



SOCIETÀ ITALIANA DI FISICA



101°
CONGRESSO
DELLA
SOCIETÀ ITALIANA DI FISICA

Roma, Set 2015

Il tracciatore interno a stato solido per l'upgrade di ALICE



ALICE

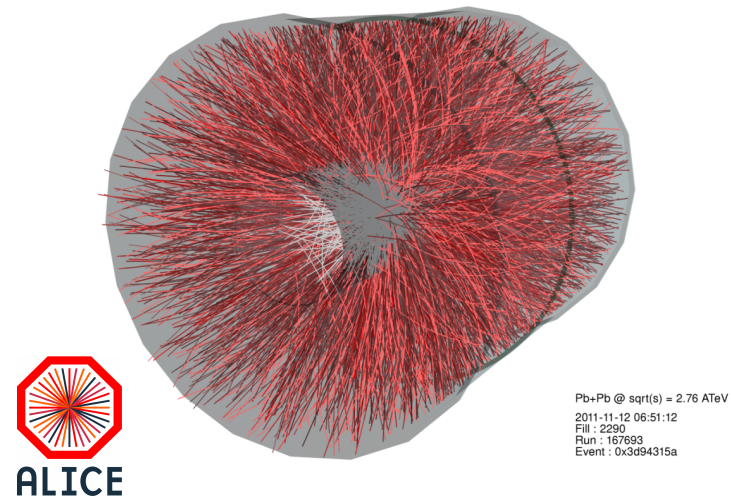
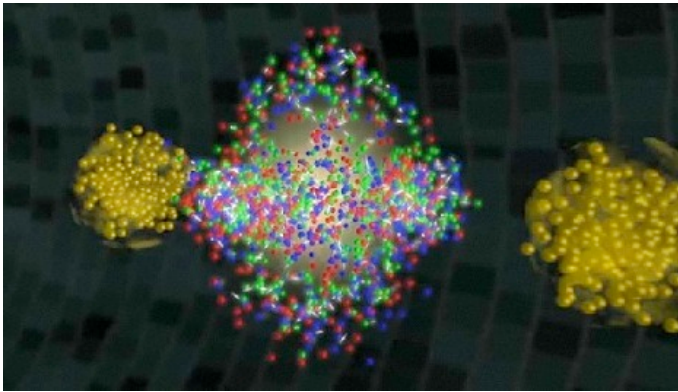
Pasquale Di Nezza

per conto della Collaborazione ALICE

ALICE: studio e caratterizzazione del QGP

Lo spettrometro ALICE (A Large Ion Collider Experiment) è stato progettato per studiare la QCD in condizioni estreme di temperatura e densità mai raggiunte in precedenza

Studio del Quark Gluon Plasma usando collisioni ultrarelativistiche di AA, pA e pp



Per accedere ai nuovi scenari nella fisica del QGP occorre effettuare:

- misure di precisione con sonde rare
- avere la capacità di effettuare misure da bassi ad alti impulsi trasversi
- analisi multidimensionali: centralità, piano di reazione, rapidità, flusso per heavy flavor e quarkonia a basso impulso

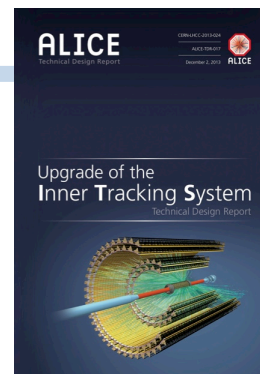
ALICE: strategia dell'upgrade

Richieste fondamentali: luminosità (statistica) e misure di precisione

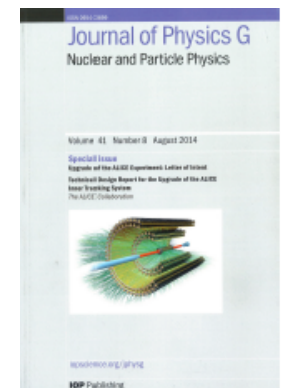
- Target per il programma di upgrade (LHC Run3+Run4):
 - Pb-Pb luminosità $> 10 \text{ nb}^{-1} \rightarrow 8 \times 10^{10}$ eventi
- I nuovi detector, i nuovi readout ed i nuovi sistemi di acquisizione online porteranno a:
 - readout Pb-Pb di 50 kHz ($L=6 \times 10^{27} \text{ cm}^{-2}\text{s}^{-1}$) con MB trigger (attualmente il rate è di 500 Hz)
- Guadagno di un fattore 100 sul programma LHC Run1+Run2
- Importante miglioramento nella determinazione dei vertici (primario +secondari) e sulla ricostruzione delle tracce a basso p_T

Il nuovo Inner Tracking System (ITS)

Lol e TDR approvati by LHCC

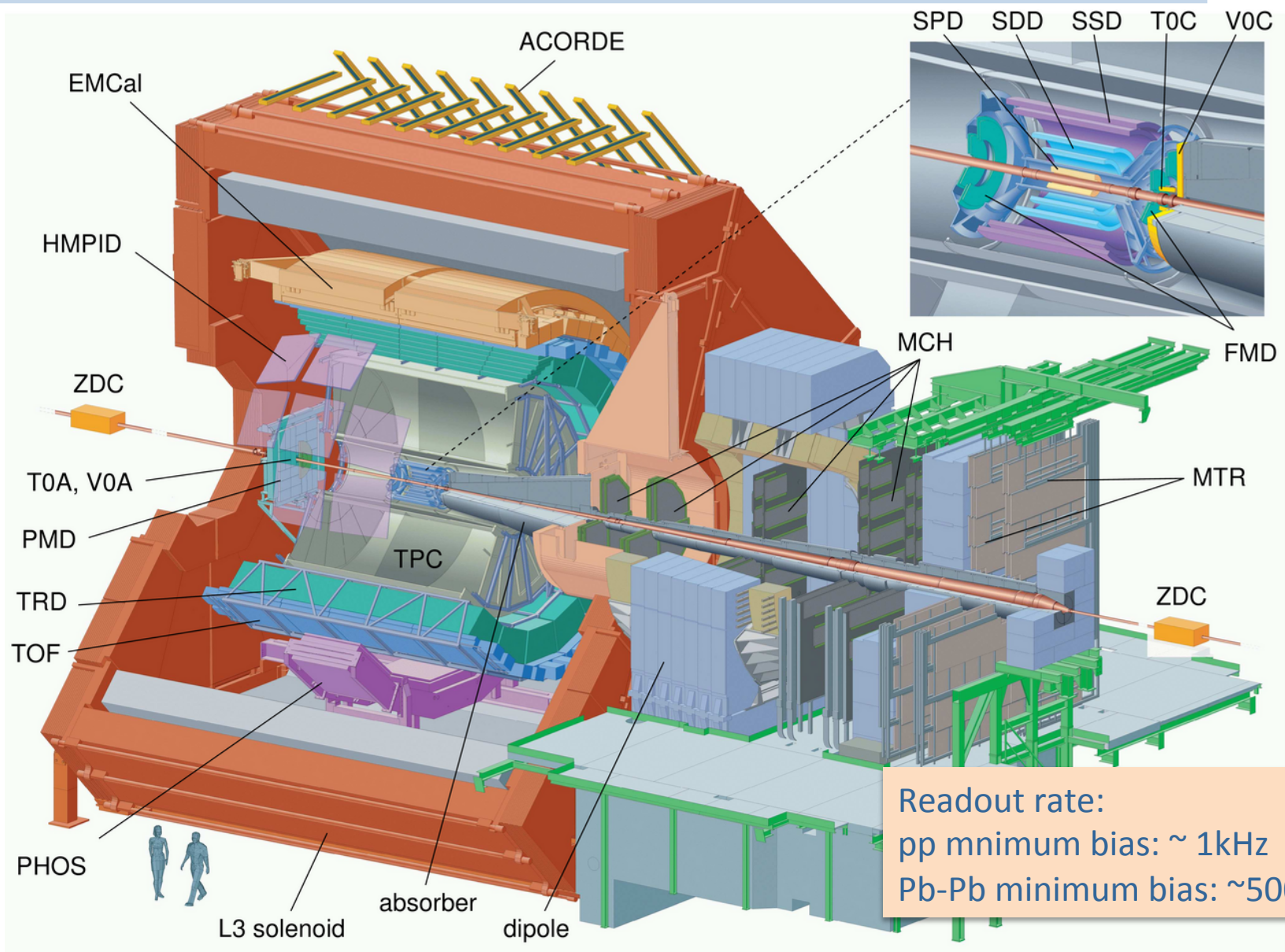


CERN-LHCC-2013-24



J. Phys. G (41) 087002

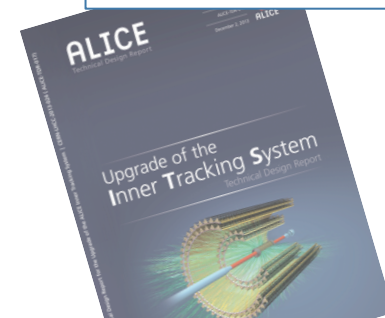
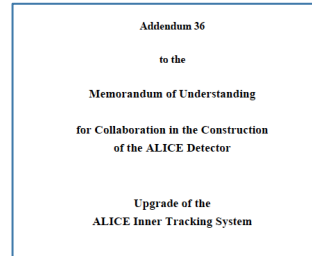
ALICE: l'attuale spettrometro



