

極低温における酸化ニオブキャパシタの評価と特性解析

Characterization of Niobium Oxide Capacitors at Cryogenic Temperature

電気通信大学¹, 国立天文台² ○(M1) 佐藤 楽¹, Matthias Kroug², 酒井 剛¹, 小嶋 崇文²

○(M1) Konomi Sato¹, Matthias Kroug², Takeshi Sakai¹, Takafumi Kojima²

E-mail: sato.konomi@uec.ac.jp

【はじめに】ALMA(Atacama Large Millimeter/submillimeter Array)は、ミリ波-サブミリ波帯における世界最大規模の電波干渉計である。受信機には SIS (Superconductor-Insulator-Superconductor) ミキサが用いられ、量子雑音限界の 3-5 倍以下の低雑音性能が達成され、その究極の感度によって様々な科学的成果が出始めている。SIS ミキサは広帯域・低雑音性能を得るために回路設計に用いられるデバイスパラメータの多くを実験・評価に基づいて注意深く設計されているが、その一部は経験値や理論値が用いられてきた。例えば、SIS 接合のサイドリーク電流を防ぐ陽極酸化膜形成工程で生じる酸化ニオブ層は、回路特性に影響を与える一方で極低温下での電気的特性については、詳しい評価が行われていない。本研究では、酸化ニオブを用いたキャパシタの低温時の電気的特性を直接評価し、単位面積・単位厚みあたりの静電容量を明らかにすることを目的とする。

【実験方法】本研究では、極低温下での酸化ニオブ薄膜の電気的特性を解析するために、電極にニオブ、絶縁層に酸化ニオブを用いた平行平板キャパシタを作製し、物理温度 4 K と 300 K において特性を評価し、結果を比較した。単位面積・単位厚みあたりの静電容量を推定するために、面積(8-1400 μm^2)及び絶縁層の作製時の酸化電圧(0-20 V)が異なる酸化ニオブキャパシタを作製した。測定にはネットワークアナライザとプローブステーションを用い、入力信号電力-40 dBm、測定周波数範囲 0.01-40 GHz における、酸化ニオブキャパシタの入力反射係数を測定した。キャパシタに直並列抵抗・インダクタンスを考慮した等価回路モデルを仮定し、測定値にフィッティングすることによって静電容量を推定した。

【結果・考察】測定結果から推定した酸化ニオブキャパシタの静電容量の面積依存性を図 1 に示す。図 1 より、いずれも面積に比例する結果が得られており、誤差の小さい評価ができていると考えられる。また、単位面積あたりの静電容量は、酸化電圧 10 V のキャパシタにおいて 4 K 時 16 fF/ μm^2 、300 K 時 18 fF/ μm^2 、4 K と 300 K での変化は 12 %、酸化電圧 20 V のキャパシタにおいては、4 K 時 8.3 fF/ μm^2 、300 K 時 8.3 fF/ μm^2 、4 K と 300 K での変化は 1 %未満となった。したがって、作製した酸化ニオブの誘電率は 4 K と 300 K で大きくは変化しないといえる。今後、膜厚を評価し、酸化ニオブの誘電率を算出する予定である。講演では、当実験の結果・解析について詳細に説明する。

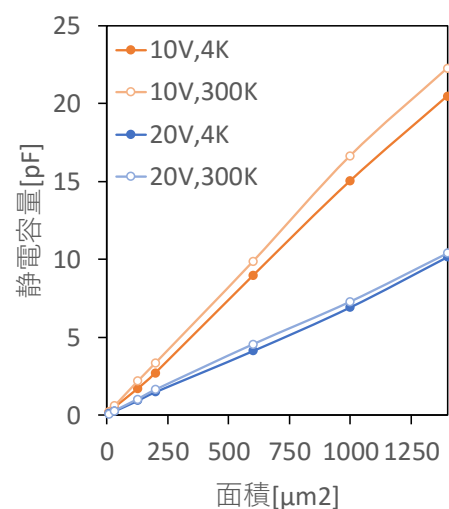


図 1 酸化ニオブキャパシタ
静電容量特性