

Prof. dr hab. inż. Marcin Janicki

tytuł, stopień, imię i nazwisko

Politechnika Łódzka

Wydział Elektrotechniki, Elektroniki, Informatyki i Automatyki

Katedra Mikroelektroniki i Technik Informatycznych

Łódź, 4 kwietnia 2024 r.

data
SEKRETARIAT
Rady Dyscypliny AEEITK

Wpłynęło dnia **11.06.2024**

Zarejestrowano pod nr

Podpis *dm*

***Recenzja osiągnięcia naukowego oraz dorobku naukowego,
dydaktycznego i organizacyjnego dr. inż. Piotra Otfinowskiego
w postępowaniu o nadanie stopnia doktora habilitowanego***

1. Podstawa prawna

Podstawą prawną do przygotowania tej recenzji jest uchwała nr 7/2024 Rady Dyscypliny Automatyka, Elektronika, Elektrotechnika i Technologie Kosmiczne Akademii Górniczo-Hutniczej im. Stanisława Staszica w Krakowie z dnia 7 marca 2024 r. powołującej mnie na recenzenta w postępowaniu o nadanie stopnia doktora habilitowanego dr. inż. Piotrowi Otfinowskiemu, o czym powiadomiono mnie oddzielnym pismem przesłanym przez Przewodniczącego Rady dr. hab. inż. Ryszarda Srokę, prof. uczelni. Recenzję tę, sporządzono na podstawie dostarczonej wraz z pismem dokumentacji zawierającej min.: kopię dyplomu potwierdzającego posiadanie stopnia doktora, autoreferat przedstawiający opis osiągnięć naukowych, wykaz innych osiągnięć wnioskodawcy, kopie publikacji stanowiących osiągnięcie naukowe oraz deklaracje udziału współautorów w tych publikacjach, wykaz opublikowanych artykułów w czasopismach naukowych i list potwierdzający współpracę z instytutem naukowym Fermilab.

2. Sylwetka naukowa Habilitanta

Habilitant od samego początku kariery naukowej związany jest z Akademią Górniczo-Hutniczą (AGH) im. Stanisława Staszica w Krakowie, gdzie od października 2008 r. był zatrudniony kolejno w charakterze stażysty oraz asystenta, a od kwietnia 2016 r. do tej pory na stanowisku adiunkta w Katedrze Metrologii i Elektroniki Wydziału Elektrotechniki, Automatyki, Informatyki i Inżynierii Biomedycznej AGH. Na uczelni tej otrzymywał także awanse naukowe uzyskując 23 czerwca 2009 r. tytuł zawodowy magistra inżyniera elektroniki i telekomunikacji, a potem 29 października 2015 r. stopień doktora nauk technicznych w dyscyplinie elektronika na podstawie obronionej na Wydziale Elektrotechniki, Automatyki, Informatyki i Inżynierii Biomedycznej AGH rozprawy doktorskiej pt. „Niskomocowe przetworniki A/C dla potrzeb wielokanałowych układów scalonych” przygotowanej pod kierunkiem dr. hab. inż. Roberta Szczygła.

3. Ocena osiągnięcia naukowego

Eksperymenty fizyki wielkich energii przeprowadzane są zazwyczaj w dużych instalacjach akceleratorów. Wyniki tych eksperymentów wykorzystywane są w różnych obszarach nauki, min. fizyce cząstek elementarnych, astrofizyce czy też obrazowaniu medycznym. Niezbędnym, jeżeli nie najważniejszym elektronicznym elementem składowym tych instalacji są detektory promieniowania wykonane w postaci pikselowych matryc czujników zintegrowanych bezpośrednio ze scalonymi układami odczytowymi (ang. Read-Out Integrated Circuits - ROIC). Prace badawcze Habilitanta dotyczą projektowania systemów elektronicznych dla potrzeb eksperymentów fizyki wielkich energii, w których niezwykle istotne jest zapewnienie możliwie dokładnych wyników pomiarów.

