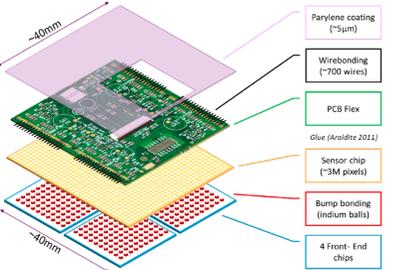


Controllo di qualità del circuito stampato flessibile per i pixel detector module di ATLAS ITk

G. Chiodini, M.R. Coluccia, S. Maggiore, F. Martina, A. Miccoli, A. Pellegrino, S. Spagnolo, C. Veri.
INFN Sezione di Lecce e Università del Salento

Quad Hybrid Pixel Module

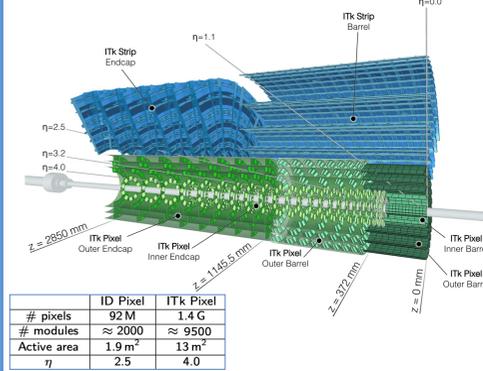


Per garantire una resa ottimale e affidabilità di esercizio a lungo termine nell'ambiente ostile di HL-LHC, è necessaria una certificazione di qualità (QC) rigorosa dei circuiti stampati prima dell'assemblaggio dei moduli. I FLEX vengono sottoposti a test, che includono: l'ispezione visiva, la metrologia meccanica e la validazione elettrica. Questi sono eseguiti sia prima che dopo aver popolato i FLEX con la componentistica elettronica [REF 1]. Il 10% dei FLEX sarà certificato in Italia.

Alcune delle caratteristiche critiche richieste [REF 2 e 3]:

- Le dimensioni XYZ devono rispettare i margini previsti;
- Le pad di wire-bonding devono essere prive di graffi o over-etching litografico;
- La potenza dissipata dalle linee di alimentazione deve essere inferiore al 10% del totale;
- Il rail di alta tensione (HV) e relativo capacitore di bypass devono presentare un basso leakage;
- Le linee dati devono avere un'impedenza caratteristica di 100 ± 10 ohm.

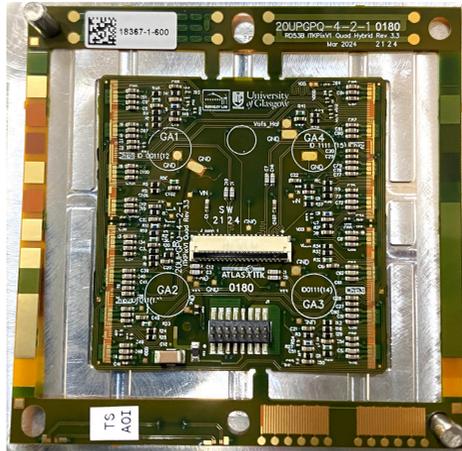
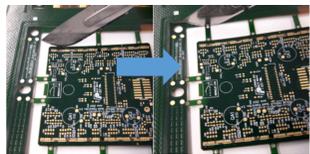
ITk Longitudinal Layout



Il PCB flessibile (FLEX) è incollato sul sensore planare ed interconnesso con i 4 ASIC di front-end mediante 4 x 170 bond-wires in Al (25 um).

Visual inspection prima e dopo la saldatura componenti

- Bare FLEX prodotti da: NCAB (SE), TECNOMECC (IT) e YAMASCHITA (JPN) su panel comprendente 4 unità;
- Dopo l'ispezione preliminare, popolati da: NORBIT (NOR), G-O (UK) e HR (JPN);
- I FLEX vengono separati dal quadrotto nei siti di QC, mediante una lama chirurgica operata manualmente;



- FLEX popolati sono sottoposti ad ispezione visiva;
- Mosaic Stitching XY automatico di 26 immagini (9Mbyte).



- Diverse iterazioni sono state eseguite con i produttori per ottimizzare il processo tecnologico e minimizzare la presenza di difetti.

- La Visual Inspection di ogni FLEX richiede la compilazione di una griglia di valutazione, dove riportare lo score da 1 a 3 (buono, usabile, da scartare) relativo ad ogni caratteristica.

- Ad oggi l'ispezione è effettuata manualmente, ma è stata investigata la possibile automatizzazione mediante software.

- Il tempo richiesto per una Visual Inspection completa è di 10 min per FLEX.

