

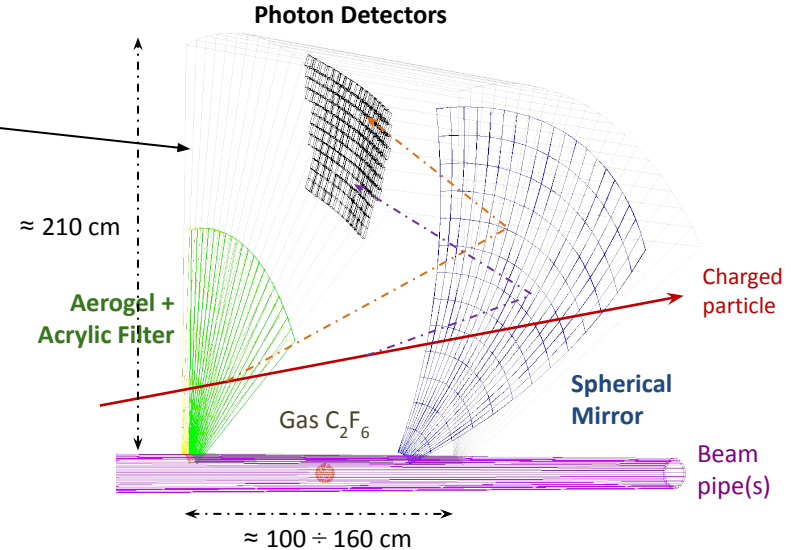
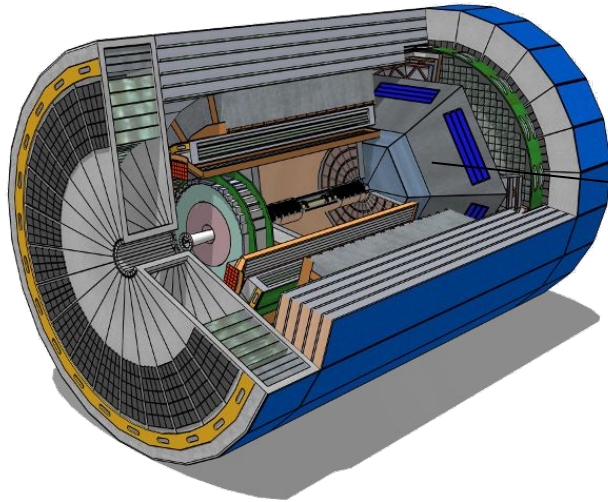
# Status R&D e richieste SiPM + ALCOR

Roberto Preghenella

# The dual-radiator (dRICH) for forward PID

compact and cost-effective solution for broad momentum coverage at forward rapidity

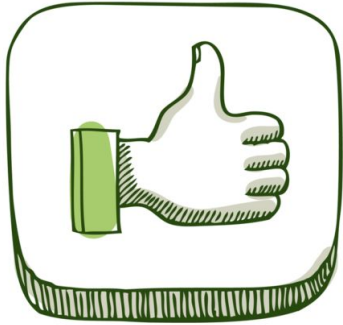
3-60 GeV/c  
 $1.5 < \eta < 3.5$



- **radiators:** aerogel ( $n \sim 1.02$ ) and  $C_2F_6$  ( $n \sim 1.0008$ )
- **mirrors:** large outward-reflecting, 6 open sectors
- **sensors:**  $3 \times 3 \text{ mm}^2$  pixel,  $0.5 \text{ m}^2$  / sector
  - $\sim 3 \text{ m}^2$  surface with photosensors ( $\sim 300 \text{ k}$  channels)
  - single-photon detection inside high B field ( $\sim 1 \text{ T}$ )
  - outside of acceptance, reduced constraints

**explore SiPM readout option**

# SiPM option for RICH optical readout



- **pros**

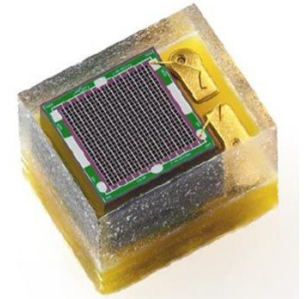
- cheap
- high photon efficiency
- excellent time resolution
- insensitive to magnetic field



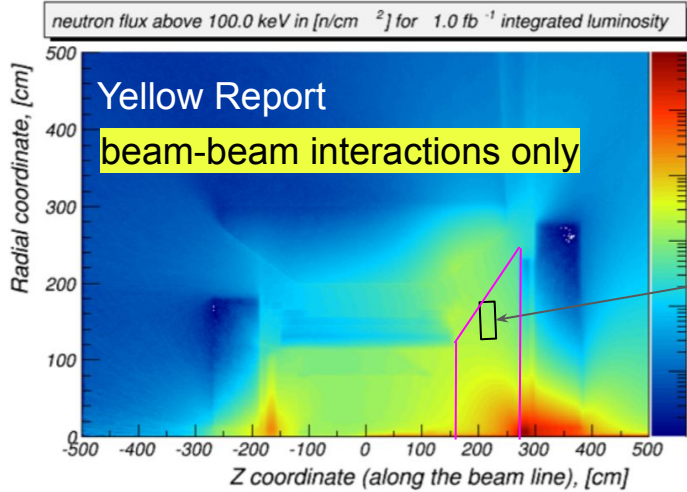
- **cons**

- large dark count rates
- not radiation tolerant

|   |  |
|---|--|
| 28.0855<br><small>Atomic mass</small>           | 14<br><small>Atomic number</small>       |
| <b>Si</b><br>Silicon                            |  |
| 786.5<br><small>First ionization energy</small> | 1.90<br><small>Electronegativity</small> |



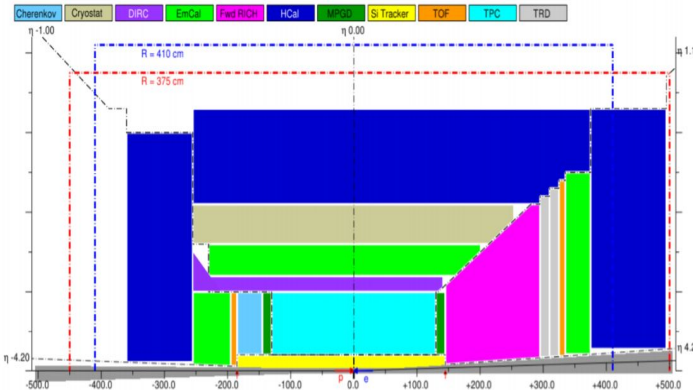
# Neutron fluxes and SiPM radiation damage



Most of the key physics topics discussed in the EIC White Paper [2] are achievable with an integrated luminosity of  $10 \text{ fb}^{-1}$  corresponding to 30 weeks of operations. One notable exception is studying the spatial distributions of quarks and gluons in the proton with polarized beams. These measurements require an integrated luminosity of up to  $100 \text{ fb}^{-1}$  and would therefore benefit from an increased luminosity of  $10^{34} \text{ cm}^{-2} \text{ sec}^{-1}$ .

- possible location of dRICH photosensors  
neutron fluence for  $1 \text{ fb}^{-1} \rightarrow 1\text{-}5 \cdot 10^7 \text{ n/cm}^2$  ( $> 100 \text{ keV} \sim 1 \text{ MeV } n_{eq}$ )
- radiation level is moderate
  - magnetic field is high(ish)

R&D on SiPM as potential photodetector for dRICH, main goal **study SiPM usability for Cherenkov up to  $10^{11} \text{ 1-MeV } n_{eq}/\text{cm}^2$**



notice that  $10^{11} \text{ n}_{eq}/\text{cm}^2$  would correspond to  $2000\text{-}10000 \text{ fb}^{-1}$  integrated  $\mathcal{L}$   
quite a long time of EIC running before we reach there, if ever  
it would be between 6-30 years of continuous running at  $\mathcal{L} = 10^{34} \text{ s}^{-1} \text{ cm}^{-2}$

- better do study in smaller steps of radiation load
- $10^9 \text{ 1-MeV } n_{eq}/\text{cm}^2$  *most of the key physics topics*
  - $10^{10} \text{ 1-MeV } n_{eq}/\text{cm}^2$  *should cover most demanding measurements*
  - $10^{11} \text{ 1-MeV } n_{eq}/\text{cm}^2$  *possibly never reached*

# SiPM radiation damage and mitigation strategies

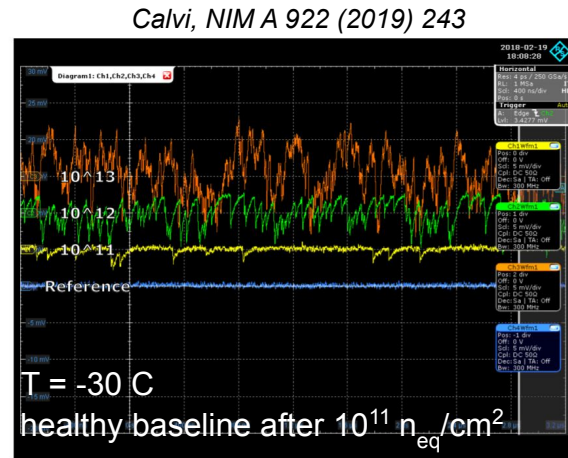
Radiation damages increase currents, affects  $V_{bd}$  and increase DCR  
 With very high radiation loads can bring to baseline loss, but...

**does not seem to be a problem up to  $10^{11} n_{eq}/cm^2$  (if cooled,  $T = -30\text{ C}$ )**

If the baseline is healthy, single-photon signals can be detected  
 one can work on reducing the DCR with following mitigation strategies:

- Reduce operating temperatures (**cooling**)
- Use **timing**
- High-temperature **annealing** cycles

$10^{11}$

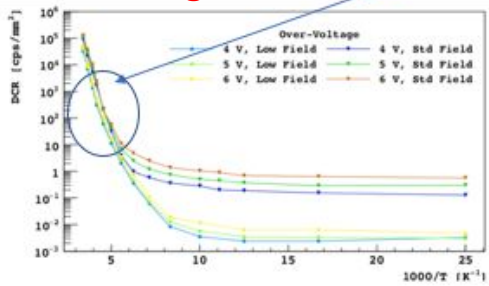


Key point for R&D on RICH optical readout with SiPM:

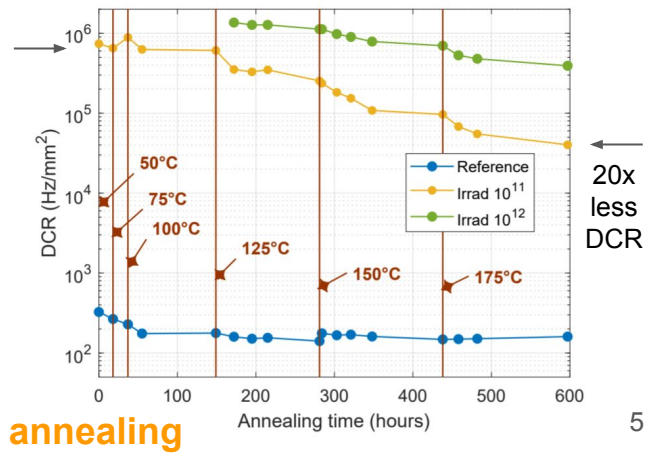
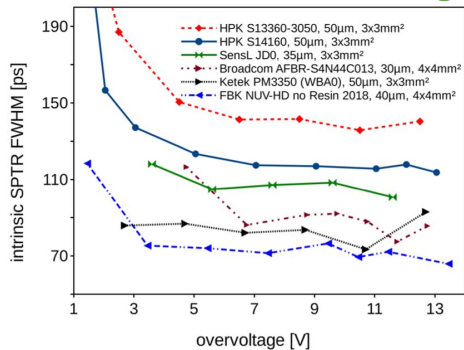
- demonstrate capability to measure Single Photon
- keep DCR under control (ring imaging background)

despite radiation damages

**cooling**



**timing**

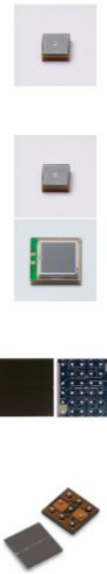


stato R&D

*[Garutti et al] Due to the increased DCR, the single photoelectron separation from noise is lost already at relatively low fluences  $\Phi_{eq} \sim 10^{10} \text{ cm}^{-2}$ . This limit depends on many factors related to the SiPM design and the operation conditions, so it should be tested for each specific application.*

- **acquired SiPM samples**
  - from different manufacturers
  - and of different types
- **developed electronic boards**
  - SiPM carrier boards
  - adapter boards
  - ASIC readout board
- **irradiation campaign(s)**
  - with proton beams
  - increasing NIEL:  $10^9$   $10^{10}$  and  $10^{11}$  neq
- **high-temperature annealing**
  - with industrial oven
  - up to  $T = 150 \text{ C}$
  - exploring alternative solutions
- **characterisation and operation**
  - low temperature operation
  - I-V characterisation
  - DCR and signal sampling
  - readout with ALCOR ASIC
  - pulsed LED light response

