



Design e costruzione dei rivelatori Micromegas per l'upgrade dello Spettrometro per Muoni dell'esperimento ATLAS

Marco Sessa Università & INFN Roma Tre

Incontri di Fisica delle Alte Energie 2015 Università di Roma Tor Vergata - 10 Aprile 2015

Indice

Small Wheel: perché sostituirla?

- Upgrade & New Small Wheel
 - Tecnologie utilizzati
 - ✓ Rivelatori micromegas: design & prestazioni
- Attività INFN e siti di costruzione in Italia
- Conclusioni
 - Mod-0 timeline
 - NSW timeline

Small Wheel

- Primi rivelatori per muoni nella regione in avanti dello Spettrometro
- Posti fra calorimetro End-Cap e toroide ($z = \pm 7 m$)
- Copertura angolare: 1.3<|η|<2.7</p>
- Tecnologie impiegate nella Small Wheel:
 - Monitored Drift Tube
 - Cathode Strip Chambers
 - Thin Gap Chambers







Utilizzati solo come rivelatori di tracciamento
 Nel Forward Muon Spectrometer, il trigger L1 è fornito solo dalla Big Wheel

Small Wheel

- Primi rivelatori per muoni nella regione in avanti dello Spettrometro
- Posti fra calorimetro End-Cap e toroide ($z = \pm 7 m$)
- Copertura angolare: 1.3<|η|<2.7</p>
- Tecnologie impiegate nella Small Wheel:
 - Monitored Drift Tube
 - Cathode Strip Chambers
 - Thin Gap Chambers







Utilizzati solo come rivelatori di tracciamento
 Nel Forward Muon Spectrometer, il trigger L1 è fornito solo dalla Big Wheel

Motivazioni per l'upgrade (I)



Due lunghi shutdown, LS2 and LS3, sono previsti intorno al 2019 ed il 2024
 Dopo LS2, la luminosità istantanea aumenterà fino a 2-3 x 10³⁴ cm⁻²s⁻¹ e fino a 6-7 x 10³⁴ cm⁻²s⁻¹ dopo LS3

L'aumento di luminosità richiederà un upgrade di ATLAS al fine di mantenere delle buone performance



Marco Sessa - Università & INFN Roma Tre

Motivazioni per l'upgrade (II)





Al momento non è possibile distinguere tra:

- A: una traccia reale di alto p_τ proveniente dal punto di interazione (IP)
- B: una traccia di basso $p_{_{T}}$ creata nel

toroide

C: scattering multiplo



L1 muon rates extrapolated to $3*10^{34}$ s⁻¹ cm⁻²

LV1 single Muon threshold (GeV)	LV1 rate (kHz)
pT > 20 GeV	60 +- 11
pT > 40 GeV	29 +- 5

- Il Trigger di Livello-1 nell'End-Cap è dominato da trigger spuri
- A 3·10³⁴ cm⁻²s⁻¹ per L1MU20 (pT>20 GeV) ci si aspetta una rate di ~60 kHz, che supera la larghezza di banda disponibile (~15kHz)

"New Small Wheels"

Elimina fake muon triggers richiedendo:

- segmenti con IP pointing di alta precisione (σ_{θ} ~ 1mrad)
- matching con segmenti nella BigWheel

NSW Layout



Tecnologie utilizzate per la NSW:

- Micromegas (MM) Chambers, principalmente per il tracciamento di precisione
 Small Strip Thin Gap Chambers (sTGC), principalmente per il trigger
- 10 Aprile 2015

Micromegas

Le MM appartengono alla famiglia dei Micro Pattern Gaseous Detectors (MPGDs)

 Risoluzione spaziale <100 µm, indipendente dall'angolo della traccia
 Lettura del segnale tramite strip con passo di 0.4 mm (elevata granularità)
 Rivelatori adatti per ambienti ad alto rate, grazie alla sottile regione di amplificazione (effetti di carica spaziale ridotti)



Attività di R&D

Strip resistive

- Accoppiamento capacitivo tra strip di Read-Out e strip resistive
- Protezione da scariche elettriche
- Possibilità di lavorare a tensioni più elevate, con guadagni maggiori



Floating mesh

- La mesh è connessa al pannello di drift e soltanto "poggiata" sui pillars
- Sostituisce la tecnologia "bulk micromegas"
- Impossibilità di realizzare bulk micromegas di grande superficie con tecniche tradizionali (fotolitografia) imite sulle dimensioni (< 60 cm) dei PCB
- Vantaggio: possibilità di disassemblare la regione di amplificazione per pulizia o riparazione, in caso di necessità

