

Produzione e test dei SiPM per FD1-HD

C. Giugliano e M. Pozzato per conto dei Gruppi di Ferrara e Bologna

Gruppo Ferrara: M. Andreotti, W. Baldini, R. Calabrese, S. Chiozzi, A. Cotta Ramusino, R. D'Amico, M. Fiorini, T. Giammaria, C. Giugliano, M. Guarise, E. Luppi, I. Neri, B. G. Siddi, L. Tomassetti

Gruppo Bologna: D. Di Ferdinando, I. Lax, E. Montagna, A. Montanari, L. Patrizii, M. Pozzato

Meeting DUNE-Italia 7-8 Novembre 2022



Università
degli Studi
di Ferrara



Outline

- Test di massa
- Apparato di Misura CACTUS
- Esempi di acquisizione
- Misure
- Problemi riscontrati
- Misure dedicate su SiPM rumorosi
- Conclusioni
- Piani futuri

Test di Massa

Obiettivo: controllare le caratteristiche dei SiPM scartando quelli non conformi alle specifiche



Misure e parametri considerati:

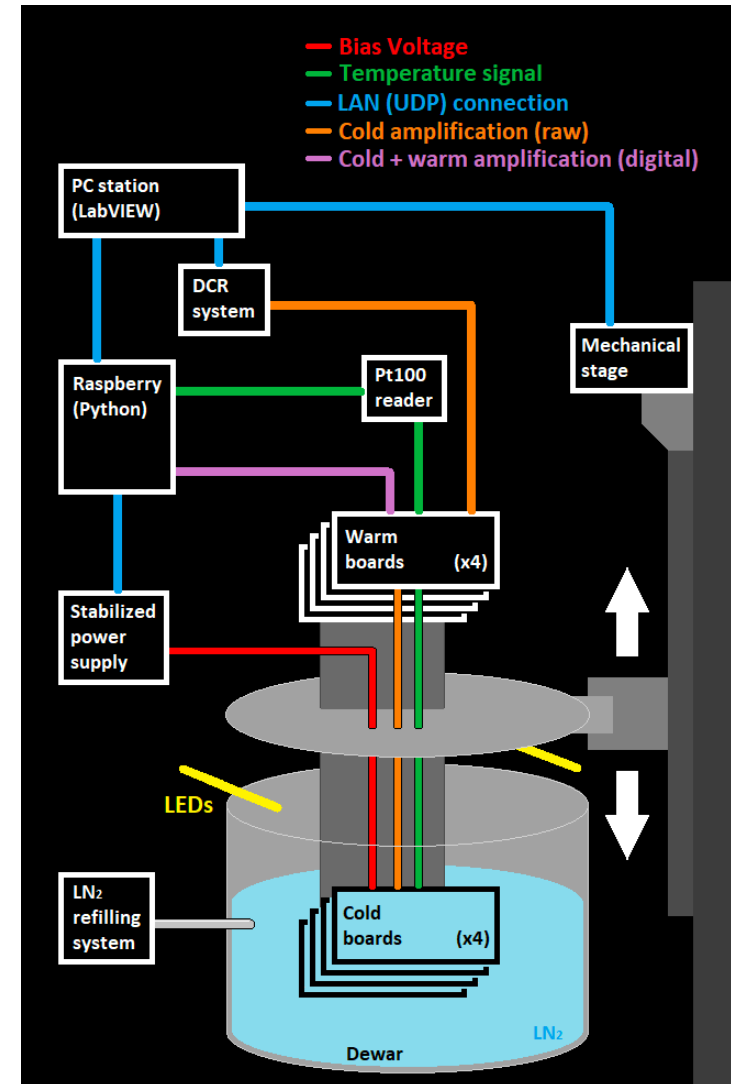
- IV@ROOMT \rightarrow (FW) R_q^{RT} + (REV) V_{bd}^{RT} ;
- IV@LN2T \rightarrow (FW) $R_q^{LN2T_pre}$ + (REV) $V_{bd}^{LN2T_pre}$;
- Cicli termici;
- IV@LN2T \rightarrow (FW) $R_q^{LN2T_post}$ + (REV) $V_{bd}^{LN2T_post}$;
- IV@LN2T \rightarrow in range esteso
- DCR@LN2T \rightarrow global-DCR totale, AP, CT+ burst;

