

dr hab. inż. Krzysztof Siodła, prof. uczelni

Poznań, 24.08.2020

Politechnika Poznańska
Wydział Inżynierii Środowiska i Energetyki
Instytut Elektroenergetyki
Zakład Wysokich Napięć i Materiałów Elektrotechnicznych
ul. Piotrowo 3A
60-965 Poznań
e-mail: krzysztof.siodla@put.poznan.pl
tel.: 61-665 2279

RECENZJA

rozprawy doktorskiej mgr inż. Agnieszki Mirkowskiej pt.:

„Nowe piezoaktywne struktury dielektryczne”

1. Podstawa formalna wykonania recenzji

Recenzja pracy doktorskiej mgr inż. Agnieszki Mirkowskiej pod tytułem „Nowe piezoaktywne struktury dielektryczne” została przygotowana na zlecenie Przewodniczącego Komisji ds. Stopni Naukowych w Dyscyplinie Naukowej Automatyka, Elektronika i Elektrotechnika prof. dr hab. inż. Waldemara Rebizanta, z dnia 24 czerwca 2020 r. Promotorem rozprawy jest prof. dr hab. inż. Ryszard Kacprzyk. Pracę otrzymałem w dniu 10 lipca 2020 r.

2. Ocena aktualności podjętej tematyki

Kompozyty piezoelektryczne są rodzajem materiałów nie posiadających wad klasycznych piezoelektryków, które są kruche, łatwo pękają i z tego względu mają ograniczoną żywotność. Dlatego coraz częściej stosuje się polimery zastępujące klasyczną ceramikę piezoelektryczną.

Polimery piezoelektryczne są łatwiejsze w wytwarzaniu, tańsze i wykazują duży tzw. efekt piezoelektryczny, np. poli(fluorek winylidenu) PVDF i jego kopolimery. Materiały tego typu produkowane mogą być w postaci cienkiej folii o grubości rzędu kilku- kilkuset mikrometrów i używane do wytwarzania czujników o bardzo dobrych parametrach i możliwości kształtowania w różne formy nadające się do zastosowań technicznych, jak np. mikroczujniki akustyczne, sensory odkształceń dynamicznych, czujniki rozwarstwień w materiałach kompozytowych, ekrany dotykowe, maty do zastosowań medycznych w monitoringu stanu pacjenta (detekcja tętna, oddechu (bezdechu), snu itp.), wielkowymiarowe przetworniki do odzyskiwania energii elektrycznej z oddziaływań mechanicznych (nacisk, zginanie, wibracja). Coraz częściej stosowane są struktury będące kompozytami elektret-gaz, co jednak wymaga stosowania zaawansowanych technik przetwarzania tworzyw sztucznych. Dąży się do stworzenia procesu technologicznego, w którym nie będzie wymagane przetwarzanie materiału elektretowego, czym, między innymi zajęła się Pani mgr inż. Agnieszka Mirkowska w swej rozprawie doktorskiej.

Ponieważ jednak dostępnych jest niewiele materiałów wykazujących pożądane właściwości elektretowe, cały czas trwają badania zarówno nad optymalizacją istniejących już rozwiązań jak i poszukiwanie nowych materiałów i technologii. Materiałami takimi mogą być na przykład piezo-rurki, piezo-tkaniny, czy też piezo-kapsuły, wytwarzane z zastosowaniem np. technologii druku 3D. Rozwiązaniami tego typu zajęła się Doktorantka w swej działalności naukowej i badawczej. Efektem tego jest praca doktorska będąca przedmiotem obrony.

Reasumując, uważam, że tematyka rozprawy i jej cel obejmuje problemy aktualne i wymagające naukowego wyjaśnienia. **Uważam więc, że podjęcie przez Doktorantkę tej tematyki jest trafne i uzasadnione, zarówno z naukowego jak i technicznego punktu widzenia.**

3. Cel, zakres i najważniejsze osiągnięcia rozprawy

Przedstawiona do recenzji rozprawa doktorska należy do grupy prac eksperymentalnych. Praca jest obszerna i ma łącznie 90 stron. Składa się z 8 rozdziałów, wykazu stosowanych oznaczeń i skrótów, oraz spisu literatury obejmującego 92 pozycje, w tym jedną pozycję, której Doktorantka jest współautorką. Rozprawa doktorska zawiera także osiem załączników, w których znajdują się wyniki pomiarów zestawione w tablicach oraz opis form użytych do wykonania odlewów badanych próbek.

