



Sviluppi di ricevitori e componentistica in banda 3 mm ad INAF-OA Cagliari

*A. Ladu, P. Ortu, A. Saba, F. Gaudiomonte, E. Urru, T. Pisanu,
G. Valente*, P. Marongiu, A. Navarrini*

INAF – Osservatorio Astronomico di Cagliari
***ASI (Agenzia Spaziale Italiana)**



Osservatorio
Astronomico
di Cagliari

This presentation has received funding from the European Union's Horizon 2020 research and innovation programme under grant agreement No 730562 [RadioNet]

Agenda

Parte 1): Ricevitore SIS per banda 3 mm;

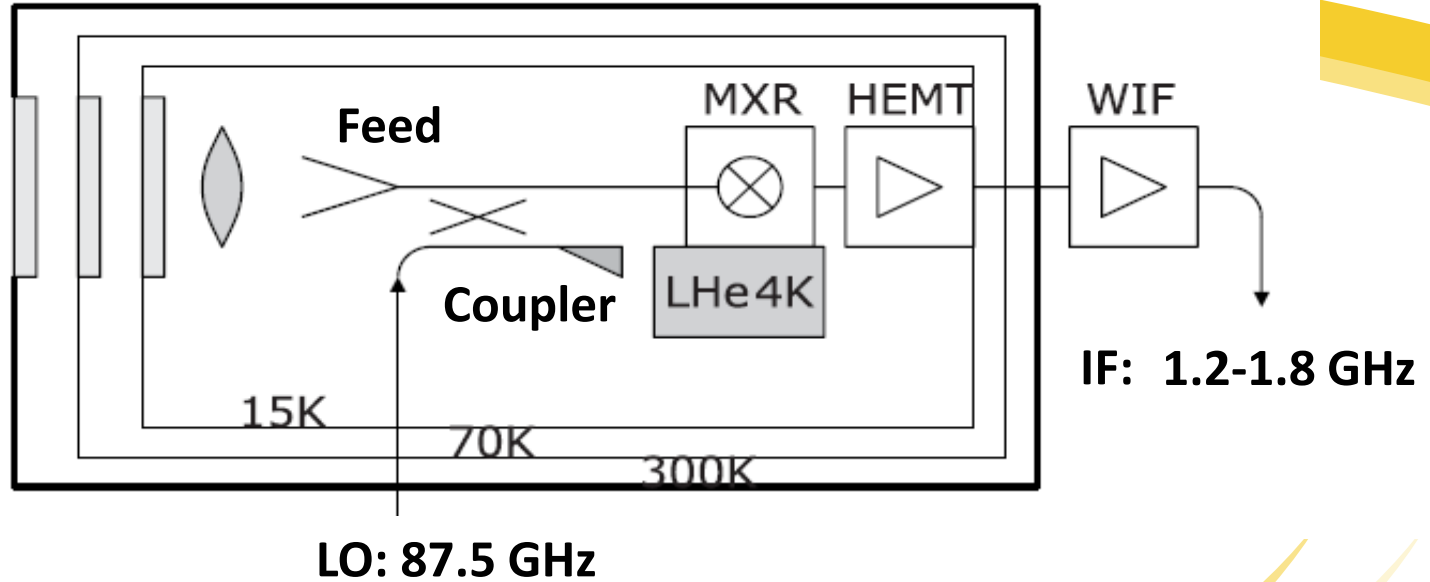
Parte 2): Progetto AETHRA (H2020);

Ricevitore ex-IRAM-PdBI, originariamente con:

- Doppio-canale: 1.3 & 3 mm (210-248 GHz & 84-116 GHz);
- Singola polarizzazione;
- Banda istantanea IF ≈ 600 MHz (≈ 1.2 – 1.8 GHz);
- Mixer SSB (Single Side Band) SIS (Superconductor-Insulator-Superconductor) raffreddato a ≈ 4 K;
- Criostato Infrared Lab HDV10 con 3 stadi interni:
 - a): ≈ 70 K e ≈ 15 K, con pompa criogenica CTI350;
 - b): ≈ 4 K, con serbatoio interno riempito con elio liquido;
- Calibratori a temperatura ambiente (293 K) e a ≈ 4 K;
- 90 x 30 cm (H x D) / 50 Kg;
- Temperatura di rumore SSB $T_{rx} < 50$ K e reiezione banda immagine IR ≈ 20 dB su tutta la banda 84-116 GHz;

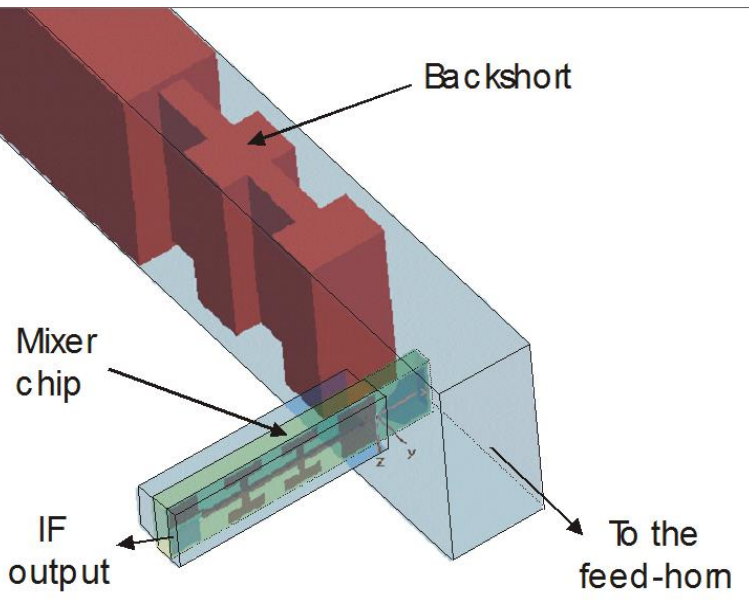
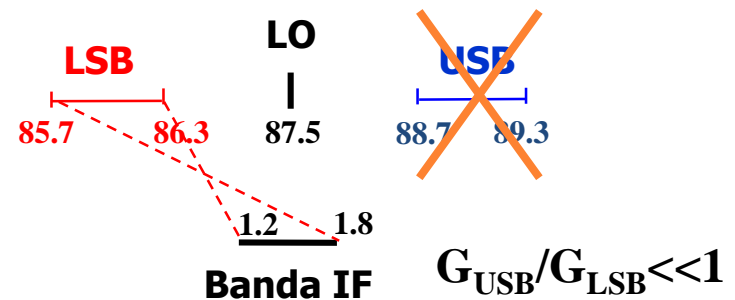
Schematico di ricevitore basato su mixer SIS

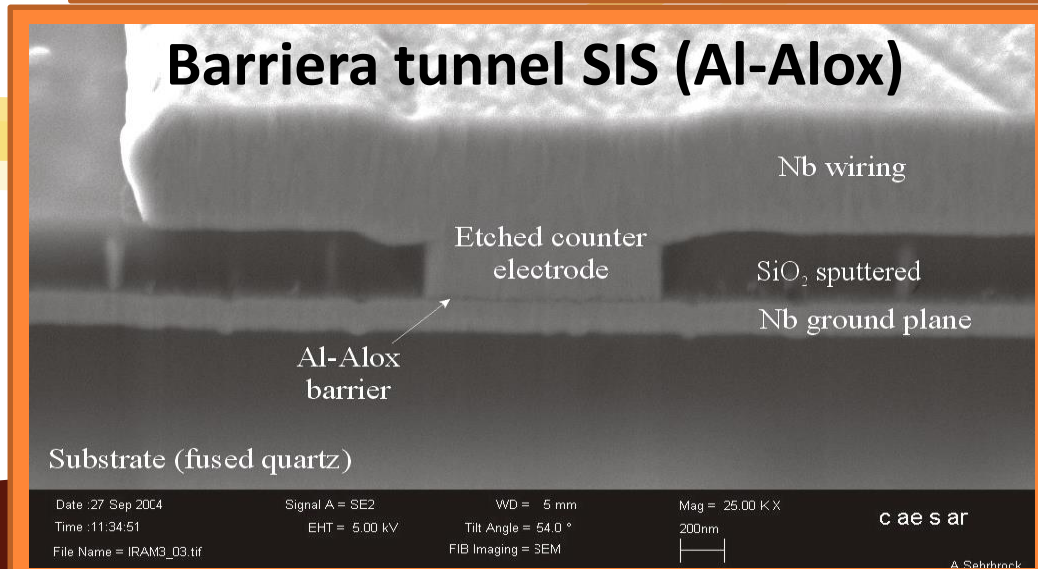
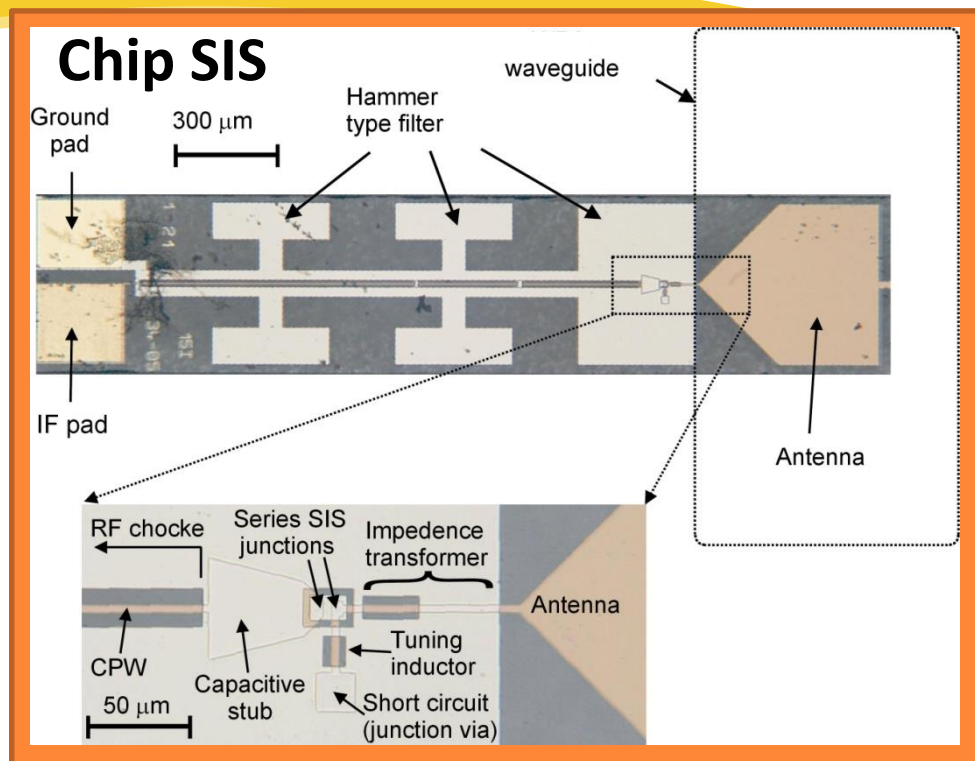
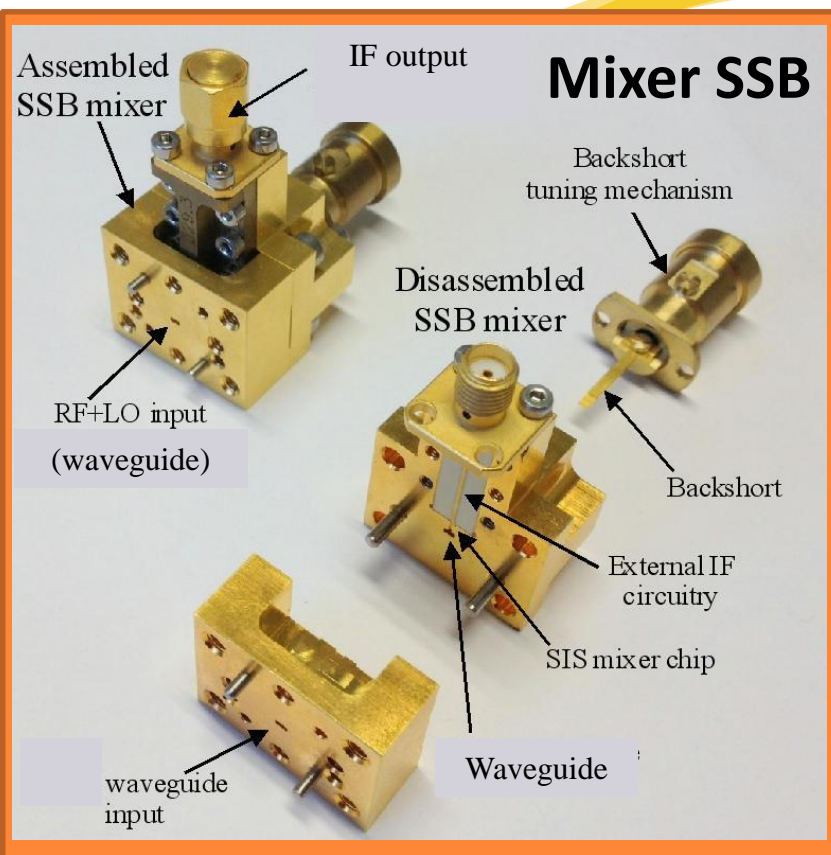
LSB:
85.7-86.3 GHz