Cactus: il set-up per i test di massa(I)



Cryogenic Apparatus for Continuous Tests Upon SiPM

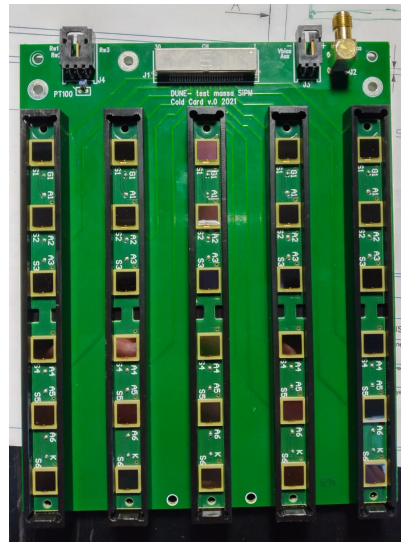
- Set-up sviluppato dalle sezioni INFN e dalle Università di Ferrara e di Bologna
- Capace di effettuare test di massa sull'intera produzione di SiPMs per verificare le caratteristiche di tutti i sensori;



Cactus: il set-up per i test di massa(II)

Warm boards:

- 4 motherboards
- 15 front-end cards per motherboard (60 per sistema)
- 120 canali indipendenti
- Misure di corrente
- Acquisizione di segnali
- power supply



Cold boards:

- 4 boards
- 5 arrays
- 120 SiPM
- Misure di temperatura
- Bias Voltage

Cactus: pannello di controllo

Singola interfaccia Labview permette di effettuare tutti i test con pannelli dedicati

MAIN CONTROL

STEP_TEST_STATE: Go To Position **EXEC TEST** **MANUAL** UserConfirmSTEP **CONFIRM STEP** auto setup sequence

CHECK SETUP AND CONFIRM

FWD/REV SELECTION: **FWD ENABLED** **REV ENABLED**

LED resource: Luminosity (0 to 255) 10 **LED ON** port COMS

Mechanical Stage (MS): Enable MS **MS ON** POSITION (mm) 599.99 SPEED (mm/s) 0 **READY**

TEST LOG

- 2022-10-06 15:27:32 - START SETUP CHECK
- 2022-10-06 15:27:34 - SETUP SAVED
- 2022-10-06 15:27:36 - STARTING POSITIONING SESSION
- 2022-10-06 15:28:03 - OPENING MS RESOURCE RUNNING
- 2022-10-06 15:28:03 - MOVER READY RUNNING
- 2022-10-06 15:28:03 - Going to position LN2 (50 mm)... RUNNING
- 2022-10-06 15:29:20 - POSITION REACHED DONE OK
- 2022-10-06 15:30:09 - STARTING POSITIONING SESSION
- 2022-10-06 15:30:12 - OPENING MS RESOURCE RUNNING
- 2022-10-06 15:30:12 - MOVER READY RUNNING
- 2022-10-06 15:30:12 - Going to position Room T (600 mm)... RUNNING
- 2022-10-06 15:31:33 - POSITION REACHED DONE OK
- 2022-10-06 15:48:00 - INIT TEST
- 2022-10-06 15:48:00 - START CONFIG TEST
- 2022-10-06 15:48:00 - CONFIG TEST DONE
- 2022-10-06 15:48:00 - CHECK SETUP FILE
- 2022-10-06 15:48:01 - LOAD LAST SETUP
- 2022-10-06 15:48:01 - START SETUP CHECK

