

## Recenzja

osiągnięć naukowych i aktywności naukowej dr inż. Marka Suproniuka związana z postępowaniem habilitacyjnym w dyscyplinie: Automatyka, Elektronika i Elektrotechnika, na podstawie opisu osiągnięcia naukowego "Zbadanie wybranych właściwości materiałów półizolacyjnych w aspekcie ich zastosowania do wytwarzania łączników fotokonduktancyjnych" oraz załączonej dokumentacji

### 1. Podstawowe informacje o kandydacie:

- Imię i nazwisko: dr inż. Marek Suproniuk
- Data uzyskania stopnia naukowego doktora nauk technicznych - 2006 rok. Tytuł rozprawy doktorskiej: „Wybrane aspekty przetwarzania sygnałów pomiarowych w przepływowym elektromagnetycznym do kanałów otwartych ”
- Zatrudniony w Wojskowej Akademii Technicznej, Wydział Elektroniki, Instytut Systemów Elektronicznych

### 2. Ocena osiągnięcia naukowego stanowiącego podstawę do ubiegania się o stopień doktora habilitowanego

Dr inż. Marek Suproniuk, zgodnie z przepisami wydanymi na podstawie art. 267 ust.2 pkt.2b, w rozumieniu art. 219 ust.1 pkt.2b ustawy z dnia 25 lipca 2018 r Prawo o szkolnictwie wyższym i nauce (Dz. U. z 2021 roku poz. 478 z póź. zm.) przedstawił osiągnięcie naukowe zatytułowane: "Zbadanie wybranych właściwości materiałów półizolacyjnych w aspekcie ich zastosowania do wytwarzania łączników fotokonduktancyjnych" w oparciu o cykl powiązanych tematycznie wybranych artykułów naukowych opublikowanych w recenzowanych materiałach i konferencjach międzynarodowych oraz autoreferat wraz opisem osiągnięcia naukowego i stosowne dokumenty związane z postępowaniem habilitacyjnym. Przedstawione osiągnięcie naukowe jest podsumowaniem wyników badań prowadzonych przez Autora w Wojskowej Akademii Technicznej.

W swoich badaniach Habilitant skoncentrował się na trzech podstawowych zagadnieniach badawczych dotyczących udoskonalenia metod określenia struktury defektowej badanych materiałów oraz wyznaczania parametrów defektów występujących w wybranych półizolacyjnych materiałach półprzewodnikowych [publikacje H.1, H.5, H.7.] Kolejne publikacje oznaczone [H.2, H.3, H.9] związane są z prowadzonymi równoległe badaniami

symulacyjnymi mającymi na celu wyjaśnienie procesów generacji i rekombinacji nadmiarowych ładunków w półizolacyjnym węglu krzemu typu 4H (SiC-4H). Istotnym obszarem zainteresowań badawczych dr inż. Marka Suproniuka jest powiązanie badanych właściwości materiałów półprzewodnikowych z opracowaniem podstawowych zasad projektowania półprzewodnikowych PCSS. Dotychczas łącza były stosowane w systemach energetycznych dużych mocy (wysokoprądowych i wysoko napięciowych) z wykorzystaniem rozwiązań elektryczno-mechanicznych. Szczególnie należy podkreślić, że Habilitant koncentruje się na nowych materiałach z szeroką przerwą zabronioną umożliwiającymi znaczną poprawę parametrów użytkowych fotoprzewodzących półprzewodnikowych łącz. Badania nad opracowaniem konstrukcji nowej generacji złączy jest niewątpliwie powiązana z wykazaniem w ostatnich latach możliwości zastosowania nowej grupy przyrządów mających wpływ na obniżanie strat w systemach energetycznych (diody Schottkeg'o na bazie SiC a ostatnio tranzystory z zastosowaniem heterostruktur AlGaN). Według mojej wiedzy prowadzone badania z jednoczesnym zastosowaniem nowej bazy materiałowej po raz pierwszy zostały zaproponowane w kraju do budowy PCSS przez dr inż. Marka Suproniuka. Widzę również możliwość poszerzenia badań aplikacyjnych, min. w ramach optoelektroniki, o nowe układy przyrządowe i systemy powiązane z szybkim przełączaniem układów elektrycznych w układach optoelektronicznych wyzwalanych impulsami laserowymi.

