

論文審査の結果の要旨

氏名 新保 謙

この論文は、近年注目されているテラヘルツ帯電波の宇宙観測に有利な超伝導ホットエレクトロン・ボロメータ (HEB) ミクサの独自の製法にもとづく開発、およびその性能を古典的な HEB ミクサ理論と比較した結果について述べたものである。

論文は6章からなり、第1章はテラヘルツ帯電波の宇宙観測についての解説が、第2章は超伝導 HEB ミクサの概要が、第3章では製作のための各種装置と独自の工夫について、第4章では超伝導 HEB 素子の製作法について、第5章では試作した素子の性能について、そして第6章で結論が述べられている。

周波数 300 GHz から 3 THz (波長 1 mm から 0.1 mm) の電磁波はサブミリ波と呼ばれ、近年、宇宙観測において注目されている帯域である。なかでも、テラヘルツ帯は未開拓な領域として残されている。この領域には、星間雲の物理的、化学的な状態を調べる上で重要な役割が期待される C^+ 、 C 、 O 、 N^+ などの微細構造遷移輝線や、 CO 分子の高励起回転スペクトル輝線などが存在する。また星形成領域近傍などの高密度領域の化学組成を調べる上で鍵となる CH 、 OH 、 H_2D^+ 、 HD_2^+ などの基本的な分子の放射が存在する。テラヘルツ帯の宇宙観測は、これまで漠然と捉えられてきた基本的星間現象の理解を大きく促進するものと考えられる。

しかし、テラヘルツ帯の宇宙観測はこれまで非常に限られている。その主な原因は、テラヘルツ帯における受信機技術が未成熟な点である。ミリ波帯、サブミリ波帯では、 Nb を用いた SIS ミクサ受信機が広く使われているが、700 GHz 以上の周波数では Nb 自体の吸収による損失のため性能を発揮できない。従って、新しい原理に基づく受信機開発が不可欠であり、世界的競争が繰り広げられている。

超伝導 HEB ミクサは、テラヘルツ帯でのヘテロダイン検出器の最重要要素として最も期待されているものである。HEB ミクサは超伝導体による電磁波の吸収を利用してミクサ動作を行うもので、SIS ミクサと異なり動作可能な上限周波数が原理的に存在しない。

このような背景の下に、論文提出者は、 $NbTiN$ を用いてテラヘルツ帯における宇宙観測に用いることができる HEB ミクサ受信機を開発した。

その製作にあたっては、 $1 \mu m$ 未満の微細構造の製作、高品質の超伝導薄膜の成膜などの要素技術をまず開発し、 Au 、 Ti 、 $NbTiN$ の三層一体成膜と、リフトオフ法-エッチング法を併用した構造形成からなる独自のプロセスを行うという、独自の的方法論を確立した。

また、製作した HEB ミクサ素子を導波管ミクサブロックに搭載して可搬型機械式冷凍機を用いて 4 K まで冷却し、810 GHz において性能評価を行い、最高で

Y-factor 0.7 dB, 受信機雑音温度 1200 K (両側ヘテロダイン) という良好な結果を得ている。

さらに、HEB ミクサのバイアス電圧、局部発振電力、および温度に対する依存性を測定した。その結果、温度を上げる効果と局部発振電力を加える効果は超伝導の破壊という点で同等であり、ミクサ性能に同様に寄与することが示された。これらの特性の詳細な測定は、古典的な HEB ミクサ理論と比較され、今後の HEB ミクサの開発に明確な指針を提供することができた。

以上に述べたように、この論文は、超伝導ホットエレクトロン・ボロメータ素子の製作において新たな方法論を確立し、素子の運用条件に対する性能の依存性を把握し、古典的な HEB ミクサ理論と比較することにより、今後の素子の開発に大きく貢献しこれまで未開拓であった、テラヘルツ帯の宇宙観測の展望を開くものである。

この論文は、学問的に大変有用なものであり、また論文提出者の独創性も十分であると認められる。また、この論文は開発グループの他の共同研究者との共同研究に基づくものであるので、論文提出者がどのような主導的な寄与があったのか審査委員会において念入りに審査した。その結果、全般的に論文提出者が中心となり行なった研究であることから論文提出者の主導性が十分であると判断した。

したがって、博士 (理学) の学位を授与できると認める。