



Publication Year	2017
Acceptance in OA	2020-09-15T12:39:02Z
Title	Sviluppi di Ricevitori e di Componentistica per Banda 3 mm ad INAF-OA Cagliari
Authors	NAVARRINI, Alessandro, Ladu, A., SABA, Andrea, Gaudiomonte, F., Urru, E., Pisanu, T., VALENTE, Giuseppe, MARONGIU, Pasqualino
Publisher's version (DOI)	10.5281/zenodo.1116242
Handle	http://hdl.handle.net/20.500.12386/27374



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

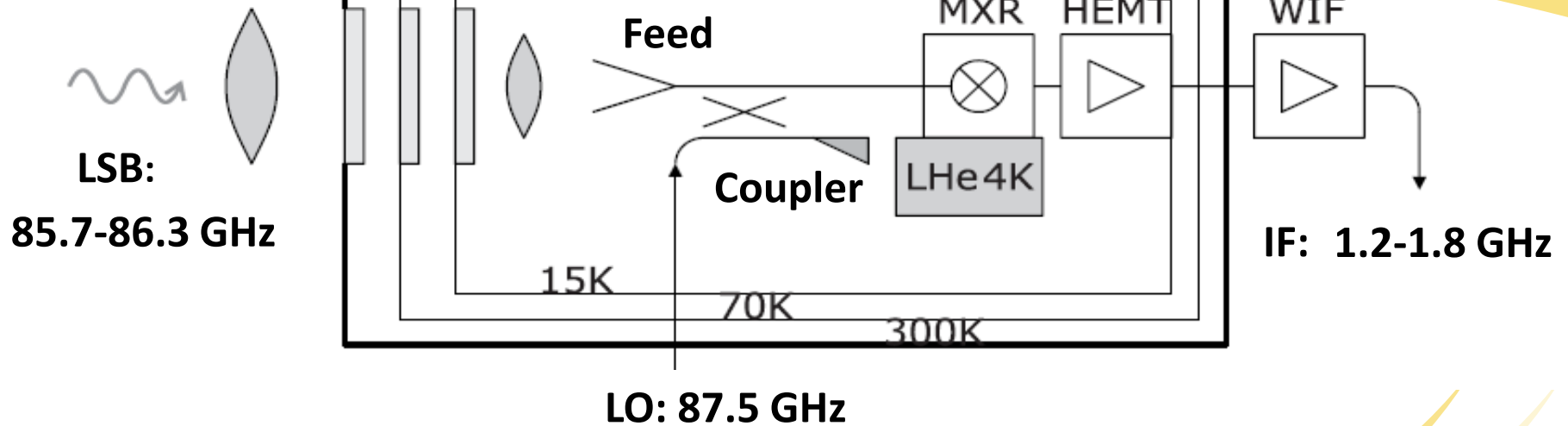
Parte 1): Ricevitore SIS per banda 3 mm;

Parte 2): Progetto AETHRA (H2020);

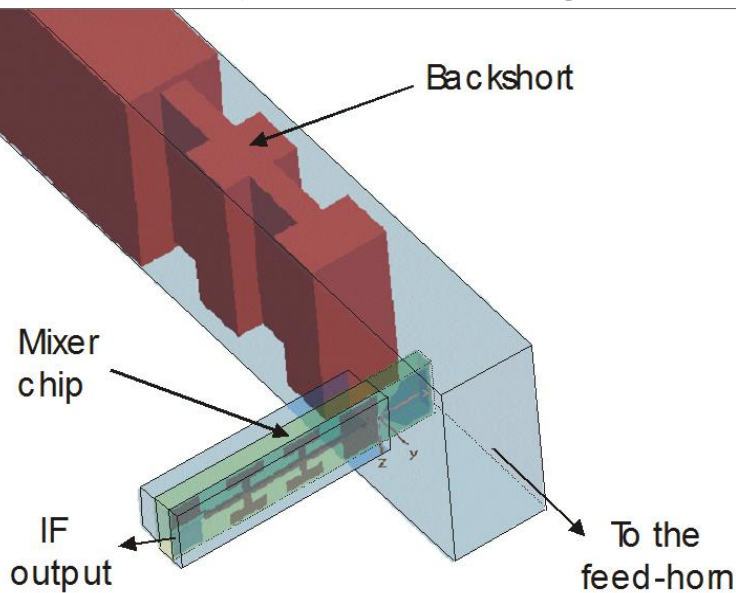
Ricevitore ex-IRAM-PdBI, originariamente con:

- 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;

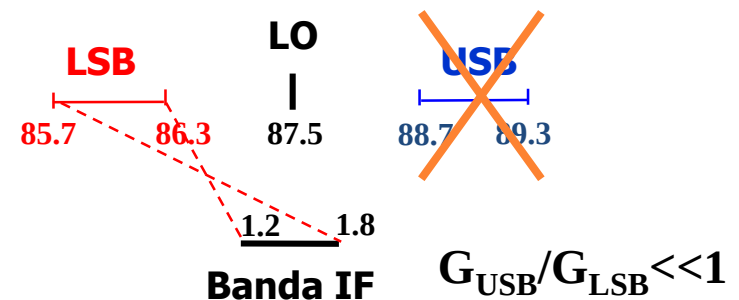
Schematico di ricevitore basato su mixer SIS