W pierwszej fazie badań Habilitant skoncentrował się na określeniu metodologii wyznaczania struktury defektowej, w tym wyznaczeniu energii aktywacji defektów, oraz współczynnika materiałowego  $A_k$  (powiązanego ze stałą materiałową  $\gamma$  i przekrojem czynnym na wychwyty nośników przez centrum defektowe). Ważnym elementem tych pomiarów jest wymagana duża dokładność wyznaczania relaksacyjnych przebiegów fotoprądu. W analizie tych przebiegów niezbędne jest zastosowanie procedury korelacyjnej lub procedury wykorzystującej odwrotne przekształcenie Laplace'a. Habilitant wykonując pomiary dla GaAs z zastosowaniem tych procedur stwierdził rozbieżność wyników pomiarowych wykazując, że rozbieżność wyników wynika przede wszystkim z błędnego założenia przyjętego w metodzie korelacyjnej. Na podstawie szeregu pomiarów oraz analizy wyników pomiarowych dla różnych centrów defektowych stwierdza, że parametry wyznaczone metodą Laplace'a są dokładniejsze i umożliwiają wyznaczenie większej ilości centrów defektowych oraz ich podstawowych parametrów.

Efektom końcowym tych prac badawczych było opracowanie procedury do modelowania rezystywności półizolacyjnych materiałów półprzewodnikowych opisanej szczegółowo w publikacji [H.10]. Obliczenia zmian rezystywności dla prezentowanej procedury zostały

wykonane dla dwóch materiałów SiC-4H oraz GaP, do tej pory słabo opisane w literaturze. Opracowane przez Habilitanta modele zawierają badania dla szerszej ilości defektów niż do tej pory przedstawiane wyniki w dostępnej literaturze. Opracowano i poddano badaniom różne struktury testowe (SiC 4H) oznaczone SD1 i SD2. W modelu struktur testowych dla GaP przyjęto w badaniach struktury z czterema defektami pułapkowymi. W wyniku modelowania opracowano szereg modeli dla tych materiałów. Weryfikacja modeli materiałów polegała na porównaniu wyników symulacji z danymi eksperymentalnymi. Takie postępowanie uwiarygadnia wyznaczoną strukturę defektową materiałów. W autoreferacie Habilitant omawia również szczegółowo wyniki przeprowadzonych wszechstronnych badań pozwalających określić wpływ kompensacji ładunków na zmiany rezystywności wybranych materiałów. Określono wpływ na parametry półprzewodników rodzaju stosowanych domieszek oraz ich koncentracji w poszczególnych strukturach testowych czy koncentracji wybranych centrów defektowych (np. centrum RC w Si-4H).

Równoległe dr inż. Marek Suproniuk prowadził badania mające na celu określenie przydatności wybranych materiałów do budowy PCSS. Wykonano pomiary charakterystyk napięciowo-prądowych dla opracowanych i wykonanych dwóch struktur testowych GaP (w konfiguracji pionowej i bocznej dla GaP) oraz GaN. Wykazał, że istotnym etapem technologicznym w konstrukcji struktur testowych PCSS jest pasywacja powierzchni struktur, która w znacznym stopniu ogranicza rekombinację powierzchniową i przekłada się na znaczny wzrost przewodnictwa obszaru czynnego przełącznika. Autor w podsumowaniu wyników analizy charakterystyk I – U wykazuje, że rezystancja próbek jest większa od  $10 \text{ G}\Omega$  co kwalifikuje je do budowy PCSS.

Szczegółowo przedstawiono i omówiono przykładowe graficzne przebiegi fotoprądu w zależności od natężenia pola elektrycznego, od mocy lasera pobudzającego czy warunków zasilania struktur testowych PCSS. Dodatkowo Habilitant prowadził badania symulacyjne kinetyki fotoprzewodnictwa z uwzględnieniem zbudowanych modeli oraz zmian poszczególnych parametrów centrów defektowych omówione szerzej w pracy [H.3]. Określono min. wpływ centrów defektowych oraz procesu rekombinacji na szybkość zmiany koncentracji dziur w paśmie walencyjnym oraz wpływ centrów na kształtowanie profili fotoprądu struktury testowej, których znajomość jest niezbędna w procesie projektowania i wykonania struktur przyrządowych PCSS.

W podsumowaniu opinii o prowadzonych badaniach naukowych i uzyskanych wynikach tych badań mogę stwierdzić, że badania te są ważne dla rozwoju dyscypliny naukowej Automatyka, Elektronika i Elektrotechnika, a rezultaty badań materiałowych, technik

pomiarowych, badań symulacyjnych oraz opracowanie struktur testowych z zastosowaniem nowej grupy szerokopasmowych materiałów półprzewodnikowych GaP, SiC- 4H oraz GaN stanowią wkład w rozwój konstrukcji fotoprzewodzących półprzewodnikowych łączników na zakres podwyższonych prądów oraz w szczególności wyższej częstotliwości załączania w porównaniu do klasycznych łączników elektromechanicznych. Stwierdzam, że opisane osiągnięcie naukowe wraz z wymienionymi publikacjami spełnia kryteria oceny dorobku naukowego stanowiące podstawę do ubiegania się o stopień naukowy doktora habilitowanego.

