

V112b 純ニオブ材による導波管共振器を用いた超伝導導波管の伝送特性の測定

中島 拓, 鈴木 和司 (名古屋大学), 小嶋 崇文, 鶴澤 佳徳 (国立天文台), 石野 雅之 (川島製作所), 渡邊 一世 (情報通信研究機構)

現在、ALMAをはじめ多くのミリ波・サブミリ波望遠鏡では、比較的複雑な導波管回路（偏波分離器やハイブリッドカップラ、周波数分離フィルタなど）をミクサの前段で使用する受信機が主流である。しかしこのような場合、導波管での伝送損失が受信機雑音温度の上昇に大きく寄与することに注意が必要である。導波管材料に超伝導体を用いると、一般的な常伝導金属の導波管に比べて伝送損失を大幅に低減できる可能性があるが、これまで超伝導導波管を実際に製作・評価した研究はほとんどなかった。我々は、超伝導金属である純ニオブ材 (Nb) を用いた導波管を製作し、100 GHz 帯での伝送特性を実測した結果を 2022 年秋季年会で報告した。

この実験では、Nb だけでなく、導波管材料として一般的なアルミニウム合金 (A6061:Al) とテルル銅 (+金メッキ:Cu) の 3 種類の金属で共振器を製作し、常温時と極低温時の共振特性をそれぞれ測定した。前回の報告以降、得られた実験データを電磁界解析によるシミュレーションと詳細に比較した結果、超伝導 Nb 導波管の導電率として 1.8×10^{11} S/m が得られた。これは Al や Cu と比べて、3-4 桁高い導電率であった。また、この導電率をもとに計算した導波管 1 m 当たりの損失は 0.05 dB/m となり、ある複素ギャップエネルギーを仮定して理論的に予測されていた損失 (Yeap et al. 2015) と比べると、非常に小さいことが確認された。また、我々の実測結果とシミュレーションによる共振特性には約 0.2 GHz の周波数差が見られたが、これは Nb 材が極低温下で 0.2% 程収縮したことで説明でき、これは先行研究で測定された Nb の線膨張係数からの見積りとも矛盾していなかった。講演では、超伝導 Nb 導波管の伝送特性の解析についての詳細と今後の展望について述べる。