

冷却プローブステーションを用いた SIS 接合のキャパシタンス測定

Capacitance Measurement with a Cryogenic Probe Station

国立天文台¹, 電気通信大学², 情報通信研究機構³,

○小嶋 崇文¹, Matthias Kroug¹, 酒井 剛², 鶴澤佳徳³

○Takafumi Kojima¹, Matthias Kroug¹, ○Takeshi Sakai², Yoshinori Uzawa³

E-mail: t.kojima@nao.ac.jp

【はじめに】ミリ波-サブミリ波帯では SIS (Superconductor-Insulator-Superconductor) ミキサを用いて量子雑音の 5 倍以下の超高感度ヘテロダイン受信機が実現されている。SIS ミキサの回路はパラメータの多くを実験データに基づいて注意深く設計されているが、例えば、SIS 接合の動作比帯域や中心周波数を決定するパラメータである時定数 $R_n C$ 積、またはキャパシタンス C は、直接測定が困難であったことから、経験的推定値や文献値が用いられてきた。今後 SIS 受信機を高性能化するうえで回路集積化が重要な課題となると考えられ、要素回路素子を個別に評価できるように TEG (Test Element Group) を用意し、実測に基づいて回路モデリングしたうえで設計にフィードバックすることで設計精度を向上させることが重要である。本研究では SIS 接合の $R_n A$ 積に対する $R_n C$ 積(あるいは単位面積当たりのキャパシタンス C_s)を明らかにすることを目的としている。今回我々は、SIS 接合のキャパシタンスを直接測定し、 $R_n C$ 積の導出手法を構築したので報告する。

【実験方法】当測定には機械式冷凍機プローブステーションを使用し、ネットワークアナライザを用いて周波数範囲 200 MHz–30 GHz、入力電力–60 dBm の条件で S パラメータを測定した。市販の校正基板を用いて 1 ポート校正を実施し、測定参照面をフィンガーの先端とした。サンプルステージの物理温度は 4.0 K であり、Nb 材料を用いた回路のオンウエハ評価が可能である。

【実験結果】直径 0.8–3 μm の範囲で面積の異なる Nb/Al/AlOx/Nb 接合を作製し、計 16 個評価した。直流測定に基づく $R_n A$ 積は 10.7 $\Omega\mu\text{m}^2$ であった。プローブパッド部の影響を除去し高精度にキャパシタンスを推定するために等価回路モデルを作成した。測定ではサブギャップ領域 ($V=1$ mV) と常伝導抵抗領域 ($V=5$ mV) にバイアスして S パラメータを評価し、キャパシタンス C をパラメータとしてフィッティングして値を推定した (図 1)。その結果、 $R_n C = 1.34 \pm 0.03$ (psec) という面積にほぼ依存しないような結果が得られた。当結果は、高精度に SIS 接合のキャパシタンスを評価できていると考えられ、今後、当手法を用いて異なる絶縁層材料を有する SIS 接合や $R_n A$ 積依存性を評価していく。講演では、評価手法や解析手法を詳細に説明する。

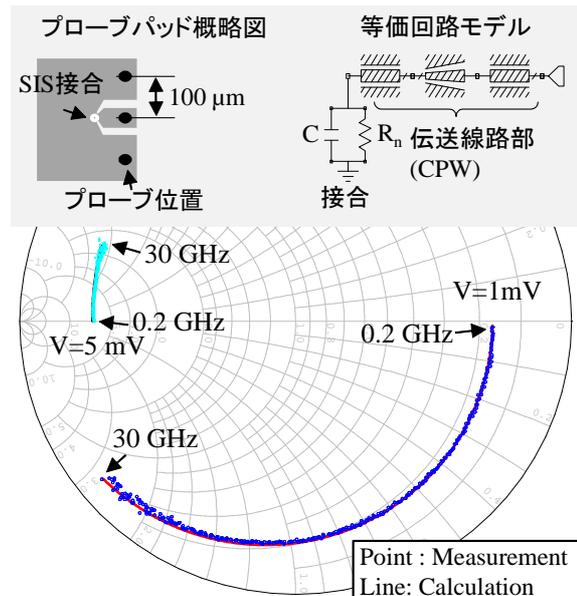


図1 直径 1 μm の SIS 接合の測定例と等価回路によるフィッティング結果