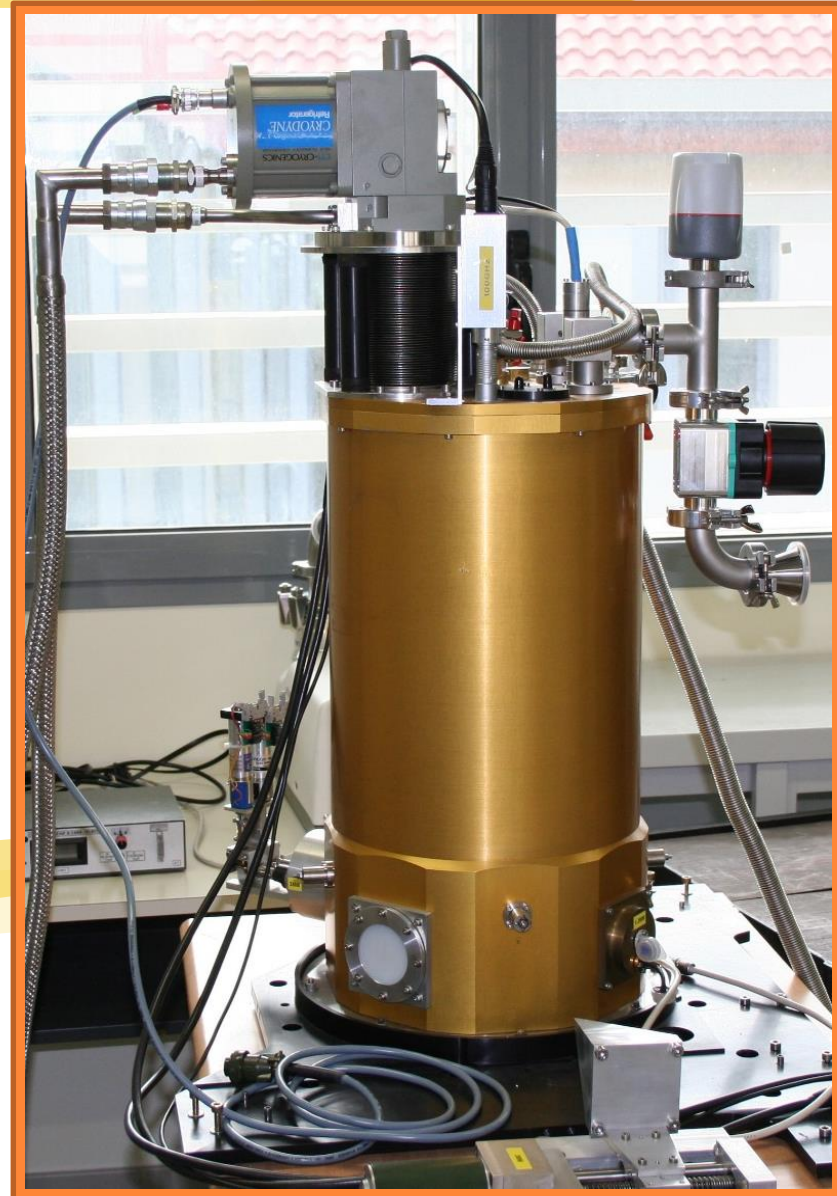
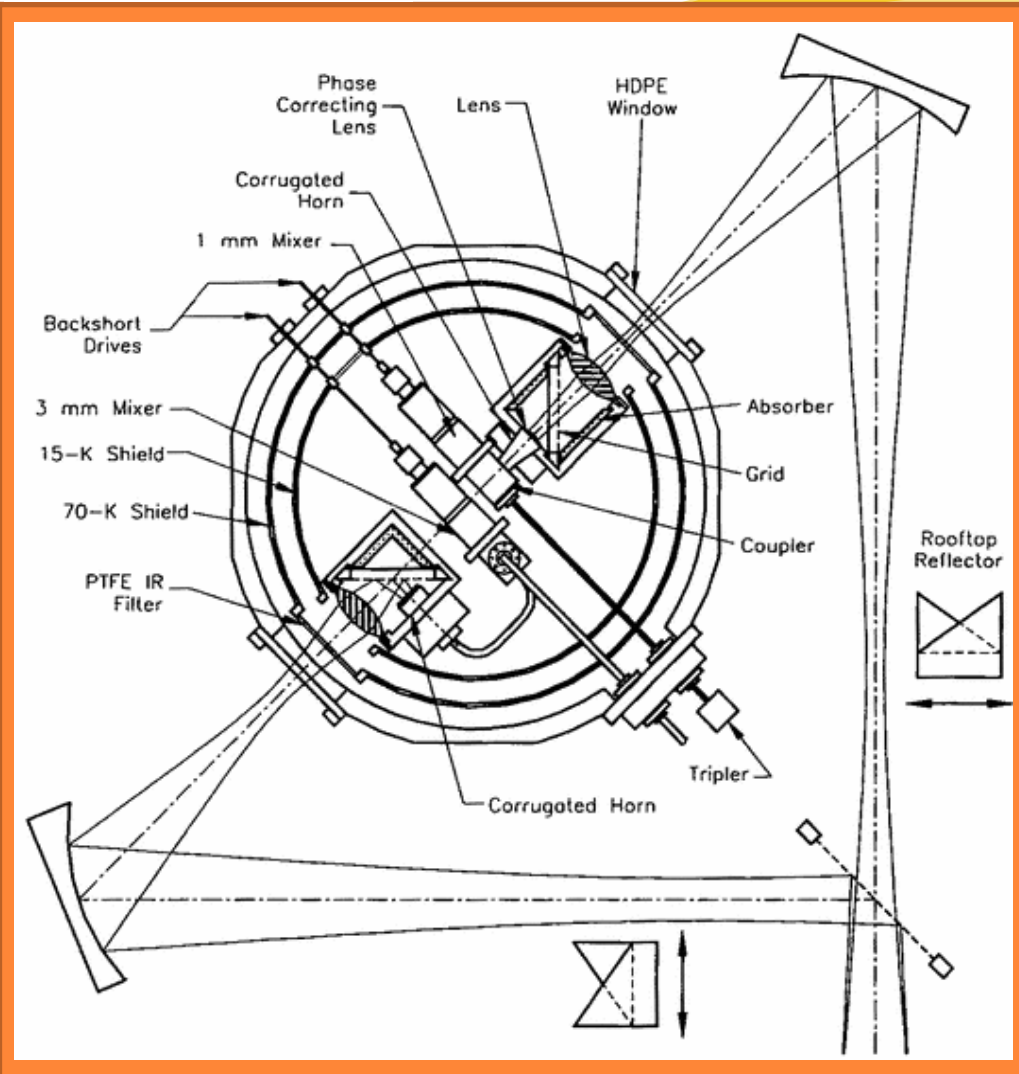
Mixer SIS SSB (con backshort in guide d'onda) per reiezione della banda immagine (USB o LSB)

Esempio di tuning LSB
(la USB è reiettata)