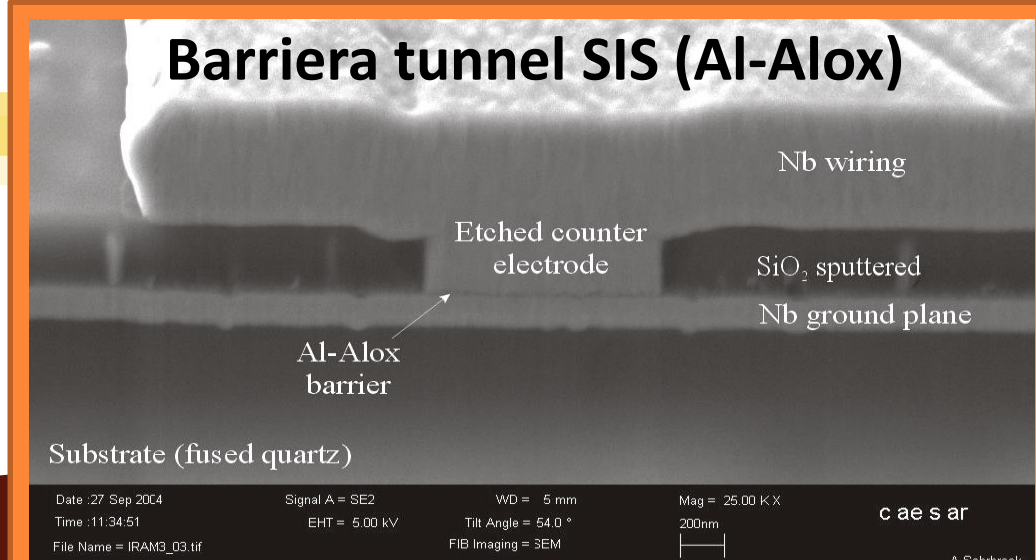
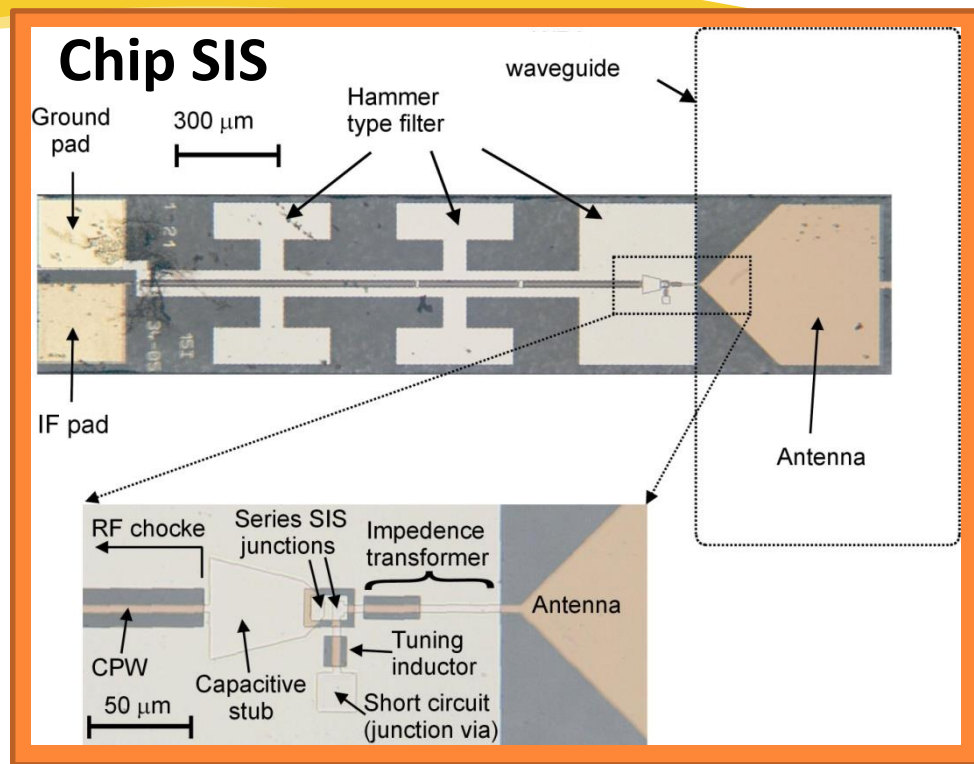
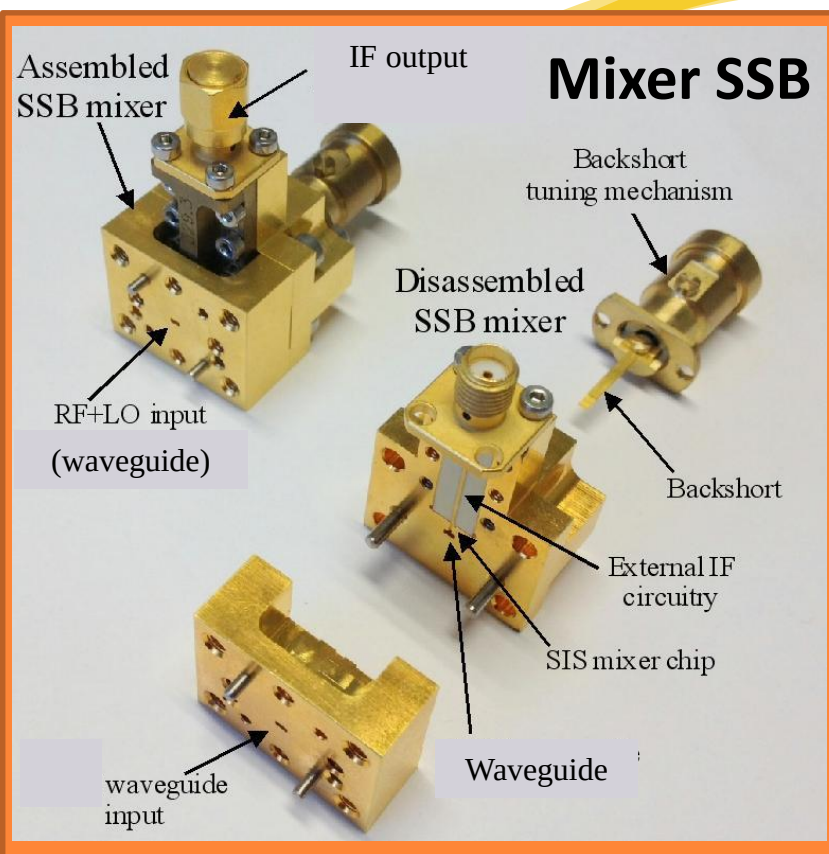


Mixer SIS SSB (con backshort in guide d'onda) per reiezione della banda immagine (USB o LSB)

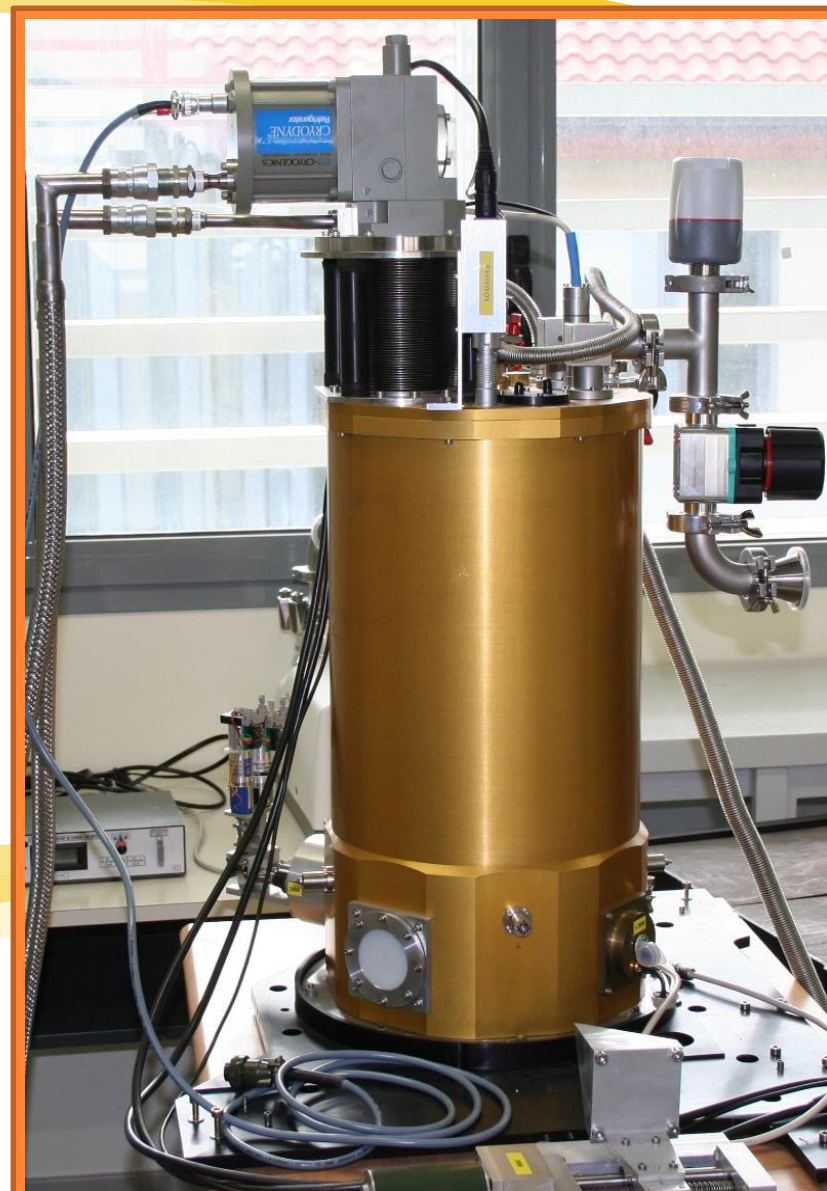
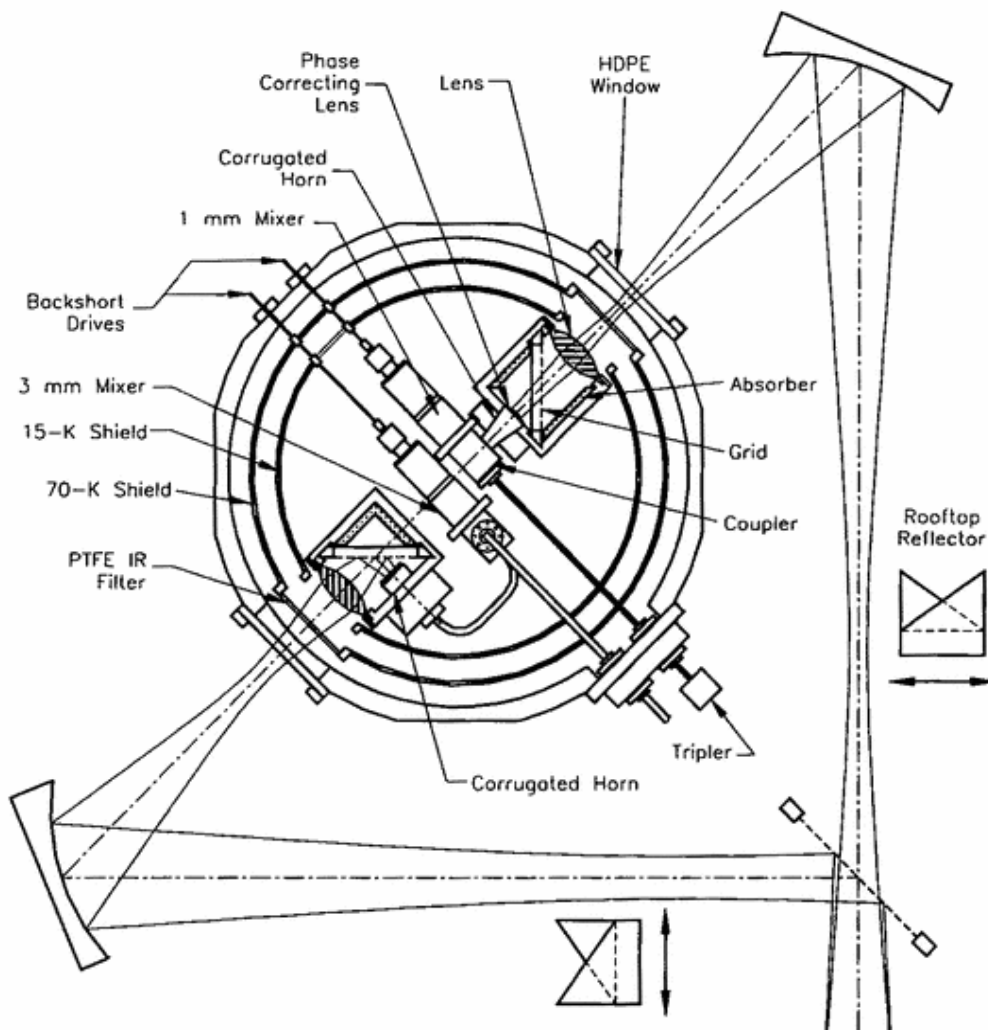