Readout rate:
 pp minimum bias: ~ 1kHz
 Pb-Pb minimum bias: ~500 Hz

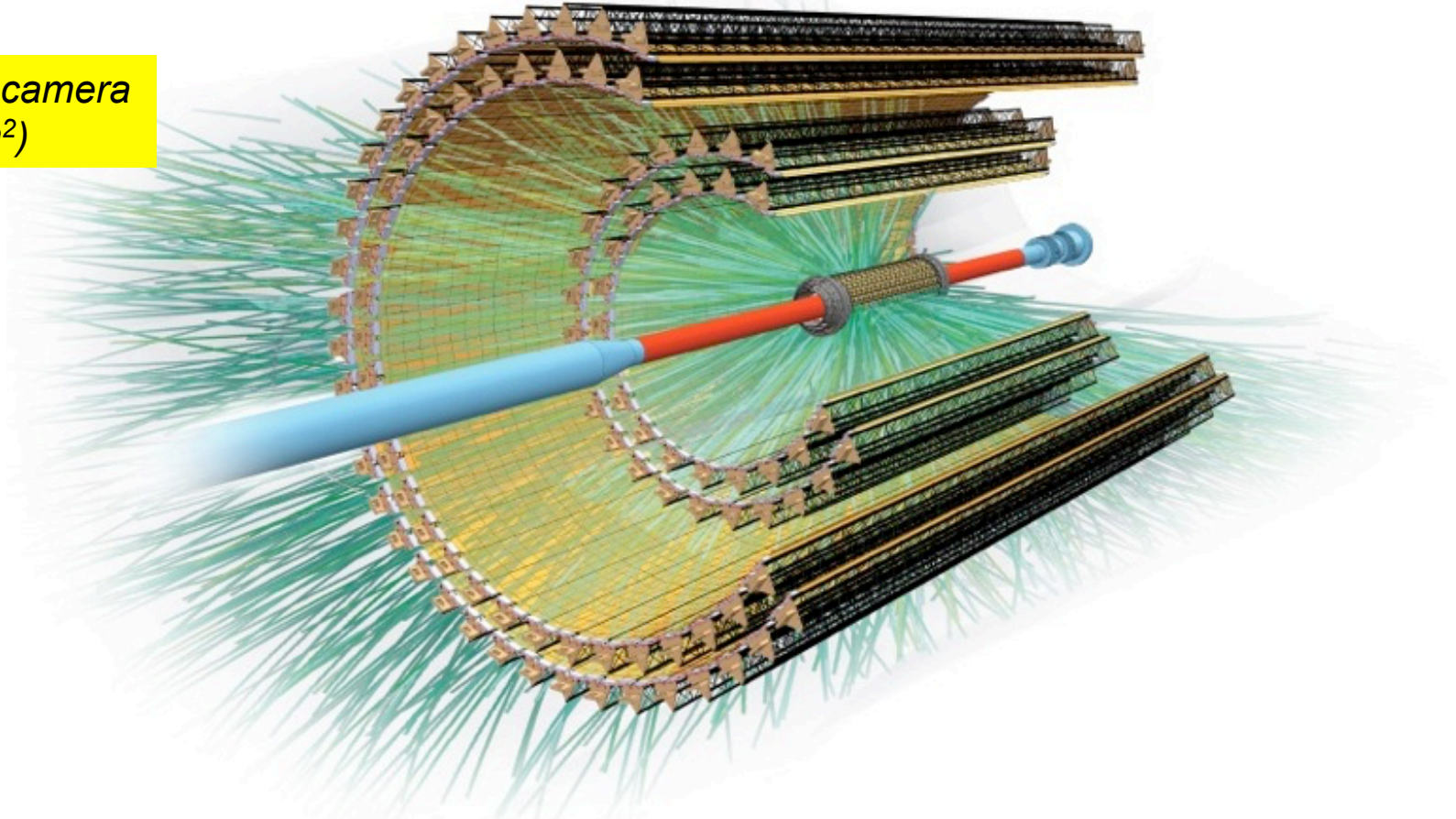
ITS: obiettivi dell'upgrade rispetto all'attuale setup

- Miglioramento della risoluzione del parametro d'impatto di un fattore 3
 - ricostruzione più vicina all'IP: 39 → 23 mm (beam pipe: 29 mm → 18.2 mm)
 - riduzione X/X_0 /piano: 1.14% → 0.3%
 - riduzione del pixel size: $50 \times 425 \mu\text{m}^2 \rightarrow 30 \times 30 \mu\text{m}^2$
- Miglioramento dell'efficienza di ricostruzione e risoluzione a bassi p_T :
 - aumento della granularità: 6 → 7 piani
 - omogeneità: pixel, silicon drift e strips → pixels
- Fast readout
 - PbPb: $O(\text{kHz}) \rightarrow >100 \text{ kHz}$
 - pp $O(10^5) \text{ Hz}$
- Manutenzione facilitata
 - sub-detector completamente estraibile nelle pause invernali per sostituire eventuali componenti non funzionanti



Layout del nuovo ITS

12.5 G-pixel camera
($\sim 10 \text{ m}^2$)

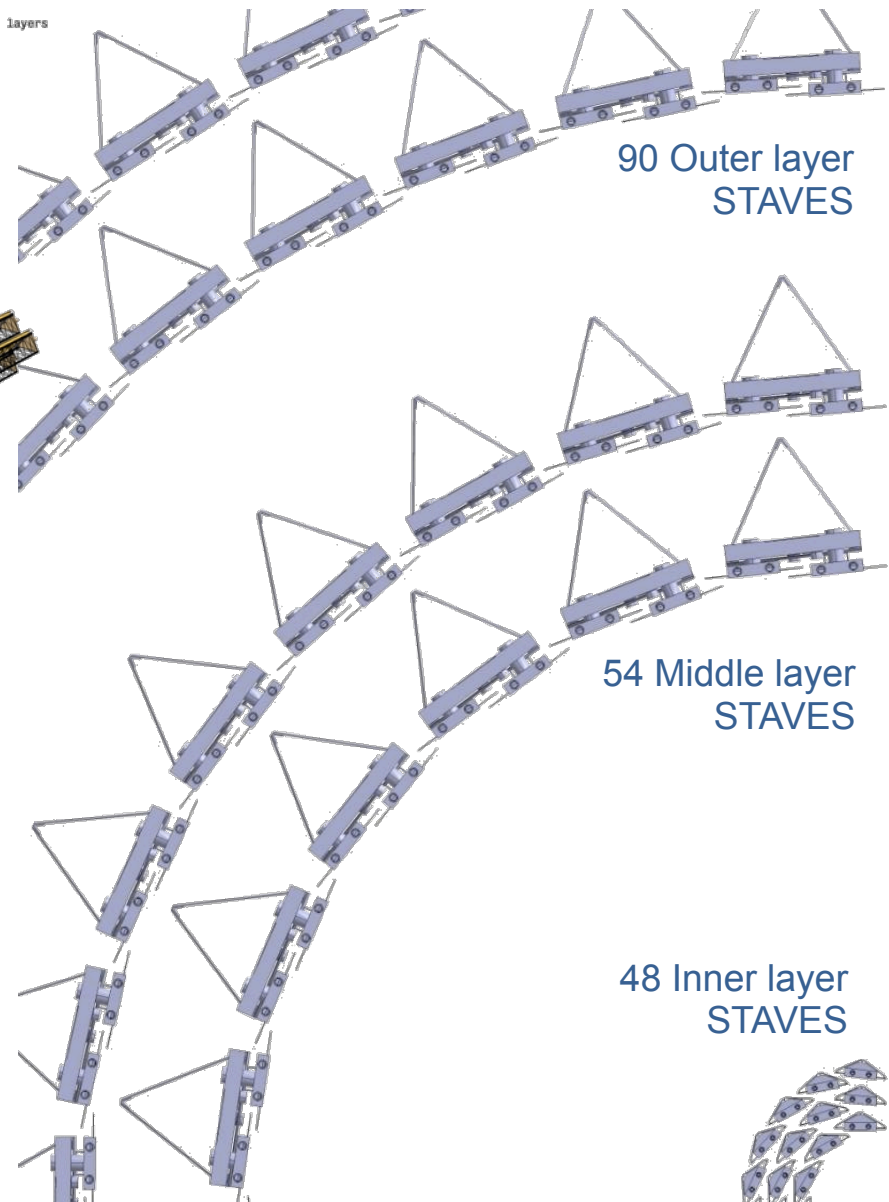
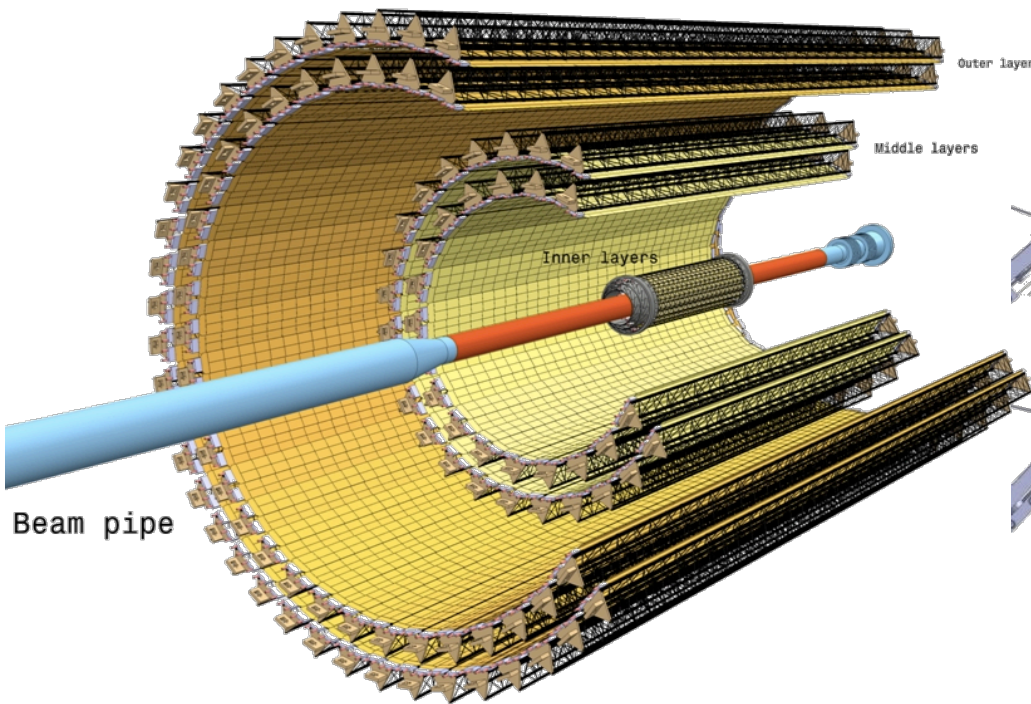


7 piani a geometria cilindrica basata su Monolithic Active Pixel Sensors (MAPS)

Copertura radiale 23-405 mm
Copertura $|\eta| < 1.22$ ($> 90\%$ ptc)
 $z = (290, 900, 1500)$ mm

