

Prof. K. J. Kurzydłowski  
Wydział Mechaniczny  
Politechnika Białostocka

Recenzja pracy doktorskiej w postępowaniu w sprawie nadania stopnia doktora

Mgr inż. Nairy GRIGORYAN

pod tytułem

**„Low Energy Field Electron Emission From.  
Nanostructures: Theoretical Framework”**

### **Wprowadzenie**

Podstawą formalną do opracowania niniejszej recenzji jest pismo Sekretarza Rady Naukowej Instytutu Podstawowych Problemów Techniki Polskiej Akademii Nauk z dnia 28 października 2024 r. Przedstawioną recenzję opracowałem na podstawie analizy tekstu rozprawy o tytule „Low Energy Field Electron Emission From Nanostructures: Theoretical Framework”. Wspomagałem się także streszczeniem pracy oraz opinią Promotora - dr. hab. Piotra Chudzińskiego.

### **Charakterystyka tekstu rozprawy**

Recenzowana rozprawa została napisana w języku angielskim. Nie mając jednoznacznych wytycznych co do języka, w jakim powinna być napisana moja recenzja, przyjąłem, że właściwe będzie napisanie jej w języku polskim. Mam nadzieję, że nie będzie to przeszkodą dla Doktorantki w ustosunkowaniu się do moich uwag.

Recenzowana rozprawa została przygotowana niezwykle starannie pod względem edytorskim. Zawiera liczne ilustracje w sumie 62, dobrze przygotowane pod względem

graficznym. Niestety, wiele z nich w moim przekonaniu zostało zbyt pobieżnie opisanych pod względem określenia mian mierzonych wartości oraz wydrukowanych przy powiększeniach, zmuszających czytelników do posługiwania się szkłem powiększającym przy ich analizie.

W tekście rozprawy Doktorantka zacytowała 209 pozycji. Najstarsze z przywołanych źródeł datowane jest na 1744 rok. Jedna z pozycji ukazała się w 1897 roku, kilka w dwudziestoleciu międzywojennym. Wiele publikacji, do których są odwołania w tekście rozprawy ukazało się jednak współcześnie. Wiele po 2020 roku, niektóre w 2023 roku. W sumie daje to obraz kompletności podejścia Doktorantki do podjętego zagadnienia i budzi mój szacunek.

Tekst rozprawy podzielony jest na 8 rozdziałów. Wyniki swoich dociekań Autorka omówiła w Rozdziale 4, 5, 6 i 7. Rozdział 8 zawiera konkluzje oraz wskazanie kierunków dalszych badań. W tekście rozprawy zawarto szereg równań o rozbudowanej formie. Dla przykładu równanie 5.31 zapisane jest w 11 liniach tekstu. Z kolei równanie 5.34 zajmuje ponad 2 strony tekstu. Poprawności tych równań nie weryfikowałem. Jak rozumiem, są one oryginalnym dziełem Doktorantki. Zakładając ich poprawność należy z szacunkiem odnotować nakład pracy, jakiego niewątpliwie wymagało ich wyprowadzenie.

### **Ocena merytorycznej wartości rozprawy**

Rozprawa poświęcona jest analizie zjawisk związanych z emisją polową elektronów. Zjawiska te można rozpatrywać zarówno zgodnie z metodami stosowanymi w Naukach Fizycznych, jak i Inżynierii Materiałowej. Obie dyscypliny zajmują się materią stałą. Celem Fizyki jest jednak poznanie i opisanie zjawisk. Natomiast celem Inżynierii Materiałowej jest wykorzystanie wiedzy o tych zjawiskach do projektowania i wytwarzania materiałów służących budowie urządzeń, bazujących na efektach będących przedmiotem zainteresowania fizyków.

