

V102a 超低損失立体回路の実現に向けた超伝導ニオブ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）を用いる受信機が一般的になっている。しかし、このような回路を初段検出器の前に配置すると、その伝送損失により受信機雑音を上昇させてしまう。一方、超伝導体を用いた導波管は、常伝導金属に比べて伝送損失を大幅に低減できる可能性が指摘されているが、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を用いた導波管を製作して伝送特性を実測することにより、超伝導導波管が本当に伝送損失の低減に有効かどうかを検証した。

測定器を用いて限られた導波管長さの通過損失を極低温で精度良く測定するのは困難であるため、伝送特性の評価には共振器法を応用した。これは、共振回路のQ値 ($f_0/\Delta f$) の逆数が、その回路の損失で決まることを利用したものである。まずは100 GHz付近で急峻な特性を持つW-band矩形導波管共振器をニオブ(Nb)、アルミニウム合金(A6061:Al)、テルル銅(+金メッキ:Cu)の3種類の金属で製作し、常温時と極低温時の共振特性をそれぞれ測定した。その結果、常温下でのQ値は、文献値の導電率から予想される値と、どの金属も概ね一致した。一方極低温では、常温でのQ値に比べてAlが1.6倍、Cuが2.7倍高くなったが、超伝導Nbは84倍と桁違いに大きなQ値が測定された。このQ値を再現する導電率を電磁界解析を用いて見積もったところ、超伝導Nbでは 1.1×10^{11} S/mとなり、これは先行研究において理論的に予測された値 (7.5×10^7 S/m; Yeap et al. 2015) と比べて3桁以上高い値であった。講演では、超伝導Nb導波管で予想される伝送損失についての詳細を述べる。