

TiN/AlN/TiN トンネル接合の作製と評価

Fabrication and characterization of TiN/AlN/TiN tunnel junctions

情通機構¹, 上海微系² ○牧瀬 圭正¹, 孫 銳², 寺井 弘高¹, 王 鎮²NICT¹, SIMIT², ○Kazumasa Makise¹, Rui Sun², Hirotaka Terai¹, Zhen Wang²

E-mail: makise@nict.go.jp

背景と目的

アモルファスなトンネルバリアを用いたジョセフソン接合からなる超伝導量子ビットでは、2準位欠陥の形成によるデコヒーレンスの問題が指摘されている。この解決策として単結晶のトンネルバリアを用いたエピタキシャルなジョセフソン接合の研究が注目されている。我々のグループでは MgO 基板上のエピタキシャル NbN/AlN/NbN ジョセフソン接合を使ったトランズモン型超伝導量子ビットを開発した [1]。一方で、NbN と MgO では格子ミスマッチが 5~6% 存在し、ひずみの緩和による格子欠陥がジョセフソン接合特性へ影響を及ぼすことも懸念される。そこで我々は、より高品質なジョセフソン接合の実現を目指し、新たに TiN を用いたジョセフソン接合の研究を開始した。TiN と MgO では格子ミスマッチが 0.7% と NbN と比較して 1 桁程度小さく、欠陥の非常に少ないジョセフソン接合を作製できる可能性がある。今回、我々は TiN 膜の超伝導特性と AlN をトンネルバリアとした TiN/AlN/TiN トンネル接合の評価結果について報告を行う。

実験方法

TiN 薄膜および TiN/AlN/TiN トンネル接合は反応性 DC スパッタ法により MgO(100) 基板上に成膜した。TiN の成膜は、Ti ターゲットを用い、Ar と N の分圧比、バイアス条件、基板温度を変えて成膜条件の最適化を行った。XRD および RHEED を用いて膜の構造解析を行い、抵抗-温度特性等から超伝導特性を評価した。

結果

図 1 に基板温度 800 度に保ち、バイアス条件および Ar:N₂ 分圧比を最適条件で、成膜した時の膜厚 150nm の TiN 薄膜の抵抗率の温度依存性を示す。結果、10K での抵抗率と RRR(= $\rho(300\text{K})/\rho(10\text{K})$) はそれぞれ $\rho(10\text{K})=3.4\mu\Omega\text{cm}$ 、RRR=4.9 であり、さらに超伝導転移温度と転移幅はそれぞれ $T_c=5.33\text{K}$ 、 $\Delta T=0.06\text{K}$ である。

図 2 に TiN/AlN/TiN 積層膜の XRD による構造解析の結果を示す。比較として NbN/AlN/NbN 積層膜の結果も同時に示す。どちらの積層膜でも 200 ピークのみが観測され

ており、上部電極までエピタキシャル成長していることが分かる。さらに TiN 積層膜の方が MgO 基板に、より格子整合しており、NbN 積層膜より格子不整合による欠陥が少ないことが示唆される。挿入図に 4 μm 角の温度 4.2K で測定した $J_c \sim 13\text{kA}/\text{cm}^2$ の TiN/AlN/TiN トンネル接合の I - V 特性を示す。AlN バリア層の最適化が不十分のため、 $R_{sg}(1\text{mV})/R_n(5\text{mV})$ は 1.8 となり、リーク電流が大きい接合特性が観測された。今後、トンネルバリアの成膜条件等を改善し、より高品質なトンネル接合の実現を目指す。

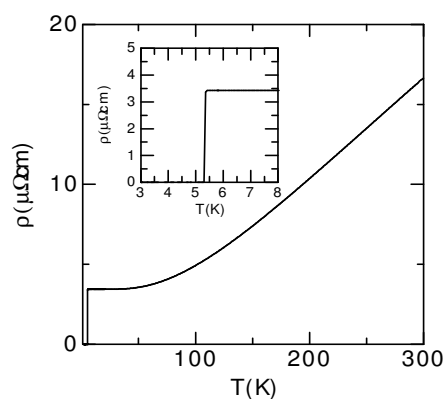
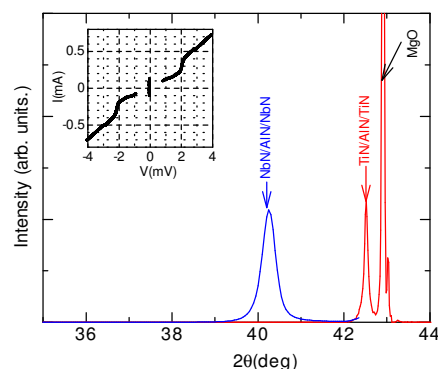
[1] Nakamura *et al.* Appl. Phys. Lett. **99**, 212502 (2011).

Fig. 1 Temperature dependence of resistivity for a TiN thin film.

Fig. 2 XRD scans from epitaxial NbN and TiN trilayers. Inset: I - V characteristics of a TiN/AlN/TiN tunnel junction at 4.2 K.