Zasadniczym pytaniem, z jakim zmierzyłem się pisząc recenzję jest to, w jakim stopniu rozprawa Mgr inż. Nairy GRIGORYAN spełnia wymagania stawiane w przypadku ubiegania się o stopień doktora w dyscyplinie Inżynieria Materiałowa. Praca ma bowiem charakter interdyscyplinarny i pokrywa w dużym stopniu zagadnienia fizyki ciała stałego. Po głębszym zastanowieniu się wyrażam pogląd, że w przedstawionej formie spełnia wymagania właściwe dla dyscypliny Nauki Fizyczne co najmniej w takim samym stopniu, co wymagania dla Inżynierii Materiałowej.

W pracy znalazłem dość skąpe próby wykorzystania wyników analiz teoretycznych, prowadzonych na gruncie fizyki ciała stałego, do zaproponowania nowych rozwiązań materiałowych, w szczególności nowych rozwiązań materiałowych do konstrukcji urządzeń wykorzystujących emisję polową elektronów.

Dla uzasadnienia mojej oceny, że rozprawa w dość ograniczonym stopniu podejmuje zagadnienia Inżynierii Materiałowej, chciałbym zwrócić uwagę, że zasadniczą jej część stanowią rozważania teoretyczne prowadzone na poziomie formalizmów fizyki, których rezultaty przedstawiane są głównie w formie wielkości bezwymiarowych. Jednocześnie w pracy nie doszukałem się wartości liczbowych charakteryzującej emisję polową. Nie znalazłem także prób odniesienia wyników do danych eksperymentalnych. W moim przekonaniu, są to dość typowe elementy prac, nie tylko doktorskich, które są wyznacznikiem rozpraw procedowanych w dyscyplinie Inżynieria Materiałowa.

We współczesnej Inżynierii Materiałowej spotyka się wiele prac podejmujących wątki teoretyczne, w tym wykorzystujących aparat współczesnej fizyki. Przykładem mogą być prace realizowane z wykorzystaniem takich narzędzi jak obliczenia DFT. Prace te jednak zawierają zwykle odniesienia wyników obliczeń teoretycznych do wartości mierzonych eksperymentalnie. Oczywiście obliczenia dotyczą często sytuacji, które nie były jeszcze przedmiotem eksperymentalnej weryfikacji. Niemniej jednak poprawność stosowanego

aparatu poznawczego jest wówczas weryfikowana na podstawie danych, opisujących komplementarne właściwości układu będącego przedmiotem analiz.

Wyrażam zatem pogląd, że na dalszych etapach procedowania w przedmiocie nadania stopnia doktora w dyscyplinie Inżynieria Materiałowa, Doktorantka powinna przeprowadzić analizę stopnia zgodności wyników jej rozważań teoretycznych z danymi eksperymentalnymi. Co do formy zaprezentowania wyników takiej analizy, pozostawiam Doktorantce swobodę. Może to być, na przykład, ujęte w jej prezentacji na publicznej obronie rozprawy.

Doktorantka w streszczeniu w języku polskim pisze: ... na podstawie pomiarów emisji polowej rozważanego materiału – matrycy MWCNT – można rozróżnić różne typy nanorurek, wraz z wielkością ich mini-przerwy i parametrami ich cieczy elektronowej. Dla mnie jednak ważniejszy wydawałby się wątek wykorzystania jej wyników w technologii urządzeń bazujących na emisji elektronów. W 2001 roku ukazał się artykuł na temat wykorzystania NCT do budowy paneli wyświetlających.



ELSEVIER

Diamond and Related Materials 10 (2001) 265–270

**DIAMOND  
AND  
RELATED  
MATERIALS**

[www.elsevier.com/locate/diamond](http://www.elsevier.com/locate/diamond)

## Application of carbon nanotubes to field emission displays

N.S. Lee<sup>a</sup>, D.S. Chung<sup>b</sup>, I.T. Han<sup>a</sup>, J.H. Kang<sup>b</sup>, Y.S. Choi<sup>b</sup>, H.Y. Kim<sup>b</sup>,  
S.H. Park<sup>b</sup>, Y.W. Jin<sup>a</sup>, W.K. Yi<sup>b</sup>, M.J. Yun<sup>b</sup>, J.E. Jung<sup>b</sup>, C.J. Lee<sup>c</sup>, J.H. You<sup>c</sup>,  
S.H. Jo<sup>c</sup>, C.G. Lee<sup>c</sup>, J.M. Kim<sup>b,\*</sup>

