



*Istituto Nazionale di Fisica Nucleare (INFN)
Laboratori Nazionali di Frascati*

Divisione Ricerca

Frascati 28 agosto 2013

All'Unità per la Cooperazione Scientifica e Tecnologica
Direzione Generale per la Promozione del Sistema Paese
Ministero degli Affari Esteri

PROGETTO DI GRANDE RILEVANZA

Protocollo Esecutivo Italia-Cina 2013

Relazione sullo stato di avanzamento del progetto “Realizzazione di un prototipo di rivelatore di particelle cariche di forma cilindrica con tecnica GEM –Gas Electron multiplier– e lettura analogica dei dati”

Essendo questa la prima relazione circa lo stato di avanzamento del relativo progetto, riteniamo utile ricordarne le motivazioni e il contesto con alcuni paragrafi introduttivi.

Il prototipo in questione è finalizzato allo sviluppo e messa a punto di una tecnica per la sostituzione di un altro rivelatore (Inner Drift Chamber, o IDC) attualmente funzionante e in presa dati presso l'esperimento BESIII, al laboratorio IHEP (Institute for High Energy Physics) di Beijing.

L'IDC, già a partire dal 2011, ha evidenziato segni progressivi di deterioramento da irradiazione, dovuti fra l'altro ad un aumento della produzione di particelle per unità di tempo (o “luminosità”) da parte dell'acceleratore presso cui il rivelatore BESIII è installato. E' opportuno notare come un tale aumento, attivamente perseguito dai fisici dell'acceleratore, sia un fatto di per sé positivo, in quanto permette la raccolta di un maggior numero di dati per unità di tempo, e conseguentemente un miglioramento della qualità dei risultati di fisica prodotti.

Purtroppo, a tale aumento di luminosità ha fatto seguito un aumento della radiazione di fondo prodotta dall'acceleratore, con conseguente aumento della ionizzazione nell'IDC, e aumento della deposizione sui fili dell'IDC di materiale isolante, origine di scariche e malfunzionamenti. Tale problema ha forzato l'esperimento BESIII a ridurre l'alta tensione a cui l'IDC lavora, per preservarne il funzionamento il più a lungo possibile. La riduzione dell'alta tensione ha però a sua volta ridotto la capacità dell'IDC di effettuare buone misure.

Tale quadro di fenomeni è caratteristico di tutti i rivelatori a fili.

Al CERN di Ginevra, a partire circa dal 2000, è stata messa a punto una tecnica differente, in cui la ionizzazione non avviene su fili metallici ma all'interno di particolari fogli di materiale

conduttivo, le GEM, prodotti (tuttora unicamente presso il CERN) con tecniche di tipo fotolitografico. Tale tecnica, utilizzata ai Laboratori Nazionali di Frascati (LNF) dell'INFN per realizzare l'Inner Tracker del rivelatore KLOE (KLOE-IT) che andrà in presa dati nel 2014, risulta molto meno problematica rispetto alla tecnica tradizionale dei fili metallici in presenza di forte radiazione ambiente.

Il nostro gruppo ha conseguentemente deciso di realizzare un prototipo di rivelatore di questo genere (CGEM-IT), di forma cilindrica come il KLOE-IT, ma utilizzando una lettura dei dati analogica invece che digitale: in altri termini, in ogni punto del CGEM-IT, invece di una informazione sì/no, viene registrata una carica. Ciò permette di migliorare di molto la precisione delle misure, e costituisce il punto più qualificante e innovativo di questo progetto.

Abbiamo inoltre ritenuto essenziale scegliere dimensioni e struttura generale del prototipo in modo tale che questo possa, passati con successo una serie di test, entrare effettivamente a far parte di BESIII, nel quadro di una sostituzione dell'IDC con un CGEM-IT.

STATO DEL PROGETTO AL 20 AGOSTO 2013

E' innanzitutto da registrare l'aumento dei membri del gruppo Italiano, sia nei LNF che nella Sezione di Torino, e l'ingresso di una nuova Sezione dell'INFN, quella di Ferrara. Il numero totale di ricercatori Italiani coinvolti nel progetto è passato da 8 a 30, per un totale di più di 14 FTE (ricercatori Full Time Equivalent).

I task per l'intero progetto sono così suddivisi:

- la Sezione di Ferrara avrà la responsabilità di disegnare il sistema di acquisizione del prototipo planare, di ottimizzare i disegni degli anodi di readout dal punto di vista delle capacità parassite (in collaborazione con LNF), e di produrre i mandrini cilindrici di precisione per la costruzione del CGEM-IT
- i LNF, in collaborazione con Ferrara e Torino, attueranno il test in cosmici del prototipo planare; organizzeranno i tools e le procedure relative alla clean room, produrranno tutti i layer del prototipo cilindrico e li assembleranno
- la Sezione di Torino avrà il compito di progettare e produrre i nuovi chip per la lettura analogica dei dati, in collaborazione con i LNF per le schede VME del sistema di acquisizione
- i collaboratori di IHEP daranno la consulenza necessaria alla definizione dell'interfaccia con BESIII, sia per l'hardware che per le modifiche al software di ricostruzione, e parteciperanno alla progettazione dei chip analogici a Torino e ai lavori di costruzione e assemblaggio del prototipo ai LNF

