjonalne do ilości materiału dotyczącego SIMS w danym artykule. W związku z tym stwierdzam, że podane wartości są racjonalne i uzasadnione.

Pierwsza z tych prac jest opublikowana w recenzowanym czasopiśmie bez IF natomiast ostatnia monoautorska publikacja ukazała się w czasopiśmie z listy JCR o niskim współczynniku wpływu.

Pozostałe 4 prace są wydane w bardzo dobrych, wpływowych czasopismach z pierwszego kwartyłu bazy JCR.

W 3 publikacjach z wyżej wymienionych prac dr Rafał Jakiela jest pierwszym i korespondencyjnym autorem. Prace, które wnioskodawca przedstawił jako cykl publikacji były cytowane łącznie 23 razy a ich sumaryczny współczynnik wpływu (IF) wynosi 9,61, co świadczy o ich dobrym wpływie na środowisko naukowe.

Główny współautor i autor korespondencyjny prof. Adam Barcz deklaruje w swoim oświadczeniu, że był odpowiedzialny za harmonogram eksperymentów, częściową redakcję manuskryptu lub ogólną dyskusję, co nie stoi to w konflikcie z deklaracjami Wnioskodawcy.

Moje wątpliwości budzą natomiast deklaracje wnioskodawcy skorelowane z przedstawionymi oświadczeniami. Tylko w pracach [H1] oraz [H6] Habilitant wyraźnie stwierdza, że był on pomysłodawcą i przygotowującym doświadczenie. Rodzi się zatem pytanie kto był inicjatorem

Kontakt:

dr hab. inż. Robert Bogdanowicz prof. PG
Tel +48 58 3471503 | email: rbogdan@eti.pg.edu.pl
Fax +48 58 3471848 | <http://eti.pg.edu.pl/nanodiamondi>

badan i autorem koncepcji pozostałych prac badawczych opublikowanych w [H2]-[H5] ? Pragnę je zaliczyć jako pełnowartościowe do autorskiego osiągnięcia naukowego rozumem, że Wnioskodawca powinien być współautorem koncepcji tych eksperymentów wykazując się samodzielnością i inicjatywą naukową. Brakuje mi jednoznacznego określenia czy Wnioskodawca brał również udział w interpretacji tych wyników i dyskusji zaobserwowanych efektów.

Sformułowany przez Habilitanta cel badań jest jasny i konkretny. Wnioskodawca podjął się **badania materiałów półprzewodnikowych aby określić profile oraz koncentracje ich kontaminacji składnikami gazowymi pochodzącymi z atmosfery** tj.: wodorem (H), węglem (C), azotem (N) oraz tlenem (O). W zależności od typu materiału stanowią one główny składnik półprzewodnika lub intencjonalną domieszkę lecz są również powszechnym źródłem niepożądanych defektów mających dominujący wpływ na właściwości elektryczne, co jest interesujące naukowo i ważne aplikacyjnie.

Wnikliwa lektura autoreferatu oraz przedłożonego cyklu publikacji pozwala mi stwierdzić, że Habilitant jest doskonałym specjalistą w zakresie Spektrometrii Masowej Jonów Wtórnych (ang. SIMS – Secondary Ion Mass Spectrometry) uczestnicząc aktywnie w jej rozwijaniu i udoskonalaniu oraz zastosowaniu do badań półprzewodników. Publikacje zawarte w osiągnięciu wyraźnie wskazują, że rola techniki SIMS jest w nich absolutnie kluczowa dla właściwej analizy domieszek/kontaminacji w materiale półprzewodnikowym oraz interpretacji dotyczących ich pochodzenia.

Pragnę dodać, że na podstawie analizy dokumentów trudno stwierdzić i zdefiniować rolę autora w opisywanych badaniach. Wnioskodawca wiele zdań formułuje bezosobowo, używa liczby mnogiej oraz unika jasnych stwierdzeń co było jego dokonaniem i wkładem w wiedzę naukową w zakresie prowadzonych badań. Nie potrafię określić niestety w jakim zakresie Wnioskodawca jest samodzielny i w jakim stopniu potrafi on kreatywnie kształtować cykl badawczy czy realizować się naukowo. Wyraźnie w dorobku kandydata brakuje dobrych prac gdzie jest on głównym i dominującym autorem, własnego projektu badawczego czy staży zagranicznych. Przedstawiona do oceny dokumentacja dotycząca roli habilitanta nie jest

całkowicie przekonująca powodując moje wątpliwości, czy to habilitant był motorem przestawionych badań.