DaughterBoards Test RESULT NOT DONE

ARRAY CLUSTER **UNDER TEST**

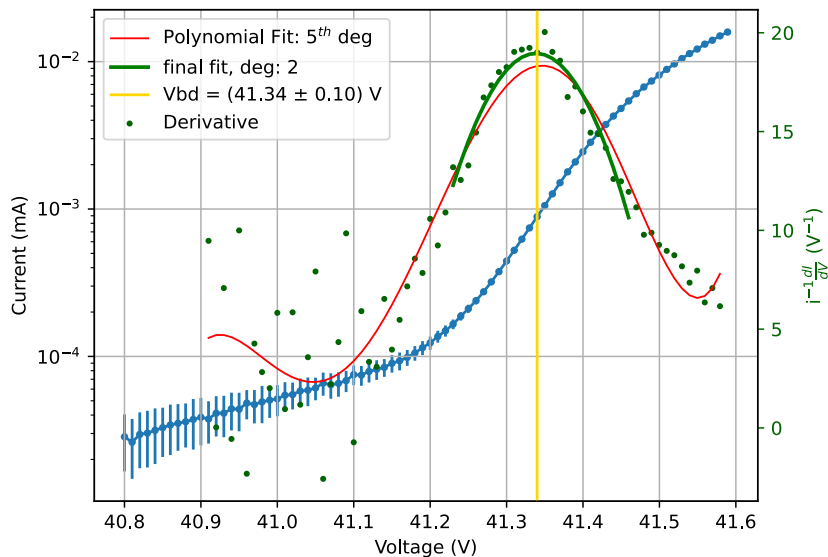
ARRAY 1	ARRAY 2	ARRAY 3	ARRAY 4	ARRAY 5
QR CODE: 200928A7S406700CER200050	QR CODE: 200928A7S406700CER200044	QR CODE: 200928A7S406700CER200048	QR CODE: 200928A7S406700CER200030	QR CODE: 200928A7S406700CER200026
Rq = 68,43 Ohm Vbd = 51,48 V DCR = 23,6 mHz/mm ²	Rq = 70,84 Ohm Vbd = 51,33 V DCR = 23,6 mHz/mm ²	Rq = 68,55 Ohm Vbd = 51,48 V DCR = 23,6 mHz/mm ²	Rq = 67,43 Ohm Vbd = 51,52 V DCR = 23,6 mHz/mm ²	Rq = 69,02 Ohm Vbd = NaN V DCR = 23,6 mHz/mm ²
Rq = 69,01 Ohm Vbd = 51,33 V DCR = 23,6 mHz/mm ²	Rq = 69,75 Ohm Vbd = 51,33 V DCR = 23,6 mHz/mm ²	Rq = 70,86 Ohm Vbd = 51,40 V DCR = 23,6 mHz/mm ²	Rq = 67,63 Ohm Vbd = 51,40 V DCR = 23,6 mHz/mm ²	Rq = 68,58 Ohm Vbd = 51,48 V DCR = 23,6 mHz/mm ²
Rq = 84,32 Ohm Vbd = 51,06 V DCR = 21,3 mHz/mm ²	Rq = 70,06 Ohm Vbd = 51,48 V DCR = 23,6 mHz/mm ²	Rq = 67,61 Ohm Vbd = 51,48 V DCR = 23,6 mHz/mm ²	Rq = 97,61 Ohm Vbd = 51,35 V DCR = 23,6 mHz/mm ²	Rq = 68,69 Ohm Vbd = 51,40 V DCR = 23,6 mHz/mm ²
Rq = 195,49 Ohm Vbd = 51,34 V DCR = 23,6 mHz/mm ²	Rq = 70,06 Ohm Vbd = NaN V DCR = 23,6 mHz/mm ²	Rq = 66,79 Ohm Vbd = 51,33 V DCR = 23,6 mHz/mm ²	Rq = 67,83 Ohm Vbd = 51,33 V DCR = 23,6 mHz/mm ²	Rq = 65,22 Ohm Vbd = 51,44 V DCR = 23,6 mHz/mm ²
Rq = 130,24 Ohm Vbd = 51,40 V DCR = 23,6 mHz/mm ²	Rq = 67,18 Ohm Vbd = 51,40 V DCR = 23,6 mHz/mm ²	Rq = 65,85 Ohm Vbd = 51,48 V DCR = 23,6 mHz/mm ²	Rq = 67,53 Ohm Vbd = 51,40 V DCR = 23,6 mHz/mm ²	Rq = 63,62 Ohm Vbd = 51,44 V DCR = 23,6 mHz/mm ²
Rq = 67,31 Ohm Vbd = 51,61 V DCR = 23,6 mHz/mm ²	Rq = 68,09 Ohm Vbd = 51,40 V DCR = 23,0 mHz/mm ²	Rq = 68,32 Ohm Vbd = 51,52 V DCR = 23,6 mHz/mm ²	Rq = 70,28 Ohm Vbd = 51,25 V DCR = 23,6 mHz/mm ²	Rq = 66,49 Ohm Vbd = 51,40 V DCR = 23,6 mHz/mm ²