Gli obiettivi da realizzare nel 2013 per il nostro Progetto sono stati definiti come segue:

- 1) coinvolgimento di collaboratori Cinesi per lo scambio di informazioni relative all'IDC: dimensioni, struttura e tipo di supporti, sistemi di gas e alta tensione, slow controls, DAQ, necessari perchè il prototipo possa funzionare come parte del CGEM-IT. Misure di fondi macchina e simulazioni Monte Carlo
- 2) costruzione e test di un rivelatore planare di piccole dimensioni, necessario per testare rapidamente ed economicamente diversi tipi di elettrodi di lettura
- 3) recupero e riadattamento della camera pulita ai LNF e relativa attrezzatura
- 4) finalizzazione studi e disegni costruttivi per la realizzazione del prototipo circolare, con l'eccezione dei fogli di readout
- 5) ordine presso il CERN del materiale per il catodo del prototipo circolare e dei 3 fogli di GEM

Di seguito viene illustrato lo stato di avanzamento di ciascun punto

1) Lavori dei collaboratori Cinesi

A tal riguardo è stato tenuto ai LNF un workshop ad aprile:

<http://agenda.infn.it/conferenceDisplay.py?confId=6213>

durante il quale i collaboratori di IHEP hanno presentato risultati sulla quantità di radiazione di fondo macchina presente nella zona in cui andrà installato il CGEM-IT, hanno definito lo spazio disponibile per l'installazione, e mostrato risultati preliminari di simulazioni Montecarlo sull'effetto che il CGEM-IT avrà sulle misure di Fisica.

In base a tali risultati preliminari, pur con un numero inferiore di piani di misura (6 invece di 8) il CGEM-IT a lettura analogica fornirebbe risoluzione equivalente a quella dell'attuale IDC di BESIII. Le simulazioni sono ancora molto preliminari e vanno affinate, assumendo con più realismo che i punti di misura vadano trovati in base alla proiezione della traccia, trovata nel resto di BESIII, sul CGEM-IT; attualmente invece i punti sono calcolati in base alle intersezioni vere, con l'aggiunta di errori gaussiani pari a quelli ipotizzati.

2) costruzione e test della cameretta planare

L'elettrodo di lettura, finalizzato alla lettura analogica dei dati, dovrà necessariamente avere struttura differente da quello del KLOE-IT, che utilizza la lettura digitale. Lo scopo di questa cameretta planare consiste nello studio della performance delle GEM in accoppiamento con questo readout di nuovo tipo: studio dell'ampiezza del segnale in uscita, cross-talk tra un canale e l'altro, schemi differenti di grounding. A tal fine:

- a. è stato ordinato presso il CERN (gruppo di Rui de Oliveira) un set di fogli di GEM di piccole dimensioni ($10 \times 10 \text{ cm}^2$) completo di catodo e anodo per readout analogico (v. RDA, All. n.1)
- b. è stato attrezzato un laboratorio contenente un telescopio tracciante (altre 3 camerette, ma di tipo-KLOE, per predire il passaggio di una traccia nella cameretta di test e confrontare la predizione con la misura nella cameretta stessa (Fig. 1)
- c. è stato predisposto un sistema di flussaggio di gas per il telescopio e per la cameretta, e sono stati avviati gli ordini per il gas da fluxare (v. RDA, All. n. 2)
- d. è stato ordinato un sistema di alta tensione (HV, High Voltage) per il telescopio e per la cameretta, (v. RDA, All. n. 3)
- e. è stato avviata la scrittura dei programmi per l'acquisizione dati



Fig. 1: Telescopio composto da 3 camerette a GEM e lettura digitale. La cameretta planare di test andrà inserita nello spazio vuoto tra le 2 camerette inferiori e quella superiore.

3) recupero e riadattamento dell'attrezzatura in camera pulita ai LNF

Il prototipo da realizzare in questo progetto è composto da 5 strati cilindrici, di uguale lunghezza ma diverso raggio: in ordine di raggio crescente, un catodo (elettrodo continuo), 3 fogli di GEM per amplificazione a 3 stadi, e il foglio di readout più esterno. Questi strati cilindrici sono costruiti incollando un unico foglio attorno ad un mandrino circolare. Il foglio unico deve essere preventivamente formato a partire da 2 fogli più piccoli, dato che la massima larghezza ottenibile per ora dal processo fotolitografico al CERN è di poco superiore a 50 cm. In Fig.2 si vede il tavolo di incollaggio e quello per l'avvolgimento al mandrino. Ambedue queste apparecchiature stanno venendo riadattate alle dimensioni del CGEM-IT, maggiori di quelle dell'Inner Tracker di KLOE.

I 5 strati cilindrici andranno poi inseriti uno dentro l'altro in verticale, utilizzando uno strumento reversibile di precisione, chiamato "clessidra", anch'esso utilizzato per l'esperimento KLOE, mostrato in Fig. 3.