Publikacje wchodzące w skład cyklu, zgodnie z tytułem osiągnięcia dotyczą pomiarów SIMS materiałów półprzewodnikowych (m. in. profile wgłębne oraz skład atomowy) jak i zdefektowania lub kontaminacji atomami pochodzącymi z atmosfery ziemskiej.

Wnioskodawca badał tlen w warstwach GaN osadzanych na szafirze różnymi metodami epitaksjalnymi [H1], sprawdzając jego pochodzenie w strukturze. Na realizację tego eksperymentu otrzymał wyjazdowy grant badawczy w ramach konsorcjum SPIRIT, i pojechał do laboratorium Helmholtz-Zentrum Dresden-Rossendorf Ev w celu przygotowania próbek doświadczalnych. Z użyciem SIMS Wnioskodawca wykazał, że niezwiązane resztkowe atomy tlenu mogą dyfundować i wbudowywać się w warstwę GaN podczas procesu epitaksji. Ponadto, pokazano, że tlen zaimplantowany do GaN pozostaje silnie związany w warstwie GaN tworząc wakanse azotowe.

Prace [H2], [H3] oraz [H4] są poświęcone badaniom procesów mobilności wodoru w półprzewodnikach szerokoprzerwowych (SiC oraz GaN). Celem tych badań było określenie mobilności wodoru w węgliku krzemu w zależności od rodzaju domieszkowania. Wykazano dużą mobilność wodoru w węgliku krzemu o obu typach przewodnictwa w temperaturach powyżej 1000°C jak i potwierdzono różnicę we współczynniku dyfuzji w zależności od typu przewodnictwa półprzewodnika. Badania SIMS pozwoliły wykazać, że wygrzewanie zniszczonej radiacyjnie warstwy zarówno w Si jak i w SiC powoduje aglomerację zanieczyszczeń. Unikalne wyniki dr Jakiela otrzymał badając próbki implantowane atomami wodoru o energii 1 MeV. Wykryto w nich warstwę wzbogaconą w tlen w miejscu największych zniszczeń radiacyjnych, odpowiadającej zasięgowi implantacji wodoru. Autor twierdzi, że tlen ten migruje do porowatej warstwy poprzez krawędzie próbki.

W publikacji [H4] wykazano, że możliwe jest określenie koncentracji Mg w GaN przy użyciu jonów ujemnych. Wnioskodawca mierząc klaster jonowy MgGaN uzyskał wykrywalność Mg w warstwach GaN na poziomie 10^{17} at/cm³. Dzięki temu pośrednio wykazał zależność współczynnika dyfuzji wodoru od rodzaju domieszkowania uzyskując wykrywalność wodoru na poziomie $2 \cdot 10^{17}$ at/cm³.

Publikacje [H5] i [H6] to prace podsumowujące pewne cykle badawcze prowadzone z użyciem SIMS, w których uczestniczył Wnioskodawca. Praca [H5] to podsumowanie wieloletnich badań prowadzonych na detektorach krzemowych wykonanych dla CERN. Ważnym osiągnięciem było tam wykazanie, że właściwą miarą C_s jest stężenie powierzchniowe $C_{surf(in)}$, wyznaczone z profilu głębokościowego SIMS uzyskanego z dyfuzji tlenu do krzemu „float zone”. Pozwoliło to opisać kinetykę tlenu w kryształach krzemu.

Monoautorska praca [H6], opublikowana w Acta Physica Polonica A jest przeglądem autorskim badań SIMS związanych z obecnością pierwiastków atmosferycznych w półprzewodnikach szerokoprzerwowych tj. GaN, ZnO i SiC, czyli *de facto* meritum przedstawionego do oceny autoreferatu. Nie zawiera ona nowych rozwiązań czy obserwacji powołując się jedynie na wcześniejsze prace autora.

Wybrane publikacje to drobny wycinek prac Wnioskodawcy, który dopracował swój warsztat naukowy oraz analitykę SIMS na potrzeby oceny materiałów półprzewodnikowych będąc ważnym elementem tych cykli badawczych. Świadczy o tym wymieniony obszerny spis publikacji, gdzie Wnioskodawca występuje jako współautor w różnych zespołach badawczych.

Pomimo stosowanej w autoreferacie formy liczby mnogiej do opisu cyklu publikacji, stwierdzam, że do największych osiągnięć naukowych Habilitanta należy zaliczyć:

- Efektywną współpracę z różnymi grupami badawczymi, które miały różne „potrzeby” i „oczekiwania” badawcze, co wymagało ich zrozumienia i rozwiązania stawianego problemu pomiarowego.
- Dopracowanie procedur, modeli oraz wzorców SIMS, co pozwoliło na uzyskanie wykrywalności w SIMS np. wodoru na poziomie $2 \cdot 10^{17} \text{ at/cm}^3$.
- Opis próbek SiC implantowanych atomami wodoru o energii 1 MeV, gdzie wykryto warstwę wzbogaconą w tlen w miejscu największych zniszczeń radiacyjnych.

