17a-A20-2

単一磁束量子回路に向けた NbTiN 薄膜の磁場侵入長の検討

Investigation of the magnetic penetration depth of NbTiN thin films for Single-flux-quantum circuits

名大工院[1], ○坂本 隼也[1], 宗本 健太郎[1], 赤池 宏之[1], 藤巻 朗[1]

Nagoya Univ.[1], ○S.Sakamoto, K,munemoto, H.Akaike, A.Fujimaki

E-mail: sakamoto@super.nuqe.nagoya-u.ac.jp

1. 研究背景

我々は、単一磁束量子(SFQ)回路への応用に向けたNbTiN材料の検討を行っている[1]。NbTiNは16Kを超える高臨界温度 T_c をもつため、ジョセフソン接合及び配線等の超伝導材料に NbTiN を用いれば、Nb 回路に比べ動作温度を上昇させ、冷凍機電力の大幅な削減が可能となる。また、Nb 回路の配線部のみをNbからNbTiNにすれば、回路の高集積化が期待できる。SFQ 回路は LI_c 積（L: ループインダクタンス、I_c: 接合の臨界電流）に基づき設計されるが、NbTiN は Nb よりも大きな磁場侵入長 λ を持ち、カイネティックインダクタンスの寄与が大きくなるため、シートインダクタンスを大きくできるからである。また、回路の低消費電力化のため I_c の低減が要求されるが、これに伴う L の増加も回路の寸法を大きくすることなく実現することが可能となる。そこで今回、NbTiN 薄膜の作製を行い、T_c 、20K での抵抗率 ρ_{20K} に基づく λ を含めた特性の評価を行った。なお、ρ_{20K} は高周波応用に向けての重要なパラメータともなる。

2. 実験及び考察

NbTiN 薄膜は反応性DCマグネトロンスパッタ法を用い、酸化膜付きSi基板上に室温にて堆積させた。用いたターゲットは NbTi (重量比 5:1)、到達真空度は 1.0×10^{-4} Pa であった。成膜条件として、Ar＋N_2 混合ガスにおける窒素分圧比を変化させた。作製した薄膜は、T_c 、ρ_{20K} を評価するとともに、式(1)を用いて磁場侵入長 λ を見積もった。[2]なお、式中の係数aは、我々の過去の実験結果に基づき 106 とした。

$$\lambda^{th} = a\sqrt{\rho_{20K}/T_c} \ (\mathrm{nm}) \qquad (1)$$

T_c と λ の窒素分圧比依存特性を Fig.1 に示す。T_c は最高値として 14.8K を記録し、この時 λ =274nm（ρ_{20K}＝99μΩcm）となった。また、Nb よりも高い T_c を持つ薄膜において、λ が 274-373nm の範囲で制御できている。この値はNbの3-4倍程度であり、Nb回路の配線に応用すれば、シートインダクタンスを2-3倍程度にできる可能性がある。なお、表面粗さの指標 Rms や、XRD による結晶性も併せて評価しており、当日説明する予定である。

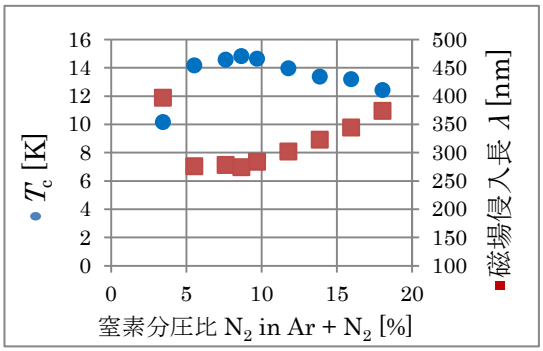


Fig. 1. T_c and λ - N_2 in Ar+N_2 characteristic

謝辞

この研究の一部は、JST-ALCA「低エネルギー情報ネットワーク用光・磁気・超伝導融合システム」、ならびに科学研究費基盤研究 C（26420306）、新学術領域研究(26105511)のもとで行われた。

参考文献

[1]. 第61回応用物理学会春季学術講演会　坂本他　17p-D4-11

[2]. T.P.Orlando, E.J.McNiff, Jr., S.Foner, and M.R.Beasley, Phys.Rev.B19, 4545(1979)

© 2014 年　応用物理学会