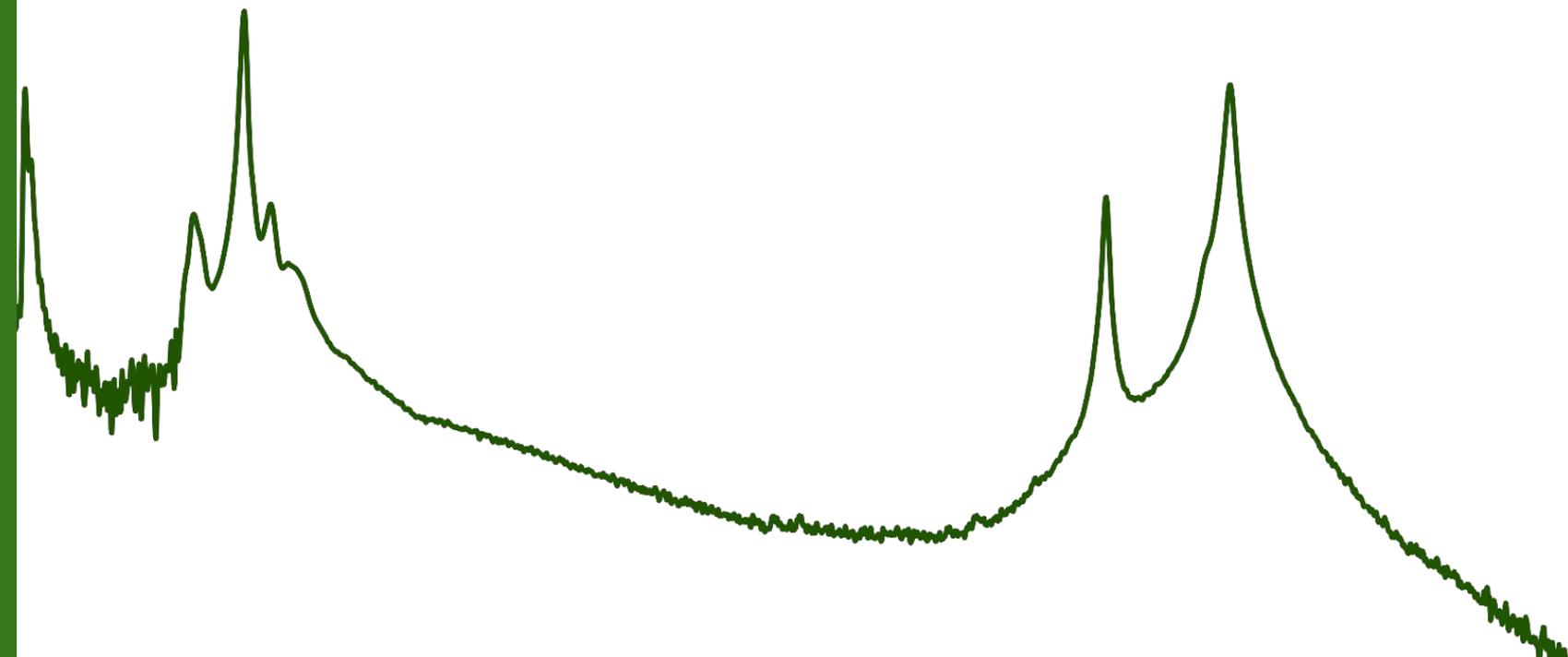


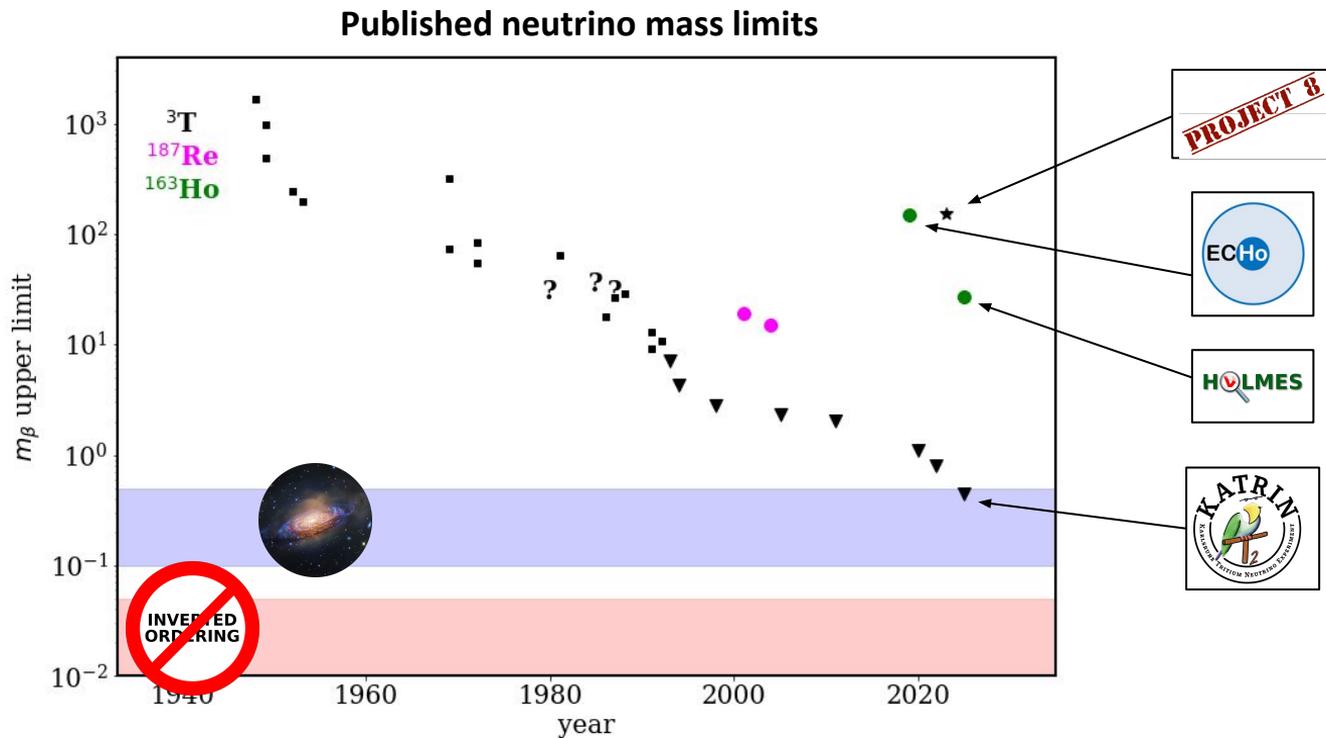
# HOLMES+

Matteo Borghesi



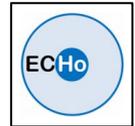
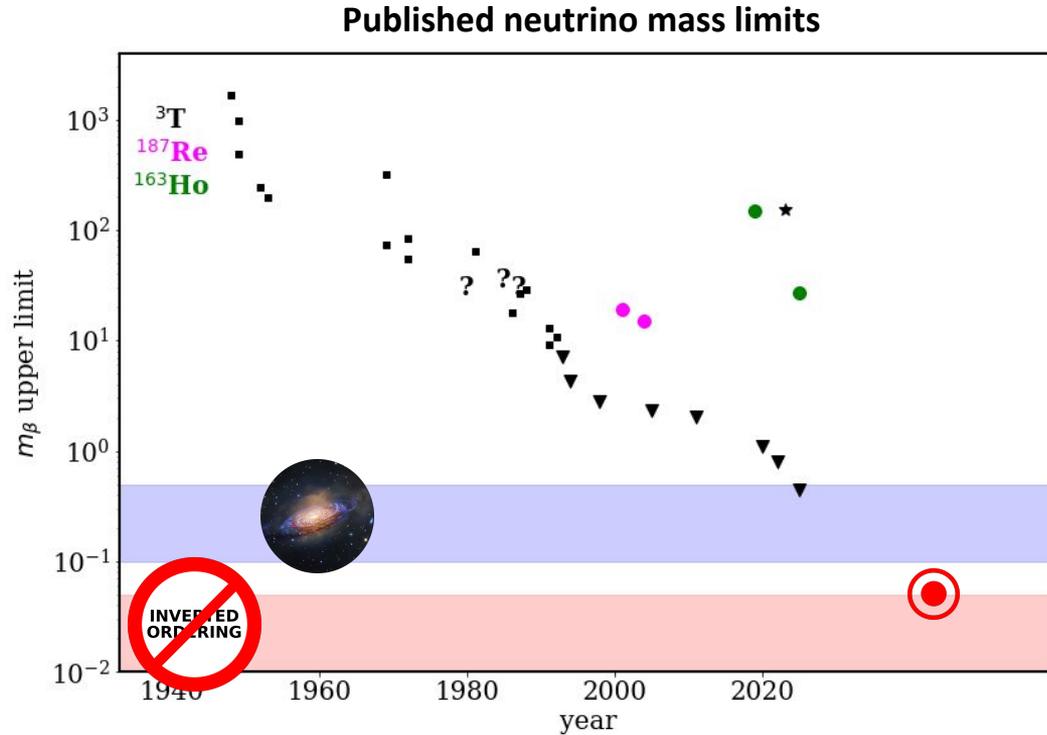
