

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 1 Development of superconducting device for millimeter-wave atmospheric radiometer 1

中島 拓^{1*}; 加藤 智隼¹; 伊藤 万記生¹; 秋山 直輝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; 小川 英夫³; 酒井 剛⁴
NAKAJIMA, Tac^{1*}; KATO, Chihaya¹; ITO, Makio¹; AKIYAMA, Naoki¹; FUJII, Yumi¹; YAMAMOTO, Hiroaki¹; MIZUNO, Akira¹; KOJIMA, Takafumi²; FUJII, Yasunori²; NOGUUCHI, Takashi²; ASAYAMA, Shin'ichiro²; KOZUKI, Yuto³; OGAWA, Hideo³; SAKAI, Takeshi⁴

¹名古屋大学, ²国立天文台, ³大阪府立大学, ⁴電気通信大学

¹Nagoya University, ²National Astronomical Observatory of Japan, ³Osaka Prefecture University, ⁴The University of Electro-Communications

名古屋大学 STE 研の大気圏環境部門・水野グループでは、中間圏オゾンおよび関連分子の変動をモニタリングするために、北海道・陸別町、チリ共和国・アタカマ高地、アルゼンチン・リオガジェゴス、南極・昭和基地においてミリ波帯での大気微量分子のリモートセンシングを行っている。ミリ波大気観測装置では、大気分子の回転遷移スペクトルを高感度で検出するため、受信機には SIS (Superconductor-Insulator-Superconductor) 構造を持つ STJ (Superconducting Tunnel Junction) デバイスが利用されている。STJ デバイスの開発・研究は特に電波天文学の分野で進んでおり、我々は昨年度から国立天文台先端技術センターとの共同開発研究により、大気観測装置のための新たなデバイスの設計と製作を行っている。本講演では、デバイス開発の概要およびオゾン分子スペクトル (周波数 110 GHz 付近) 観測のための 100 GHz (波長 3 mm) 帯デバイスの設計、試作、実験室での特性評価の結果を報告する。

100 GHz 帯の STJ 素子は、我々が運用する複数の大気分子観測装置の他、南米チリの NANTEN2 望遠鏡や野辺山の 45 m 電波望遠鏡の受信機などで実際に観測に使われている。しかし現状の観測装置では、約 10 年ほど前に製作されたやや雑音性能の悪い素子 (受信機雑音温度が 80 K 程度) か、較正に用いる常温電波雑音源での受信機出力の飽和度 (gain compression) が 10% 前後となってしまう素子を用いた超伝導ミキサが用いられており、高い感度と観測精度が要求される大気分子観測装置に対しては難があった。特に大気観測装置では、超伝導ミキサでのリニアリティが確保されていることが重要である。電波望遠鏡で用いられているチョッパーホイール法での温度較正 (精度 ~ 10%) と比較して、さらに一桁高い精度を目指す必要があるため、常温電波雑音源での gain compression は、1% 程度に抑えたい。飽和度のシミュレーションによれば、100 GHz 帯で mixer gain=0 dB の場合、SIS 接合を 8 個以上直列に接続した素子が必要となる。しかしながら、多数の素子を精度良く均一に製作するのは難しい。そこで我々は、低雑音 (受信機雑音温度が 20 K 程度) かつ gain compression を出来る限り低く抑えた新たなデバイスの開発を目指し、製作実績のある 100 GHz 帯直列型素子 (Inoue 2011) を基に電磁界解析および同調回路等の設計を行った。そしてこれまでに、5 つの SIS 接合を直列に配置した 5J 直列接合型のデバイスを試作し評価したところ、実験室において局部発信周波数 85-105 GHz において 18-25 K という良好な性能が得られた。今後は、受信機雑音温度だけでなく、gain compression、中間周波信号特性、出力安定度などの評価を行い、100 GHz 帯のオゾン分子観測を行っている北海道・陸別、アルゼンチン・リオガジェゴスの装置での実用化を目指す。

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