Cactus: esempi di acquisizione

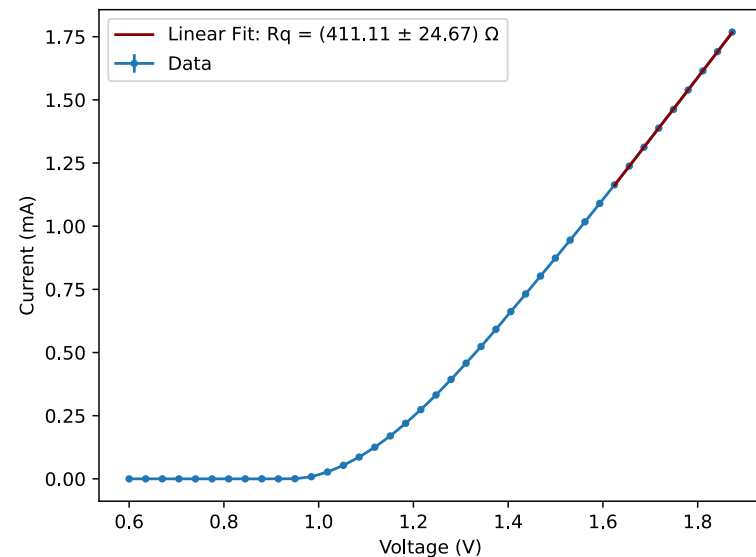
Curve IV:

- Il sistema setta il Voltaggio e misura la corrente che scorre simultaneamente in ogni SiPM
- R_q e V_{bd} stimate online da fit ai dati

Curve IV: reverse ARDU_1_SiPM_12



Curve IV: forward ARDU_1_SiPM_12

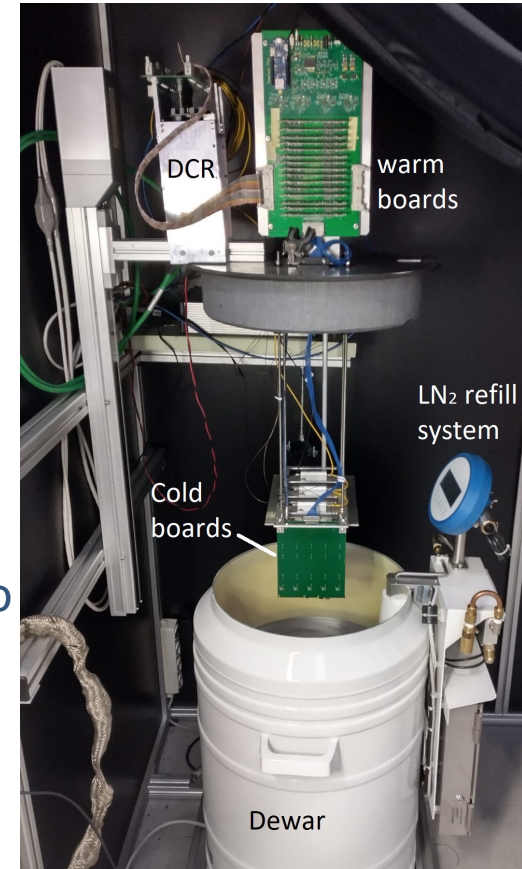


DCR globale:

- Il sistema setta l'over-Voltage e misura i conteggi totali al di sopra di una certa soglia in una finestra temporale definita

