

Bydgoszcz 16 stycznia, 2017

Prof. dr hab. Kazimierz Fabisiak
Instytut Fizyki
Uniwersytet Kazimierza Wielkiego
ul. Powst. Wlkp.2, 85-090 Bydgoszcz

Ocena pracy doktorskiej magistra Mariusza Mrózka

nt. „Mikrofalowa spektroskopia saturacyjna w centrach barwnych NV^- w diamentach”,
przygotowanej pod opieką naukową prof. dr hab. Wojciecha Gawlika.

Omówienie rozprawy

Praca liczy 75 stron, składa się z trzech rozdziałów, podsumowania oraz spisu cytowanej literatury poprzedzonych spisem treści. Przedmiotem rozprawy jest badanie centrów barwnych NV^- w monokryształach diamentu domieszkowanego azotem, otrzymanych metodami HPHT i CVD. Azot to główna domieszka w diamentach naturalnych typu I występująca w postaci podstawnikowej lub formie agregatów typu A i B. Z pośród wielu defektów związanych z azotem to właśnie centa NV , badane od początku lat 70-tych ubiegłego wieku, cieszą się dużym zainteresowaniem biologów i fizyków głównie z powodu stabilnych właściwości fluorescencyjnych. Badania te nabrały znacznego przyspieszenia po roku 1997, kiedy to metodami mikroskopii konfokalnej, odkryto pojedyncze centra NV^- .

Centrum barwne NV^- jest szczególnie interesujące ze względu na wykazywanie natury kwantowej już w temperaturze pokojowej, co stwarza możliwości potencjalnych zastosowań w informatyce kwantowej. Centrum to może być wykorzystywane również jako czujnik pól magnetycznego i elektrycznego. Natomiast diamenty w formie nanocząstek o rozmiarach rzędu 4 nm mogą służyć jako biomarkery, zaletą ich jest w tym przypadku, biokompatybilność.

W związku z w/w potencjalnymi zastosowaniami podjęte przez Doktoranta badania są w pełni uzasadnione.

Rozprawa zawiera materiał będący wynikiem kilkuletniej pracy magistra Mariusza Mrózka w zespole kierowanym przez prof. dr hab. Wojciecha Gawlika oraz współpracy z profesorem Dmitry Budkerem z Uniwersytetu Kalifornijskiego w Berkeley. Działania te zaowocowały opracowaniem nowej metody „wypalania” dziury (*hole burning*) w widmie mikrofalowym.

Metoda została następnie wykorzystana przez Doktoranta do badania centrów NV^- w diamentcie.

Rozdział pierwszy recenzowanej pracy doktorskiej poświęcony jest głównie opisowi struktury fizycznej i elektronowej centrum barwnego NV^- . Przedstawiono hamiltonian dla stanu podstawowego w zewnętrznym polu magnetycznym oraz odpowiednie diagramy poziomów elektronowych centrum NV^- .

W rozdziale drugim Autor opisał układ badawczy oraz technikę spektroskopii ODMR, w szczególności w zastosowaniu do badań centrów NV^- . Szczegółowo omówione zostały zależności widm ODMR od kierunku przyłożonego pola magnetycznego, mocy mikrofal oraz mocy wiązki laserowej. Przedstawiono również zależności temperaturowe czasu relaksacji spin-sieć (T_1). W rozdziale tym zaprezentowano opracowany, przy współudziale Doktoranta, prototyp anteny mikrofalowej będącej źródłem silniejszego i bardziej jednorodnego pola magnetycznego.

Rozdział trzeci to rdzeń pracy, w którym Doktorant przedstawił opis unikalnej aparatury użytej do „wypalania” dziury w widmie ODMR oraz omówił uzyskane wyniki. Pomiar widm ODMR przeprowadzono zarówno w funkcji częstości pompowania jak również w funkcji temperatury. Przedstawiona została także impulsowa metoda rejestracji widm ODMR pozwalająca na znaczne zwiększenie czułości. Rozdział ten zawiera krótkie rozważania teoretyczne dotyczące wyjaśnienia zjawiska „wypalania” dziur w widmach ODMR. Rozprawa doktorska kończy się podsumowaniem uzyskanych wyników badań.

Ocena rozprawy

Ogólna ocena rozprawy doktorskiej mgr. Mariusza Mrózka jest zdecydowanie pozytywna. Wyniki przedstawione w pracy są na wysokim, światowym poziomie w dziedzinie, którą zajmuje się Doktorant oraz zespół, w którym pracuje. Świadczą o tym wysoka ranga czasopism, w których ukazały się artykuły stanowiące podstawę pracy oraz liczba ich cytowań (11 cytowań, indeks $H=2$ wg. bazy Scopus). Praca wnosi istotny wkład w rozwój techniki ODMR i stanowi dowód umiejętności eksperymentalnych oraz wiedzy fizycznej Doktoranta w zakresie przeprowadzanych badań.

Należy tu podkreślić dużą wartość dydaktyczną przedstawionej do recenzji rozprawy doktorskiej, co pozwala czytelnikowi na łatwe zrozumienie idei i istoty przeprowadzonych badań.