# Commercial SiPM sensors and FBK prototypes




| board | sensor         | uCell (μm) | V <sub>bd</sub> (V) | PDE (%) | DCR (kHz/mm <sup>2</sup> ) | window   | notes  |
|-------|----------------|------------|---------------------|---------|----------------------------|----------|--|
| HAMA1 | S13360 3050VS  | 50         | 53                  | 40      | 55                         | silicone | legacy model Calvi et. al                    |
|       | S13360 3025VS  | 25         | 53                  | 25      | 44                         | silicone | legacy model smaller SPAD                    |
| HAMA2 | S14160 3050HS  | 50         | 38                  | 50      |                            | silicone | newer model lower V <sub>bd</sub>            |
|       | S14160 3015PS  | 15         | 38                  | 32      | 78                         | silicone | smaller SPADs radiation hardness             |
| SENSF | MICROFJ 30035  | 35         | 24.5                | 38      | 50                         | glass    | different producer and lower V <sub>bd</sub> |
|       | MICROFJ 30020  | 20         | 24.5                | 30      | 50                         | glass    | the smaller SPAD version                     |
| BCOM  | AFBR S4N33C013 | 30         | 27                  | 43      | 111                        | glass    | commercially available FBK-NUVHD             |

**HAMAMATSU**  
PHOTON IS OUR BUSINESS

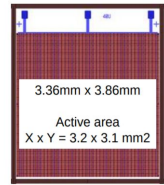


ON Semiconductor®





## NUV-HD-CHK




3.36mm x 3.86mm  
Active area  
X x Y = 3.2 x 3.1 mm<sup>2</sup>


NUV-HD big cells

Technology similar to NUV-HD-Cryo  
Optimized for single photon timing

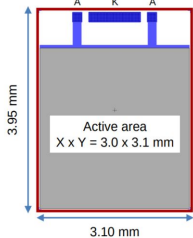
- Cell pitch 40 μm
- High PDE > 55%
- Primary DCR @ +24°C ~ 50 kHz/mm<sup>2</sup>
- Correlated noise 35% @ 6 V

October 5, 2020
FBK - Confidential


---



## NUV-HD-RH




3.95 mm  
Active area  
X x Y = 3.0 x 3.1 mm  
3.10 mm

NUV-HD-RH

Technology under development  
optimized for radiation hardness in  
HEP experiments

- Cell pitch 15 μm with high fill factor
- Fast recovery time – reduced cell occupancy  
Tau recharge < 15 ns
- Primary DCR @ +24°C ~ 40 kHz/mm<sup>2</sup>
- Correlated noise 10% @ 6 V

October 5, 2020
FBK - Confidential


multiple producers: different technologies, SPAD dimensions, V<sub>bd</sub>, electric field ...

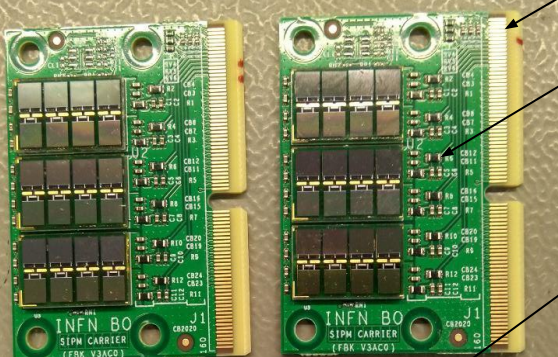


# SiPM custom carrier boards

8x4 matrices with commercial Hamamatsu



6x4 matrices with prototype FBK sensors



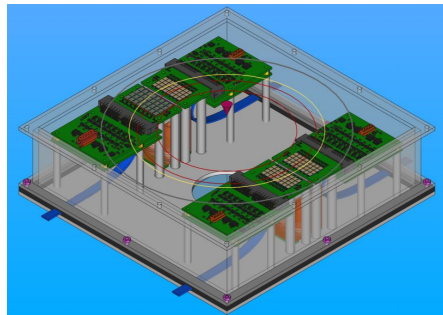
high-density edge connector

high-T grade FR4 for annealing up to 180 °C

temperature sensor for operation with Peltier cooling

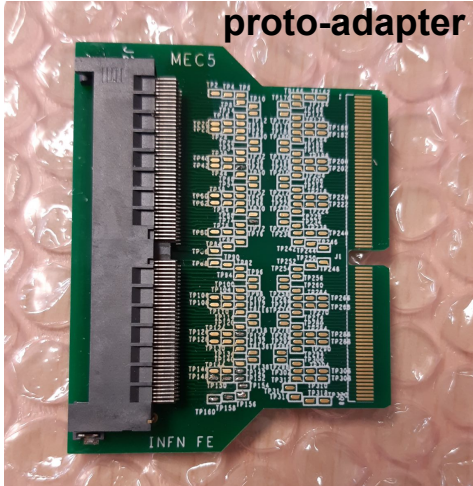
many metallic vias for heat conductivity (Peltier cooling from the back)

prototype SiPM readout box



withstand irradiation, high-T annealing and low-T operation in form-factor usable in beam tests

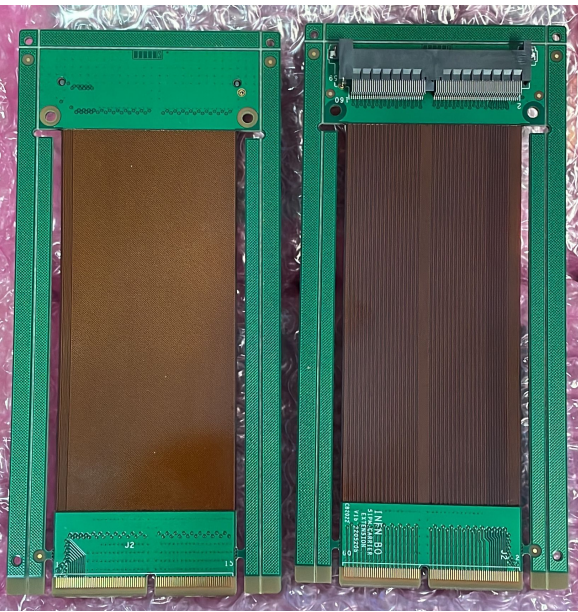
# Other electronics developed



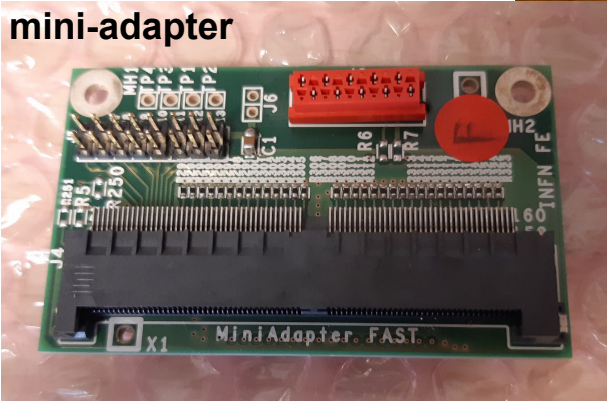
proto-adapter



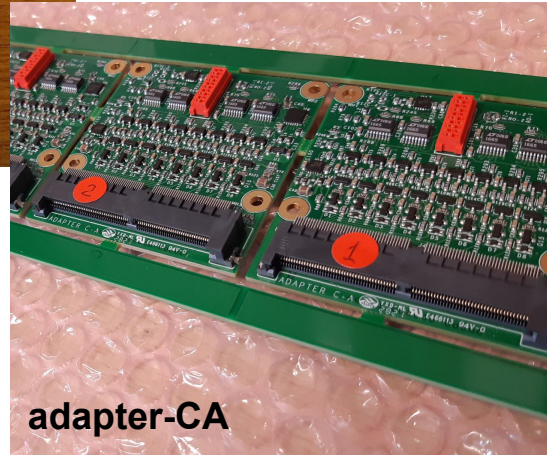
adapter base-IV



flex-adapter



mini-adapter



adapter-CA

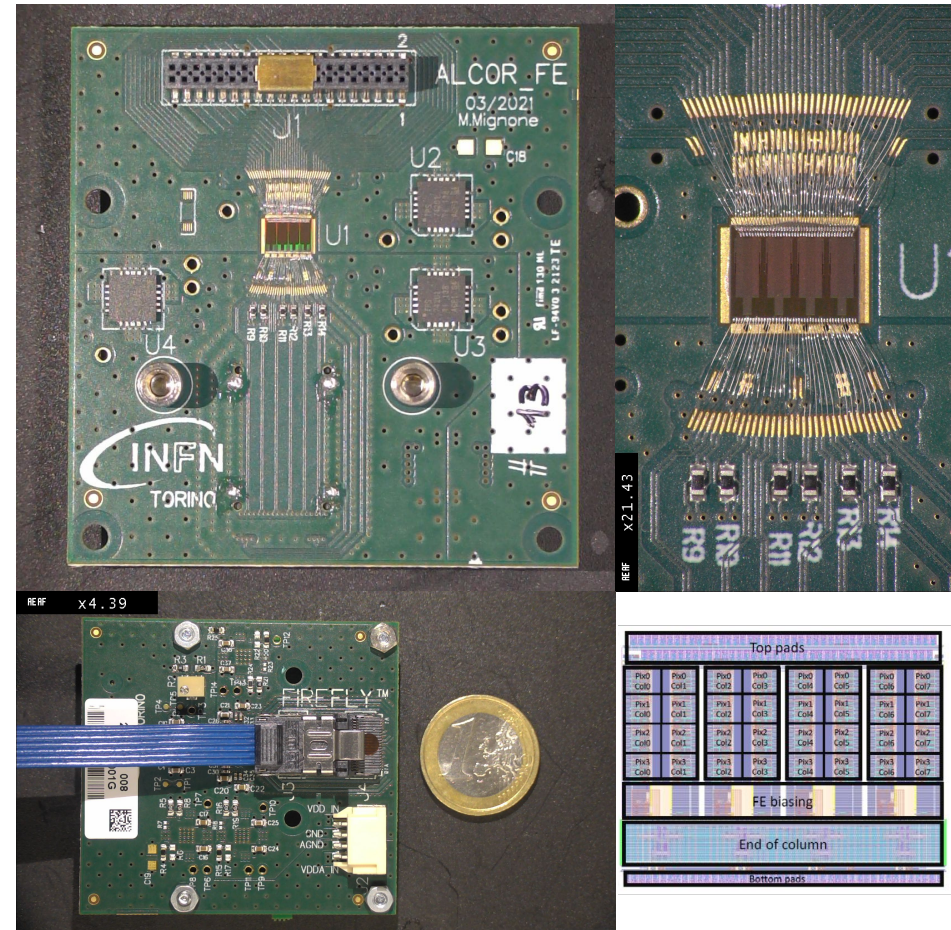
and more...

# ALCOR: A Low Power Chip for Optical sensor Readout

developed by INFN-TO for DarkSide

- 32-pixel matrix mixed-signal ASIC
- the chip performs
  - signal amplification
  - conditioning and event digitisation
- each pixel features
  - dual-polarity front-end amplifier
    - low input impedance
    - 4 programmable gain settings
  - 2 leading-edge discriminators
  - 4 TDCs based on analogue interpolation
    - 50 ps LSB (@ 320 MHz)
- single-photon time-tagging
  - also with Time-Over-Threshold
- fully digital output
  - 4 LVDS TX data links

updated (v2) ALCOR chip submitted to foundry



**LAST YEAR**

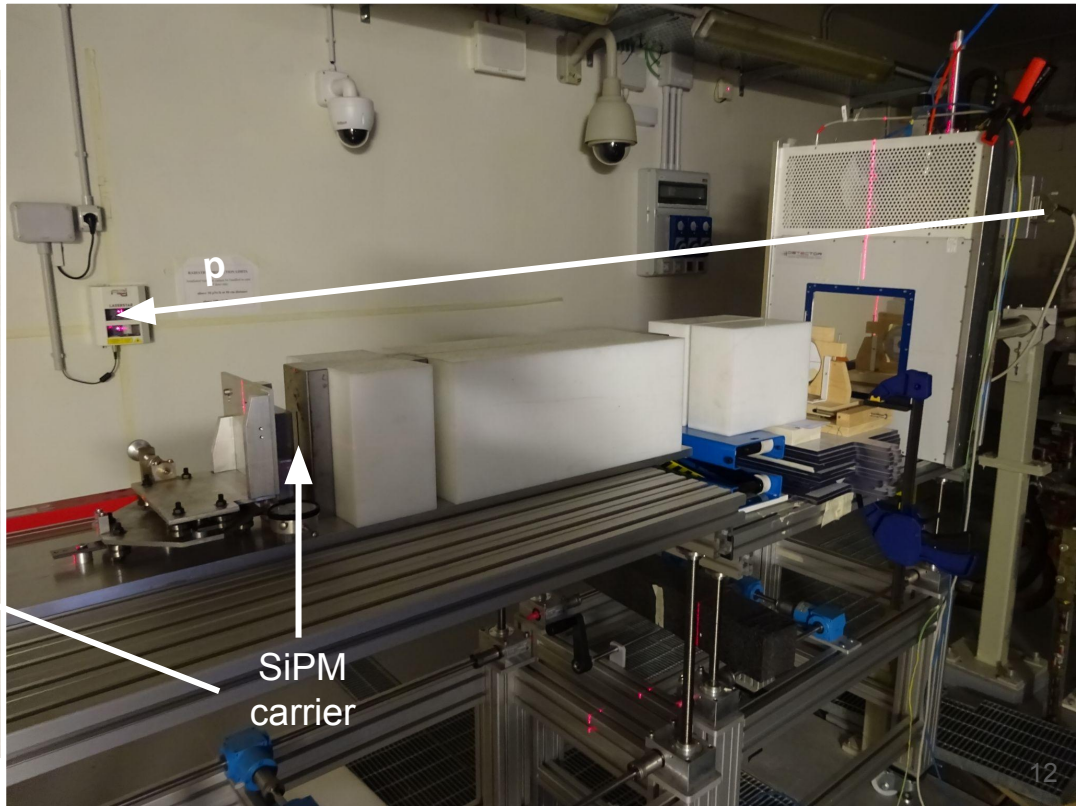
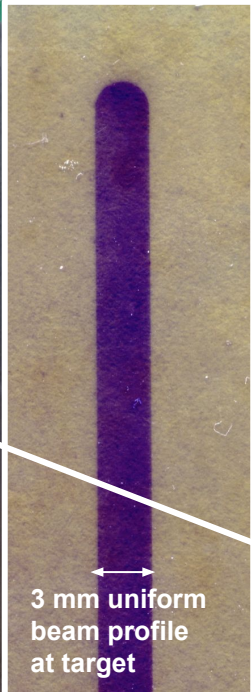
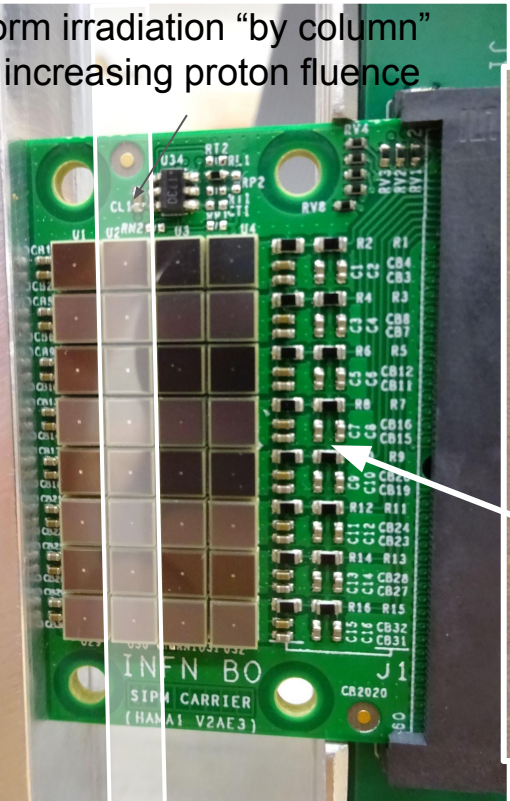
# Irradiation at Trento Proton-Therapy hall (TIFPA)

