

1. はじめに

我々は現在、45m 電波望遠鏡に搭載する 100GHz 帯新マルチビーム受信機 FOREST : the FOur-beam Receiver System on the 45-m Telescope の開発を行っている。この受信機の目標は、4 ビーム・両偏波・両サイドバンドを同時受信し、計 16IF を出力することで、マッピング効率向上や広帯域観測を目指すことである。FOREST を実用化すべく本年 5 月に DEWAR の組立を開始し、45m 鏡に搭載した後、片偏波・片サイドバンドでの試験観測を行った。その際、IRC+10216 において 12CO(J=1-0) の 115GHz のスペクトルを 4 ビーム同時に観測することができ、ファーストライトを達成した。また、土星をラスタースキャンすることで、ビーム形状やビーム間隔を確認した。

2. FOREST

2.1 4ビーム観測

4ビーム観測とは、図1のように4本のコルゲートホーンと四角錐型の平面鏡を用いることで、天空上に4つのビームを映し出すことで、広範囲に及ぶマッピング観測の効率を大幅に向上させようとする観測方法である。これら光学素子は、ガウス光学近似を用いたビーム形状計算を行い、エッジレベルを -30dB (99.9%の電力を確保)として設計している。さらに物理光学手法を用いてビーム形状などの特性をシミュレーションした結果、図2および表1のようになった。

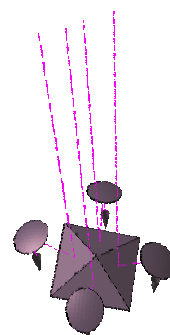
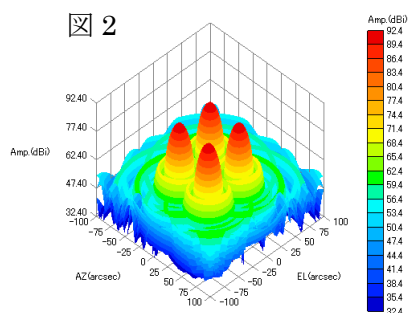


図1

表1 物理光学手法を用いたビーム特性のシミュレーション結果

beam	beam offset(arcsec)		efficiency	Co-pol gain(dBi)	Cross-pol gain(dBi)	beam size(arcsec)	
	Az	El				min	max
beam1	0.44	0.11	0.78	92.40	65.05	16.06	16.13
beam2	1.89	-52.27	0.78	92.37	67.07	15.84	16.34
beam3	-49.15	-52.29	0.78	92.38	66.46	15.70	16.20
beam4	-50.16	0.11	0.78	92.42	63.65	15.77	16.13



これより4ビームの形状に大きな違いはなく、対照的な形状を示したことから、4ビーム同時観測に使用可能であると判断した。また、Co-pol gain (主偏波利得) と Cross-pol gain (交差偏波利得) の差が 30dB 程度となったことから、直交偏波分離観測に耐える使用であると考えた。

2.2 両偏波観測

両偏波観測とは、天体からの電波のうち直交する 2 偏波を分離し、取り出す手法のことである。こうすることで、今まで矩形導波管のカットオフという特性上捨てていた偏波を拾うことができ、観測ポイント 1 点から 2 倍の情報を得ることができ、観測効率が 2 倍となる。これを行うため図 3,4 のような直交偏波分離器 OMT(Ortho-Mode Transducer)を用いる。これは、ダブルリッジ導波管やインピーダンストランスフォーマーを利用した導波管回路である。