Praca doktorska pana Mariusza Mrózka powstała w aktywnej grupie badawczej we współpracy z wieloma osobami. Doktorant jest współautorem 6 artykułów (w 3 jest pierwszym współautorem) w wysokopunktowanych czasopismach z tzw. Listy Filadelfijskiej

opublikowanych w latach 2013-2016. Artykuły są pracami zespołowymi (w sumie z 9 współautorów), co niestety uniemożliwia recenzentowi, bez określenia tzw. wkładu własnego Doktoranta, rzetelną ocenę Jego dorobku.

Znakomita większość wyników prezentowanych w przedstawionej do recenzji rozprawie doktorskiej jest opublikowana w 5-ciu artykułach ze współautorstwem Doktoranta zatem rozprawa doktorska mogłaby mieć formę spójnego tematycznie zbioru opublikowanych artykułów (Ustawa o stopniach naukowych i tytule naukowym oraz stopniach i tytule w zakresie sztuki art. 13, ust. 2 i 6).

Uwagi i sugestie recenzenta

Oceniana rozprawa doktorska nie jest pozbawiona usterek i niedociągnięć.

Z formalnego punktu widzenia praca napisana jest zrozumiale, zawiera niezbędne części i rozdziały. Pewnym utrudnieniem jest przyjęty przez Autora sposób prezentowania wyników, który jest dość chaotyczny. Nie ma jasnego podziału na część eksperymentalną i dyskusję wyników. Bibliografia została dobrana właściwie i jest wystarczająco obszerna (88 pozycji) lecz niezrozumiały jest stosowany przez Doktoranta system kolejności cytowań. Wydaje się, że Autor nie korzystał z oprogramowania zarządzającego Bibliografią (EndNote, Mendeley), a w konsekwencji prace cytowane są w sposób nieuporządkowany, co utrudnia analizę.

Należy zauważyć, że zabrakło starannej korekty. Biorąc pod uwagę powyższe oraz pewne nabyte już doświadczenie w redagowaniu publikacji naukowych (współautorstwo 6. publikacji), zdziwienie budzi spory chaos stylistyczny pracy oraz błędy nie umniejszające jednak wartości naukowej rozprawy doktorskiej.

Wymienię jedynie kilka z nich:

- Brak jasno sformułowanego celu rozprawy - motywacja zawiera jedynie opisową informację o przedmiocie badań.
- Tabela 1.2. (str.10) zawiera ogólne informacje o 6 próbkach wykorzystanych do badań w przedłożonej pracy. Niestety lektura rozprawy tego nie potwierdza. Wyniki badań recenzujący pracę odnajdzie w zasadzie jedynie dla próbek E1 i W7. W jakim celu zamieszczono w Tabeli 1.2 pozostałe próbki?
- Tabela 1.2 (str.51) zawiera wyniki pomiarów dla 6 próbek z czego tylko 2 występują w Tab. 1.2 (str.10) są to próbki E1 i W7. Pytanie jak wyżej, jaki był cel zamieszczania w tabeli pozostałych próbek? W mojej opinii tabela ta powinna mieć numer 3.1?

- Brak pełniejszej informacji (oprócz ogólnej zamieszczonej w Tab.1.2 str.10) na temat różnic charakteryzujących analizowane w rozprawie próbki E1 i W7.
- Powstaje pytanie jak szacowano koncentracje centrów NV^- (tab.1.2 str.51).
- Brak niekiedy precyzyjnych opisów wykresów. Dotyczy to głównie informacji o numerze próbki np. Rys.2.6 , 2.14 itp. oraz o wartości pola B w jakim rejestrowano widmo ODMR.
- Rys.3.10 (str.50), wzór 3.5 (str. 50) i Tab.1.2 (str.51) - czy chodzi o te same szerokości połówkowe? To nie jest oczywiste dla recenzenta.
- strona 31, Rysunek 2.16. Doktorant napisał cyt. „(a) Zależność szybkości relaksacji $1/T_1$ od temperatury dla próbek o różnych koncentracjach. (b) Zależność szybkości relaksacji podłużnej od koncentracji próbki ...”. Nie bardzo wiadomo o jakie koncentracje chodzi.
- Rys.2.16d, jeden punkt pomiarowy wydaje się błędny (właściwy jest w publikacji [48] cyt. lit.)

Ponadto proponuję, aby w przyszłości nie używać sformułowania „sztuczny diament” (str. 10) a „diament syntetyczny”. Wytwarzane metodami CVD oraz HPHT diamenty są tak samo prawdziwe jak te, które powstają w warunkach naturalnych. Na ogół stosuje się też zasadę, że opis tabel umieszcza się nad tabelą a nie pod nią.

Wniosek końcowy

Podsumowując, wytyczony cel pracy doktorskiej został osiągnięty, wyniki zostały racjonalnie zinterpretowane, a dodatkowo Doktorant wykazał się wiedzą teoretyczną i praktyczną w zakresie konstruowania unikalnej aparatury do rejestracji widm ODMR. Recenzowana praca spełnia kryterium nowości naukowej, co zostało dodatkowo udokumentowane artykułami opublikowanymi w czasopismach z Listy Filadelfijskiej o zasięgu międzynarodowym. Na tej podstawie stwierdzam, że przedłożona rozprawa doktorska spełnia wymagania „Ustawy o stopniach naukowych i tytule naukowym oraz stopniach i tytule w zakresie sztuki” z dnia 14 marca 2003r. (Dz. U. Nr 65, poz. 595, z późn. zm.) i wnioskuję o dopuszczenie mgr Mariusza Mrózka do dalszych etapów przewodu doktorskiego.

Kazimierz Fabisiak