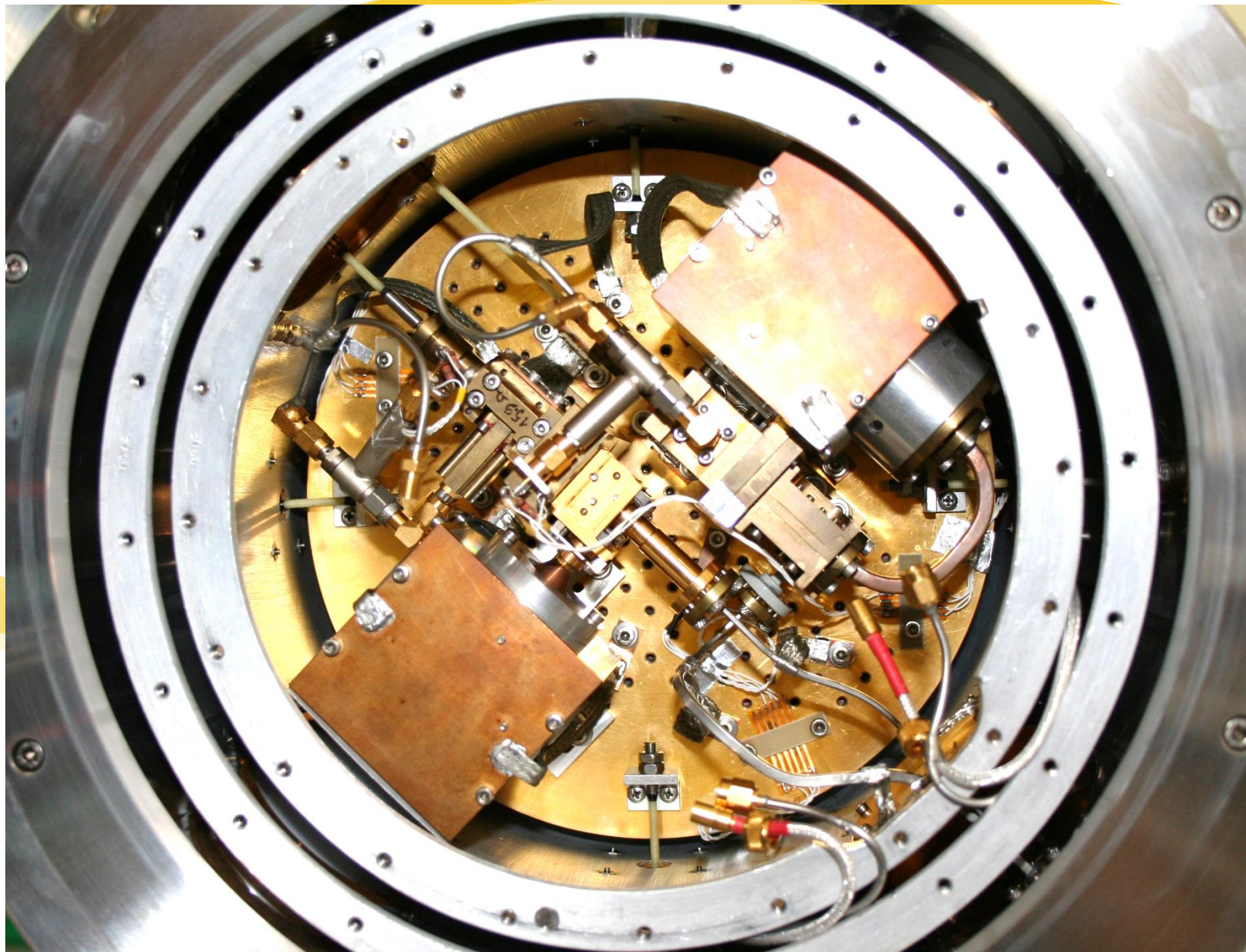




A. Navarrini, A. Fontana, D. Maier, P. Serres, D. Biillon-Pierron
 "Superconductor-Insulator-Superconductor Mixers for the 2 mm band
 (129-174 GHz)," *Journal of Infrared, Millimeter, and THz Waves*,
 Vol. 35, Issue 6-7, p. 536-562, July, 2014.



J. Blondell, M. Carter, A. Karpov, B. Lazareff, F. Mattiocco, J. Lamb "Dual-channel SIS receivers for the IRAM Plateau de Bure Interferometer," *Journal of Infrared and Millimeter Waves*, Vol. 17, n. 12, 1996.



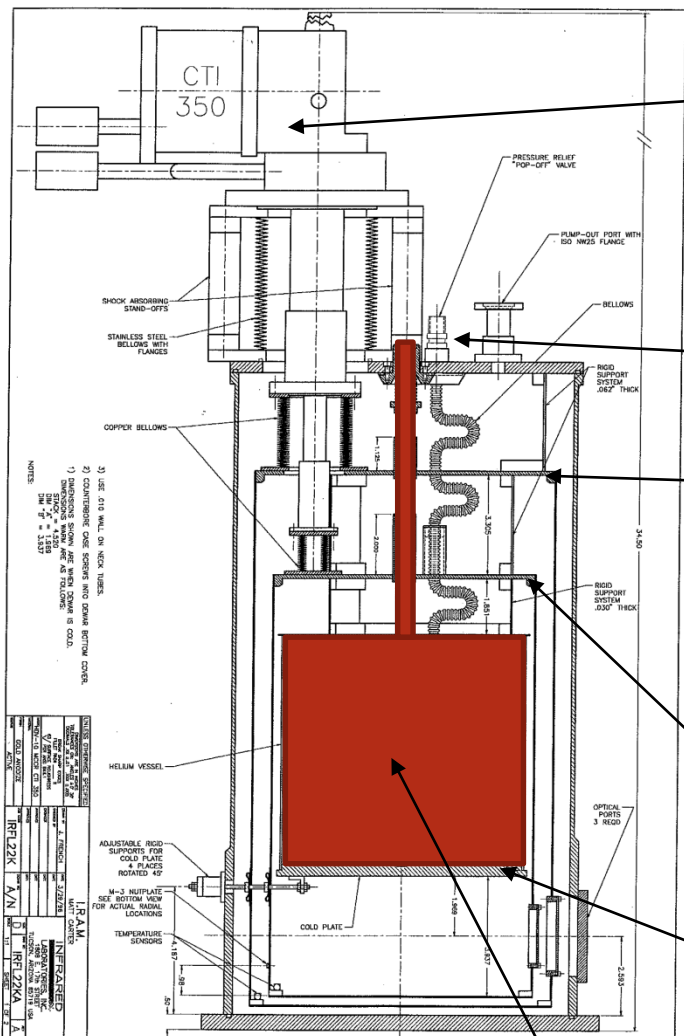
Scopo iniziale del progetto: adattare il ricevitore 3 mm al fuoco Gregoriano di SRT

Test di SRT ad alta frequenza e verifica superficie attiva; VLBI-mm; prime osservazioni scientifiche single-dish a 3 mm;

Obiettivi ingegneristici:

- Adattamento ottico;
- Adattamento meccanico;
- Acquisto Oscillatore Locale;
- Sviluppo software e sistema di controllo;
- Integrazione del ricevitore col software di gestione dell'antenna;
- Evitare uso elio liquido (e refilling in antenna);

A.Ladu, T.Pisanu, A.Navarrini, P.Marongiu, G.Valente "A 3mm band SIS receiver for the Sardinia Radio Telescope", *Proc. SPIE Millimeter, Submillimeter, and Far-Infrared Detectors and Instrumentation for Astr Astronomy VII*, Vol. 9153, 91532J (July 23, 2014).



Criogeneratore CTI

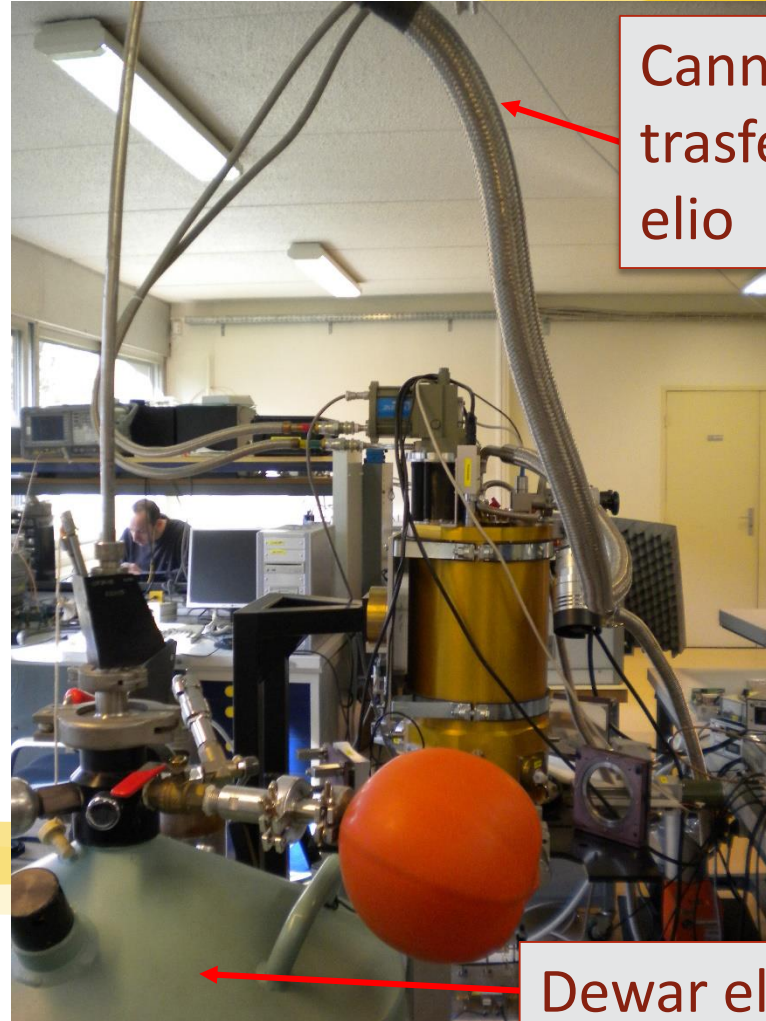
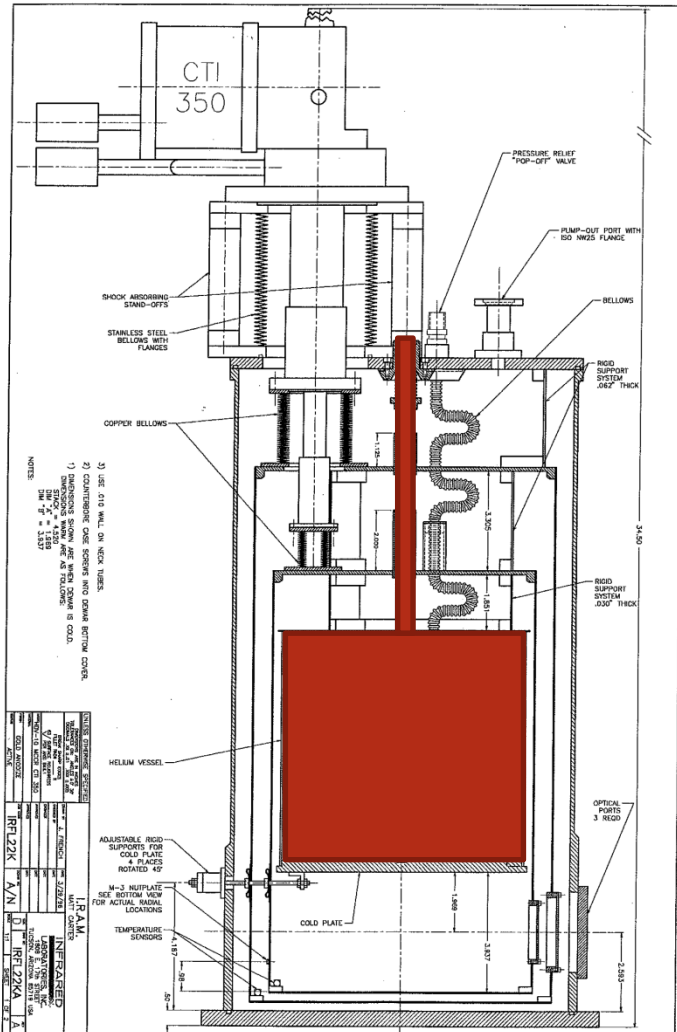
Valvola sicurezza elio