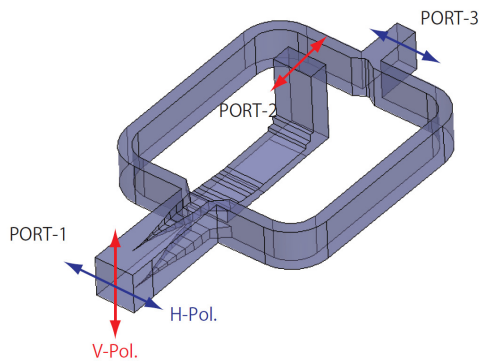


図 3

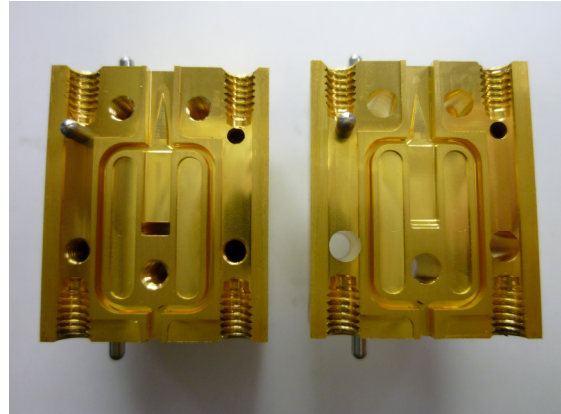


図 4

2.3 両サイドバンド観測

両サイドバンド観測は、ヘテロダインによる周波数変換を利用し、2SB ミクサを用いて USB、LSB 信号を取り出す手法である。2SB ミクサは図 5 のような形状をしている。

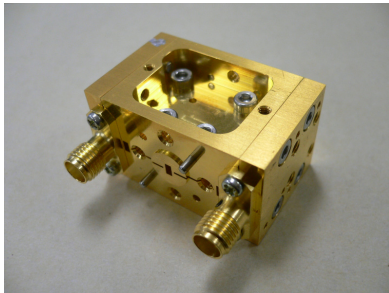


図 5

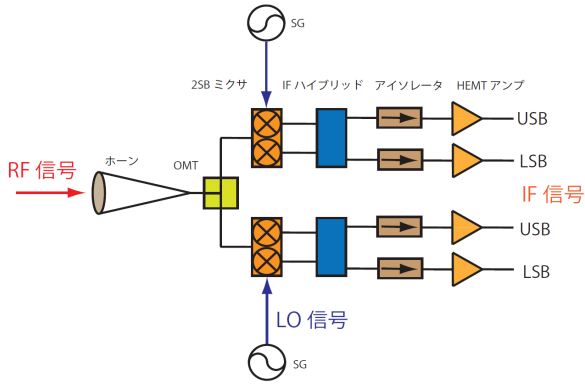
$$f_{IF} = |f_{RF} - f_{LO}|$$
$$\Leftrightarrow f_{RF} = f_{LO} \pm f_{IF}$$

f_{RF} : 天体からの信号、 f_{LO} : 局部発振信号

f_{IF} : 中間周波数信号

3. Block Diagram

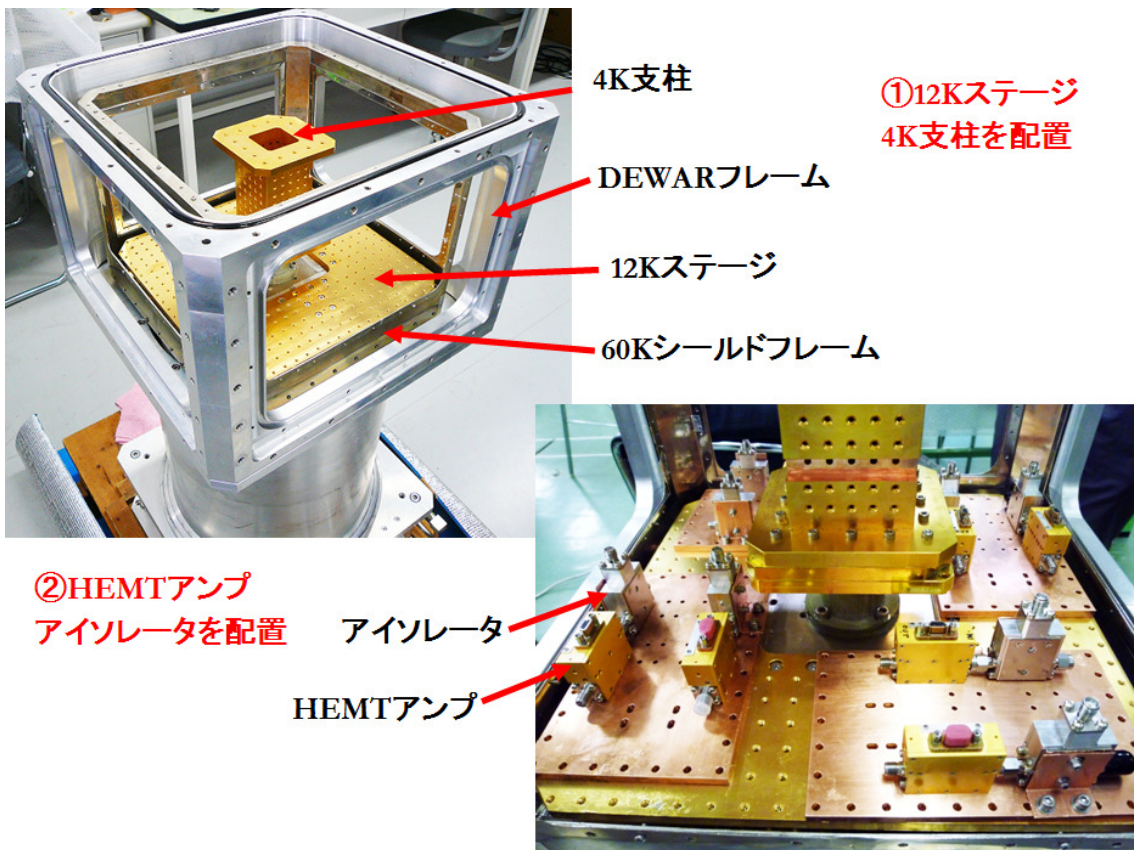
FOREST の DEWAR 内部の Block Diagram(1 ビーム分)を次の図 6 に示す。

