

惑星大気組成モニターのための230GHz帯高感度SIS受信機の開発

Development of 230GHz SIS receiver for the monitoring of minor constituents in the planetary atmospheres

森部 那由多^{1*}, 前澤 裕之², 水野 亮², 長浜 智生², 福井 康雄¹

Nayuta Moribe^{1*}, Hiroyuki Maezawa², Akira Mizuno², Tomoo Nagahama², Yasuo Fukui¹

¹名古屋大学大学院理学研究科, ²名古屋大学太陽地球環境研究所

¹Graduate School of Science, Nagoya Univ., ²STE Laboratory, Nagoya University

我々はNANTEN2、NRO、ASTEなどのサブミリ波帯の地上望遠鏡を用いて、おもに地球型の惑星大気組成のモニタリング観測を進めている。これらの単一鏡のビームサイズは概ね惑星の視直径と同程度かそれより大きく、見えている側の半球からの情報が足しあわされて観測される。そのため、局所的に起こる突発的なイベントや大気の長周期的な変動の捕捉に適しており、惑星大気の力学・光化学過程の詳細理解を進める上で、干渉計や探査機といった高時間・空間分解能の測定器と相補的な役割を果たす観測ツールとして重要である。

しかし、地上からの惑星観測では地球と惑星の距離が変化するため、ビームサイズの大きな望遠鏡ではビームダイリューションにより受信強度が極端に低下する時期がある。また、口径の大きな望遠鏡であっても強風によるポインティングのズレや悪天候の影響で観測効率が下がることがままあり、リトリバルを行うために、十分な精度のデータを定期的には非常に高い感度で安定した受信システムが必要となる。

そこで現在、NANTEN2の230GHz帯受信システムに搭載しているSuperconductor-Insulator-Superconductor(SIS)ミキサの更なる高感度化を目指し、国立天文台との共同開発研究によりチップの新規設計・製作を行っている。

SISは絶縁体の薄膜を超伝導体で挟んだサンドイッチ構造をしたデバイスである。絶縁体膜を適当な厚さで製膜することによって量子トンネル効果が顕れ、常伝導状態のSISには通常のオームの法則に従った電流が流れる。超伝導状態に冷却したSISは禁制帯を持つため固有の非線形な電流電圧特性を示し、非常に高効率のダウンコンバートミキサとして動作する。

今回の設計では、2.8mV程度のギャップ電圧を持つNb-Al₂O₅-NbのSIS接合(1.5μm四方)を並列に2つ配置した。これはParallel-Connected-Twin-Junctionsと呼ばれる構造で、接合の面積に比例したキャパシタンスと、2つの接合間の距離に比例したインダクタンスによってLC共振回路を形成している。

今回は、本素子の最初の製作試験であり、臨界電流密度の値が設計値の7kA/cm²よりも15~40%ほどずれるなど、完全には製造ラインのパラメータを最適化出来ていない。今後、作った素子の雑音性能の測定・評価を行い、結果をフィードバックしながら反復製作を進めることで高感度化を達成し、NANTEN2に搭載していく計画である。

SIS素子の開発と並行して、新たなバックエンドとしてアキリス社製のデジタル分光計(AC240)の搭載も進めている。AC240では従来から使用していた音響光学型の分光計に比べて周波数帯域が4倍になり、惑星大気スペクトルの広がった成分もより確実に捉えられる。また、惑星の強い連続波成分のために生じるベースラインのうねりも改善される可能性がある。

これら一連の開発によって、NANTEN2を用いた高い精度での定期的・連続的な惑星大気成分のモニタリング観測を可能にしていく。本発表では以上の進捗について述べる。

キーワード:サブミリ波,ヘテロダイン, SIS受信機,惑星大気,地上望遠鏡,高感度化

Keywords: sub-millimeter, heterodyne, SIS receiver, planetary atmosphere, ground-based telescope, high sensitivity development