

Non-invasive Beam Diagnostics with Schottky Signals and Cherenkov Diffraction Radiation

Streszczenie

W rozprawie przedstawiono postępy dokonane w dwóch technikach nieinwazyjnej diagnostyki wiązki, analizie sygnałów Schottky'ego i obserwacji dyfrakcyjnego promieniowania Czerenkowa (ChDR).

Sygnały Schottky'ego przejawiają się w natężeniu wiązki w postaci szumu statystycznego, który można analizować po przetworzeniu na domenę częstotliwości. Analiza sygnałów Schottky'ego jest fundamentalną techniką pomiaru parametrów ciągłych wiązek hadronów, ale zadanie to jest znacznie trudniejsze w przypadku wiązek przyspieszanych systemami RF, czyli posiadających strukturę paczek. W rozprawie doktorskiej zaproponowano i rozwinięto nowe podejście oparte na symulacji sygnałów Schottky'ego i porównywaniu ich z uzyskanymi eksperymentalnie. Odpowiednie charakterystyki wiązki służą jako parametry wejściowe do symulacji, a przy pomocy procedur optymalizacyjnych dopasowuje się wartości, które najlepiej odtwarzają mierzone rozkłady sygnałów Schottky'ego. Proponowane podejście zostało zastosowane do danych uzyskanych przez monitor sygnałów Schottky'ego w Wielkim Zderzaczu Hadronów (LHC) i porównane z wynikami alternatywnych technik pomiarowych. Usystematyzowano również pewne elementy teorii opisującej sygnały Schottky'ego dla wiązek o strukturze paczek. Pozwoliło to na formalne wyprowadzenia zależności między szerokością spektralną widma Schottky'ego a wartością chromatyczności wiązki.

W drugiej części rozprawy omówiono zastosowanie dyfrakcyjnego promieniowania Czerenkowa w diagnostyce wiązki. Koncepcja ta jest stosunkowo nowa i nadal wymaga szeroko zakrojonych badań zarówno z teoretycznego, jak i praktycznego punktu widzenia. Po krótkiej prezentacji dotychczas stosowanych teoretycznych modeli emisji ChDR w prostych geometriach, przedstawione są systematyczne badania jak parametry wiązki wpływają na właściwości emitowanego promieniowania. Uzupełnieniem tego jest opis nowego modelu półanalitycznego, który pozwala na obliczenie oczekiwanej intensywności promieniowania w przypadku bardziej złożonych wielowarstwowych radiatorów, i wypełnia lukę między uproszczonymi modelami teoretycznymi, a często bardzo czasochłonnymi szczegółowymi symulacjami. Możliwości zaproponowanej metody ilustrują badania wpływu cienkich powłok osadzonych na powierzchni radiatora, zarówno w celu wzmocnienia sygnału, jak i złagodzenia niepożądanych efektów, takich jak tworzenie się chmur elektronowych. W dalszych rozdziałach pracy przedyskutowano możliwości zastosowania urządzeń diagnostycznych opartych na ChDR w Wielkim Zderzaczu Hadronów. Drugą część rozprawy kończy opis dedykowanego eksperymentu przeprowadzonego w 2021 roku na akceleratorze CLEAR w CERN, którego celem było zrozumienie zakresu stosowalności obecnie używanych modeli teoretycznych ChDR. Przedstawiono analizę wyników eksperymentu, które nie potwierdzają weryfikowanych modeli i mogą stanowić punkt wyjściowy do dalszych badań nad zastosowaniem ChDR w diagnostyce wiązki.