**Esempio di tuning LSB
(la USB è reiettata)**

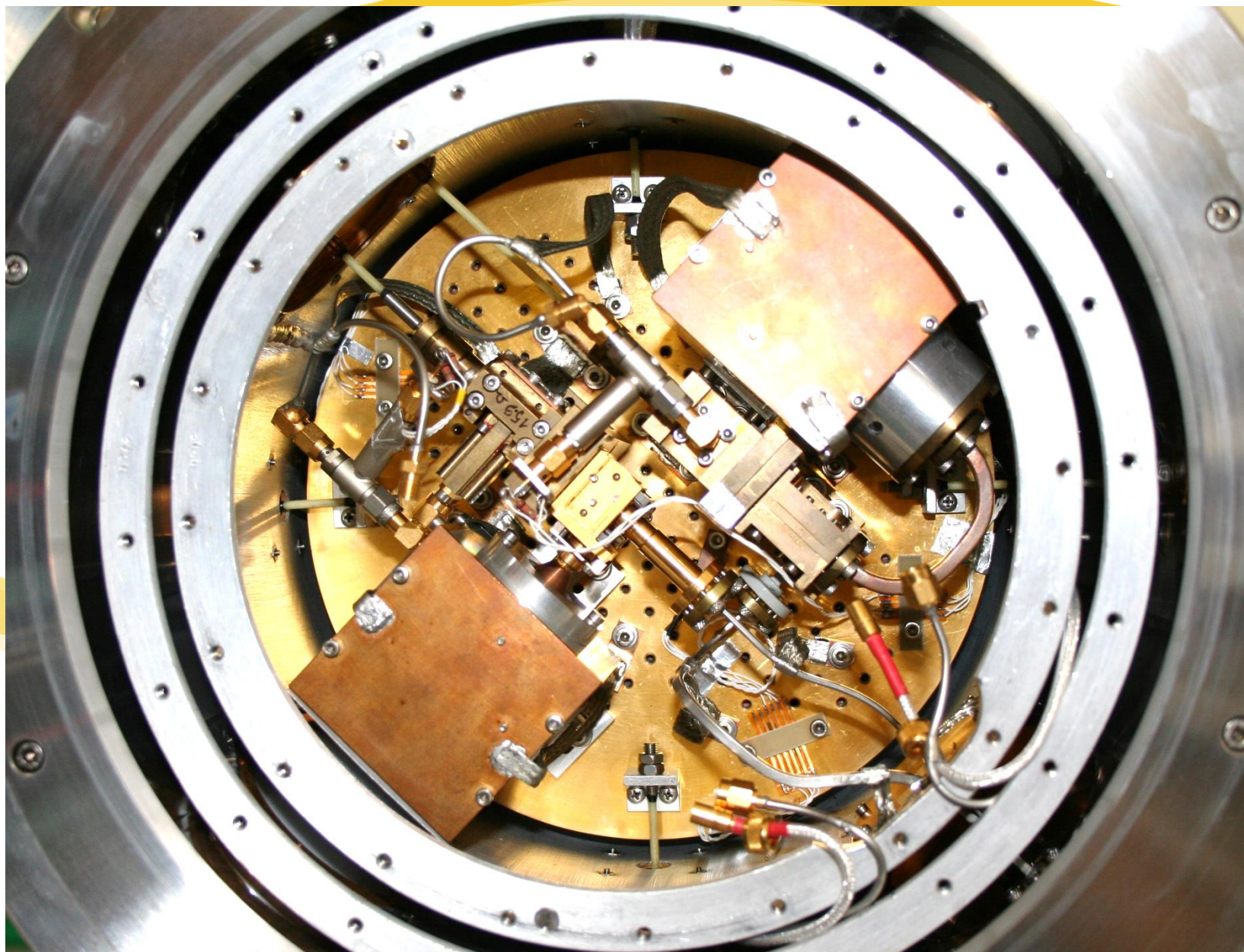




A. Navarrini, A. Fontana, D. Maier, P. Serres, D. Biillon-Pierron
 "Superconductor-Insulator-Superconductor Mixers for the 2 mm band
 (129-174 GHz)," *Journal of Infrared, Millimeter, and THz Waves*,
 Vol. 35, Issue 6-7, p. 536-562, July, 2014.



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.



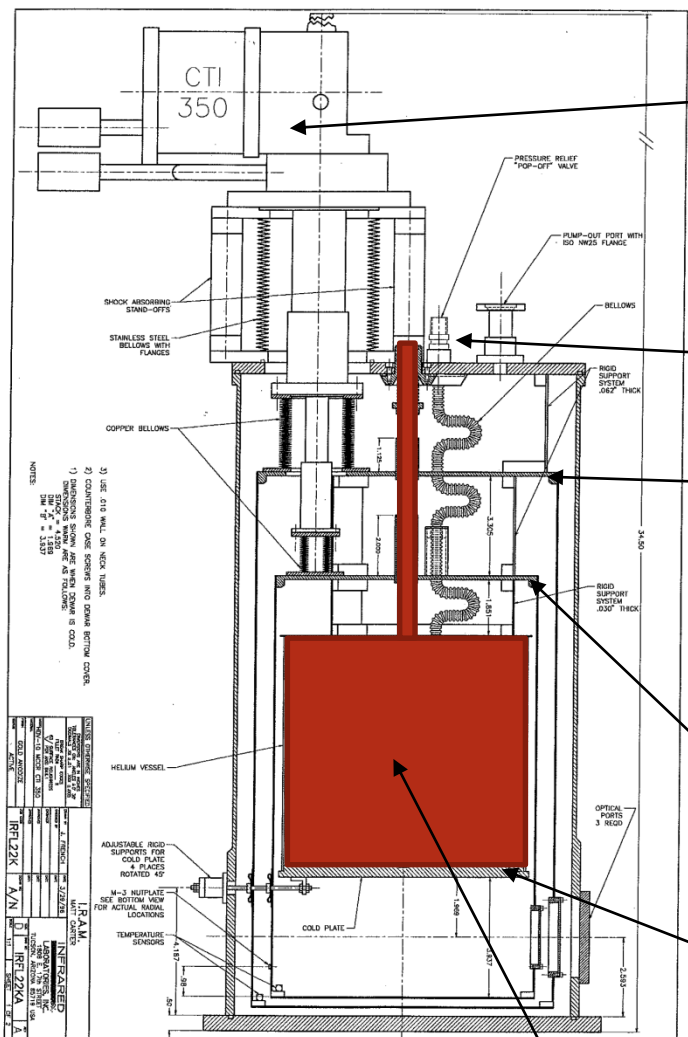
Scopo iniziale del progetto: adattare il ricevitore 3 mm al fuoco Gregoriano di SRT

