



**Wydział Fizyki**  
Politechnika Warszawska

dr hab inż Teodor Buchner, prof. PW, PTK, PTFM, PTF, ISSA  
Pracownia Fizyki Układu Krążenia  
Zakład Fizyki Układów Złożonych  
tel: 222347958  
e-mail: [teodor.buchner@pw.edu.pl](mailto:teodor.buchner@pw.edu.pl)

Warszawa, 18 grudnia 2024

## Recenzja rozprawy doktorskiej mgr inż Macieja Ślota: “Wykorzystanie spektroskopii dielektrycznej w badaniach materiałowych i diagnostyce medycznej”

### 1. Ogólna charakterystyka pracy

Przedstawiona rozprawa stanowi częściową realizację wymagań niezbędnych dla uzyskania stopnia naukowego doktora nauk fizycznych w Szkole Doktorskiej Nauk Ścisłych i Przyrodniczych, na Wydziale Fizyki i Informatyki Stosowanej Uniwersytetu Łódzkiego.

Promotorami pracy są prof. dr hab. Ilona Zasada oraz prof. dr hab. n. med. Agata Bielecka-Dąbrowa. Praca została częściowo sfinansowana z grantów w programie MEiN „Inkubator Innowacyjności 4.0”, w których Doktorant był kierownikiem projektu oraz głównym wykonawcą technicznym.

Wyniki cząstkowe pracy zostały przedstawione w publikacjach [1,2,3] oraz patentach: dwóch międzynarodowych [6,8] i jednym krajowym [7] a także w 7 komunikatach konferencyjnych oraz jednej ukończonej pracy dyplomowej, której Doktorant był promotorem. W pracy [1] Doktorant jest pierwszym autorem (współautorami są , zaś w pracy [3] – drugim autorem. Należy podkreślić, że w pracy [1] współautorami są tylko członkowie zespołu prowadzonego przez doktoranta oraz jego pani Promotor. Obie te prace są opublikowane w czasopiśmie z bazy JCR, o sumarycznym IF 14.1, w kwartyli 1 i 2 (odpowiednio). Praca 3 jest w czasopiśmie spoza listy JCR (20 punktów MNiSW). Dodatkowo, poza tematyką doktoratu ale w trakcie jego trwania, Doktorant był współautorem prac [4] i [5] w czasopiśmie JCR, sumaryczny IF 6.2.

Należy tu podkreślić dwa przymioty charakterystyczne dla sylwetki Doktoranta. Jednym jest jego czynny wkład w dorobek polskiej myśli technicznej, co w perspektywie przyczynia się do rozwoju gospodarczego naszego Kraju i poprawia pozycję Polski w rankingach innowacyjności. Drugim są zdolności do organizacji życia naukowego, co jest widoczne zarówno w zdolności do pozyskiwania grantów, jak i w budowaniu zespołu, do realizacji własnych projektów oraz zdolności do zarządzania jego pracami. Opisane powyżej cechy są niezwykle potrzebne w prowadzeniu życia naukowego, co stanowi dobry prognostyk dla dalszego rozwoju kadry naukowej Uniwersytetu Łódzkiego.

TBR



## 2. Cel rozprawy

Celem rozprawy określonym w rozdziale 1.1 było, cytując: „zaprojektowanie i wykonanie prototypu dwóch czujników wykorzystujących metodę spektroskopii dielektrycznej:

1. układu do diagnostyki kardiologicznej pozwalającego na badanie obecności zastoju w płucach;
2. układu do defektoskopii w drukach 3D pozwalającego na kontrolę jakości druku w czasie trwania procesu tworzenia próbki.”

Czynnikiem wiążącym te dwa obszary jest użycie w obu przypadkach spektroskopii dielektrycznej, co pięknie pokazuje fundamentalny charakter fizyki zjawisk mikrofalowych w różnych obszarach zastosowań: od diagnostyki do kontroli produkcji oraz ich potencjał aplikacyjny. Doktorant jest świadom uniwersalnego charakteru spektroskopii dielektrycznych oraz innych technik spektroskopowych, co sam podkreśla na stronie 7 rozprawy (pozycje [1] do [4]).

## 3. Struktura pracy

Praca złożona jest z ośmiu rozdziałów.

