

Tavola Rotonda

“Verso soglie sempre più basse”

F. Gatti - Univ. INFN Genova

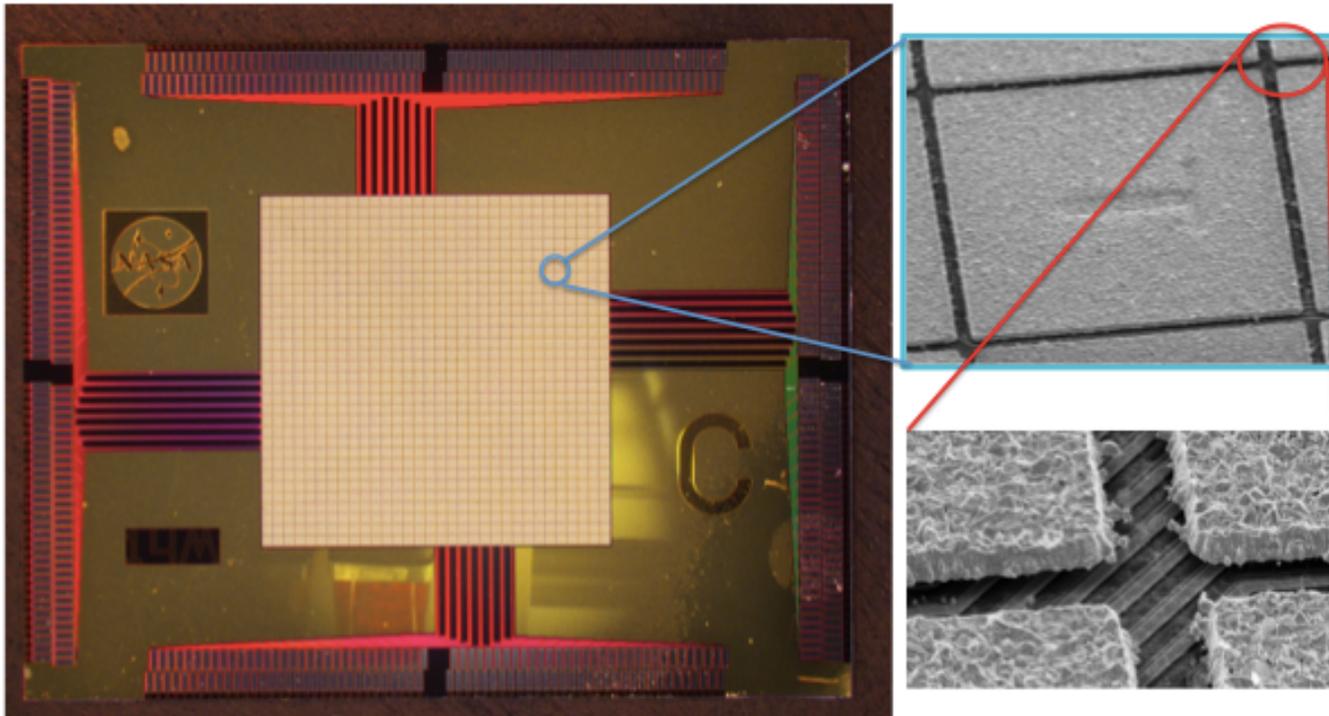
Cosa intendiamo

- ◆ Soglie energetiche 2 ordini di grandezza sotto quelle attuali, ovvero: $O(10 \text{ eV})$
- ◆ Sono accessibili? Sì, su prototipi basati su tecnologia attuale o in corso di sviluppo
- ◆ Quali masse si possono accumulare?

Attuale sviluppi dei microcalorimetri TES

- ◆ S Bandler et al GSFC NASA, low energy for X-ray

Current state-of-the-art:

