

Chorzów, 01.03.2018

Dr hab. Aneta Hanc-Kuczkowska

*Uniwersytet Śląski
Wydział Informatyki i Nauki o Materiałach
Instytut Nauki o Materiałach
ul. 75 Pułku Piechoty 1A
41-500 Chorzów
aneta.hanc@us.edu.pl*

**Recenzja rozprawy doktorskiej
pt. „Synthesis and characterization of polystyrene scintillators
and their application in positron emission tomography”
– autor: Łukasz Kapłon**

Rozprawa została wykonana w Instytucie Metalurgii i Inżynierii Materiałowej
Polskiej Akademii Nauk w Krakowie
oraz w Instytucie Fizyki Uniwersytetu Jagiellońskiego w Krakowie
pod kierunkiem Prof. dr hab. Pawła Moskała
promotor pomocniczy: dr Andrzej Kochanowski

1. Wprowadzenie

Recenzję rozprawy doktorskiej pt. „Synthesis and characterization of polystyrene scintillators and their application in positron emission tomography” autorstwa Pana mgr Łukasza Kapłona opracowałam na podstawie pisma Dyrektora Instytutu Metalurgii i Inżynierii Materiałowej PAN w Krakowie z dnia 3 stycznia 2018r., które realizuje uchwałę Rady Naukowej Instytutu podjętą w dniu 14 grudnia 2017r.

Recenzję rozprawy doktorskiej wykonałam zgodnie z wymogami ustawy z dnia 14 marca 2003 roku „O stopniach naukowych i tytule naukowym oraz o stopniach i tytule w zakresie sztuki” (Dz. U. Nr 03.65.595 z dnia 16 kwietnia 2003r. wraz z późniejszymi zmianami).

Zgodnie z treścią wskazanej ustawy, rozprawa doktorska powinna być oryginalnym rozwiązaniem przez Doktoranta określonego zagadnienia naukowego oraz wykazywać jego ogólną wiedzę teoretyczną w danej dyscyplinie naukowej i umiejętność samodzielnego prowadzenia pracy naukowej.

Stąd w recenzji dysertacji koncentruje się na analizie i ocenie naukowej wartości rozprawy, zasadności podjęcia problemu badawczego, prawidłowości sformułowania celu i tezy rozprawy, ustaleniu jakie nowe zagadnienia naukowe Doktorant rozwiązał samodzielnie. Ocenie poddane zostaną także: znajomość

przedmiotu zagadnienia, specjalistycznej literatury w tym prac innych autorów wchodzących w zakres tematyczny rozprawy doktorskiej; poprawność przeprowadzonych w rozprawie analiz, obliczeń i uzyskanych wyników oraz trafność sformułowanych na tej podstawie twierdzeń i wniosków.

Wymieniony w tytule rozprawy doktorskiej problem naukowy dotyczy opracowania scyntylatora polistyrenowego używanego w nowatorskim skanerze Jagiellońskiej Pozytonowej Emisyjnej Tomografii (J-PET), rozwijanym pod kątem obrazowania całego ciała. Doktorant w treści przedmiotowej rozprawy scharakteryzował zaprojektowane i otrzymane przez Niego polimerowe scyntylatory oparte na polistyrenie uzyskane po uprzedniej optymalizacji ich składu chemicznego. Uważam, że taki cel rozprawy posiada znacznie nie tylko praktyczne, ale także poznawcze a jego wybór jako zagadnienia naukowego rozważanego w dysertacji jest moim zdaniem w pełni uzasadniony potrzebą aplikacji na przykład w urządzeniach do obrazowania.

2. Analiza i ocena rozprawy

Rozprawa zawiera dwa oryginalne zagadnienia z których pierwsze ma charakter metodologiczny i dotyczy zaprojektowania, wykonania i zastosowania scyntylatora polistyrenowego używanego w nowatorskim skanerze Jagiellońskiej Pozytonowej Emisyjnej Tomografii (J-PET) oraz opracowanie szybkiej i skutecznej metody do oceny jakości scyntylatorów komercyjnych i otrzymywanych w ramach niniejszej pracy.

Drugie zagadnienie o aspekcie poznawczym obejmuje charakterystykę spektroskopowych i optycznych właściwości wyprodukowanych polistyrenowych scyntylatorów.

Tematyka podjętych badań jest aktualna i uzasadniona potrzebą modyfikacji i adaptacji polimerowych scyntylatorów o składzie chemicznym dostosowanym do zastosowania na przykład w urządzeniach przeznaczonych do obrazowania.

Rozprawa zawiera: 108 stron tekstu, 62 rysunki oraz 15 tabel i opatrzona jest obszerną bibliografią zawierającą 185 pozycji literaturowych wśród których 24 to publikacje w których Pan Łukasz Kapłon jest współautorem.

