
WP5

Piano irraggiamenti

Serena Mattiazzo

General Meeting 8/6/2022

Piano irraggiamenti

- Test di Total Ionizing Dose
 - Chip elettronico (parti digitali / parte analogica)
- Test di Single Event Effect
 - Chip elettronico (parti digitali)
 - Chip fotonico
- Test di NIEL
 - Chip fotonico

X-ray facilities

- @ Padova:
 - Dopo i problemi in autunno dovuti a un problema al chiller, la macchina è nuovamente operativa
- @ Pisa
 - Installata una nuova macchina di irraggiamento
 - Prestazioni (spettro, dose rate) confrontabili con la facility a Padova
 - Calibrazione della facility ad aprile
- Irraggiamenti nel 2022:
 - Driver 65 nm (Gabriele)
 - SER 65 nm (Guido)
 - Frontend (Luigi)
 - Altro?

Test con ioni pesanti/protoni

- Chip da testare nel 2022/2023
 - SERDES: 65 nm + 28 nm
 - SEE (ioni pesanti)
 - Driver: 65 nm + 28 nm
 - SEE (ioni pesanti)
 - PLL: 65 nm
 - SEU+SET (ioni pesanti)
 - SiPh:
 - Misure di BER elettro-ottiche fatte sui singoli modulatori (ioni pesanti)
 - Misure dell'effetto del danno cumulato NIEL sui singoli modulatori (protoni/neutroni)
 - SiPh + Driver 28 nm
 - Verificare SEEs con misure di BER elettro-ottiche (ioni pesanti)

Test con ioni pesanti/protoni

- Tempo fascio ottenuto sia ai LNL che a UCL (tramite radnext)
 - 4 gg (4 x 24 ore) ai LNL: ioni pesanti o protoni
 - 32 ore a UCL: ioni pesanti
- Neutroni?
 - Si possono mandare i chip a Lubjana ma non sono possibili misure «online»

LNL: test con ioni pesanti/protoni

- LNL: 4 giorni (2+2) di fascio con ioni pesanti/protoni ai LNL
 - 25-26 luglio
 - Da testare: SERDES e Driver 65 nm
 - La flangia coi connettori ad alta velocità e i passanti per la fibra ottica è pronta e va testata per il vuoto
 - Altri due giorni da ottobre a dicembre
 - Da testare: da concordare

UCL: test con ioni pesanti

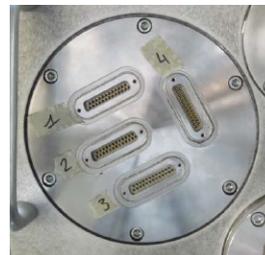
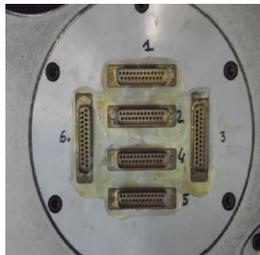
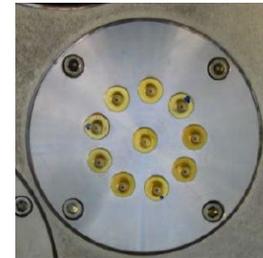
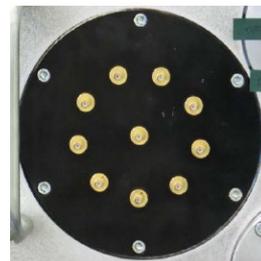
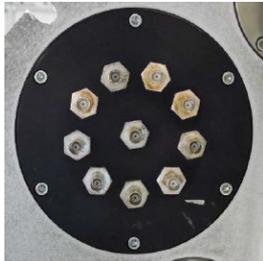
- UCL: 32 ore (4 slot x 8 ore) di fascio con ioni pesanti a UCL
 - Il fascio ci è appena stato assegnato e al momento ho solo confermato l'interesse
 - È da decidere quando chiedere il tempo (non prima dell'1 ottobre)
 - Non credo ci siano constrain temporali forti, ma chiedono, una volta assegnato lo slot, di non cancellarlo (o chiederne lo spostamento) all'ultimo momento
 - In addition, we would like to draw your attention to the very negative impact that late (i.e. within 2-3 weeks of the scheduled beamtime) cancellations/postponing requests have on the project. Indeed, even if the beam time is free of cost for users, it still comes at a significant cost for the European Commission and the facilities, which is still incurred in the case non-performed tests that are cancelled with no margin for scheduling alternative users.