Habilitant zajmował się w swoich badaniach detektorami promieniowania pracującymi w trybie zliczania pojedynczych fotonów umożliwiającym, w przeciwieństwie do detektorów pracujących w trybie integracyjnym, zachowanie informacji o energii każdego z fotonów. W detektorach tych chmura ładunku generowana przez foton przemieszcza się w kierunku elektrod polaryzujących, gdzie jest przetwarzana niezależnie dla każdego fotonu we wzmacniaczu ładunkowym w impuls napięciowy o amplitudzie proporcjonalnej do jego energii. Każde takie zdarzenie zostaje oddzielnie zarejestrowane.

Chmura ładunku rozszerza się dyfundując w detektorze, co może doprowadzić do sytuacji, gdy dane zdarzenie zostanie niezależnie przetworzone i zarejestrowane jednocześnie w kilku kanałach pomiarowych sąsiadujących ze sobą pikseli. Zjawisko to nazywane jest podziałem ładunku, a jego wystąpienie uzależnione jest od energii samego fotonu oraz grubości detektora i rozmiarów piksela. W konsekwencji, zależnie od ustawionego w układach przetwarzania progu dyskryminacji, dane zdarzenie może zostać pominięte lub zliczone kilkakrotnie. Zafałszowaniu ulega także informacja o energii fotonu.

Recenzowane osiągnięcie naukowe Habilitanta to cykl 8 powiązanych tematycznie artykułów pt.: „Rozwój pikselowych detektorów promieniowania jonizującego o wysokiej rozdzielczości przestrzennej”, składający się z 7 artykułów w czasopiśmie indeksowanym w bazie JCR, z czego 5 to publikacje pokonferencyjne, oraz 1 w recenzowanych materiałach z renomowanej konferencji IEEE. Jeden artykuł jest jednoautorski, a w 5 z nich Habilitant jest pierwszym autorem. Jego udział w powstaniu publikacji wieloautorskich wynosi według deklaracji współautorów od 75-70% (w 5) do 30% (w 2).

Tytuł ocenianego osiągnięcia wydaje się nieco mylący, gdyż Habilitant w rzeczywistości nie zajmował się w swoich badaniach naukowych rozwojem samych detektorów promieniowania, lecz przede wszystkim opracowywaniem nowych algorytmów przetwarzania sygnałów wyjściowych z matryc pikselowych detektora i ich implementacją sprzętową w układach ROIC. Głównym celem prac naukowych Habilitanta było ograniczenie niekorzystnego wpływu zjawiska podziału ładunku umożliwiające dalsze zwiększenie dokładności zliczania oraz poprawę rozdzielczości przestrzennej i energetycznej detektorów promieniowania jonizującego.

Pierwszym zagadnieniem naukowym rozważanym w recenzowanym osiągnięciu jest problem dokładności zliczania detektorów. Do jego rozwiązania Habilitant zaproponował wykorzystanie autorskiego algorytmu rozpoznawania wzorców (ang. Pattern Recognition - PR) zaprezentowanego w publikacjach [I], [II] oraz [VIII]. Algorytm ten wymaga dokonania w układzie ROIC pewnych modyfikacji układowych umożliwiających komunikację międzypikselową. Polegają one na dodaniu sumatorów impulsów wyjściowych wzmacniaczy ładunkowych sąsiadujących pikseli oraz prostych układów logicznych przetwarzających sygnały wyjściowe dyskryminatorów. Niewątpliwą zaletą zaproponowanego przez Habilitanta rozwiązania jest możliwość ograniczenia wpływu rozrzutu parametrów procesu technologicznego na działanie układu odczytowego ROIC dzięki znacznemu ograniczeniu jego części analogowej poprzez eliminację komparatorów oraz układów korekcji ich napięcia niezrównoważenia.

