

ミリ波大気微量分子観測装置のための超伝導デバイス開発2 Development of superconducting device for millimeter-wave atmospheric radiometer 2

加藤 智隼^{1*}; 中島 拓¹; 伊藤 万記生¹; 古賀 真沙子¹; 藤井 由美¹; 山本 宏昭¹; 水野 亮¹;
小嶋 崇文²; 藤井 泰範²; 野口 卓²; 浅山 信一郎²; 上月 雄人³; 長谷川 豊³; 小川 英夫³
KATO, Chihaya^{1*}; NAKAJIMA, Tac¹; ITO, Makio¹; KOGA, Masako¹; FUJII, Yumi¹; YAMAMOTO, Hiroaki¹;
MIZUNO, Akira¹; KOJIMA, Takafumi²; FUJII, Yasunori²; NOGUUCHI, Takashi²; ASAYAMA, Shin'ichiro²;
KOZUKI, Yuto³; HASEGAWA, Yutaka³; OGAWA, Hideo³

¹名古屋大学, ²国立天文台, ³大阪府立大学

¹Nagoya University, ²National Astronomical Observatory of Japan, ³Osaka Prefecture University

地球上空の大気微量分子は、回転してミリ波帯の電波を発生する。そこで名古屋大学 STE 研の大気圏環境部門・水野グループでは、この電波を受信するミリ波観測装置を運用し、中間圏における O₃(208.7GHz, 235.7GHz) およびその生成・消滅に関わる NO(250.9GHz)、ClO(204.3GHz) 等の大気分子の高度分布や時間変動の長期的モニタリングを行っている。観測装置は、北海道・陸別、チリ・アタカマ、アルゼンチン・リオガジェゴス、南極・昭和基地に設置されており、来年度にはノルウェー・トロムソにも新たに観測装置を設置する予定である。

大気観測装置にはミリ波帯の受信機が搭載されており、その中の超伝導デバイスが受信機の性能を大きく左右する。そこで我々は、国立天文台先端技術センターとの共同開発研究として、大気観測装置用のミリ波・サブミリ波帯の超伝導デバイス (SIS 素子) を開発している。特に私は、チリ・アタカマやノルウェー・トロムソの観測装置に搭載する 200 GHz(波長 1.5 mm) 帯のデバイスを開発している。現在用いられているデバイスは、周波数帯域が非常に狭いため一度に測定できる大気分子が少なかった。そこで我々は、複数の大気分子を一度に観測するため、広い周波数帯域で高感度に電波を受信できる素子の開発を目指している。具体的には局部発振周波数 190 - 260 GHz において受信機雑音温度 (T_{rx}) が 30K 以下となる素子の製作を目標としている。

我々はこれまでに、広帯域な周波数特性を持つデバイスとしてマイクロストリップライン (MSL) とコプレーナーウェーブガイド (CPW) によってインピーダンス整合をとる直列接合素子を電磁界解析および等価回路解析を基に設計してきた。具体的には、先行研究で行われた 100GHz 帯直列接合型素子 (Inoue 2011) の基本構造を基に、先行研究では考慮されていなかった素子の直列接合部分の構造を等価回路や物理モデルによって明らかにし、その内容を踏まえた 200GHz 帯の新素子を設計した。この素子においては、タッカーの量子論に基づいたシミュレーションの結果、局部発振周波数が 170 - 270 GHz の範囲で $T_{rx} < 30K$ となる性能を得ることに成功した。現在は設計した素子を実際に製作し、実験室にて大気観測装置への搭載に向けた性能評価を進めている。今後は、製作した素子の評価を進めると共に、得られた結果を次回設計にフィードバックして、目標の性能を満たす素子の製作を進める予定である。

本講演では、製作したデバイスの基本設計、現在までに得られた実験室での特性評価の結果、および大気観測装置への搭載に向けた見通しについて報告する。

キーワード: 中間圏, 微量分子, ミリ波, ラジオメーター, 超伝導デバイス, SIS ミキサ

Keywords: middle atmosphere, minor molecules, millimeter wave, radiometer, superconducting device, SIS mixer