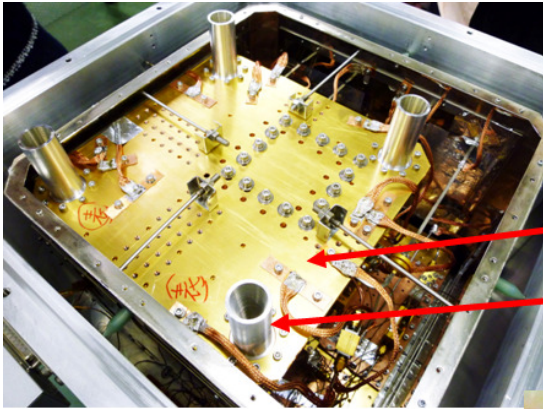


ホーンに導かれた電波は、OMTによって偏波分離される。分離された電波はそれぞれ2SB ミクサに導かれ、LO 信号を混ぜられ、周波数変換される。このとき、LO 信号は4分割され、各偏波に分配される。

4. 片偏波・片サイドバンドでの試験観測

4.1 組立





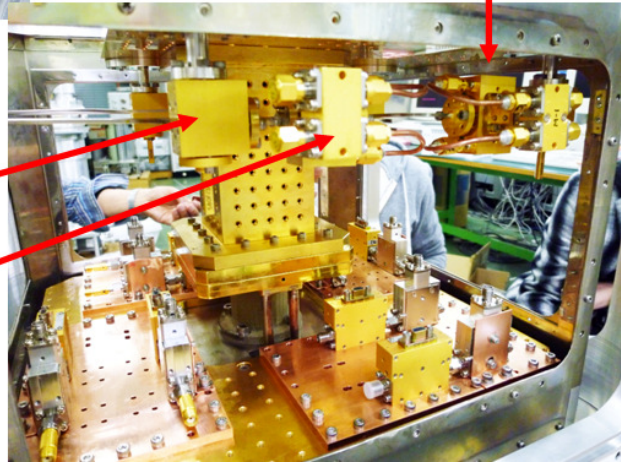
③ホーン、OMT、2SBミクサ、
IF90°ハイブリッドを配置

4Kステージ

コルゲートホーン

2SBミクサ

④導波管、IF用同軸ケーブル、
BIASケーブル、熱アンカーを配線



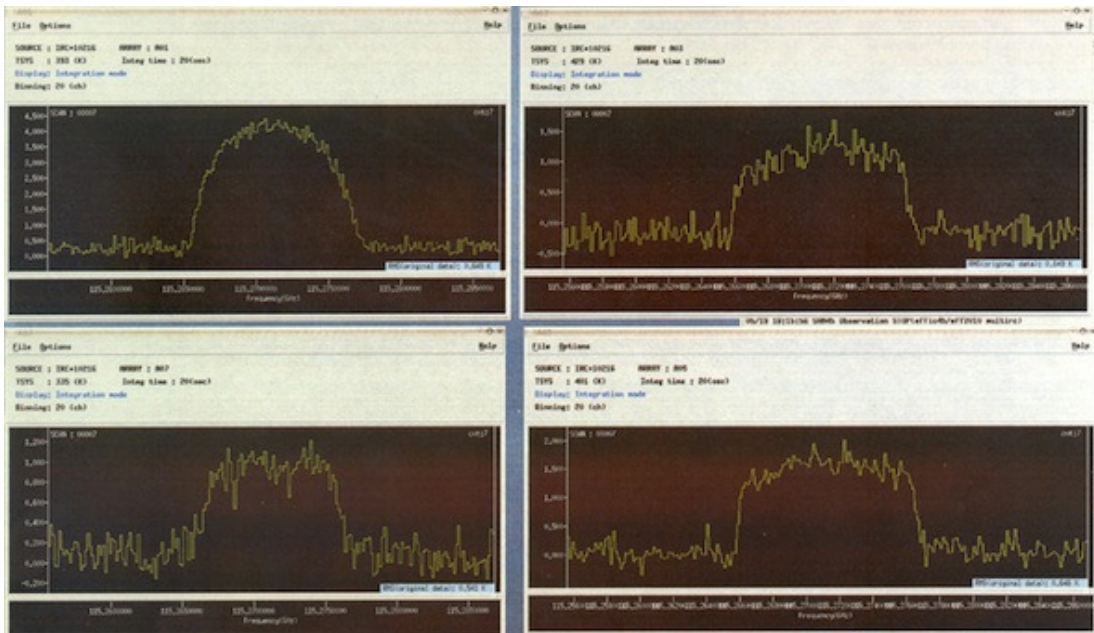