Coating scratch

Silkscreen resolution

Stain

Solder Mask defects

Non-Conformal fiducial marks

Over-etched wire-bonding pads

Solder flux spill

Solder spill

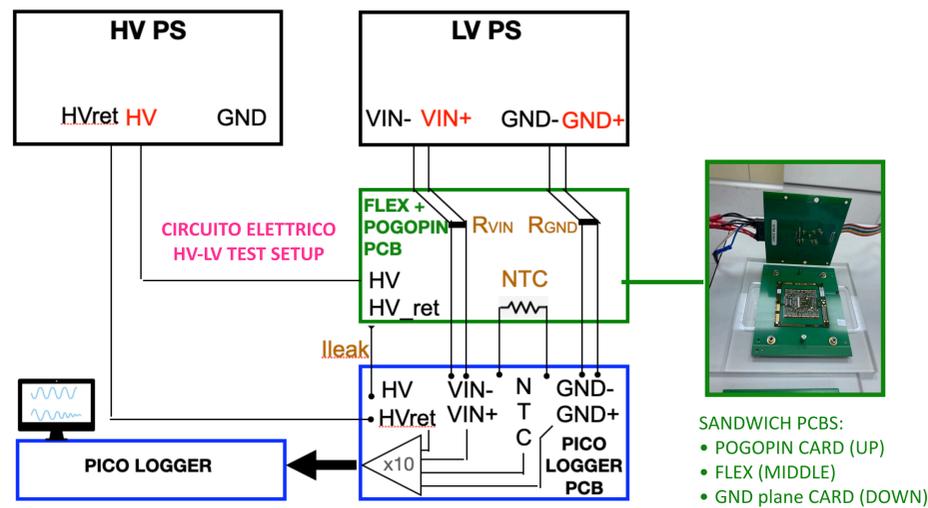
Component misalignment

Watermarks

Flex Score Template

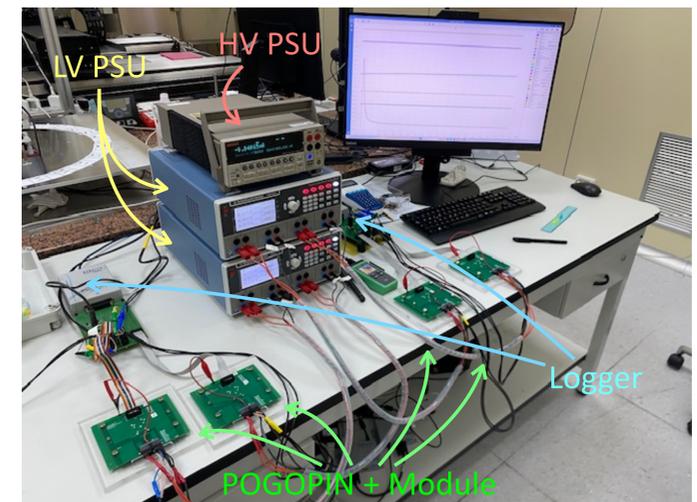
#	Field name	Field type	Result Type
1.a	Wirebond pass clear of contamination, discoloring, spots, deposits, particles etc. that can cause issues with wirebonding (scale 1-3, not required)	Integer	Parameter
1.b	Particulate contamination on the flex (including the pickup points) (scale 1-3, not required)	Integer	Parameter
1.c	Watermarks on the flex (scale 1-3, not required)	Integer	Parameter
1.d	Scratches on the wirebonding pads and the flex that can cause issues with wirebonding and/or electrical functionality of the flex (scale 1-3, not required)	Integer	Parameter
1.e	Issues seen on traces like shorts, copper, spur, misroute, gap, hole, scratches etc. that individualize the copper traces width.	Integer	Parameter
1.f	Soldermask integrity/cracks (scale 1-3, not required)	Integer	Parameter
1.g	HV LV connector assembly issue (scale 1-3, not required)	Integer	Parameter
1.h	Data connector assembly issue (scale 1-3, not required)	Integer	Parameter
1.i	Solder spills as a part of assembly process specifically on the wirebonding pads (scale 1-3, not required)	Integer	Parameter
1.j	Component misalignment grade (scale 1-3, not required)	Integer	Parameter
1.k	Shorts or close proximity of components due to misalignment (scale 1-3, not required)	Integer	Parameter
1.l	Opens or isotropizing (where one end of the component lifts from a pad of the PCB during the soldering process) of components	Integer	Parameter
1.m	Overall grade (scale 1-3)	String	Parameter
1.n	Observation (not required, to be used if the overall grade is not 1)	String	Property
1.o	Operator (not required)	String	Property
1.p	Instrument (not required)	String	Property
1.q	Analysis version (not required)	String	Property

LV-HV tests



- Misure per ogni FLEX:
 - Resistenza elettrica delle linee di alimentazione di potenza (V_{cc} e GND),
 - Corrente di leakage della capacità di bypass per l'alta tensione misurata a -975V,
 - Resistenza elettrica del termistore NTC,
 - Stabilità dei risultati in 20 minuti d'integrazione.
- Misure registrate con PICO-LOGGER su PC.
- Nodi elettrici del FLEX polarizzati con POGOIN card.