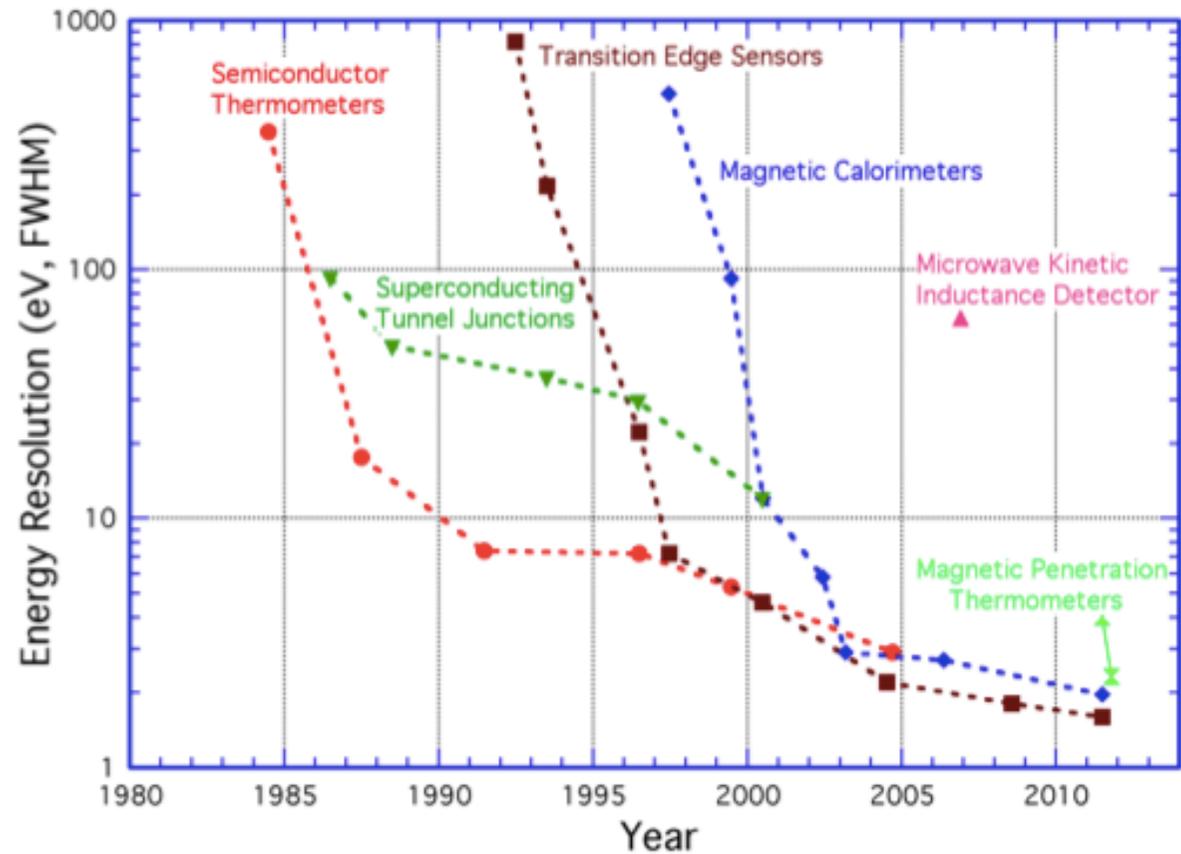


- Photograph and micrograph images of a prototype 32x32 array,
- 300 μm pixels
- Absorbers: Bi (4.2 μm) Au (1.2 μm)

Driving Science: Astrophysics

X-ray microcalorimeters capable of 1 eV energy resolution for 6 keV photons:

S.H. Moseley, J.C. Mather, D. McCammon, J. Appl. Phys. 56, 1257 (1984)

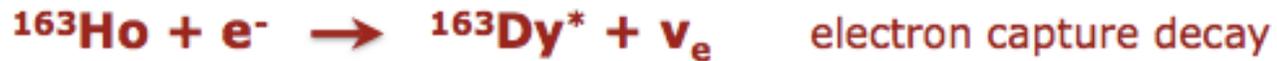


Astrophysics Roadmap Town Hall, 2013

HOLMES

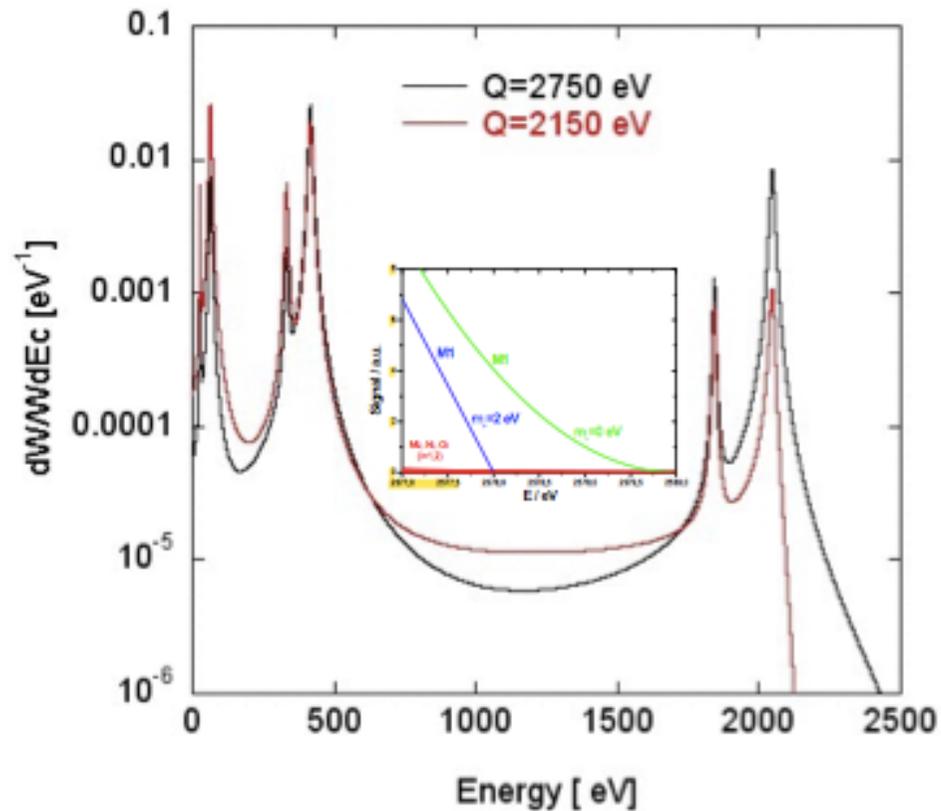
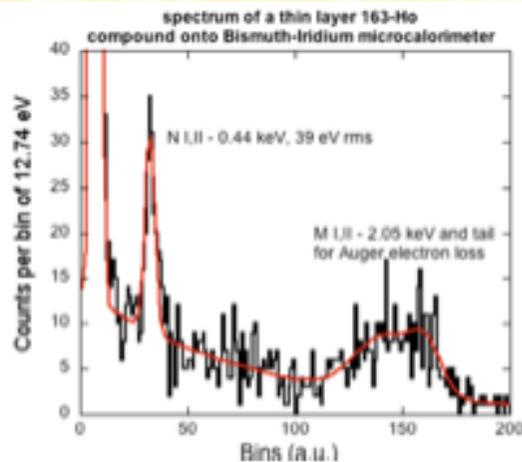


the project HOLMES



(A. De Rujula and M. Lusignoli, Phys. Lett. 9 (1982))