Stadio 70K

Stadio 15K

Stadio 4K

Serbatoio di elio da 7 litri



Cannula trasferimento elio

Dewar elio liquido

Fuoriuscita di elio quando il ricevitore (montato a 45° rispetto alla verticale sul tamburo a fuoco Gregoriano) è in posizione non osservativa
 → contaminazione del vuoto di altri ricevitori con elio gas

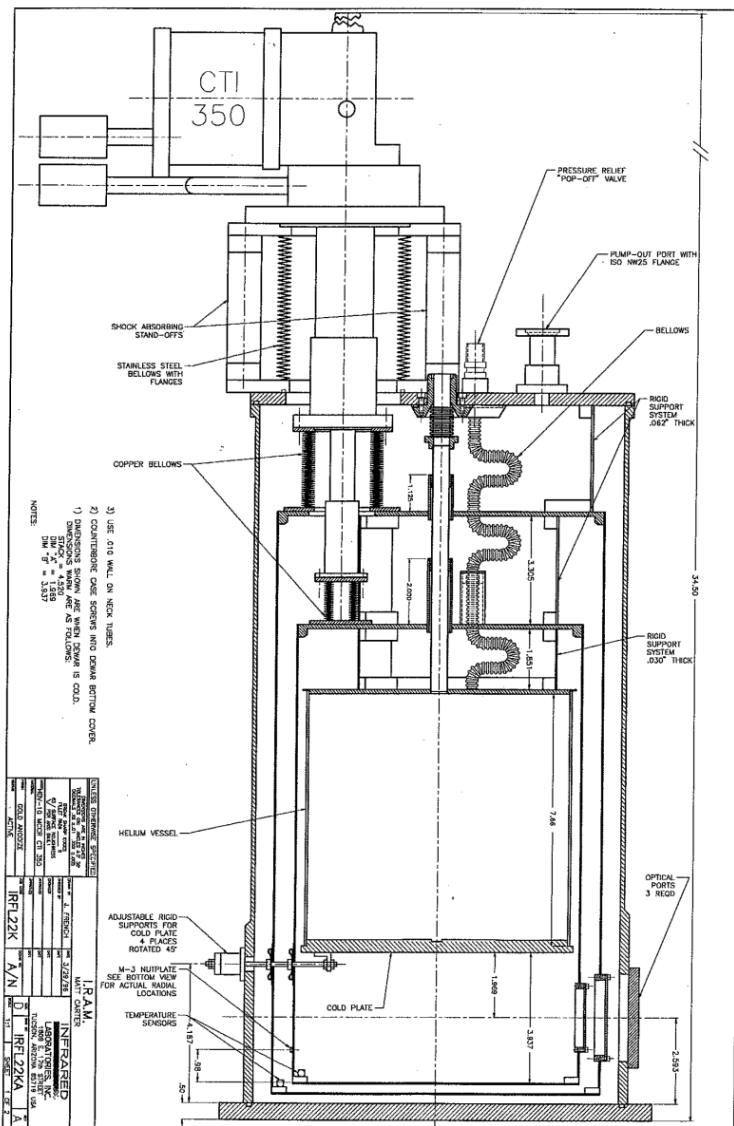
Soluzione problema elio liquido: sistema a ciclo chiuso

Criogeneratore DE – 204 SF ARS a doppio stadio ≈ 77 K e 4 K
meccanicamente compatibile con CTI350.

Capacità di cooling (a 50 Hz):

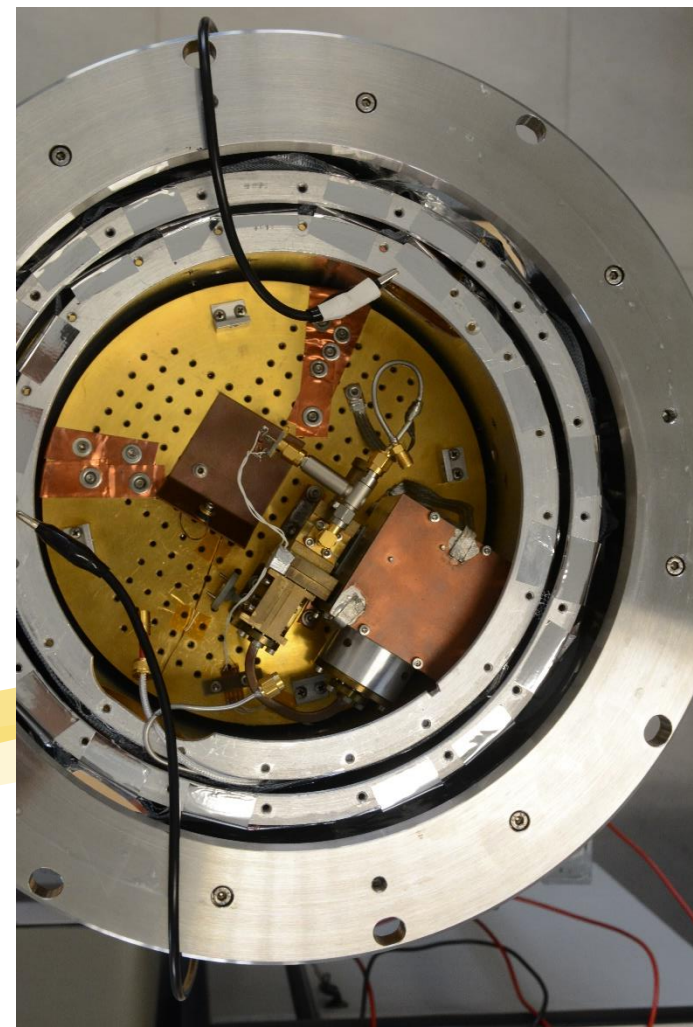
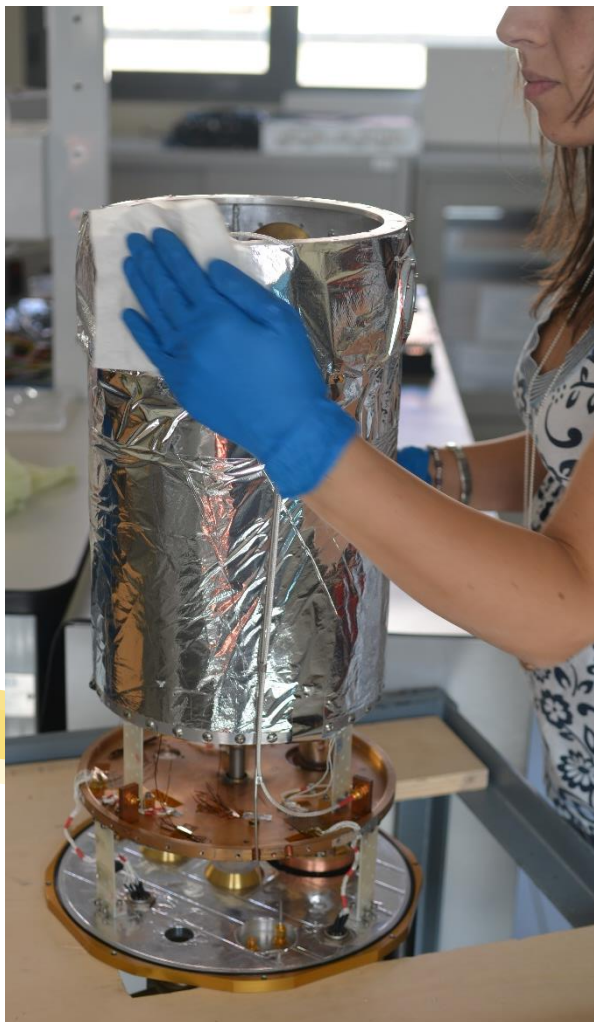
- Potenza primo stadio: 14 Watt a 77 K;
- Potenza secondo stadio: 0.16 Watts a 4.2 K;





- Sostituzione criogeneratore CTI350 → ARS DE204SF;
- Taglio tubo interno per diminuzione carico termico;
- Termalizzazione vecchio stadio «15 K» a 4 K (con bandelle di rame ad alta conducibilità termica);
- Rimozione componentistica banda 1.3 mm (mixer, LNA, ecc.);
- Installazione nuovi sensori di temperatura criogenici;

Ricevitore in fase di modifica e riassettaggio



Oscillatore Locale (OL)

- Ricevitore venduto da IRAM ad INAF-OAC senza OL;
- Ad IRAM il mixer SIS veniva pompato con OL Gunn (tuning meccanico);
- Deciso di acquistare OL di ALMA Band 3 da NRAO basato su oscillatore YIG controllato elettronicamente