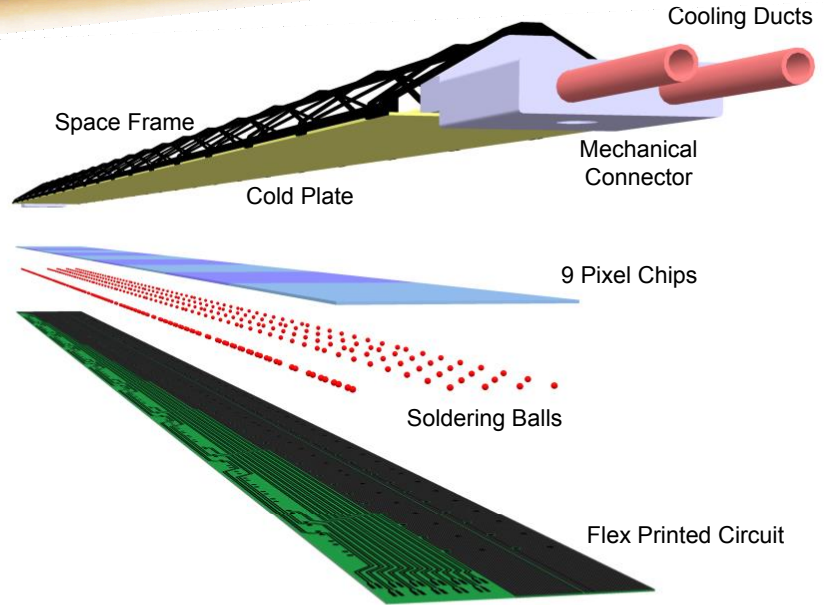
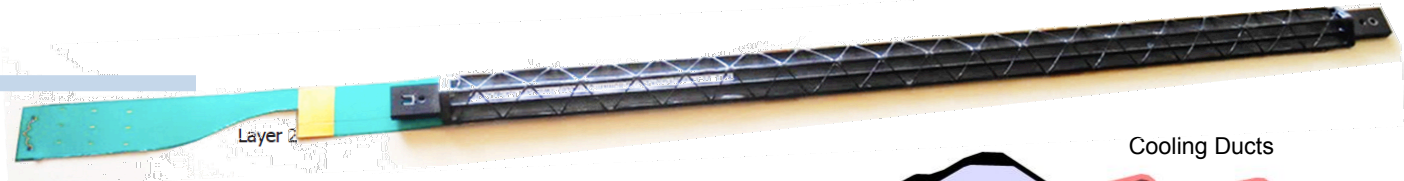
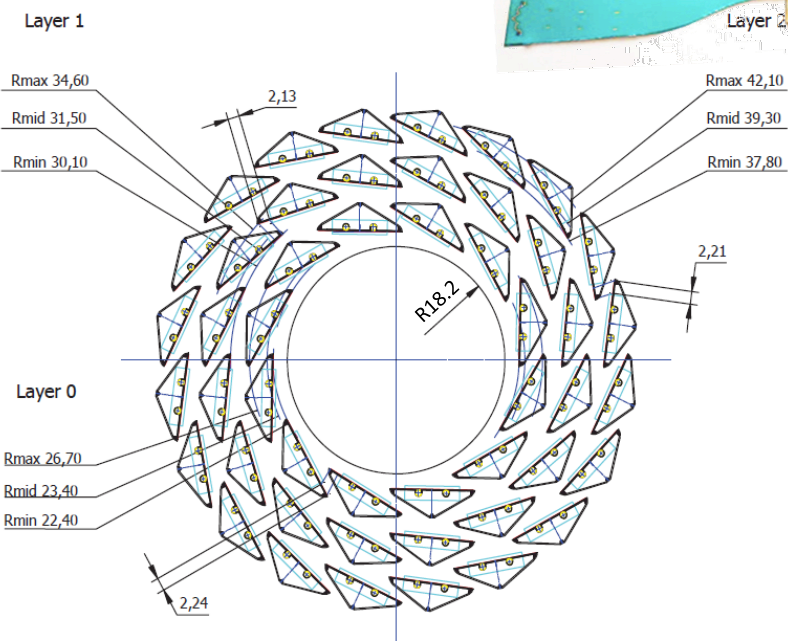
3 piani Inner Barrel ($0.3\% X/X_0$ /piano)
4 piani Outer Barrel ($0.8\% X/X_0$ /piano)

Layout del nuovo ITS

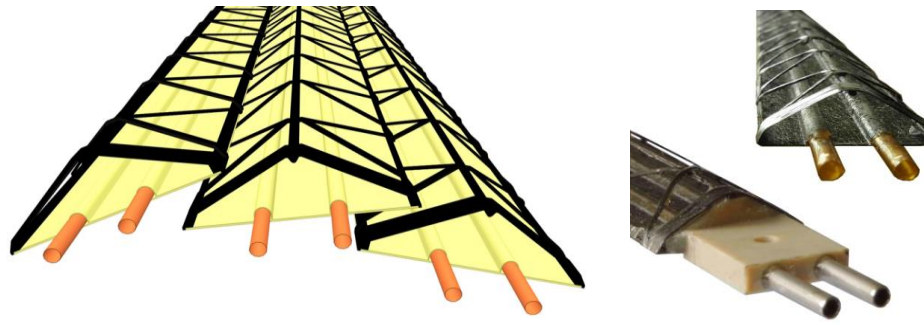
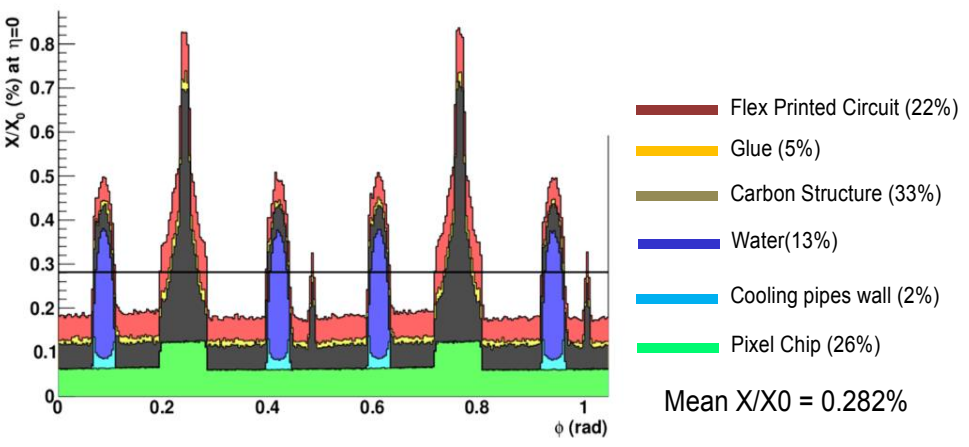


I piani dell'ITS sono segmentati in
azimut ($48+54+90$) e
meccanicamente indipendenti

