

集積回路応用に向けた SFIS ジョセフソン接合の特性

Electrical characteristics of SFIS Josephson junctions for integrated circuit applications

○伊藤 大, 谷口 壮耶, 石川 航太, 赤池 宏之, 藤巻 朗 (名大院工)

○H. Ito, S. Taniguchi, K. Ishikawa, H. Akaike, A. Fujimaki (Nagoya Univ.)

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

はじめに 磁性材料を導入したジョセフソン接合は、次世代の高速・低消費電力デバイスとしての超伝導集積回路を高機能化するものとして期待されている。たとえば、磁性体の残留磁化などを用いることにより情報の記録が可能であり、高密度なメモリーデバイスなどが実現できると考えられる。我々は、磁性を用いた接合として超伝導体/磁性体/絶縁体/超伝導体(SFIS)ジョセフソン接合に着目し、メモリーデバイス応用に向けて特性を検討してきた[1]。これらの接合の特性は F 層の磁気的特性に大きく影響をうけるため、その特性評価は応用上欠かせないものとなる。今回我々は、接合のばらつき、臨界電流密度 J_c 、磁場応答特性について、F 層の膜厚を変化させたときの効果を検討した。

実験 Nb/Pd_{1-x}Ni_x/AlO_y/Nb の四層からなる SFIS 接合を作製し、単独接合及び 100 個直列接合の特性を評価した。同時スパッタ法により成膜した PdNi 中の Ni 割合は 11 at%である。この PdNi は、130K 程度のキュリー温度を示し、4.2 K において強磁性となる。今回、F 層の膜厚は 0 から 12 nm の範囲内で変化させた。また、絶縁障壁層となる AlO_y 層は 7 nm 堆積させた Al 層を 2.0 Pa の酸素中において 10 分間酸化させることで形成した。

結果と考察 4.2K における 100 個直列接合(20 $\mu\text{m}\square$)の臨界電流 I_c のばらつき(1 σ)は、PdNi の膜厚変化に対して 0.43%から 1.7%の範囲内で変化した。集積回路応用上、1 σ が2%以下であることが必要とされているが、それを十分下回るものであった。これは、FI 障壁層が均質に形成されていることによるものと思われる。実際、単独接合の I_c の外部磁場特性は、理論的なフラウンホーファーパターンとよく一致していた。図 1 には、一例として、F 層膜厚 9.5 nm の単独接合(40 $\mu\text{m}\square$)の特性を示した。また、接合の冷却時、150 K から 15 K までの間 1mT 程度の磁場を印加することにより、F 層の磁化および外部磁場特性の変化が観測されたものの(図 1)、メモリ応用上重要となる 4.2K での磁化反転や外部磁場特性の変化は見られていない。一方、接合の J_c は、F 層 0nm の SIS 接合に 12 nm の F 層を挿入した場合、 J_c は 3.0 kA/cm² から 0.01 kA/cm² へと変化した。これは、Ni 割合 11at%の F 層の場合、膜厚依存が大きいことを意味している。今後、4.2K における磁化反転効果や集積回路応用に向けた $J_c > 1\text{kA/cm}^2$ の実現に向けて、磁性層の Ni 割合や酸化条件の変更が重要となる。

謝辞 本研究の一部は 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 JSPS 科研費(26420306、26220904)の助成を受けたものである。

文献 [1] 第61回応用物理学会春季学術講演会 伊藤他 14a-A2-7

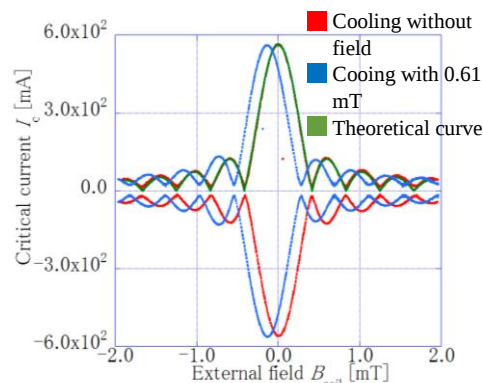


Fig. 1. Field dependence of a junction with a PdNi layer (40 $\mu\text{m}\square$)