UCL: test con ioni pesanti

- **UCL:** 32 ore (4 slot x 8 ore) di fascio con ioni pesanti a UCL
 - Va deciso (anche ora) se chiedere di spostare al 2023 le misure
 - Dubbi sulla fattibilità delle misure sia di BER che di NIEL sul PIC e su EIC + PIC
 - Il tempo viene solitamente assegnato in slot da 8 ore (si può chiedere di avere 2 slot vicini)
 - Il cambio fascio è veloce (10 minuti) e quindi le 8 sono quasi effettive

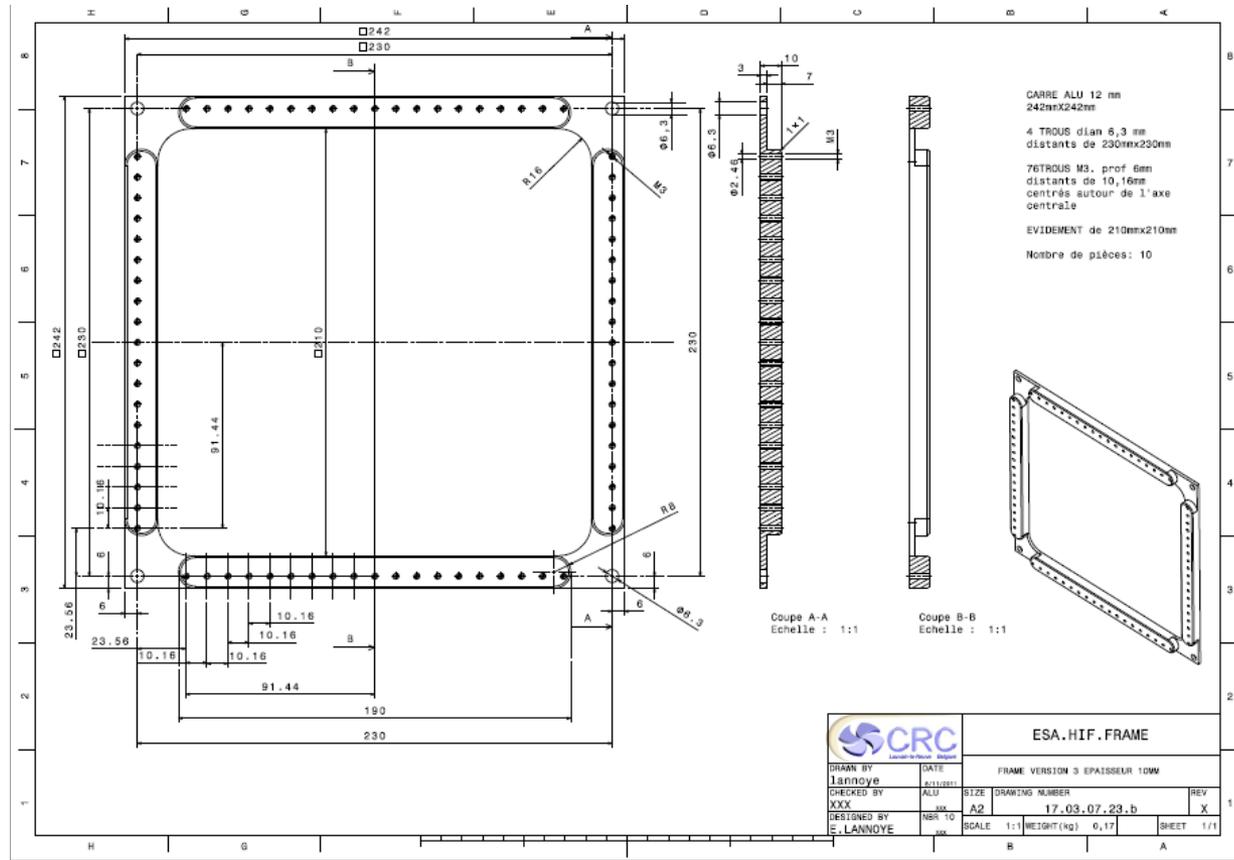
UCL: test con ioni pesanti

- Flange disponibili
 - Quella riportata è solo una selezione



UCL: test con ioni pesanti

- Portacampioni



UCL: test con ioni pesanti

- Fasce disponibili

M/Q	Ion	DUT energy [MeV]	Range [$\mu\text{m Si}$]	LET [MeV/(mg/cm ²)]
3.25	¹³ C ⁴⁺	131	269.3	1.3
3.14	²² Ne ⁷⁺	238	202.0	3.3
3.37	²⁷ Al ⁸⁺	250	131.2	5.7
3.27	³⁶ Ar ¹¹⁺	353	114.0	9.9
3.31	⁵³ Cr ¹⁶⁺	505	105.5	16.1
3.22	⁵⁸ Ni ¹⁸⁺	582	100.5	20.4
3.35	⁸⁴ Kr ²⁵⁺	769	94.2	32.4
3.32	¹⁰³ Rh ³¹⁺	957	87.3	46.1
3.54	¹²⁴ Xe ³⁵⁺	995	73.1	62.5

Altro da INFN Padova

- Daniele ha finito con la didattica ed è disponibile per contribuire al disegno (sentirà Guido nei prossimi giorni)
- Nessun candidato per l'assegno