Początkowo działanie algorytmu PR zostało porównane z innymi; powszechnie stosowanym algorytmem Single Photon Counting (SPC) i algorytmem C8P1 opracowanego uprzednio w AGH przy współpracy z Fermilab. Do tego celu przygotowano w środowisku LabVIEW odpowiedni model symulacyjny. Wyniki przeprowadzonych symulacji pokazały, że zjawisko podziału ładunku ma znaczący wpływ na liczbę zarejestrowanych zdarzeń, a dodatkowo jest ona także silnie zależna od zastosowanego progu dyskryminacji. Algorytmy PR oraz C8P1 pozwalają znacznie ograniczyć liczby pominiętych i fałszywych zliczeń, przy czym w przypadku algorytmu PR liczba pominiętych zliczeń jest znacznie niższa dla niskich progów dyskryminacji z uwagi na niewystępowanie w tym przypadku problemu z rozrzutami napięć niezrównoważenia komparatorów. Błąd alokacji każdego z algorytmów jest najmniejszy, gdy próg dyskryminacji odpowiada połowie energii fotonu, chociaż algorytm C8P1 jest zdecydowanie najmniej wrażliwy na ustawienie wartości tego progu.

Poprawność działania zaproponowanego przez Habilitanta algorytmu została potwierdzona także w praktyce przeprowadzonymi pomiarami układu odczytowego ROIC implementującego algorytm PR zaprojektowanego w technologii 40 nm współpracującego z krzemowym detektorem zawierającym matrycę 64 x 64 pikseli o rozmiarze 50 μm . Badania przeprowadzono wykorzystując promieniowanie rentgenowskie o energii 8.0 keV odpowiadającej linii fluorescencji K_{α} miedzi.

Badania te w pełni potwierdziły wnioski wynikające z symulacji. Zastosowanie algorytmu PR pozwoliło na znaczne ograniczenie liczby fałszywych zliczeń będących rezultatem zjawiska podziału ładunku i pozostaje ona praktycznie niezmienna dla bardzo szerokiego zakresu wartości progu dyskryminacji, nawet powyżej wartości odpowiadającej połowie energii fotonu, co osiągnięto dzięki sumowaniu impulsów wyjściowych ze wzmacniaczy ładunkowych.

Drugi problem badawczy, którego rozwiązania podjął się Habilitant dotyczy przeprowadzania pomiaru wieloenergetycznych wiązek, gdy konieczne jest prawidłowe określenie nie tylko liczby, lecz także i energii fotonów, np. w przypadku fluorescencyjnej spektrometrii rentgenowskiej XRF. Opracowane przez Habilitanta rozwiązanie w postaci algorytmu wieloprogowego rozpoznawania wzorców (ang. Multithreshold Pattern Recognition - MPR) zostało opisane w publikacjach [III]-[V]. Praktyczna implementacja tego algorytmu wymagała wprowadzenia kolejnych modyfikacji projektu układu odczytowego poprzez rozbudowanie układów komunikacji międzypikselowej, tak aby umożliwić przeprowadzanie dyskryminacji dla różnych wartości progów. Dzięki temu uzyskano względnie płaską charakterystykę błędu alokacji, niezależną od energii.

Algorytm MPR wykorzystuje dane o amplitudzie impulsu i całkowitym ładunku generowanym przez foton pochodzące ze wzmacniaczy ładunkowych oraz sygnały wyjściowe z dyskryminatorów informujące o przekroczeniu kolejnych progów dyskryminacji. Na tej podstawie tworzone jest dynamicznie tzw. aktywne sąsiedztwo, a potem dla wybranego progu dyskryminacji wykonywany jest algorytm alokujący zdarzenie do konkretnego piksela. Testy poprawności działania algorytmu przeprowadzono wykorzystując układ odczytowy wykonany w technologii 130 nm oraz matrycę czujników z tellurku kadmu o rozmiarach 192 x 96 pikseli. Do badań eksperymentalnych użyto promieniowania rentgenowskiego zawierającego fotony o energiach 8.0 keV, 15.8 keV i 22.2 keV, co odpowiada liniom fluorescencji K_{α} miedzi, cyrkonu i srebra. Aktywowanie algorytmu MPR, jak wykazano w [IV], umożliwiło prawidłowe rozróżnienie fotonów o różnej energii udowadniając poprawności działania implementacji sprzętowej algorytmu.

