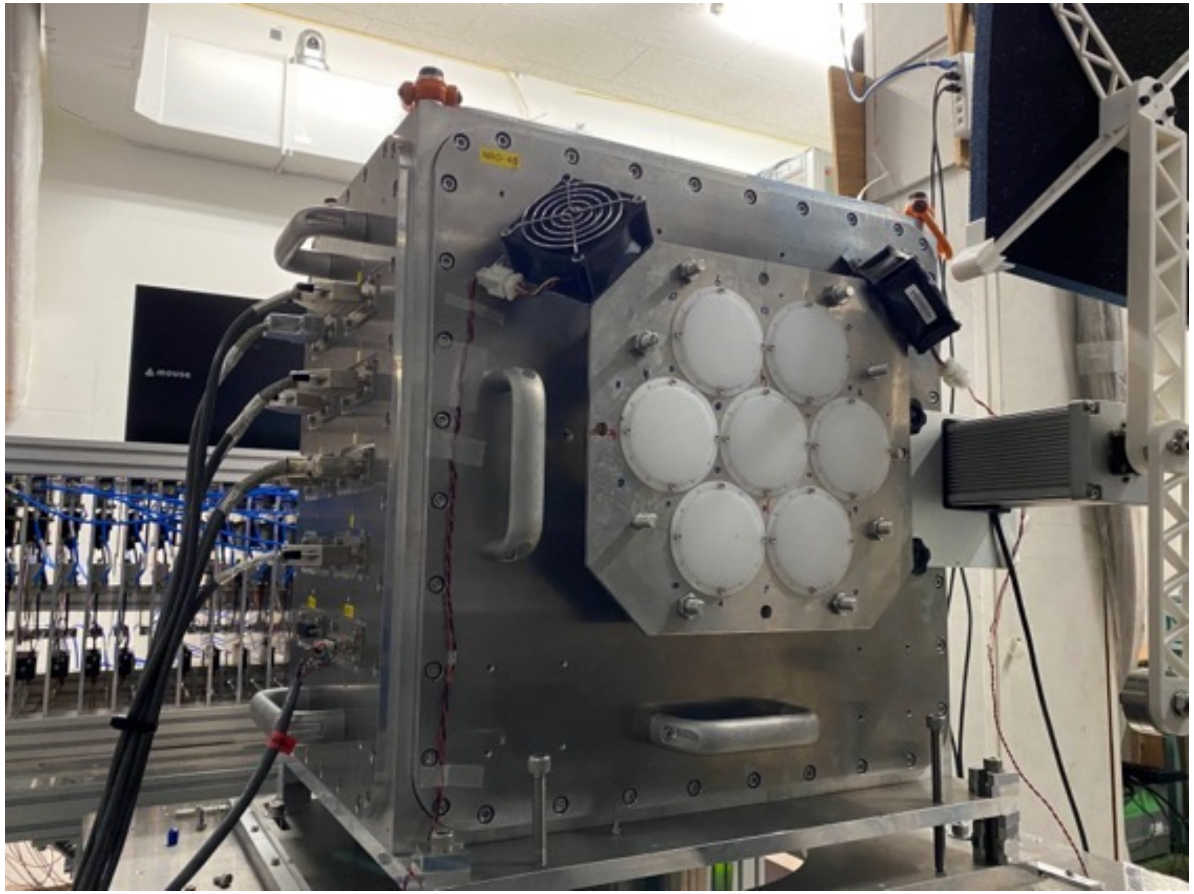
7BEE 受信機の開発進捗

7BEE
7-Beam Equipment
for Nobeyama 45m Telescope

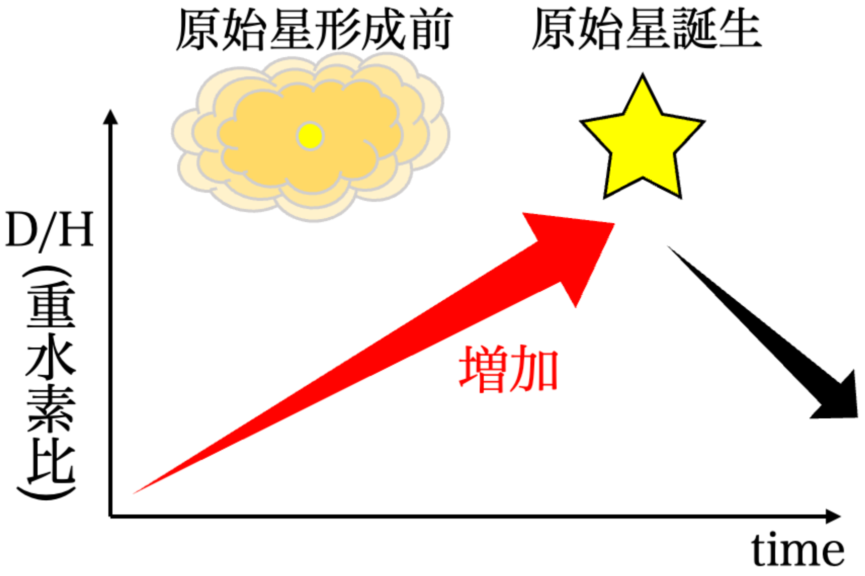


西村淳　（野辺山宇宙電波観測所）

科学目的

- 重水素化合物の観測による星形成の理解
  - 重水素化合物は、気相で形成されダスト吸着などによる depletion の影響を受けにくい
  - 重水素比は、星形成開始時点で最大となることが予想されている

- 重水素化合物を観測するために
  - 重水素化合物のラインを多く含む 70 GHz 帯を含むマルチビーム受信機
  - 水素化合物との比較のため 80 GHz 帯、分子雲全体の理解のために CO 系列 110 GHz 帯も観測
  - 星形成の規模が異なる複数の星形成領域を網羅的に観測調査する



実施体制

統括：立松健一

財源：科研費基盤(S) 2.05 億円
20H05645 代表：立松健一

開発班

大阪公立大学

- 小川英夫
- 長谷川豊 (PD)　[主設計]
- 増井翔 (現NAOJ・PD)　[導波管]
- 山崎康正 (D3)　[光学系]
- 米山翔 (M2卒業)　[アセンブリ・評価]
- 西本晋平 (D1)、西川悠馬 (M1)、藤巴一航 (M1)、中川凌 (M1)、他