3x3 mm<sup>2</sup> SiPM sensors  
4x8 "matrix" (carrier board)

multiple types of SiPM: **Hamamatsu** commercial (13360 and 14160)  
**FBK** prototypes (rad.hard and timing optimised)

148 MeV protons → scattering system → collimation system → carrier board

uniform irradiation "by column"  
with increasing proton fluence



Hamamatsu 13360 carrier board

# 2022 irradiation strategy and status



## test SiPM performance and annealing with increasing integrated NIEL

simulate a more realistic experimental situation

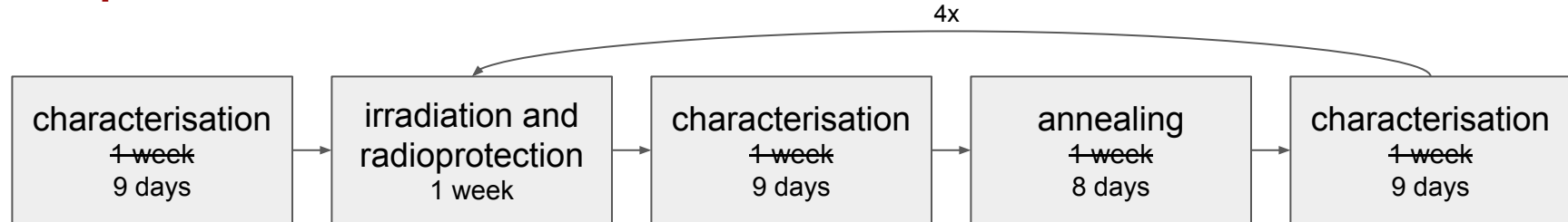
## irradiate full SiPM carrier boards with flat proton field

no collimators, this will make life much easier and very efficient use of beam

- **3 2 short accesses at TN protontherapy centre (TIFPA) in spring / summer**

- ideally 4 hours on Saturdays, should be sufficient time to setup and fire the beam
- ~~tentative dates: 23 April, 28 May and 2 July~~ actual dates: 4 June, 16 July
- one access every 4-6 weeks: allow time for radioprotection, characterisation and annealing
- small NIEL integration steps:  $1 \cdot 10^9$

- **plus 1 2 more accesses in fall: tentative dates 5 Nov ( $1 \cdot 10^9$ ) and 3 Dec ( $2 \cdot 10^9$ )**



irradiation (TIFPA)

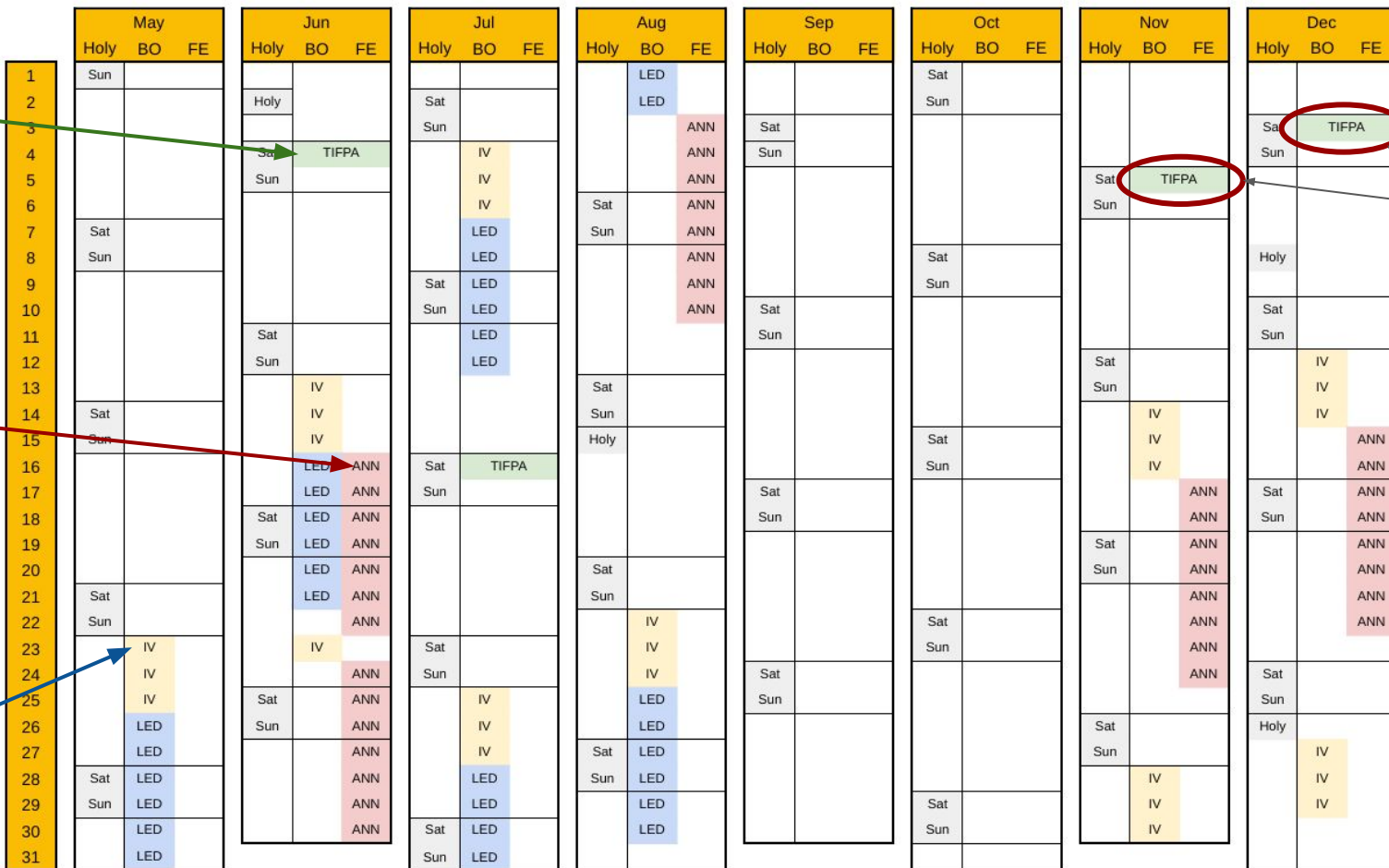
annealing (Ferrara)

characterisation (Bologna)

2 sessions ~ completed

pause / test-beam

conclude



tentative

# 2022 irradiation strategy and annealing

- **keep irradiation simple**

- large uniform irradiation field
  - no collimators
- proton flux at location  $\sim 5.5 \cdot 10^5 \text{ cm}^{-2} \text{ s}^{-1} \text{ nA}^{-1}$ 
  - typical irradiation: 14 nA for  $\sim 120 \text{ s}$
- bare boards with poor-man supports
  - one board at a time

- **beam time (4 hours slots)**

- fast beam setup thanks to experience of last year
  - sufficient time for nominal irradiation studies
  - remaining beam time utilised for exploratory study  
“annealing by Joule effect with direct bias current”

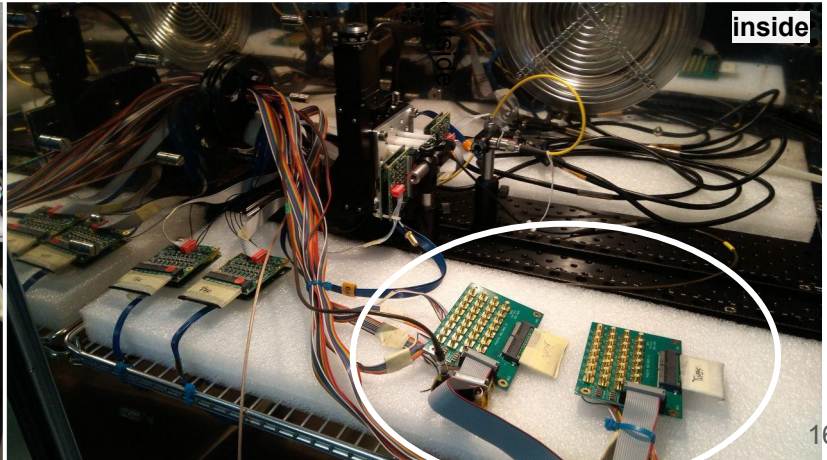
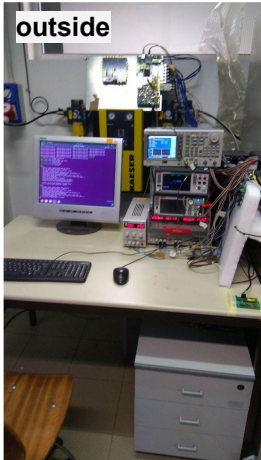
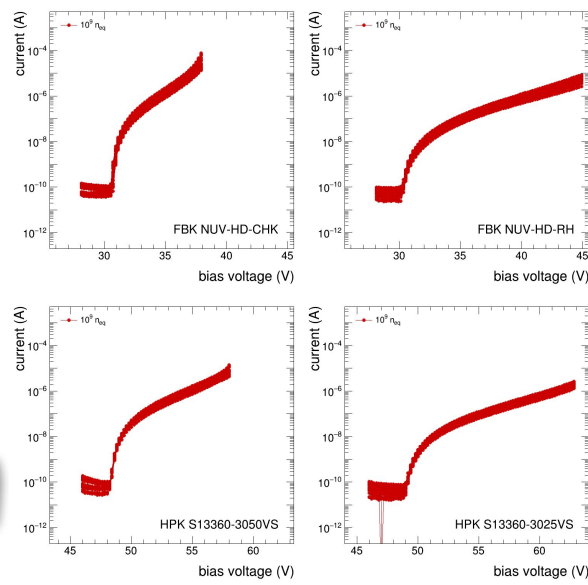
- **annealing in the oven**