- First calorimetric measurement of ^{163}Ho endpoint energy: $Q = 2.80 \pm 0.05 \text{ keV}$ (F. Gatti, et al, Physics Letters B, 1997) with Ho-oxide embedded in Sn absorber
- Present production of ^{163}Ho made with neutron irradiation of ^{162}Er enriched of pure Er oxide sample.
- A first spectrum has been acquired for demonstrating the production capability

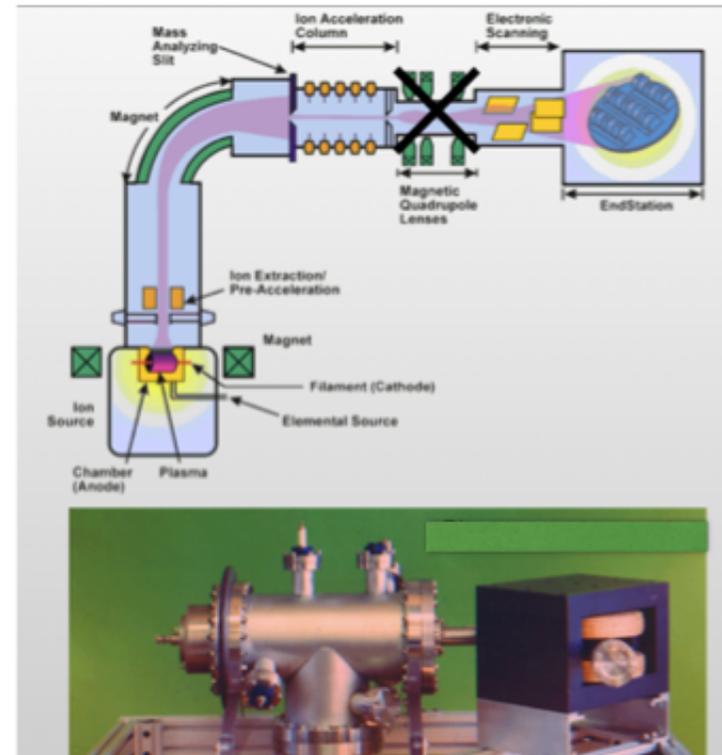


HOLMES



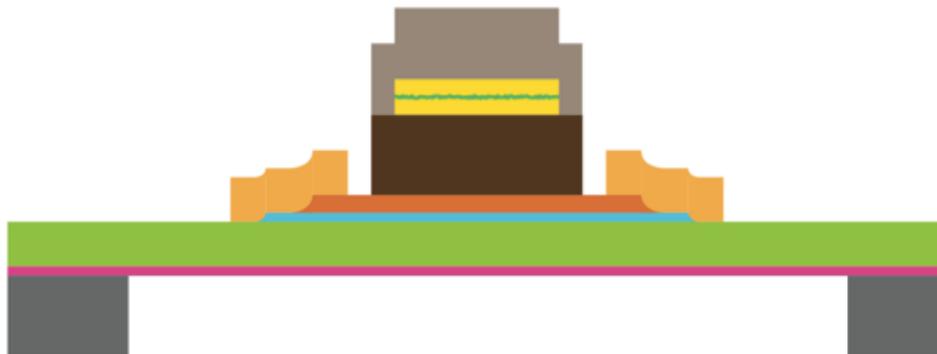
Inside HOLMES-isotope separation and detector implantation

- Especially designed isotope separator and low energy implanter (10-20 keV) for handling very low amount of material and with high mass separation around 163.