国立天文台 ATC, ALMA

- GONZALEZ GARCIA, Alvaro
- 小嶋崇文

CSV班

統括
西村淳

開発班、観測班の学生等が参加

観測班

九州大学

- 徳田一起 (特任助教)
- 野﨑信吾 (M2)、大村充輝 (M1)、原田直人 (D3)、佐藤亜紗子 (D3)、所司歩夢 (M2)

大阪公立大学

- 小西亜侑 (D1)、松本健 (D2)、鈴木大誠(M2卒業)、北野尚弥 (M2)、國年悠里 (M1)、東野康祐 (M1)

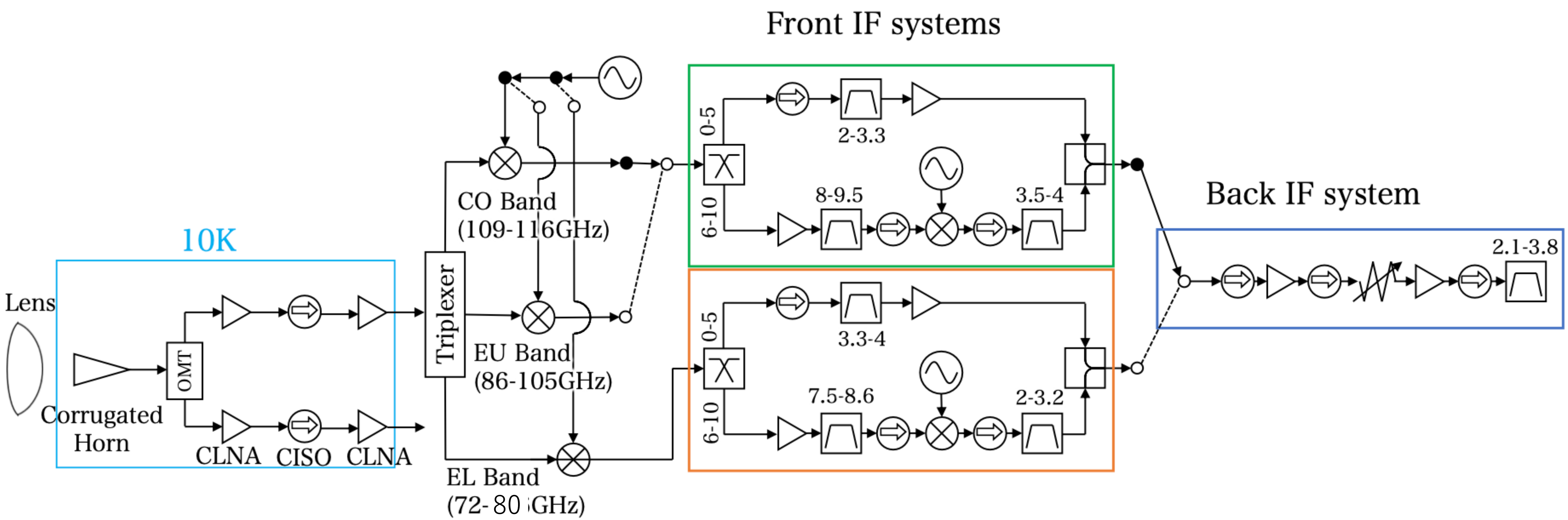
理化学研究所

- 坂井南美

電気通信大学

- 酒井剛

受信機構成



Freq. range: 72-116 GHz

(ALMA2 Band2+3 受信機とほぼ同性能)

7 beam, dual-pol (H, V)

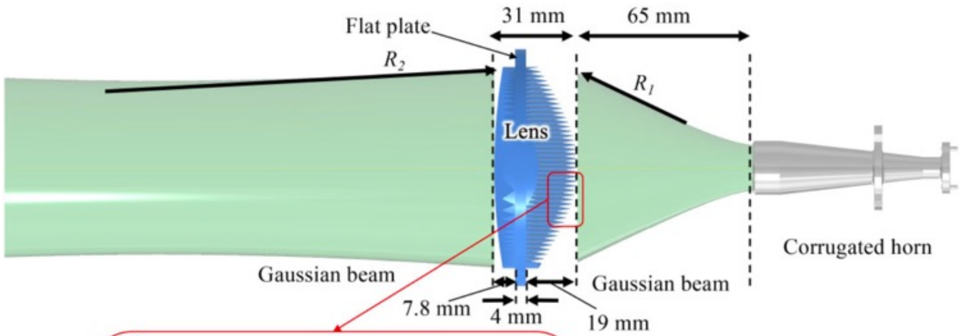
CLNA:

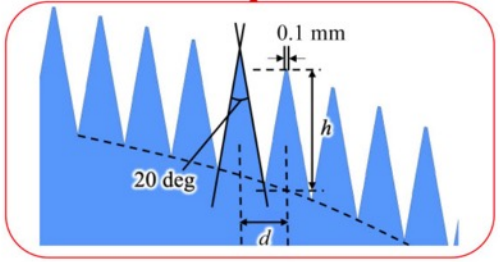
Low Noise Factory LNX65 115WB

Mixer:

SAGE Millimeter inc. externally biased balanced mixer

主な開発項目：導波管限界を目指して

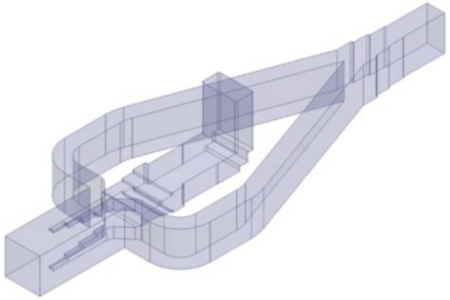


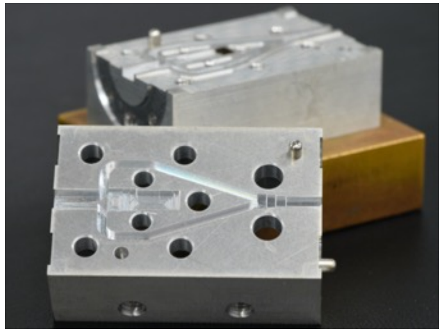


山﨑さん
(NAOJ PD)

