

A novel application of silicon carbide detectors for identification of nuclear fragments in heavy ion collisions: characterization and first beam tests

Candidato: Caterina Ciampi

Relatore: prof. Gabriele Pasquali
(e-mail: pasquali@fi.infn.it)

Una delle nuove frontiere della fisica nucleare è lo studio di fenomeni aventi sezione d'urto molto piccola, tale da richiedere alta luminosità di fascio ed alto potere di selezione da parte dell'apparato di misura, al fine di poter acquisire un numero sufficiente di eventi di interesse nel tempo di misura a disposizione. Questo tipo di esperimenti richiederà apparati in grado di identificare i frammenti nucleari prodotti in collisioni nucleo-nucleo e di misurarne l'energia in un contesto di elevata fluenza di particelle incidenti. È il caso di NUMEN (NUclear Matrix Elements of Neutrinoless double beta decay by heavy ion double charge exchange reactions) che richiederà sia un aumento di luminosità del Ciclotrone Superconduttore dei Laboratori Nazionali del Sud dell'INFN sia la sostituzione degli elementi del rivelatore di piano focale dello spettrometro magnetico MAGNEX, attualmente rivelatori a silicio, con altri elementi meno sensibili al danneggiamento da radiazione.

Uno dei materiali attualmente candidato a sostituire il silicio in situazioni di elevata fluenza è il carburo di silicio (SiC). Questo lavoro si è svolto nell'ambito di una "call" dell'INFN chiamata SiCILIA (Silicon Carbide detectors for Intense Luminosity Investigations and Applications) avente come scopo la progettazione e la realizzazione di rivelatori a SiC di nuova generazione, adatti a sostituire i rivelatori a silicio, ad esempio come elementi di telescopi $\Delta E - E$ per l'identificazione di frammenti nucleari carichi. Infatti, non esistono attualmente in commercio rivelatori basati su SiC aventi le caratteristiche desiderate. Il gruppo di Ioni Pesanti della Sezione di Firenze dell'INFN è coinvolto in SiCILIA, in particolare, per la sua esperienza nel campo dei telescopi $\Delta E - E$ e della discriminazione di forma (PSD da Pulse Shape Discrimination). Quest'ultima è una tecnica che consente di identificare, come numero atomico (Z) e numero di massa (A) i frammenti che si fermano in un rivelatore, studiando l'andamento temporale del segnale prodotto dal rivelatore stesso.

Nell'ambito di questo lavoro è stata messa a punto, nel Laboratorio Rivelatori del gruppo Ioni Pesanti, una camera a vuoto per la caratterizzazione dei rivelatori mediante sorgente alfa. L'assemblaggio di questa camera e di un sistema di acquisizione dedicato, basato su digitalizzatori, ha permesso di studiare i primi prototipi di rivelatori a giunzione p/n in SiC arrivati a Firenze. I prototipi sono stati prima caratterizzati elettricamente, registrando le loro curve capacità-tensione e corrente-tensione grazie al sistema di misura della Sezione di Firenze dell'INFN. Successivamente sono stati irradiati con particelle alfa, studiandone l'efficienza di raccolta di carica e la risoluzione energetica.

Ai fini della PSD, è molto importante che il drogaggio del rivelatore sia molto uniforme. Serve quindi un sistema in grado di valutare l'uniformità di drogaggio dei rivelatori a semiconduttore. Nell'ambito di questo lavoro un sistema per la mappatura della resistività mediante particelle alfa o protoni è stato messo a punto presso la linea di misura DEFEL del LaBeC (Laboratorio Beni Culturali) di Firenze. Il metodo è adatto per rivelatori di spessore molto maggiore del range delle particelle alfa o dei protoni nel materiale. Al momento a Firenze non sono disponibili rivelatori a SiC con tali caratteristiche ma il sistema è stato provato con buoni risultati su rivelatori a silicio di cui è nota l'uniformità di drogaggio.

Recentemente è stato possibile provare sotto fascio alcuni rivelatori a SiC aventi area attiva $1 \times 1 \text{ cm}^2$, fra cui i primi due prototipi di maggior spessore ($100 \mu\text{m}$). Tre rivelatori a SiC sono stati montati in due telescopi $\Delta E - E$ nella camera di scattering CICLOPE dei Laboratori Nazionali del Sud. Questo ha permesso di verificarne il funzionamento per l'identificazione dei frammenti nucleari prodotti nelle reazioni $^{40,48}\text{Ca} + ^{12}\text{Ca}$ a 20 MeV/nucleone e 40 MeV/nucleone. Si tratta, a nostra conoscenza, della prima misura in cui rivelatori di questo tipo sono utilizzati in un telescopio $\Delta E - E$. I risultati ottenuti sono più che soddisfacenti, anche se l'analisi dati è ancora in una fase preliminare. I futuri sviluppi prevedono fra l'altro un approfondimento dell'indagine condotta finora per la caratterizzazione dei rivelatori, l'acquisizione di mappe di resistività per i rivelatori a SiC spessi, lo studio degli effetti del danneggiamento da radiazione sulle prestazioni dei rivelatori.