# Dove siamo ora

- ▽ MAC-E
- Calorimetry
- ☆ CRES



# Dove siamo diretti

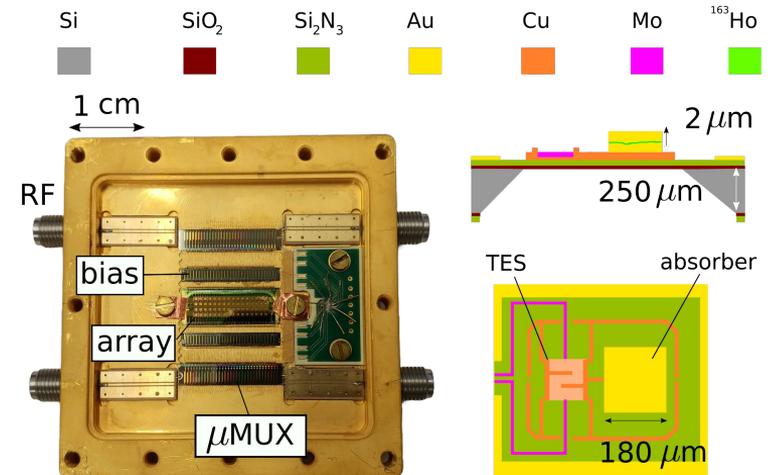
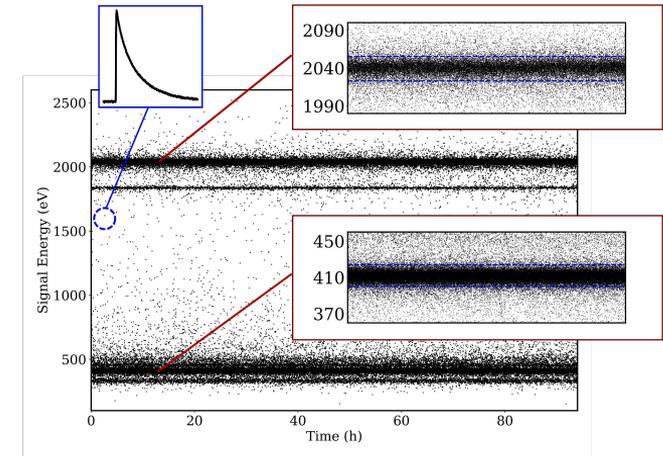
- ▽ MAC-E
- Calorimetry
- ☆ CRES