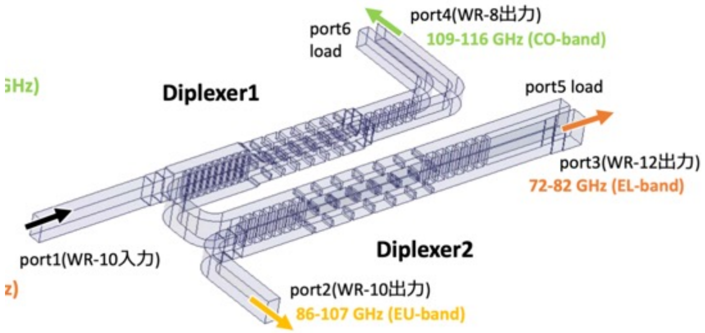
増井さん
(ATC 助教)

広帯域レンズ (72-116 GHz)
- Yamasaki+2023, PASJ
  - ホーンは Gonzalez+2020



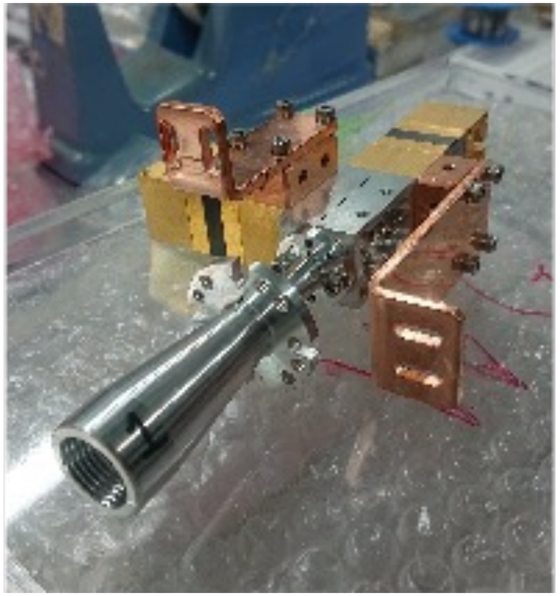


OMT (70-116 GHz)
- 米山, 修士論文, 2023



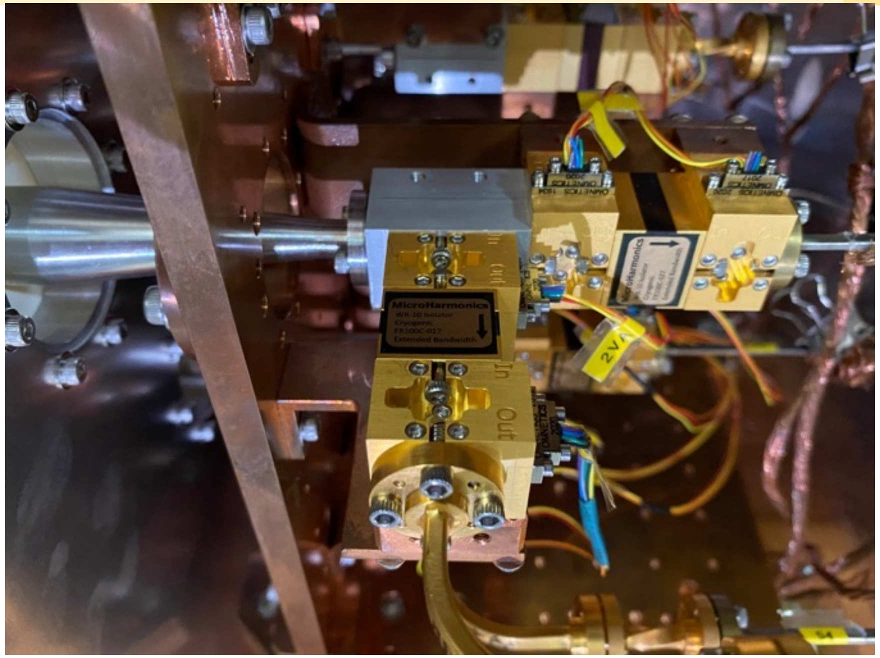
RFフィルタ
- 70-80, 84-100, 108-116 GHz
- 川下、増井ほか、2021秋季年会