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

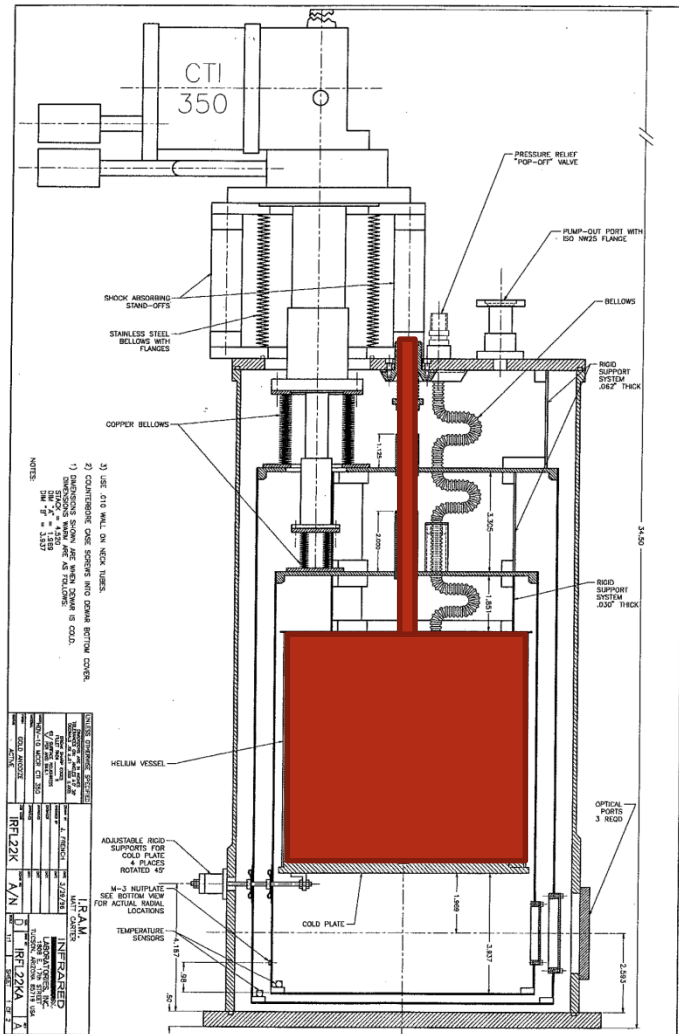
Valvola sicurezza elio

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

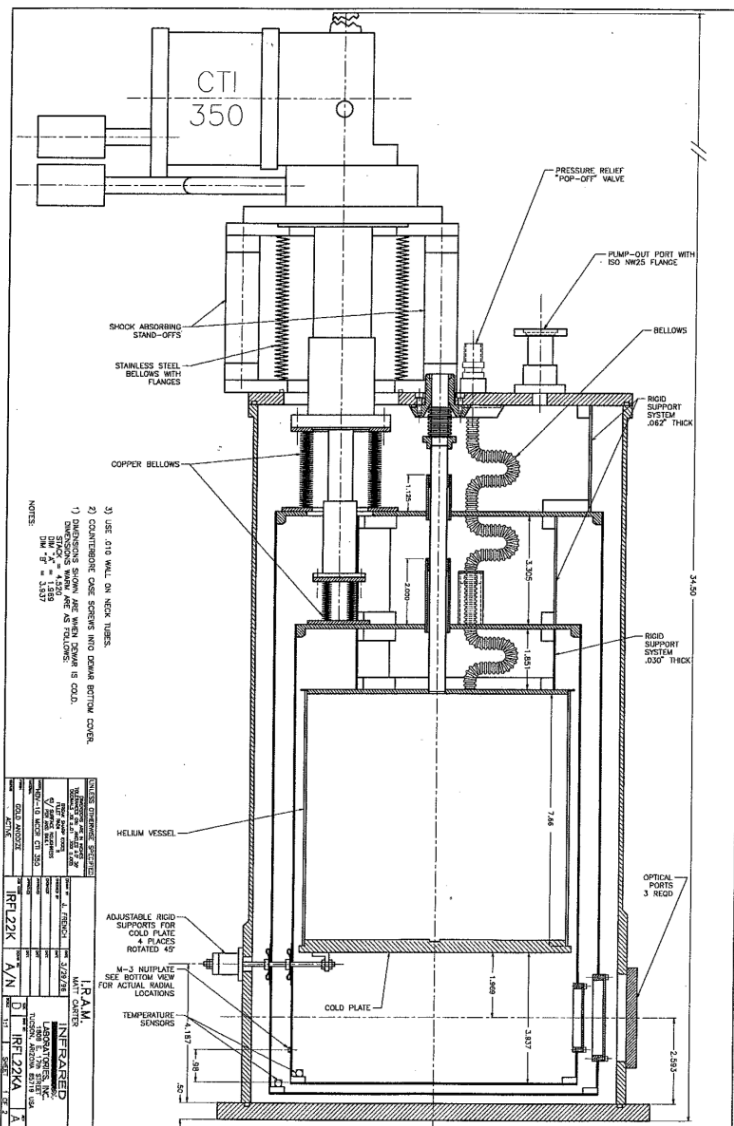
Soluzione problema elio liquido: sistema a ciclo chiuso

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

Capacità di cooling (a 50 Hz):

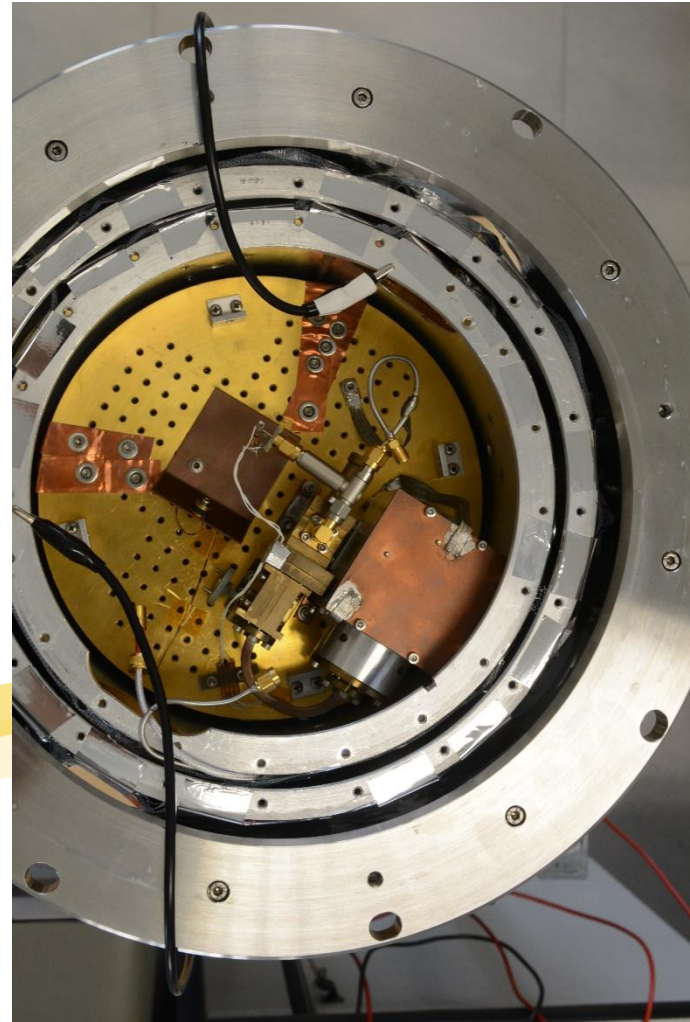
- Potenza primo stadio: 14 Watt a 77 K;
- Potenza secondo stadio: 0.16 Watts a 4.2 K;





