



F. Gatti - CdS - 6 jun 2015

outline

- Ho-163 production and purification
- Metal Target, Separation and Implantation
- Detector Development
- Cryogenic set-up
- Microwave Multiplexing

Ho-163 Production

<u>Stato</u>

- Prima del progetto sono stati fatti 2 produzioni presso il reattore del CFNUL Lisbona e Presso ILL.
- Si era mostrata la produzione dell'Ho-163 tramite ICPMS ma con elevati fondi di isotopi a media e lunga vita.
- Instaurata una collaborazione con PSI per la purificazione (pre) e post-attivazione (Gruppo del Dr. Maria D. Shumann) esperti in estrazione di isotopi da fuel di reattori.
- Collaborazione con ILL (Dr. Ulli Koster) per l'attivazione neutroni
- Il primo campione, prodotto con pre e post purificazione al PSI risalente ad un irraggiamento a ILL iniziato prima del progetto e' in delivery (attività residua di Ho-166m: 6.3KBq, attesi 10MBq di Ho-163(?))
- Il secondo campione e' stato stato purificato al PSI, ora a ILL.
- Le abbondanze isotopiche e le impurezze sono monitorate grazie al gruppo di chimica del LNGS con misure ICPMS e assorbimento atomico.

Prossime attività

- Studio dei dati per definire la sezione d'urto di produzione e di burning del Ho-163
- Aumentare l'abbondanza isotopica del Er-162 dal 30% al 40-50% del prodotto primario.
- Verifica sperimentale su un set di prototipi di rivelatori.

Metal target di Ho

- Er-162 viene acquistato come ossido e trattato come tale o come cloruro
- E' necessario passare alla forma metallica per non avere nel rivelatore composti chimici differenti che possono fare produrre differenti valor di Q da shift chimico.
- Realizzato un processo di riduzione a metallo e distillazione



Holmium surface oxidation in oxigen partial pressure of 10*(-9)Torr

Chemical analysis

Distillation must be done in high vacuum system otherwise the holmium vapor oxidize before condensing to the target. In order to measure the oxidation rate of a fresh holmium metal film we have monitored the growth of the oxide on metal surface in XPS UHV system.



Data Analysis

Reference spectra of: -pure bulk yttrium metal -pure bulk holmium metal -pure powder holmium oxide

XPS Analysis of a holmium film produced with the reduction-distillation method. The spectrum is fitted with superimposition of the 3 reference spectra y=ax1+bx2+cx3, where x1 is Ho metal bulk, x2 is Y metal bulk and x3 is Ho2O3.

165

Linear superposition

Reduction-Distillation

170

175

Binding Energy (eV)



Metal target di Ho

- Le produzioni attuali mostrano un buona efficienza di produzione di Ho-metallo che sta tra il 40 e l'80% (misure XPS a Genova dei campioni prodotti)
- Necessari ulteriori miglioramenti per stabilizzare lo yield a > 80%
- Reintegrata camera HV con forno alta temperatura (ci stiamo adoperando per lo spazio Lab per l'installazione)





Layout impiantatore (provvisorio)



Layout impiantatore (provvisorio)



- Necessaria separazione elevata per masse 163+-2
- masse a 1 AMU isotopi stabili o bassissima vita
- Lo schema studiato può esserci fornito negli elementi principali da PHYSICON e DANFISIK
- 2 settimane fa abbiamo ricevuto la prima proposta completa di ogni parte da DANFISIK
- Siamo pronti a partire con la gara di acquisto
- Il sistema e' upgradubile

Layout impiantatore (provvisorio)



Holmes CdS 2016 - F.Gatti



Detector Fabrication

- Cross-fabrication NIST-Boulder Genova
- Ricevuti primi rivelatori dummy per testare i processi su due laboratori
- Questo perche' l'impiantazione e' una attività specifica e dedicata al progetto e il rivelatore può essere sottoposto all'impiantazione solo prima di terminare la costruzione dell'assorbitore, e della sospensione meccanica
- Di seguito la sequenza semplificata del processo discussa con NIST e in corso di verifica.







completed Mo/Cu TES on Si/SiO₂/SiN



NIST-BOULDER/Genova





evaporate first bismuth layer (2-4 µm)

NIST-BOULDER





evaporate first gold layer (0.1-0.2 µm), do not finish liftoff, ship

process flow

Genova





process flow

Genova





cap Ho with thin Au (0.1-0.2 μ m)

Genova





liftoff Au:Ho:Au layer

process flow

Genova





second Bi absorber layer (2-4 µm) Bi fully encapsulates Au:Ho



process flow

Genova





second Bi absorber layer (2-4 μm) Bi fully encapsulates Au:Ho

HOLMES Array (prototype)



Cryostat @ MiB

Milano B.

