

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

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¹

AIST¹ ○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 100 素子 Nb/Al STJ アレイ検出器では、12 eV@400eV という高エネルギー分解能を実現し、半導体検出器では不可能な微量軽元素の X 線吸収分光(XAFS)測定を実現している。しかし、現在のエネルギー分解能は理論的に予想される値に比べ 10 倍程度大きな値である。理論値からのずれの一因として、X 線光子吸収により STJ 中に発生する準粒子のトンネル確率が小さいことが考えられる。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。高エネルギー分解能の X 線検出器を実現するためには、漏れ電流(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。

Nb/Al STJ でトンネル層となる Al 酸化薄膜は、通常、Al 膜表面を一定圧力 (P_{O_2}) の分子状酸素に一定時間(t)さらすことで作製され、その厚さは圧力時間積 ($P_{O_2}t$) により決定される。我々の Nb/Al STJ では J_c を約 200 A/cm² としているが、通常の酸化手法により Nb/Al STJ で J_c を 1000 A/cm² を超える大きな値とすると、 I_L が非常に増加するため X 線検出器として使用することが出来ない。これは、分子状酸素により作成した薄い Al 酸化膜では Al 酸化が不十分となり、トンネル層中のショートによるリーク電流や、欠陥構造に起因したトンネル電流の増大が起こるためと考えられる。これに対して、分子状酸素に比べ非常に強い酸化力を持つオゾン (O_3) ガスにより作成された Al 酸化薄膜は、分子状酸素により得られるものとは異なる組成を持つことが XPS 分析により明らかとなっている。このことから、 O_3 酸化で得られる Al 酸化薄膜は、十分に Al が酸化され高品質なトンネル層となることが期待されている。そこで、欠陥フリー極薄トンネル層作成を目的として、 O_3 酸化プロセスを Nb/Al STJ 作製プロセスに導入、 J_c 、 I_L とオゾン酸化条件の関係を評価した。

実験: 図 1 に Nb/Al 超伝導多層膜成膜用のスパッタ装置を示す。本装置の酸化プロセス専用チャンバーに 11 %の O_3 を含む O_2 ガスを一定量導入、Al 酸化膜を作成している。 J_c 、 I_L 評価用の STJ は、Si 基板上に Nb(100 nm)-Al(70 nm) / Al_{10x} / Al(70 nm) - Nb(300 nm) で構成され、1 素子のサイズは 50 μ m 角である。オゾン酸化条件(オゾン分圧: P_{O_3} x 酸化時間: t)を変えて複数の STJ を作製、 J_c 、 I_L を評価した。



図 1. Nb/Al 多層膜成膜用スパッタ装置