Layout di un multilayer di Micromegas

MMSW





MMSW, primo prototipo di quadrupletto MM testato

Efficienza >98% (efficienza geometrica dovuta ai pillars)
 Risoluzione sulla coordinata di precisione: < 100 µm
 Risoluzione sulla seconda coordinata: ~ 2.2mm



Risoluzione spaziale

- Diverse campagne di test beam al CERN, DESY e LNF con prototipi di MM di piccole dimensioni
- Tecniche di ricostruzione della posizione:
 - Centroide di carica per tracce perpendicolari
 - μTPC per tracce inclinate (θ > 10°)



Combinando insieme i due metodi, si ottiene, in assenza di campo magnetico, una risoluzione inferiore a 100 µm in tutto il range angolare

I muoni incidono sulla NSW con un angolo compreso tra 8° e 30°

Costruzione delle camere Micromegas per la NSW



Contributo italiano: 32 quadrupletti MM SM1

Layout di un quadrupletto MM



Costruzione dei pannelli di drift e R/O

- Fogli di PCB con spessore di 500 µm di diverse dimensioni (forma trapezoidale)
 ✓ Limite sulla dimensione dei PCB (< 60 cm in una dimensione)
- Honeycomb (spessore di 11 mm e larghezza delle celle 6 mm) e barre interne di Alluminio per fornire robustezza al pannello
- Precisioni richieste per garantire una risoluzione migliore del 15% per muoni da 1 TeV:
 - \checkmark Per ogni piano di rivelazione, la posizione di un elemento lungo la coordinata di precisione deve essere nota con un errore inferiore a 30 μm RMS (allineamento delle strip)
 - Per ogni piano di rivelazione, la posizione di un elemento lungo la coordinata perpendicolare al piano deve essere nota con un errore inferiore a 80 µm RMS (planarità e parallelismo dei piani di rivelazione)

La precisione meccanica su grandi superfici è un "challenge" per questi rivelatori

Pannello di Read-Out

- INFN Sezione di Pavia
- La costruzione del pannello di Read-Out costituisce una delle fasi più delicate
 - della costruzione delle camere Micromegas
 - 5 fogli di PCB di forma trapezoidali (x 2)
 - Honeycomb
 - Colla: Araldite 2011 bi-componente
 - Tecnica: Stiffback
- La tecnologia "MM floating mesh" permette di semplificare la realizzazione dei R/O, affidando la produzione dei PCB ad aziende esterne





2 Pin to position Alignment Inserts



Marco Sessa - Università & INFN Roma Tre

Pannello di drift



- Costruzione dei pannelli di drift: INFN Sezione di Roma-1
 - 5 fogli di PCB di forma trapezoidale (x 2)
 - Honeycomb
 - Colla: Araldite 2011 bi-componente







- Planarità e spessori:
 - Piano di granito
 - ✓ Tecnica: Vacuum Bag
 - Richiesta: 80 µm RMS sulla coord. ortogonale
 - Risultato ottenuto: RMS < 50 µm

Stretching della mesh



- INFN Sezione di Roma Tre
- Mesh: griglia di acciaio inossidabile
- Tensionamento ottimale: ~ 10 N/cm
- Uniformità nel tensionamento al fine di garantire un'elevata planarità della mesh







Primo test eseguito su una mesh per moduli di dimensioni reali



Incollaggio della mesh

- Incollaggio della mesh su un frame di alluminio, connesso al pannello di drift
- Frame avvitato e incollato sul pannello di drift
- L'altezza del frame (5 mm) determina l'ampiezza della regione di drift





Stiff frame: è connesso al pannello di drift prima di ogni incollaggio allo scopo di evitare deformazioni rilevanti indotte sul pannello dalla mesh

Assemblaggio del quadrupletto MM

- L'assemblaggio dei 5 pannelli avverrà in camera pulita a LNF-INFN
- Pulizia finale prima dell'assemblaggio in camera pulita
- Allineamento (pin/slot di riferimento)
- Assemblaggio verticale
 - Ridurre le deformazioni al centro dei pannelli causate dal loro stesso peso
 - Minore possibilità di contaminazione dovuta ad un'esposizione di superficie minore
- Interconnessioni per evitare deformazioni a causa della sovra-pressione del gas (n. 4 lungo l'asse centrale)









Conclusioni

- MM di grande area per esperimenti HEP, grazie ad un'intensa attività di R&D
 - Strip resistive
 - Tecnologia floating mesh
- Contributo al trigger L-1 trigger per i run di ATLAS ad alta luminosità
- Forte coinvolgimento da parte dei gruppi italiani INFN
 - Costruzione dislocata in diversi sedi
 - Studio delle prestazioni (analisi dati test beam)
- Verso il Modulo-0
 - Inizio costruzione: inizio Giugno 2015
 - Fine costruzione: fine Luglio 2015
 - Test meccanici, HV, prestazioni con cosmici
 - Final Design Review a fine Settembre
 - Test beam & test ad alto irraggiamento presso CERN Gamma Irradiation Facility
- NSW timeline
 - Inizio costruzione: autunno 2015
 - Un quadrupletto MM ogni due settimane
 - Fine costruzione: metà 2017
 - ✓ Integrazione al CERN



Aeging Tests

OVERVIEW OF MICROMEGAS AGEING TESTS

X-ray beam

Cold neutron beam



Alpha source



Gamma source



Extensive Program of irradiations done in 2012 at Saclay



R17a detector is exposed to different radiation sources

R17b detector is kept unexposed.