La facility SIRAD LNL

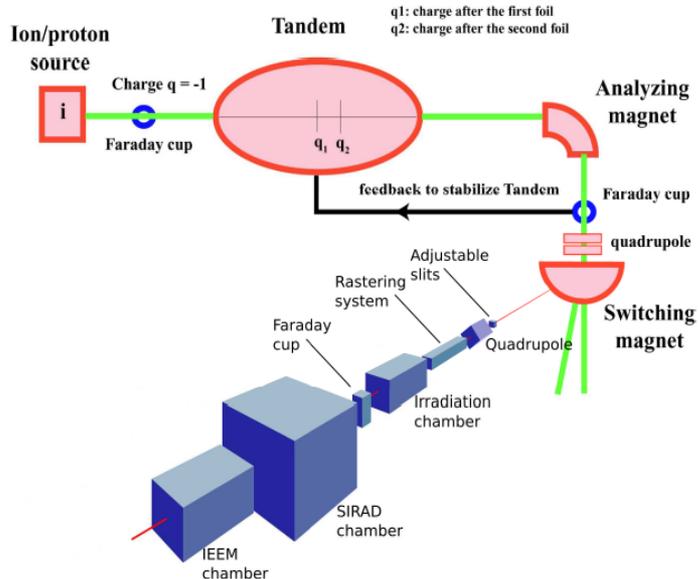
- Questa è la lista degli ioni che possono essere accelerati a SIRAD
- Le energie riportate si riferiscono al Tandem operativo alla massima tensione (14 MV) e allo stato più probabile di carica con 2 stripper
- Il range e la LET superficiale sono calcolati in Si con SRIM

1st multi-source
(¹⁹F, ³⁵Cl, ⁷⁹Br, ¹²⁷I)

2nd multi-source
(¹⁶O, ²⁸Si, ⁵⁸Ni, ¹⁰⁷Ag)

Ion Species	Energy [MeV]	q ₁	q ₂	Rigidity [T·m]	Range in Si [μm]	Surface LET in Si [MeV×cm ² /mg]
¹ H	28	1	1	0.77	4340	0.02
⁷ Li	56	3	3	0.95	376	0.37
¹¹ B	80	4	5	0.86	185	1.13
¹² C	94	5	6	0.81	164	1.53
¹⁶ O	108	6	7	0.86	107	2.95
¹⁹ F	122	7	8	0.87	95	3.90
²⁸ Si	157	8	11	0.87	61	8.58
³² S	171	9	12	0.89	54	11.1
³⁵ Cl	171	9	12	0.93	50	12.7
⁴⁸ Ti	196	10	14	1.00	40	20.9
⁵¹ V	196	10	14	1.03	38	22.6
⁵⁸ Ni	220	11	16	1.02	37	29.4
⁶³ Cu	220	11	16	1.06	34	31.9
⁷⁴ Ge	231	11	17	1.11	33	36.9
⁷⁹ Br	241	11	18	1.10	33	41.8
¹⁰⁷ Ag	266	12	20	1.21	29	58.4
¹²⁷ I	276	12	21	1.28	30	65.4
¹⁹⁷ Au	275	13	26	1.52	26	79.1

Single Event Effect a LNL

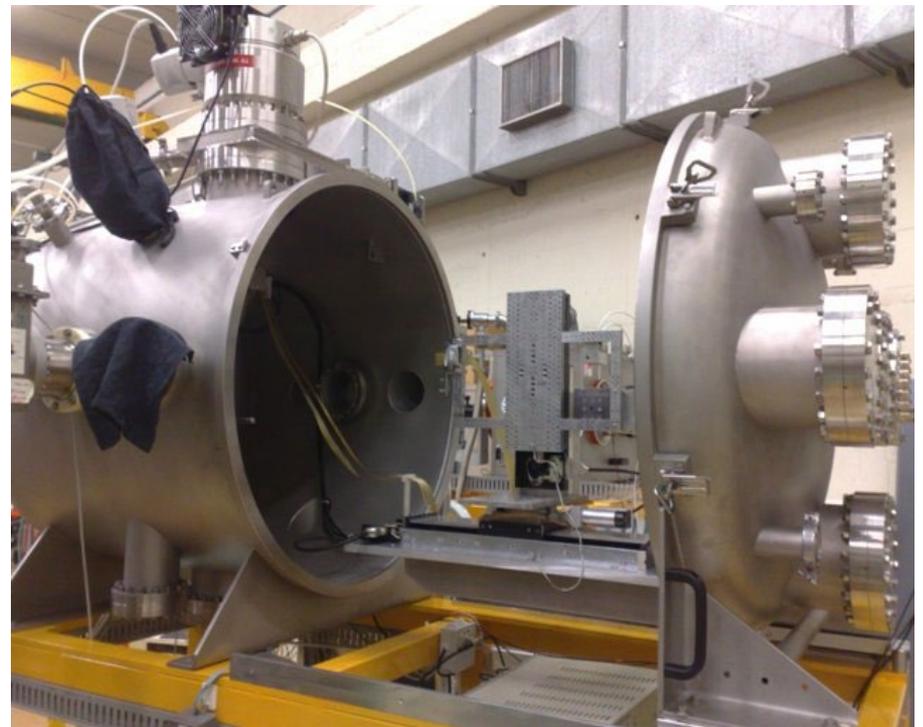


- Gli irraggiamenti si svolgono presso la facility SIRAD installata al Tandem dei LNL
- Linea è nella sala sperimentale 1, a $+70^\circ$
- Irraggiamenti in vuoto (10^{-4} , 10^{-5} mbar)