- 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)

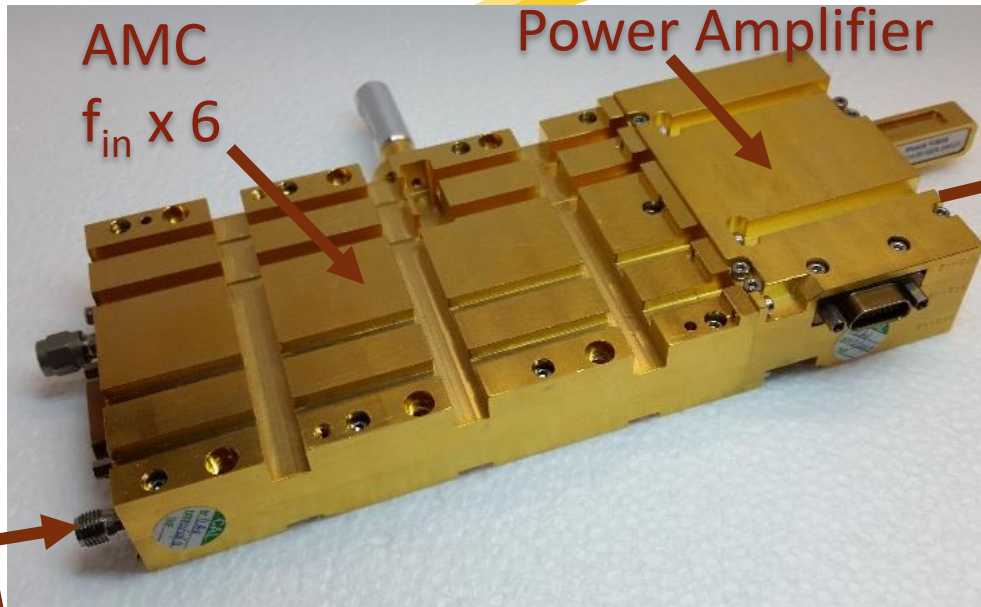
- Ricevitore venduto da IRAM ad INAF-OAC senza OL;
- Ad IRAM il mixer SIS veniva pompato con OL Gunn (tuning meccanico);
- Deciso di acquistare OL di ALMA Band 3 da NRAO basato su oscillatore YIG controllato elettronicamente

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;

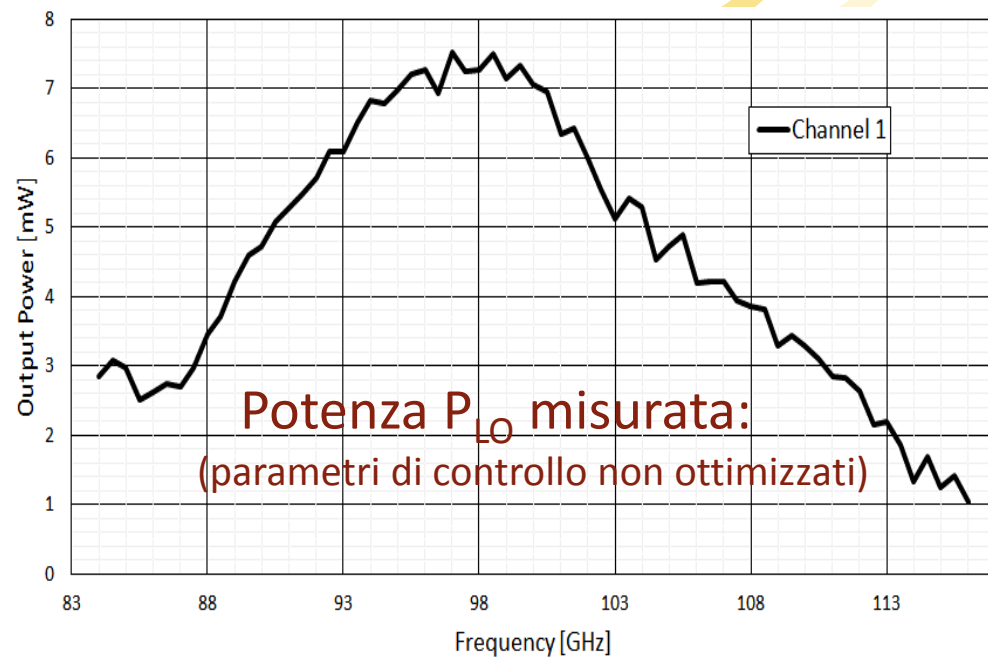
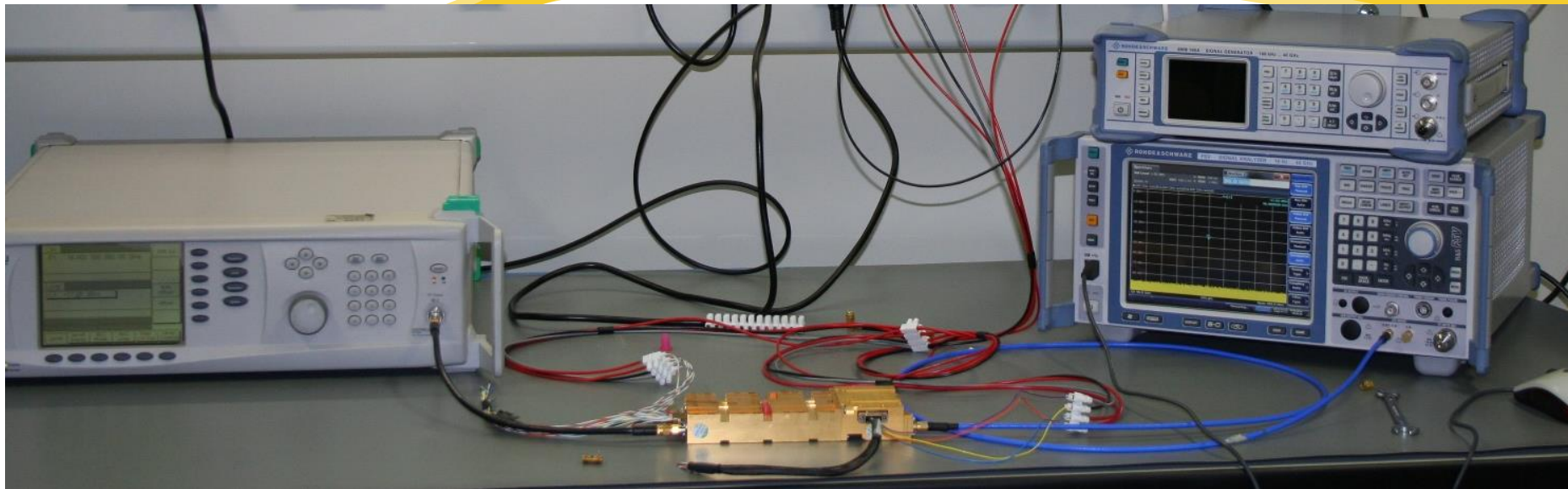