# Holmes

## Obiettivi raggiunti:

- Misure stabili e ad alta risoluzione di un array da 64 TES impiantati con  $^{163}\text{Ho}$  e letti tramite multiplexing a microonde.
- Prima misura di massa del neutrino
  - Abbiamo dimostrato che è possibile fare una misura diretta di massa del neutrino usando l' $^{163}\text{Ho}$  (anche senza conoscere la forma dello spettro)



# Holmes+

- CdR di 2 (3) anni.

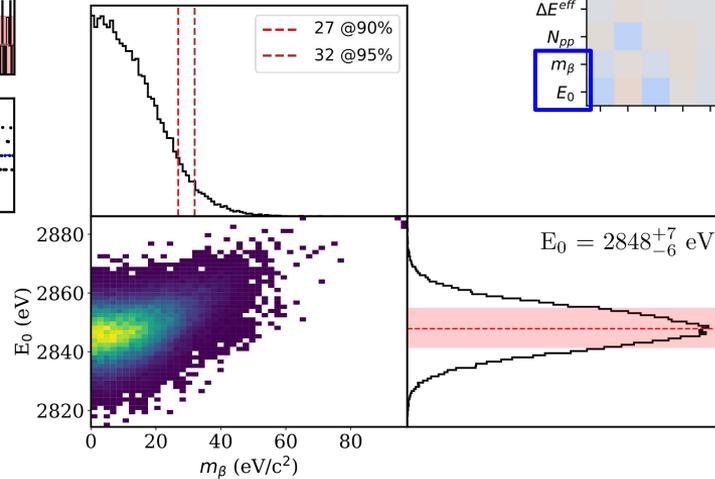
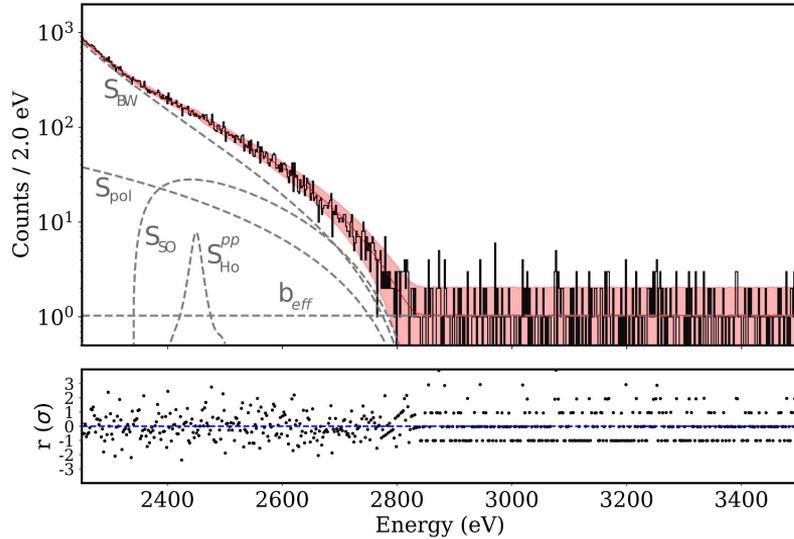
## Obiettivi da raggiungere:

- Dimostrare la possibilità di operare 256 canali (tutti i 4 GHz di banda) con un'attività  $O(1)$  Bq con la corrente tecnologia di readout ma con nuova elettronica a caldo più performante.
- Produrre e misurare un numero piccolo (9-16) di nuovi rivelatori che andranno a costruire il modulo finale dell'esperimento:
  - $T_c \sim 40$  mK
  - $A \sim 10$  Bq
  - Nuovo schema di readout con KICS
- Aumentare l'efficienza di impiantazione (FEBIAD / RILIS)
- Allargare la collaborazione.

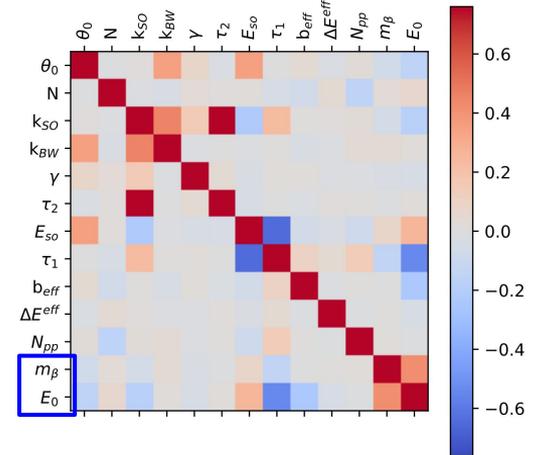
# Attività 2025 @MiB

- Riparazione criostato (PT) in corso...
- Portate avanti attività di analisi che hanno portato alla stesura di 4 articoli:
  - ❑ *Most stringent bound on electron neutrino mass obtained with a scalable low temperature microcalorimeter array*, submitted to **PRL**
  - ❑ *Impact of embedded  $^{163}\text{Ho}$  on the performance of the transition edge sensor microcalorimeters of the HOLMES experiment*, submitted to **EPJC**
  - ❑ *Phenomenological Modeling of the  $^{163}\text{Ho}$  Calorimetric Electron Capture Spectrum from the HOLMES Experiment*, publication to be sent to **JHEP**
  - ❑ *Expected sensitivity for a calorimetric  $^{163}\text{Ho}$  experiment*, work in progress