Caratteristiche tecniche: la camera



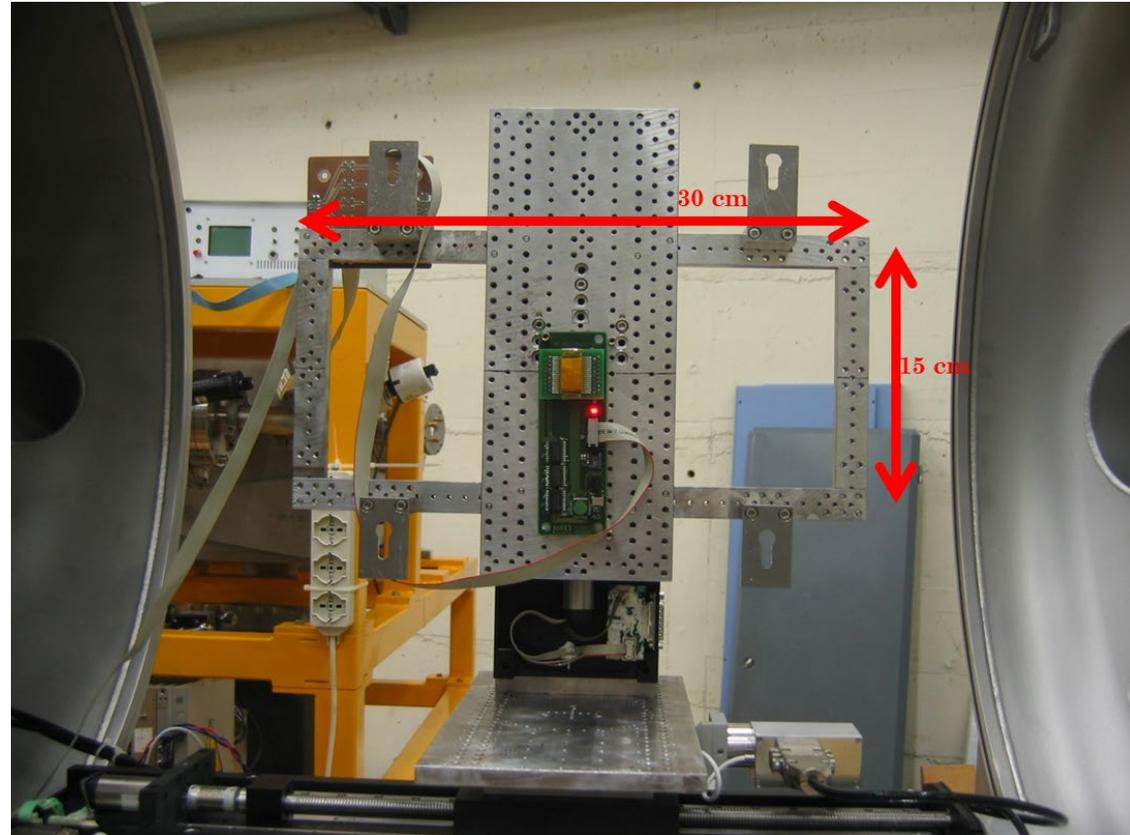
- Diameter 80 cm
- Depth: 80 cm



Caratteristiche tecniche: il portacampioni

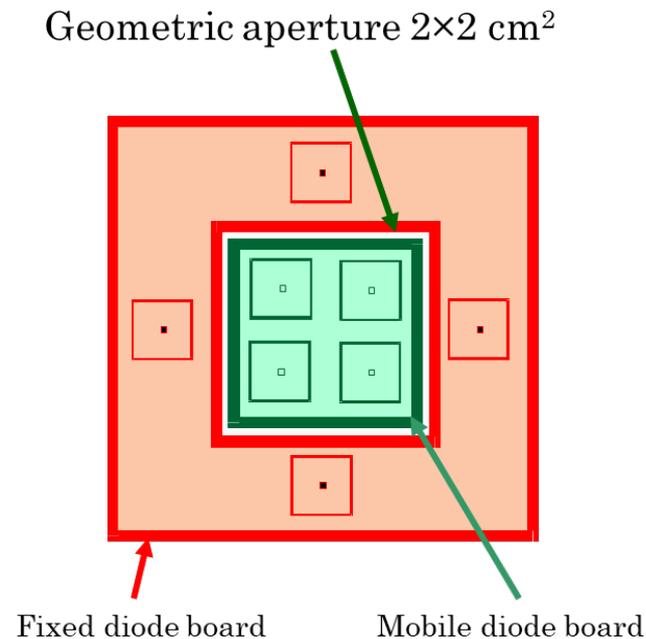
Motorized sample holder

Horizontal transl.	30 cm
Vertical transl.	15 cm
Resolution	10 μm
Rotation axis	+/-80° (1° steps)