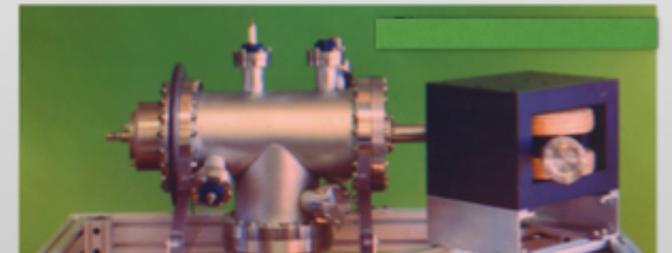


Inside HOLMES - detector fab

NIST-Boulder/Genova cross-fab



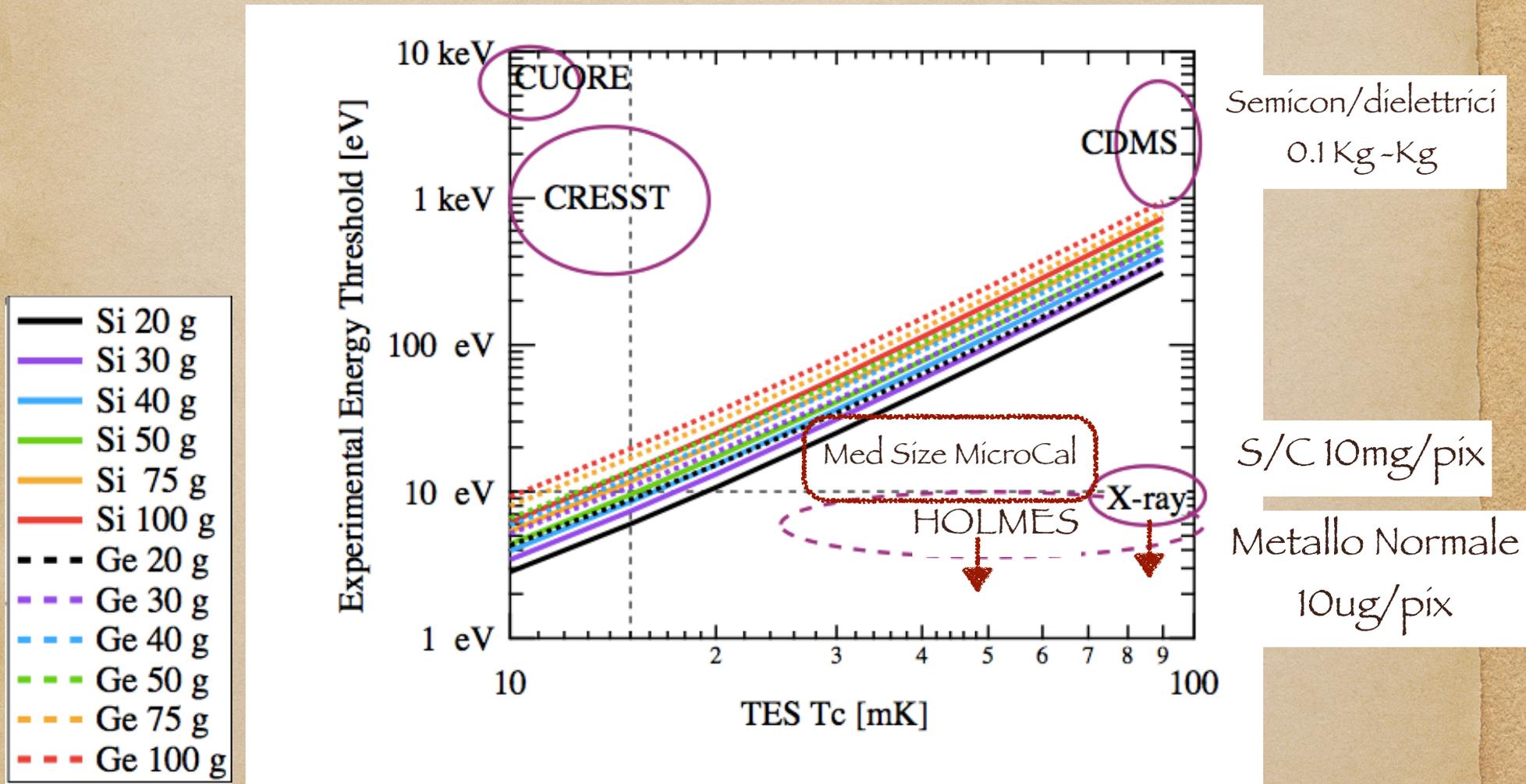
Si
 SiO₂
 Si_xN_y
 Mo
 Cu
 Bi
 Au
 Ho



◆ HOLMES ha diversi punti challenging:

- ◆ La produzione degli array con l'impiantazione dell' ^{163}Ho di elevata purezza (mai tentata fin'ora)
- ◆ La banda per canale \rightarrow sviluppo ad hoc di elettronica al GHz
- ◆ Diversi array (5-10) da 5Kpixel per 2-5 anni di misura per 0.1-0.2 eV
- ◆ il GRAN SASSO e' il luogo di elezione per un tale esperimento