Kolejnym zagadnieniem badawczym rozważanym przez Habilitanta jest problem uzyskiwania subpikselowej rozdzielczości, tzn. lepszej niż wynikałoby to z rzeczywistych wymiarów piksela. Rozwiązanie to przedstawiono szczegółowo w publikacji [VI]. Implementacja opracowanego przez Habilitanta algorytmu wymagała znacznego rozwinięcia układów logicznych analizujących sygnały pochodzące z sąsiadujących pikseli, które w podstawowej wersji algorytmu podzielono na 9 pól (środek, 4 narożniki i 4 boki). W wersji udoskonalonej obszar centralny uległ zmniejszeniu, pola narożne podzielono na 4 obszary, a boczne na 2, co dało w sumie 25 pól. Umożliwia to osiągnięcie rozdzielności przestrzennej na poziomie 1/3 fizycznej długości boku piksela. Docelowo sprzętowa implementacja algorytmu została zrealizowana w układzie ASIC zaprojektowanym w technologii 40 nm, a wymiar boku piksela wynosił 50 μm .

Arbitraż pomiędzy poszczególnymi polami analizowanych pikseli dokonywany jest za pomocą układów logicznych Seitz'a, które na podstawie pomiaru czasu w jakim sygnał wyjściowy z danego dyskryminatora pozostaje powyżej pewnej wartości progowej zapewniają to, że dane zdarzenie zostanie przypisane tylko do jednego z analizowanych obszarów. Poprawność działania algorytmu udowodniono przeprowadzając serie symulacji w środowisku System Verilog. W chwili wszczęcia postępowania habilitacyjnego trwały jeszcze testy wstępne wykonanego układu scalonego i nie jest do końca wiadomo czy zakończyły się one pomyślnie.

Ostatnim z prezentowanych osiągnięć badawczych Habilitanta jest algorytm COGITO, który pozwala na przypisanie danego zdarzenia do jednego piksela, zwanego środkiem ciężkości, nawet w przypadku wygenerowania chmury ładunku o złożonym kształcie obejmującej swoim obszarem znaczą liczbę pikseli. Opracowany algorytm został zaimplementowany bezpośrednio w testowym układzie ASIC wykonanym w technologii CMOS 55 nm opisanym w [VII]. Układ ten zawiera stosunkowo niedużą matrycę pikseli z wbudowanymi układami logicznymi, które asynchronicznie przetwarzają sygnały pomiarowe pochodzące ze wzmacniaczy ładunkowych i dyskryminatorów. Zaproponowany algorytm może stać się szczególnie przydatny w niedalekiej przyszłości, gdyż z powodu malejących wraz z postępem technologicznym fizycznych rozmiarów pikseli pojedyncze zdarzenie będzie rejestrowane w coraz to większej ich liczbie.

Podsumowując, należy stwierdzić, że Habilitant po uzyskaniu stopnia doktora konsekwentnie podążał w wyznaczonym przez siebie kierunku badań rozwijając i udoskonalając zaproponowane algorytmy przetwarzające sygnały pomiarowe w detektorach promieniowania jonizującego, dzięki czemu możliwa stała się znaczna poprawa dokładności zliczania oraz zwiększenie rozdzielczości przestrzennej i widmowej. Zaproponowane przez niego rozwiązania ograniczają do niezbędnego minimum część analogową układów, min. nie wymagają stosowania komparatorów, co pozwala ograniczyć negatywny wpływ rozrzutu parametrów procesów technologicznych na dokładność przetwarzania. Ponadto poprawność działania opracowanych przez Habilitanta algorytmów została potwierdzona nie tylko na drodze symulacji lecz także poprzez liczne testy rzeczywistych układów ASIC implementujących te algorytmy.