Cactus: caratteristiche

- Sistema di autoriempimento di LN₂(55 litri)
- 120 letti canali in parallelo
- Range di tensione -210 a 210V con precisione di 10 mV
- modo di acquisizione DC
- range di corrente 10nA a 3mA
- modo di acquisizione AC
- soglia programmabile DCR da 30ke a 16Me
- movimentatore 60cm
- Scanner codici QR con modalità automatica di storage control
- Pannello di controllo in cui settare modalità automatica o manuale
- Possibilità di conservare un numero di profili programmabili per misure IV e per cicli termici
- Possibilità di controllare sempre temperatura
- Capacità di effettuare analisi runtime e di conservare i risultati

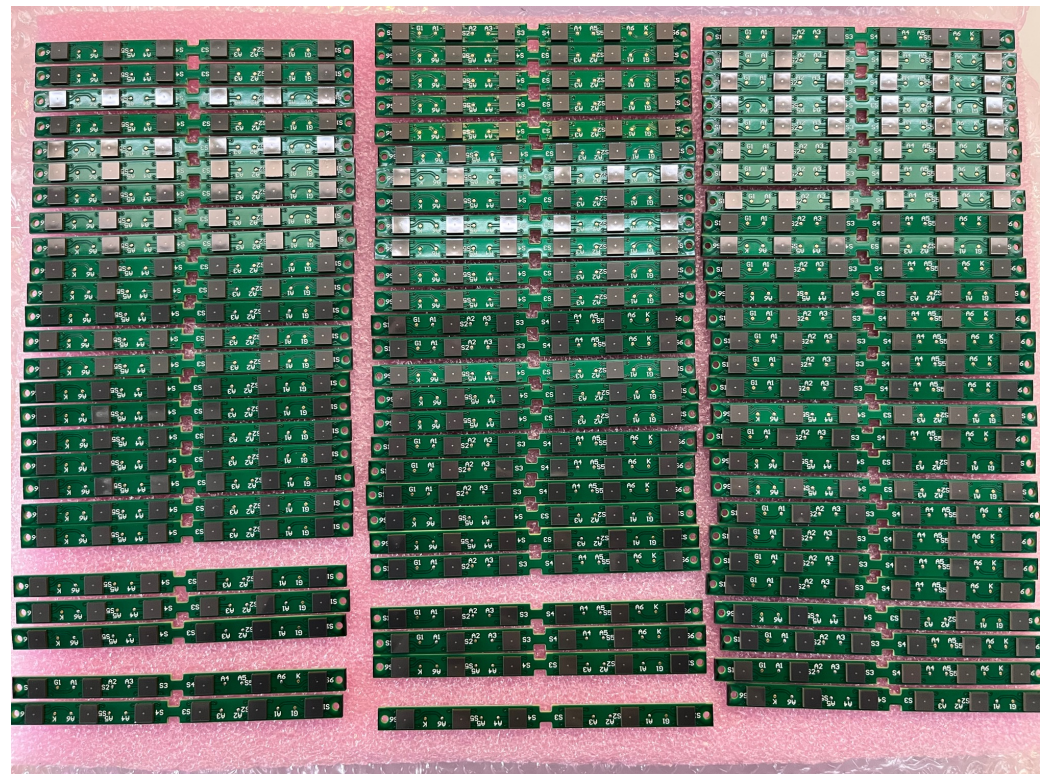
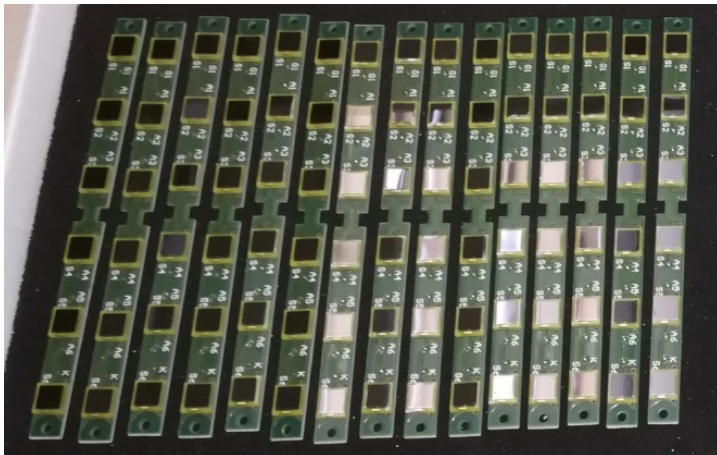


