

V132a サブミリ波・テラヘルツ波帯伝送路の低損失化に向けた超伝導導波管の検討

中島 拓 (公立諏訪東京理科大学), 久保 毅幸 (高エネルギー加速器研究機構), 鶴澤 佳徳 (国立天文台), 石野 雅之 (株式会社川島製作所), 渡邊 一世 (情報通信研究機構)

現在、ミリ波・サブミリ波帯の電波望遠鏡をはじめとするヘテロダイン受信機では、比較的複雑な導波管機能回路 (偏波分離器、ハイブリッドカップラ、周波数分離フィルタなど) を超伝導 SIS 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、導波管でのオーミックロスが受信機雑音温度の上昇に寄与し、特に 500 GHz を超えるようなサブミリ波・テラヘルツ波帯では無視できないレベルとなる。これまでに我々は、導波管の壁面材料に超伝導金属であるニオブ (Nb) を用いた場合、極低温下では一般的な常伝導金属の導波管に比した伝送損失が数 10 分の 1 の大きさに低減され、所謂「超伝導導波管」が受信機雑音低減に有効であることをミリ波 (100 GHz) 帯で示した (中島他, 2023 年春季年会; Nakajima et al., JPCS, 2023)。

しかし、Nb のギャップ周波数 (f_{gap}) は約 700 GHz であるため、サブミリ波~テラヘルツ波帯の導波管 (例えば ALMA Band9・Band10 受信機) に用いることはできない。現在我々は、本格的なテラヘルツ波天文学開拓にも資する 1.0 THz を超える高い f_{gap} を持つ材料を用いた超伝導導波管の開発を進めている。窒化ニオブ系材料 (NbN; $f_{\text{gap}}=1.4$ THz や NbTiN; $f_{\text{gap}}=1.2$ THz) が候補であるが、これらは導波管内壁への高品質な成膜が課題で、現在複数の成膜法の検討や試作の準備を行っている。さらに、加速器に用いられる超伝導加速空洞の候補材料の一つであるニオブスズ (Nb₃Sn; $f_{\text{gap}}=1.5$ THz) などの新たな材料についても検討している。

本発表では、ミリ波帯超伝導導波管で得られた特性を改めて紹介するとともに、より高周波帯の超伝導導波管実現に向けた検討状況を報告する。