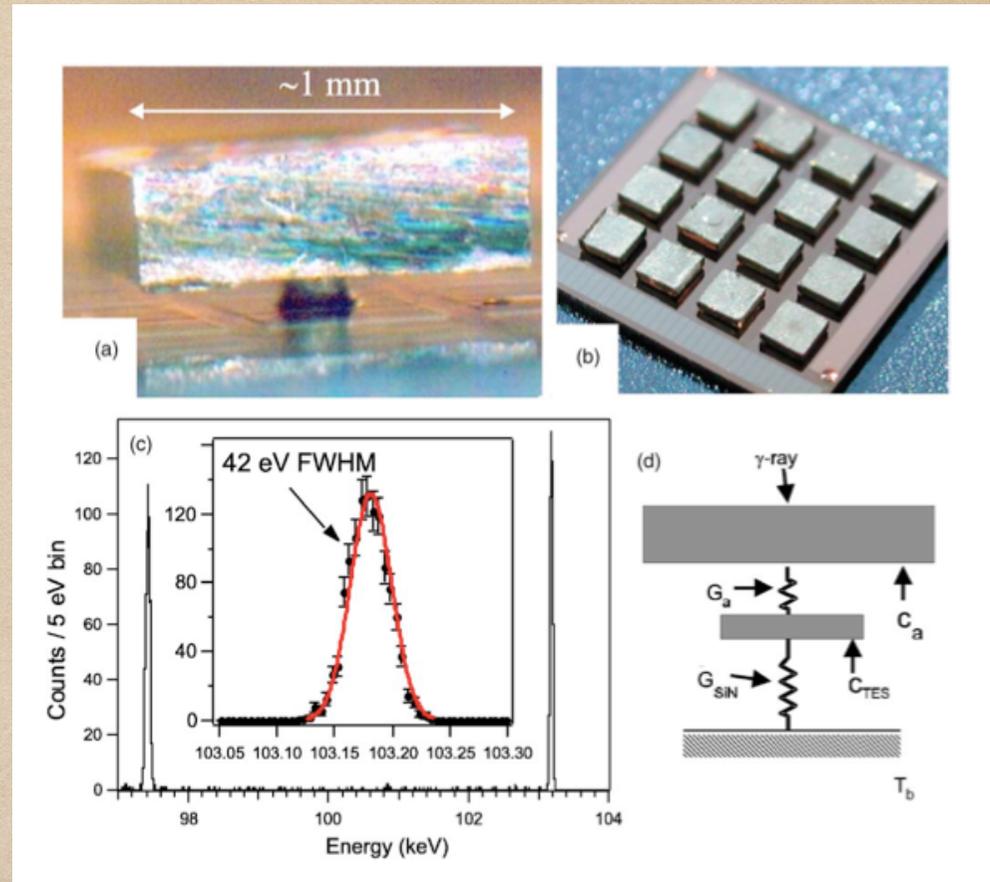
Threshold/Massa



◆ Implementazione di J. Formaggio, rivisitata da F Gatti

TES Med Size Microcal

- ◆ Zink, Ullom et al
NIST-2006 APL (40 eV @ 100 KeV)
- ◆ Risultati più recenti : 25 eV FWHM @100 KeV → 16x16 → 32x32
- ◆ Possibile un 32x32 pixel da 1 mm³ in Pb → 10 g
- ◆ 100 array → 1 kg



Vale la pena investire su questi
Med Size Microcal?

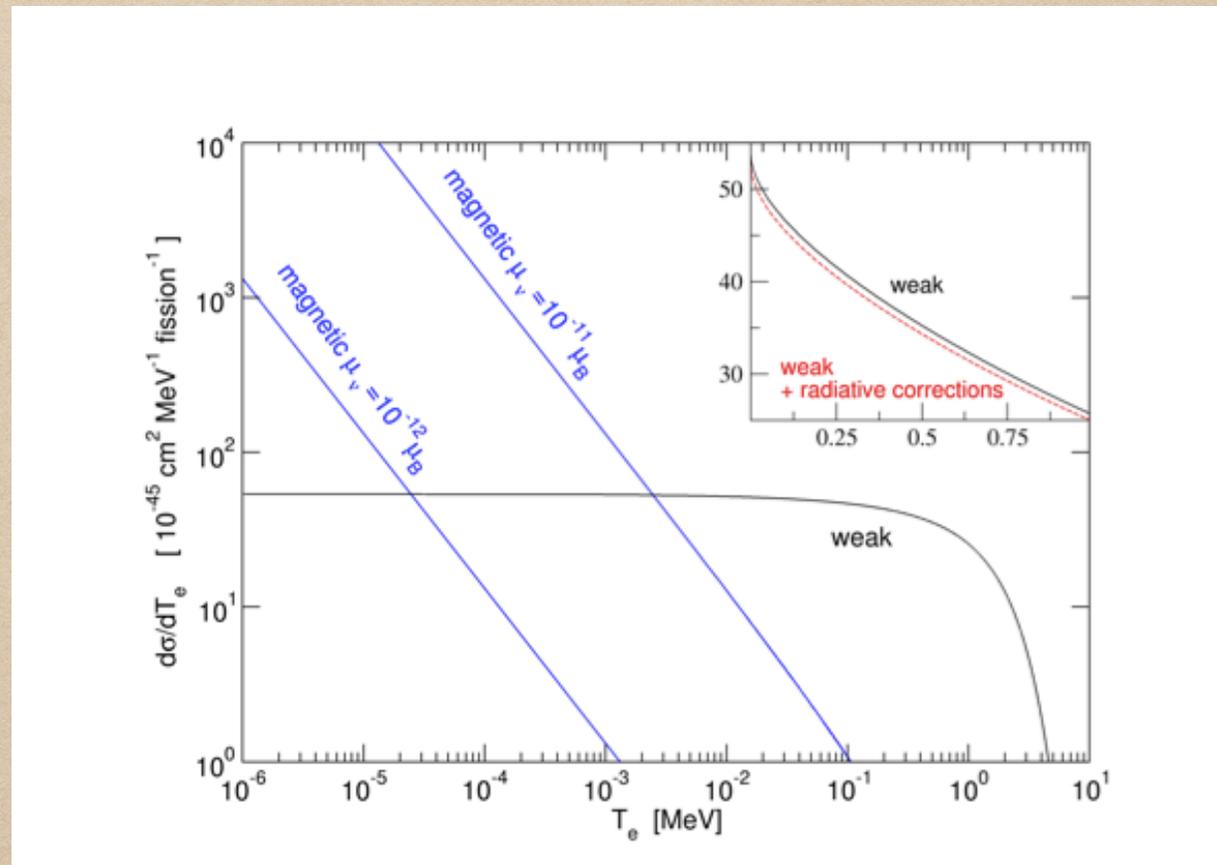
Vale la pena?

