

18a-D5-11

オゾン酸化プロセスを用いた超伝導トンネル接合素子の作製 (2)

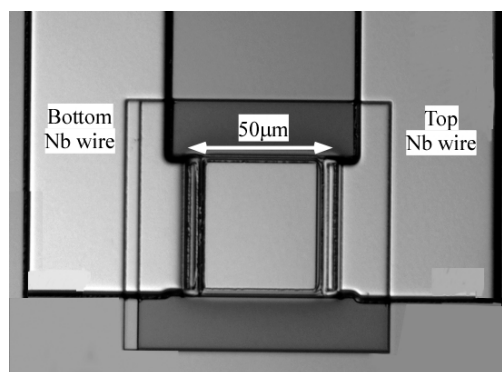
Fabrication of Nb/Al Superconducting tunnel junction by using ozone (O_3) gas

産総研¹ ○浮辺 雅宏¹、藤井 剛¹、大久保雅隆¹AIST¹ ○Masahiro Ukibe¹, Go Fujii¹, Masataka Ohkubo¹

E-mail: ukibe-m@aist.go.jp

背景: 超伝導トンネル接合 (STJ) 検出器は、高性能エネルギー分散型検出器として放射光施設などにおける X 線分析に応用されている。実際、我々の Nb/Al STJ アレイ検出器では、100 素子の平均値として、半導体検出器の限界を上回る 12 eV@400eV という高エネルギー分解能を実現し、今まで測定不可能であった微量軽元素の X 線吸収分光 (XAFS) 測定を実現している。現在、検出器自身の固有エネルギー分解能と読み出し系のノイズは同程度であり、その値は理論的に予想される分解能に比べ 10 倍程度大きな値である。理論値に近づけるためには、準粒子のトンネル確率を高め、検出器のパルス出力強度を大きくすることが有効である。準粒子のトンネル確率は STJ の臨界電流密度 (J_c) に比例し、 J_c はトンネル層の厚さが薄くなるほど大きな値を取るようになる。しかし、通常トンネル層の厚さが薄くなると漏れ電流 (I_L) が増加、読み出し系のノイズが増大するため、高エネルギー分解能な X 線検出器を実現するためには、 I_L を増加させることなく、より薄いトンネル層をもつ STJ を作製しなければならない。

実験: 欠陥フリー極薄トンネル層作製を目的として、分子状酸素に比べ非常に強い酸化力を持つオゾン (O_3) ガスによる Al 薄膜の表面酸化処理を Nb/Al STJ 作製プロセスに導入、 J_c は 10 A/cm² と小さいものの、作製した素子全てで極めて小さな 50 pA 以下のリーク電流を実現した。 O_3 による Al 表面酸化では、 O_2 酸化とは異なる Al 酸化物が得られることが、低リーク電流に有効と考えられる。また、酸化プロセスの指標となる O_3 ガス分圧 (P_{O_3}) と酸化時間 (t) で決定される圧力時間積 ($P_{O_3} t$) と J_c の関係から、オゾン酸化プロセスにより 1000 A/cm² を超える J_c を得るには圧力時間積を 3.5×10^{-4} Pa·min 以下とする必要があることが分かった。しかし、同酸化プロセスでは、 O_3 と O_2 の混合ガスを用いてトンネル層を作製した。そこで、 O_2 ガスの影響を低減させ、 O_3 ガスのみでトンネル層を作製する場合の J_c 、 I_L と圧力時間積の関係を評価するため、Ar 希釈の 5 % O_3 ガスにより Al 薄膜を酸化した Nb/Al STJ 素子を作製した。図 1 に J_c 、 I_L の評価用に作製した 50 μ m 角の Nb/Al STJ 素子を示す。STJ 素子は、Si 基板上に Nb(100 nm)-Al(70 nm) / AlO_x / Al(70 nm) - Nb(300 nm) で構成されている。成膜に使用するスパッタ装置の酸化プロセス専用チャンバーに Ar 希釈の 5 % O_3 ガスを一定量導入、圧力時間積を変えて複数の STJ 素子を作製、 J_c 、 I_L を評価した。本研究に使用した Nb/Al STJ 素子は CAVITY において作製した。

図 1. 特性評価用 50 μ m 角 Nb/Al STJ 素子