OMT

IF90°ハイブリッド

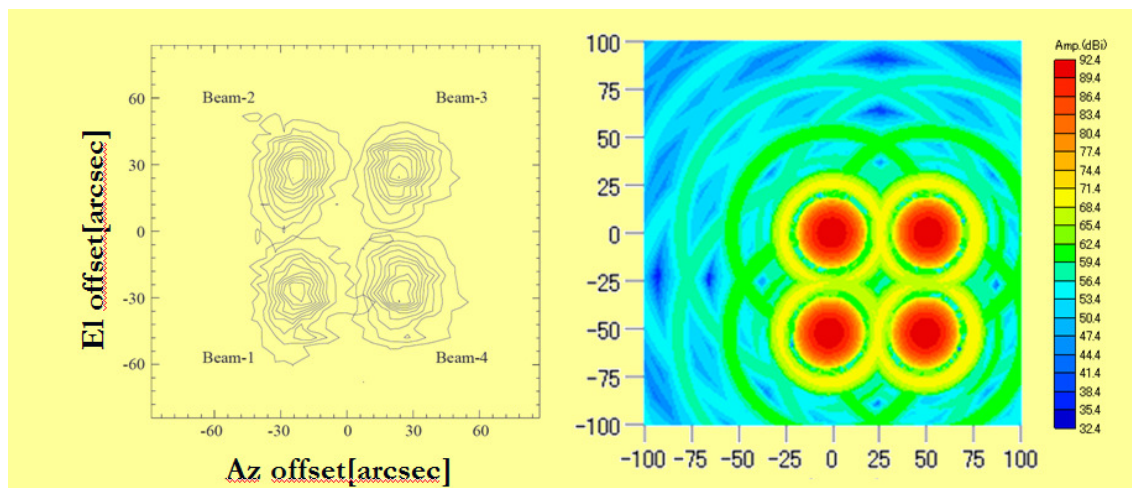
4.2 試験観測

- ・ ファーストライト

IRC+10216 の 12CO (J=1-0) による 115GHz のスペクトルを同時観測することに成功!



- ビーム形状および間隔測定
土星のラスタースキャンにより、4 ビームの形状および間隔測定を行った。



これより、ビーム間隔がおよそ 50 “となり、シミュレーションと概ね一致した。ビーム形状は若干縦に伸びているように見えるが、これは伝送系内の楕円鏡による影響であり、観測に大きな問題を引き起こすとは考えにくい。よって、光学素子の設計通りに製作されていることを確認した。