- Temperature = 150 C
- Time = 150 hours



# Current measurements

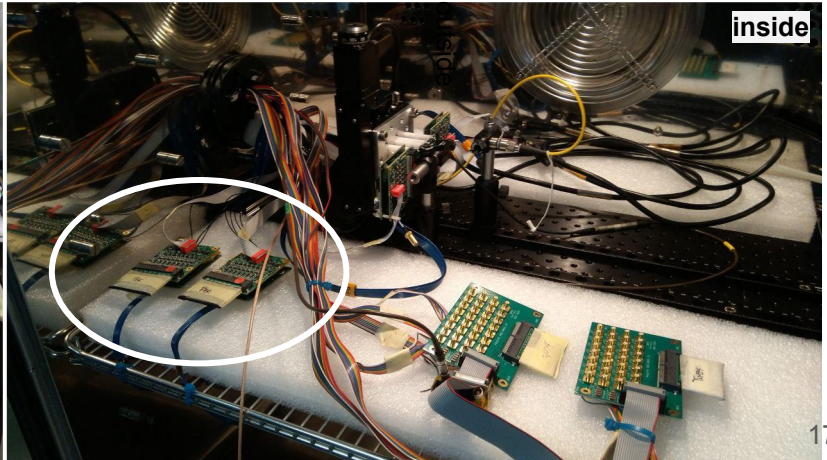
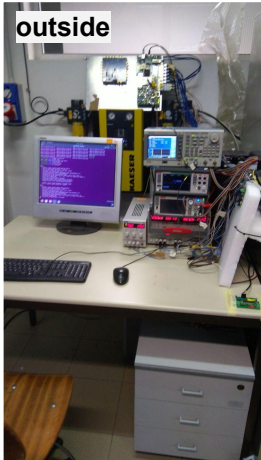
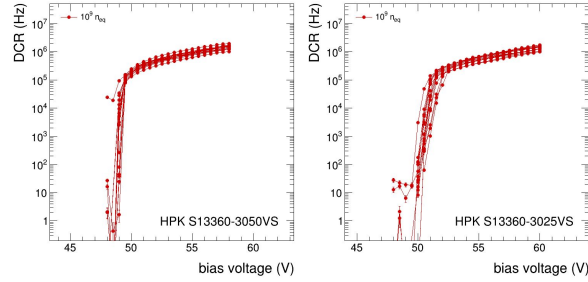
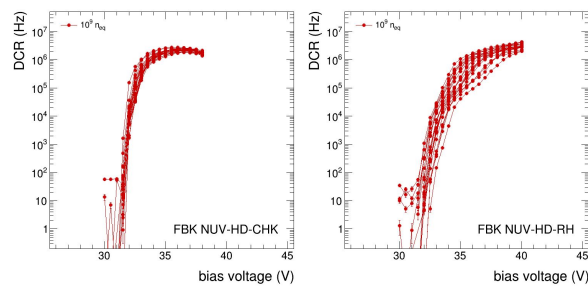
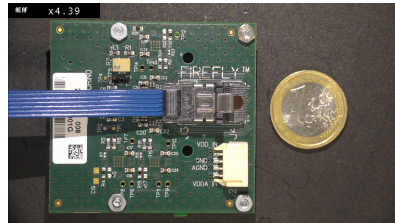
- **climatic chamber**  
low-temperature operation  
all reported measurements at  $T = -30\text{ }^{\circ}\text{C}$
- **2x 40-channel multiplexers**  
automatic measurement of 2x SiPM boards (64 channels)
- **source meter**



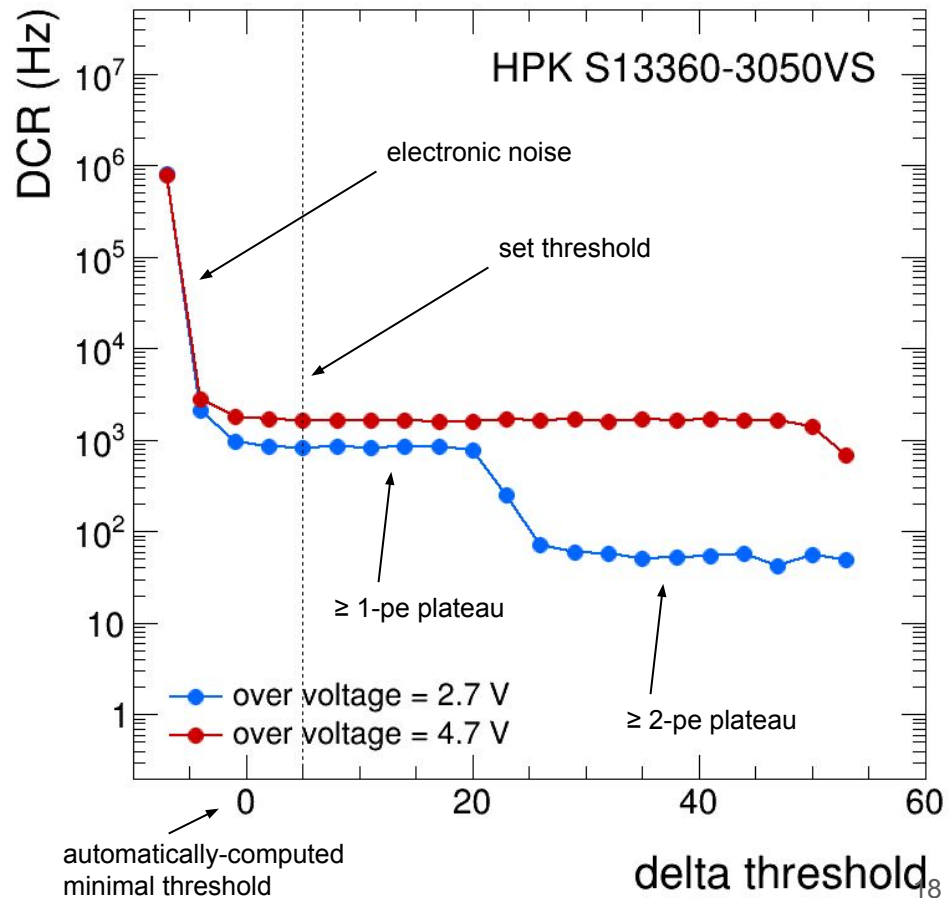
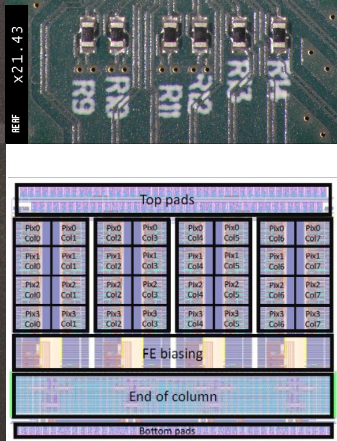
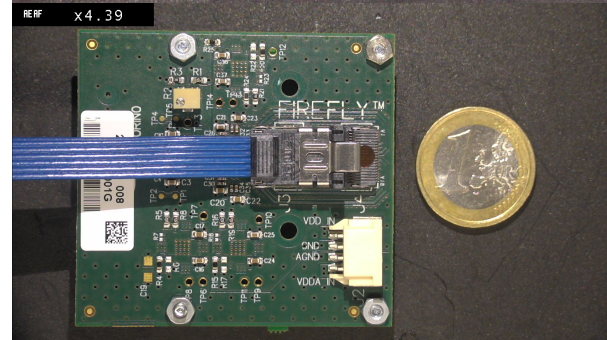
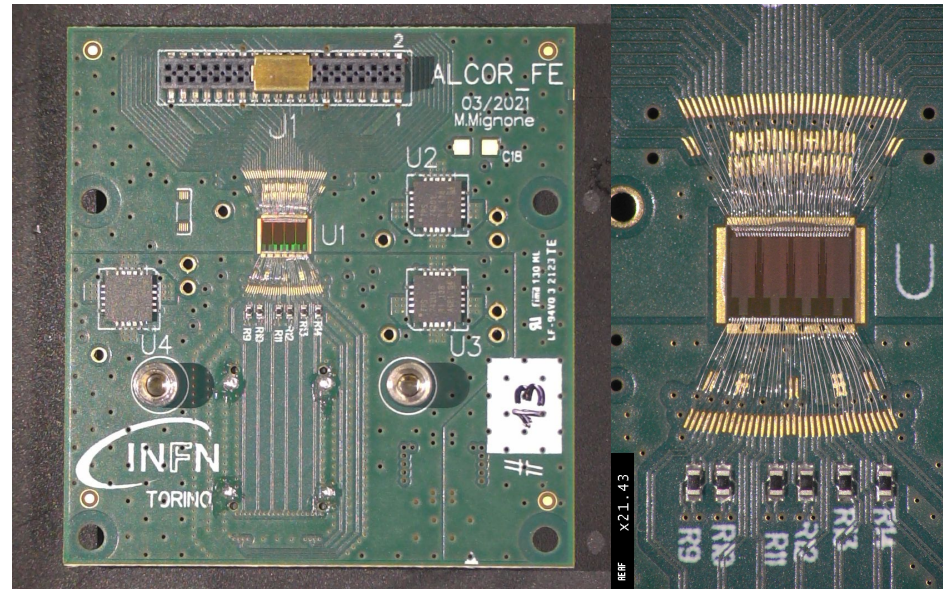


# DCR measurements

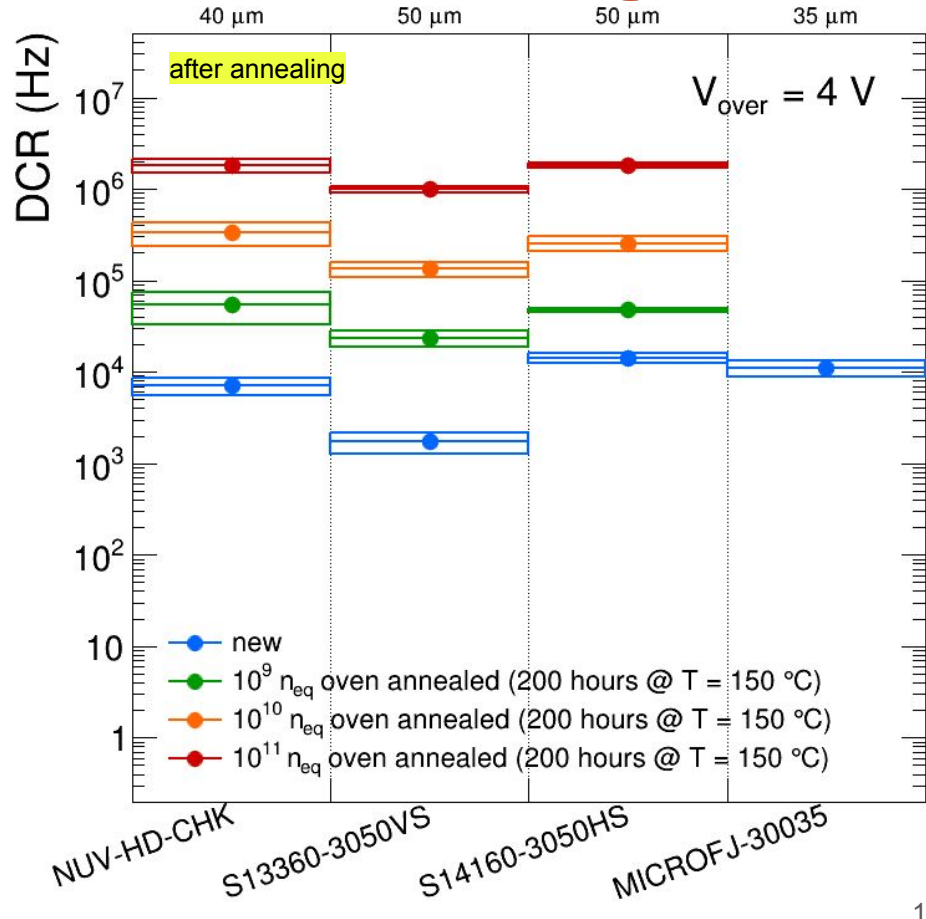
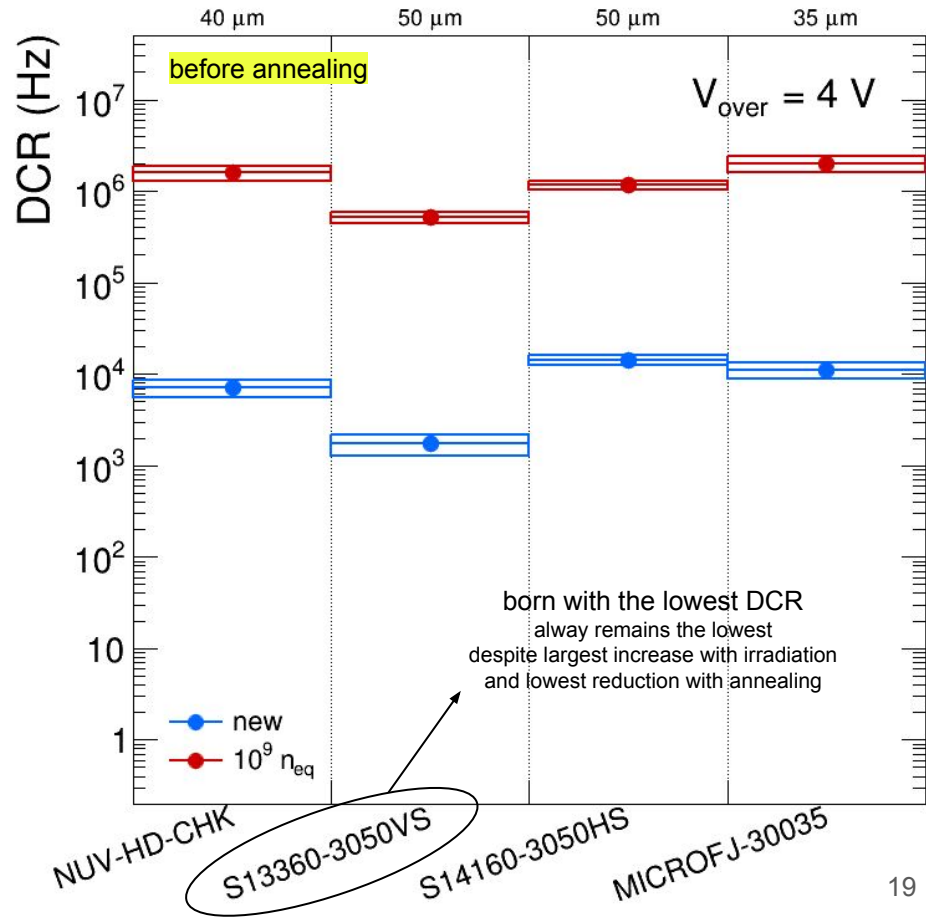
- **climatic chamber**  
low-temperature operation  
all reported measurements at  $T = -30\text{ }^{\circ}\text{C}$
- **2x ALCOR-based front-end chain**  
automatic measurement of 2x SiPM boards (64 channels)
- **FPGA (Xilinx) readout**