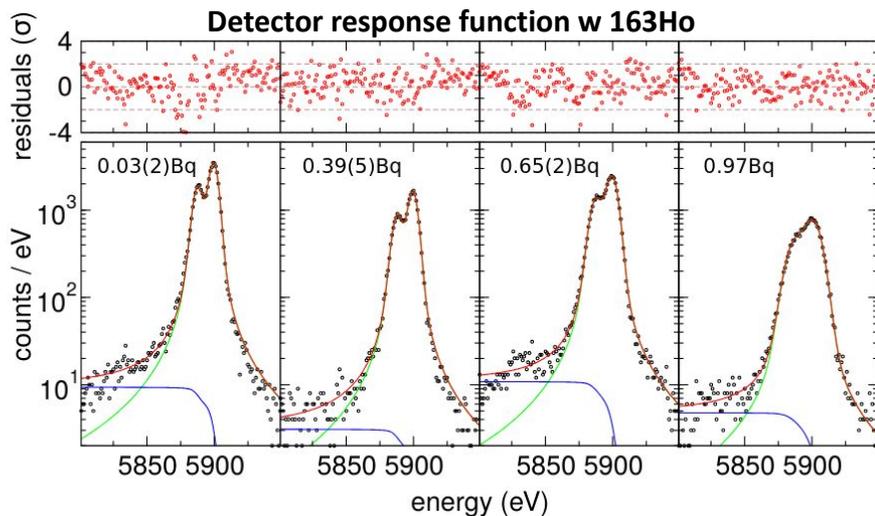
# Misura massa del neutrino



Pearson correlation coefficient

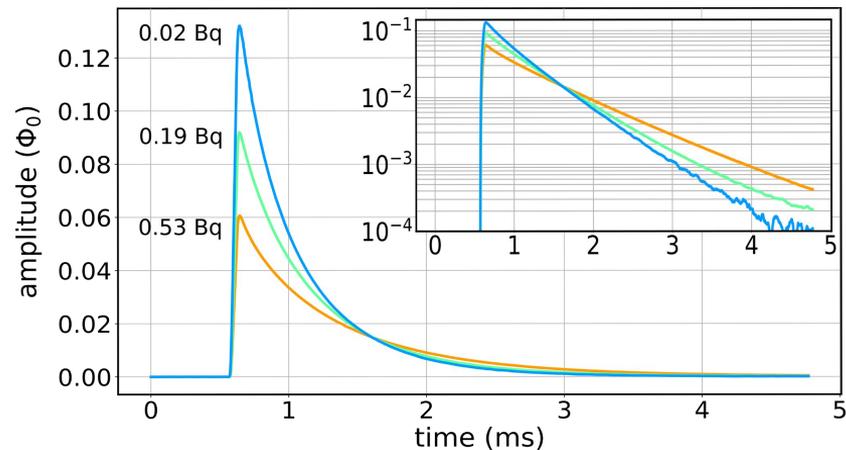


# Impatto Ho impiantato

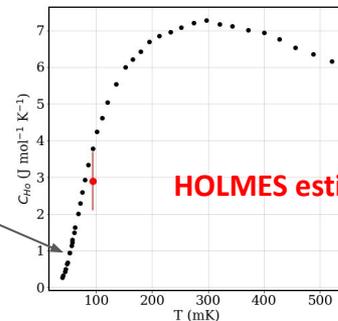


Krusius, M., Et al "Calorimetric investigation of hyperfine interactions in metallic Ho and Tb." *Physical Review* 177.2 (1969)

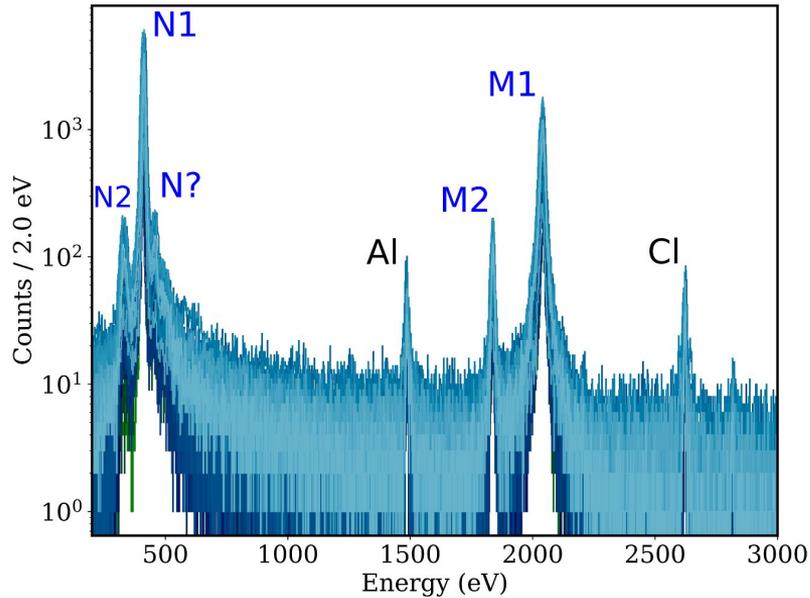
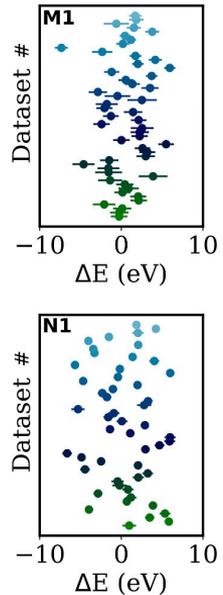
**TES response @ different activity**



