

Abstract

Il cristallo curvo può effettivamente deflettere il fascio delle particelle cariche mediante effetti coerenti nel campo elettrico del reticolo cristallino. Poiché il questo campo è più di un ordine di grandezza più forte del campo che può essere ottenuto nei moderni magneti superconduttori, un cristallo curvo può essere considerato un elemento degli acceleratori molto prospettico. Può essere applicato in particolare, per gli scopi di estrazione o collimazione a base del cristallo. Inoltre la deflessione nel forte campo elettrico cristallino è molto promettente per la generazione di radiazione elettromagnetica intenso.

Pertanto, lo sviluppo degli schemi nuovi per deflessione delle particelle cariche ad alta efficienza mediante gli effetti coerenti è dell'importanza fondamentale per la fisica degli acceleratori. In questo lavoro vengono proposti e sviluppati i schemi nuovi. I questi schemi sono studiati con gli simulazioni, usando il codice CRYSTAL specialmente sviluppato. Inoltre, alcuni schemi sono verificati sperimentalmente, non solo prevedendo una visione della fisica delle interazioni coerente in un cristallo curvo, ma fornindo anche un feedback sull'affidabilità delle simulazioni.

Il codice CRYSTAL è stato sviluppato per calcolare le traiettorie delle particelle cariche nel campo elettrico interplanare o interassiale, tenendo in conto dello scattering incoerente su i nuclei e gli elettroni. Il vantaggio del questo codice è la simulazione della soppressione dello scattering multiplo incoerente a causa della presenza di una struttura cristallina. Inoltre, il codice supporta la variazione dei parametri iniziali, consentendo di calcolare un set dei dati per un set delle valori dei parametri iniziali durante una sola esecuzione del codice. La parallelizzazione MPI consente di applicare il codice al supercomputer, sebbene molti casi possano essere calcolati in una macchina personale. Il questo codice è stato applicato per le simulazioni di tutti gli effetti coerenti, studiati in questo lavoro.

Sono stati studiati, simulati e ottimizzati gli schemi diversi di deflessione dei protoni con l'energia del Future Circular Collider di 50 TeV, in particolare gli effetti del volume reflection, del multiple volume reflection in one bent crystal (MVROC) e nella sequenza dei cristalli curvi. Un altro schema importante è stata la combinazione dell'effetto di channeling planare e MVROC usando channeling nei piani cristallini inclinati. Ciò consente di aumentare l'accettazione angolare di channeling e di applicare MVROC alle particelle non catturate nelle condizioni di channeling. Il cristallo curvo in questo caso funzionerà anche come il separatore del fascio. Inoltre channeling può essere amplificato con applicazione del taglio piano stretto, riducendo lo spazio delle fasi delle particelle positive in channeling. È stato dimostrato che la combinazione del questo effetto con channeling in piani inclinati consente di raggiungere l'efficienza di deflessione fino al 99,9%.

In questo lavoro, channeling e volume reflection degli elettroni di sub-GeV in un cristallo curvo vengono studiate sperimentalmente e con le simulazioni. Viene riportata un'efficienza di channeling record di 40% degli elettroni di 855 MeV in un cristallo curvo di silicio presso Mainzer Mikrotron MAMI. Ciò diventa possibile con l'applicazione di un cristallo curvo ultracorto da 15 μm , riducendo considerevolmente il contributo dello scattering incoerente rispetto a tutti i casi precedentemente considerati. Inoltre, viene riportata la prima evidenza di channeling delle particelle negative nel cristallo curvo del germanio all'energie di sub-GeV. In entrambi i casi sono state eseguite le misure della lunghezza dechanneling, dell'efficienza di channeling e degli angoli di volume reflection. I risultati sono in accordo con la teoria e le simulazioni.

L'effetti nuovi, legati al processo di channeling planare, sono previsti, ovvero l'oscillazioni di channeling e quasichanneling planare nelle distribuzioni dell'angolo di deflessione. L'idea dei questi effetti consiste nella trasformazione dell'oscillazioni di una particella, essendo in condizioni di channeling, o di una particella sopra-barriera, che si muove ancora a un angolo piuttosto piccolo rispetto un piano di cristallo, in una serie dei picchi nella distribuzione angolare del fascio deflesso da un cristallo curvo. L'oscillazioni planari di channeling nella distribuzione angolare di deflessione

si rappresentano da picchi equidistanti e possono essere rivelate solo per le particelle positive. L'oscillazioni di quasichanneling sono rappresentate da picchi non equidistanti e possono essere osservate per le particelle di entrambi i segni. Il modello teorico di entrambi i tipi di picchi è stato creato e verificato mediante gli simulazioni.

Inoltre, la prima osservazione sperimentale dell'oscillazioni planari di quasichanneling è riportata per gli elettroni e per i positroni di 20.35 GeV. L'esperimento è stato condotto presso lo SLAC Facility for Advanced Accelerator Experimental Tests. Le posizioni dei picchi misurate erano in accordo con la teoria e le simulazioni fatti con il codice CRYSTAL.

Entrambi i tipi dell'oscillazioni possono essere applicati per la misurazione e la regolazione dell'allineamento dei cristalli al fine di raggiungere l'efficienza di channeling più alta. In particolare, la procedura di fitting delle posizioni dei picchi delle oscillazioni di quasichanneling, eseguite in questo lavoro, consente di misurare l'allineamento del cristallo e la sua curvatura, usando solo una distribuzione dell'angolo di deflessione.

Tutti i risultati del questo lavoro sono rilevanti per l'applicazione degli cristalli curvi in futuri progetti degli acceleratori e delle collidere per la collimazione del fascio e gli scopi di estrazione, nonché per la generazione di radiazione elettromagnetico intenso.