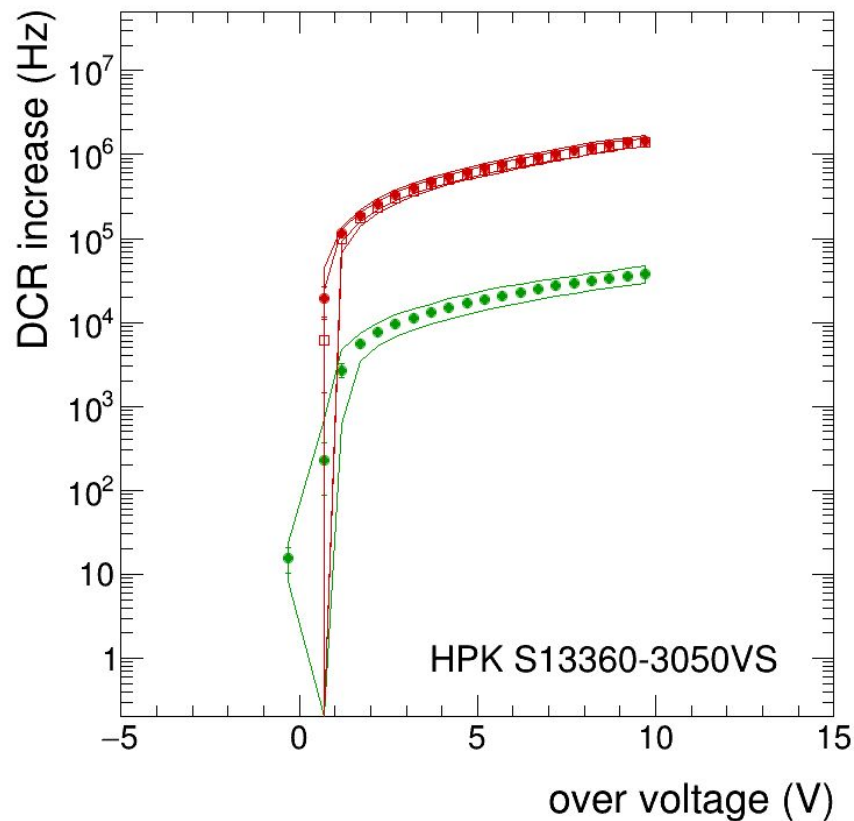
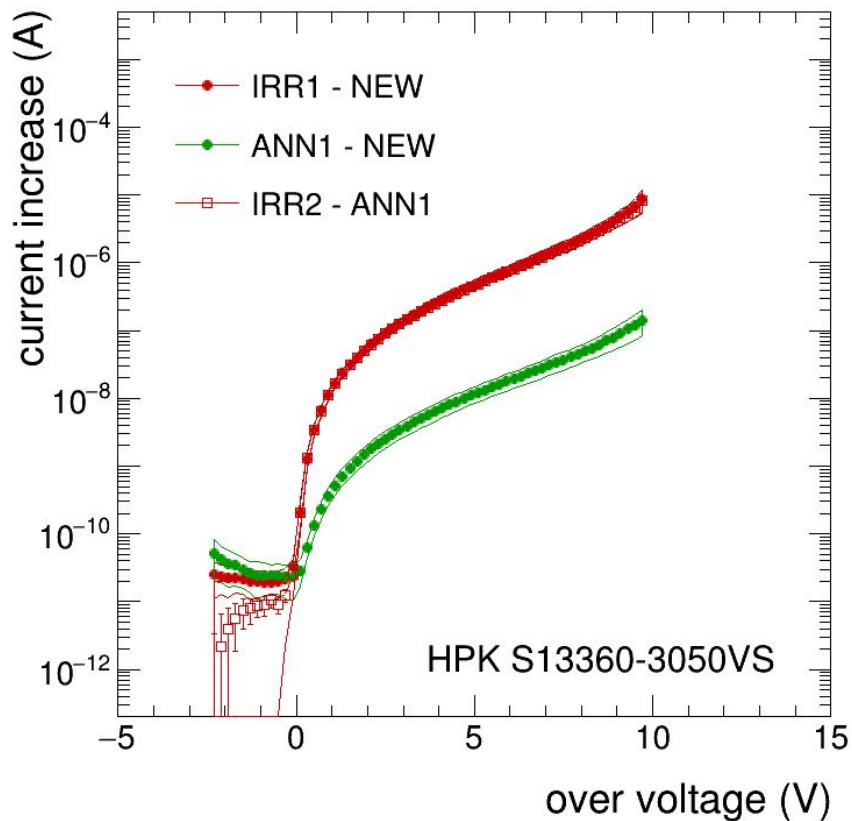


# Photon counting with ALCOR readout



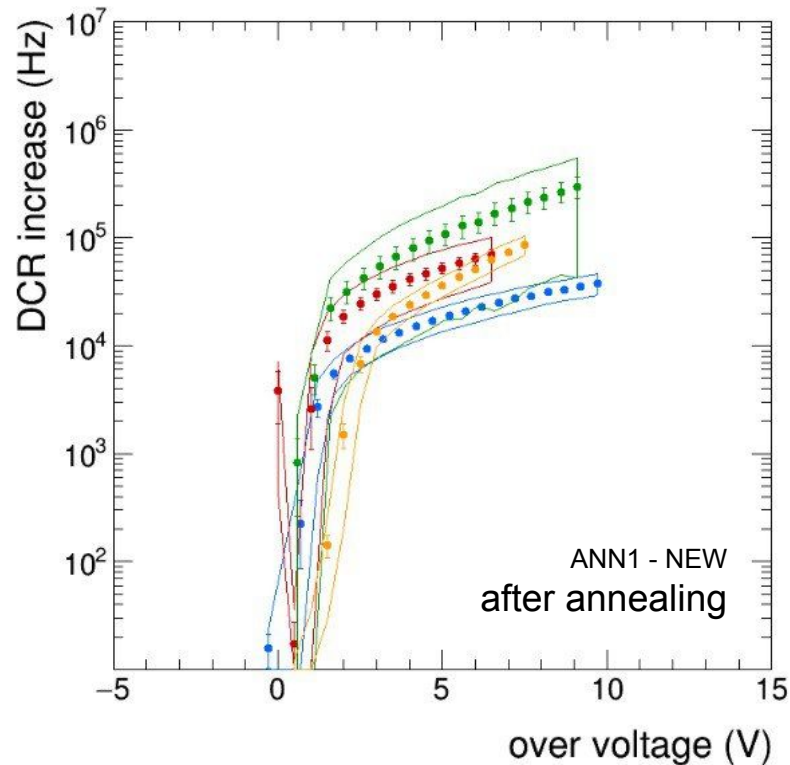
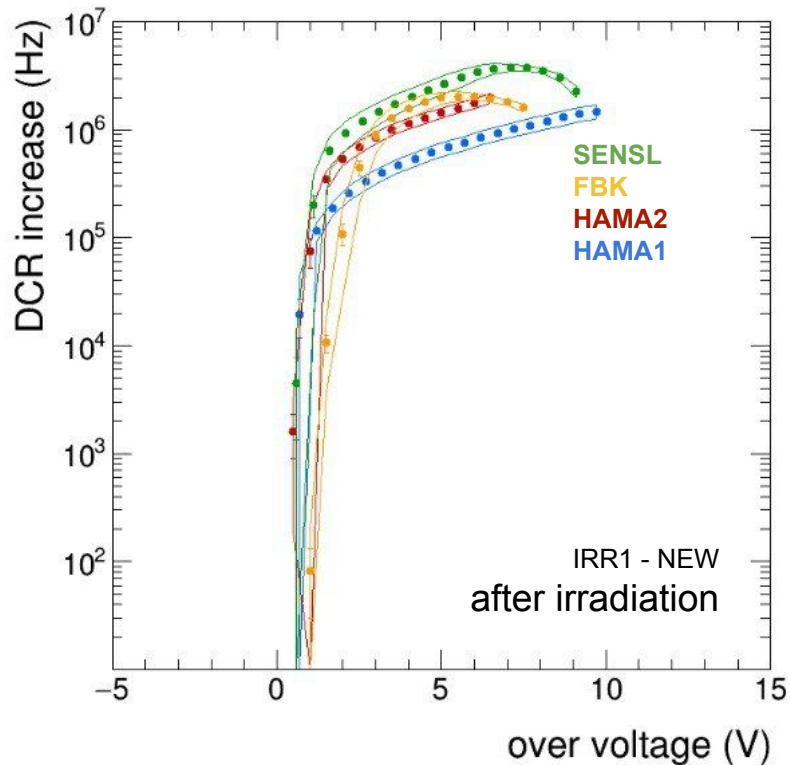
# DCR after irradiation and annealing





DCR (@  $V_{over} = 3$  V) increases by  $\sim 350$  kHz after each  $10^9$  neq shot  
 residual DCR excess (@  $V_{over} = 3$  V) of  $\sim 10$  kHz after annealing



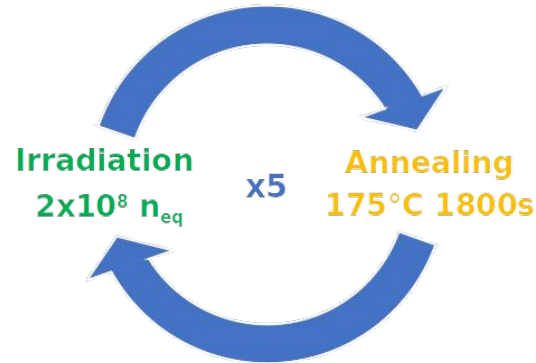
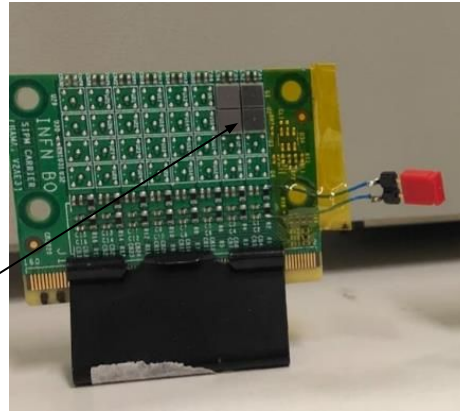


Hamamatsu S13360-3050 (HAMA1) is always the best with lowest DCR when new, increase with NIEL, residual after annealing



# Online annealing

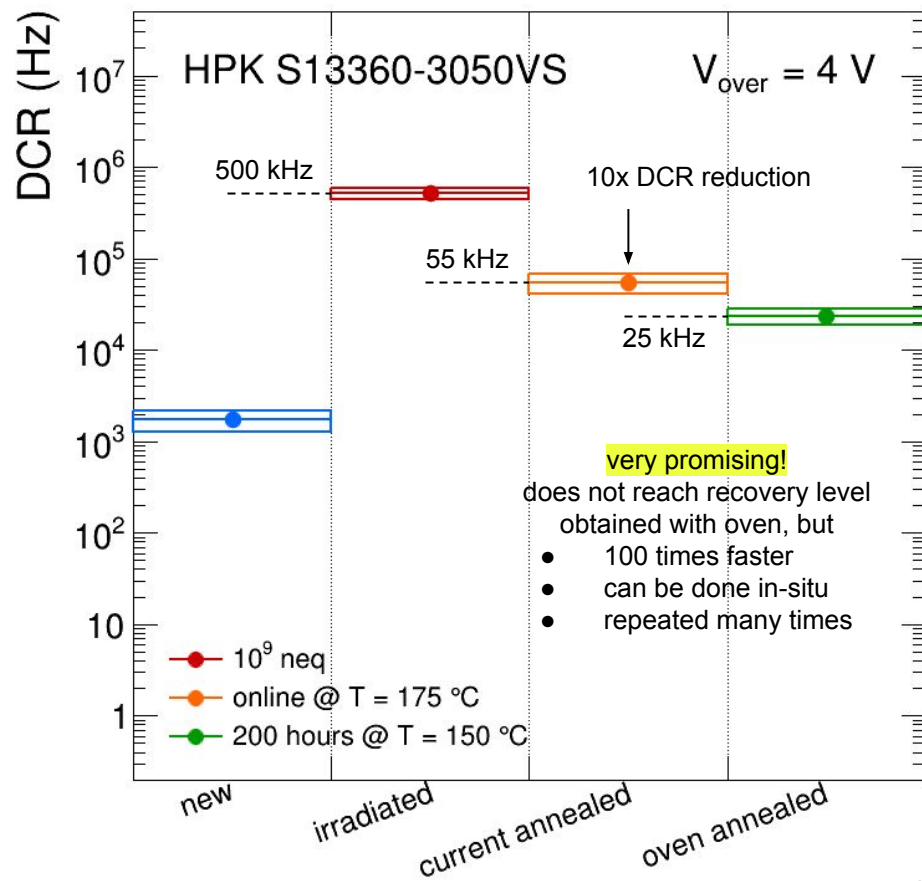
exploratory study withing 2022 irradiation campaign  
extremely promising results (see next slides)  
needs to become a structured R&D program for 2023