## **Wykaz osiągnięć naukowych albo artystycznych, stanowiących znaczny wkład w rozwój określonej dyscypliny**

### **I.1. Informacja o osiągnięciach naukowych albo artystycznych, o których mowa w art. 219 ust. 1. pkt 2 ustawy**

Wnioskodawca przedstawił, na podstawie tematycznie powiązanych 10 artykułów naukowych tytuł osiągnięcia naukowego, które były podstawą opisu osiągnięcia w przedstawionym autoreferacie. Opinię o osiągnięciu naukowym dr inż. Marka Suproniaka recenzent przedstawił w pierwszej części swojej recenzji. Zgodnie z wymogami ustawy w tej części autoreferatu zostały wymienione publikacje (oznaczone H.1. – H.10.) z uwzględnieniem składu współautorów, danych naukometrycznych oraz oświadczenia habilitanta wskazujące na jego merytoryczny wkład w powstanie każdej z wymienionych prac, a także oświadczenia współautorów publikacji. Określenie wkładu habilitanta oraz współautorów jest bardzo dokładne i umożliwiło recenzentowi pozytywnie ocenić jego udział i rolę w powstaniu każdej pracy. W tabeli 1 przedstawiono zestawienie dorobku składającego się na opiniowane osiągnięcie naukowe. Pozytywnie oceniam wkład habilitanta w merytoryczne opracowanie wymienionych publikacji i przygotowanie ich do publicznej prezentacji. Dane pozyskane z różnych baz naukowych są bardzo zbliżone i obserwowane rozbieżności nie budzą żadnych zastrzeżeń i nie mają wpływu na końcową ocenę.

### **II.1 – II.6 Informacja o aktywności naukowej habilitanta (aktywność publikacyjna)**

Przedstawiona w tej części autoreferatu informacja dotyczy udziału w przygotowaniu rozdziału we współautorskiej monografii naukowej opublikowanej przez wydawnictwo WAT po uzyskaniu stopnia doktora. Habilitant brał także czynny udział w zespole redakcyjnym monografii “11th International Electronic and Telecommunication Conference of Students and Young Scientist” (materiały konferencyjne CECON 2015).

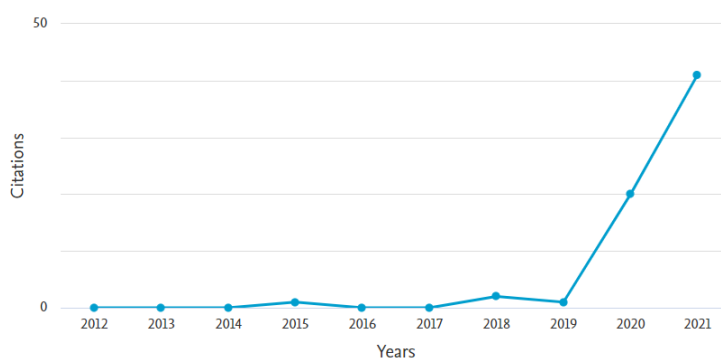
W dokumencie zawarte są również szczegółowe wykazy opublikowanych artykułów w czasopiśmie, w tym o obiegu międzynarodowym. W okresie po otrzymaniu stopnia doktora wykaz ten obejmuje 15 pozycji naukowych zawartych w czasopiśmie krajowych, głównie w czasopiśmie Przegląd Elektrotechniczny, dotyczących zagadnień z zakresu reprezentowanej dyscypliny oraz w publikacjach SPIE (The International Society for Optical Engineering) i Optoelectronics –Review. Dodatkowo przedstawiono wykaz 15 prac naukowych nie znajdujących się w bazach JCR oraz Scopus. Większość prac to artykuły w fachowych czasopiśmie krajowych lub w wydawnictwach uczelnianych, publikowane po otrzymaniu stopnia doktora.