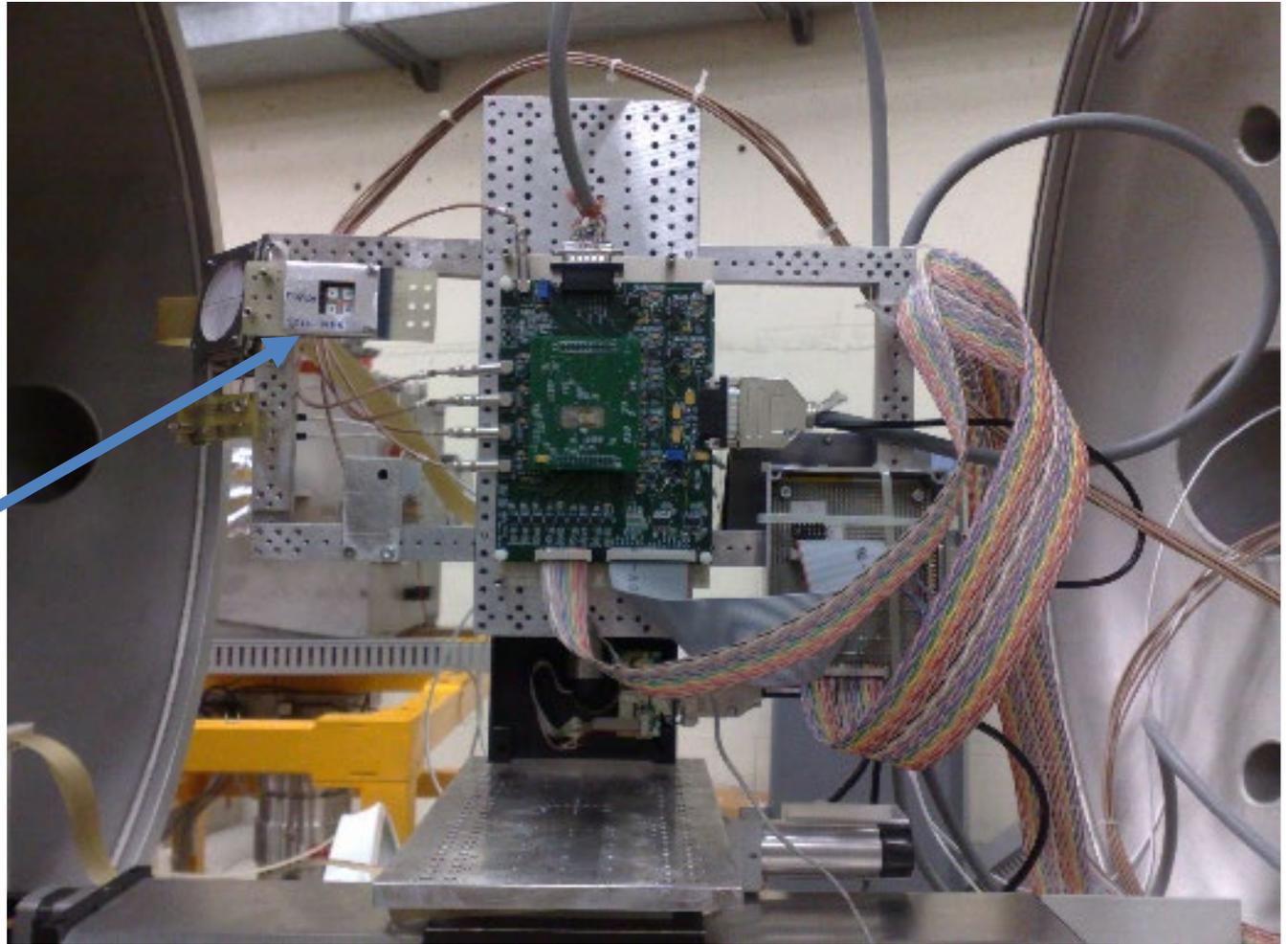


Caratteristiche tecniche: la dosimetria

- A low ion beam flux is measured by 8 **silicon diodes** with $0.5 \times 0.5 \text{ cm}^2$ area and $300 \text{ }\mu\text{m}$ thickness, connected to a dedicated read-out electronic and computer-controlled data acquisition system:
- Beam flux
 - uniformity: better than 10% on the device under test area;
 - range: $10 - 5 \times 10^5 \text{ ions/cm}^2 \times \text{s}$.