W swej rozprawie, w krótkim wprowadzeniu, Doktorantka omówiła zjawisko piezoelektryczne oraz wyjaśniła przyczynę stosowania współczynnika d_{33} do opisu tego zjawiska. Kolejny rozdział zawiera omówienie zjawiska piezoelektrycznego w materiałach dielektrycznych o strukturach dwu-, trzy- i wielowarstwowych. Doktorantka opisała zależność współczynnika d_{33} od parametrów materiałowych i geometrycznych. Omówiła także proces powstawania i zaniku ładunku elektrycznego odpowiedzialnego za efekt piezoelektryczny. Rozważania te zostały dokonane w oparciu o doniesienia literaturowe. W rozdziale czwartym Autorka zawarła cel i tezę swojej rozprawy doktorskiej. Celem wykonanych badań było opracowanie technologii wytwarzania nowych struktur składających się z materiałów izolacyjnych o właściwościach piezoelektrycznych. Doktorantka postawiła przed sobą zadanie opracowania modeli teoretycznych takich struktur i weryfikację ich właściwości na drodze eksperymentalnej. W tym celu skonstruowała stanowisko do pomiaru modułu Younga badanego materiału dielektrycznego, stanowisko do aktywacji właściwości piezoelektrycznych wytworzonych struktur materiałowych oraz przygotowała stanowisko do pomiaru współczynnika d_{33} opisującego zjawisko piezoelektryczne. Tezy pracy są następujące:

- rurkowaty materiał elektretowy może stanowić bazę do utworzenia nowych struktur piezoaktywnych,

– dielektryki elastomerowe pozwalają na utworzenie nowych struktur i kompozytów dielektrycznych wykazujących właściwości piezoelektryczne.

W celu udowodnienia postawionych tez i zrealizowania celu pracy, Doktorantka przygotowała odpowiednie stanowiska badawcze i wykonała pomiary, co opisała w rozdziale piątym. W rozdziale szóstym Autorka omówiła sposób wykonania próbek przeznaczonych do badań w postaci piezo-rurek, piezo-tkanin i piezo-kapsuł. Opisała wykonane badania i omówiła uzyskane wyniki. W rozdziale siódmym pracy Doktorantka opisała model struktury warstwowej składającej się z elektretu, elastomeru i warstwy gazowej znajdującej się wewnątrz tej struktury. W rozdziale tym zawarła także relację z wykonanych badań oraz zilustrowała w sposób graficzny otrzymane wyniki pomiarów. Szczegółowe wyniki badań zawarte są w załącznikach wchodzących w skład pracy doktorskiej.

Ostatni rozdział rozprawy to podsumowanie wykonanych badań i wnioski końcowe oraz krótki opis możliwych zastosowań opracowanych i przebadanych materiałów piezoelektrycznych.

Rozprawę doktorską kończy spis literatury wykorzystanej przez Doktorantkę w trakcie wykonywanej pracy. Ostatnia część rozprawy to osiem załączników zawierających tabelaryczne zestawienie wyników przeprowadzonych badań oraz opis form użytych do przygotowania próbek badanych materiałów.

4. Ocena sposobu edycji pracy i uwagi formalne

Przedstawiona do recenzji praca doktorska przygotowana została w sposób bardzo poprawny, chociaż można w niej znaleźć kilka usterek typu edycyjnego. Zamieszczone zdjęcia, rysunki, wykresy i tablice są bardzo wyraźne, przejrzyste i wykonane z należytą starannością. Praca napisana została poprawnie pod względem językowym. Usterki edycyjne, interpunkcyjne i stylistyczne, które zaznaczyłem w otrzymanym egzemplarzu rozprawy doktorskiej, nie podważają

pozytywnej oceny pracy. Uwagi formalne dotyczące sposobu napisania rozprawy doktorskiej i jej treści są następujące:

1. W całej pracy Doktorantka używa słowa „tabela”, podczas gdy powinno się pisać „tablica” (tak jak mówi się np. „tablica logarytmiczna”, „tablica matematyczna”, „tablica wyników”, itp.) – strony 13, 23 i dalsze.
2. Na stronie nr 17 rozpoczyna się rozdział numer 3, a kilkanaście linii poniżej znajduje się podrozdział o numerze 3.1. Jeżeli Doktorantka zaplanowała podział rozdziału na podrozdziały, to numer i tytuł pierwszego podrozdziału powinien pojawić się tuż pod numerem rozdziału głównego. Można było na przykład wprowadzić podrozdział „3.1. Wprowadzenie” i zmienić numerację kolejnych podrozdziałów. To samo dotyczy podrozdziałów rozpoczynających się od numeru 3.5.1 (i dalszych).
3. W rozprawie brakuje rozdziału o numerze 7.4.
4. W „wykazie oznaczeń” oraz na stronie nr 66 Doktorantka pisze o „współczynniku dopasowania R^2 ” – powinno się używać nazwy „współczynnik determinacji”.
5. Kilka pozycji w spisie literatury opisanych jest w sposób niepoprawny – np. [16], [50], [62] i [68].
6. Inne usterki edycyjne i stylistyczne zaznaczyłem bezpośrednio w tekście rozprawy doktorskiej, którą dostałem do recenzji i mogę ją udostępnić Doktorantce do wglądu.

5. Uwagi dyskusyjne

W trakcie recenzowania przedstawionej rozprawy doktorskiej, nasunęły mi się następujące uwagi, o wyjaśnienie których proszę Doktorantkę.

