

Rodzaj pracy –rozprawa doktorska

Mgr inż. Marcin Ziembicki

Tytuł rozprawy doktorskiej: „Scintillating Fiber Detectors for High Energy Physics Experiments”

Promotor – dr hab. inż. Janusz Marzec, prof. uczelni

Streszczenie

Jedną z powszechnie stosowanych i wciąż rozwijanych technik wykorzystywanych do śledzenia torów cząstek w eksperymentach fizyki wysokich energii są detektory śladowe wykonane z plastikowych światłowodów scyntylacyjnych. Swoją popularność zawdzięczają szeregowi zalet, spośród których najważniejsze obejmują: doskonałą rozdzielczość czasową, bardzo dobrą rozdzielczość przestrzenną, wysoką odporność na promieniowanie jonizujące, zdolność do pracy przy wysokich częstościach zliczeń oraz możliwość wyprodukowania niemal dowolnego kształtu detektora.

Proces konstrukcji detektora śladowego opartego o światłowody scyntylujące jest dość złożony i wymaga dogłębnej wiedzy na temat szeregu zagadnień, obejmujących m.in.: mechanizmy oddziaływania cząstek z materią, proces scyntylacji, optykę detektora, detekcję słabych impulsów świetlnych przy wykorzystaniu ultraczułych fotodetektorów, układów elektronicznych wykorzystywanych do akwizycji sygnałów, a także metod przetwarzania sygnałów związanych z estymacją czasu trafienia oraz położenia toru cząstki. Zazwyczaj budowa detektora jest związana z wielokrotnymi konsultacjami pomiędzy fizykami i inżynierami. W związku z tym, jednym z kluczowych aspektów tego procesu jest możliwość szybkiego przewidywania parametrów detektora na podstawie określonych decyzji konstrukcyjnych, umożliwiając tym samym ocenę, czy budowane urządzenie spełnia wymogi stawiane przez konieczność pomiaru badanych procesów fizycznych. W związku z tym, zazwyczaj w pierwszej kolejności opracowywane są szczegółowe modele numeryczne projektowanego detektora, które są następnie weryfikowane przy użyciu symulacji Monte-Carlo oraz dedykowanych pomiarów. Wnioski płynące z tych działań są następnie uwzględniane w projekcie, często prowadząc do zmiany pierwotnych założeń konstrukcyjnych. Istnieją jednak sytuacje, w których ograniczenia czasowe związane z realizacją projektu uniemożliwiają tego typu prace badawczo-rozwojowe. Niniejsza rozprawa stanowi przykład takiego projektu, w którym w związku z zaistnieniem nieprzewidzianych okoliczności konieczne było zaprojektowanie i zbudowanie nowego detektora, w czasie krótszym niż cztery miesiące, co stanowiło to nie lada wyzwanie.

Prezentowane prace objęły pełny proces projektowania i konstrukcji światłowodowego detektora śladowego zbudowanego z plastikowych włókien scyntylacyjnych, a także analizę jego osiągnięć. W pierwszej kolejności dokonano analizy teorii leżącej u podstaw działania tego typu detektora, dzięki czemu możliwe było wyprowadzenie formuł pozwalających na zgrubną estymację parametrów detektora, które następnie zostały wykorzystane w procesie projektowania. Kolejna część pracy wprowadza teorię w życie, stosując ją do sformułowania wymagań i walidacji koncepcji detektora. W kolejnych rozdziałach przedstawiono opis procesu konstrukcyjnego fizycznie zrealizowanego detektora, a także analizę rzeczywistych osiągnięć detektora w odniesieniu do wcześniej wykonanych szacunków. Uzyskano dobrą zbieżność osiągnięć detektora z estymatami wynikającymi z teorii, co należy uznać za sukces, zważywszy na brak możliwości opracowania szczegółowego modelu całego

systemu. Badanie zostały wykonane za pomocą wiązki elektronowej wyprodukowanej przez akcelerator ELSA.

Zamysłem autora niniejszej rozprawy było stworzenie dokumentu, który z jednej strony zaprezentuje metodę budowy poprawnie działającego światłowodowego detektora śladowego, bez konieczności czasochłonnego opracowania szczegółowych modeli jego wszystkich elementów. Z drugiej strony, zgrupowanie większości aspektów związanych z funkcjonowaniem detektora może być pomocne także dla osób zaangażowanych w utrzymanie infrastruktury, gdyż może dać wskazówki odnośnie przyczyn potencjalnych awarii bądź osiągnięć poniżej oczekiwań. Ponadto, pewne zagadnienia dyskutowane w pracy, związane z fotodetektorami, systemami odczytu oraz algorytmami przetwarzania sygnałów mogą być użyteczne także w innych obszarach techniki.