<sup>a</sup> Display Laboratory, Samsung Advanced Institute of Technology, P.O. Box 111, Suwon 440-600, South Korea

<sup>b</sup> The National Creative Research Initiatives Center for Electron Emission Source, Samsung Advanced Institute of Technology,  
P.O. Box 111, Suwon 440-600, South Korea

<sup>c</sup> CRD, Samsung SDI, 575, Shin-Dong, Paldal-Gu, Suwon 442-391, South Korea

Może Doktorantka zechce się odnieść do danych eksperymentalnych zawartych w tej pracy?

Jeśli chodzi o rozważania teoretyczne w kategoriach fizyki kwantowej i fizyki ciała stałego to nie podjąłem głębszej analizy przedstawionych wywodów i przekształceń wzorów. Mam w tym zakresie zaufanie do kompetencji Promotora oraz recenzentów prac Doktorantki przyjętych do druku. Tak jak już wyjaśniłem, ten zakres pracy, ma dla mnie mniejsze znaczenie w kontekście ubiegania się przez Doktorantkę o nadanie stopnia doktora w dyscyplinie Inżynieria Materiałowa.

#### **Uwagi do Rozdziału 6**

W opinii Promotora szczególnie podkreślona jest zawartość Rozdziału 6 recenzowanej rozprawy doktorskiej. Rozdział ten dotyczy emisji polowej z nanorurek. Zawiera 16 wykresów prezentujących wyniki osiągnięte przez Doktorantkę. Wyniki są prezentowane w układzie 3 osi współrzędnych. Żadna z osi nie zawiera jednak opisu stosowanych jednostek, co istotnie utrudnia analizę. Na rysunkach nie znalazłem odniesienia do danych eksperymentalnych. Jednocześnie Doktorantka wyjaśniła w podpisie pod Rysunkiem 6.3., że obliczenia prowadziła dla pola o natężeniu  $F=0,8$  V/m. W moim przekonaniu jest to skrajnie małe natężenie. Proszę zatem Doktorantkę o objaśnienie, jakie wartości natężenia pola przyjmowała w obliczeniach, których wyniki przedstawiła w formie graficznej w Rozdziale 6, i dlaczego takie a nie inne.

#### **Podsumowanie**

Podsumowując rozważania zawarte w mojej recenzji wyrażam pogląd, że rozprawa doktorska Mgr inż. Nairy GRIGORYA pod tytułem „Low Energy Field Electron Emission From. Nanostructures: Theoretical Framework” jest na tyle interdyscyplinarna, że może być broniona w dwóch dyscyplinach: Inżynieria Materiałowa i Nauki Fizyczne.

Zgodnie z przepisami obowiązującymi w Polsce od rozprawy doktorskiej oczekuje się, że „prezentuje ogólną wiedzę teoretyczną kandydata w dyscyplinie albo dyscyplinach oraz umiejętność samodzielnego prowadzenia pracy naukowej lub artystycznej”. Traktując, że w przypadku rozprawy przez Mgr inż. Nairy GRIGORYA, rozprawa doktorska ma prezentować ogólną wiedzę teoretyczną kandydata w dyscyplinie Inżynieria Materiałowa, wyrażam opinię, że wymóg ten w przypadku obecnej wersji rozprawy został spełniony, choć nie z nadmiarem, w zakresie pozwalającym na dopuszczenie rozprawy do publicznej obrony.

Oczekuję jednocześnie, że na dalszym etapie postępowania w sprawie nadania stopnia doktora, Doktorantka przedstawi w bardziej czytelny sposób wątki jej pracy powiązane z Inżynierią Materiałową.

Krzysztof Kwyciński