HV-LV setup per il testing simultaneo di 4 FLEX a Lecce



Metrologia

Misura Z degli stack-up layers

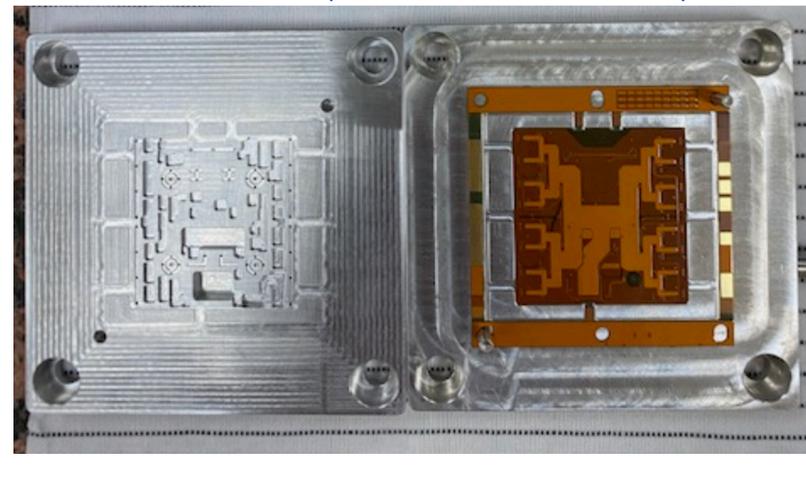
Layer	Material	Thickness (nominal)
Solder mask	TAIYO PSR-9000	20um
Cu plating	Copper Plating	15um
L1	SF202 2012DRN250A	12um
Bonding film	SF315B 25	20um
L2-3	SF202 1012DRN250A	12um
Cu plating	Copper Plating	15um
Coverlay	SF305C 1025	25um

Finished Board Thickness 0.23mm \pm 0.01

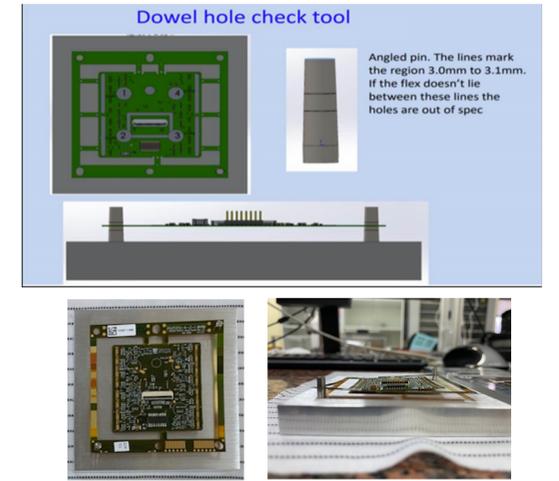
Description
1 L+TCu+TSM
2 L+TCu+ENIG
3 L+MCu
4 L+BCu+ENIG
5 L+TCu+BCu+ENIG(2)
6 L+MCu+BCu+ENIG
7 L+TCu+ENIG+MCu
8 L+TCu+MCu+BCu+ENIG(2)
9 L+TCu+TSM+MCu+BCu+BCL
10 L+TCu+ENIG+MCu+BCu+BCL
11 L+TCu+ENIG+MCu+BCu+ENIG
12 Laminate(L)

GO-NO GO JIGs di METROLOGIA

Verifica della corretta posizione ed altezza dei componenti



Controllo della posizione e larghezza dowel holes



Referenze:

- QA/QC procedures for the ITk Pixel Flex PCB (AT2-IP-AP-0009)
- Technical Specification for ITk Pixel Modules (AT2-IP-ES-0009)
- Production Flow and QA/QC of Module Flex PCB (AT2-IP-QA-014)

Conclusioni:

- Una efficace certificazione di qualità dei FLEX si è dimostrata cruciale per evitare ritardi nella produzione dei moduli pixel di ATLAS ITk;
- Al sito INFN di Lecce si è in grado di eseguire un testing completo del FLEX in circa 35 minuti e, mediamente, si analizzano 40 FLEX per settimana;
- Attualmente la collaborazione ha prodotto:
 - 318 IS FLEX di pre-produzione,
 - 795 OS FLEX di pre-produzione,
 - 970 OS FLEX di produzione.