Inner Barrel

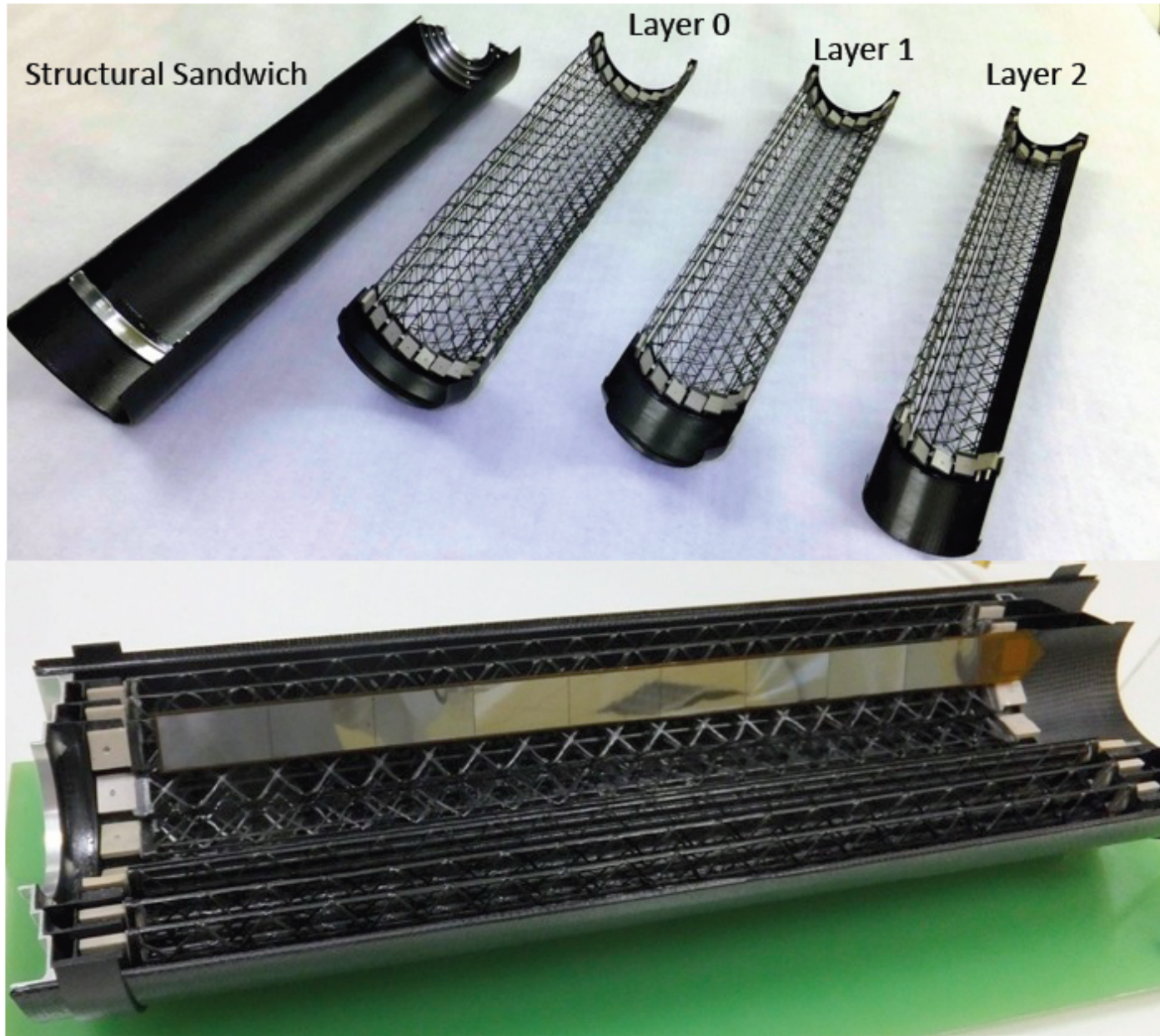


Inner Barrel Stave

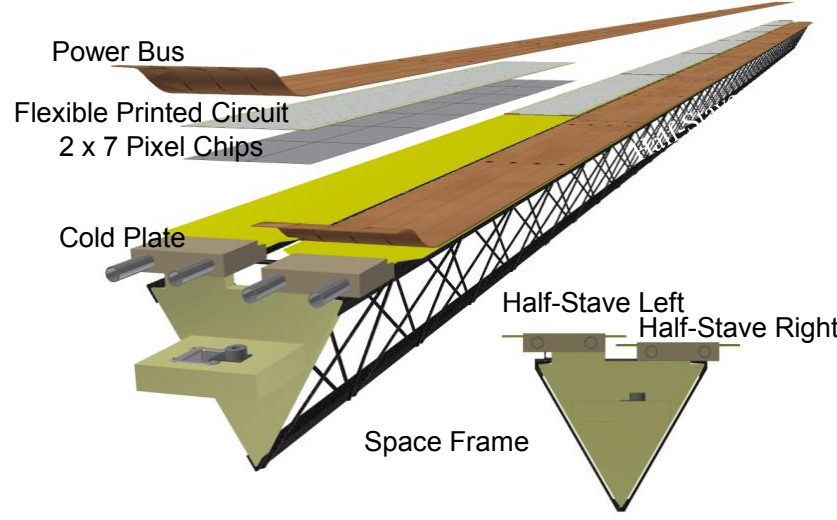
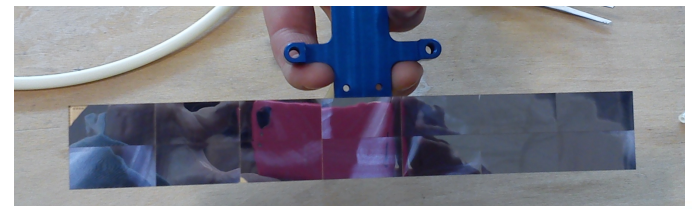
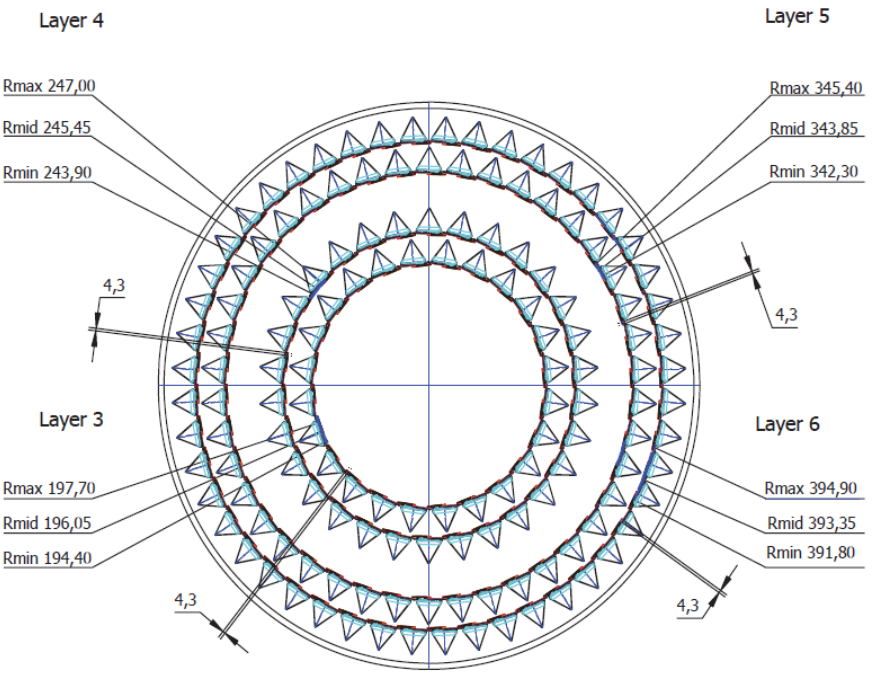


Lunghezza 290 mm
 Peso totale struttura 1.5 grammi

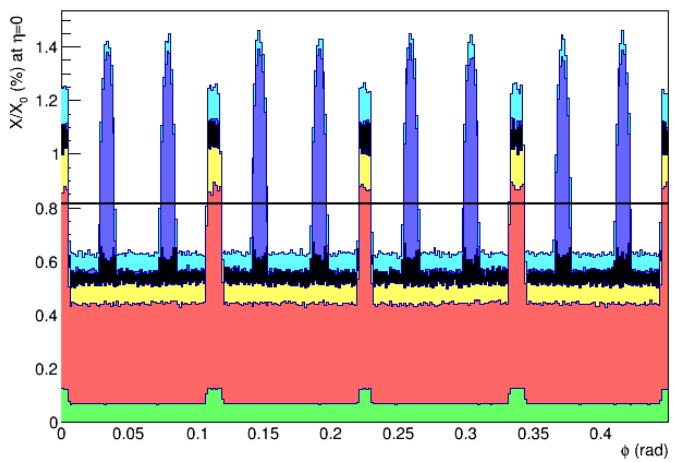
Inner Barrel: prototipo full-scale



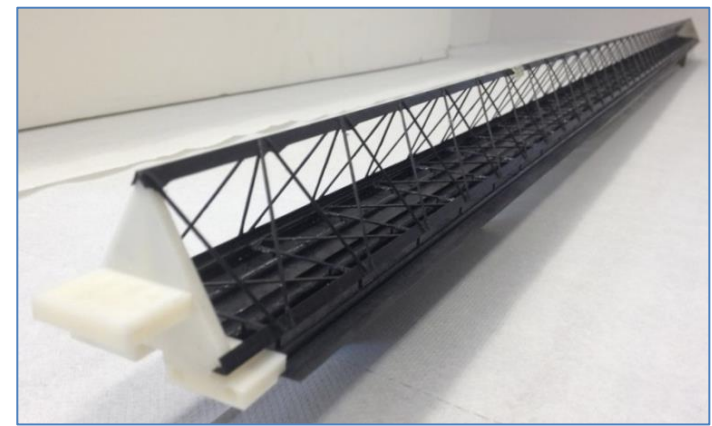
Outer Barrel



Outer Barrel Stave



Mean $X/X_0 = 0.816\%$

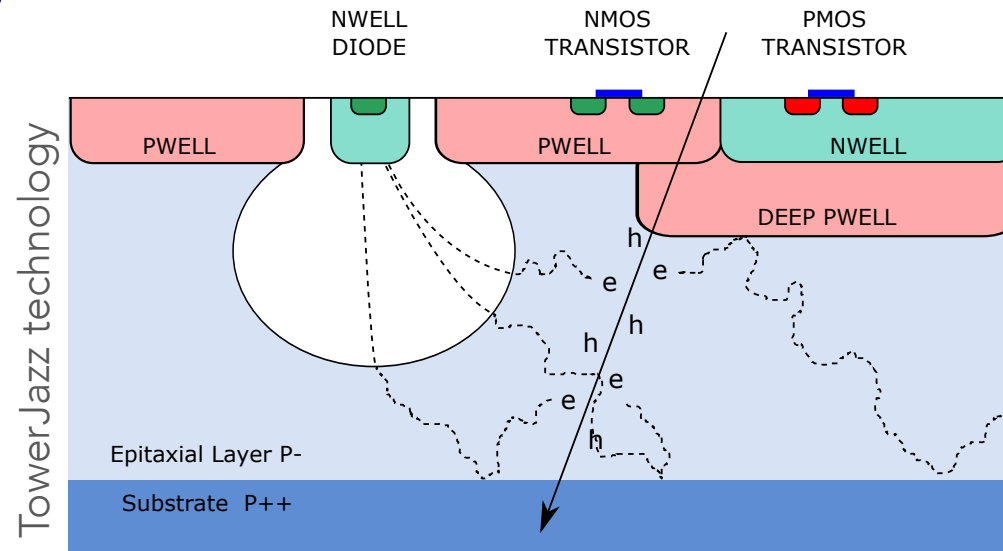


Lunghezza max 1500 mm
 Peso totale struttura ~30 grammi

ITS Pixel Chip – la scelta tecnologica

Pixel MAPS

Monolithic Active Pixel Sensors usando TowerJazz 0.18 μm CMOS Imaging Process



- Strato epitassiale p-type (spessore 20-40 μm) ad alta resistività (1-6 $\text{k}\Omega \text{ cm}$) su di un substrato p-type
- Mini Diodo n-well (diametro 2-3 μm) più piccolo del pixel di $\sim 100 \rightarrow$ bassa capacità
- Applicazione al substrato di una tensione bias inversa che viene usata per aumentare le zone di depletion intorno all'n-well
- Il deep PWELL scherma l'NWELL del transistor PMOS permettendo il pieno funzionamento CMOS all'interno dell'area sensibile (low-power read-out)₁₁

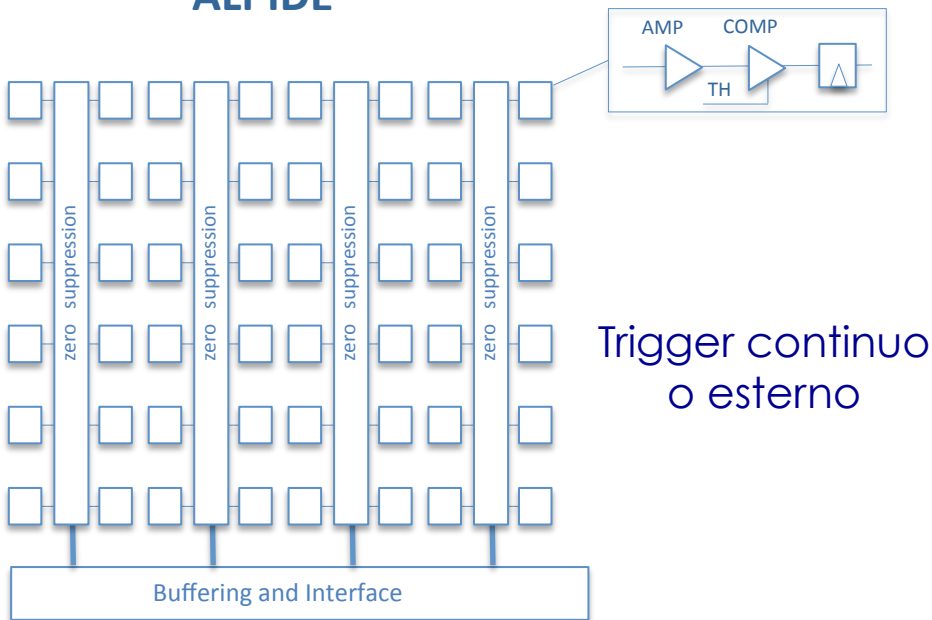
ITS Pixel Chip – richieste

Parameter	Inner Barrel	Outer Barrel
Silicon thickness	50 μm	
Spatial resolution	5 μm	10 μm
chip dimensions	15 mm x 30 mm	
Power density	< 300 mW/cm ²	< 100 mW/cm ²
Event time resolution	< 30 μs	
Detection efficiency	> 99%	
Fake hit rate	< 10 ⁻⁵ per readout frame	
TID radiation hardness (*)	2700 krad	100 krad
NIEL radiation hardness (*)	1.7x10 ¹³ 1MeV n _{eq} /cm ²	10 ¹² 1MeV n _{eq} /cm ²