Rozdział 1 stanowi obszerne wprowadzenie. Z jego 38 stron dowiadujemy się ogólnie o metodach spektroskopowych, w telegraficznym skrócie o najczęściej stosowanych rodzajach spektroskopii oraz o fizyce zjawisk spektroskopowych. Opis fizyki na str 8-10 jest zdawkowy, natomiast jest on w istocie kontynuowany w rozdziałach o stanie wiedzy w obu rozpatrywanych obszarach aplikacyjnych i stanie techniki w zakresie technik spektroskopowych, na przykład w rozdziale 1.4.3, poświęconym wykorzystaniu mikrofal w diagnostyce medycznej oraz spektroskopii. Nie można zatem powiedzieć, aby wiedza doktoranta o spektroskopii sprowadzała się do świadomości jej zespolonego charakteru (wzór 1), ponieważ dalsze 34 strony rozprawy, aż do końca rozdziału są przepojone fizyką stosowaną. Doktorant jest również świadom mechanizmów molekularnych mających udział w odpowiedzi materii nieożywionej (rys 1.1) i ożywionej (rys 1.3) na promieniowanie mikrofalowe, choć w tym drugim przypadku zacytowana została obowiązująca teoria, która zakłada niskooporowy charakter cytozolu, który ma umożliwić przepływ wysokich częstotliwości przez komórkę – wydaje się, że istnieją podstawy do dyskusji nad tym poglądem – por [9-11]. Zarówno opis diagnostyki zastoju płucnego, jak i opis defektoskopii mają zdecydowanie charakter translacyjny i zdradzają dogłębną wiedzę Doktoranta, w obszarze zagadnień, dla których rozwija opisywane w pracy metody pomiarowe. Należy docenić ten fakt: w obszarze inżynierskim, w centrach typu „core facility” zdarza się podejście, w którym centrum realizujące pomiary nie jest zainteresowane problemem, nad którym pracuje. Zainteresowania Doktoranta sięgają dalej niż typowy rozwój technik pomiarowych.



## Wydział Fizyki

Politechnika Warszawska

Rozdział 2, zatytułowany „Projektowanie oraz konstrukcja anten i sond” zawiera podstawowe informacje dotyczące fizyki mikrofal oraz projektowanych dla ich użycia anten i sond. Zwraca uwagę silnie nieliniowa charakterystyka wybranej do realizacji anteny helikalnej.

Rozdział 3 poświęcony jest symulacji propagacji sygnału przez klatkę piersiową. W rozdziale tym opisane zostały użyte w pracy modele numeryczne, dostępne w ramach pakietu programowego CST Studio Suite. Warto tu podkreślić po raz kolejny translacyjny charakter kompetencji Doktoranta, który sprawnie posługuje się komercyjnymi pakietami, służącymi do projektowania układów radiowych i mikrofalowych. W rozdziale tym wyróżnić należy dużą rzetelność sporządzonego opisu procesu projektowania i testowania toru pomiarowego.

Rozdział 4 poświęcony jest badaniom bezpośrednio poprzedzającym detekcję płynu w płucach. Są to pomiary w docelowej geometrii stanowiska pomiarowego, uwzględniające w szerokim zakresie wszystkie szczegóły procesu propagacji, nad którymi Autor doskonale panuje, ponieważ dokonuje ich identyfikacji i dogłębnej dyskusji.