Uscita OL a
 $f_{in} \times 6 (\approx 90\text{GHz})$

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



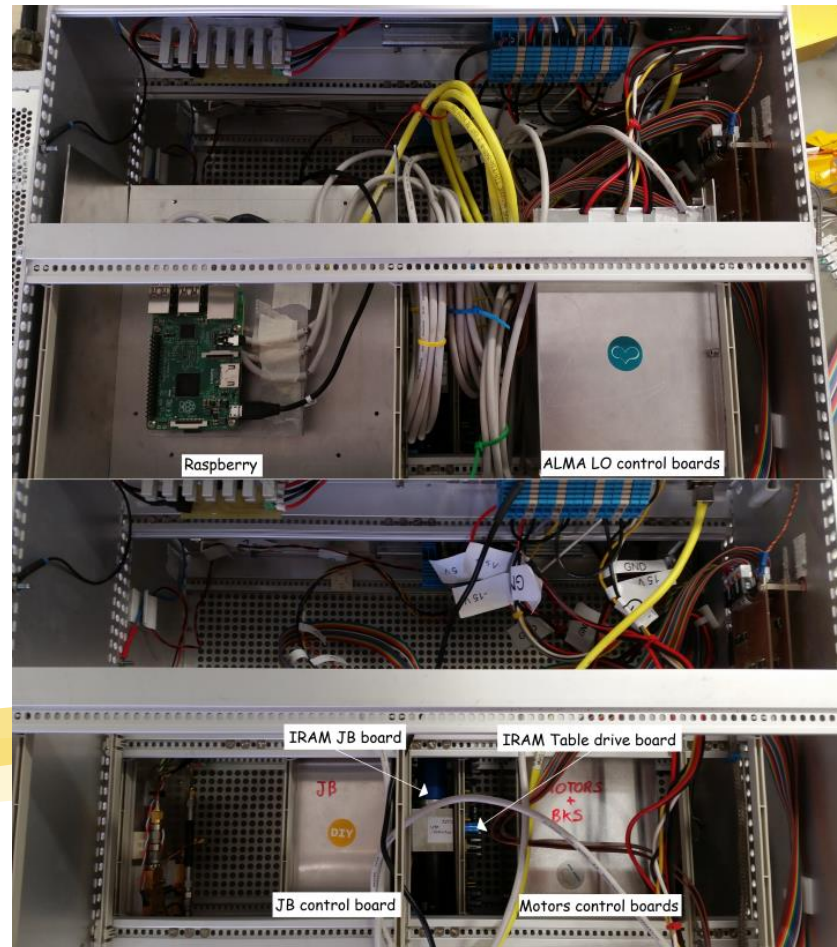
E. Bryerton et al. "Maximizing SNR in LO Chains for ALMA Single-Ended Mixers," 18th Int. Symposium on Space Terahertz Technology, Pasadena, USA, 21-23 March, 2007.

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		

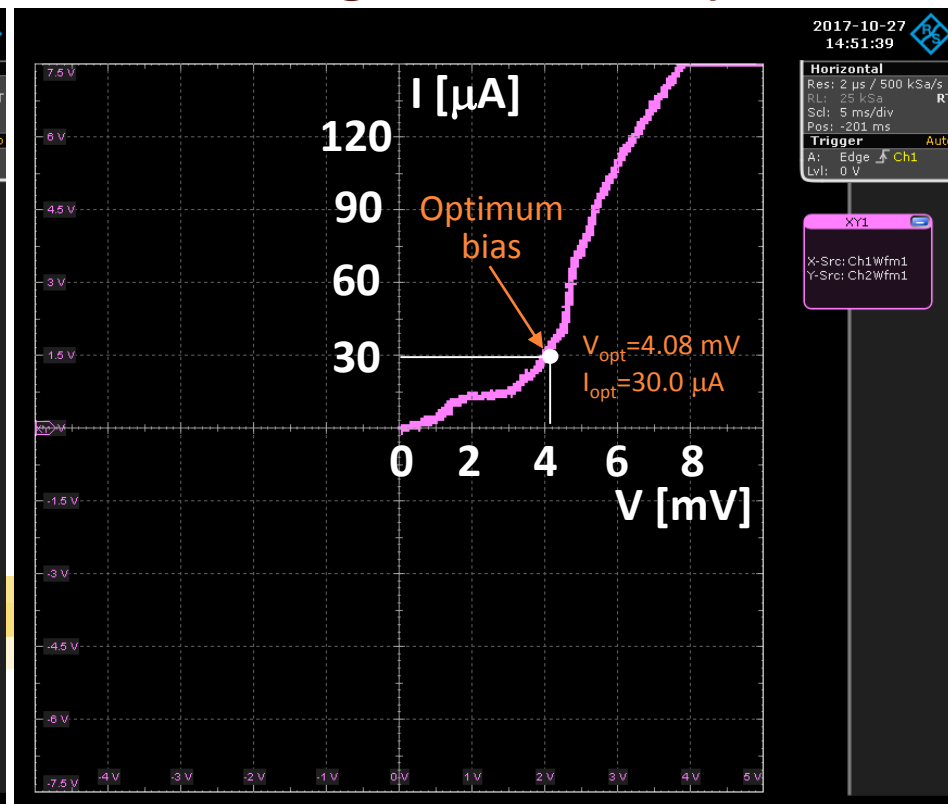
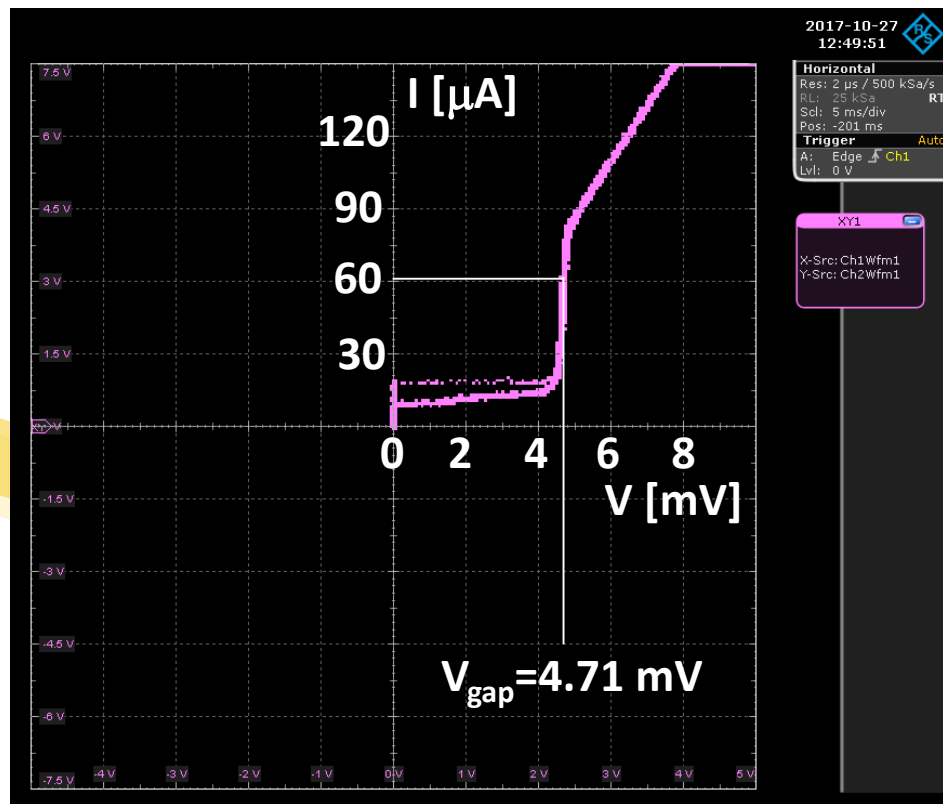