Specifiche garantite

- Temperatura di base 10 mK
- Potenza di raffreddamento a 100 mK \rightarrow 200 μW
 - [in assenza di nostro cablaggio]
- Raffreddamento anche in presenza schermo cryoperm ancorato piatto Still

Sistema costituito da:

- 1. Criostato con PT415
- 2. Rack contenente il gas handling e il controllo remoto (valvole pneumatiche)
- 3. Rack delle pompe
 - pompe di circolazione: Adixine forepump e turbo
 - compressore
- 4. Compressore del PT [CP100]
- 5. Dewar con trappola ad azoto



Cryostat @ MiB



Cryostat @ MiB First commissioning

- Base temperature $\sim 10 \text{ mK}$
 - \rightarrow 6.6 mK con compressore spento
 - \rightarrow 6.56 mK con compressore acceso
- 20 mK Cooling power
 - \rightarrow 5 μ W @ 15.68 mK
- 60 mK Cooling power
 - \rightarrow 84.6 μ W @ 56.46 mK
- 200 mW Cooling power
 - → 85.86 mK
- 120 mK Cooling power
 - → 300 µW @ 101.6 mK

Microwave Multiplexing

- Necessarie elevata molteplicità di lettura in FDM e larga banda per canale
- Questo necessita di muoversi su un approccio FDM mai realizzato finora in cui RF SQUID operano al GHz



Microwave Multiplexing Milano B.



- ROACH2 rev. 2: Virtex-6 SX475T FPGA, PowerPC 440EPx;
- MIKID ADC/DAC:
 - Two channels of A/D conversion, 550MSPS, 12-bits;
 - Two channels of D/A conversion, 1000MSPS, 16-bits;
- MUSIC IF: Intermediate frequency board, it provides:
 - Local oscillator generation (LO);
 - Clock generation;
 - Quadrature frequency upmixing (500 MHz → 5 GHz) and downmixing (5 GHz → 500 MHz);
 - Settable attenuation in the 2 to 6 GHz range;

External instruments:

- Rb clock generation;
- Flux ramp Source;
- Microwave Synthesizer (optional)

S. McHugh, et al., Rev. Sci. Instrum. 83, 044702 (2012)

Microwave Multiplexing





ARCON Setup based on ROACH1

Microwave Multiplexing

ROACH2 Board



Milano B.

DAC/ADC Board



IF Board (inside a custom box)

Simple firmware developed (led blinking)