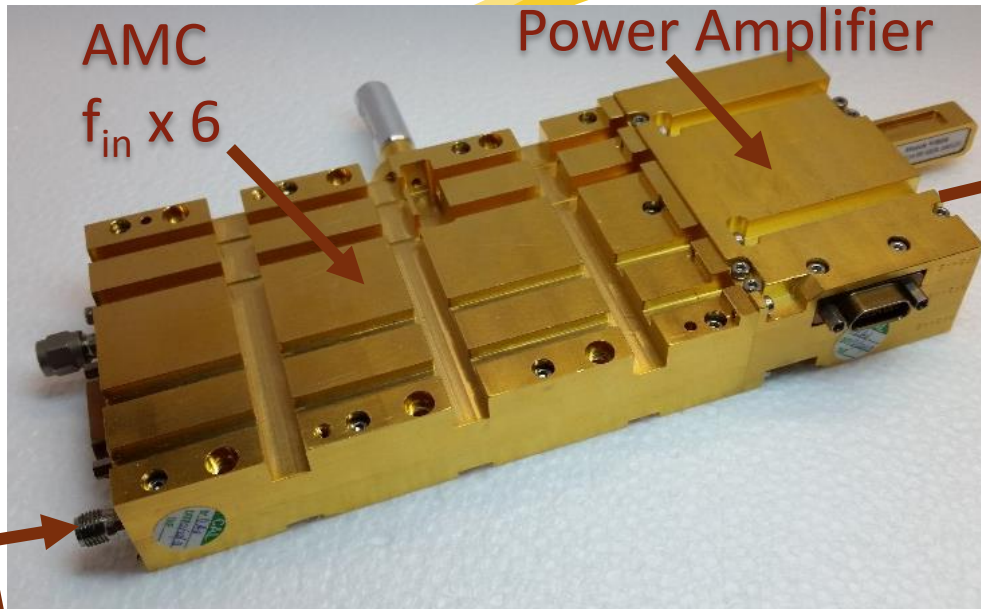
Bande di frequenza OL:

Ricevitore	RF band [GHz]	IF band [GHz]	OL band [GHz]
ALMA Band 3	84-116	4-8	92-108
Ex-IRAM per SRT	84-116	1.2-1.8	85.8-114.2

$P_{LO} > 5$ mW. Rumore AM dell'OL ALMA Band 3 alto per $f \gtrsim 110$ GHz

- Sviluppato sistema di controllo e setup di test dell'OL ALMA Band 3 in laboratorio INAF-OAC;

OAC Caratterizzazione OL ALMA Band 3 ad INAF-OAC

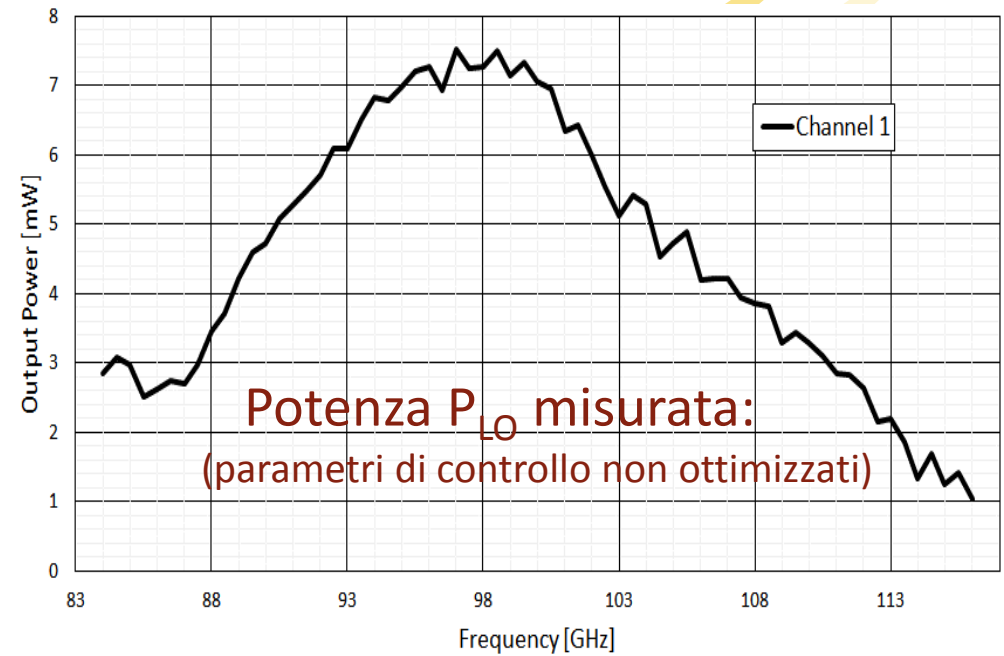
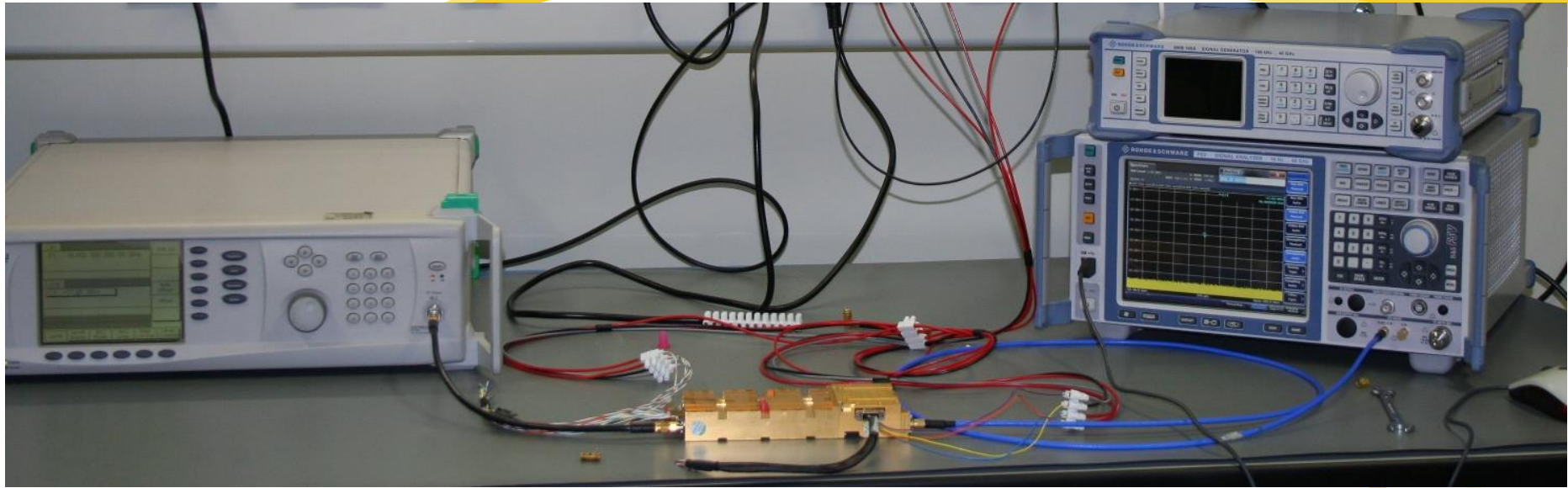


Uscita OL a
 $f_{in} \times 6 (\approx 90\text{GHz})$

Ingresso OL a
 $f_{in} (\approx 15\text{ GHz})$

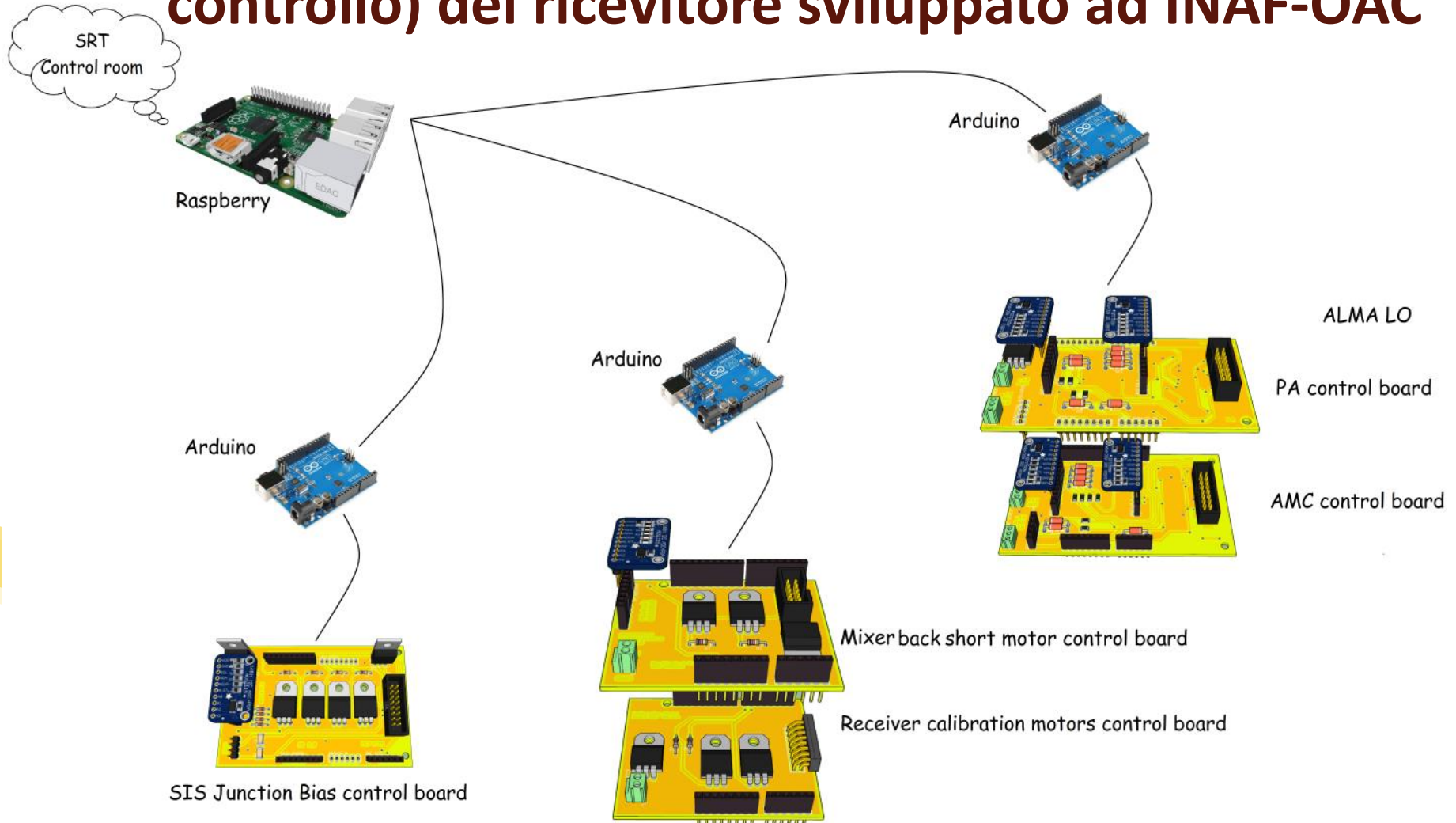
E. Bryerton et al. "Maximizing SNR in LO Chains for ALMA Single-Ended Mixers," *18th Int. Symposium on Space Terahertz Technology, Pasadena, USA, 21-23 March, 2007.*