Il CGEM-IT è più lungo di quello di KLOE. Di conseguenza, è iniziata la modifica dei disegni della "clessidra", per adattarla a cilindri di lunghezza maggiore (allungamento dei travi laterali e varie modifiche indotte)

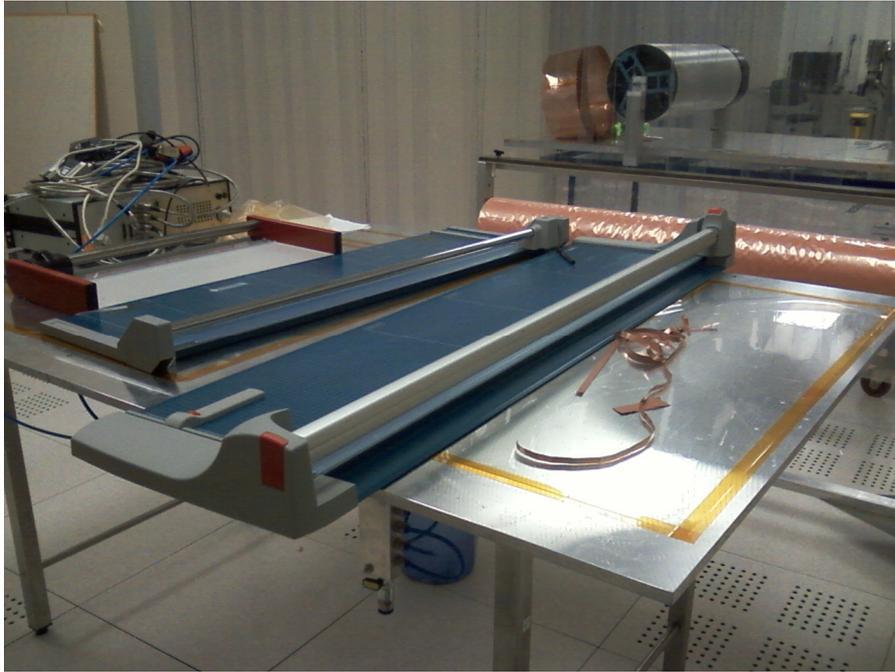


Fig. 2: Tavoli per la giunzione dei fogli di GEM ed elettrodi di lettura, e accessori per la lavorazione, in corso di riattamento per il passaggio alle misure di BESIII. Sullo sfondo, il tavolo per la lavorazione degli elettrodi cilindrici, con installato un mandrino di KLOE, da noi non utilizzabile perchè di misura differente

4) finalizzazione studi e disegni costruttivi per la realizzazione del prototipo circolare

I disegni in questione comprendono: a) i 5 mandrini di sostegno per l'avvolgimento degli elettrodi circolari (e attrezzatura relativa) b) lo sviluppo bidimensionale dei fogli di GEM da fornire al CERN per la realizzazione e c) lo sviluppo bidimensionale del catodo interno e dell'anodo di lettura.

Per tutti questi elementi (a parte l'anodo di lettura) è iniziata la progettazione a partire dai disegni eseguiti per KLOE, e sono in corso di finalizzazione i disegni relativi, il contributo Cinese consiste nel chiarimento dell'interfaccia meccanica e dei servizi (cavi di HV e di segnale, tubazioni del gas e per il raffreddamento) tra il prototipo nel suo ruolo futuro di rivelatore in BESIII e il resto di BESIII.

Una innovazione rispetto al design di KLOE, dovuta a conoscenze specifiche della Sezione di Ferrara, consiste nell'uso di Rohacell (sostanza plastica di minima densità ma meccanicamente robustissima) per la realizzazione degli elettrodi cilindrici, che avranno in tal modo elevatissima resistenza meccanica, ma al tempo stesso saranno molto "trasparenti" alla radiazione da misurare.



Fig. 3: La “clessidra” reversibile per l’inserzione degli elettrodi cilindrici uno nell’altro

Il nuovo anodo di lettura è uno dei punti più difficili del progetto. Per la sua costruzione è necessaria una fase preliminare di accurati studi elettrostatici, da eseguire con programmi di simulazione dello sviluppo della ionizzazione, e della successiva formazione del segnale elettrico. Questi studi sono stati iniziati, ma data la loro complessità la schedula del progetto prevede di finalizzare il progetto dell’anodo di lettura nella primavera del 2014.

5) ordine presso il CERN del materiale per il catodo del prototipo circolare e dei 3 fogli di GEM

Questo compito andrà svolto nella seconda metà del 2013, dopo finalizzati i disegni costruttivi e congelate le dimensioni finali del rivelatore.

In base a quanto mostrato in questa relazione, il gruppo stima che lo stato delle attività al 20 agosto 2013 raggiunga e superi il 30% degli obiettivi prefissati per il progetto nel corso del 2013.

Con molti ringraziamenti per l’attenzione prestataci,

(Alessandro Calcaterra, LNF)