Autor podzielił swoją pracę na 10 zasadniczych rozdziałów, z których pierwszy stanowi krótkie wprowadzenie w tematykę badawczą i zawiera, moim zdaniem nazbyt pobieżny opis problematyki podejmowanej przez Autora rozprawy w poszczególnych jej rozdziałach.

Rozdział drugi – „Teoria i aspekt technologiczny produkcji scyntylatorów z tworzyw sztucznych” – zawarty na 32 stronach maszynopisu, poświęcony został omówieniu podstawowych zagadnień teoretycznych dotyczących właściwości polimerów i substancji fluorescencyjnych stosowanych jako składniki scyntylatorów. W omawianym rozdziale zawarto aktualne dane literaturowe

dotyczące scyntylatorów polimerowych porównując ich właściwości i skład chemiczny w aspekcie zastosowania do pozytonowej tomografii emisyjnej PET. Opisano między innymi różne grupy scyntylatorów polimerowych oraz skanerów PET a także teoretyczne podstawy mechanizmu transferu energetycznego w scyntylatorach polimerowych. Rozdział kończy przegląd metod i technologii otrzymywania scyntylatorów polimerowych.

Informacje zawarte w tej części pracy stanowią ciekawy i syntetyczny opis podstaw teoretycznych, właściwości oraz technologii produkcji polimerowych scyntylatorów. Sposób omówienia i prezentacji wiadomości teoretycznych oraz wyników prac eksperymentalnych - z powołaniem się na liczne pozycje literaturowe, pozwala wnioskować, iż Doktorant opanował podstawy teoretyczne opisujące charakterystyczne właściwości scyntylatorów polimerowych. Zna aktualne doniesienia literaturowe w obszarze badań bezpośrednio związanych z problematyką naukową podjętą w rozprawie. Pewien niedosyt pozostawia jednak, brak chociażby krótkiego podsumowania w którym Autor rozprawy wskazałby na najistotniejsze wykorzystywane w dalszej części pracy informacje teoretyczne i wyniki do których odnosić będzie rezultaty własnych prac badawczych.

W rozdziale trzecim pt. „Teza i cele pracy” scharakteryzowano szczegółowe zadania, które dotyczą sformułowanej na podstawie dokonanego przeglądu literatury przedmiotu, tezy dysertacji zgodnie z którą: opracowane materiały scyntylacyjne z polistyrenu charakteryzują się właściwościami pozwalającymi na ich zastosowanie w nowych typach skanerów PET opartych na scyntylatorach polimerowych.

Część czwarta pracy „Synteza polistyrenowych scyntylatorów” zawiera szczegółową charakterystykę interesujących rezultatów badań własnych Doktoranta nad procesem optymalizacji składu chemicznego oraz warunków polimeryzacji styrenu w celu aplikacji do produkcji detektorów promieniowania gamma w dwóch różnych formach: małych cylindrów oraz większych płyt. Zaprezentowane rezultaty, wskazują, że w wyniku realizacji prac eksperymentalnych prowadzonych przez Doktoranta, zsyntezowano szereg próbek scyntylatorów polimerowych opartych na polistyrenie z dodatkami fluorescencyjnymi. Uzyskane materiały o zróżnicowanym składzie chemicznym poddano charakterystyce w celu wytypowania materiałów o optymalnych właściwościach predysponowanych do aplikacji w prototypie tomografu J-PET.

W rozdziale piątym pracy, Doktorant prezentuje wyniki badań otrzymanych materiałów uzyskane metodą proszkowej rentgenografii strukturalnej oraz skaningowej kalorymetrii różnicowej w celu charakterystyki struktury amorficznej i krystalicznej wyprodukowanych polimerowych scyntylatorów.

Charakterystykę nowej, opracowanej przez Doktoranta metody szybkiej kontroli jakości pasków polimerowych scyntylatorów opisano i zilustrowano w rozdziale szóstym pracy, prezentując aplikację metody w prototypie tomografu J-PET.

W rozdziale siódmym przedstawiono wyniki pomiarów wydajności świetlnej, czasu zaniku sygnału oraz widma emisji i technicznej długości wygaszania światła na podstawie których ustalono, że:

- polistyrenowy scyntylator o składzie chemicznym 2% BPBD pierwszego dodatku i 0.06 % POPOP przesuwacza długości fali posiada najlepsze właściwości czasowe z czasem zaniku sygnału $1.51 \pm 0.02 \text{ ns}$, który jest porównywalny z czasem zaniku sygnału w komercyjnych scyntylatorach użytych w tomografie J-PET;
- polistyrenowy scyntylator o składzie chemicznym 2% PPO pierwszego dodatku oraz 0.03 % bis-MSB i 0.03 % POPOP cechuje się najlepszą wartością wydajności świetlnej – ponad 11200 wyemitowanych fotonów światła na megaelektronowolt energii zdeponowanej.
Wydajność ta jest porównywalna z wydajnością świetlną komercyjnego scyntylatora BC-420 o wartości 10240 fotonów na MeV.