- ◆ Ritengo di sí, non sono state esplorate le potenzialità
- ◆ Perché può essere una opzione da perseguire?
 - ◆ Le richieste di una fisica Undergrond a Bassissimo rate consentono:
 - ◆ Temperature 10 volte più basse (5-10 mK) → massa scala al peggio come $T^{(3/2)}$
 - ◆ pochi conteggi per array → elettronica semplificata → 1 canale readout per array

Perche' penso a rivelatori S/C con elettroni "liberi"?

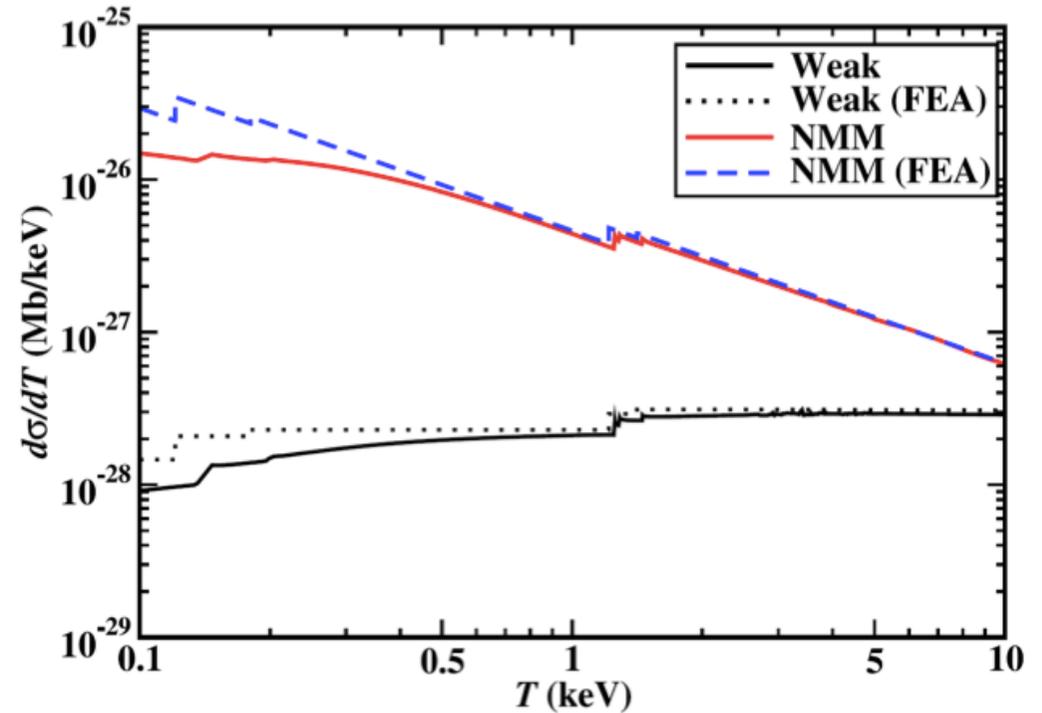
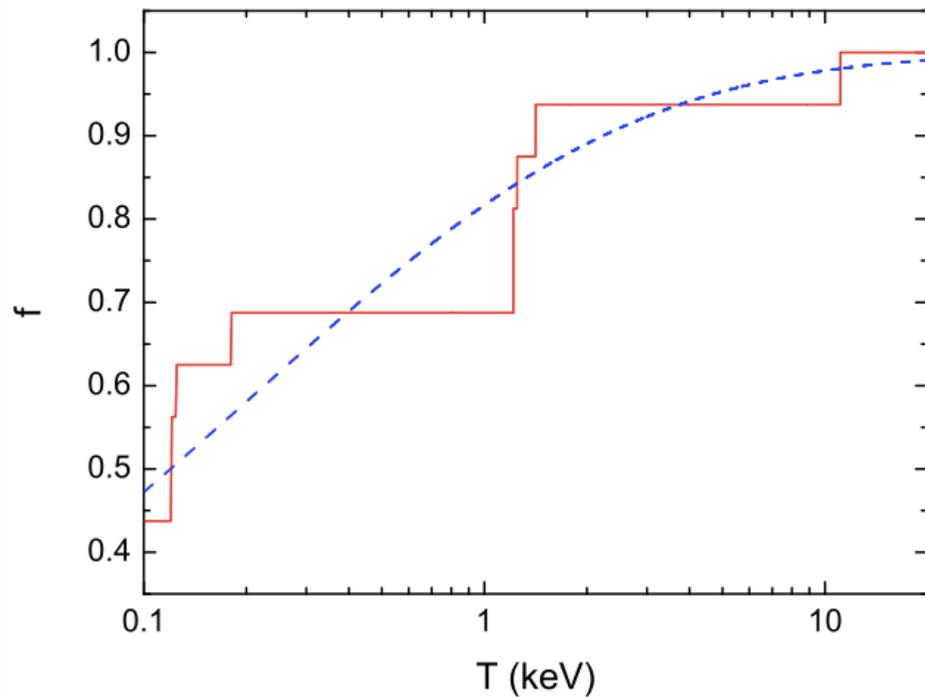
- ◆ Proprietà intrinseche del neutrino oltre la massa sono appealing
- ◆ Rinnovato interesse per il momento magnetico
 - ◆ SM $\mu_\nu \approx 10^{-19} \mu_B$
 - ◆ BSM $\mu_\nu \approx O(10^{-14} \mu_B)$ - 2 ordini sotto il limite attuale
 - ◆ Potrebbe essere accessibile nei prossimi 5-10 anni?
 - ◆ Non ovvio per la concorrenza dei contributi di scattering (ν, e) e di CNNS.