**Ho heat capacity**

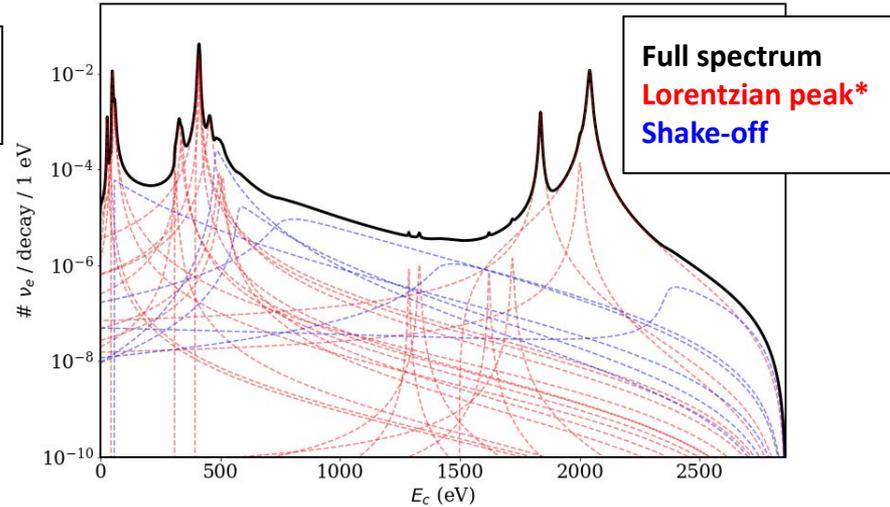
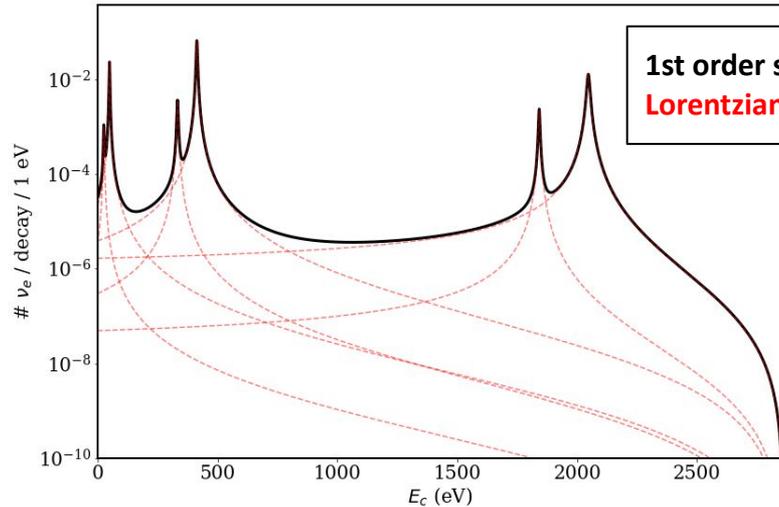