RF unit of a beam



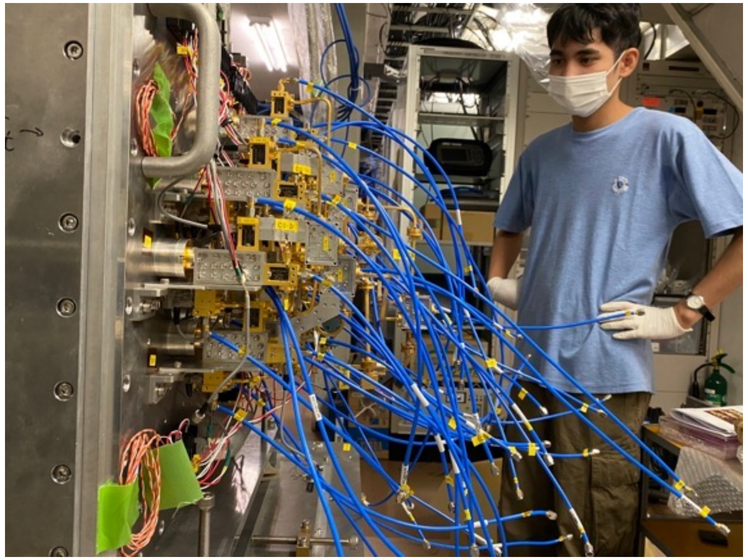
RF unit

In the dewar

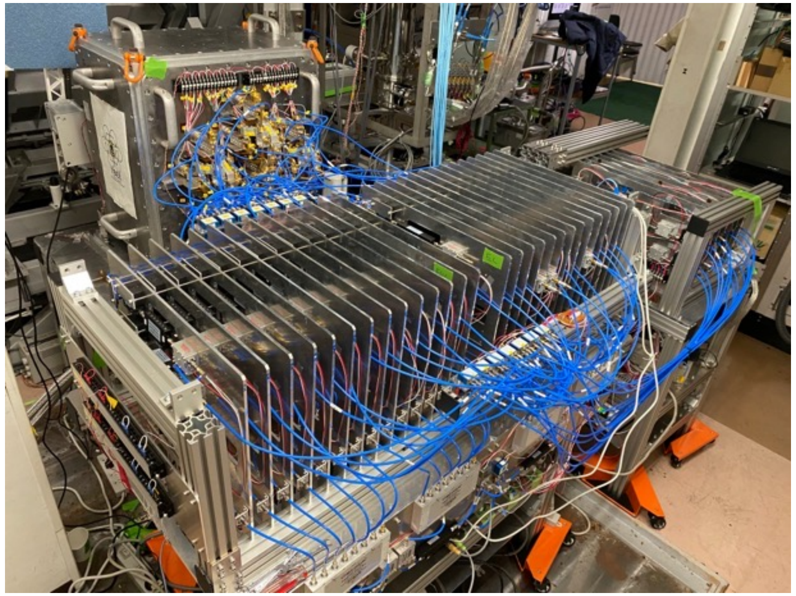


1st LO/mixer system

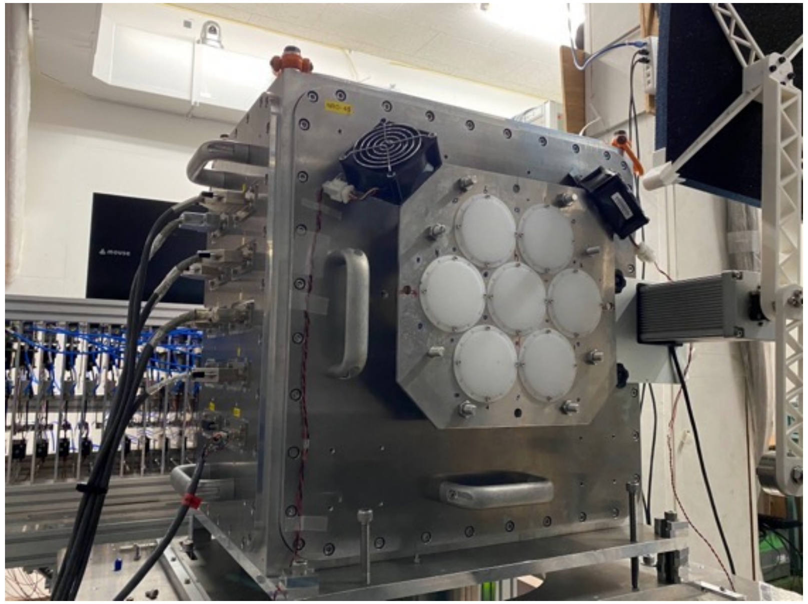
米山さん
(修士卒業)



