

課題番号 : F-15-UT-0056
利用形態 : 機器利用
利用課題名(日本語) : 天体観測のための超伝導 HEB ミキサの開発
Program Title (English) : Development of Superconducting HEB Mixers for Astronomical Observations
利用者名(日本語) : 相馬達也¹⁾, 海老澤勇治¹⁾, 大口脩¹⁾, 前澤裕之²⁾, 山本智¹⁾
Username (English) : T. Soma¹⁾, Y. Ebisawa¹⁾, O. Ohguchi¹⁾, H. Maezawa²⁾, S. Yamamoto¹⁾
所属名(日本語) : 1)東京大学大学院理学系研究科, 2)大阪府立大学理学研究科
Affiliation (English) : 1)Graduate School of Science, The University of Tokyo, 2)Department of Physical Science, Osaka Prefecture University

1. 概要(Summary)

テラヘルツ帯は電波と赤外線の間位置し、微弱光の観測技術はまだ開拓途上にある。本研究では天体からのテラヘルツ帯スペクトル線の観測を目的とした超伝導ホットエレクトロノボロメータ(HEB)ミキサ受信機を開発を進めている。HEB ミキサ素子の製作のためには、5-12 nm の高品質超伝導薄膜の成膜とその 0.1 μm スケールの微細加工が必要であり、そのためにナノプラットのドライエッチング装置 CE300I等を利用している。それにより、これまでに 1.4 THz 帯において量子雑音の 7 倍という低雑音温度を達成している¹⁾。今年度は、製作した HEB ミキサ素子を利用して THz 帯観測のための受信機システムを製作し、国立天文台 ASTE 10 m サブミリ波望遠鏡に搭載して試験観測を行った。

2. 実験(Experimental)

【利用した主な装置】 下記の実験方法にあるように、HEB ミキサの製作のために CE 300 I ドライエッチング装置を用いた。また、マッチング回路のストリップラインの製作作用のフォトマスクを作製するために、高速大面積電子線描画装置 (ADVANTEST F5112+VD01) を用いた。

【実験方法】 HEB ミキサ素子に用いる超伝導物質としては NbTiN を採用している。石英基板上に 5-12 nm の超伝導薄膜を成膜し、その後、真空を破ることなくその上に金電極を成膜する。その後、HEB ミキサとして動作するマイクロブリッジ(長さ 0.1 μm 程度)を電極の金を削ることで製作する。その目的に CE 300 I ドライエッチング装置を用いている。この方法は技術的にはほぼ確立しており、本年度は下記の受信機に用いるための素子の製作を進めた。

製作した HEB ミキサ素子を用いて、THz 帯のヘテロダイン受信機を製作した。この受信機は ALMA 型のカートリッジ受信機である。周波数は 0.9 THz と 1.3-1.5 THz の 2

バンドで、偏波分離によって観測するようになっている。受信機の安定化と運用時の利便性を考慮し、局部発振信号は冷却ジュワー内に設置した周波数逡倍器から準光学的に供給するようにした。ASTE 望遠鏡用の冷却ジュワーは他の周波数の観測を考慮して厚めの真空窓が使われている。そのため THz 帯での損失が大きく、受信機雑音としては両バンドともおよそ 1000 - 1500 K であった。

3. 結果と考察(Results and Discussion)

2015 年 10 月に、この受信機を ASTE 10 m サブミリ波望遠鏡に搭載し、約 3 週間の観測実験を行った。0.9 THz 帯で月、木星からの連続波受信に成功し、望遠鏡の指向制度のキャリブレーション、望遠鏡の能率測定を行うことができた。その上で、みなみのかんむり座にある太陽型原始星 R CrA IRS7B など、いくつかの星形成領域について、 $^{13}\text{CO}(J = 8-7)$ の輝線を検出した。R CrA IRS 7B ではその速度プロファイルの解析から、この天体が近傍にある明るい星(R CrA)からの紫外線輻射の影響を強くうけていることが明らかになった。現在、詳しい解析が進行中である。

4. その他・特記事項(Others)

なし。

5. 論文・学会発表(Publication/Presentation)

(1) 相馬達也 他、「ASTE10m 電波望遠鏡 THz 受信機の開発と搭載」、日本天文学会 2016 年春季年回 V104c

6. 関連特許(Patent)

なし