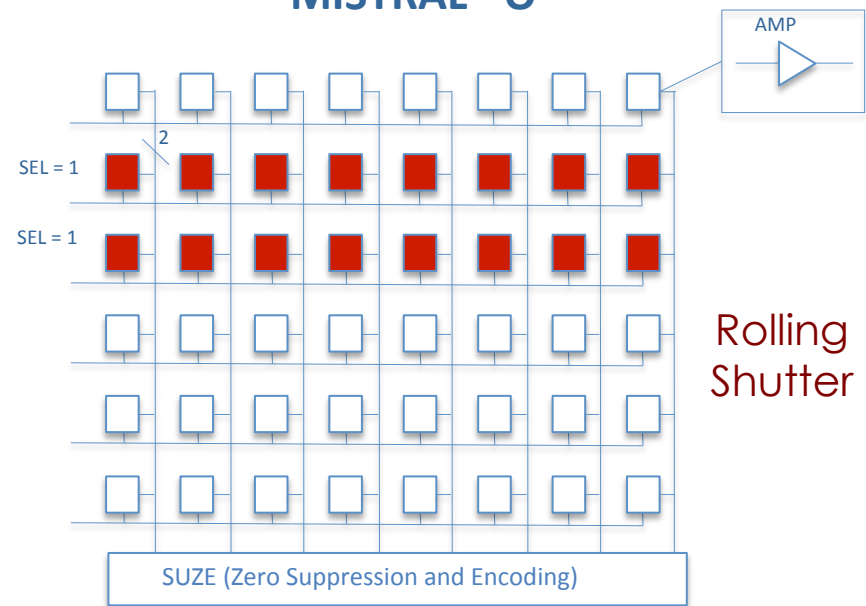
(*) 10 x dose di radiazioni stimata sul programma approvato di presa dati di 6 yr

ITS Pixel Chip – due possibili architetture

ALPIDE

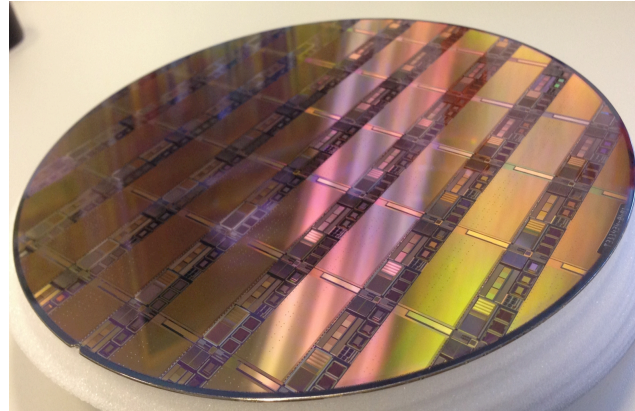


MISTRAL - O



Pixel pitch $28 \times 28 \mu\text{m}^2$
 Risoluzione temporale $< 2 \mu\text{s}$
 Potenza consumata 39 mW/cm^2

Pixel pitch $36 \times 64 \mu\text{m}^2$
 Risoluzione temporale $\sim 20 \mu\text{s}$
 Potenza consumata 97 mW/cm^2



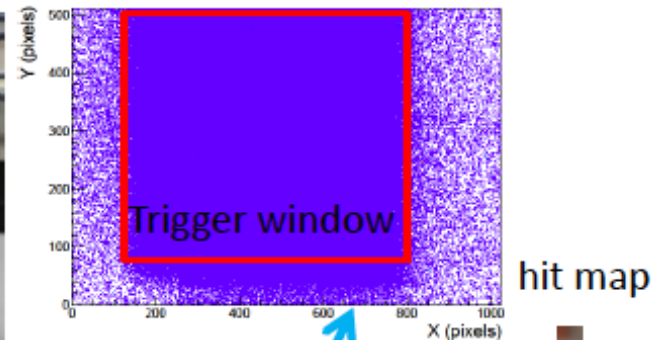
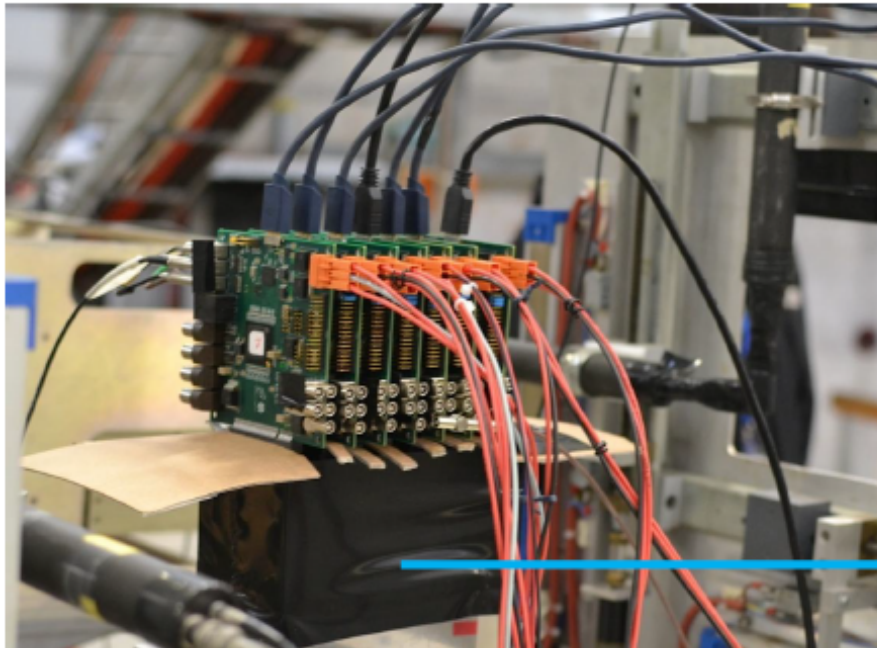
Caratterizzazione del pALPIDE

Intensa campagna di test

- PS: 5-7 GeV π^-
- SPS: 120 GeV π^-
- PAL (Korea): 60 MeV e^-
- BTF (Frascati): 450 MeV e^-
- DESY: 5.8 GeV e^+

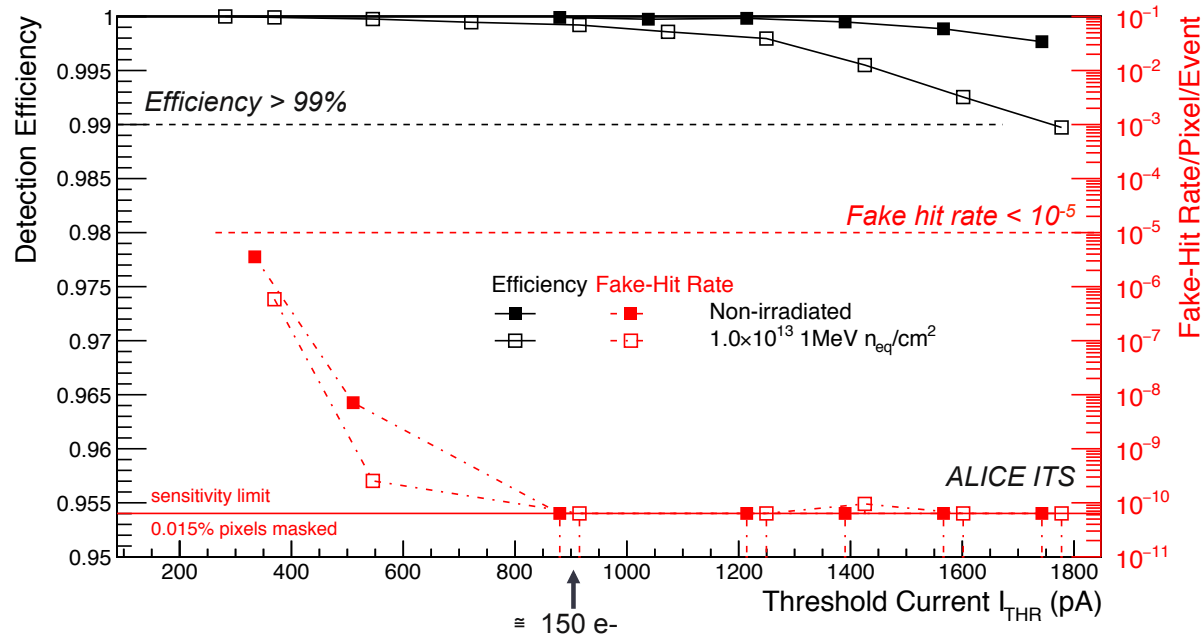
Caratterizzazione di oltre 200 parametri

Telescopio a 7 piani basato su chip ALPIDE-1 e 2



Test Beam: ALPIDE-2

Efficienza e rate di fake hit



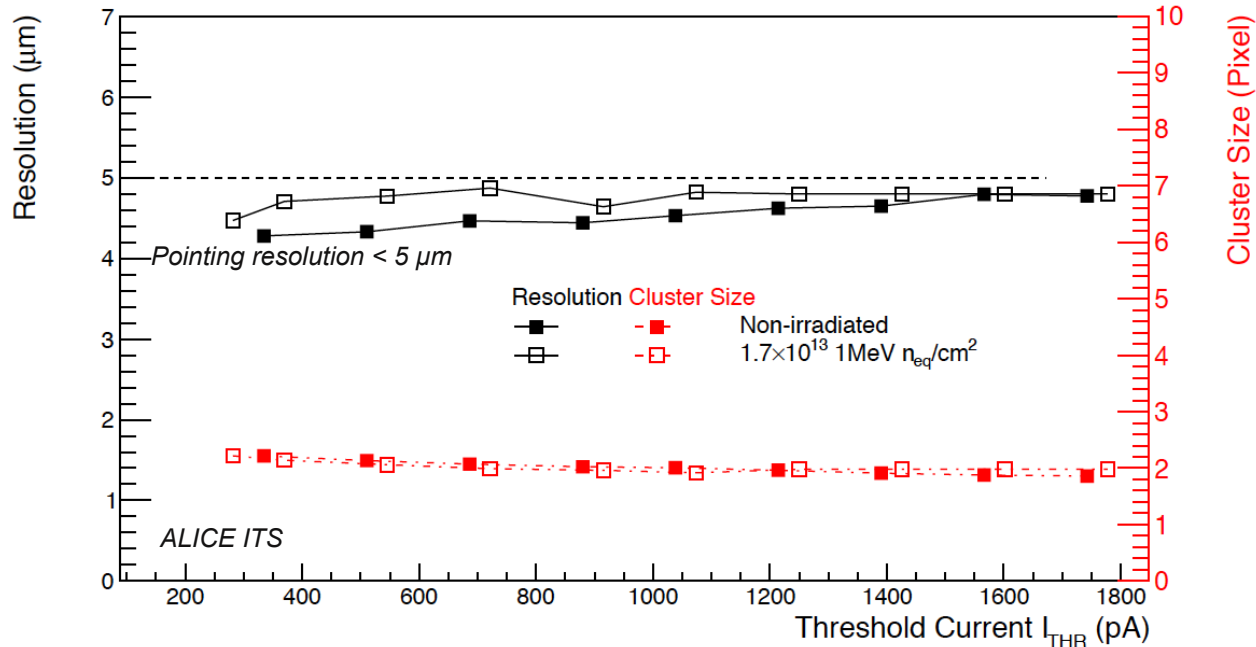
50 pA → ~80 e
500 pA → ~180 e

$\lambda_{fake} \ll 10^{-5}$ / event/pixel ed $\epsilon_{det} > 99.5\%$ su un ampio range di soglia