IF system



Front side



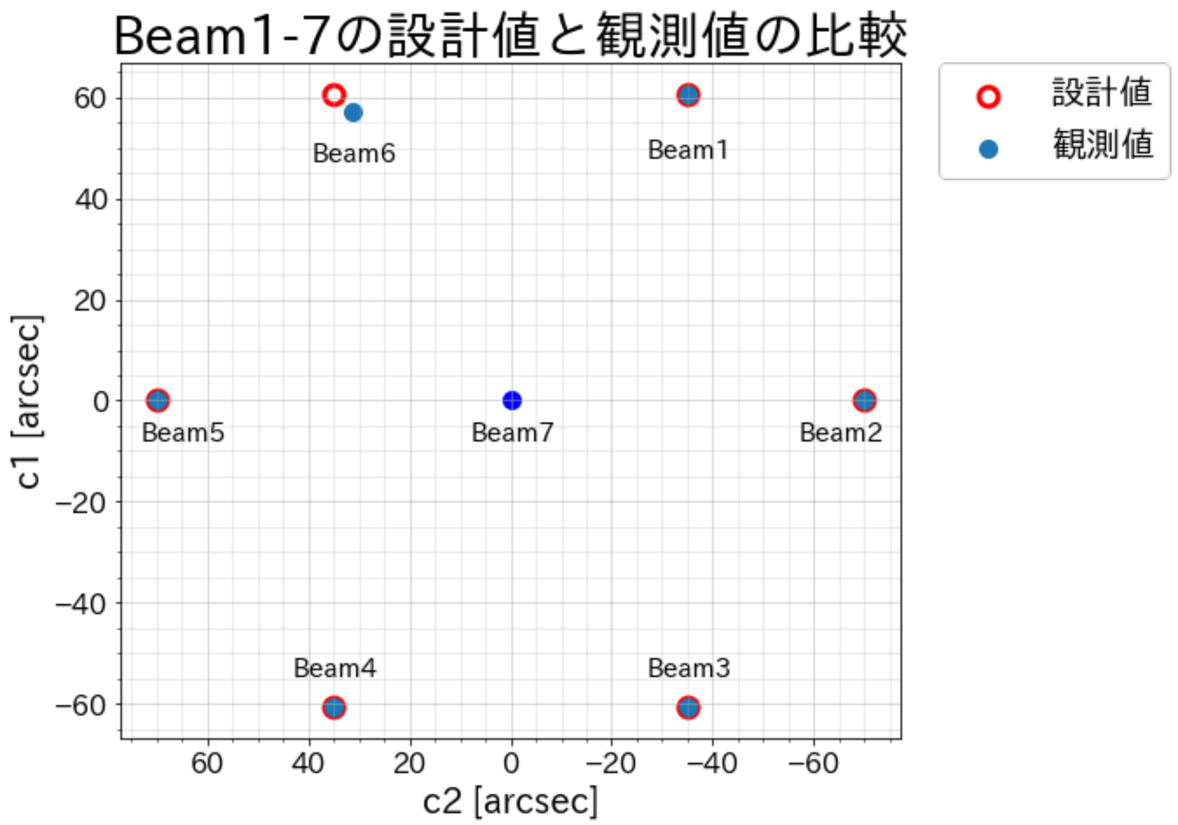
Tsys

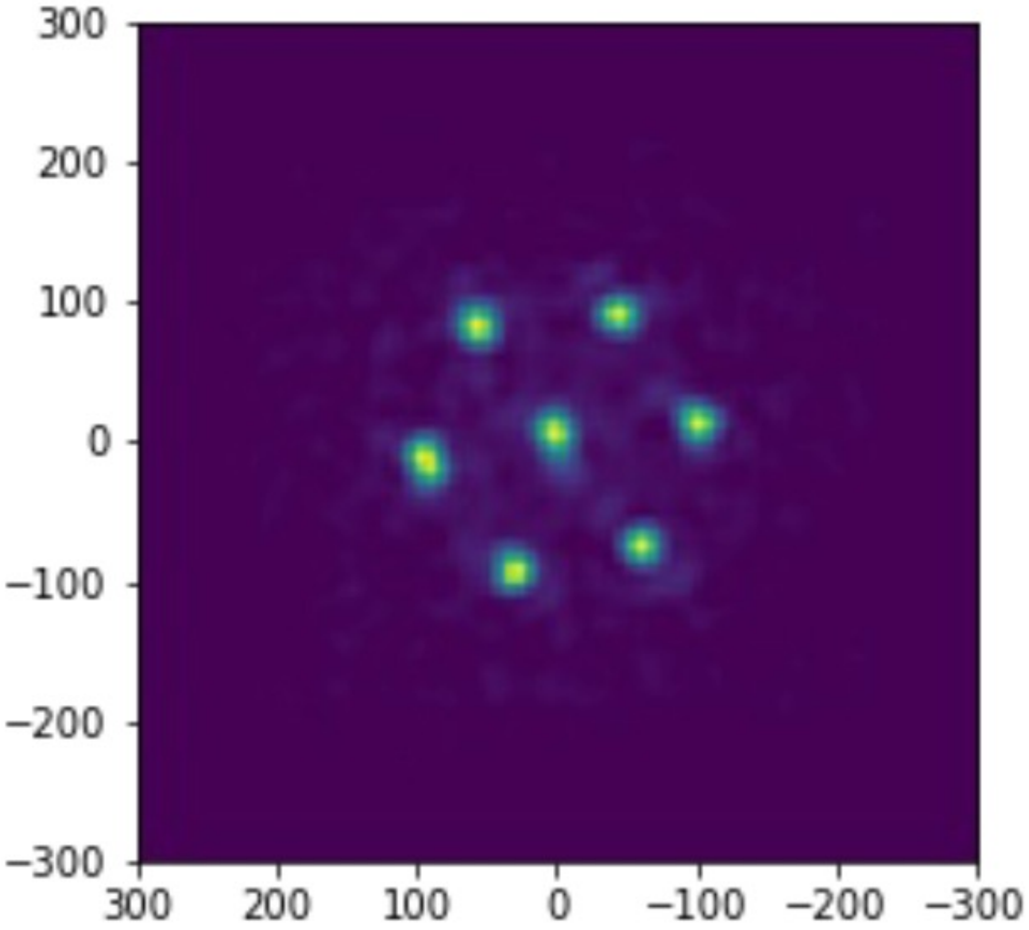
- 経費を切り詰めるために、バンド間で IF 系を共通化したが、バンド毎にRF出力レベルが異なりレベル調整に苦労…
- 最終的に 2023/1/7 に調整を完了し、全ビームで良好な Tsys を得た

1/7 時点での Tsys の FOREST との比較

Band	Freq [GHz]	輝線	Tsys [K]	
			7BEE	FOREST
EL	72	DCO+	150~300	300~700
	76	DNC	180~450	190~450
EU	86	H13CO+	140~220	160~260
	93	N2H+	130~200	160~270
CO	110	13CO	170~250	160~260
	115	12CO	300~450	270~400

