

超伝導NbTiN細線を集積した1.9THz帯ホーン/導波管型超伝導HEBミキサ検出素子の開発
Development of 1.9-THz-band Waveguide-type Hot-electron Bolometer Mixer Employing
Superconducting NbTiN Microbridge

*前澤 裕之¹、齊藤 滉介¹、西田 侑治¹、相馬 達也²、大口 脩²、山本 智²

*Hiroyuki Maezawa¹, Kosuke Saito¹, Yuji Nishida¹, Tatsuya Soma², Osamu Oguchi², Satoshi Yamamoto²

1.大阪府立大学大学院理学系研究科物理科学科、2.東京大学大学院理学系研究科

1.Department of Physical Science, Osaka Prefecture University, 2.The faculty of science, University of Tokyo

星間ガスや惑星大気中の分子・原子・イオンの多くが、ミリ-サブミリ波帯において回転・振動・微細構造などによるスペクトル線を放射している。電波天文学では、この波長域においてヘテロダインリモートセンシングの手法を用いるため、高い周波数分解能($\Delta f/f > 10^6$)が得られ、星間ガスや星形成領域、惑星大気中のダイナミクスや密度、温度、組成などの基本的な物理・化学的状態を探る強力なツールとなっている。ただし観測波長が1 THzを超えると、従来の伝導SIS検出素子はクーパ対が破壊されて機能しなくなるため、我々はNbTiN超伝導細線を用いた手法により集積する次世代の超伝導ホットエレクトロンボロメータミキサ(HEBM)素子の開発を推進している。

現在、我々は、地球・惑星大気中のOHラジカル、星間ガス中の炭素イオンや酸素原子、その他の高励起スペクトル線が分布する1.8-2THz帯をカバーすべく、HEBMの集光方式を、従来のレンズをもちいた準光学方式から、ビームパターンの優れた導波路/ホーン集光方式へと改良を行っている。ホーン・導波路の設計は3次元高周波電磁界シミュレーターHFSSを用いて行い、ビームの軸対称性やサイドローブの特性を改善している。導波路の最適サイズは幅 $50\mu\text{m} \times 40\mu\text{m}$ と非常に微細であるが、近年のマイクロマシニング技術の向上により、実際に加工・製作を実現することができた。また、このHEBMの集光方式にあわせ、GRASPソフトウェアにより新たに冷却光学伝送系を設計・製作した。HEBM素子を冷却する4 K機械式冷凍機のヘッドの温度振幅はpeak to peakで0.2 Kと大きい。これはNbTiN細線の相転移の温度幅と同程度のため、このまま振幅がHEBMに伝わると出力の不安性を誘起する。そこで、新光學系を搭載・経由させることで、HEBMへの温度変動を1 mKと十分なレベルまで減衰できるように工夫している。本講演では、これら1.9THz帯HEBM受信機の開発の進捗について講演を行う。

キーワード：テラヘルツ、ヘテロダインリモートセンシング、超伝導検出素子

Keywords: Terahertz, heterodyne remote sensing, Superconducting detector