

Łódź, dnia 23.12.2024

dr hab. Paweł Kowalczyk, prof. UŁ  
Kierownik Katedry Fizyki Ciała Stałego  
Uniwersytet Łódźki  
ul. Pomorska 149/153  
90-236 Łódź  
pawel.kowalczyk@uni.lodz.pl

Ocena rozprawy doktorskiej mgr inż. Karoliny Filak-Mędoń  
pt. „Opracowanie technologii produkcji nanokompozytu polimerowego na bazie nowych  
materiałów o strukturze dwuwymiarowej oraz jego charakteryzacja”

W przedstawionej do recenzji pracy doktorskiej wykonanej pod kierunkiem prof. dr hab. inż. Mariusza Zdrojka z Politechniki Warszawskiej, mgr inż. Karolina Filak-Mędoń podejmuje tematykę związaną z wytworzeniem nanokompozytów polimerowych z grafenem w celu ekranowania promieniowania elektromagnetycznego. W moim odczuciu badania omówione w dysertacji są bardzo ciekawe, a pomiary zostały dobrze przemyślane i przeprowadzone w systematyczny sposób. Z informacji zawartych w rozprawie wynika, iż pani Karolina Filak-Mędoń jest współautorem siedmiu prac z czego cztery są powiązane z rozprawą, a w dwóch jest pierwszym Autorem. Dwie kolejne prace są w przygotowaniu i Doktorantka będzie również pierwszym Autorem w tych pracach. Tą pokazną listę uzupełnia zgłoszenie patentowe. Doktorantka prezentowała również swoje wyniki w formie prezentacji ustnej na dwóch konferencjach oraz na jednej w formie posterowej. Od maja 2024 roku kieruje projektem wewnętrznym Politechniki Warszawskiej i była wykonawcą w czterech projektach naukowych w tym z FNP i NCBR. Otrzymała również zespołowe nagrody: Pierwszego Stopnia Rektora PW oraz „Best Young Researcher Paper” na Wydziale Fizyki PW.

Dysertacja liczy 178 stron i podzielona została na sześć rozdziałów oraz spisy dorobku Autorki i literatury, który zawiera 301 pozycji piśmienniczych. Rozłożenie treści na poszczególne rozdziały jest dobrze wyważone i czytelnik jest stopniowo wprowadzany w tematykę pracy dzięki opisom grafenu, kompozytów polimerowych i w końcu zastosowanych metod analitycznych. Po tym solidnym wstępie Autorka opisuje wykonane przez siebie nanokompozyty grafenu z polimerami oraz w bardzo systematyczny sposób omawia pomiary jakie wykonała. Pracę kończy opiami związanymi z aspektami wdrożeniowymi opracowanej przez siebie technologii.

Stronę formalną przedstawionej do recenzji rozprawy oceniam dobrze. Praca jest bardzo estetyczna, a rysunki i tabele dobrej jakości i czytelne. Język używany w pracy jest poprawny, a drobne uchybienia nie wpływają na generalnie bardzo pozytywny odbiór treści. W trakcie lektury dostrzegłem kilka drobiazgow, na które chciałem zwrócić uwagę:

- Etykiety na rysunkach mają różne rozmiary np. rys. 3 (str. 21) i rys. 18 (str. 45). Styl rysunków
  - nieznacznie się zmienia – niekiedy legenda otaczana jest ramką a niekiedy nie (np. rys. 36 i 37 (str. odpowiednio 76 i 79), widać również zmianę oprogramowania, przy użyciu którego wykonywane były rysunki np. rys. 64 (str. 118) jest wyraźnie różny od innych wykresów. Nie wszędzie rozmiary
  - czcionek w tytułach podrozdziałów są takie same (np. 11.1 i 11.2 na str. 132 i 134). Ze względu na statyczne osadzenie rysunków i tabel w tekście, niektóre strony w pracy pozostają
  - częściowo puste np. str. 62, 63, 71 i dalsze.
- W pracy odnaleźć można niewielkie błędy gramatyczne oraz nieścisłości będące zapewne efektem
- pewnych skrótów myślowych.

