

Wielokanałowy system pomiaru ładunków w zakresie femtokulombów do zastosowań w detektorach promieniowania rentgenowskiego

mgr inż. Michał Babij

Promotor: prof. dr hab. inż. Karol Malecha

Opiekun pomocniczy: dr inż. Piotr Pyrka

Katedra Mikrosystemów (K71W12ND02)

Wydział Elektroniki, Fotoniki i Mikrosystemów Politechniki Wrocławskiej

Gazowe detektory cząstek elementarnych (MPGD, ang. Micro-Pattern Gaseous Detectors) a w szczególności te oparte na strukturach gazowych powielaczy elektronów (GEM, ang. Gas Electron Multiplier) są obecnie jednym z najczęściej stosowanych typów detektorów w wielkich eksperymentach z dziedziny fizyki wysokich energii (HEP, ang. High Energy Physics). Urządzenia te po miniaturyzacji i uproszczeniu mogą być także zastosowane w dużo mniejszych instalacjach naukowych i przemysłowych. Pierwsze miniaturowe detektory oparte o technologie GEM zaczynają być stosowane także w aplikacjach kosmicznych.

Pierwszym zagadnieniem szczegółowo opisanym w rozprawie jest miniaturyzacja elektronicznego układu pomiaru ładunków, do zastosowania w detektorach MPGD w szczególności GEM. W przeprowadzonych pracach wykorzystane zostały także dedykowane podzespoły wykonane z niskotemperaturowej ceramiki współwypalanej (LTCC, ang. Low Temperature Cofired Ceramics), które umożliwiły znaczną redukcję rozmiarów urządzenia. Cechą charakterystyczną opracowanego rozwiązania było zastosowanie komercyjnie dostępnych elementów elektronicznych w tym układów scalonych, co zwiększa dostępność rozwiązania i obniża koszty.

Aby potwierdzić możliwość zastosowania ceramiki LTCC w układach wejściowych z ładunkami rzędu femtokulombów, opracowano oraz przetestowano dedykowane struktury. Zawierają one matrycę rezystorów stanowiących układ wejściowy konieczny dla poprawnej pracy zastosowanych układów przetwarzających ładunek na wartość cyfrową. Ze względu na brak na rynku past o dużej rezystywności (powyżej $1 \text{ M}\Omega/\square$) zgodnych z procesem DuPont DP951 i umożliwiającymi wykonywanie rezystorów zagrzebanych, wykorzystane zostały pasty do rezystorów powierzchniowych. Wymagało to przeprowadzenia ich charakteryzacji oraz walidacji możliwości ich zastosowania.

W wyniku przeprowadzonych prac opracowano i wytworzono struktury LTCC o zakładanych parametrach. Struktury te zostały zintegrowane z dedykowanym elektronicznym układem pomiaru ładunków w ramach funkcjonalnego detektora GEM. Wykonano serie pomiarów za pomocą opracowanego urządzenia i określono jego parametry takie jak poziom szumu, wzmocnienie i rozdzielczość. Są one porównywalne z innymi rozwiązaniami i potwierdzają zasadność opracowanej konstrukcji w tym zastosowania elementów z ceramiki LTCC.

Drugim zagadnieniem badawczym było opracowanie, wykonanie testów i porównanie parametrów płyt odczytu wykonywanych w różnych technologiach. W ramach doktoratu porównywane były struktury wykonane z: kompozytu warstw poliimidowych z laminatem FR4, ceramiki LTCC oraz laminatu FR4 w klasycznej technologii obwodów drukowanych (PCB, ang. Printed Circuit Board). Na podstawie uzyskanych wyników, określono parametry poszczególnych rozwiązań, ograniczenia danych technologii, oraz potencjalne aplikacje i zastosowania dla różnych typów płyt odczytu.

Badania potwierdziły możliwość zastosowania opracowanych struktur zbierających ładunki (CCS, ang. Charge Collection Structure) w miniaturowych detektorach GEM, także do zastosowań kosmicznych.

Michał Babij