Capacità di caratterizzare 120 SiPM al giorno

Misure

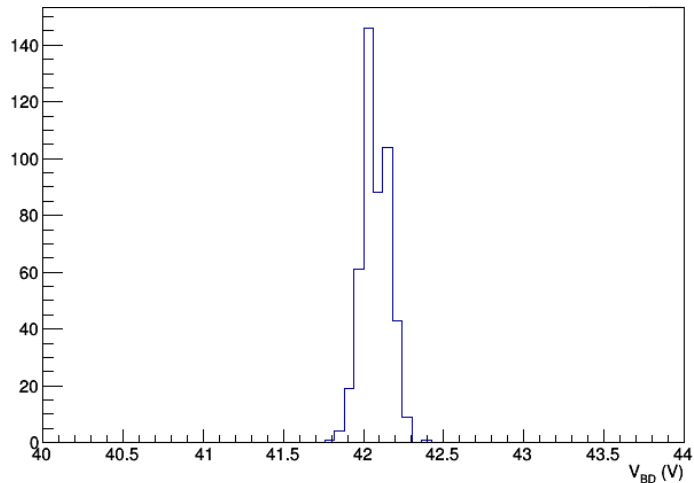
Tra Aprile e Maggio 2022 i gruppi di Bologna e Ferrara hanno ricevuto e caratterizzato:

- ~4200 sensori HPK;
- ~3200 sensori FBK;



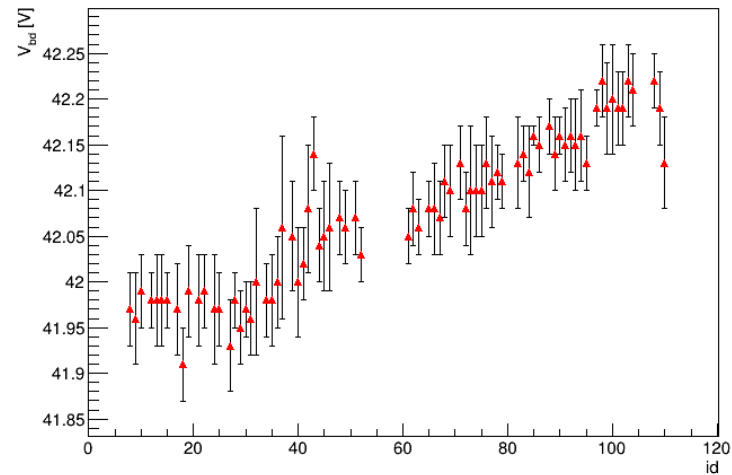
Esempio V_{bd} (HPK – DUNE pre-produzione)

V_{bd} dopo i cicli termici
(T_{cryo})



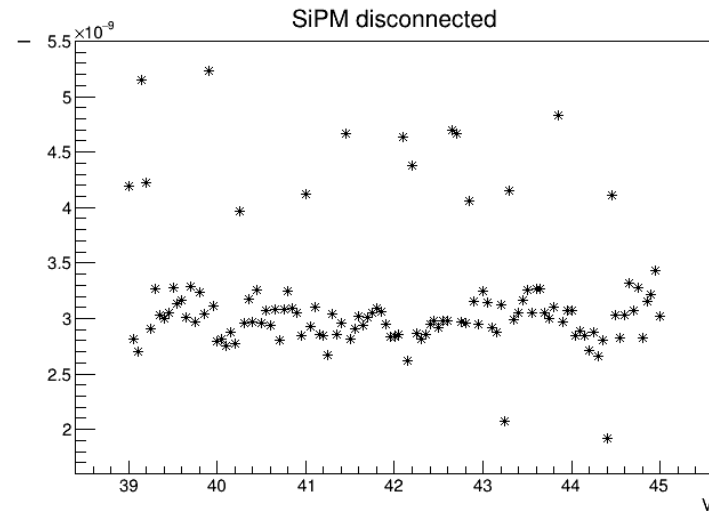
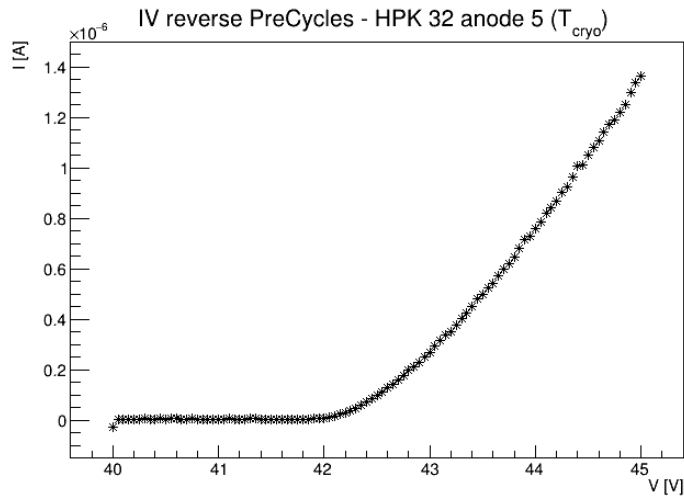
- V_{bd} :
 - Media: 42.07 V
 - RMS < 100 mV