Bardzo pozytywnie oceniam aktywność publikacyjną i badawczą kandydata. Wnioskodawca jest współautorem wyników badań, które niewątpliwie są wartością dodaną do wiedzy światowej z zakresu badań materiałów półprzewodnikowych i wnoszą znaczący wkład

w rozwój np. elektroniki. Ma to nie tylko charakter poznawczy ale stanowi ważną wiedzę w aspekcie aplikacyjnym (np. przy konstrukcji przyrządów mocy oraz elementów optoelektronicznych).

Podsumowując, pomimo wskazanych wątpliwości stwierdzam, że wykazane osiągnięcie naukowe oraz wyniki pozostałych badań naukowych, przedstawione w opracowanej przez Habilitanta dokumentacji, wnoszą istotne i cytowane w światowym obiegu informacje, wskazują na wysoką specjalizację Autora i uzasadniają poparcie wniosku o przyznanie stopnia naukowego doktora habilitowanego.

3. Ocena dorobku dydaktycznego i organizacyjnego

Dr Rafał Jakiela legitymuje się znikomym dorobkiem dydaktycznym, co jest zwyczajowo typowe dla pracowników instytutów badawczych. Nie rozumiem dlaczego w punkcie dotyczącym osiągnięć dydaktycznych oraz organizacyjnych Kandydat wymienia książkę, staże zagraniczne oraz prezentacje konferencyjne.

Funkcje dydaktyczne Wnioskodawca spełnia będąc nauczycielem w liceum ogólnokształcącym, co ma niewątpliwie znaczenie popularyzacyjne ale nie wpływa na dorobek w zakresie kształcenia młodych kadr naukowych. Pozostałe aktywności w zakresie popularyzacji nauki to prezentacje SIMS podczas Festiwalu Nauki czy pokazów w ramach dni otwartych IF PAN.

Niestety muszę z zaniepokojeniem stwierdzić, że dr Rafał Jakiela nie ma prawie żadnego znaczącego doświadczenia jako recenzent czy współorganizator konferencji. Trzy recenzje artykułów prac przez 15 lat to niestety świadczy, że tylko minimalnie jest rozpoznawany w świecie jako specjalista a ponadto rzadko występuje jako autor korespondencyjny.

Na tej podstawie stwierdzam, że dr Rafał Jakiela wykazuje się znikomą i praktycznie nieznaczącą aktywnością w zakresie działalności organizacyjnej, obszarze dydaktyki i kształcenia młodych kadr naukowych.

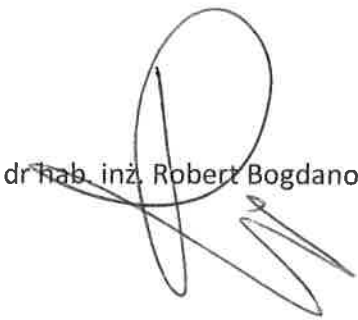
Kontakt:

dr hab. inż. Robert Bogdanowicz prof. PG
Tel +48 58 3471503 | email: rbogdan@eti.pg.edu.pl
Fax +48 58 3471848 | <http://eti.pg.edu.pl/nanodiamondi>

4. Wnioski końcowe

Pomimo wykazanych krytycznych uwag uważam, że Dr Rafał Jakieła wykazuje się szerokim i specjalistycznym dorobkiem naukowym współpracując aktywnie z krajowymi jak i zagranicznymi ośrodkami naukowymi.

Podsumowując stwierdzam, że przedstawione przez pana dr Rafała Jakiełę osiągnięcie naukowe w postaci cyklu powiązanych tematycznie publikacji pt. *„Rola pierwiastków atmosferycznych w półprzewodnikach”* oraz dołączone do tego pozostałe osiągnięcia spełniają wymagania w rozumieniu ustawy z dnia 20 lipca 2018 r. Prawo o szkolnictwie wyższym i nauce (Dz. U. z 2020 r. poz. 85 z późn. zm.), i tym samym wnioskuję do Rady Naukowej Rady Naukowej Instytutu Fizyki PAN o nadanie dr Rafałowi Jakiele doktora habilitowanego nauk w dziedzinie nauk ścisłych i przyrodniczych w dyscyplinie nauki fizyczne.



dr hab. inż. Robert Bogdanowicz prof. PG