

V63a テラヘルツ帯超伝導ホットエレクトロン・ボロメータミクサ受信機の開発

山本智、新保謙、芝祥一、Ling Jiang、坂井南美、杉村美佳、森田将、椎野竜哉(東大)、山倉鉄矢(筑波大)、前澤裕之(名大)、入交芳久(NICT)、Ananthasubramanian Palani(RRI)

我々は、テラヘルツ帯における星・惑星系形成領域の星間物質観測を目指して、超伝導ホットエレクトロンボロメータ(HEB)ミクサ受信機を開発を進めている。2004年度より、本研究室のクリーンルームに超伝導HEB素子を製作するために必要な専用装置群を整備し、順次、立ち上げと最適化の実験を行ってきた。HEB素子としては、超伝導物質にNbを用いた拡散冷却型素子と、NbTiNを用いた格子冷却型素子の両方について開発を進めている。素子製作においては、数100 nmスケールのマイクロブリッジ構造を決められた場所に形成するために必要な電子ビーム描画装置の自動重ね描画機構の開発や、高い超伝導転移温度を持つNbTiN薄膜の成膜法の確立など、様々な課題を克服し、ほぼ安定的に製作することができるようになった。

製作した素子は導波管ミクサマウントに装着し0.8 THz帯において性能試験を行った。素子は小型GM2段冷凍機を用いて4 Kに冷却した。その結果、Nbを用いたHEBミクサ素子で3000 K(DSB)、NbTiNを用いたもので500 K(DSB)の雑音温度を達成した。特に後者はNbTiNを用いたHEBミクサとしては世界最高レベルの性能である。製作したミクサ素子は冷却のヒートサイクルに対して安定であり、十分実用に耐えることが確認できた。

NbTiNを用いたHEBミクサについては、雑音温度の冷却温度依存性の測定を行った。その結果、雑音温度は4 K近傍ではほとんど一定であり、転移温度(10 K)近傍で急速に上昇することがわかった。この振舞は、運用環境における冷却温度に対する要求がそれほど厳しくないことを意味する。また、雑音温度の冷却温度依存性を古典的なHEBミクサの理論と対応させて解析したところ、このミクサが拡散冷却で動作していることが確かめられた。