Chip di 50 μm di spessore: 3 non irradiati e 3 irradiati con neutroni a 10^{13} 1MeV n_{eq}/cm^2 → eccellente performance anche dopo l'irraggiamento

Test Beam: ALPIDE-2

Risoluzione spaziale e cluster size

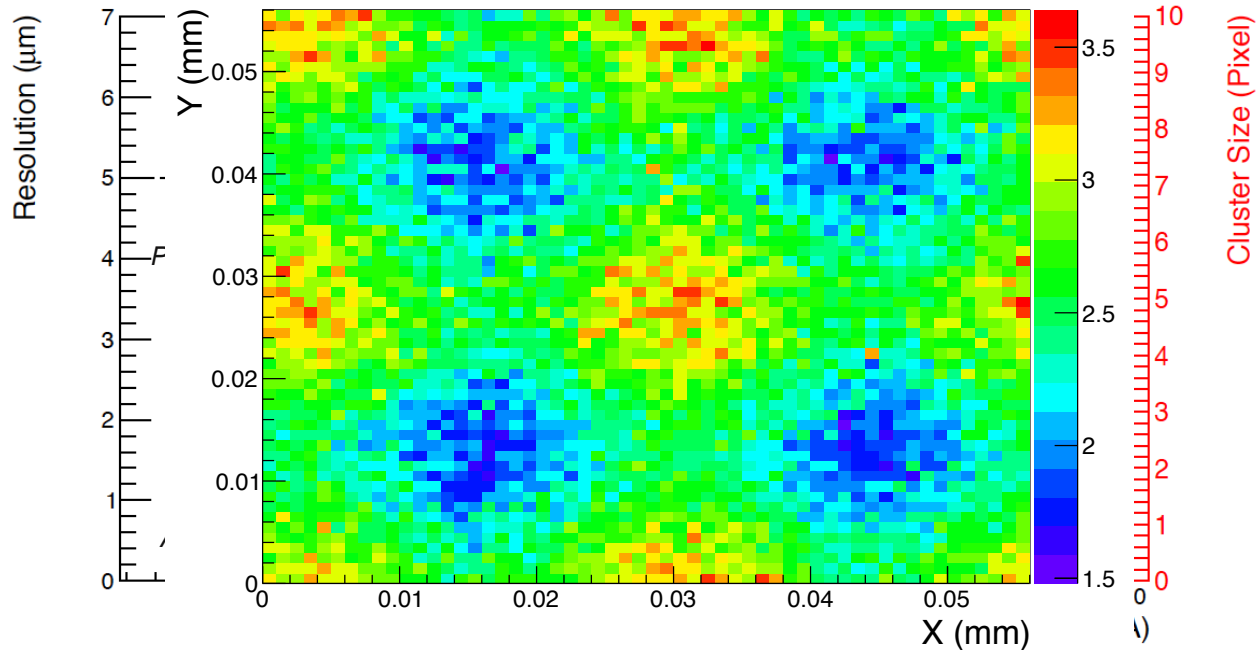


Risoluzione spaziale (incluso errore di tracciamento $\sim 3 \mu\text{m}$) $< 5 \mu\text{m}$

Chip di $50 \mu\text{m}$ di spessore: 3 non irradiati e 3 irradiati con neutroni a 10^{13} 1MeV $n_{\text{eq}}/\text{cm}^2 \rightarrow$ eccellente performance anche dopo l'irraggiamento

Test Beam: ALPIDE-2

Risoluzione spaziale e cluster size



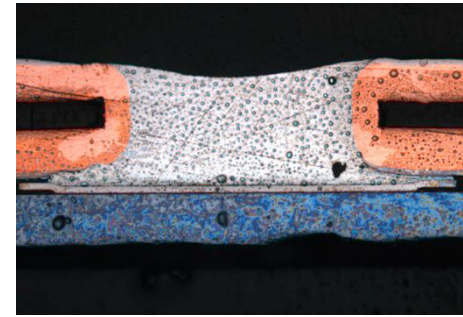
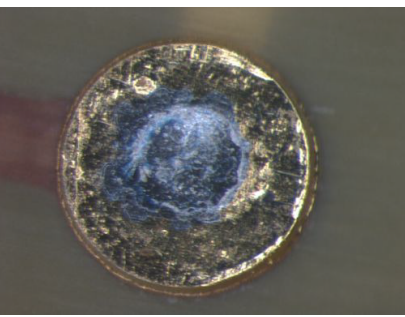
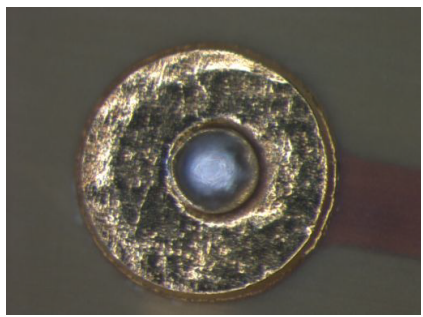
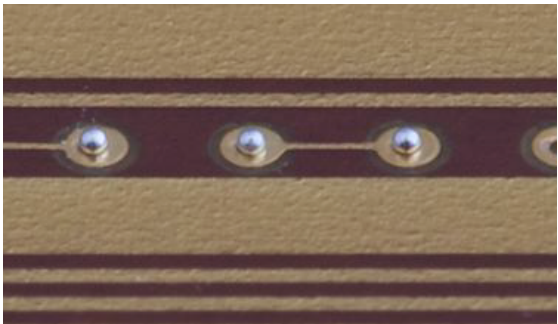
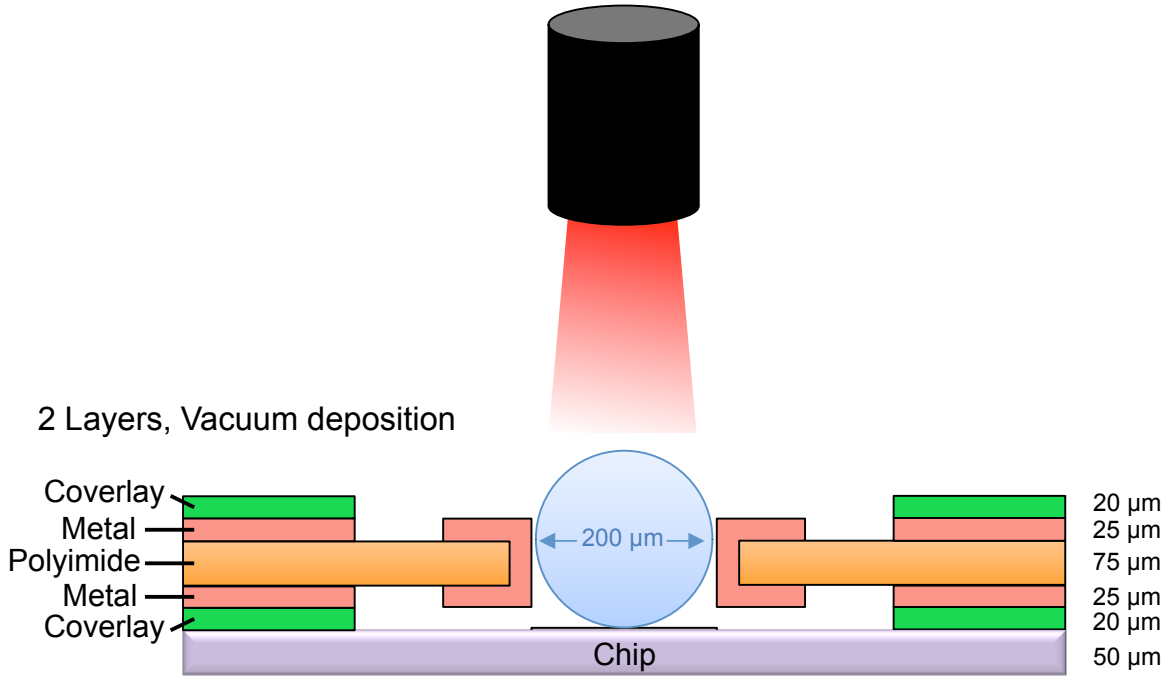
Risoluzione spaziale (incluso errore di tracciamento $\sim 3 \mu\text{m}$) $< 5 \mu\text{m}$

Chip di $50 \mu\text{m}$ di spessore: 3 non irradiati e 3 irradiati con neutroni a $10^{13} \text{ 1MeV } n_{\text{eq}}/\text{cm}^2 \rightarrow$ eccellente performance anche dopo l'irraggiamento

Interconnessione del pixel chip con il Flexible Printed Circuit (FPC)

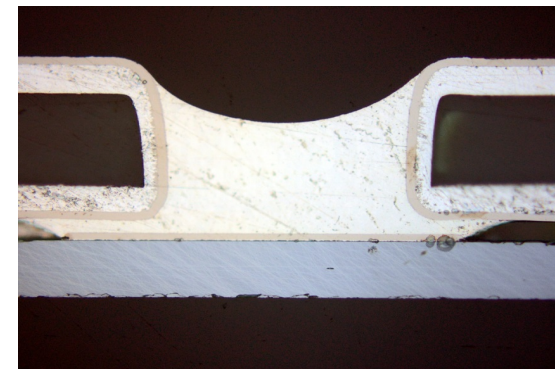
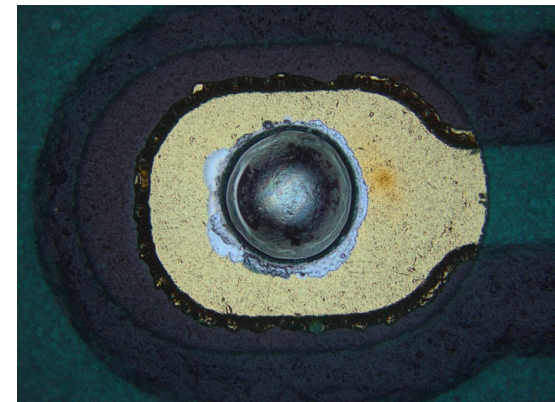
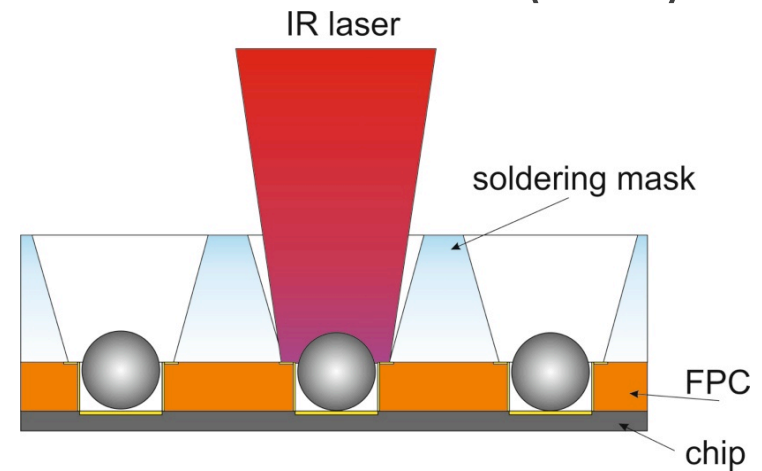