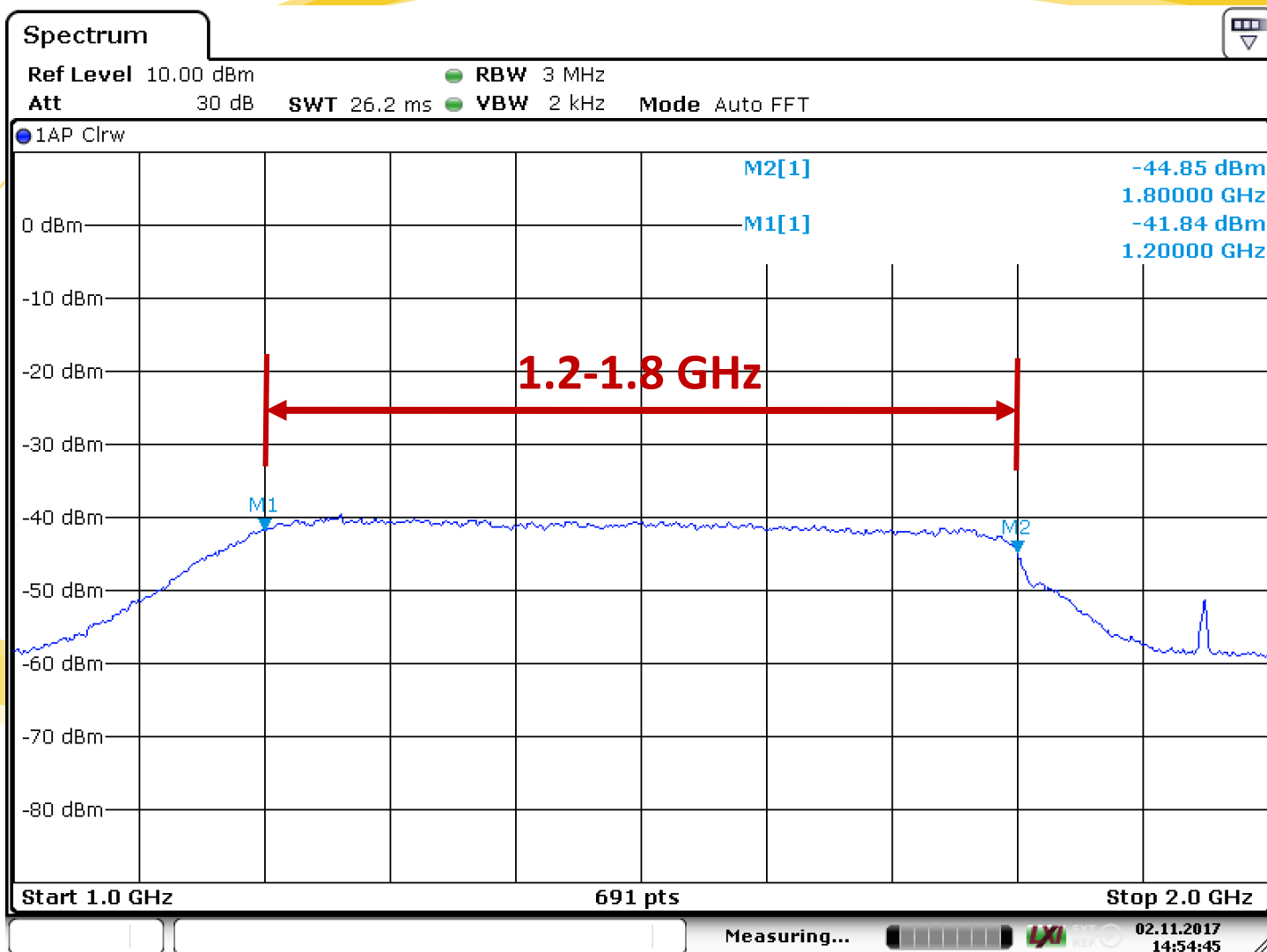
Misura caratteristiche I-V giunzione SIS

I-V non pompata:

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



Banda IF ricevitore



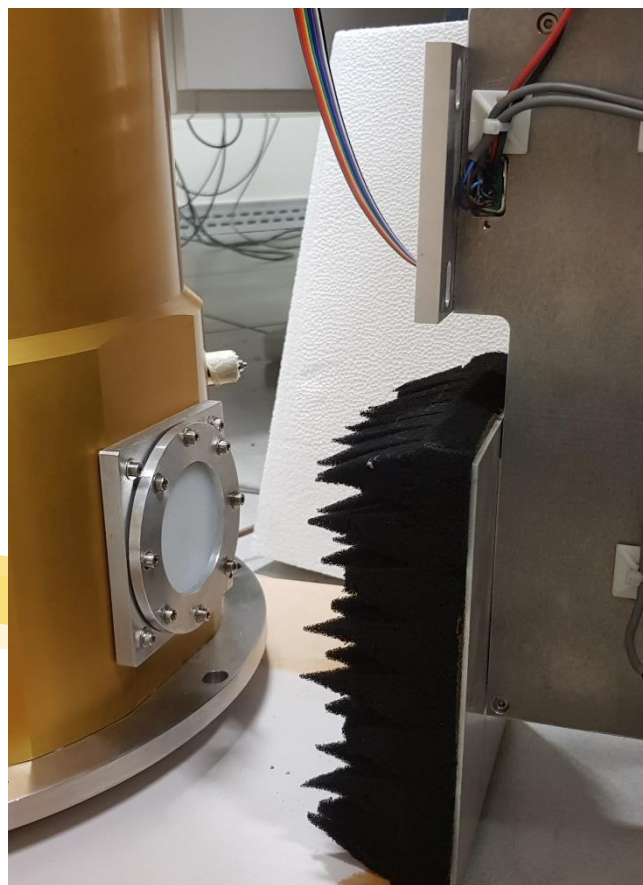
Date: 2.NOV.2017 14:54:45

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

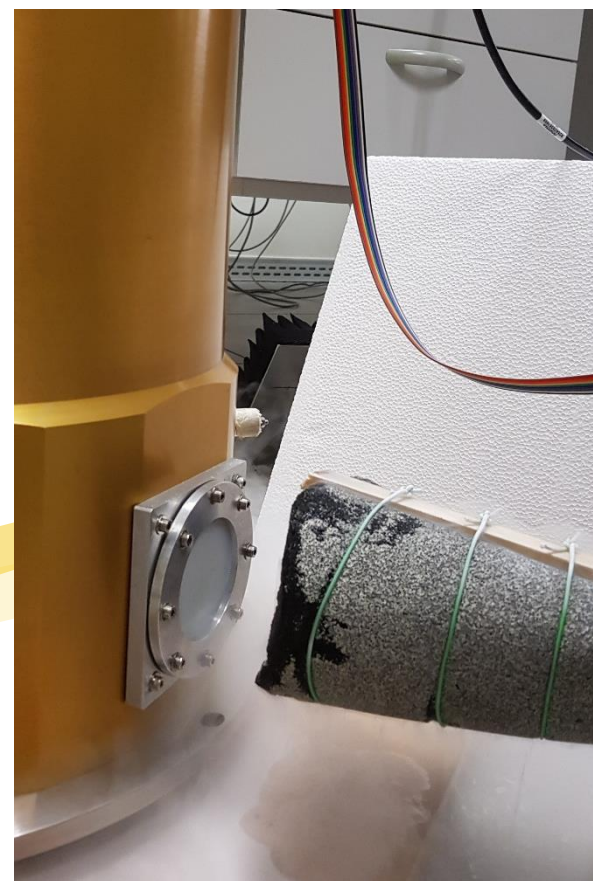
**Carico freddo: assorbitore
immerso in azoto liquido**



**Misura risposta ricevitore
al carico caldo**



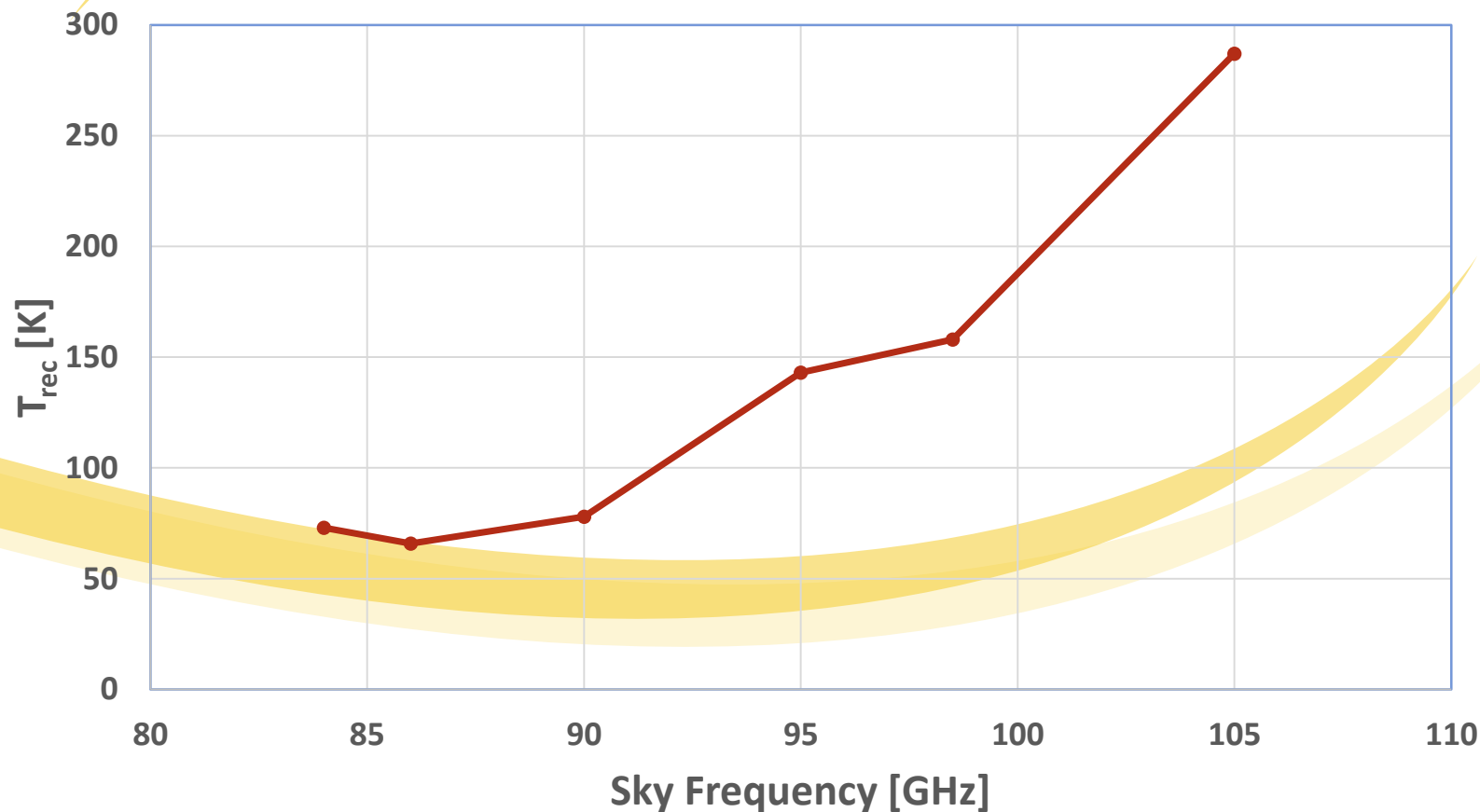
**Misura risposta ricevitore
al carico freddo**