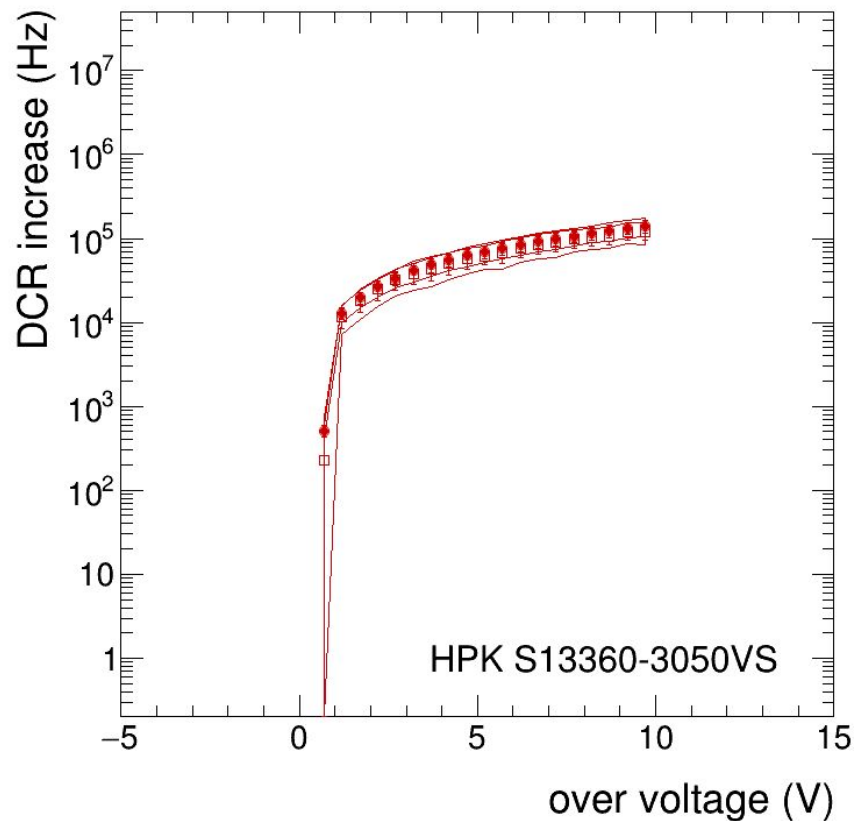
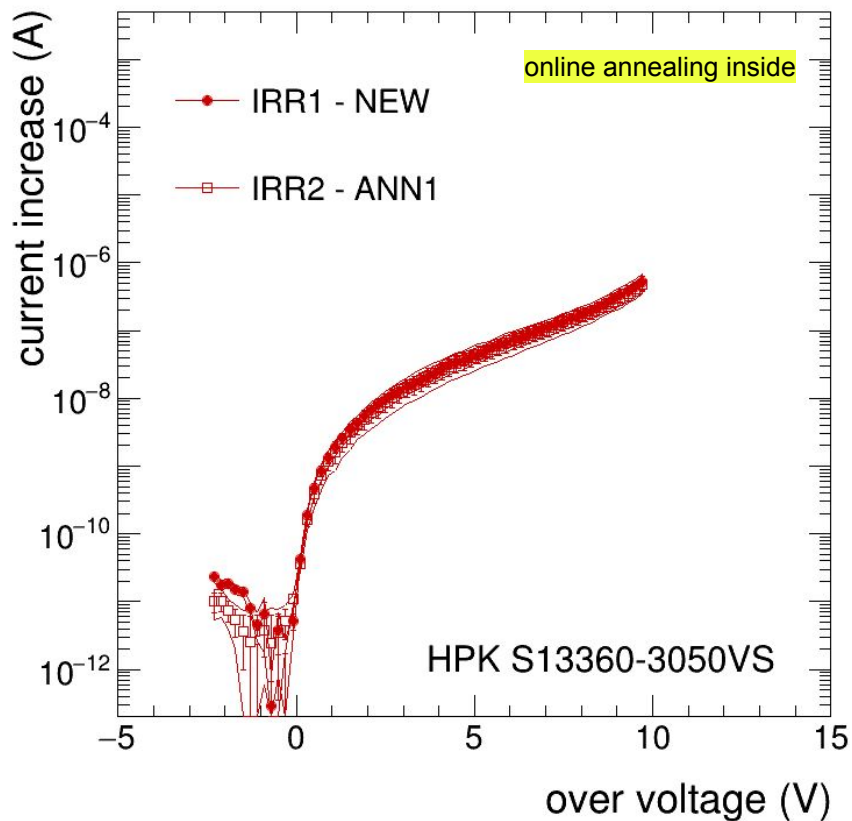


## explore solutions for in-situ annealing

- total fluence of  $10^9 n_{eq}$ 
  - delivered in 5 chunks
  - each of  $2 \times 10^8 n_{eq}$
- interleave by annealing
  - forward bias,  $\sim 1 \text{ W} / \text{sensor}$
  - $T = 175^\circ\text{C}$ , thermal camera
  - 30 minutes
- preliminary tests
  - Hamamatsu S13360-3050

# Online annealing





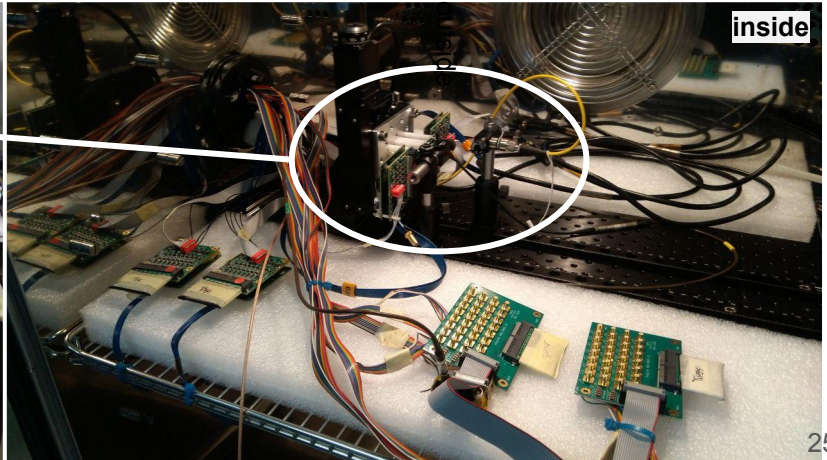
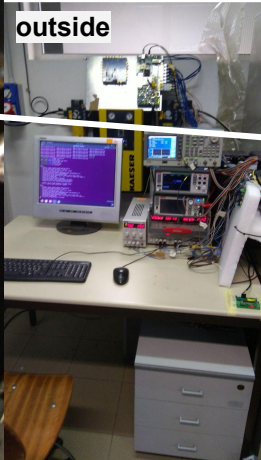
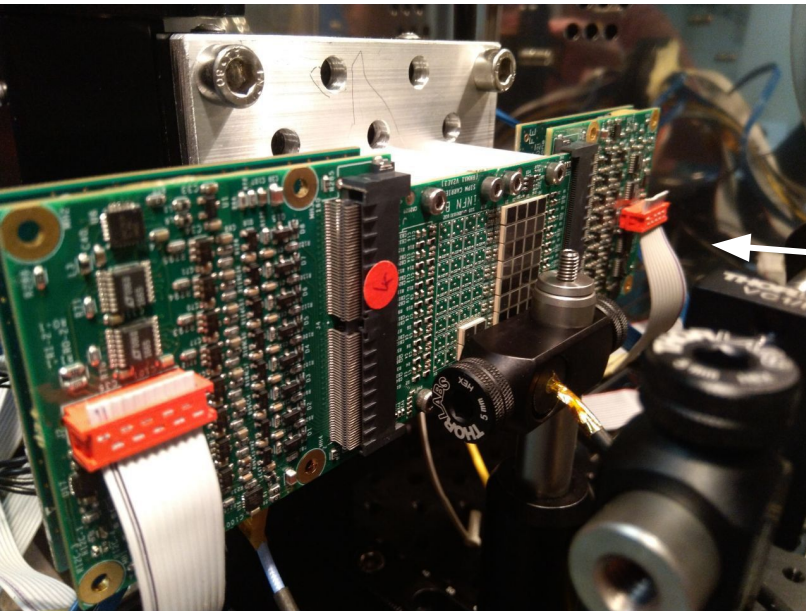
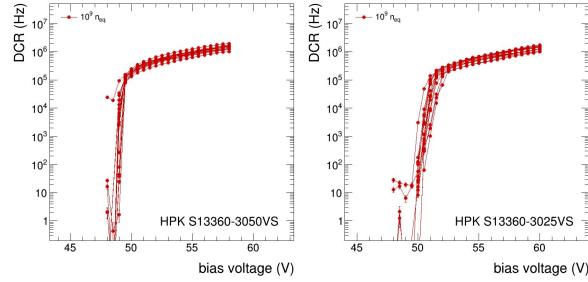
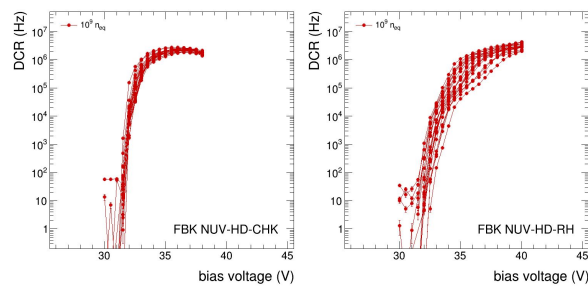
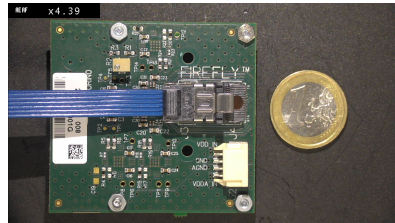
DCR (@  $V_{over} = 3$  V) increases by  $\sim 35$  kHz after each  $10^9$  neq shot  
 memo: it was 350 kHz without online annealing



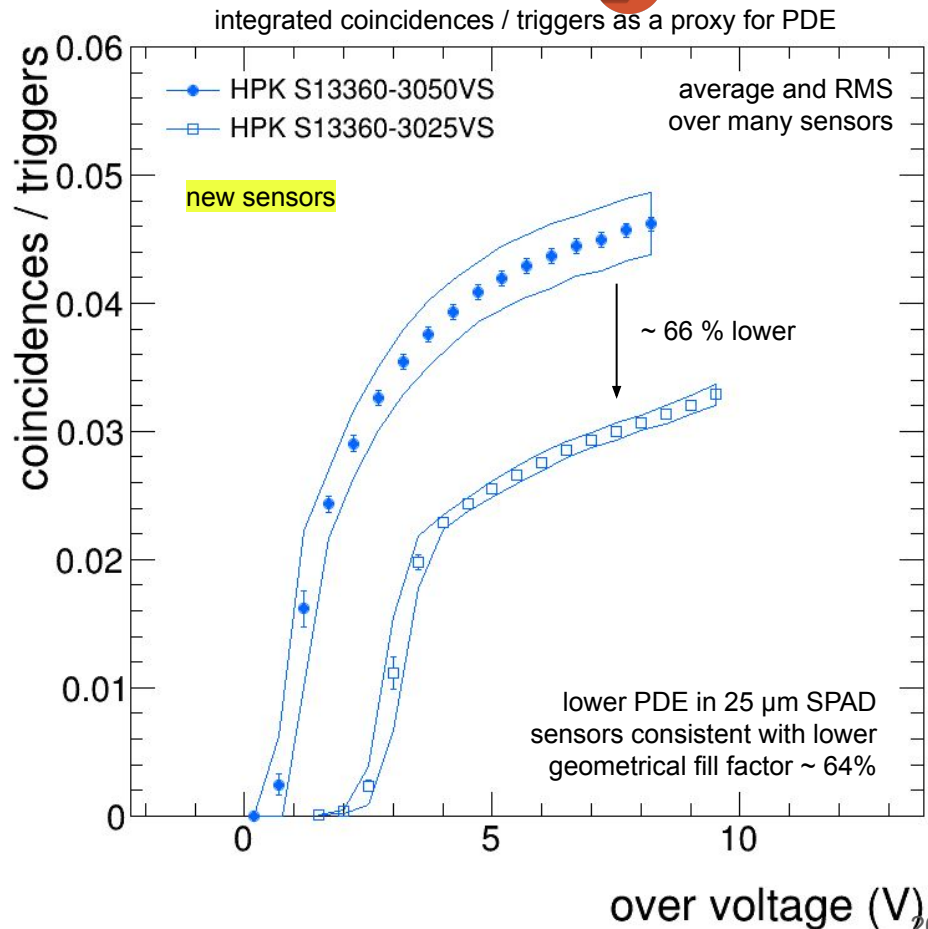
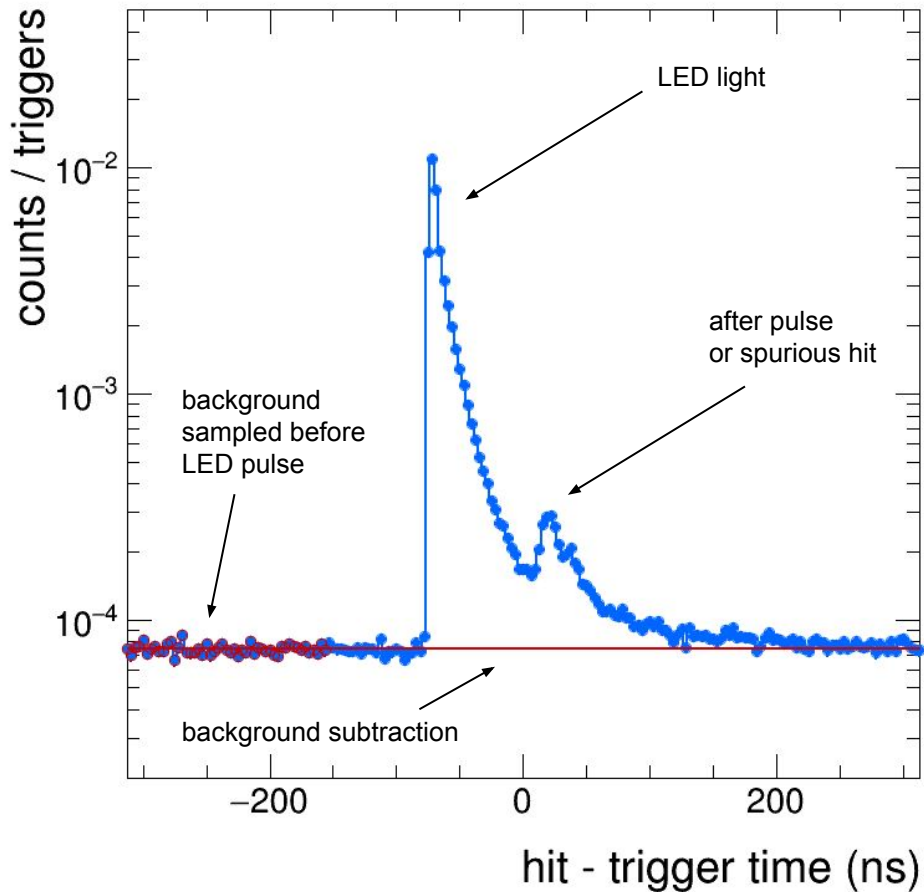