Rozdział 5 stanowi raport z badania dotyczącego pomiaru płynu w płucach. W rozdziale tym opisane jest w sposób kompletny badanie kliniczne: charakterystyka grupy, kryteria włączenia i wyłączenia, przeprowadzone pomiary, wyniki pomiarów referencyjnych oraz walidacja uzyskanych za pomocą badanego urządzenia wyników w stosunku do wyników metod referencyjnych. W odniesieniu do tego rozdziału można mieć wątpliwości dotyczące wybranej metody walidacji. O ile prawidłowość pomiaru obecności wody w płucach nie budzi zastrzeżeń, o tyle duże zastrzeżenia budzi sposób, przyjęty dla wykazania tego faktu. Bardzo złożona jest mianowicie struktura pomiarów referencyjnych: jako jedno z kryteriów można przyjąć zmierzoną z krwi wartość prozapalnego peptydu NT-proBNP, innym kryterium jest zmierzona z użyciem bioimpedancji wartość stosunku wody pozakomórkowej do całkowitej (ECW/TBW). Trzecim kryterium jest zdiagnozowana w Rtg obecność wody w płucach. Należy podkreślić, że zadanie jest niezwykle trudne, ponieważ u prawidłowo leczonych pacjentów woda w płucach nie występuje – jest to powikłanie związane z chorobą niedokrwienną serca, które nie leczone prowadzi do zapalenia płuc i zaostrzenia stanu pacjenta. Z uwagi na to nowoczesne ośrodki kliniczne, takie jak Centrum Zdrowia Matki Polki, skąd pochodzili badani pacjenci skutecznie walczą z tym objawem – zgodnie ze spostrzeżeniem Autora, aż 56% podlegało w okresie badania farmakoterapii lekami moczopędnymi. Autor słusznie zauważa, że w zależności od tego, na podstawie jakiego kryterium zdefiniowano grupę badaną, jej skład i licznosc się zmieniała: istnieli zarówno pacjenci z wysoką wartością NtproBNP i niską wartością stosunku ECW do TBW jak i tacy, których cechowała odwrotna relacja. Autor komentuje, że byli pacjenci, u których wykryto przy pomocy Rtg stan zastoinowy (obecność wody w płucach), świadczący o zaostrzeniu objawów niewydolności, przy fałszywie ujemnym wyniku ECW/TBW. Należy wyraźnie podkreślić, że dla takich pacjentów zmierzone z użyciem metody wartości strat dielektrycznych były wysokie (por Rys. 5.20). Wskazuje to na dodatnią korelację pomiędzy wynikiem Rtg a pomiarem parametrów dielektrycznych, jednak obserwacja ta nie została podparta adekwatną analizą statystyczną. Takie sytuacje nie są wyjątkowe w badaniach

TDR



**Wydział Fizyki**  
Politechnika Warszawska

opublikowana została po 2000 roku: jedynie 7 na 119 prac pochodzi sprzed tego okresu i w większości są to pozycje uznawane za klasyczne. Daje się zauważyć prace z każdej dekady XXI wieku, zaś najnowsze z zacytowanych pozycji pochodzą z roku 2024. Świadczy to o śledzeniu przez Autora najnowszego piśmiennictwa z zakresu tematycznego. Użycie bibliografii jest nieco utrudnione przez brak sortowania alfabetycznego.

Cytowania są na ogół poprawne, pozycje 78 i 79 nie mają roku wydania, źródła internetowe cytowane marginalnie. Podane są one z dokładnością do jednego wyjątku ([61]), bez daty dostępu, co jest błędem, jednak ich charakter nie wskazuje na ulotność ponieważ są to w większości strony firmowe, zawierające charakterystyki produktów. Kod źródłowy skryptów wypracowanych w ramach pracy nie jest częścią rozprawy ani nie jest dostępny w publicznym repozytorium, choć publikacja kodu pomogłaby w ocenie kompetencji Autora. Jedno źródło cytowane z przepisów państwowych ma niepełny adres publikacyjny, bez podania źródła (poz. [107]).

#### **4. Wnioski końcowe**

Podsumowując, pragnę stwierdzić, że teza rozprawy została uzasadniona, sama rozprawa opisuje oryginalne rozwiązanie problemu naukowego w odniesieniu do dwóch obszarów aplikacyjnych, zaś stwierdzone niedostatki rozprawy nie umniejszają znacząco jej wartości naukowej. Na tle zespołu badawczego obszar kompetencji Autora może być bez wątpliwości, wydzielony, zaś przedstawiona przez Niego dokumentacja procesu inżynierskiego oraz przeprowadzonych testów ma charakter twórczy i autorski. Biorąc pod uwagę dorobek naukowy mgr Macieja Ślota, oraz wartościowe rezultaty przedstawione w pracy, stwierdzam że recenzowana praca odpowiada wymogom Art 187 Ustawy z dnia 20 lipca 2018 "Prawo o szkolnictwie wyższym i nauce" (Dz.U. 2018, poz 1668) i stawiam wniosek o dopuszczenie jej do publicznej obrony.

TDR