# Caratterizzazione spettro $^{163}\text{Ho}$



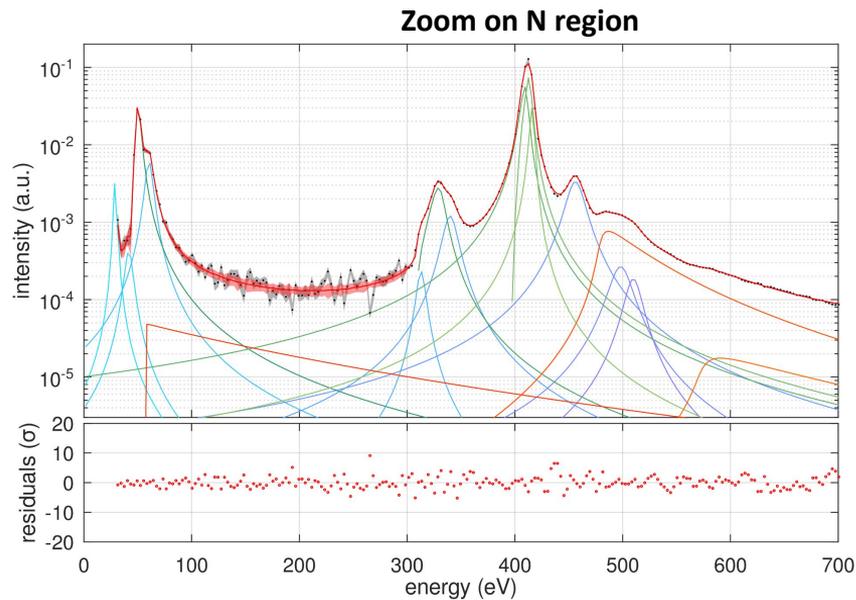
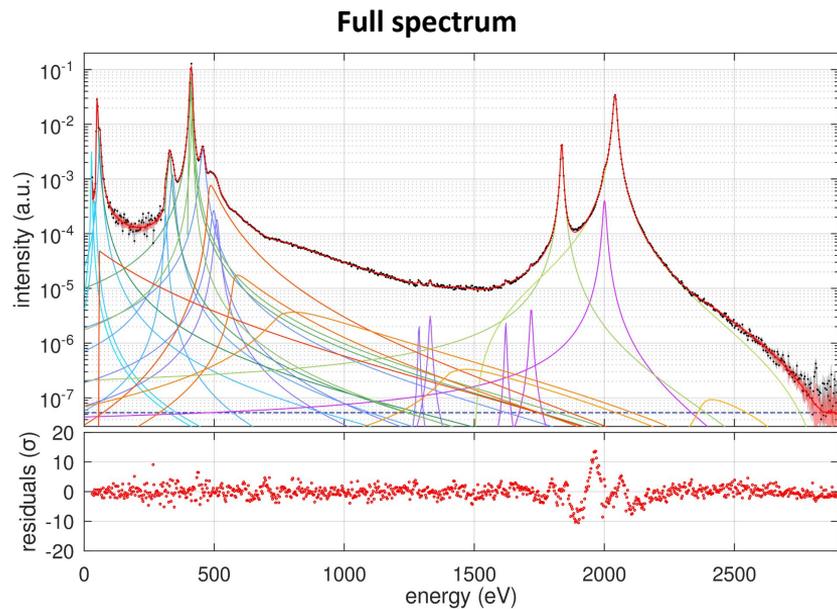
Peak	Position $E_0$ [eV]
M1	$2040.8 \pm 0.3$
M2	$1836.4 \pm 0.8$
N?	$454.5 \pm 0.1$
N1	$411.72 \pm 0.1$
N2	$329.0 \pm 0.1$
O?	$61.0 \pm 0.8$
O1	$50.9 \pm 0.8$

# Caratterizzazione spettro $^{163}\text{Ho}$



$E_c$  = nuclear recoil + inner bremsstrahlung + X rays + auger electrons

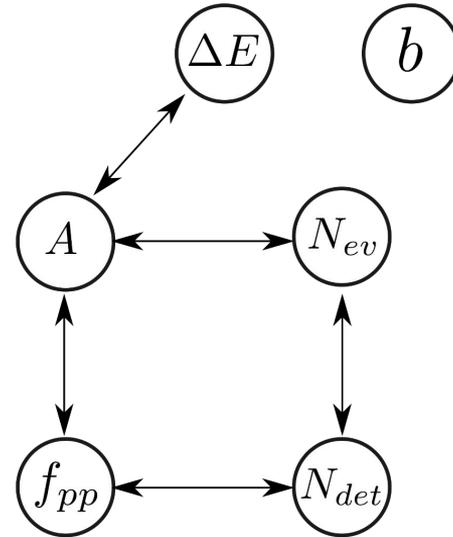
# Caratterizzazione spettro $^{163}\text{Ho}$



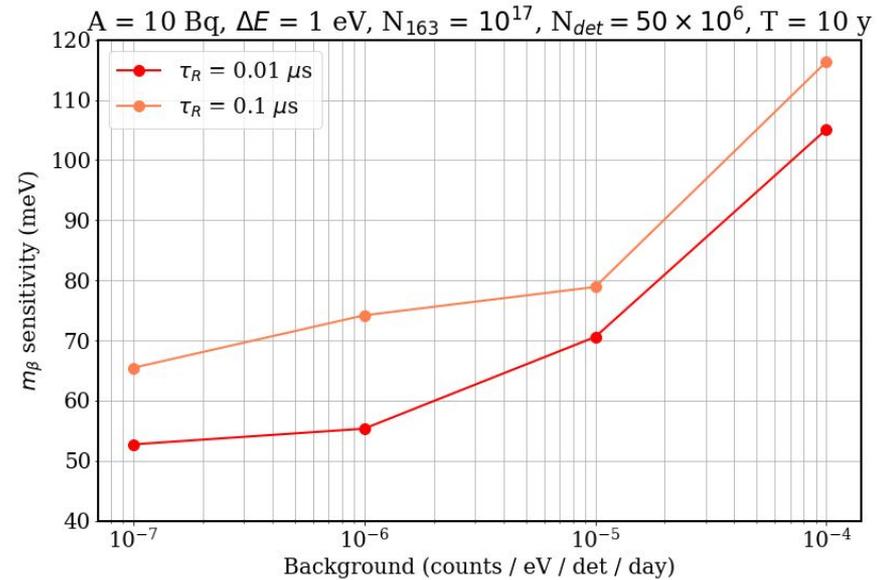
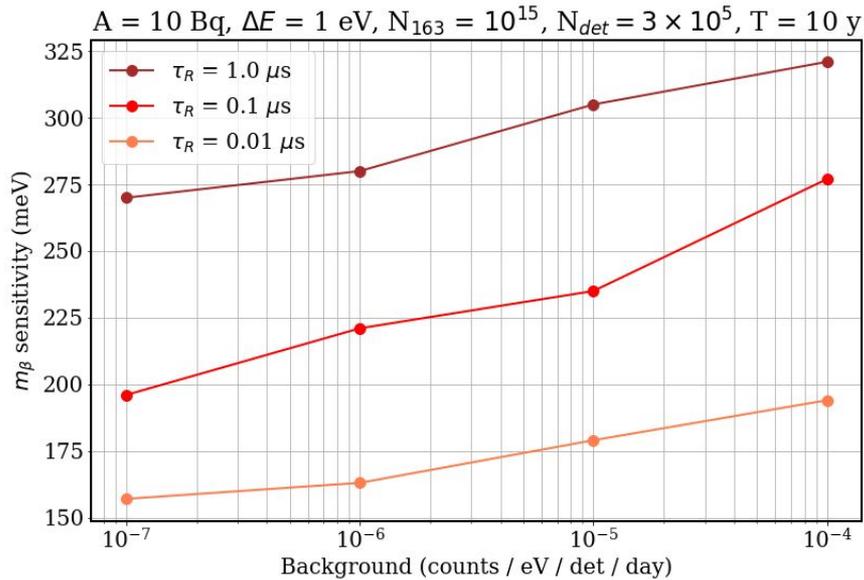
# Prime stime di sensibilità