# LED measurements

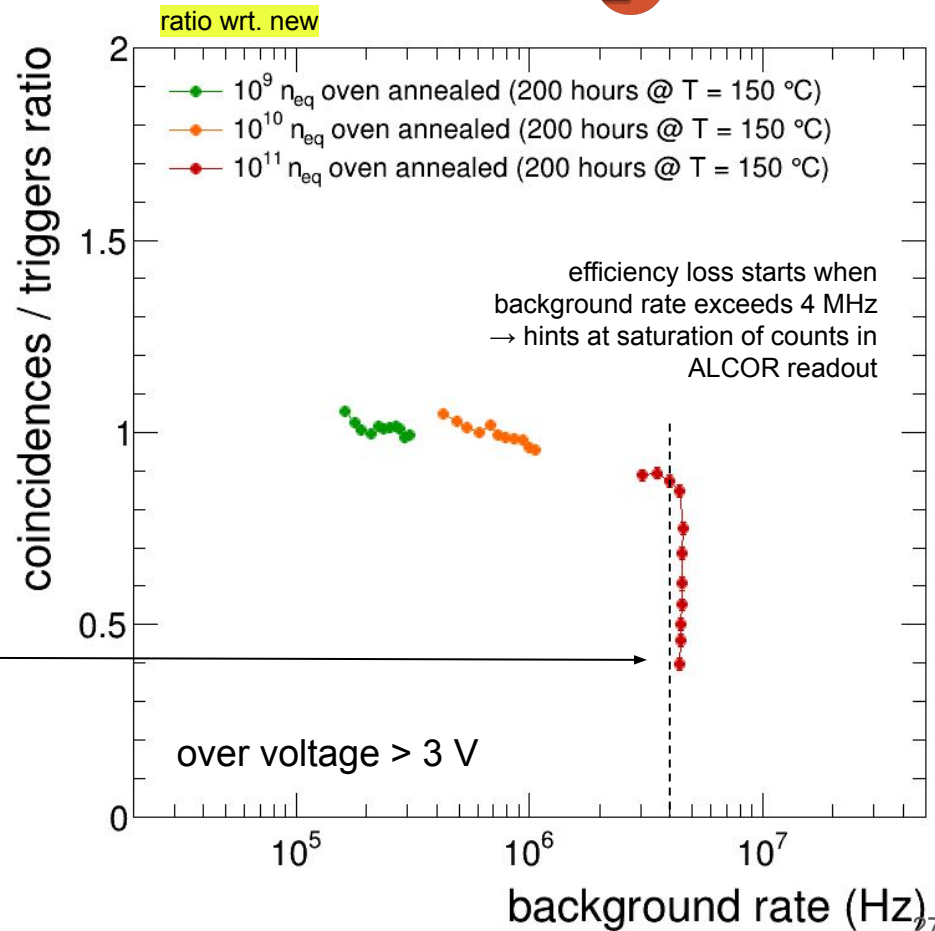
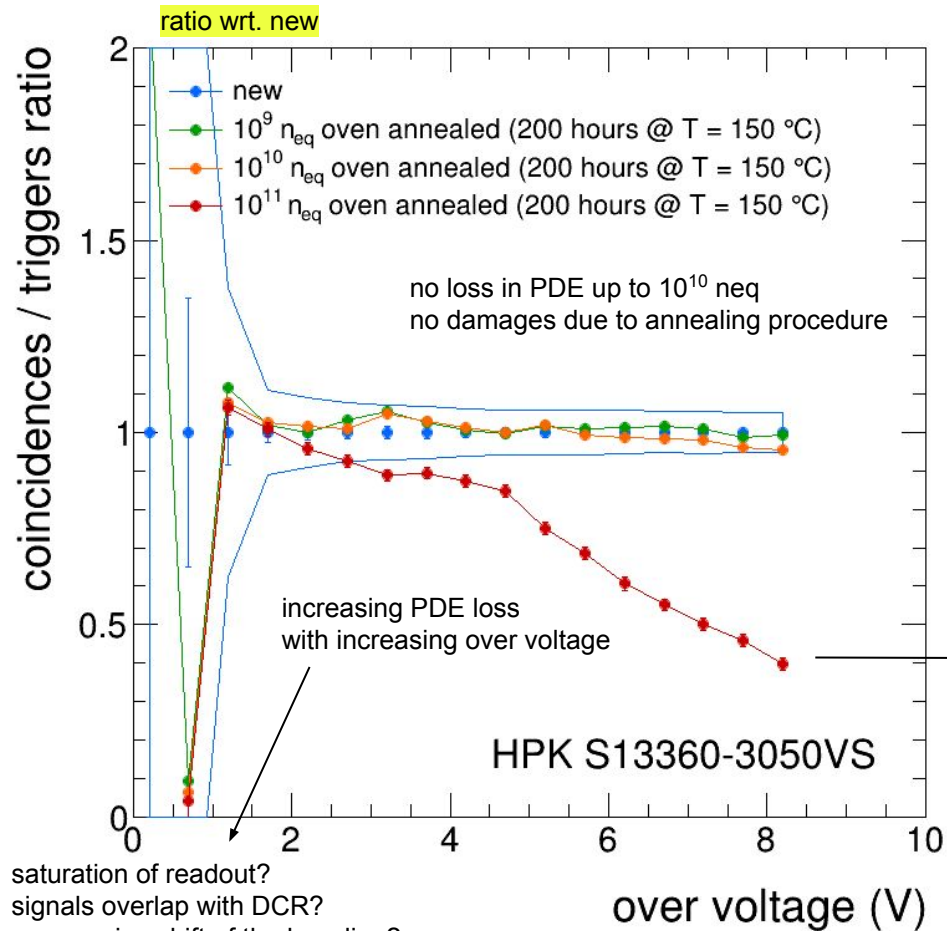
- **climatic chamber**  
low-temperature operation  
all reported measurements at  $T = -30\text{ }^{\circ}\text{C}$
- **arbitrary function generator**  
pulse to LED and readout (trigger)
- **2x ALCOR-based front-end chain**  
automatic measurement of 2x SiPM boards (64 channels)
- **FPGA (Xilinx) readout**



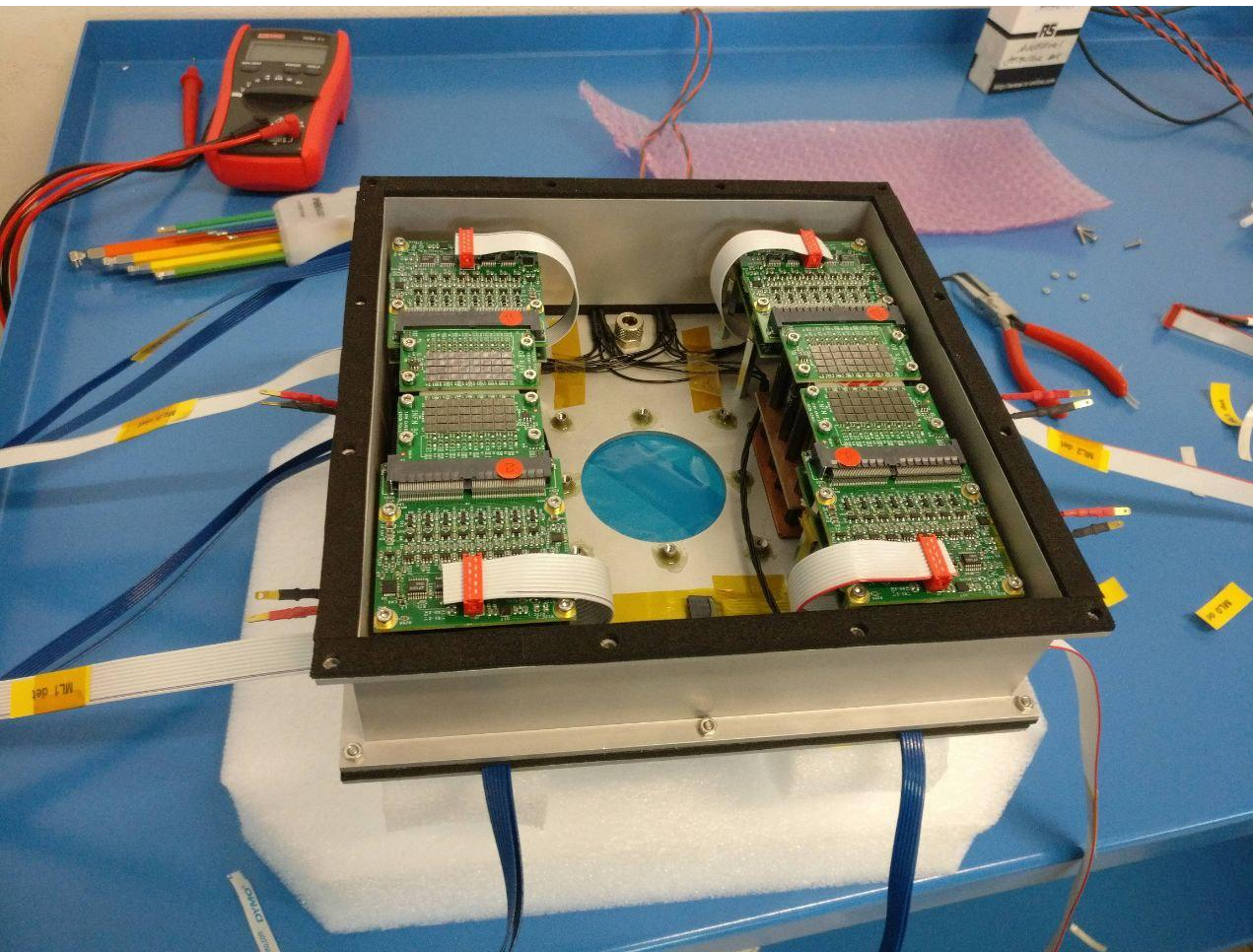
# Light response with pulsed LED



# Light response after irradiation and annealing



# dRICH prototype SiPM readout box: test-beam preparation



thanks to L. Barion the dRICH prototype SiPM readout box is in Bologna

all services are available for commissioning before test-beam

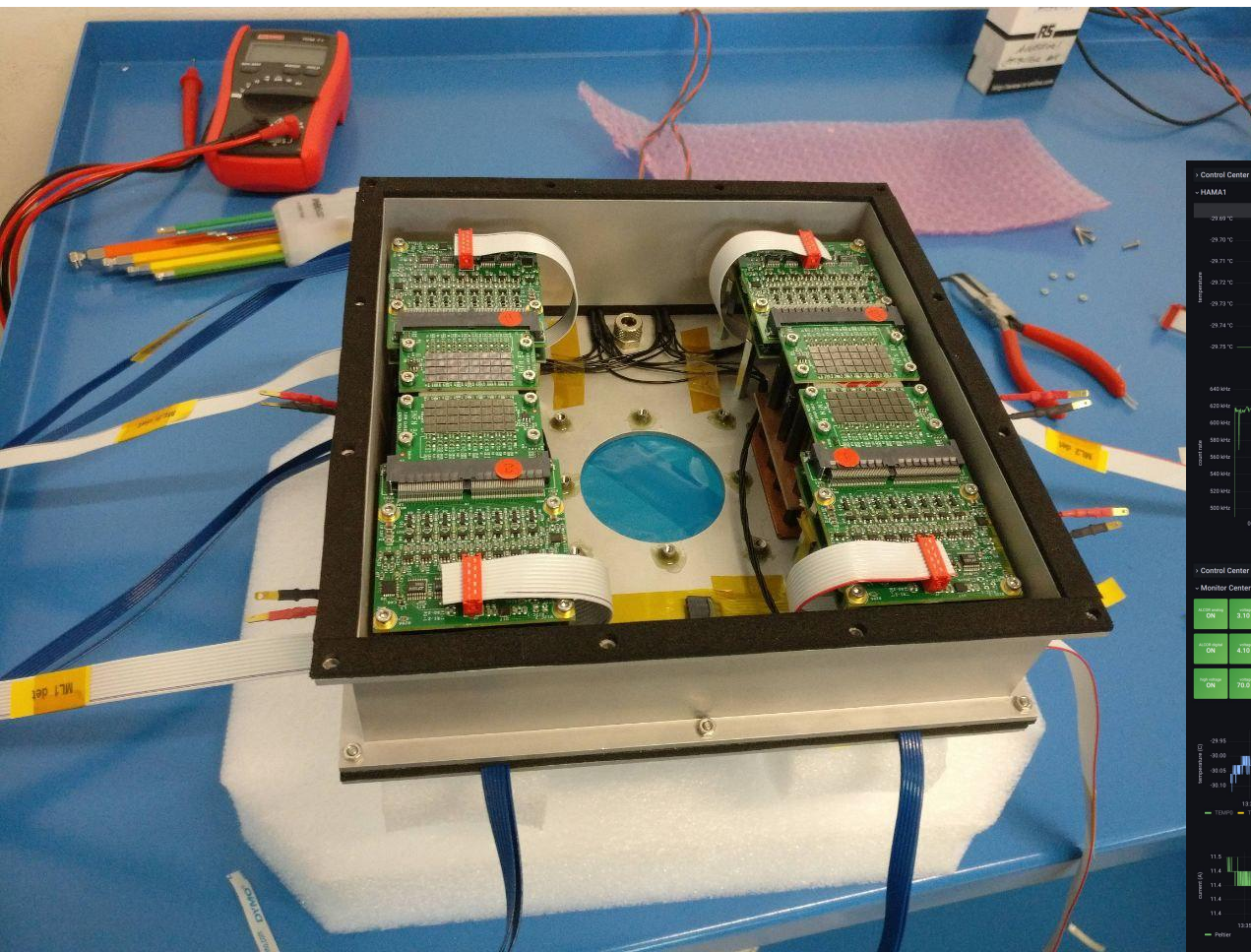
- water
- dry air
- power
- computing

a new setup for operation of SiPM in realistic conditions in preparation for test beams