1. W recenzowanej rozprawie doktorskiej w „Wykazie stosowanych akronimów i skrótów” na stronach 9-11 w kilku miejscach brakuje symboli, których nazwa zostaje przytoczona – np. w linii nr 12 brak symbolu, który opisano jako „grubość warstwy kompozytowej kapsuła elektretowa-

elastomer”. Podobnie w linii nr 22 – „ładunek polaryzacyjny”. Łącznie brakuje dwunastu symboli, których znaczenie opisano w „Wykazie oznaczeń”. W tym samym „Wykazie” zamieniono oznaczenia d_p i d_g opisane jako „sumaryczna grubość warstw gazu” i „sumaryczna grubość warstw polimeru”. Czy brak tych symboli to zwykłe przeoczenie przy redagowaniu pracy, czy też celowe działanie?

2. W całej pracy (strony nr 11, 13, 17, itd.) Doktorantka używa symbolu „ Y ” do oznaczenia modułu Younga – współczynnika (modułu) sprężystości podłużnej (wzdłużnej). Według podręczników do fizyki (np. Halliday D., Resnick R., Walker J., Podstawy fizyki, tom 2, PWN, 2005), wielkość ta oznaczana jest symbolem „ E ”. Ponadto wymiarem (jednostką) tego współczynnika w układzie jednostek SI jest $[N/m^2]$, a nie $[Pa]$, jak znajduje się to w rozprawie. Skąd wziął się symbol „ Y ” na oznaczenie modułu Younga?
3. W rozprawie doktorskiej Doktorantka używa litery „ T ” (strony 52, 54 itd.) do oznaczenia temperatury wyrażonej w stopniach Celsjusza. Powinno się używać symbolu „ ϑ ” (teta/theta). Symbol „ T ” używany jest do oznaczenia temperatury wyrażonej w Kelwinach (Kelwinach).
4. Wymiarem (jednostką) współczynnika przenikalności elektrycznej bezwzględnej „ ϵ_0 ” jest $[F/m]$ a nie $[C/m^2]$ – jak to jest zapisane w pracy na stronie 22.
5. W rozdziale ósmym, opisującym podsumowanie i wnioski z przeprowadzonych badań, Autorka bardzo pobieżnie opisała możliwość wykorzystania badanych materiałów piezoelektrycznych. Czy Doktorantka mogłaby rozwinąć szerzej to zagadnienie i przedstawić możliwości zastosowania wytworzonych przez siebie i badanych materiałów?

Przedstawione uwagi dyskusyjne i wskazane usterki edytorskie w niczym nie umniejszają pozytywnej oceny pracy jako całości. W przedłożonej rozprawie

doktorskiej Doktorantka przedstawiła samodzielny dorobek naukowy, wykazała się znacznym zasobem wiedzy na omawiany temat, umiejętnością samodzielnego prowadzenia badań naukowych, logicznego przedstawienia wyników swoich badań oraz naukowego wnioskowania. Rozprawa stanowi oryginalne rozwiązanie problemu naukowego, a jej część, w której zawarto teoretyczny opis zagadnienia wykazuje, że Doktorantka posiada odpowiednią wiedzę w dyscyplinie naukowej elektrotechnika, w dziedzinie nauk technicznych – zgodnie z wymaganiami zawartymi w rozdziale 2, w artykule 13, ustęp 1 Ustawy z dnia 14 marca 2003 r. o stopniach naukowych i tytule naukowym oraz o stopniach i tytule w zakresie sztuki (Dz.U. 2003, nr 65, poz. 595 z późniejszymi zmianami). Zagadnienia naukowe opisane przez Panią mgr inż. Agnieszkę Mirkowską oraz wykonane przez Nią badania, w sposób wystarczający zaliczają się do dyscypliny automatyka, elektronika i elektrotechnika w dziedzinie nauk inżynieryjno-technicznych.

6. Wniosek końcowy

Uważam, że założony przez Doktorantkę cel rozprawy doktorskiej został osiągnięty, a w trakcie realizacji pracy Pani mgr inż. Agnieszka Mirkowska wykazała się znaczną wiedzą w zakresie tematyki poruszanej w rozprawie. Wykazała się także umiejętnością samodzielnego prowadzenia badań i rozwiązywania problemów naukowych.

Uważam, że przedłożona do recenzji rozprawa doktorska mgr inż. Agnieszki Mirkowskiej pt.: „Nowe piezoaktywne struktury dielektryczne” spełnia wymagania Ustawy z dnia 14 marca 2003 roku o stopniach naukowych i tytule naukowym oraz o stopniach i tytule w zakresie sztuki (Dziennik Ustaw nr 65, poz. 595 z dnia 16 kwietnia 2003 r. z późniejszymi zmianami, np. Dz.U. poz. 1789 z 2017 r., tekst jednolity). Tryb i warunki przeprowadzenia czynności w przewodzie doktorskim określa Rozporządzenie Ministra Nauki i Szkolnictwa

Wyższego z dnia 19 stycznia 2018 r. (Dz.U. poz. 261 z 30.01.2018 r.). **Wnoszę o dopuszczenie rozprawy doktorskiej mgr inż. Agnieszki Mirkowskiej do publicznej obrony.**

K. Siodła

Krzysztof Siodła