Zatem należy uznać że tematyka recenzowanego osiągnięcia naukowego zdecydowanie mieści w ramach dyscypliny automatyka, elektronika, elektrotechnika i technologie kosmiczne. Habilitant w sposób nie budzący wątpliwości precyzyjnie określił także swój osobisty wkład w powstanie wieloautorskich publikacji wchodzących w skład osiągnięcia naukowego, co zostało pisemnie potwierdzone przez wszystkich współautorów.

4. Ocena pozostałych osiągnięć naukowo-badawczych

Habilitant od samego początku kariery naukowej brał udział w licznych krajowych projektach badawczych finansowanych z różnych źródeł, min. 2 projektach NCBiR, 3 projektach NCN OPUS (z czego 2 po uzyskaniu stopnia doktora) oraz był kierownikiem projektu NCN PRELUDIUM. Natomiast współpracę z zagranicznymi ośrodkami badawczymi Habilitant podjął jeszcze przed uzyskaniem stopnia doktora będąc wykonawcą w projekcie realizowanym we współpracy z GSI Helmholtzzentrum für Schwerionenforschung w Darmstadt, Niemcy. Po uzyskaniu stopnia doktora Habilitant odbył w okresie pomiędzy 9 stycznia 2016 r. a 16 września 2017 r. 2 staże naukowe, trwające łącznie 16 tygodni, w ośrodku Fermi National Accelerator Laboratory, Batavia, IL, USA. W trakcie tych pobytów był on członkiem zespołu Electrical Engineering Department i uczestniczył w aktualnie prowadzonych w tym ośrodku projektach naukowych. Habilitant brał też czynny udział jako wykonawca w projekcie "Fast prototype ASIC with three energy thresholds for hybrid pixel detector" realizowanego wspólnie z francuskim ośrodkiem synchrotronowym CNRS-CEA SOLEIL znajdującym się w Saint-Aubin pod Paryżem. Był on także wykonawcą w projekcie badawczym "Development of an efficient detector with small pixels and high count rate capabilities optimised for coherent X-ray scattering experiments and suitable to make optimum use of the ESRF-EBS" realizowanym w European Synchrotron Radiation Facility w Grenoble, Francja, mającym na celu optymalizację działania źródła promieniowania synchrotronowego Extremely Brilliant Source.

Wszystkie te instytucje są wiodącymi na świecie ośrodkami naukowymi przeprowadzającymi eksperymenty fizyki wielkich energii. Wyniki prac badawczych, w których uczestniczył Habilitant zostały przedstawione na renomowanych międzynarodowych konferencjach naukowych, bądź też opublikowane w czasopiśmie z listy JCR. Niektóre z tych artykułów należą do recenzowanego osiągnięcia naukowego. Habilitant osobiście zaprezentował wyniki swoich badań w sumie na 19 konferencjach naukowych, z czego w 9 przypadkach były to wystąpienia plakatowe. Po uzyskaniu stopnia doktora liczby te wynoszą odpowiednio 9 i 4.

Dorobek publikacyjny Habilitanta należy uznać za zauważalny. Począwszy od roku 2011 jest on łącznie autorem, bądź też współautorem, 73 publikacji, z czego 44 przed uzyskaniem stopnia doktora. W bazie danych Web of Science Core Collection indeksowanych jest 31 z tych pozycji, włączając w to 19 artykułów opublikowanych w czasopiśmie z listy JCR, w tym 13 po uzyskaniu stopnia doktora. Zgodnie z dostarczoną dokumentacją liczba cytowań bez autocytowań wynosi 294, a wartość indeksu Hirscha Habilitanta jest równa 6. Należałoby jednakże zauważyć, że najczęściej cytowana publikacja jest to pozycja przeglądowa podsumowująca realizację projektu napisana przez kilkunastu autorów. Ponadto czasopismo, w którym została ona opublikowana nie jest przypisane do dyscypliny AEEiTK. Po wykluczeniu tej publikacji z analizy cytowań ich liczba bez autocytowań wynosi jedynie 99, co jednakże nie zmienia wartości indeksu Hirscha Habilitanta bez autocytowań, która jest równa 5.

