

SiO 援用による Al トンネル接合の面積縮小化と クーロンブロッケイド温度計への応用

Coulomb blockade thermometry comprising Al tunnel junctions
reduced by the addition of SiO evaporation

電通大院 情報理工, °牛澤旭人, 滝口将志, 島田宏, 守屋雅隆, 水柿義直

Univ. of Electro-Comm., °A.Ushizawa, M.Takiguchi, H.Simada, M.Moriya, and Y.Mizugaki

E-mail: ushizawa@w8-7f.ee.uec.ac.jp

はじめに: 1970 年代後半に Dolan が提案した Dolan 法は、ナノスケールのデバイス作製プロセスにおいて広く用いられてきた。この方法では、感度の異なる 2 種類の電子線レジストからなる「2 層レジスト」と上層部に形成されるレジスト架橋構造を利用した「斜め蒸着法」によりトンネル接合の作製が可能である[1]。Dolan 法には、トンネル接合の材料選択やレイアウトの自由度の高さに利点がある。しかし、接合サイズを小さくする (1 層目と 2 層目に蒸着する金属の重なりを小さくする) につれ、レジスト架橋の形状のばらつきの影響が大きくなる。本研究ではこのばらつきの影響を低減する方法として Al-SiO-Al 三方向斜め蒸着法を提案する。

SiO 援用による接合面積の縮小化: 蒸着モデル (接合断面) を Fig.1. に示す。従来の Dolan 法では、1 層目の Al を θ_1 、2 層目の Al を θ_2 の角度から蒸着する。本提案では、2 層目の Al の蒸着の前に $\theta_2' < \theta_2$ なる角度 θ_2' から絶縁体 SiO を蒸着し、実効面積を縮小する。作製した素子 (直列 2 接合) の SEM 画像を Fig.2. に示す。SiO によりトンネル接合の実効面積縮小化がされている。(挿入図の黄色で示した部分)

クーロンブロッケイド温度計への応用: クーロンブロッケイド温度計(CBT)は、トンネル接合列の電子伝導の温度依存性を利用した 1 次温度計である[2]。より高温での動作を目指し、SiO 援用プロセスを用いることで接合面積を縮小化した。新たに直列 32 接合の CBT を作製し、液体 He 下で測定を行った。Fig.3. に示す電圧-微分コンダクタンス特性は、実験結果と SiO あり・なしに対応する理論結果である。SEM 画像の 1st Al、2nd Al の重なる面積から求めた SiO なしでの帯電エネルギー $E_C = e^2/2C$ (e は電気素量、 C は接合容量)は、 $225 \mu\text{eV}$ であった。一方、ゼロ電圧付近でのディップの深さから求めた SiO 援用プロセスでの E_C は $458 \mu\text{eV}$ であり、約 2 倍に増加したことが確認された。

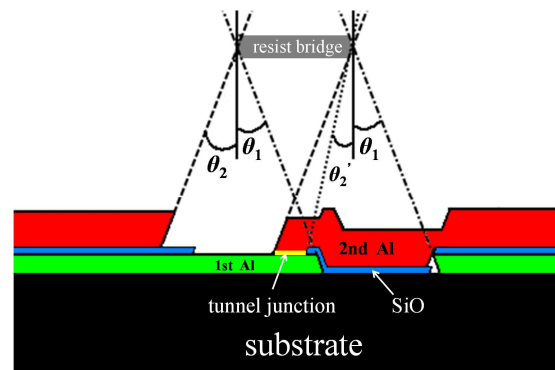


Fig.1. Cross-sectional view of Al-SiO-Al shadow evaporation process from three angles

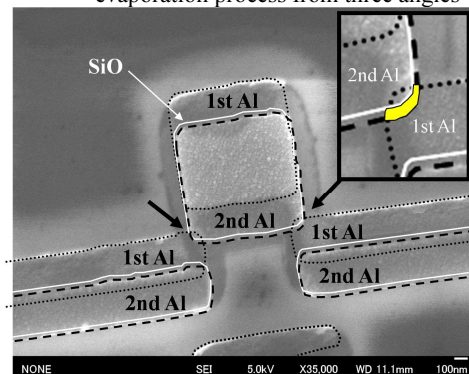


Fig.2. SEM image of two junctions

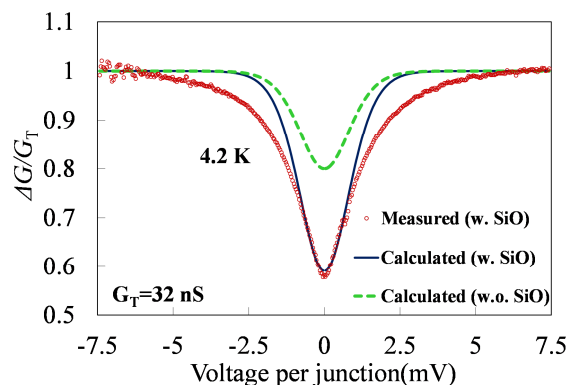


Fig.3. Normalized differential conductance characteristics vs. bias voltage for array of 32 junctions at 4.2K

参考文献

- [1] G. J. Dolan, Appl. Phys. Lett., 31 337 (1977)
- [2] J. P. Pekola *et al.*, Phys. Rev. Lett., 73 2903 (1994)