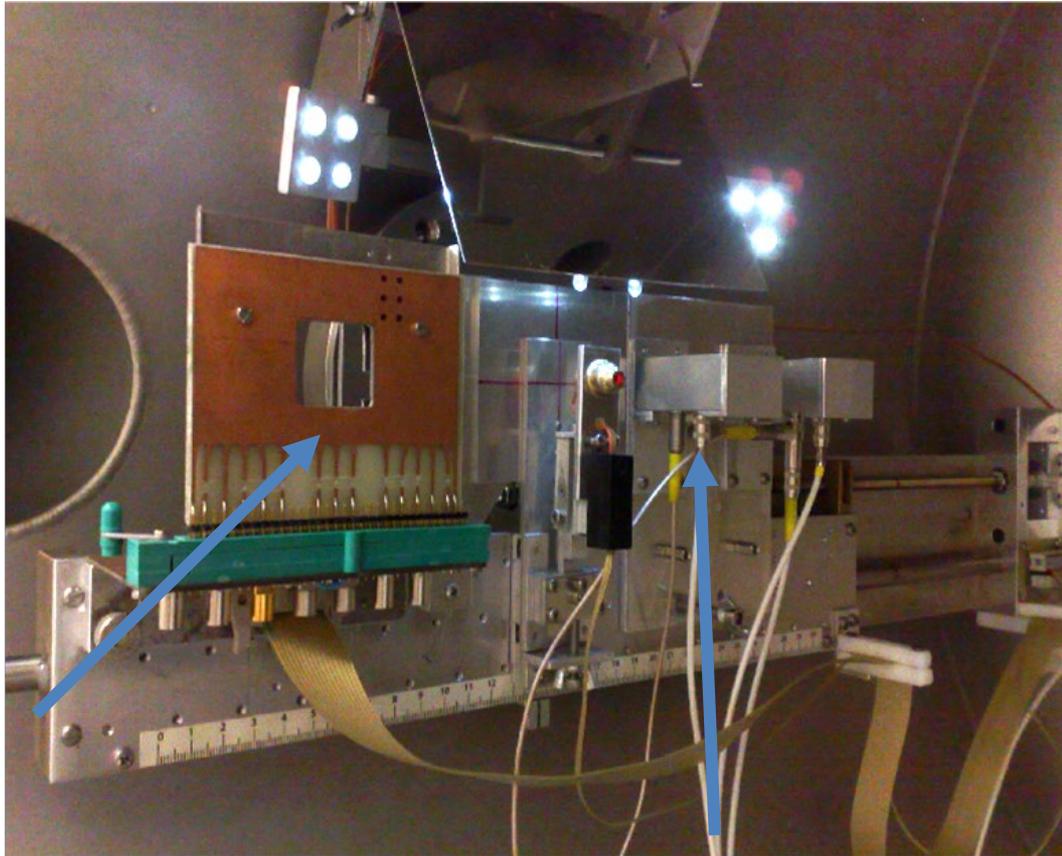


Caratteristiche tecniche: la dosimetria



Mobile PIN Silicon
diodes board

Caratteristiche tecniche: la dosimetria



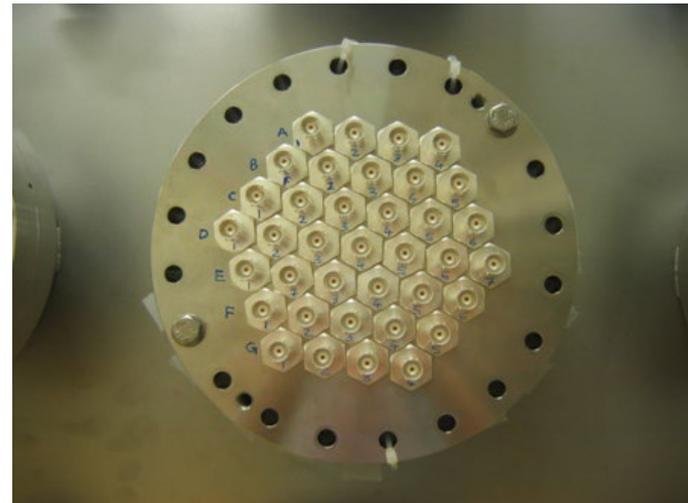
Fixed PIN Silicon
diodes board

Faraday cup

Caratteristiche tecniche: le flange



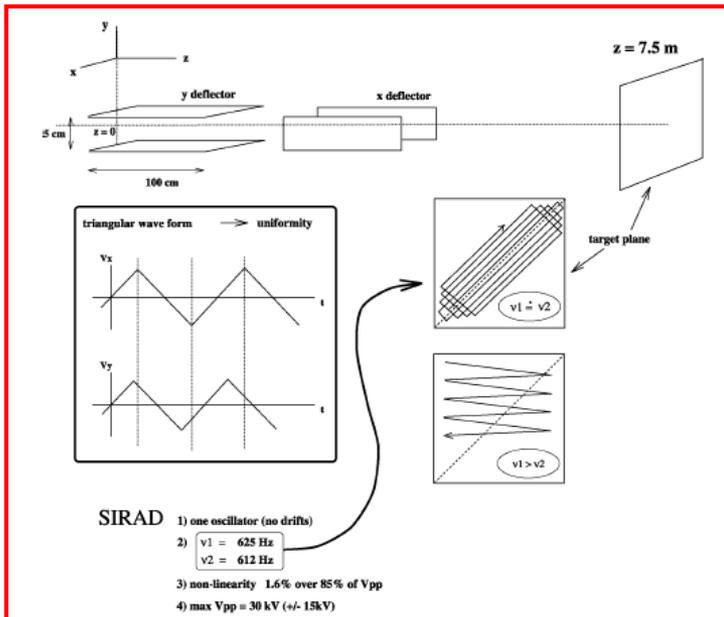
2 connectors D-sub
with 50 pins



38 BNC connectors
(testati fino a 3.125 Gb/s con
adattatore BNC-SMA da ambo i lati)

Caratteristiche tecniche: il sistema di rastering

- A x, y rastering system is used to irradiate large targets (bulk damage and TID studies)