Saldature Laser

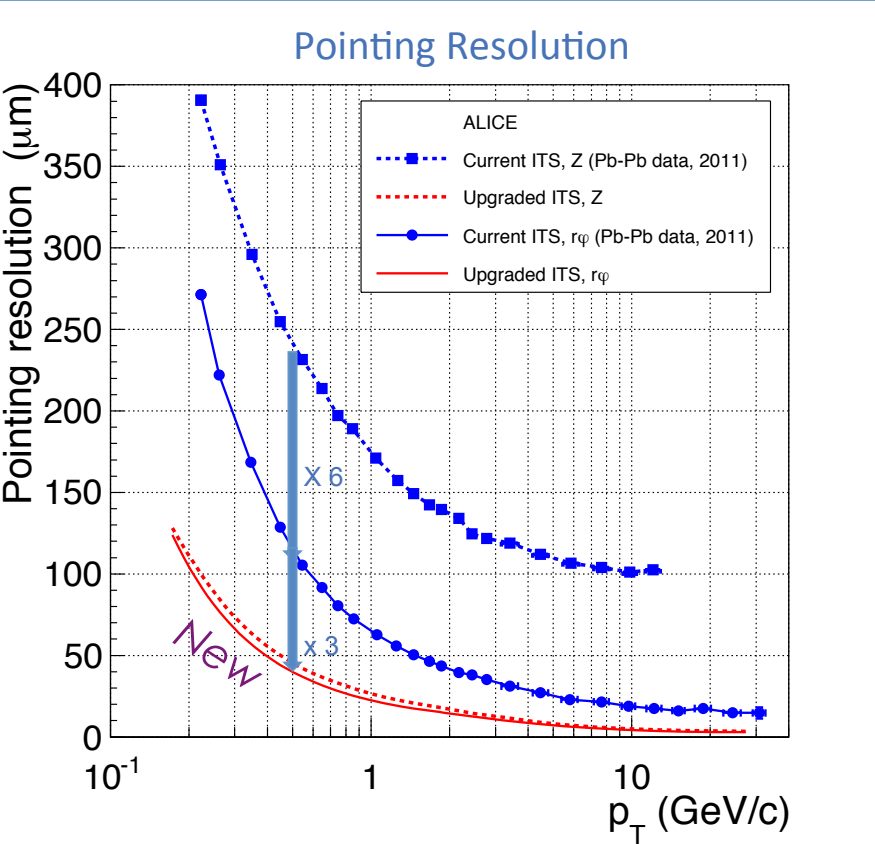


Interconnessione del pixel chip con il Flexible Printed Circuit (FPC)

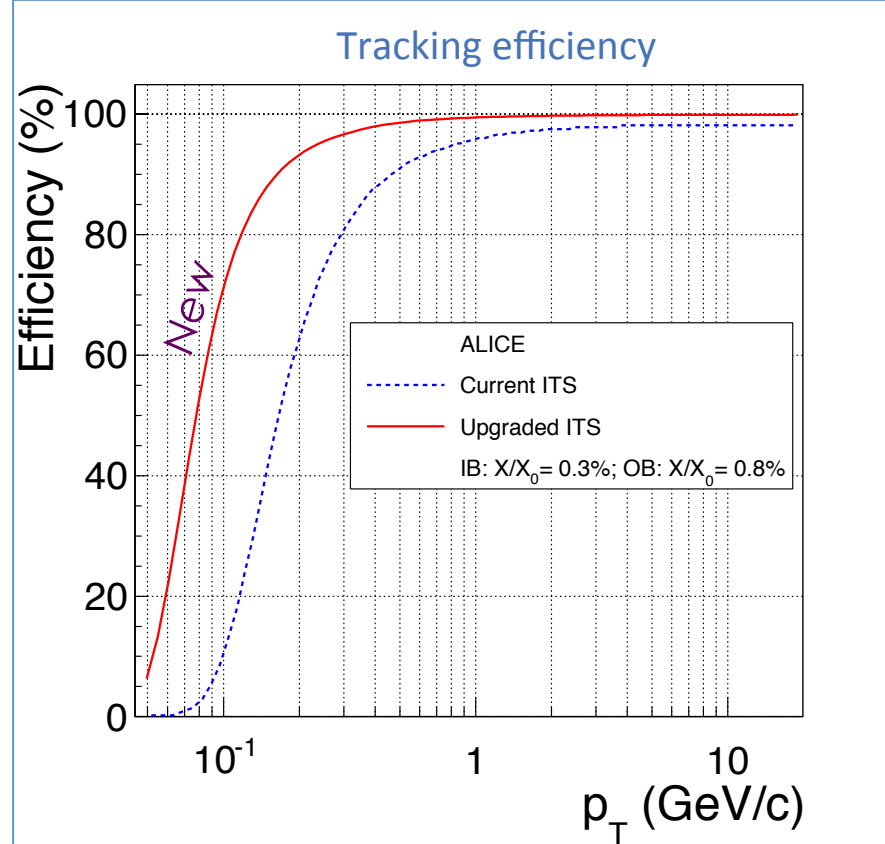
- Saldatura di una sfera Sn/Ag (96.5/3.5), diametro 200 μm (fusione 227 $^{\circ}\text{C}$) in vuoto ($<10^{-1}$ mbar)
- Laser diodo IR, 976 nm, 25 W, 50 μm distanza focale, 250 μm dimensioni dello beam spot
- La potenza del laser è modulata da un pirometro. Un preciso profilo in T assicura una limitazione nel calore trasferito
- Nessuna colla, la saldatura provvede al contatto elettrico ed alla connessione meccanica



ITS – Performance del detector

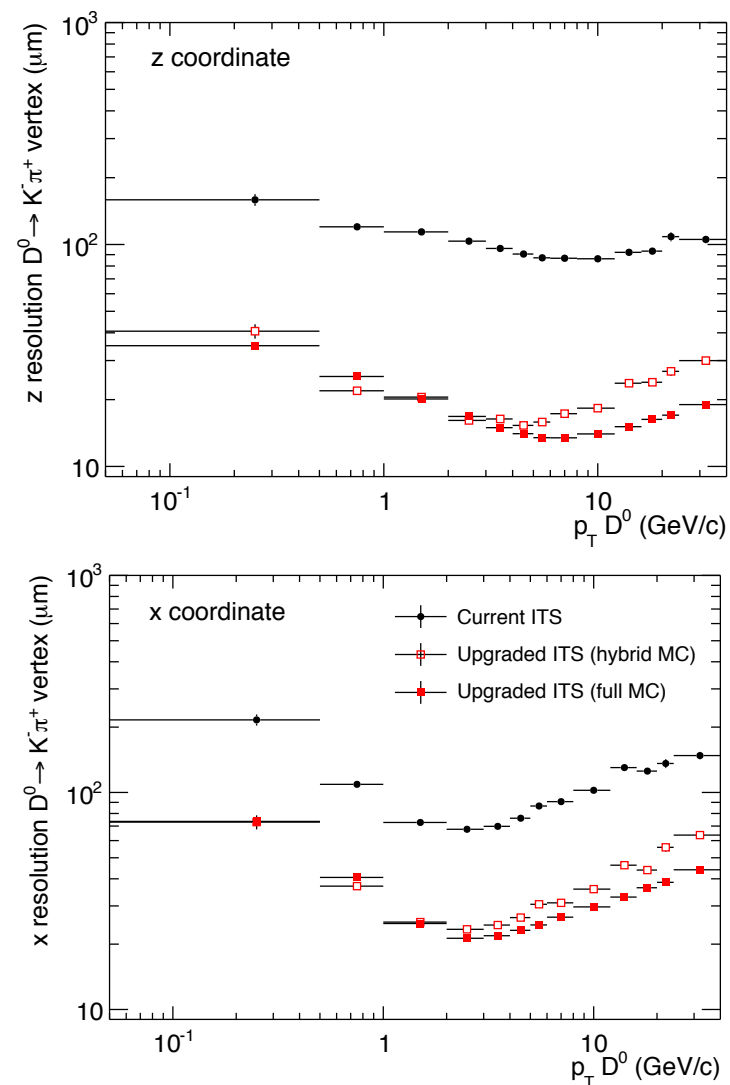


$\sim 40 \mu\text{m}$ a $p_T = 500 \text{ MeV}$



Fondamentale miglioramento della risoluzione (s_x) e della efficienza di traccia (d_x) dall'attuale al nuovo ITS

Esempio: $D^0 \rightarrow K\pi^+$



Altri canali notevoli

Observable	Current, 0.1 nb^{-1}		Upgrade, 10 nb^{-1}	
	p_T^{min} (GeV/c)	statistical uncertainty	p_T^{min} (GeV/c)	statistical uncertainty
Heavy Flavour				
D meson R_{AA}	1	10 %	0	0.3 %
D_s meson R_{AA}	4	15 %	< 2	3 %
D meson from B R_{AA}	3	30 %	2	1 %
J/ψ from B R_{AA}	1.5	15 % (p_T -int.)	1	5 %
B^+ yield	not accessible		3	10 %
Λ_c R_{AA}	not accessible		2	15 %
Λ_c/D^0 ratio	not accessible		2	15 %
Λ_b yield	not accessible		7	20 %
D meson v_2 ($v_2 = 0.2$)	1	10 %	0	0.2 %
D_s meson v_2 ($v_2 = 0.2$)	not accessible		< 2	8 %
D from B v_2 ($v_2 = 0.05$)	not accessible		2	8 %
J/ψ from B v_2 ($v_2 = 0.05$)	not accessible		1	60 %
Λ_c v_2 ($v_2 = 0.15$)	not accessible		3	20 %
Dielectrons				
Temperature (intermediate mass)	not accessible			10 %
Elliptic flow ($v_2 = 0.1$)	not accessible			10 %
Low-mass spectral function	not accessible		0.3	20 %
Hypernuclei				
$^3\Lambda\text{H}$ yield	2	18 %	2	1.7 %