5. Ocena działalności dydaktycznej, organizacyjnej i popularyzatorskiej

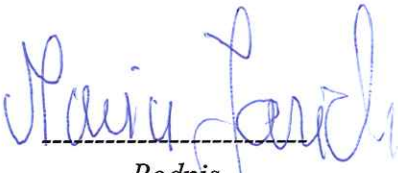
Oceniając działalność dydaktyczną, organizacyjną i popularyzatorską Habilitanta należałoby podkreślić, że jeszcze przed uzyskaniem stopnia doktora uczestniczył on w opracowaniu programu nowego kierunku studiów Mikroelektronika w Technice i Medycynie na Wydziale Elektrotechniki, Automatyki, Informatyki i Inżynierii Biomedycznej AGH. Następnie przez wiele lat opiekował się on kołem naukowym „Silicon Technologies”, które utworzono dla studentów tego kierunku. Był on też wieloletnim członkiem Komitetu Głównego Ogólnopolskiej Olimpiady Wiedzy Elektrycznej i Elektronicznej organizowanej pod patronatem Ministra Edukacji i Nauki oraz Rektora AGH dla uczniów szkół średnich. W uznaniu za zaangażowanie w prace dydaktyczne i organizacyjne uczelni Habilitant został wielokrotnie wyróżniony indywidualnymi i zespołowymi nagrodami rektora AGH.

Habilitant udziela się też na forum międzynarodowym. W 2019 roku był członkiem Technical Program Committee międzynarodowej konferencji 45th European Solid-State Circuits Conference organizowanej w Krakowie, gdzie odpowiadał za recenzowanie i wybór prac nadesłanych w ścieżce tematycznej Data Converters. Habilitant jest także członkiem IEEE i polskiej sekcji jego Solid-State Circuits Society. Recenzuje on także artykuły dla czasopisma IEEE Transactions on Circuits and Systems I: Regular Papers.

6. Wniosek końcowy

Habilitant przez ponad 8 lat po uzyskaniu stopnia doktora konsekwentnie rozwijał i wdrażał w praktyce swoje idee badawcze udowadniając ich naukową słuszność, jak również przydatność aplikacyjną. Zatem należy stwierdzić, że przedstawione przez Habilitanta do recenzji osiągnięcie w postaci cyklu powiązanych tematycznie artykułów naukowych stanowi znaczny wkład w rozwój dyscypliny automatyka, elektronika, elektrotechnika i technologie kosmiczne. Ponadto Habilitant współpracował podczas realizacji swoich badań także z innymi instytucjami naukowymi, w tym zagranicznymi, wykazując się istotną aktywnością naukową.

Wobec powyższego stwierdzam, że zarówno recenzowane osiągnięcie naukowe, jak i cały dotychczasowy dorobek Habilitanta w pełni spełniają wszelkie wymagania art. 219. ust. 1 ustawy z dnia 20 lipca 2018 r. Prawo o szkolnictwie wyższym i nauce (Dz.U. z 2023 r. poz. 742, z późn. zm.) i w związku z tym wnioskuję o dopuszczenie dr. inż. Piotra Otfinowskiego do dalszych etapów postępowania o nadanie stopnia doktora habilitowanego w dziedzinie nauk inżynieryjno-technicznych w dyscyplinie automatyka, elektronika, elektrotechnika i technologie kosmiczne.


Podpis