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

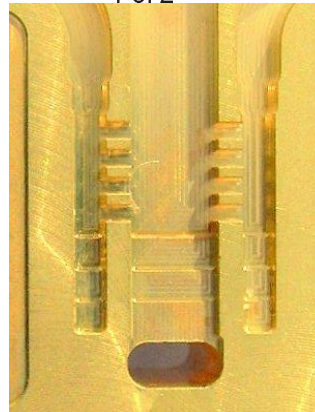
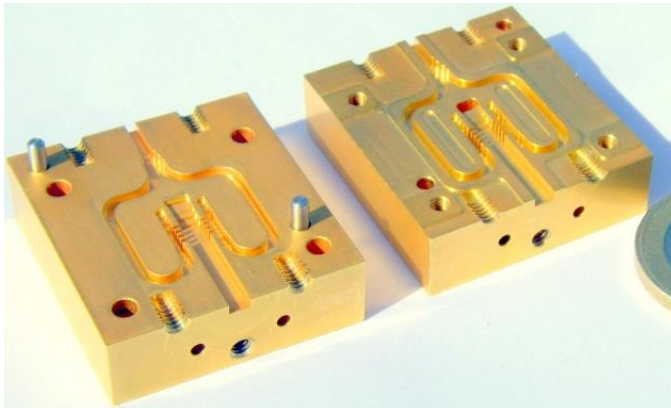
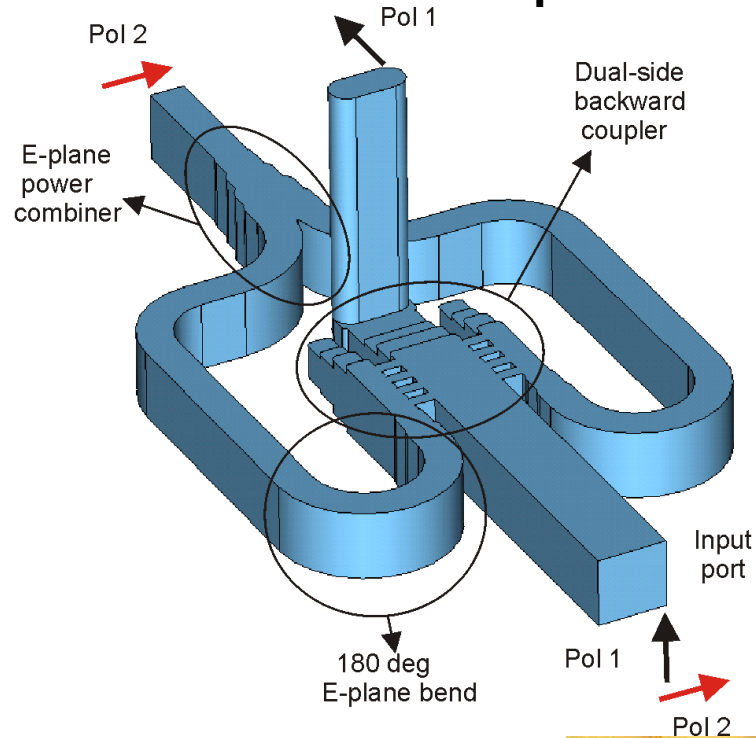
3) La caratterizzazione preliminare mostra che $T_{\text{rec}} < 80$ K fra 84-90 GHz. La reiezione banda immagine non è ancora stata misurata. E' possibile modificare ulteriormente la criogenia del ricevitore e presumibilmente migliorare ulteriormente le performance.

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

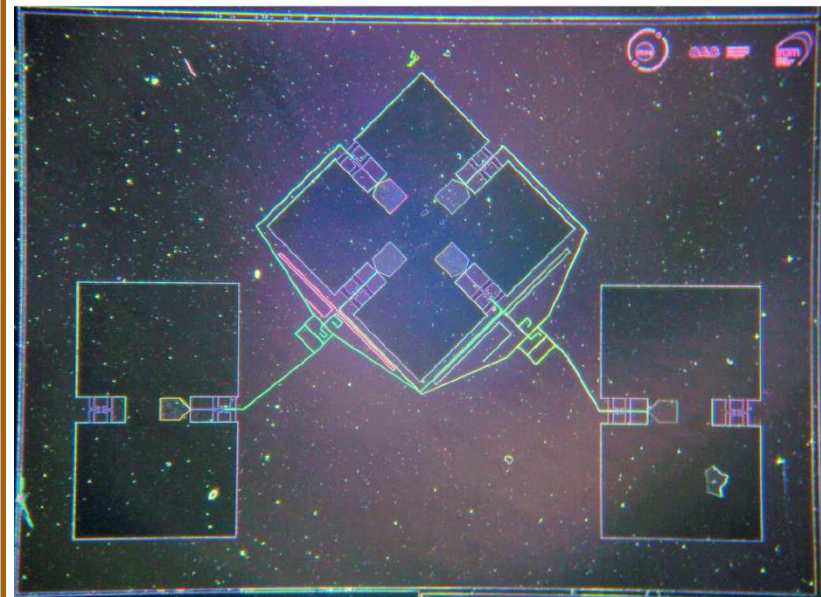
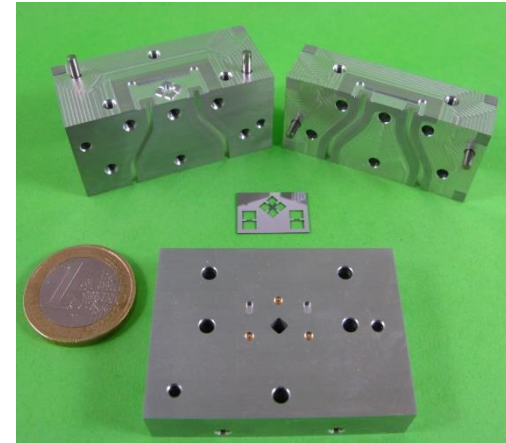
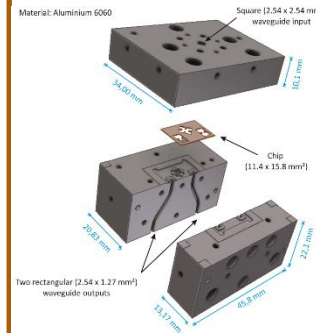
84-116 GHz backward coupler OMT



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

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**