	ര	Name	Duration	Start	Perce Predecessors	Half 2, 2014 Half 1, 2015 Half 2, 2015 Half 1, 2016 Half 2, 2016 Half 1, 2017 Half 2, 2017 Half 1, 2018 Half 2, 2018 H
5.4				6/0/14.0		F M A M J J A S O N D J F M A M J J A S O N D J F M A M J J A S O N D J F M A M J J A S O N D J F M A M J J A S O N D J
5.5	= • •	Test and ontimization runs	100 days	7/21/14 0	75% 53	
55	<u>_</u>	Moosuremente completed	100 days	10/0/14		
50			0 days	12/9/14	0% 47;105	
57			302 days	2/3/14 8:	54%	
58	~	CF retrigerator Procurement	212 days	2/3/14 8:	. 100%	
59	~	Selection Procedure	40 days	2/3/14 8:	100%	
60	✓	Contract signing	25 days	3/31/14	100% 59	
61	>	Construction	51 days	7/21/14	100% 60	
62	• •	Lab works	20 days	10/15/14	100% 🔲 60	
63	✓	Commissioning	10 days	11/12/14	100% a 61FS+6 weeks;62	
64		Cryogenic Set-up	80 days	10/15/14	15%	
65	2	Design & procurement	40 days	10/15/14	30% 🔲 60SS	
66		Production & installation	40 days	12/10/14	0% 🔲 63SS;65	
67		Test TES Read-out	25 days	12/10/14.	0 %	
68	2	Procurement: move from KX400	5 days	12/10/14	0% 🔲 56;61SS	
59		Installation	20 days	12/17/14	0% 🔲 63SS;68	
0	5	System optimization	40 days	2/4/15 8:	0% 🔲 66;69	
71		Ready for measurement	0 days	3/31/15	0% 🔲 64;70	
7 2		Set-up upgrade for prototype measurement	60 days	3/22/16	0% 🔲 124	
73		Set-up upgrade for HOLMES measurement	60 days	11/1/16	0% 🔲 129	
75		Single Pixel optimizazion	436 davs	2/3/14 8:	. 19% 🖌	
76	7	Si-impl + Sn	60 davs	8/11/14	0% 45	
7		2-step fabrication without embedding	330,125	2/3/14 8.	30%	
78	<u> </u>	design process Ge+NIST	60 dave	2/3/14 8	100%	
79	- 	PDB: fabrication process	0 days	5/30/14	75% 78	
		NIST tests to match space	20 days	10/12/14	35% 70.140CC.1 month	
			20 days	11/04/11	35% /9;14055+1 month	
01		EDD1: basis TES size! design for testing	20 days	11/24/14		
			U days	11///14	0% 80	
\$3		mecnanical tests w/o implantation	70.125	11/10/14	0%	
84			20 days	11/10/14	0% 82	
35	2	rab set-up @Ge	20 days	12/22/14	0% 81;84SS	
36	_	device completion @Ge	20 days	1/19/15	0% 84;85	
37	<u>"</u>	full prototype device	40 days	2/16/15	0 %	
88		design adjustment	10 days	2/16/15	0% 83;86	
B 9		device production @NIST	10 days	3/2/15 9:	0% 88	
90		device completion @Ge	20 days	3/16/15	0% 89	
91		cryogenic tests @MiB	20 days	4/13/15	0% 46;56;87;90	
92	2	Ho163 embedding test	80 days	6/16/15	0 % 🖌	
93		mechanical tests with implantation	10 days	6/16/15	0 %	
94		implantation @Ge (mechanical tests)	5 days	6/16/15	0% 🔲 41SS;83;86	
95		complete fabrication @Ge	5 days	6/23/15	0% 94	
6	2	design adjustment	5 days	6/30/15	0% 🔲 77;91;93;95	
7		Production @NIST	10 days	7/7/15 8:	0% 🔲 96	
8		Implantation @Ge	10 days	8/11/15	0% 🖌 41;97	
9		Complete fabrication @Ge	10 days	8/25/15	0% 🖌 98	
00		Cyogenic tests @MiB	20 days	9/8/15 8:	0% 🗹 57;99	
-+						
0 2		TES Multiplexing	773 da	2/3/14 8:	21%	
03	8	CDM MUX R&D (2.5us)	360 davs	2/3/14 9:	0% 🖌	
04	0	CDM MUX ready (5us)	0 dave	2/3/14 8	0% 🖌	
0.5		Basic 2 ch MW DAQ	40 days	10/15/14	50%	
00		BUSIC Z CII MIN DAQ	∣ +u uays	10/15/14	50 /0 0	