$$\Sigma_{m_\beta} \propto \Sigma_{m_\beta} (N_{ev}, \Delta E, f_{pp}, b)$$

$\Delta E$	Energy resolution
$A$	Single pixel activity
$N_{ev}$	Number of events
$N_{det}$	Number of detectors
$f_{pp}$	Pile-up fraction
$b$	Background
$\Sigma_{m_\beta}$	Sensitivity



# Prime stime di sensibilità



- Solo statistiche
- Stiamo iniziando ad aggiungere le sistematiche

# Allargare la collaborazione

## HOLMES



## HOLMES+ inizio

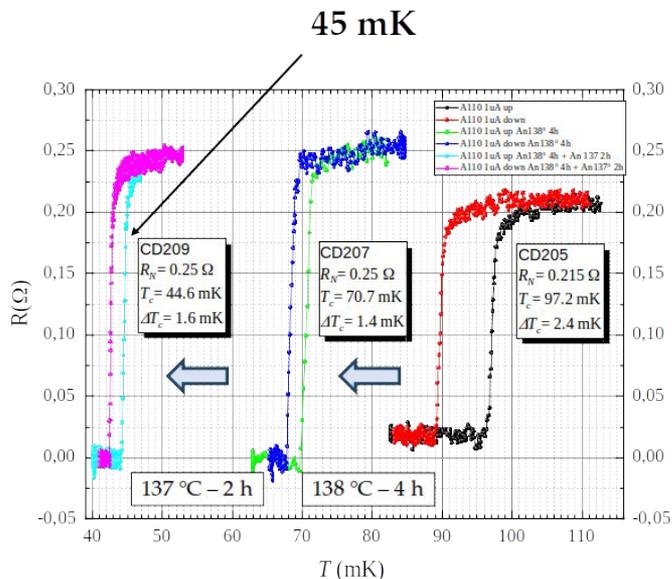


## HOLMES+ ?

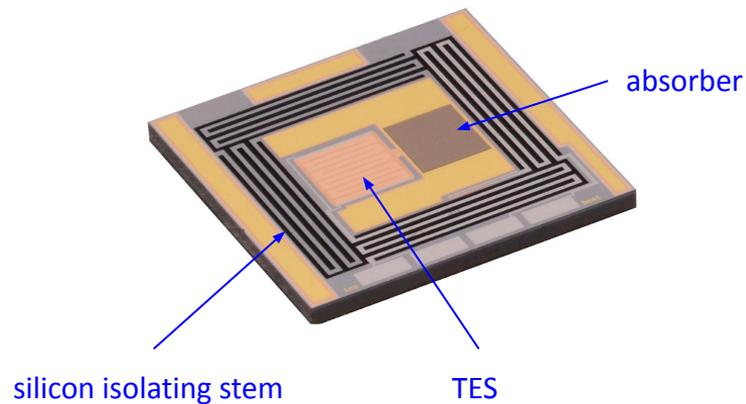


# INRiM

- Fabbricazione di rivelatori TES a temperature critiche di 40 mK (ora 100 mK)

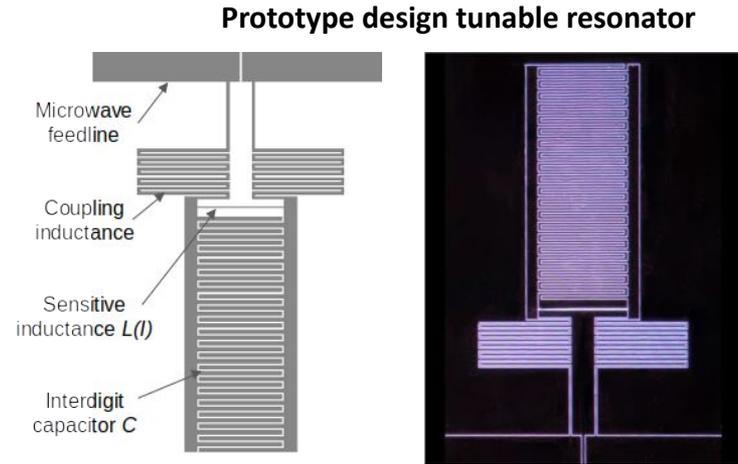
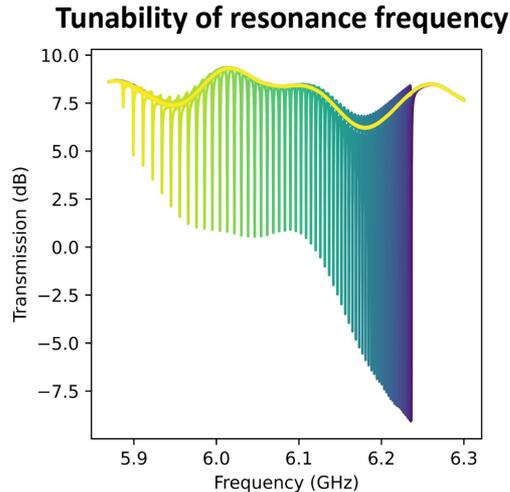