ビーム



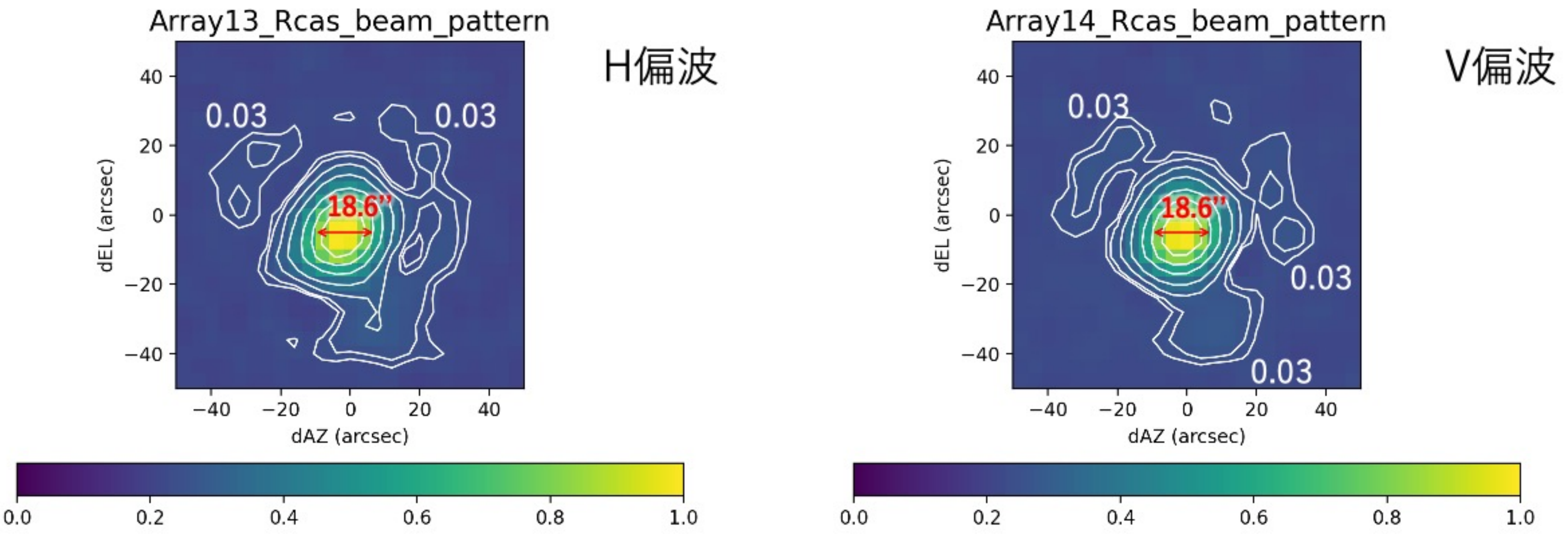


- 1秒角程度でビーム位置を計測できている
- Beam-6 だけ、5 秒角ほどズレている。ホーンが傾いている？

ビームパターン

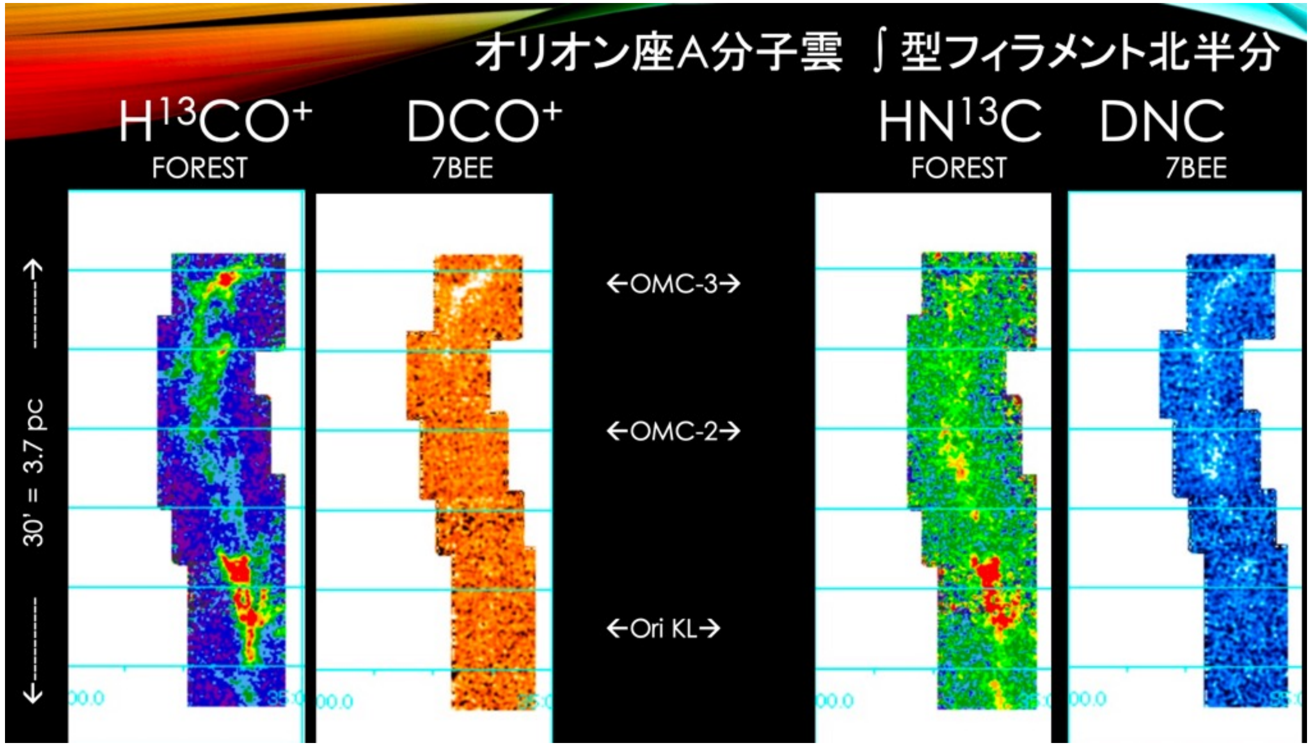
- **サイドローブレベルは -15dB 程度**

観測天体：Cas-R
観測日　：2022/10
観測輝線：86GHz帯のSiO

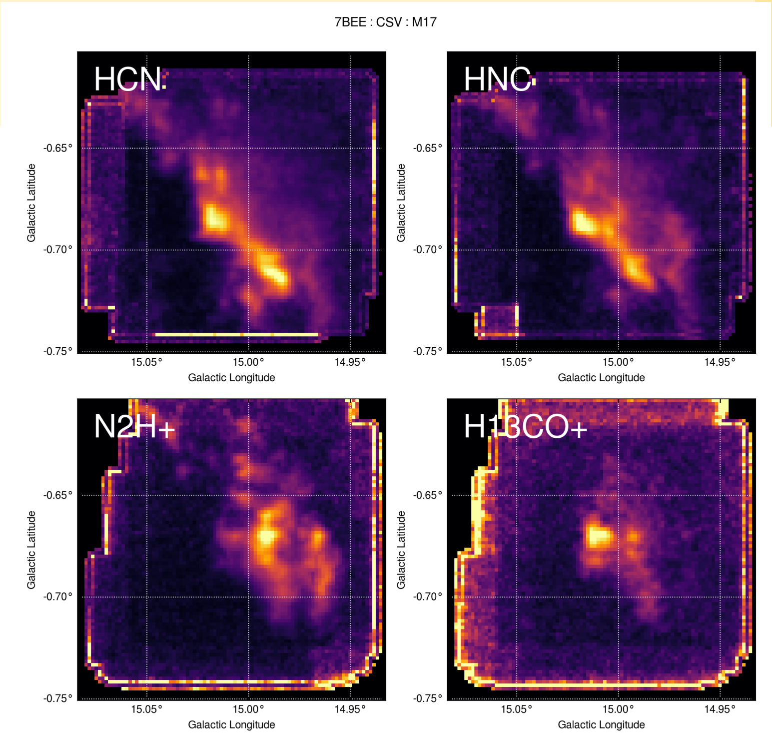


contour level : 0.03, 0.045,0.1,0.2,0.4,0.6,0.8

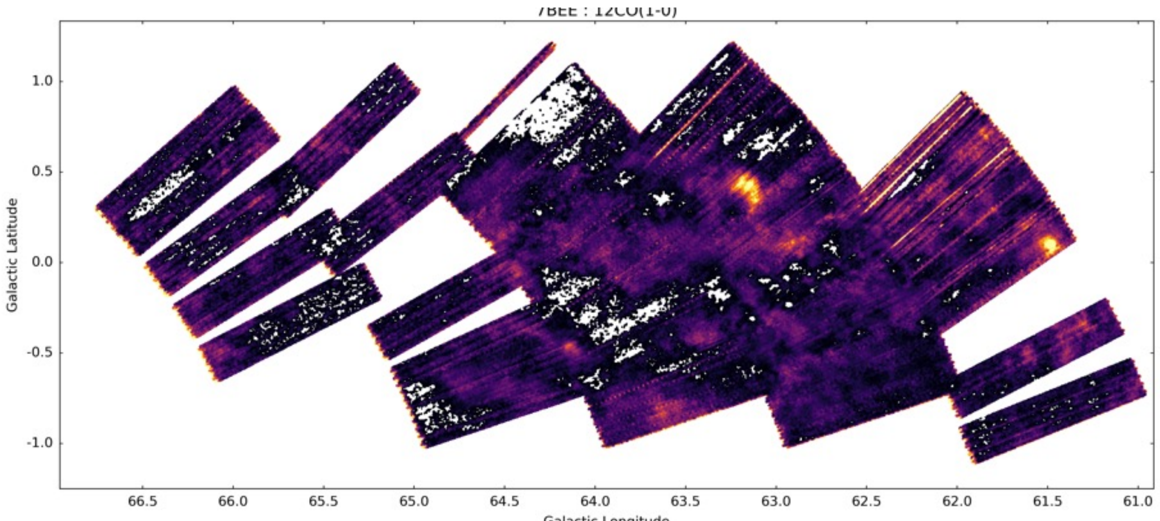
試験観測：2023-2024



70 GHz帯 ELバンド (D化合物)



80 GHz帯 EUバンド (H化合物)

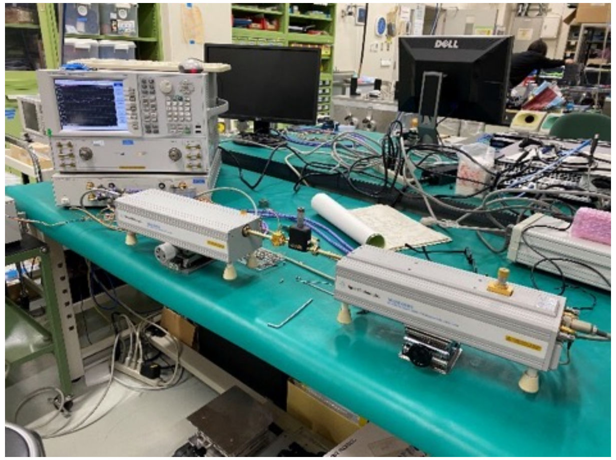


100 GHz帯 COバンド
(一酸化炭素)

冷却のたびに性能が悪化

Period	Note	Bad Tsys	Bad Gain	Bad Bias
- 2022/7	Developed in Osaka Metropolitan U ~10 times cooling cycle, total ~1-2 months of cooling operation			
2022/8	Installed to NRO45 Cooled operation start (till 2023/5; ~8 months)			
2023/1	All IFs show good gain & Tsys	0	0	0
2023/2	Some IFs show bad Tsys	Several IFs	Several IFs	0
2023/5	Warmed-up (till 2023/6)			
2023/6	Cooled (till 2023/12) Check performance carefully	~20% IFs	~50% IFs	0
2023/10	Warmed-up and re-cooled to remove frost near the window	~50% IFs	~100% IFs	6
2023/12	Cancel all observations scheduled in 2023-2024 season CLNAs were disassembled and measured with VNA			

