

Dr hab. Seweryn Kowalski
Instytut Fizyki
Uniwersytet Śląski w Katowicach

Recenzja pracy doktorskiej Pana Przemysława Kuliga pt. „Modeling of the signal induced by the charge particles in silicon detector by Gaussian clouds dynamics method”

Detektory krzemowe odgrywają istotną rolę w szerokim spektrum zastosowań naukowych i technologicznych, szczególnie ze względu na ich zdolność do precyzyjnej rejestracji promieniowania jonizującego. W diagnostyce medycznej, zwłaszcza w tomografii komputerowej (CT) oraz radioterapii, wykorzystywane są do monitorowania i kontrolowania dawek promieniowania, co przekłada się na zwiększenie precyzji diagnostycznej oraz optymalizację terapii z wykorzystaniem promieniowania. W systemach przemysłowych i bezpieczeństwa detektory krzemowe znajdują zastosowanie w skanerach rentgenowskich, gdzie służą do kontroli jakości materiałów i detekcji substancji niebezpiecznych.

W kontekście badań naukowych, szczególnie w fizyce cząstek elementarnych i fizyce jądrowej, detektory te stanowią kluczowe narzędzie do pomiaru produktów zderzeń. Dzięki wysokiej rozdzielczości przestrzennej i energetycznej, umożliwiają precyzyjne określenie zarówno energii, jak i trajektorii cząstek przechodzących przez ich strukturę. Detektory krzemowe są również integralnym elementem układów teleskopowych, składających się z cienkich i grubych warstw detekcyjnych, które pozwalają na dokładną identyfikację fragmentów cząstek powstających w wyniku zderzeń. Ponadto, zaawansowane techniki analizy kształtu impulsu (ang. Pulse Shape Analysis, PSA) umożliwiają identyfikację zarejestrowanych zdarzeń, co istotnie zwiększa zdolność detekcji i rozróżniania różnych typów cząstek.

Niniejsza praca, autorstwa Pana Przemysława Kuliga, koncentruje się na badaniach parametrów wpływających na proces generacji sygnału w detektorach krzemowych. Głównym celem pracy było określenie czynników oddziałujących na efektywność zbierania nośników ładunku generowanych przez rejestrowane cząstki. Przedstawione w pracy wyniki mogą stanowić podstawę do przyszłych działań mających na celu poprawę izotopowej

Dr hab. Seweryn Kowalski
Instytut Fizyki
Uniwersytet Śląski w Katowicach

zdolności rozdzielczej detektorów. Testowane parametry mają istotny wpływ na wydajność metody PSA (Pulse Shape Analysis).

W pracy przeprowadzono symulacje numeryczne oparte na modelu Dynamiki Chmur Gaussowskich (GCD), który uwzględnia oddziaływania pomiędzy chmurami elektronów i dziur w polu elektrycznym detektora krzemowego. Model ten, ze względu na swoją prostotę i zastosowanie rozkładów Gaussa do opisu chmur nośników, ułatwia przewidywanie zachowania układu w różnych warunkach.

Przedstawiona do recenzji dysertacja składa się z dziesięciu rozdziałów, w tym wstępu i podsumowania. Praca rozpoczyna się od zwięzłego streszczenia (rozdział pierwszy), które przedstawia zawartość dysertacji oraz podjęty problem badawczy. W rozdziale drugim autor prezentuje skrótowy opis oddziaływania naładowanych cząstek z materią, omawiając takie pojęcia jak krzywa Bragga oraz formułę Bethe-Blocha służącą do obliczania strat energii, ilustrując jednocześnie jej zastosowanie. Rozdział trzeci poświęcony jest technikom identyfikacji cząstek stosowanym w fizyce jądrowej. Autor skupia się głównie na technikach opartych na pomiarach strat energii (dE-E) oraz metodach wykorzystujących analizę kształtu impulsu cząstek. Szczególną uwagę poświęca sposobom montażu detektorów krzemowych w kierunku wiązki. Rozdział czwarty wprowadza i szczegółowo omawia model Dynamiki Chmur Gaussowskich oraz jego implementację. Piąty rozdział zawiera ogólne wyniki uzyskane w wyniku zastosowania tego modelu. Najistotniejszy, w mojej opinii, jest rozdział szósty, który opisuje przeprowadzone symulacje oraz uzyskane wyniki w kontekście optymalizacji identyfikacji cząstek z wykorzystaniem analizy kształtu impulsu. Autor bada wpływ zmiennych parametrów modelu na jakość identyfikacji. W rozdziale siódmym, na podstawie wyników modelu GCD, autor generuje kształty impulsów pochodzących z detektorów krzemowych i analizuje, jak wybór parametrów wpływa na charakterystykę tych impulsów. Z kolei rozdział ósmy szczegółowo omawia wpływ temperatury na parametry krytyczne dla analizy kształtu impulsu. Ostatni rozdział zawiera podsumowanie pracy oraz możliwe kierunki rozwoju modelu, co otwiera perspektywy dalszych badań w tym obszarze.

