

V07a パルスチューブ冷凍機をもちいた HEBM/QCL 受信機システムの開発

前澤裕之、水野亮、長濱智生、小林和宏、森部那由多 (名古屋大学) 山本智、Li Jiang、芝祥一 (東京大学)、山倉鉄也 (筑波大学)、入交芳久 (NICT)

我々の研究グループは、ホットエレクトロンポロメータミクサー (HEBM) と呼ばれる次世代の THz 帯ヘテロダイン検出素子のオペレーションと、量子カスケードレーザー (QCL) の実装を機械式 4K 冷凍機をもちいて進めている。高周波化に伴って実装スケールが微細化すると、電波の伝送のアライメント精度の要求も高くなっていく。とくに HEBM はポロメータでもあるため、局部発振器 (LO) からの入射パワーの変動にもシビアに影響を受ける傾向がある。これまでの 4K-GM 冷凍機を用いた HEBM の動作検証では、冷凍機の機械振動によって LO パワーと HEBM のビームのカップリングが僅かに変動し、これにともなって出力レベルが変動するという症状もしばしば見受けられる。そこで我々は低振動のパルスチューブ (PT) 冷凍機 (住友重機械工業) を利用した受信機冷却システムの構築を進めている。パルスチューブ冷凍機の低温部は、ステンレス配管/畜冷器からなり、熱音響効果を利用して冷却されるため、メカニカルな可動部が無く、振動は $3 \mu\text{m}$ 程度以下と 4K-GM よりも一桁以上小さいのが特徴である。一方、現在の PT 冷凍機は 4K-GM のようにヘリウムポットなどの温度変動を抑制するバッファ等がまだ組み込まれておらず、2nd ステージ (4K ヘッド) の温度変動は 300mK 程度と 4K-GM 冷凍機のそれよりも大きいという問題もある。今後、ヘリウムポットなどの導入が必要があるが、今回は 2nd ステージの 2.3K/0.5W の冷却能力を活用し、冷却部に各種のアルミ素材をバッファとしてアセンブリーすることで、最終到達温度を若干犠牲にするものの温度変動を 1mK 以下に抑えるようにした。これは HEBM のオペレーションには支障のないレベルである。また HEBM の良好な超伝導 IV 非線形特性も確認している。本講演では、PT 冷凍機を用いた一連の進捗について報告する。