V_{bd} vs ID array



- La barra di errore associato a ogni punto è l'RMS della V_{bd} dei 6 SIPM appartenenti allo stesso array

Problemi riscontrati durante i test



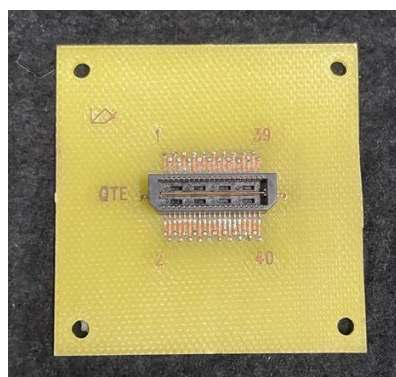
Durante i cicli termini l'umidità dell'aria congela dentro ai connettori delle cold-board:

→ questo impatta sulle misure @LN2: alcuni SiPM possono risultare scollegati dopo i cicli termici

→ Impossibile ottenere i valori di $V_{\text{bd}}/R_{\text{q}}$.

Test effettuati su nuovo cavo e nuovo connettore

- Nuovo connettore identificato e utilizzabile per questa applicazione (EQCD-020-23.62-SBR-SBR-1-B)
 - Migliore isolamento dell'umidità → minor probabilità di “perdere” la connessione elettrica

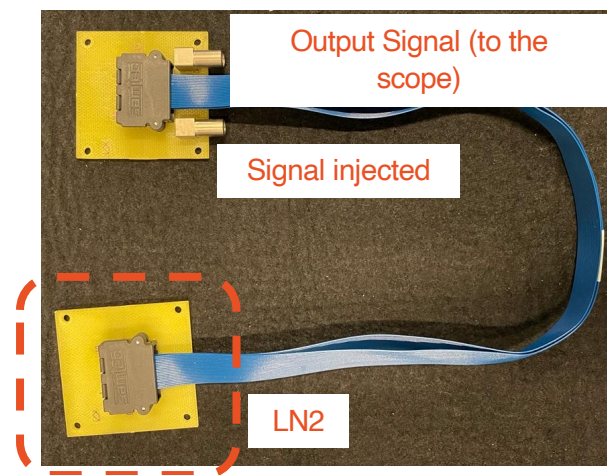


- Numero di inserzioni attese durante i test di massa:
50000 arrays da testare con 5 facilities