VNA measurement of CLNAs



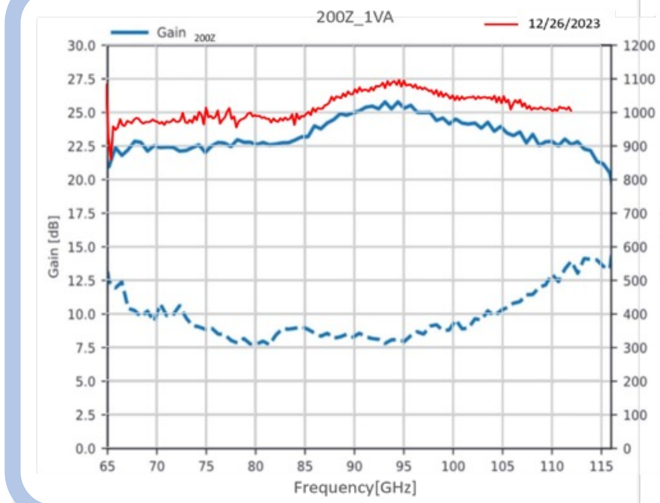
Blue: from spec sheet

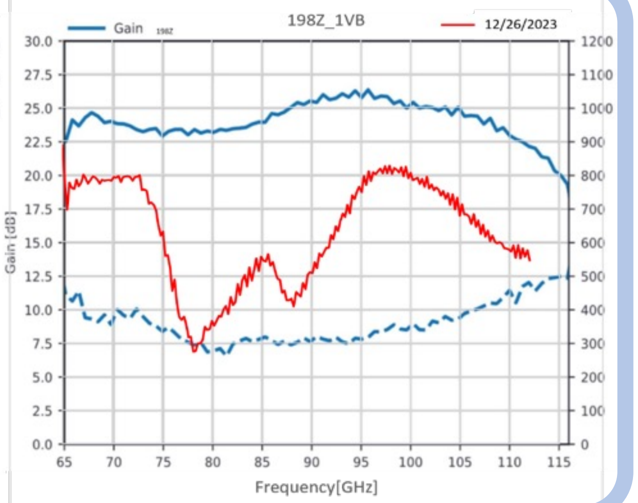
Red: measured

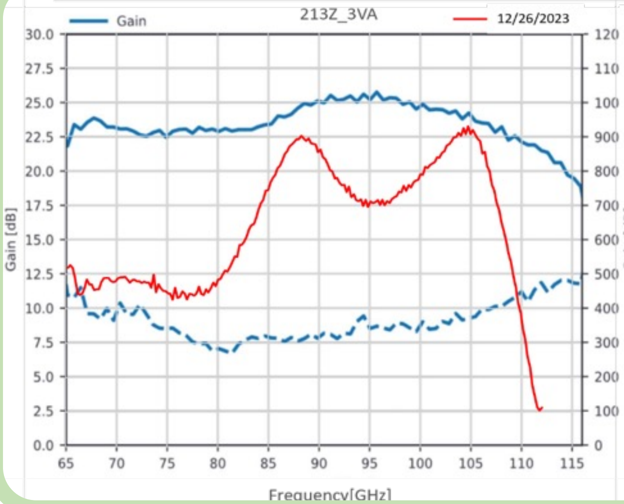
VNA(PNA) E8362C + W-BAND module

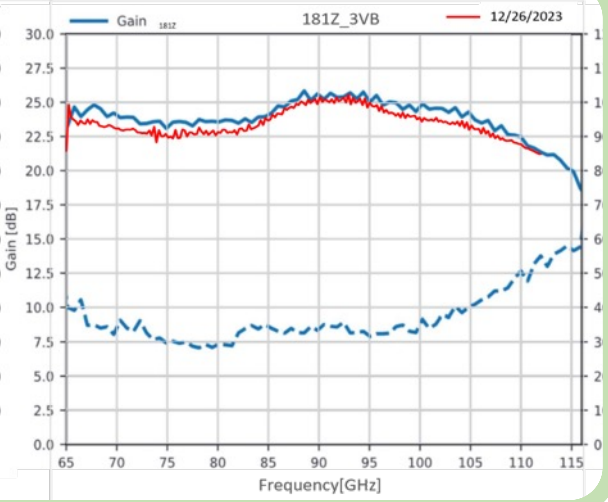
Measured on 2023/12/26

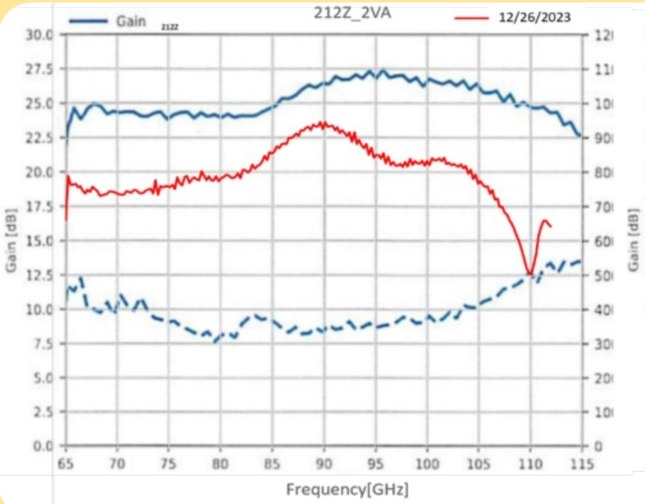
Beam1, V-pol.

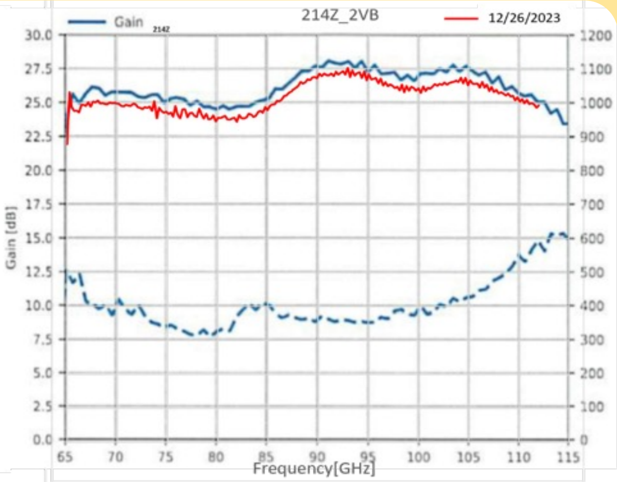










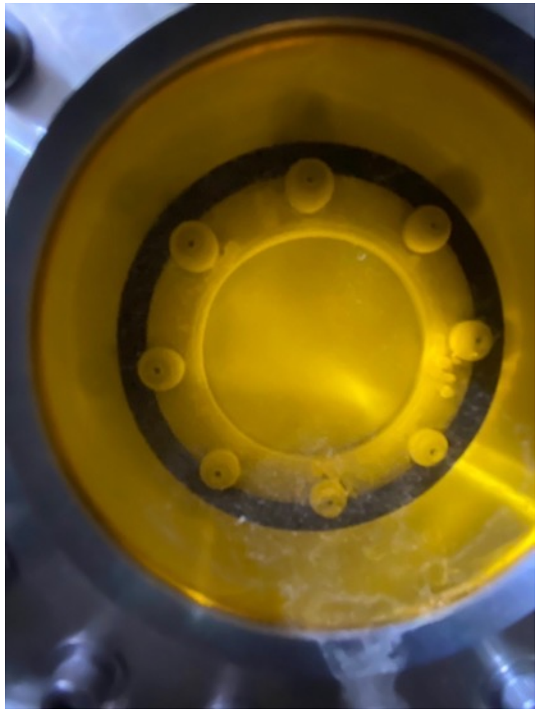


Beam3, V-pol.

Beam2, V-pol.

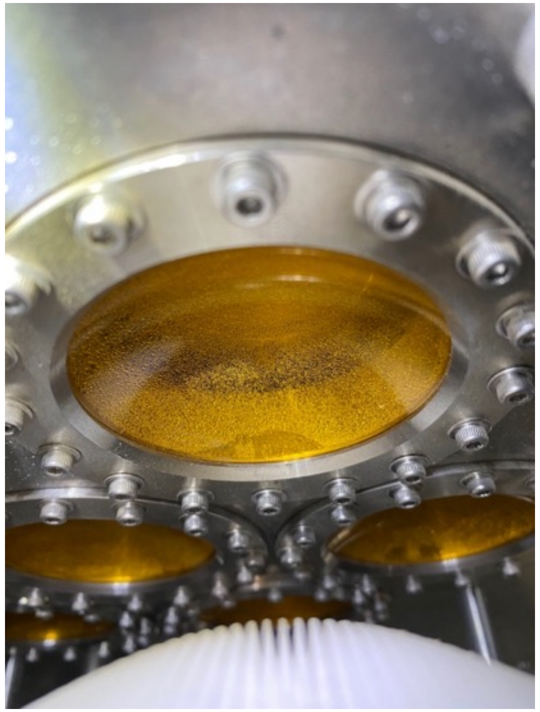
LNA 特性悪化の原因候補

- 7BEE は RF 窓内の霜が多い印象
- 昇温時に結露し、LNA にダメージを与えたか
- LNA はメーカーに送り戻し、詳細な故障原因を調査中
- カプトンによる水蒸気浸透が問題の可能性。テフロンに交換し、冷却状況を確認中。



昇温前(2023/10/9)

冷却 3 ヶ月



昇温後

(2023/10/10)

まとめと今後の課題

- 45m に搭載し、試験観測を進めている
- 出版・報告状況
  - 投稿論文： 1 件、博士論文：1 件、修士論文：1 件
- 2022-2024 年度の取得データは、不安定な IF をフラグすることで科学利用可能な見通し
- LNA がダメージを負ってしまい、現在、修理中
- 水蒸気の侵入を軽減する対策を実施し、LNA が修理から戻り次第、Acceptance review を実施し、コミュニティに提供する予定