Merytoryczną stronę pracy oceniam dobrze. W rozdziałach pierwszym i drugim Autorka wprowadza czytelnika w tematykę rozprawy oraz definiuje cele jakie przed sobą postawiła. Szczególnie istotnym celem, który w moim przeświadczeniu został osiągnięty było wykazanie korzystnych własności elektrycznych, termicznych oraz ekranujących promieniowanie elektromagnetyczne w zastosowaniach przemysłowych grafenu płatkowego w kompozytach z matrycami polimerowymi. Bardzo dobrze przygotowany został rozdział trzeci, w którym opisywane są własności grafenu w tym metody jego wytwarzania, a także część poświęcona polimerom oraz opis podstawowych technik badawczych, z których Doktorantka korzystała prowadząc swoje badania. Rozdziały czwarty i piąty w moim odczuciu są najważniejsze – w pierwszym z nich Autorka pracy opisała metodę wytworzenia kompozytu polimeru z grafenem płatkowym, a w drugim przedstawiła kilka przykładów przemysłowych zastosowań wytworzonych kompozytów. Muszę przyznać, że jestem pod bardzo dużym wrażeniem ilości pracy jaką pani mgr inż. Karolina Filak-Mędoń włożyła w badania opisane w rozdziale czwartym. Głównym problemem przed jakim stanęła był wybór rodzaju grafenu płatkowego i polimeru, a także metoda łączenia obu materiałów, odpowiedni dobór składu procentowego, sposób wytwarzania konkretnych pokryć i w końcu opracowanie metodologii pomiarowej. Ilość możliwych kombinacji do sprawdzenia aby określić najlepszą kompozycję finalnego materiału była bardzo duża i chciałbym tu podkreślić, że w moim odczuciu Doktorantka doskonale poradziła sobie z tym zadaniem. W pierwszej kolejności zdecydowała się ograniczyć ilość rodzajów grafenu do sześciu a polimerów do trzech i już pierwsze badania spektroskopią Ramana wskazały potencjalnie najlepszy materiał grafenowy, który stosowany był w dalszych badaniach. Autorka określiła również potencjalnie optymalne stężenie nanopłatków bazując na pomiarach rezystywności objętościowej. Pozwoliło jej to na dalsze ograniczenie ilości badanych kompozytów dzięki czemu możliwe było określenie ich własności w zależności od metody wytwarzania. Należy tu podkreślić, że wytworzone przez Autorkę pracy materiały charakteryzują się pochłanianiem promieniowania elektromagnetycznego (w tym w zakresie rentgenowskim i gamma), a nie jego odbijaniem oraz anizotropowymi własnościami przewodnictwa cieplnego. Te bardzo ciekawe własności z pewnością znajdują zastosowania przemysłowe. Wskazywać zresztą może na to bardzo ciekawa analiza przeprowadzona w rozdziale piątym wskazująca na zwiększające się zanieczyszczenie środowiska promieniowaniem elektromagnetycznym, a tym samym na potrzeby stosowania osłon zmniejszających to promieniowanie. Ta część pracy bardzo mi się podobała ponieważ przedstawione w niej zostały cztery zastosowania wytwarzanych osłon wykonane jako efekt badań przemysłowych wykonanych przy współpracy z firmami zewnętrznymi. W trakcie lektury przedstawionej do recenzji pracy nasunął mi się szereg uwag i pytań, które wymienione są poniżej:

- Czy wytworzone nanokompozyty charakteryzowały się anizotropią rezystywności? Rys. 39 (str.
- [REDACTED]
- [REDACTED]
- [REDACTED]
- Zabrakło mi jednak modelu jakościowego wyjaśniającego w jaki sposób promieniowanie jest pochłaniane. Tabela 2 (str. 64): czy odparowanie mieszanki (punkt 5) może prowadzić do nierównowagowego rozłożenia płatków grafenowych?
- Rys. 40 (str. 83): Jaki był próg perkolacji dla różnych polimerów?
- Rys. 63c (str. 117): Jaka może być przyczyna zmian rezystywności w funkcji prędkości
- obrotowej? Czy dostępne są dane dla innych prędkości obrotowych? Czy można się spodziewać, że dla jeszcze większych prędkości rezystywność będzie nadal spadała, a współczynnik tłumienia rósł?

### Podsumowanie

Przedstawiona do recenzji rozprawa doktorska mgr inż. Karoliny Filak-Mędoń związana jest z badaniami, które pozwoliły opracować technologie wytwarzania pokryw warstwami tłumiącymi promieniowanie elektromagnetyczne. Stanowi ona oryginalne rozwiązanie problemu naukowego i wskazuje jednoznacznie o dogłębnej wiedzy w dyscyplinie oraz o zdolności do samodzielnego prowadzenia pracy naukowej przez Doktorantkę. Niewielkie uchybienia edytorskie występujące w rozprawie nie wpływają znacząco na jej poziom naukowy i mają jej pozytywną ocenę. Stwierdzam, że przedstawiona do recenzji rozprawa doktorska mgr inż. Karoliny Filak-Mędoń spełnia warunki stawiane przez artykuł 187 ustawy z dnia 20 lipca 2018 r. Ustawy Prawo o szkolnictwie wyższym i nauce (Dziennik Ustaw z 2020 roku pozycja 85, z późniejszymi zmianami) i wnioskuję o dopuszczenie Doktorantki do obrony rozprawy. Jednocześnie biorąc pod uwagę wyróżniającą się działalność naukową Doktorantki, a w szczególności Jej dorobek publikacyjny, na który składa się 7 publikacji w tym w dwóch z nich jest pierwszym Autorem (czasopismo Scientific Reports jest na liście TOP10), a co więcej Jej dużą aktywność w sektorze naukowo gospodarczym (doktorat wdrożeniowy, zgłoszenie patentowe) - wnioskuję do Rady Dyscypliny Politechniki Warszawskiej o wyróżnienie rozprawy.

dr hab. Paweł Kowalczyk, prof. UŁ