	0	Name	Duration	Start	Perce	Predecessors	Half 2, 2014 Half 1, 2015 Half 2, 2015 Half 1, 2016 Half 2, 2016 Half 1, 2017 Half 2, 2017 Half 1, 2018 Half 2, 2018 Half 1, 2018 Half 2, 2018 Half				
107	8	IQ DAQ SW for NI modules	40 days	10/15/14	50%						
108	8	IQ conversion SW	40 days	10/15/14	50%						
109	0	Flux ramp demodulation SW	40 days	10/15/14	50%						
110		MW MUX R&D	353 da	2/3/14 8:	53%						
111	>	ROACH2 procurement & set-up #0	173 days?	2/3/14 8:	100%						
112	-	firmware development	180 days	10/2/14	8%	111					
113		CDR: read-out scheme selection	0 davs	6/10/15	0%	104:110	6/10				
114		MUX optimization	120 days	6/11/15	0%	113					
115		4x4 MUX prototype	60 days	11/26/15	0%	114					
116		Full MUX production	240 days	2/18/16	0%	115					
		-									
118		TES array	290 davs	10/6/15	0 %						
119		Design	40 days	10/6/15	0%	75					
120		PDR arrav design	0 days	11/30/15	0%	119	↓ ↓ 11/30				
121		Mechanical tests	60 days	12/1/15	0%	120					
122			180 days	2/23/16	0%						
123		Design adjustment	20 days	2/23/16	0%	121					
124		CDB: array design	0 days	3/21/16	0%	123	3/21				
124		Production	40 days	3/22/16	0%	124					
125		Ho163 embedding	20 days	5/22/10	0 %	125					
120		Array installation	20 days	5/1//10	0%	72:126					
127		Pre-on	20 days	7/10/16	0 %	115:107					
120		Prototype array measurement	40 days	0/6/16 0	0 %	100					
129			40 days	9/6/16 8:	0%	128					
130		Dreduction	130 days	5/17/16	0%	105					
131		Production	40 days	5/1//16	0%	125					
132		Ho163 embedding	20 days	10/18/16	0%	22;131					
		Nevela - mere merende									
134			527 days	1/24/17	0%						
135			40 days	1/24/17	0%	73;132					
136	F3378	Pre-op	120 days	3/21/17	0%	135;116					
137		HOLMES data taking	360 days	9/14/17	0%	136					
		A	070.1								
139			278 days	5/1/14 8:	42%						
140	H 💋		240 days	5/1/14 8:	52%						
141			258 days	5/29/14	35%						
142	1997		218 days	5/29/14	54%						
143	P 🖌		118 days	5/29/14	100%						
144		COF Benchmarking	20 days	11/11/14	0%	143					
145		pup recognition algorithm test	80 days	12/9/14	0%	144					
146		Matiab vs. Python selection	120 days	12/9/14	0%	144	5/25				
147			0 days	5/25/15	0%	146					
148		Real time data processing	0 days	5/1/14 8:	0 %						
149		PDR: software requirements	0 days	5/1/14 8:	0%						
150		Physics data analysis	0 days	5/1/14 8:	0 %	_					
151		PDR: software requirements	0 days	5/1/14 8:	0%		◆ 5/1				
153		Critical Milestones	1,303 d	2/3/14 8:	0 %						
154	2 😣	18M first milestone	0 days	10/5/15	0%	92					
155	8	Measurements for LTD-16 milestone	0 days	10/5/15	0%	92	↓ 10/5				
156	8	4x4 prototype measurement start	0 days	9/6/16 8:	0%	129SS					
157	8	32x32 array measurement start	0 days	9/14/17	0%	137SS	↓ ↓ ↓ ↓				
158	0	HOLMES finishes milestone	0 days	1/31/19	0%	157FS+12 months	→ 1 				
L											

Conclusione

- Nel primo anno di HOLMES sono stati definiti i processi produttivi di isotopo,target Ho(m) e rivelatore, messe in atto le collaborazioni privilegiate con ILL, PSI, NIST, per irraggiamento, purificazione e rivelatore/elettronica
- Acquisti apparati per il processamento chimico dell'ossido di Ho, pr la produzione dei rivelatori, per la criogenia e l'elettronica.
- Definito il progetto del separatore/impiantatore, acquisto in corso.
- Il programma e' slittato per la complessità tecnica/burocratica, ma e' necessario avere disponibili gli spazi per realizzare i rivelatori con Ho-163 impiantato a settembre.

Anagrafica

Anagrafica LSPE

	Holmes	Holmes2
Gatti F	10	
De Gerone M		20
Biasotti M		20
Corsini D		20
Pizzigoni		20
Orlando A	100	
Ceriale V	100	
totali FTE	2.1	0.8

Impegni servizi

EXP	JANUARY	FEBRUARY	MARCH	APRIL	MAY	JUNE	JULY	SEPTEMBER	OCTOBER	NOVEMBER	DECEMBER
HOLMES	Disegno. Mec.: Vacuum & Microcalori			, test support	+ integration	5 mu (Contratto HOLMES al disegno)					
	Off.Mec. Vacu	um & Bolome	ter test support	+ integration	@ LNF	3 mu					