OAC Caratterizzazione OL ALMA Band 3 ad INAF-OAC



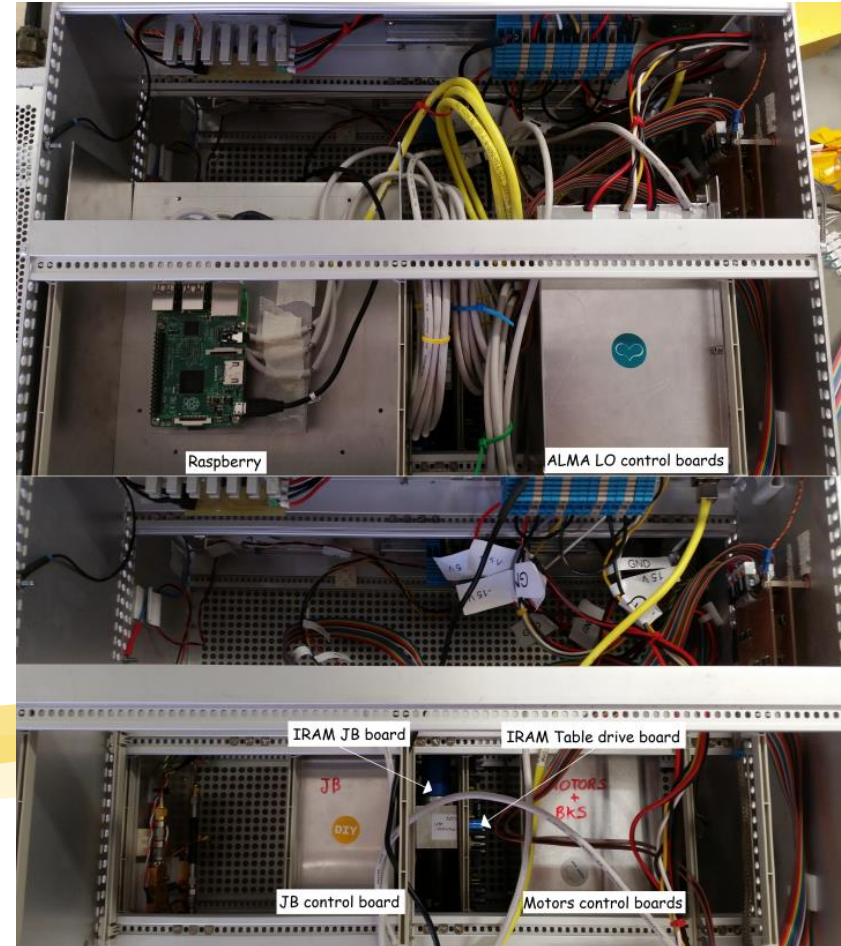
E. Bryerton et al. "Maximizing SNR in LO Chains for ALMA Single-Ended Mixers," *18th Int. Symposium on Space Terahertz Technology*, Pasadena, USA, 21-23 March, 2007.

Sistema di M&C (monitoraggio e controllo) del ricevitore sviluppato ad INAF-OAC



A.Ladu, T.Pisanu, A.Navarrini, P.Marongiu, G.Valente "The control system of the 3 mm band SIS receiver for the Sardinia Radio Telescope", *Proc. SPIE Millimeter, Submillimeter, and Far-Infrared Detectors and Instrumentation for Astr Astronomy VII*, Vol. 9914, 991423 (July 20, 2016).

Sistema di M&C del ricevitore sviluppato ad INAF-OAC



Raspberry schermata per ridurre RFI

100GHz Controller 0.1

File Controller Measures

Instrument IP Port Timeout (ms) Type

192.168.145.65 5025 5000 SOCKET

Test communication 100GHz Controller 0.1

Instrument Status Enable

VDA+	3594(19179) mV	Read	-3V(PA)	-3212(657) mV	Read	I/V	1(1) NoUnit	Read	VD1+ VG1-		Set
VDB+	4376(23351) mV	Read	+5V(PA)	5000(1023) mV	Read	DAC	2(2) NoUnit	Read	DAC/Pot	DAC	
VDE+	3031(16175) mV	Read	+5V(AMC)	5000(1023) mV	Read	Pot	4(4) NoUnit	Read	Pot. Value		Set
VGA-	-566(3018) mV	Read	VD1+	2462(13506) mV	Read	V	2(2) NoUnit	Read	DAC Value		Set
VGB-	-12263(65426) mV	Read	VG1-	-149(7633) mV	Read	I	5(5) NoUnit	Read	I/V Mode	I	
VGE-	-257(1370) mV	Read	ID1+	1795(9578) mV	Read	Cal Power	1(1) NoUnit	Read	Freq. Value		Set
IDA+	21(1152) mA	Read	VD2+	2433(13540) mV	Read	Cal Freq.	0(0) NoUnit	Read	Set Hot Mirror		Execute
IDB+	296(15801) mA	Read	VG2-	-161(7841) mV	Read	Hot Pos.	0(0) NoUnit	Read	Set Cold Mirror		Execute
IDE+	160(8590) mA	Read	ID2+	2246(11985) mV	Read	Cold Pos.	0(0) NoUnit	Read	Park Mirrors		Execute
MD+	0(459) mA	Read	DAC/POT	1(1) NoUnit	Read	Read All		Execute	Enable Mirrors		Execute

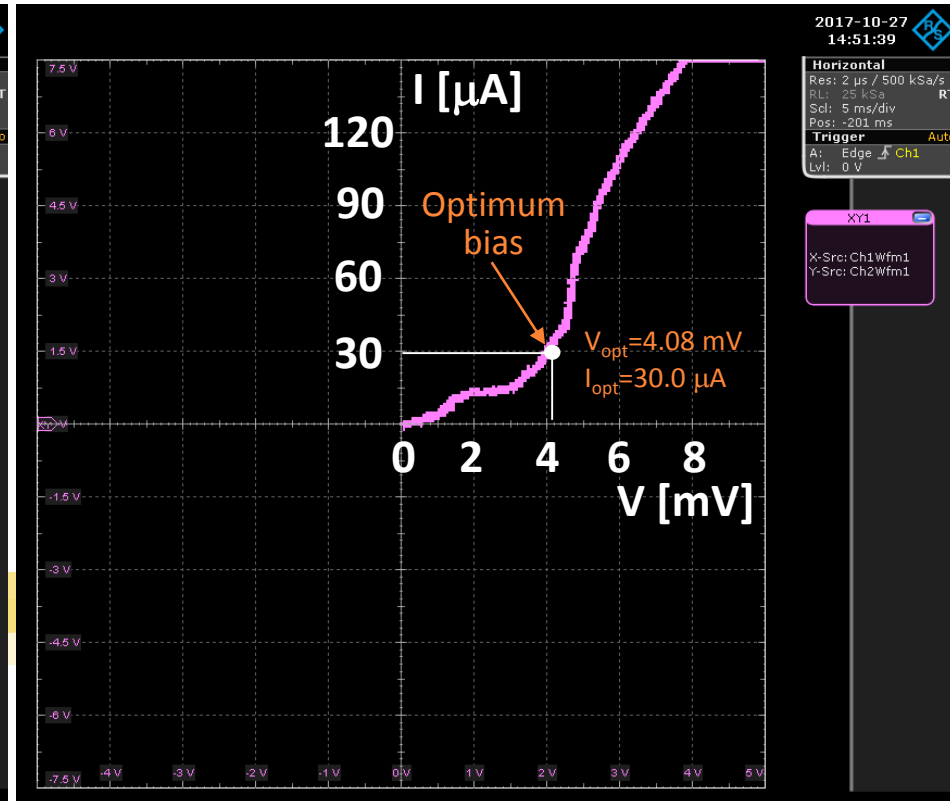
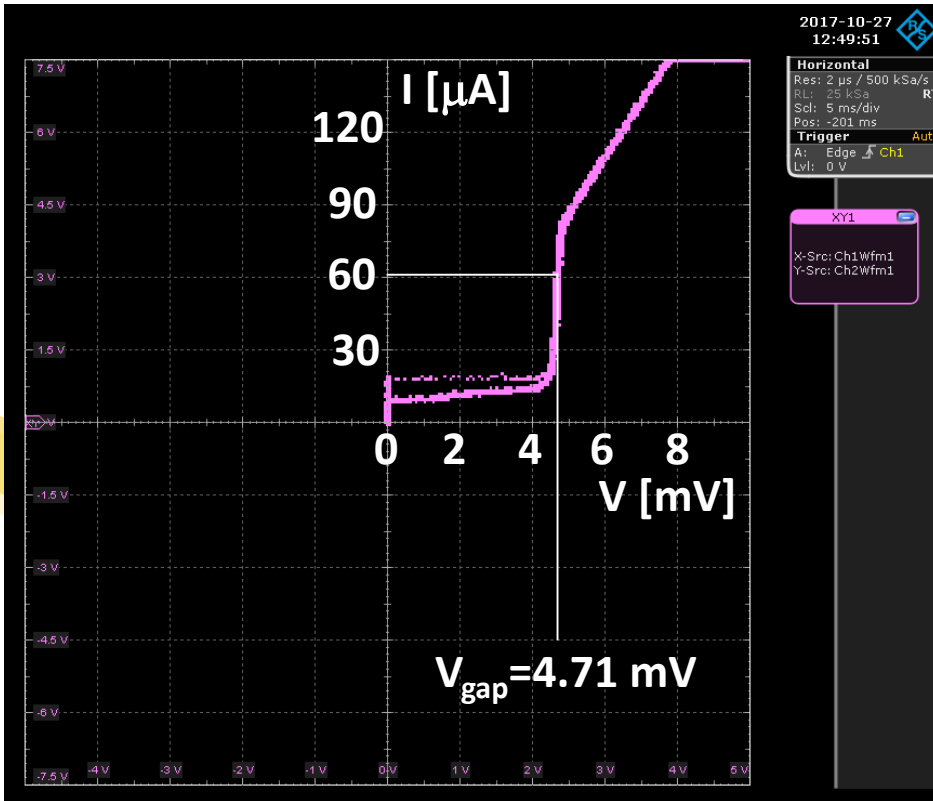