Proposal

- La deadline per chiedere il tempo fascio è il **21 gennaio 2022**
- Il fascio sarà disponibile in questi periodi
 - Da Aprile a Luglio 2022
 - Da Ottobre a Dicembre 2022
- In fase di Proposal ci verrà chiesto di specificare i periodi preferiti e quelli da escludere
- La sottomissione è da fare online alla pagina <https://www1.lnl.infn.it/~tandem/TACall.html>
 - Due file da caricare (abstract + corpo del Proposal)
 - Alcune info da inserire (tipi di fascio, correnti, etc)
- C'è poi una prima revisione (fattibilità tecnica) interna ai LNL
- A seguire la valutazione vera e propria da parte del Program Advisory Committee (PAC)
 - Presentazione orale (10 minuti + 10 minuti di discussione)

Proposal

- Il proposal è composto da:
 - un **abstract** (max 1 pagina) con
 - Titolo del Proposal
 - Setup sperimentale da usare
 - Spokeperson(s)
 - Autori
 - Breve descrizione dell'esperimento
 - Un **body** (max 5 pagine) con
 - Le motivazioni scientifiche dell'esperimento
 - La descrizione dell'esperimento che vogliamo fare a Legnaro
 - I dettagli tecnici della richiesta di fascio (tensione della macchina, energia e specie ioniche, tipo di fascio, correnti, etc)
- E' disponibile un Template in LATEX che ho reso disponibile in Overleaf così possiamo metterci mano tutti:
<https://it.overleaf.com/8185135283hcvpvbtwxskb>

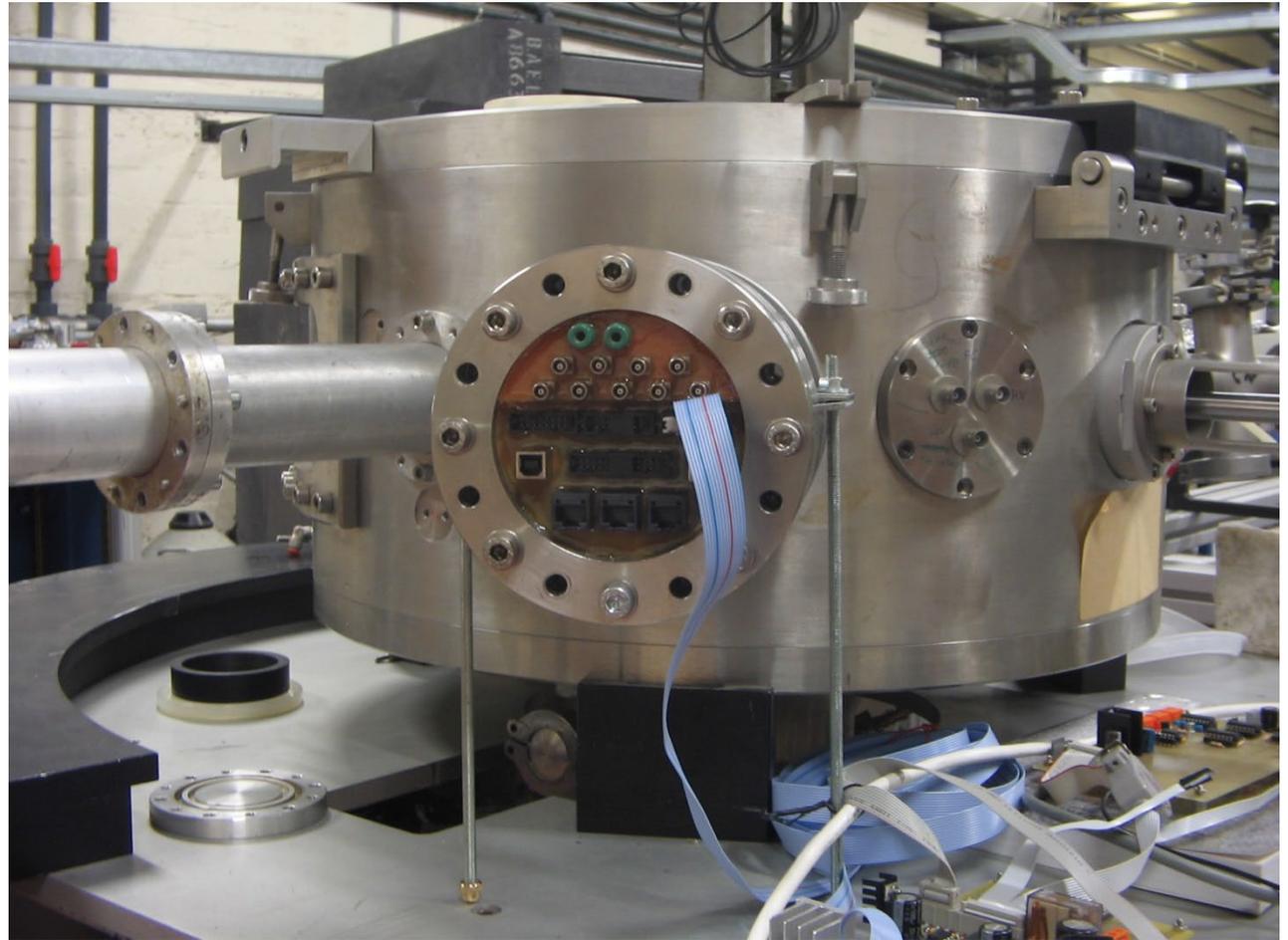
Accesso ai LNL

- Vi lascio qui (per riferimento futuro) il link da seguire per ottenere l'accesso ai LNL: <https://www.lnl.infn.it/en/access-to-lnl/>
- Servono
 - Il registration form
 - L'autorizzazione dell'Istituzione di appartenenza
 - Copia della scheda di Radioprotezione
 - Aver seguito il corso COVID
 - Un'autodichiarazione legata al COVID (non essere in quarantena, non avere sintomi, etc)

