

Streszczenie

Compact Linear Collider (CLIC) jest projektem przyszłego liniowego zderzacza elektron-pozyton, który może osiągać energię zderzeń w zakresie TeV. Wysokie intensywności i nanometrowe rozmiary wiązek są konieczne aby uzyskać wymaganą przez przyszły eksperyment świetlnność. Restrykcyjne wymagania prowadzą do licznych wyzwań w projekcie przyszłego akceleratora i detektora. Niniejsza rozprawa koncentruje się na badaniu sprawności systemu dostarczania wiązki (BDS) i detektora dla CLIC dla dwóch energii zderzeń, 380 GeV i 3 TeV. Wzięto pod uwagę wpływy impedancji ścian jonowodu, emisji i odbić promieniowania synchrotronowego oraz efekty tła pochodzącego z oddziaływań wiązek.

Promienie wewnętrzne jonowodu w BDS zostały oszacowane biorąc pod uwagę ograniczenia wynikające z rozmiarów wiązek i wpływu impedancji ścian jonowodu. Symulacje wpływu impedancji na stabilność wiązek wykonano w programie PyHEADTAIL, a wpływ na świetlnność symulowano w Guinea-Pig. Dla obu energii zderzenia, promienie jonowodu musiały zostać powiększone w Final Focus System (FFS) w celu uzyskania wymaganej stabilności wiązek i świetlności.

Emisję promieniowania synchrotronowego (SR) symulowano przy pomocy programów PLACET i Synrad+. Odkryto, iż znaczna moc jest emitowana przez wiązki w BDS w postaci SR: 16 W dla 380 GeV i 2.2 kW dla 3 TeV. Energia zdeponowana przez fotony w jonowodzie prowadzi do fotoemisji elektronów i rozgrzewania się materiału. Emisja fotoelektronów jest na znacznie niższym poziomie niż w przypadku kołowych zderzaczy elektron-pozyton i nie stanowi ograniczenia sprawności akceleratora, natomiast rozgrzewanie się jonowodu stanowi istotny problem, który musi zostać rozwiązany dla energii zderzeń 3 TeV. Liczba fotonów, która na skutek odbić od jonowodu może oddziaływać z detektorem jest znacząca gdy jonowód zbudowany jest z żelaza lub miedzi i ma średnią chropowatość powierzchni w zakresie od 10 nm do 1 μ m. W symulacjach w GEANT4, duża liczba fotonów skutkuje wysoką liczbą zderzeń z czułym materiałem detektorów śledzących. Czas martwy w pierwszej podwójnej warstwie detektora wierzchołkowego osiąga 100%, znacznie powyżej akceptowalnego poziomu 3%. Z powodu wysokiej gęstości niechcianych interakcji, rozważono różne metody zmniejszenia wpływu fotonów SR na detektor. Najlepszym rozwiązaniem jest zmniejszenie prawdopodobieństwa odbicia fotonu poprzez zwiększenie chropowatości ścian jonowodu. Całkowite usunięcie fotonów SR z akceptancji detektora jest możliwe gdy taka powierzchnia jest wykorzystana w ostatnich 30 m BDS.

Tło pochodzące z interakcji elektron-pozyton było symulowane przy użyciu Guinea-Pig wykorzystując wiązki elektronów i pozytonów które zostały przetransportowane przez BDS przy użyciu programu PLACET z uwzględnieniem efektów dynamiki nieliniowej. Interakcje cząstek tła z detektorem były symulowane w GEANT4. Czas martwy obliczony z gęstości zderzeń cząstek tła z detektorem wierzchołkowym osiągnął maksymalny akceptowalny poziom 3% w części detektora położonej najbliżej punktu interakcji dla energii 3 TeV. Czas martwy dla energii 380 GeV jest niższy niż dla energii 3 TeV, przynajmniej o czynnik równy trzy w detektorach śledzących. Wysokie czasy martwe, osiągające 100%, znalezione zostały w przednich częściach kalorymetru hadronowego (HCal) oraz systemu identyfikacji mionów (MuonID). Mogą one zostać zredukowane przy wykorzystaniu kombinacji ekranowania kompozytowa tarczą złożoną z warstw ołowiu i polietylenu, oraz zwiększeniu granularności detektorów. MuonID nie wymaga zwiększenia granularności, natomiast konieczne jest wykorzystanie dodatkowej tarczy w dodatku do tarczy ekranującej HCal. Wykorzystując powyższe metody, czas martwy w HCal i MuonID jest zmniejszony do akceptowalnego poziomu poniżej 10%.

tło wiązka-wiązka, impedancja jonowodu, promieniowanie synchrotronowe, zderzacz liniowy, CLIC