

V80a 高温超伝導体の応用による ALMA-Band10 SIS ミクサーの開発

前澤 裕之、野口 卓 (国立天文台)

量子限界に迫る雑音性能を有する Nb 電極の SIS ミクサーの登場は、ミリ波-サブミリ波帯電波天文学に重要な発展をもたらしてきた。しかし、このミクサーも、観測波長が Nb の超伝導ギャップ周波数 ($2\pi/\hbar \sim 680$ GHz) を超えると、クーパ対の破壊や超伝導線路での伝送損により、性能が急激に劣化してしまう。我々は、この問題を打開し、ALMA (Atacama Large Millimeter/Submillimeter Array) Band 10 (780-950 GHz) のプロジェクトに臨むため、高温超伝導化合物 NbTiN ($2\pi/\hbar \sim 1.2$ THz) を応用した SIS 素子の研究開発を行っている。

NbTiN 製膜は、Nb(80%)Ti(20%) の合金ターゲットを用いて、Ar と N₂ の混合ガスのもと、定電流により DC マグネトロンスパッタ方式 (>250 Gauss) で行っている。これまでに薄膜 (300nm 厚) は、臨界温度 14.8 K、抵抗率 $140 \mu\Omega\text{cm}$ 、圧縮応力 ~ 0.2 GPa 程度の良好な特性を示しており、SIS ミクサー素子の GND 電極層に応用していく。しかし一方で、ターゲットのエロージョンやメンテナンス時の大気開放に伴ってスパッタ条件が変動する傾向が見られ、薄膜特性を最適の状態に維持する取り組みが急務の課題となってきた。そこで我々は、まず NbTiN の製膜メカニズムと薄膜物性の関連を明らかにするため、エロージョンの効果も考慮した独自モデル/シミュレーションを構築し、これをもとにスパッタ条件の最適パラメータの導出/補正を試みている。

この他、我々は新しく g 線縮小露光投影機も導入している。現在、条件出しを行っており、SiO₂ ウエハ上でも $0.7 \mu\text{m}$ のパターン形成と $1 \mu\text{m}$ 以内のアライメント精度を実現している。これにより、 $0.6 \mu\text{m}^2$ サイズの SIS 接合の形成が期待でき、THz 帯 SIS ミクサーの広帯域・高感度化を図る。本講演では、NbTiN 製膜の開発に加え、こうした国立天文台 高度環境試験棟の ALMA 新クリーンルームの立ち上げ・整備状況についても報告する。

本研究の一部は、IT プログラム (代表: 石黒正人) プロジェクトの一つとして推進している。