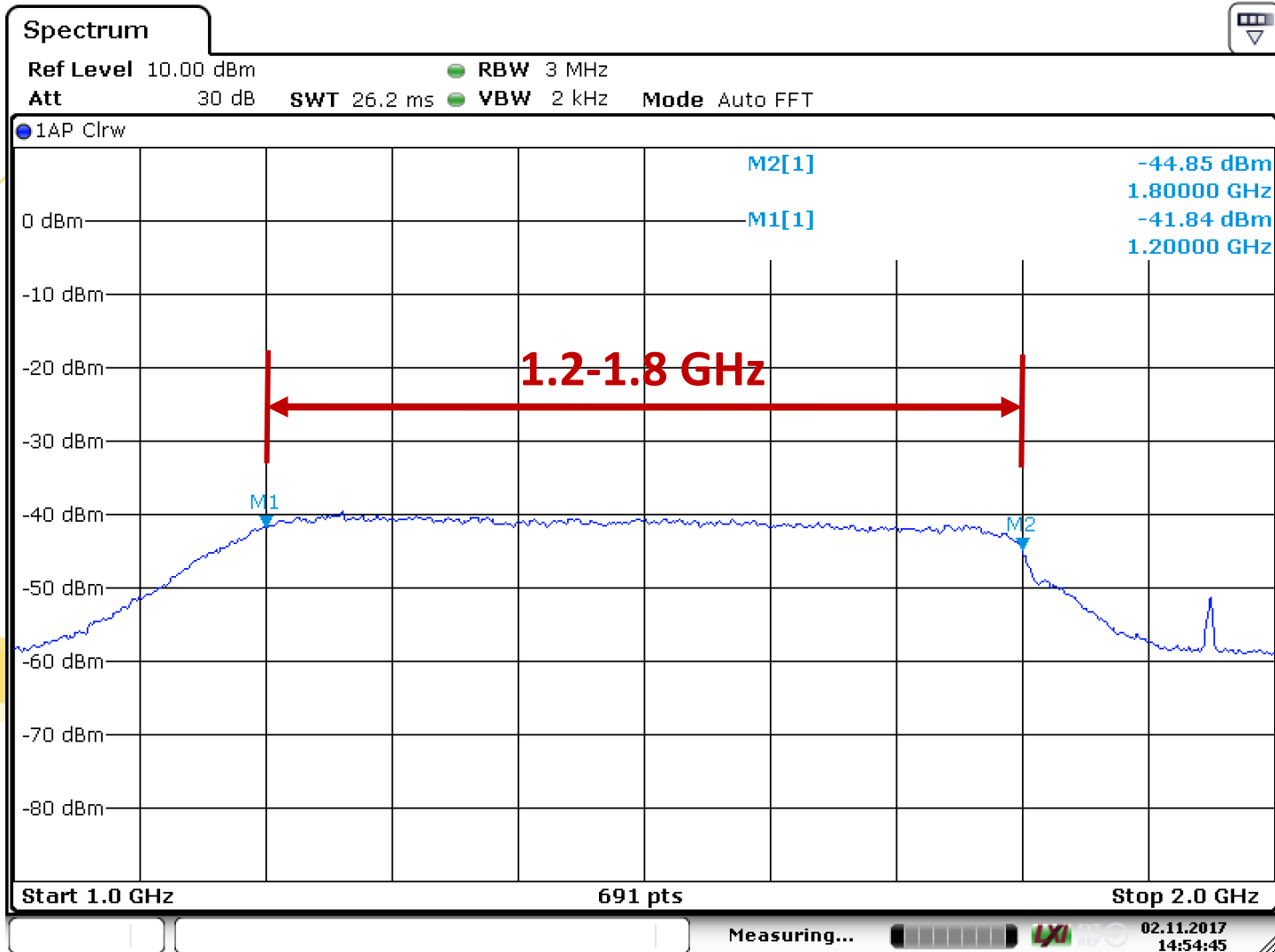
Misura caratteristiche I-V giunzione SIS

I-V non pompata:

I-V pompata (esempio di $f_{OL}=87.5$ GHz,
tuning LSB a 86 GHz):



Banda IF ricevitore



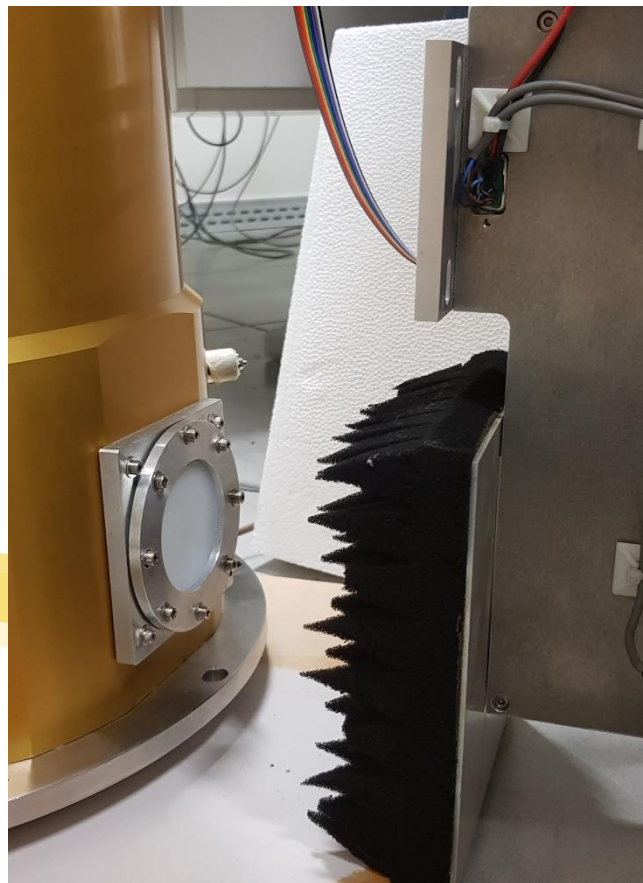
Date: 2.NOV.2017 14:54:45

Misura temperatura di rumore ricevitore mediante metodo Y (carico caldo/carico freddo)

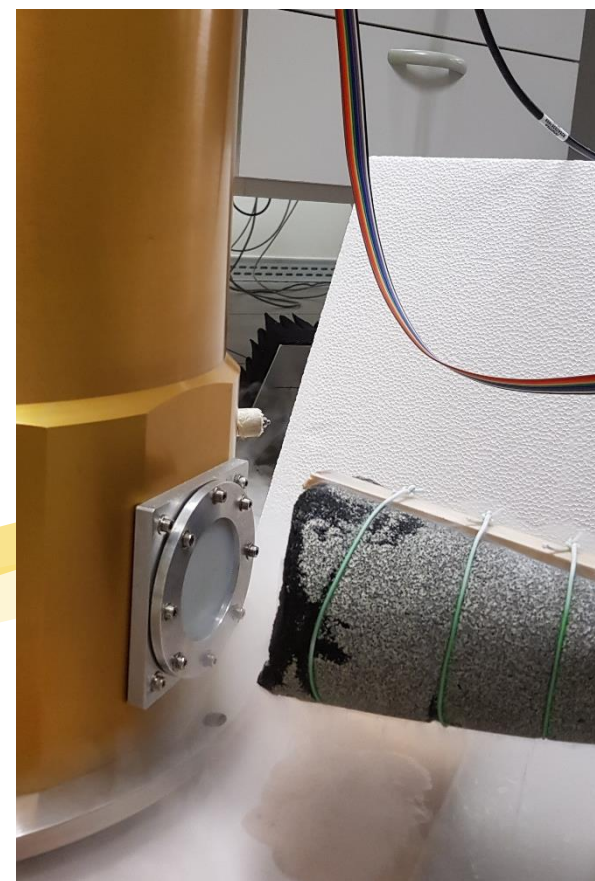
**Carico freddo: assorbitore
immerso in azoto liquido**



**Misura risposta ricevitore
al carico caldo**



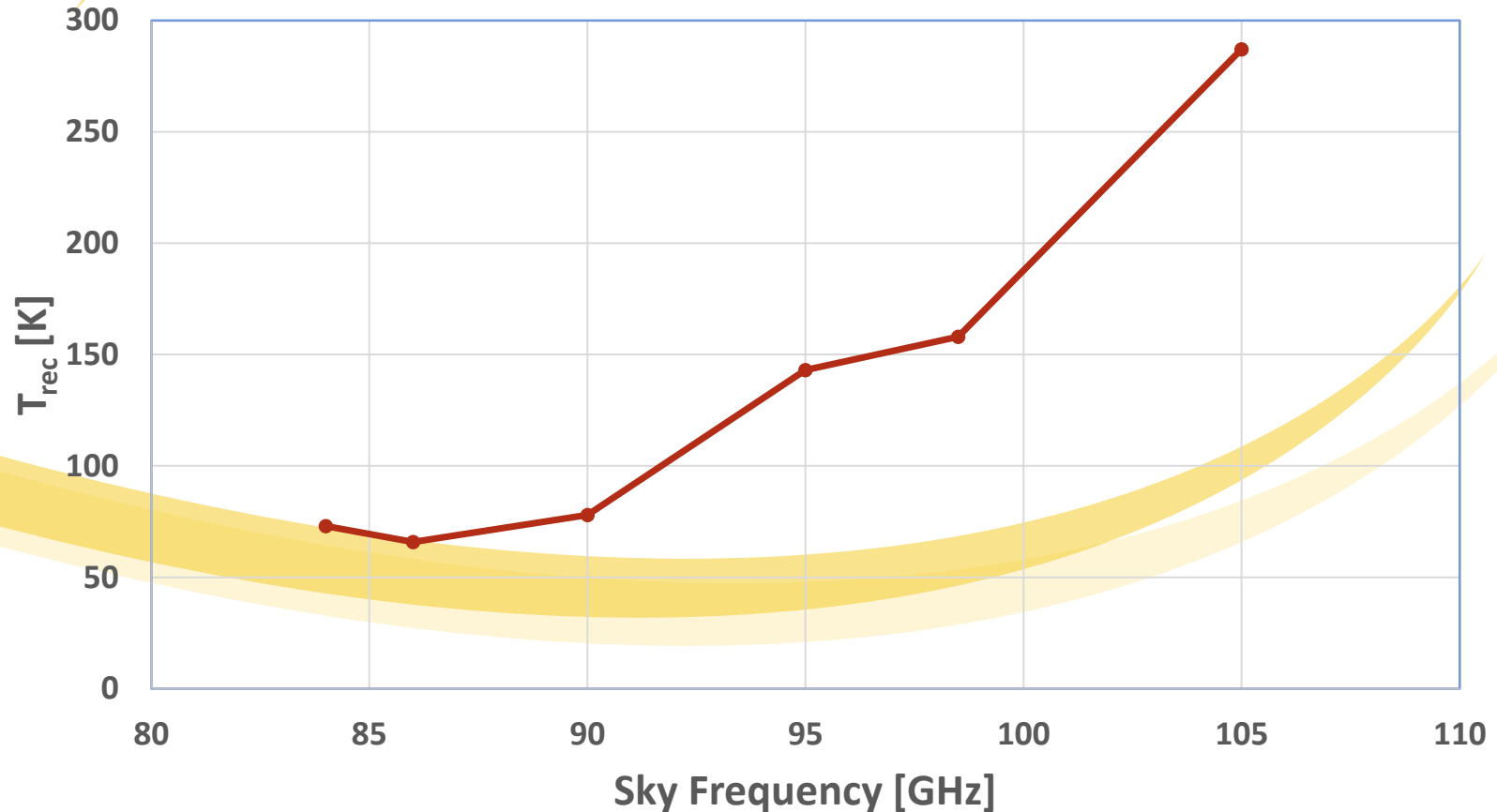
**Misura risposta ricevitore
al carico freddo**