nei reattori



◆ arxiv 1312.6858

Low Thresholds vs elettroní legatí

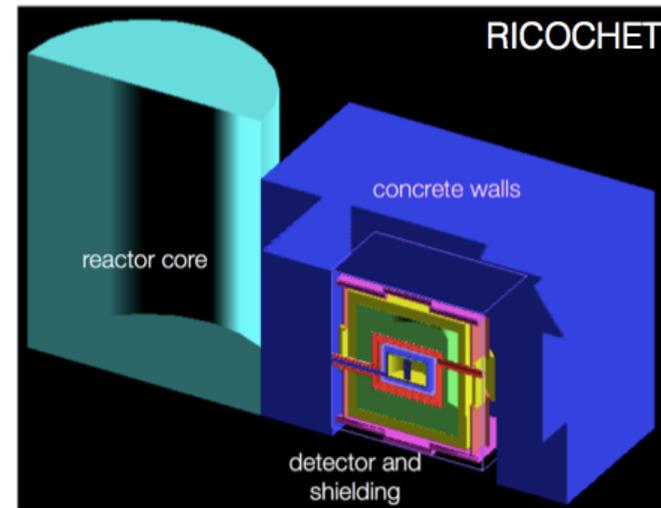
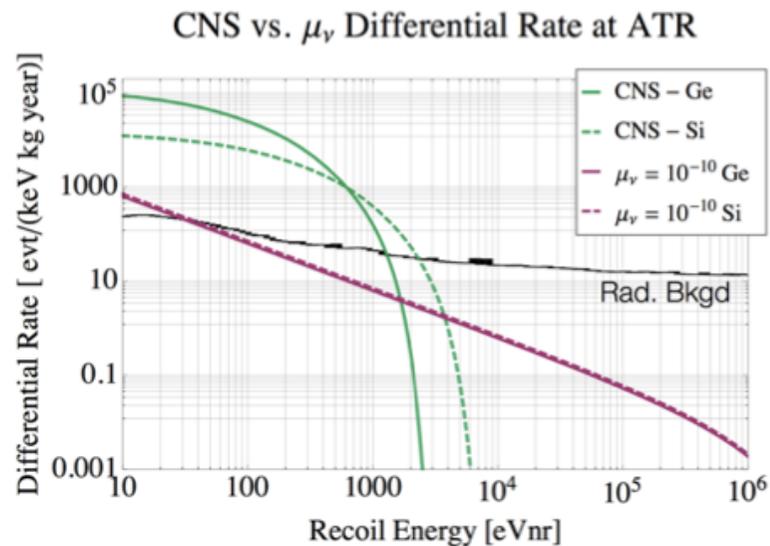


◆ arxiv 1406.4999v1

Data	Neutrino Flux ($\text{cm}^{-2}\text{s}^{-1}$)	Data Strength (kg-day)	Threshold (keV)	NMM Limits at 90% CL (μB)	
				FEA	MCRSPA
TEXONO 1kg HPG [10]	6.4×10^{12}	ON/OFF : 570.7/127.8	12	$< 7.4 \times 10^{-11}$	$< 7.4 \times 10^{-11}$
TEXONO 900g PPCGe [13]	6.4×10^{12}	ON : 39.5	0.5	$< 1.6 \times 10^{-10}$	$< 1.6 \times 10^{-10}$
TEXONO 500g PPCGe	6.4×10^{12}	ON/OFF : 25.5/13.4	0.3	$< 3.0 \times 10^{-10}$	$< 3.0 \times 10^{-10}$
GEMMA 1.5 kg HPGe [9]	2.7×10^{13}	ON/OFF : 1133.4/280.4	2.8	$< 2.9 \times 10^{-11}$	$< 2.9 \times 10^{-11}$
PPCGe Projected	6.4×10^{12}	(ON/OFF) : 1500/ 500	0.3	$< 2.3 \times 10^{-11}$	$< 2.6 \times 10^{-11}$

CNNS

- ◆ Una proposta che usa l'heritage di CDMS: Ricochet (E. Figueroa Feliciano)
- ◆ Basata su design review dei rivelatori di CDMS per migliorare la risoluzione e soglia