Statystyka dorobku naukowego na podstawie bazy danych Scopus za okres ostatnich 10 lat

Liczba prac w bazie: 37

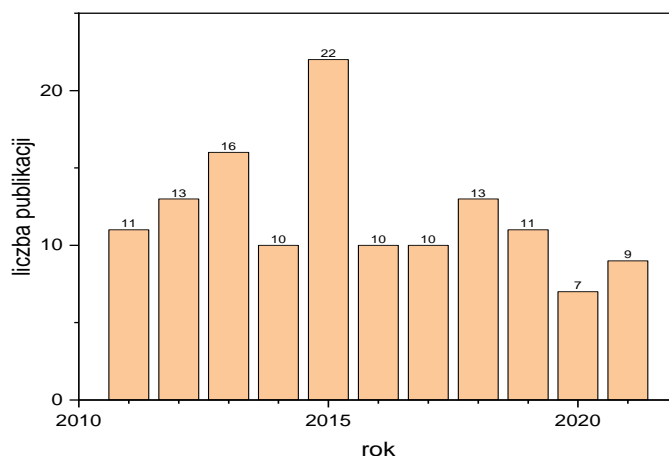


Cytowania 67 (bez autocytowań)



Wyniki prac naukowych po otrzymaniu stopnia doktora były prezentowane przez dr inż. Marka Suproniuka na dwóch konferencjach międzynarodowych, na 6 konferencjach krajowych i zagranicznych, których materiały konferencyjne były indeksowane w bazie Web of Science. Wygłosił 14 referatów na konferencjach krajowych.

Liczba prac w bazie Scopus zawierające słowo kluczowe „Photoconductive semiconductor switches” w ostatnich 10 latach została przedstawiona na diagramie poniżej.



Pozytywnie oceniam aktywność publikacyjną habilitanta po otrzymaniu stopnia doktora. Łączna liczba publikacji w zależności od bazy danych waha się w granicach 24 do 53. Liczba cytowań wynosi 45 – 58 (bez autocytowań) a indeks Hirscha 7-8. Na podstawie przedstawionych danych statystycznych należy podkreślić zwiększoną aktywność naukową i publikacyjną w ostatnich 10 latach. Publikacje Habilitanta stanowią istotny udział w całości publikacji zawierających słowa kluczowe związane z ocenianą tematyką badawczą. Obserwowany jest znaczny wzrost ilości publikacji oraz wzrost ilości cytowań publikowanych wyników badań prowadzonych przez dr inż. Marka Supreniuka, co upoważnia mnie do stwierdzenia, że przedstawiony dorobek naukowy jest zgodny z reprezentowaną dyscypliną naukową.

#### **II.7 – II.13. Informacja o udziale w pracach zespołów badawczych realizujących projekty finansowe oraz działalności powiązanej z tym obszarem aktywności.**

Wysoko należy ocenić aktywność habilitanta w zakresie udziału w pracach zespołów badawczych związanych z realizacją projektów badawczych finansowanych przez KBN oraz w ramach programu na rzecz obronności kraju. Był wykonawcą projektu finansowanego przez NCBiR w ramach PBS2/A9//26/2014 powiązanego z opracowaniem oceny przydatności krzemu do wytwarzania detektorów cząstek o wysokiej energii. W okresie od uzyskania stopnia doktora był zaangażowany w realizację projektów badawczych finansowanych przez WAT. W

tym czasie odbył 2 staże naukowe w firmie Helioenergia oraz w sieci Badawczej Łukasiewicz-Institut Technologii Materiałów Elektronicznych w Warszawie.

### **III. Informacja o współpracy z otoczeniem społecznym**

Habilitant przedstawił szereg danych dotyczących współpracy z sektorem gospodarczym, wykonanych ekspertyzach na zamówienie na rzecz instytucji publicznych i przedsiębiorców.

#### **4. Opinia końcowa**

W podsumowaniu pozytywnie oceniam działalność naukową i dodatkowo dydaktyczną dr inż. Marka Suproniuka. Uważam, że Habilitant jest dojrzałym naukowcem z dobrym dorobkiem naukowym posiadającym znajomość wiedzy teoretycznej oraz wykazał się umiejętnością w wykorzystaniu tej wiedzy oraz doświadczeń z zakresu technik pomiarowych i wyników modelowania zjawisk w materiałach półprzewodnikowych, a także w konstrukcji struktur testowych złączy półprzewodnikowych z efektem fotoprzewodnictwa, w prowadzonych przez szereg lat badaniach naukowych. Jestem przekonany że dr inż. Marek Suproniuk osiągnął dojrzałość naukową i samodzielność naukową. Tym samym stwierdzam, że dr inż. Marek Suproniuk spełnia wymagania stawiane kandydatom do stopnia doktora habilitowanego zgodnie z przepisami wydanymi na podstawie art. 267 ust.2 pkt.2b, w rozumieniu art. 219 ust.1 pkt.2b ustawy z dnia 25 lipca 2018 r Prawo o szkolnictwie wyższym i nauce (Dz. U. z 2021 roku poz. 478 z póź. zm.) w sprawie kryteriów oceny osiągnięć osoby ubiegającej się o nadanie stopnia doktora habilitowanego i wnoszę o przeprowadzenie dalszych etapów postępowania habilitacyjnego.