Responsabilità per la produzione di Moduli e Stave



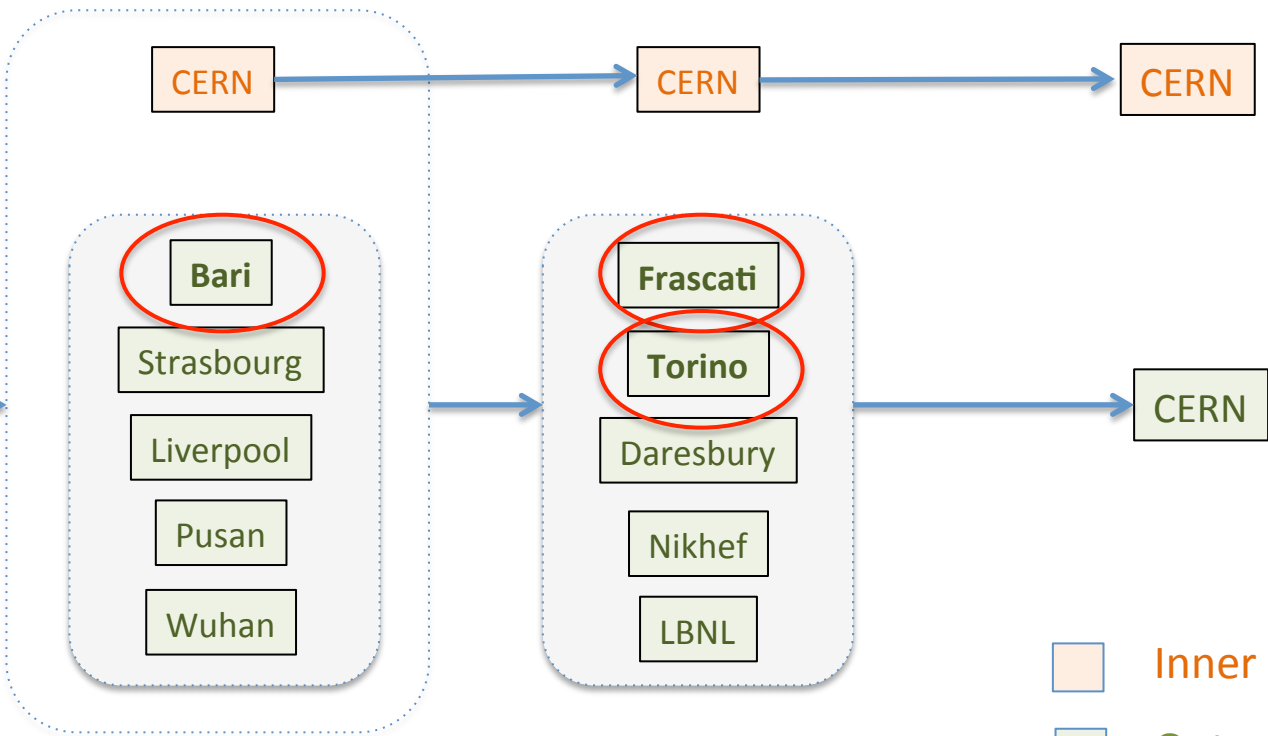
Test Chip

Module Assembly e Test

Stave Assembly e Test

Detector Barrel Assembly e test

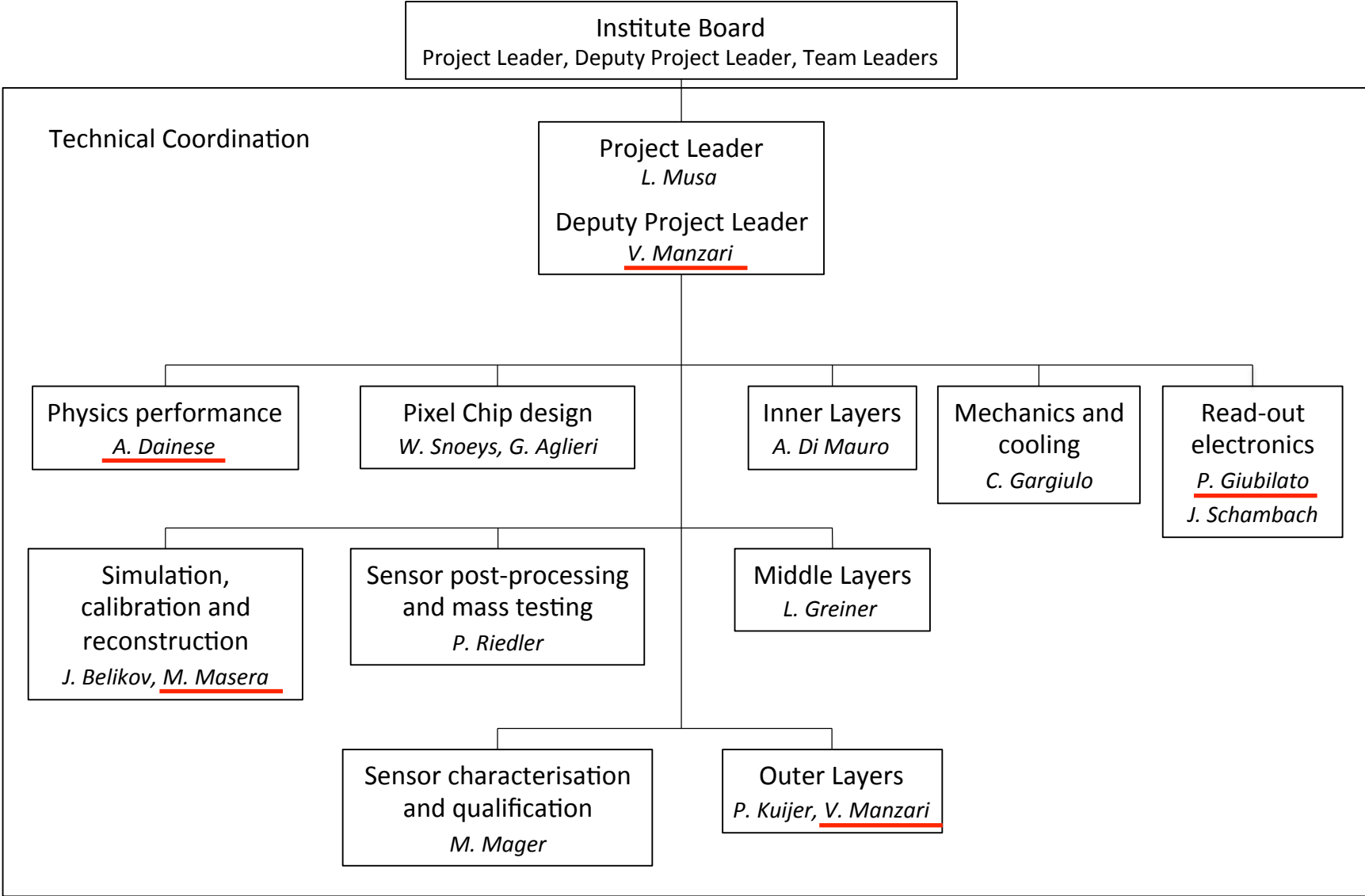
Chip series test @ Seoul



- Inner Barrel
- Outer Barrel



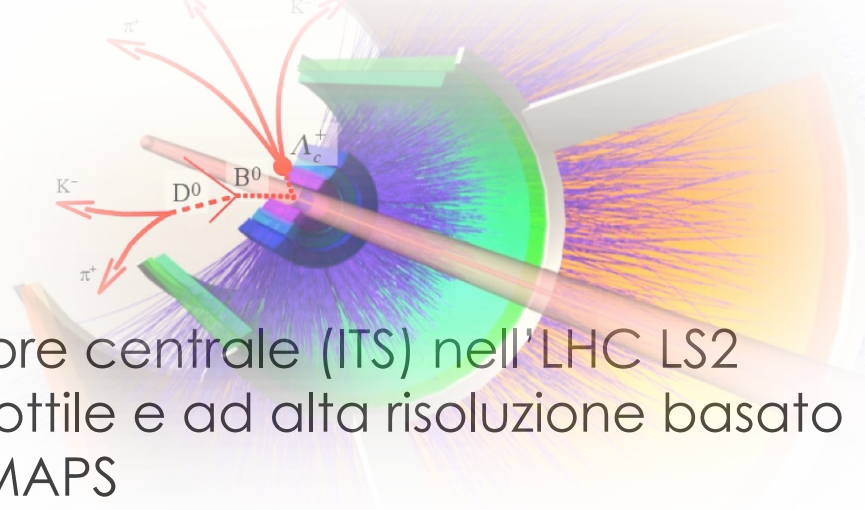
Responsabilità di Coordinamento Internazionale



Responsabilità INFN

Sezione/Laboratorio	Principali Responsabilità
Bari	<ul style="list-style-type: none">• Modulo OB: Procedura Assemblaggio, Modulo 0, Produzione• Sistema di Test per Moduli e Stave• Power Supply System
Cagliari	<ul style="list-style-type: none">• Architettura del chip (Priority encoder & R/O Interface)• Sistema di test per Pixel Chip
Catania	<ul style="list-style-type: none">• Test Elettrici degli FPC per l'OB (in collaborazione con Trieste)
LNF+Roma	<ul style="list-style-type: none">• Produzione Stave OB• LNF Beam Test Facility
Padova	<ul style="list-style-type: none">• Integrazione OB: End-wheels, Conical Structural Shell, Integrazione Half-Layer e Half-barrel
Torino+Alessandria	<ul style="list-style-type: none">• PLL & DTU del Pixel Chip• Progettazione del FPC• Stave OB: Procedura di Assemblaggio, Stave 0, Produzione
Trieste	<ul style="list-style-type: none">• Produzione e test degli FPC per gli OB

Conclusioni



ALICE sostituirà l'attuale tracciatore centrale (ITS) nell'LHC LS2 (2019-2020) con un tracciatore ultrasottile e ad alta risoluzione basato su pixel MAPS

- ✓ Miglioramento decisivo nella risoluzione del parametro d'impatto, nella risoluzione dell'impulso e nell'efficienza di ricostruzione
- ✓ Miglioramento del rate di acquisizione di un fattore 100
- ✓ Tutto l'R&D è in fase avanzata e mostra i risultati attesi
Il primo prototipo ITS (stave) pienamente funzionante è atteso per il 2016

ALICE migliorerà le sue già uniche capacità di misurare gli osservabili fondamentali per lo studio della QCD in condizioni estreme in particolare per merito del PID e della precisione di ricostruzione delle tracce fino a bassi p_T