fully operative since the end of May, commissioning ongoing

**to be on the beamline with dRICH at PS**

# dRICH prototype SiPM readout box: test-beam preparation



ALCOR-SiPM readout box commissioning  
online monitor of the full system



# disseminazione

- meeting interni EIC\_NET
- riunioni con management EIC
- **conferenze nazionali**
  - INFN 2022 CNS3 Workshop (N. Rubini, Bo)
  - Congresso Nazionale SIF 2022 (N. Rubini, Bo)
- **conferenze internazionali**
  - ICHEP 2022 (L. Rignanese, Bo)
  - NDIP 2022 (R. Preghenella, Bo)
  - RICH 2022 (R. Preghenella, Bo)

# attività e richieste 2023

continuazione dell'attività di R&D su SiPM e ALCOR  
a BO, FE e TO si aggiungono le unità di CS, CT e SA

**ulteriore manpower** per coprire la quantità di **lavoro e di studi che devono essere svolti**  
**richiede adeguate risorse finanziarie**

# Programma SiPM + ALCOR 2023

- **studiare migliore accoppiamento SiPM + ALCOR**
  - capacità
  - signal shaping
- **studiare risoluzione temporale SiPM + ALCOR**
  - ALCOR da solo
  - accoppiato a vari SiPM differenti
- **confronto SiPM raffreddati in camera climatica e con Peltier**
  - un esercizio che non abbiamo ancora fatto
  - anche con altre tecniche di raffreddamento
- **irraggiamento con protoni, neutroni e gamma**
  - finora fatto solo protoni
  - necessario valutare effetto neutroni
    - validità ipotesi NIEL
    - input per modello danno radiazione
  - possibile che anche i gamma siano “pericolosi”
    - calo PDE riportato da MEG2
- **esplorare diverse tecniche di raffreddamento**
  - raffreddamento con fluido a bassissima temperatura -40 C
  - raffreddamento ibrido, fluido -20 C e Peltier
- **esplorare e studiare diverse tecniche di annealing**
  - forno
  - corrente diretta, inversa
  - lampade infrarossi
- **studiare/risolvere problematiche di readout a flusso di dati elevato**
  - DCR molto elevato per DAQ
  - utilizzo trigger / segnale inhibit

## necessità di

- acquistare nuovi sensori (10 K)
- sviluppare e produrre schede di elettronica (30 K)

## sensori ed elettronica attualmente a disposizione non sufficiente per

- effettuare gli studi in programma
- permettere a tutte le unità partecipanti di contribuire efficientemente

fondi di consumo (10 K SiPM + 30 K elettronica) concentrati su BO per attività “core” congiunta

ulteriori fondi consumo/inventario richiesti dalle unità per acquisto strumentazione e inizio attività

necessario anche che fondi missione siano adeguati come da richieste per una collaborazione efficace



# Qualcuno più nel dettaglio

- **studiare migliore accoppiamento SiPM + ALCOR**
  - capacità
  - signal shaping
- **studiare risoluzione temporale SiPM + ALCOR**
  - ALCOR da solo
  - accoppiato a vari SiPM differenti
- **confronto SiPM raffreddati in camera climatica e con Peltier**
  - un esercizio che non abbiamo ancora fatto
  - anche con altre tecniche di raffreddamento
- **irraggiamento con protoni, neutroni e gamma**
  - finora fatto solo protoni
  - necessario valutare effetto neutroni
    - validità ipotesi NIEL
    - input per modello danno radiazione
  - possibile che anche i gamma siano “pericolosi”
    - calo PDE riportato da MEG2
- **esplorare diverse tecniche di raffreddamento**
  - raffreddamento con fluido a bassissima temperatura -40 C
  - raffreddamento ibrido, fluido -20 C e Peltier
- **esplorare e studiare diverse tecniche di annealing**
  - forno
  - corrente diretta, inversa
  - lampade infrarossi
- **studiare/risolvere problematiche di readout a flusso di dati elevato**
  - DCR molto elevato per DAQ
  - utilizzo trigger / segnale inhibit

## accessi sala sperimentale presso TIFPA-TN (10 K)

necessario per studi in programma per esplorare nuove e diverse tecniche di annealing

le premesse riportate negli studi preliminari 2022 su annealing in corrente sono molto promettenti e il fallimento di uno studio strutturato di questa modalità di annealing potrebbe avrebbe importanti ripercussioni sulle possibilità di descriverne i potenziali benefici nel (pre)TDR

## accessi irraggiamento con neutroni LENA (4 K)

studi irraggiamento/danno da protoni devono essere confrontati con danno da neutroni. L'ipotesi dello scaling NIEL è nota non essere perfetta, inoltre i neutroni possono causare danni localizzati a “grappolo”. Si necessita ottenere dati anche sull'annealing dopo danno da neutrone, al momento.

i dati raccolti su danno da irraggiamento con neutroni e con protoni anche ad energie diverse da quelle già utilizzate costruire un modello realistico fondamentale da includere nel (pre)TDR sull'invecchiamento dei sensori e la progressione dei cicli di annealing.

# Qualcuno più nel dettaglio

- **studiare migliore accoppiamento SiPM + ALCOR**
  - capacità
  - signal shaping
- **studiare risoluzione temporale SiPM + ALCOR**
  - ALCOR da solo
  - accoppiato a vari SiPM differenti
- **confronto SiPM raffreddati in camera climatica e con Peltier**
  - un esercizio che non abbiamo ancora fatto
  - anche con altre tecniche di raffreddamento
- **irraggiamento con protoni, neutroni e gamma**
  - finora fatto solo protoni
  - necessario valutare effetto neutroni
    - validità ipotesi NIEL
    - input per modello danno radiazione
  - possibile che anche i gamma siano "pericolosi"
    - calo PDE riportato da MEG2
- **esplorare diverse tecniche di raffreddamento**
  - raffreddamento con fluido a bassissima temperatura -40 C
  - raffreddamento ibrido, fluido -20 C e Peltier
- **esplorare e studiare diverse tecniche di annealing**
  - forno
  - corrente diretta, inversa
  - lampade infrarossi
- **studiare/risolvere problematiche di readout a flusso di dati elevato**
  - DCR molto elevato per DAQ
  - utilizzo trigger / segnale inhibit

## acquisto laser impulsato pico/femto (15 K)

non è ancora stata studiata accuratamente la risposta e la risoluzione del sistema SiPM + ALCOR. L'informazione accurata delle prestazioni temporali dei vari sensori scelti è fondamentale per le prestazioni generali del sistema, in quanto l'informazione temporale è da utilizzarsi per la soppressione del fondo sperimentale (dark counts e fondo di fisica).

per la stesura del (pre)TDR è necessario che le simulazioni del rivelatore siano accurate in tutti i dettagli, e pertanto la misura delle prestazioni temporali del sistema deve essere effettuata con particolare urgenza, pena la mancanza di informazioni accurate per le prossime simulazioni e stima delle prestazioni del rivelatore dRICH

# Qualcuno più nel dettaglio

- **studiare migliore accoppiamento SiPM + ALCOR**
  - capacità
  - signal shaping
- **studiare risoluzione temporale SiPM + ALCOR**
  - ALCOR da solo
  - accoppiato a vari SiPM differenti
- **confronto SiPM raffreddati in camera climatica e con Peltier**
  - un esercizio che non abbiamo ancora fatto
  - anche con altre tecniche di raffreddamento
- **irraggiamento con protoni, neutroni e gamma**
  - finora fatto solo protoni
  - necessario valutare effetto neutroni
    - validità ipotesi NIEL
    - input per modello danno radiazione
  - possibile che anche i gamma siano "pericolosi"
    - calo PDE riportato da MEG2
- **esplorare diverse tecniche di raffreddamento**
  - raffreddamento con fluido a bassissima temperatura -40 C
  - raffreddamento ibrido, fluido -20 C e Peltier
- **esplorare e studiare diverse tecniche di annealing**
  - forno
  - corrente diretta, inversa
  - lampade infrarossi
- **studiare/risolvere problematiche di readout a flusso di dati elevato**
  - DCR molto elevato per DAQ
  - utilizzo trigger / segnale inhibit

## acquisto sistema di raffreddamento chiller per bassissime temperature (11.5 K)

l'opzione di raffreddamento con TEC (Peltier) nell'esperimento non è chiaro sia un'opzione affidabile e percorribile nell'esperimento a EIC

necessario studiare se la risposta in DCR dei SiPM misurata in camera climatica è riproducibile con raffreddamento TEC per cui è necessario un sistema chiller per il raffreddamento delle Peltier.

chiller con liquido refrigerante ad alte prestazioni (raffreddamento fino a -20 / -40) permette di valutare ulteriori tecniche di raffreddamento e confrontarle (TEC , liquido , ibrido TEC + liquido)

in vista del (pre)TDR è rilevante che tutte le informazioni relative al sistema per come sarà proposto per l'esperimento siano a disposizione, pena l'incisività della proposta

# Qualcuno più nel dettaglio

- **studiare migliore accoppiamento SiPM + ALCOR**
  - capacità
  - signal shaping
- **studiare risoluzione temporale SiPM + ALCOR**
  - ALCOR da solo
  - accoppiato a vari SiPM differenti
- **confronto SiPM raffreddati in camera climatica e con Peltier**
  - un esercizio che non abbiamo ancora fatto
  - anche con altre tecniche di raffreddamento
- **irraggiamento con protoni, neutroni e gamma**
  - finora fatto solo protoni
  - necessario valutare effetto neutroni
    - validità ipotesi NIEL
    - input per modello danno radiazione
  - possibile che anche i gamma siano "pericolosi"
    - calo PDE riportato da MEG2
- **esplorare diverse tecniche di raffreddamento**
  - raffreddamento con fluido a bassissima temperatura -40 C
  - raffreddamento ibrido, fluido -20 C e Peltier
- **esplorare e studiare diverse tecniche di annealing**
  - forno
  - corrente diretta, inversa
  - lampade infrarossi
- **studiare/risolvere problematiche di readout a flusso di dati elevato**
  - DCR molto elevato per DAQ
  - utilizzo trigger / segnale inhibit

## acquisto sistema di precisione FPGA e clock generator (8.5 K)

l'attuale design ALCOR include già alcune funzionalità che consentono di implementare contromisure in grado di ridurre efficacemente il flusso di dati SiPM verso il DAQ inibendo il circuito discriminatore su richiesta mediante un segnale di ingresso ALCOR dedicato. È necessario testare se questa strategia può essere utilizzata ad alta frequenza (100 MHz)

lo studio è di rilevanza per il (pre)TDR e le prestazioni della strategia di inibizione di ALCOR devono essere misurate con precisione e utilizzate nelle simulazioni delle prestazioni del sistema completo dRICH per il (pre)TDR

# Collaborazione e joint R&D con FBK

- **collaborazione con FBK in essere sin dall'inizio**
  - forniti prototipi di sensori SiPM
  - varie discussioni con loro su risultati nostri studi
- **ottime prospettive per un R&D congiunto (convenzione INFN-FBK)**
  
- **ottimizzazione sensore “standard”**
  - riduzione DCR
  - incremento radiation tolerance
- **disegno e sviluppo di array di SiPM “monolitici” (4x4, 2x8)**
  - utilizzando wire-bonding (economico)
  - con ottimizzazione accettazione geometrica
- **esplorazione sensori di nuova frontiera con “microlensing”**
  - ridurre area sensibile
  - focalizzare i fotoni
    - con lentine
    - silicon-engineering
  - ridurre drasticamente DCR mantenendo PDE
    - ie. da  $3 \times 3 \text{ mm}^2 \rightarrow 30 \times 30 \text{ um}^2$
    - riduzione DCR di fattore 10k !
  - challenging R&D, with high return if successful

**richiesta joint engineering run (25 k)**

sub-judice all'approvazione della Commissione Di Monitoraggio