

超伝導 NbTiN を集積した 1.9THz 帯導波管型ホットエレクトロンボロメータ・ミクサ検出素子の開発 Development of 1.9 THz Band Waveguide-type Hot-electron Bolometer Mixer Employing Superconducting NbTiN Microbridge

齊藤 滉介^{1*}; 井上 将徳¹; 長谷川 豊¹; 木村 公洋¹; 相馬 達也²; 大口 脩²; 山本 智²; 前澤 裕之¹
SAITO, Kosuke^{1*}; INOUE, Masanori¹; HASEGAWA, Yutaka¹; KIMURA, Kimihiro¹; SOMA, Tatsuya²;
OGUCHI, Osamu²; YAMAMOTO, Satoshi²; MAEZAWA, Hiroyuki¹

¹ 大阪府立大学大学院理学系研究科, ² 東京大学大学院理学系研究科

¹Department of Physical Science, Osaka Prefecture University, ²School 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・微細構造線などのスペクトル線を放射している。電波天文学で採用するこの波長域のヘテロダイン分光の手法は、高い周波数分解能 ($\Delta f/f > 10^6$) の特徴を有し、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、1 THz を超えてくると、これまで威力を発揮してきた超伝導 SIS 検出素子はクーパ対が破壊されて動作原理上機能しなくなるため、未開拓の観測波長領域となっていた。こうした中、超伝導ホットエレクトロンボロメータ (HEB) ミクサ素子は次世代の高感度ヘテロダイン検出素子として着目されている。

我々は現在、1.8-2 THz 帯 HEB ミクサ素子の開発を進めている。この波長域には、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沢山眠っている。この素子の心臓部である超伝導微細線には、我々のプロセスにおいて性能実績のある NbTiN 薄膜を *in situ* の手法により集積する。また、フィードは、従来の準光学型から、ビームパターンの優れた導波管/ホーン型へと改良する。素子チップとのインピーダンス整合の設計には 3 次元高周波電磁界シミュレーター HFSS を用いて行った。また、光学伝送の設計は GRASP ソフトウェアを用いた。この HEB 素子の基板チップの最適サイズは幅 44 μm 、厚み 19 μm と非常に微細となる。そこで、ダイシング装置やマルチプレッ研磨システムを用いて実際にチップを試作し、膜応力によるチップの反りや、加工時のクラック、その他ワイヤーボンディングなどのハンドリングなどの検証も行った。この結果、歩留りは 90% 以上を達成し、実用に耐えるチップの微細化が十分に可能であることを確認した。この素子を実装するチップスロット/導波管、ホーンアンテナの微細加工も今回初めての試みとなるが、マシンニングによる切削の目処がたっている。本講演ではこの新しい 1.9THz 帯 HEB ミクサ検出素子の設計・開発の進捗について講演を行う。

キーワード: テラヘルツ天文学, 星間ガス, 惑星大気, ヘテロダイン分光, 超伝導検出器

Keywords: Terahertz Astronomy, Interstellar Medium, Planetary Atmosphere, Heterodyne Spectroscopy, Superconducting Detector