

論文審査の結果の要旨

氏名 井上裕文

本論文の研究テーマは電波天文学観測で用いられるヘテロダイン受信機の最も重要な性能指標である受信機雑音温度の高精度測定を可能にする、超伝導トンネル接合を用いたミリ波雑音源の開発である。本論文は以下の5章からなる。

第1章は論文の導入部分であり、電波天文学観測で用いられる受信機と現在用いられている雑音測定法が概観されている。そして、現在の測定法の得失の整理と新しい測定法である超伝導トンネル接合を用いた雑音測定の方法が記述されている。

第2章は超伝導トンネル接合でショット雑音に起因するミリ波雑音を発生させる方法の原理とそのシミュレーションの結果が記述されている。近年、開発の進捗が著しい超低雑音ミリ波受信機の高精度測定用の雑音源に要求される性能としては、受信機が入射電波で飽和しないように、用いられる雑音源の電波強度は数 K 程度であること、また雑音源の電波強度が物理温度に依存しないことである。超伝導トンネル接合を用いる方法では、電波強度が接合に印加するバイアス電圧のみにより決まり物理温度に依存しないので、これらの要求が実現できる可能性がある。このアイデアは以前から提案されていたものではあるが実際に雑音源として製作されたことはなく、この実験が最初のものになる。

第3章はマイクロ波帯でのこの測定法の実証実験についての章である。雑音源として使用するには超伝導トンネル接合で発生するショット雑音を効率よく回路または自由空間に出力させることが必要である。章の前半では Nb 系 SIS 構造を持った超伝導トンネル素子で同軸ケーブル出力の雑音源を設計、製作したことが記述されている。後半でそれを用いて 20GHz 以下の周波数域で冷却低雑音増幅器の雑音温度を測定し、従来の方法を用いた結果と比較している。新しい測定法での結果は従来の結果と矛盾なく、かつ新しい測定法はより精度の高い測定ができることを示している。

第4章は本来の目的であるミリ波帯での導波管出力の雑音源の開発とそれを用いた測定についての章である。章の前半では、超伝導トンネル素子による雑音源と、それにより測定される SIS ミキサー自体の設計について原理と方法論が記述されている。そして章の後半ではこの方法による 100GHz 帯での SIS ミキサーの雑音測定が記述されている。この実験により、100GHz 以上の周波数で超

伝導トンネル素子のショット雑音を初めて検出することに成功した。また、黒体放射との比較を行い、この雑音源からのミリ波出力とバイアス電圧の間に多少の非直線性があるものの、理論予測の80%程度の効率で雑音源からのミリ波出力が実現されていることを確かめている。

第5章は研究のまとめと、前章までの実験で明らかになった技術的問題点の解決法の提案が述べられている。

以上のように、本論文は近年高性能化している超低雑音ミリ波受信機の高精度測定について提案されている新しいアイデアに基づくミリ波受信機雑音温度測定用の超伝導トンネル素子雑音源の初めての開発である。実際に雑音源として使用するには非線形と効率についての補正が必要になるが、この方法が要求する精度を実現する十分な方法であることを実験で確かめたことは、電波天文学観測技術の発展に大きく寄与する価値の高いものであると考えられる。

なお本論文第3章の結果の一部は野口 卓氏、河野孝太郎氏との共同研究により得られたものではあるが、本論文提出者の寄与が十分に大きいと判断できる。したがって、本委員会は全員一致で井上裕文氏に博士（理学）を授与できると認める。