Gain control measurements are performed before and after each exposure.

After the ageing both detectors are taken to the H6 CERN-SPS pion beam line.

The goal to accumulate an integrated operation charge equivalent to the one would be obtained at the HL-LHC for 10 years for each type of radiation.

Mauro Iodice - PSD10, University of Surrey, September 9th 2014

36

Aeging Tests

OVERVIEW OF MICROMEGAS AGEING TESTS

The two R17 prototypes were taken to the H6 SPS CERN pion beam to perform a comparative study between both prototypes, irradiated and non-irradiated one.

Performance evaluated in terms of efficiency and spatial resolution



Risoluzione spaziale in campo magnetico



Piano di Read-Out



After the gluing of the resistive strip foil, the readout plane is completed by the creation, by photolitography, of the support pillars for the mesh. The pillars are small cylinders 128 μ m high and 300 μ m diameter.

Pannelli di Drift e Read-Out



NSW- MicroMegas Drift Panels (Roma1)



Pavia Tooling



Incollaggio della mesh sul drift (MMSW)

Connessione per I'HV (- 300 V)



Interconnessioni



- Fondamentali per evitare deformazioni dei pannelli, causate dal gas in sovrapressione
- Utilizzate anche come riferimenti durante la fase di allineamento durante l'assemblaggio della NSW
- Simulazioni e test condotti da Saclay, LNF e Pavia per stabilirne il numero e le posizioni ottimali
- Pressione del gas: atmosferica + ≤ 2mbar

Telaio di trasferimento



- Telaio di trasferimento double layerDoppio O-ring
- 100 vite lungo l'interno perimetro



Assemblaggio NSW







(a) The hub and the spoke mounts are attached to the support grid.

(b) The small sector spokes are added and fixed to the hub and support grid.

(c) The detectors in the large sectors and the alignment bars in the small sectors (not shown) are added.



(d) The interconnecting arcs of the central plane of the support are mounted.



(e) The large sector spokes are added and fixed to hub and the arcs of the central plane. The mechanical support structure is now complete.



(f) The detectors in the small sectors and the alignment bars (not shown) in the large sectors are added. The detector wheel has been assembled.

APV25 & VMM1

The APV25 is a 128 channel charge sensitive amplifier chip with 192 cell pipeline and multiplexed analoge readout. It was developed for the CMS microstrip detector.

The APV25 chip is not the final choice for the readout of MicroMegas detectors, since the multiple readout of the chip per event to extract timing information from the pulse shape does not allow to read out the system with the Level1 trigger frequency.

For this reason, a new front-end chip VMM1 is being developed in BNL, prototypes to be tested during test beams in July 2012 (G. De Geronimo et al, subm. to TWEPP and IEEE/NSS 2012 meetings



27 campionamenti ogni 25 ns Tempo di integrazione totale 675 ns

APV25 & VMM1

The VMM1 ASIC was designed by the micro-electronics group of the Instrumentation Division of Brookhaven National Laboratory. It contains 64-channels of linear, low noise amplifiers with adaptive feedback, charge amplitude peak detectors with time stamp.

It can accept inputs of both polarities, features selectable gain and shaping time and has a built-in calibration system. It is designed to operate with micro-pattern gas detectors providing both trigger and tracking information.

The same performance as the APV25 ASIC for perpendicular tracks was achieved. For the μ TPC analysis the gain of 9 mV/fC was not sufficient to achieve a timing resolution close to the detector intrinsic time resolution. The data were dominated by low amplitude signals where the peaking time resolution is even higher than 10 ns. The next version of the VMM will feature gain of 16 mV/fC which will be sufficient for the micromegas requirements.

Electronics Configuration	
VMM Gain	9 mV/fC
TAC	500 ns
Neighbour Readout	On & Off
Threshold	5-20 mV above pedestal
ADC Sampling	8 times
Trigger Time Window	1275 ns
Peaking time	50-100 ns
ART	Threshold-Peak
Sub-hysterisis	On & Off

Table 5: VMM1 configuration and main features.