**DA MANDARE AI LNL ALMENO
15 GIORNI PRIMA DEL TESTBEAM**

Flangia

- 2 boccole per cavi a banana
- 8 (in realtà 9, ma uno non funziona) connettori LEMO;
- 3 connettori a 16 poli
- 1 connettore a 24 poli
- 3 connettori Ethernet
- 2 connettori USB



SEE con protoni

Per questioni di radioprotezione, la corrente in FCUP non può essere > 20 nA

Per questioni di radioprotezione, la corrente in FCUP non può essere > 20 nA											
Fattore di danno		3									
Area rastering	[cm ²]	25									
Area DUT	[cm ²]	0.25									
LET (28 MeV proton)	[MeV×cm ² /mg]	0.02									
	Fluenza		Protoni sull'area di rastering	Carica	Corrente in Fcup	Durata irraggiamento			TID (LET*fluenza)	Protoni totali sul DUT	Protoni/s su DUT
	#n/cm ²	#p/cm ²				#	C	nA			
	1E+12	3.33E+11	8.33E+12	1.33E-06	1	1.33E+03	0	22	0.00	8.33E+10	6.25E+07
	1E+13	3.33E+12	8.33E+13	1.33E-05	1	1.33E+04	3	42	0.03	8.33E+11	6.25E+07
	5E+13	1.67E+13	4.17E+14	6.67E-05	1	6.67E+04	18	31	0.13	4.17E+12	6.25E+07
	1E+14	3.33E+13	8.33E+14	1.33E-04	10	1.33E+04	3	42	0.27	8.33E+12	6.25E+08
	1E+15	3.33E+14	8.33E+15	1.33E-03	10	1.33E+05	37	2	2.67	8.33E+13	6.25E+08
	1E+16	3.33333E+15	8.33E+16	1.33E-02	10	1.33E+06	370	22	26.67	8.33E+14	6.25E+08

SEE con protoni

Radiation	TID	Displacement (NIEL)	SEE
X-rays ^{60}Co γ	Expressed in SiO_2 Almost identical in Si or SiO_2	No	No
p	Equivalences in Si^{\ddagger} @60MeV $10^{11}\text{p/cm}^2=13.8\text{krd}$ @100MeV $10^{11}\text{p/cm}^2=9.4\text{krd}$ @150MeV $10^{11}\text{p/cm}^2=7.0\text{krd}$ @200MeV $10^{11}\text{p/cm}^2=5.8\text{krd}$ @250MeV $10^{11}\text{p/cm}^2=5.1\text{krd}$ @300MeV $10^{11}\text{p/cm}^2=4.6\text{krd}$ @23GeV $10^{11}\text{p/cm}^2=3.2\text{krd}$	Equivalences in $\text{Si}^{\ddagger,*}$ @53MeV $1\text{p/cm}^2 = 1.25\text{ n/cm}^2$ @98MeV $1\text{p/cm}^2 = 0.92\text{ n/cm}^2$ @154MeV $1\text{p/cm}^2 = 0.74\text{ n/cm}^2$ @197MeV $1\text{p/cm}^2 = 0.66\text{ n/cm}^2$ @244MeV $1\text{p/cm}^2 = 0.63\text{ n/cm}^2$ @294MeV $1\text{p/cm}^2 = 0.61\text{ n/cm}^2$ @23GeV $1\text{p/cm}^2 = 0.50\text{ n/cm}^2$	Only via nuclear interaction. Max LET of recoil in Silicon = $15\text{MeVcm}^2\text{mg}^{-1}$
n	Negligible	Equivalences in $\text{Si}^{\ddagger,*}$ @1MeV $1\text{ n/cm}^2 = 0.81\text{ n/cm}^2$ @2MeV $1\text{ n/cm}^2 = 0.74\text{ n/cm}^2$ @14MeV $1\text{ n/cm}^2 = 1.50\text{ n/cm}^2$	As for protons, actually above 20MeV p and n can roughly be considered to have the same effect for SEEs
Heavy Ions	Negligible for practical purposes (example: 10^6 HI with LET= $50\text{MeVcm}^2\text{mg}^{-1}$ deposit about 800 rd)	Negligible	Yes

[‡] Energy here is only kinetic (for total particle energy, add the rest energy mc^2)

*The equivalence is referred to "equivalent 1MeV neutrons", where the NIEL of "1MeV neutrons" is DEFINED to be 95 MeV/mg. This explains why for 1MeV neutrons the equivalence is different than 1