Enectali Figueroa-Feliciano

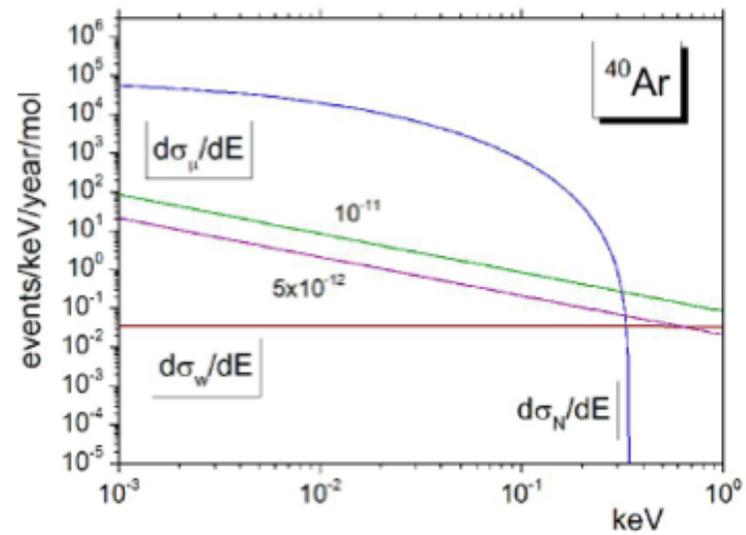
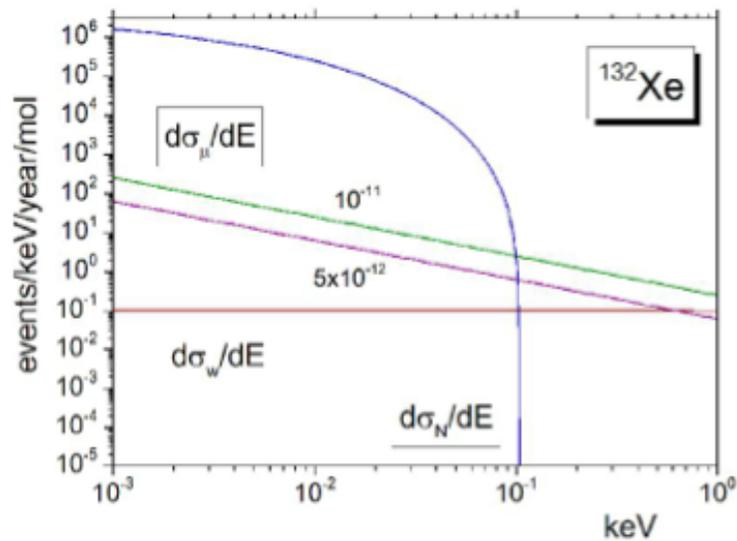


Si può fare ai LNGS?

- ◆ A mio avviso abbiamo una occasione imperdibile "il generatore di Neutrini" di SOX:
 - ◆ Riga di v
 - ◆ Clean environment radioattivo
 - ◆ Misura senza e con sorgente
 - ◆ Fondo introdotto dalla sorgente studiabile con il naturale decadimento del rate.
- ◆ Le questioni da essere studiate sono a questo punto:
 - ◆ Sizing del rivelatore e compatibilita' con le attività di SOX
 - ◆ Rivelatori tipo CDMS modificati per bassa soglia o Mid Size Micro-cal

The full signal

- ◆ L'esperimento potrebbe produrre più risultati ma a costo della bontà dei limiti
- ◆ Può valere la pena privilegiare uno dei 2 effetti e specializzare il rivelatore e il setup



Che si può fare d'altro?

- ◆ Rivelatori S/C che deprimono la trasduzione delle interazioni (ν, e) e mantengono attive la rivelazione del rinculo nucleare (discussione con J Formaggio)
- ◆ Meccanismi intrinseci di amplificazione del segnale: effetto Luke su semiconduttori (già testato), Cristalli con popolazione invertita che possono fare lensing (Carugno), Amplificazione del segnale in cavità a microonde (provato parzialmente).
- ◆ Very low energy ν sources: casi estremi: $^{187}\text{-Re}$ -2,5 KeV (Kton), $^{163}\text{-Ho}$ -2.5 KeV (ton) per MCi, CNNS spectrum quenched verso lo zero.
- ◆ MOLTO IMPORTANTE: Neutrino Relic \rightarrow attori in sala!
- ◆ NON voglio sovrappormi alla TV su DM, \rightarrow follow up utile a DM (direzionalità? studiata nel silicio e germanio 20 anni fa ma la struttura reticolare adeguata può ottimizzare la conservazione del vettore K e velocità di gruppo dei fononi nei cristalli...)

Thresholds a 1 eV \rightarrow 0.1 eV

- ◆ Generazione successiva di esperimenti oltre il 2020
- ◆ Necessario l'uso di meccanismi intrinseci di amplificazione del segnale:
 - ◆ effetto Luke su semiconduttori (già testato ma restano problemi),
 - ◆ Cristalli con popolazione invertita che possono fare lensing (discussione con Carugno),
 - ◆ Uso dei livelli Zeeman di materiali di paramagnetici o splitting iperfine con disaccoppiamento forte dal sistema dei fononi (misura di magnetizzazione realizzata in microcalorimetri magnetici o in risonanza EM in cavità)
 - ◆ Amplificazione del segnale in cavità a microonde (provato parzialmente con poco successo).
 - ◆ altro....

Apertura della discussione

- ◆ Quali short term goal? Sfruttare la sorgente SOX in contemporanea o successivamente?
- ◆ Quale fisica perseguire prioritariamente per fare da driver degli sviluppi tecnologici?
- ◆Discussione.....
- ◆ (Avrei una idea...ma non posso lavorarci per i prossimi 5 anni)

Ringraziamenti

- ◆ Per le discussioni: G. Carugno, J. Formaggio, E. Figueroa-Feliciano, J. Wilkerson, C. Wheinmaier
- ◆ Agli organizzatori del Workshop