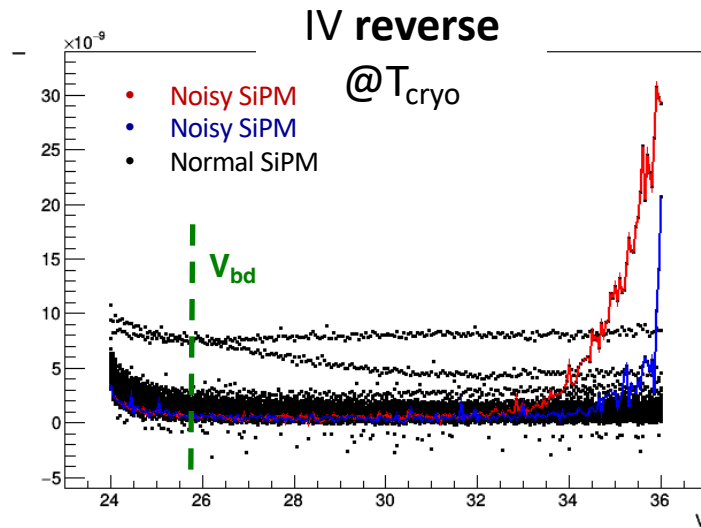
(20 arrays per load):
500 inserzioni” (per facility)

- Test ripetuti: → tot **500 inserzioni**
- Ogni 100 inserzioni son stati condotti test in LN2:
 - Impulso iniettato in un connettore montato su pcb-custom
 - Controllo del segnale in uscita tramite oscilloscopio

→ Nessuna interruzione sul segnale trasmesso osservata

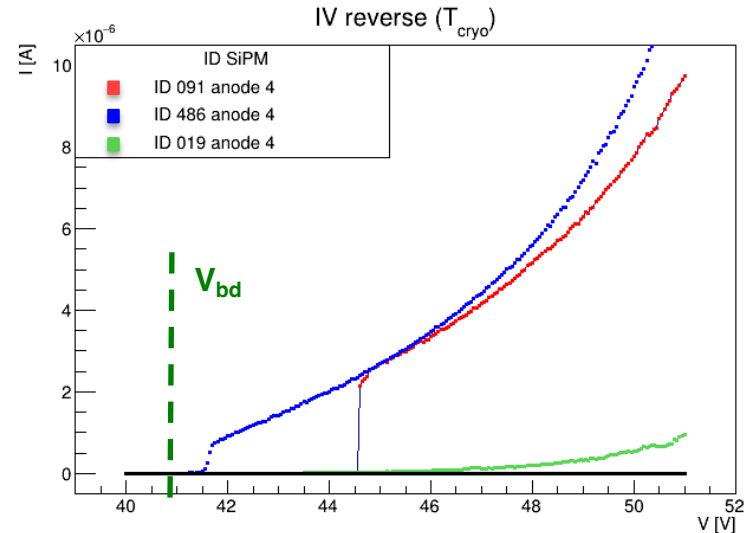


Tests su SiPMs rumorosi – Misure IV estese



Tests su 54 **FBK** SiPMs con SMU:

- **2** SiPMs con DCR elevata
- +9 V OV ($V_{bd} \sim 27 \text{ V @T}_{cryo}$)



Tests su 18 **HPK** SiPMs con SMU:

- **3** SiPMs con alta DCR
- +9 V OV ($V_{bd} \sim 42 \text{ V @T}_{cryo}$)

Conclusioni

Sistema in grado di caratterizzare 120 SiPM al giorno sviluppato dalle sezioni INFN e dalle Università di Ferrara e Bologna. Il set-up è in grado di effettuare:

- Caratterizzazione IV in forward e in reverse @ROOMT/LN2T, in condizioni di luminosità controllata
- Immersioni controllate in LN2 e cicli termici
- Misure di DCR
- Analisi runtime e data storage
- Tutti i test possono essere effettuati sia manualmente che in modalità automatica
- Testati e caratterizzati tra Aprile e Maggio 2022 ~4200 HBK e ~3200 FPK

Piani futuri

- Testare nuove componenti elettroniche per migliorare il set-up e duplicarlo
 - Nuovi connettori più resistenti, più facili da collegare, in grado di assicurare più stabilità durante le misure grazie alla differente struttura di pin-out
 - Rifinimento pannello di controllo per ottimizzare le funzioni inserite e rendere l'interfaccia più user-friendly
- Nuovi gruppi operativi da inizio 2023: Praga, Granada, Milano
- Una volta a regime capacità di test mensile su tutti i siti sarà di: $120 \text{ giorno} \times 4 \text{ giorni} \times 4 \text{ settimane} \times 5 \text{ siti} = 9600 \text{ sipm} = 1600 \text{ array}$