Pracę kończy rozdział 8 zatytułowany „Dyskusja wyników i wnioski” w którym Autor relacjonuje uzyskane rezultaty swych prac badawczych podsumowując najważniejsze ich wyniki. W rozdziale tym, w części poświęconej dyskusji, brakuje szerszego odniesienia do wyników prac innych autorów. Trzy cytowane w tej części rozprawy, publikacje są wskazane bez próby odniesienia się do wniosków i postawionych tez. Mimo, specyfiki tematyki recenzowanej pracy, uważam, iż Autor recenzowanej rozprawy, dysponując tak bogatą bibliografią, winien w rozdziale poświęconym dyskusji wyników dokonać krytycznej syntezy rezultatów prac własnych a nie tylko ich podsumowania i bardziej stanowczo wykazać, że zasadnicze cele pracy badawczej zostały osiągnięte.

Do niewątpliwie najistotniejszych wyników, uzyskanych przez Doktorantkę w trakcie realizacji niniejszej pracy, zaliczam:

- ustalenie cykli czas-temperatura dla polimeryzacji styrenu w małych ampułach oraz polimeryzacji w odlewaniu arkusza między płytami szklanej formy;
- określenie temperatury zeszklenia (T_g) scyntylatora uzyskanego na osnowie polistyrenu z
- opracowanie nowej szybkiej i skutecznej metody kontroli jakości scyntylatorów w formie taśm/pasków zastosowanych podczas budowy prototypu J-PET;
- opracowanie optymalnego składu chemicznego dodatków fluorescencyjnych w scyntylatorze polistyrenowym do detekcji promieniowania gamma - osiągnięcie maksimum względnego strumienia świetlnego i najkrótszego czasu zaniku;

Uwagi krytyczne: Strona redakcyjna pracy ma kilka mankamentów różnej wagi. Występują w niej np. błędy literowe lub wieloliterowe, które nie przeszkadzają w poznaniu treści pracy. W rozdziałach dysertacji w których prezentowane są wyniki własne uzyskane na podstawie prac eksperymentalnych cechuje Doktoranta szczególna i nadmierna oszczędność w dyskusji wyników zwłaszcza w kontekście ich konfrontacji z rezultatami uzyskiwanymi przez innych autorów.

Pragnę podkreślić, że pomimo powyżej wskazanych krytycznych uwag, przedłożona do recenzji rozprawa doktorska autorstwa mgr Łukasza Kapłon zawiera bardzo wartościowe i oryginalne wyniki. Autor recenzowanej dysertacji, wykazał znajomość danych opublikowanych w aktualnej literaturze przedmiotu. Właściwie sprecyzowane zostały problemy badawcze i sposób ich analizy oraz interpretacja otrzymanych wyników.

WNIOSEK KOŃCOWY

Na podstawie analizy treści przedstawionej do recenzji rozprawy doktorskiej pt. „Synthesis and characterization of polystyrene scintillators and their application in positron emission tomography” autorstwa mgr Łukasza Kapłon stwierdzam, że Doktorant wykazała odpowiedni poziom wiedzy w zakresie problematyki badawczej objętej niniejszą dysertacją, dowiódł, że posiada umiejętność samodzielnego formułowania problemów naukowych oraz organizacji i prowadzenia procesu badawczego w celu efektywnego rozwiązania postawionych problemów. Przedstawiona w pracy wnikliwa analiza wyników i prezentacja końcowych rezultatów badań oraz dotychczasowy dorobek naukowy Doktoranta, dowodzi dojrzałości naukowej Autora recenzowanej dysertacji.

Dyskusja uzyskanych wyników oraz wnioski końcowe sformułowane w dysertacji przekonują, iż Doktorant zrealizował założone cele zarówno w aspekcie naukowym jak i aplikacyjnym.

Przedstawiona do recenzji rozprawa doktorska autorstwa mgr Łukasza Kapłon spełnia wymagania Ustawy o stopniach naukowych i tytule naukowym oraz o stopniach i tytule w zakresie sztuki” (Dz. U. Nr 03.65.595 z dnia 16 kwietnia 2003r. wraz z późniejszymi zmianami). Na tej podstawie wnioskuję do Rady Naukowej Instytutu Metalurgii i Inżynierii Materiałowej Polskiej Akademii Nauk w Krakowie o dopuszczenie Pana mgr Łukasza Kapłon do publicznej obrony przedmiotowej rozprawy doktorskiej.

Dr hab. Aneta Hanc-Kuczkowska

Aneta Hanc-Kuczkowska