Possible TES design, courtesy of NIST

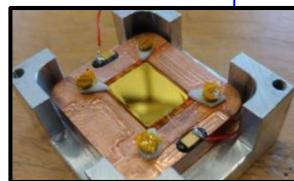
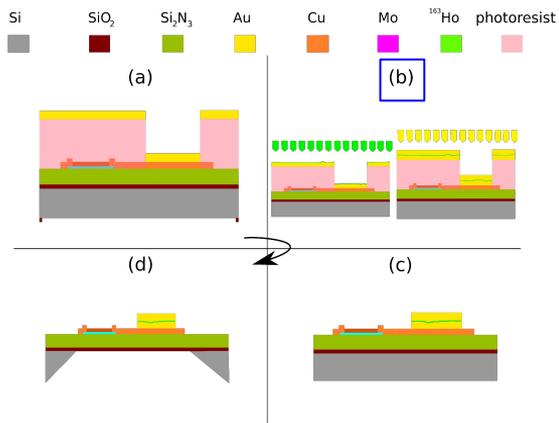


# FbK

- Verso la produzione di Kinetic Inductance Current Sensors (KICS) per TES a raggi X
- Fabbricati e caratterizzati i primi risonatori tunabili
- Next: fabbricazione KICS

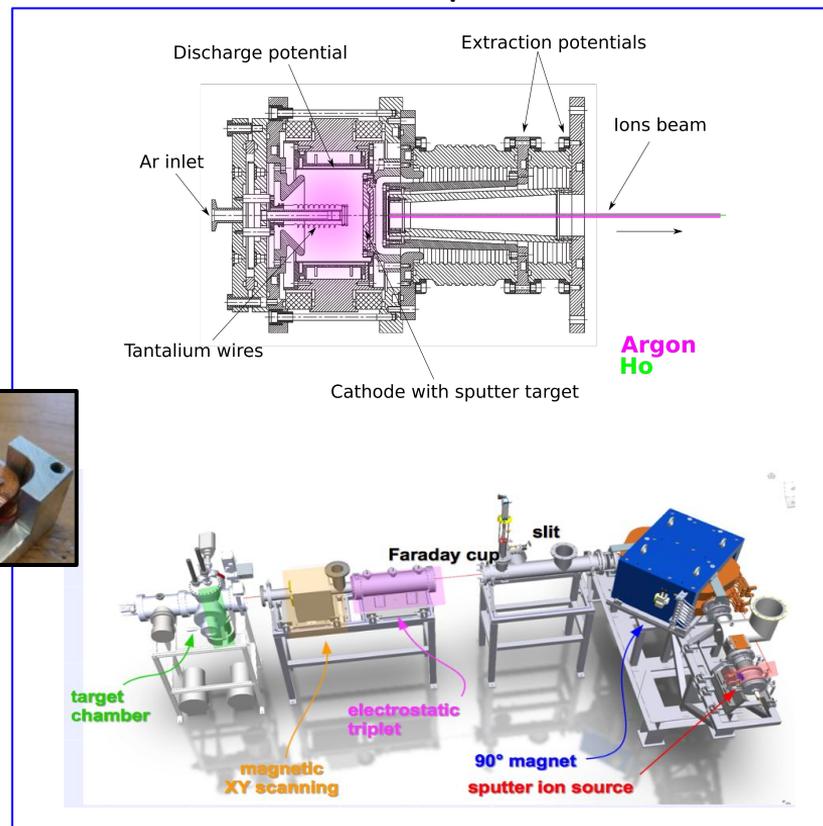


# Genova



- Impiantatore smontato e rimontato
- Allineamento fascio completato
- Primi test con fasci ionici in corso

## ion implanter



# Richieste

Capitolo	Descrizione	Richiesta (keuro)	totali
altri_cons	SISTEMA CRIOGENICO: Azoto liquido per trappola a freddo criostato	3	
consumo	DAQ: IF board per la lettura di 256 canali	14	
consumo	RIVELATORE: rame per setup criogenico	3	
consumo	RIVELATORE: materiale da bonding	3	
consumo	DAQ: circolatori criogenici 4-8 Ghz	3.5	25
missioni	MISSIONI: meeting di collaborazione	4.5	
missioni	MISSIONI: turni di misura presso laboratori in altre sezioni	1.5	
manutenzione	MANUTENZIONE: manutenzione ordinaria pompe e macchina da bonding	2	
trasporti	TRASPORTI: contributi alla sezione per trasporti	0.5	

# FTE

Sezione	Responsabile	Nome e Cognome	FTE%
MIB	Matteo Borghesi	Marco Faverzani	60
		Elena Ferri	20
		Andrea Giachero	30
		Angelo Nucciotti	60
		Matteo Borghesi	70
		Danilo Labranca	40
		Sara Gamba	100
		Roberto Moretti	20
		Pietro Campana	20
		Rodolfo Carobene	20
		Marco Gobbo	20
Hervè Corti	40		

FTE medi 41.7%