Dr hab. Seweryn Kowalski
Instytut Fizyki
Uniwersytet Śląski w Katowicach

W mojej ocenie dużą wartością tej pracy jest opracowanie stosunkowo prostego modelu do opisu właściwości pomiarowych detektorów krzemowych. Przeprowadzone badania mogą przyczynić się do poprawy możliwości identyfikacji cząstek za pomocą tych detektorów. Autor zidentyfikował również kluczowe parametry modelu, które w istotny sposób wpływają na odpowiedź detektora krzemowego, co stanowi istotny krok w kierunku optymalizacji ich działania.

Mam następujące uwagi i pytania dotyczące sposobu przeprowadzenia analizy przez autora oraz interpretacji uzyskanych wyników:

- Autor w pracy wielokrotnie podkreśla, że wyniki modelu odzwierciedlają dane eksperymentalne, jednakże znalazłem jedynie jeden wykres (7.5) wspierający tę tezę. Dlaczego nie przeprowadzono bardziej szczegółowej analizy porównawczej?
- W pracy znajduje się obszerny opis możliwości rozwoju oprogramowania (rozdział 4.5), jednak te elementy nie zostały wdrożone. Dlaczego autor nie zdecydował się na ich implementację?
- Nie jest dla mnie jasne, jaki był faktyczny wkład autora w projekt. Czy prowadził symulacje, napisał oprogramowanie, czy brał udział w tworzeniu modelu? W tym miejscu przydałoby się bardziej szczegółowe wyjaśnienie.
- Brakuje mi również zwięzłego podsumowania. Autor przedstawia przeprowadzoną analizę, jednak nie znajduję jednoznacznej informacji, które parametry okazały się lepsze, a które gorsze w kontekście analizy kształtu impulsu.

Rozprawa doktorska Pana Przemysława Kuliga została napisana w języku angielskim, a użyty język jest klarowny i zrozumiały, co sprawia, że jej lektura przebiega płynnie. Choć nie posiadam pełnej wiedzy specjalistycznej, aby kompleksowo ocenić język, muszę zwrócić uwagę na kilka drobnych błędów redakcyjnych. Błędy te są jednak nieznaczne i nie mają istotnego wpływu na ogólną jakość pracy.

Uważam, że przedstawiona rozprawa wnosi istotny wkład w symulacje odpowiedzi detektorów krzemowych, pozwalając na określenie optymalnych parametrów pracy tych urządzeń. Wyniki te mogą w przyszłości wspierać wybór odpowiednich projektów detektorów krzemowych w zależności od ich zastosowania.

Chorzów, 04.10.2024

Dr hab. Seweryn Kowalski
Instytut Fizyki
Uniwersytet Śląski w Katowicach

Podsumowując, rozprawa doktorska Przemysława Kuliga dostarcza wartościowych i oryginalnych wyników, spełniając wszystkie wymagania stawiane pracom doktorskich. W związku z tym wnioskuję o dopuszczenie pracy do dalszych etapów postępowania o nadanie stopnia doktora.

Dr hab. Seweryn Kowalski