Risultati preliminari misura temperatura di rumore ricevitore (integrata su banda IF) ad alcune frequenze

Banda RF osservata [GHz]	Tuning mixer SIS	Frequenza OL [GHz]	Valori di bias	Temperatura rumore [K]
83.7-84.3	LSB	85.5	$V_b=4.07$ mV; $I_b=28.0$ μ A	73
85.7-86.3	LSB	87.5	$V_b=4.08$ mV; $I_b=30.0$ μ A	65.8
89.7-90.3	LSB	91.5	$V_b=4.06$ mV; $I_b=34.5$ μ A	78
94.7-95.3	LSB	96.5	$V_b=4.05$ mV; $I_b=31.7$ μ A	143
98.2-98.8	LSB	100	$V_b=4.04$ mV; $I_b=28.7$ μ A	158
104.7-105.3	LSB	106.5	$V_b=3.93$ mV; $I_b=28.5$ μ A	287

Risultati preliminari misura temperatura di rumore ricevitore (integrata su banda IF) ad alcune frequenze



1) Acquistato ricevitore SIS da IRAM, originariamente privo di:

- **Oscillatore Locale:**
 - acquistato OL ALMA Band3 da NRAO;
 - sviluppato set-up laboratorio per test OL;
 - testato OL;
- **Sistema di M&C per OL, backshort mixer, sistema calibrazione:**
 - sviluppato nuovo sistema di controllo;
- **Criogenia adatta ad installazione su SRT:**
 - individuato, acquistato e testato nuovo criogeneratore ARS;
 - modificato criostato;

2) La temperatura fisica raggiunta dal mixer SIS (≈ 6.6 K) è oltre i valori tipici di funzionamento di tali dispositivi (≈ 4 K) ma

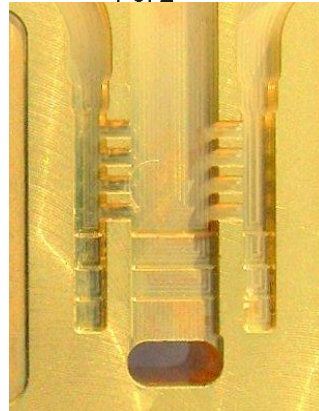
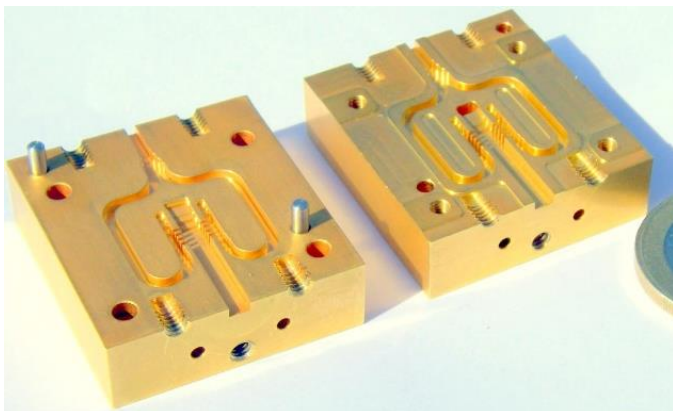
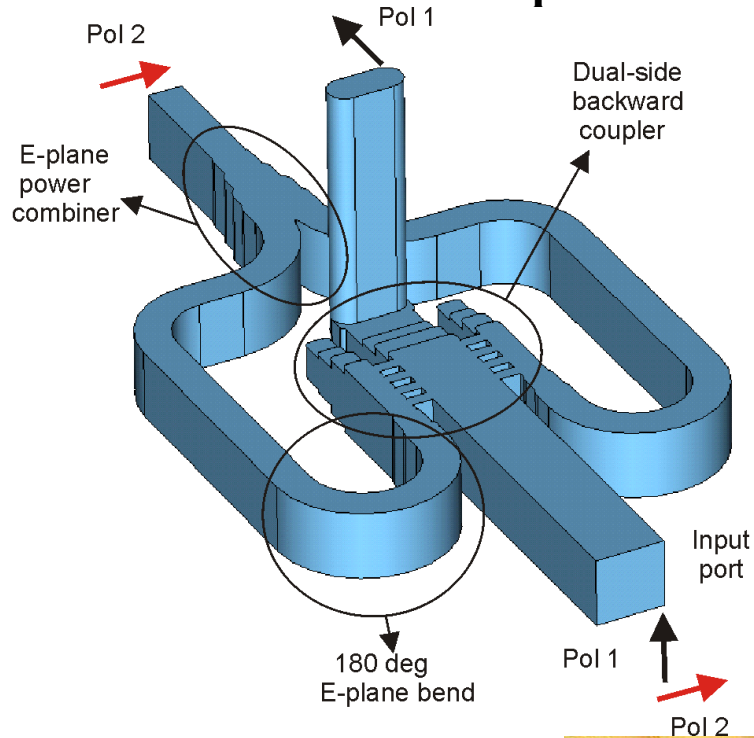
3) La caratterizzazione preliminare mostra che $T_{rec} < 80$ K fra 84-90 GHz. La reiezione banda immagine non è ancora stata misurata. E' possibile modificare ulteriormente la criogenia del ricevitore e presumibilmente migliorare ulteriormente le performance.

Partecipazione OAC a progetto AETHRA (H2020)

- **AETHRA: Advanced European Technologies for Heterodyne Receivers for Astronomy;**
- **Budget 1.8 Meuro per 3 anni a partire da 1 Gen. 2017, 15 european partners;**
- **4 WPs. INAF-OA Cagliari è partner del WP1 "Semiconductor LNAs and MMIC receivers" insieme a MPIfR, IRAM e Fraunhofer Institute;**
- **Lo scopo del WP1 è di sviluppare e costruire un dimostratore di un array di ricevitori 72-116 GHz basati su amplificatori LNA a semiconduttore MMIC adatto all'integrazione nel piano focale di un radiotelescopio;**
- **Scopo di INAF-OAC è progettare un Orthomode Transducer (OMT) in guida d'onda o in tecnologia planare per la banda 72-116 GHz che sia integrabile con amplificatori a basso rumore in tecnologia MMICs.**

Progetto OMT per AETHTRA basato su precedenti prototipi

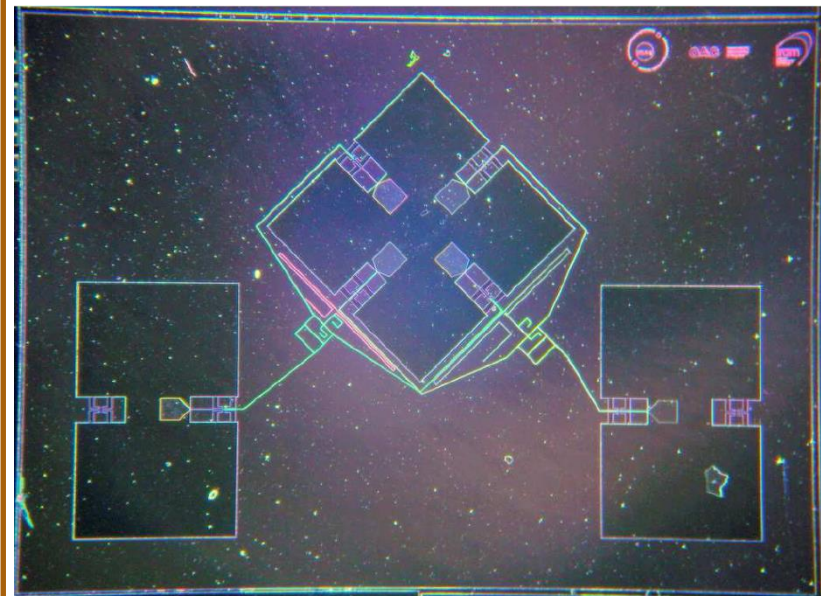
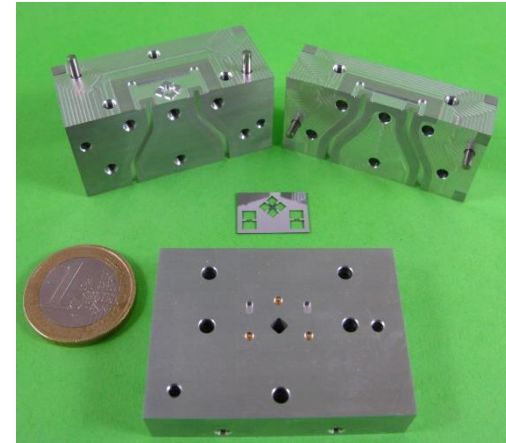
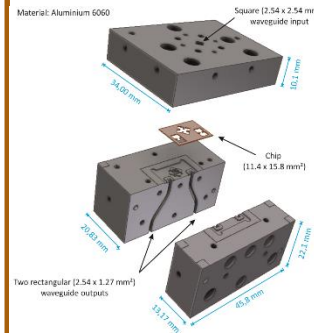
84-116 GHz backward coupler OMT



Input Refl < -19 dB, IL < 0.35 dB, X-pol < -30dB

A. Navarrini, R. Nesti, "Symmetric Reverse Coupling Orthomode Transducer for the 3 mm band," *IEEE Trans. Micr. Theory and Tech.*, vol 57, n. 1, Jan. 2009.

84-116 GHz superconducting planar OMT for AETHER



G. Valente, A. Navarrini, "Design of planar OMTs for the 84-116 GHz band," *Proc. 24th Int. Symp. Space THz Technology*, Groningen, The Netherlands, April 8-10, 2013.



This presentation has received funding from the European Union's Horizon 2020 research and innovation programme under grant agreement No 730562 [RadioNet]



**Osservatorio
Astronomico
di Cagliari**