19a-S2-11

Ni/Al/Ni 単一電子トランジスタにおけるトンネル磁気抵抗の静電的な極性制御

Electrostatic control of the tunnel-magnetoresistance polarity in a Ni/Al/Ni-single-electron transistor

電通大先進理工　小林 竜介，○辻道 尚貴，島田 宏

Univ. of Electro-Cummunications,　Ryusuke Kobayashi, ○Naoki Tsujimichi, Hiroshi Shimada

E-mail: shimada@pc.uec.ac.jp

超伝導とスピン偏極トンネリングとの複合効果については、強磁性(F)／超伝導(S)／強磁性(F)の電極配置をもつ比較的大きなプレーナ型の二重トンネル接合で、いわゆる超伝導電極へのスピン蓄積効果とそれに伴うギャップ電圧直下での負のトンネル磁気抵抗効果(TMR)が明瞭に示された[1,2]。F/S/F 単一電子トランジスタ(SET)では、超伝導、スピン偏極トンネリングに加え、帯電効果の３者の複合効果が期待できる筈である。しかし、そのような報告例はない。我々は、この複合効果を見出すため、従来の F/S/F-SET の構造上不十分な点を改善した Ni/Al/Ni-SET を作製し、TMR 極性がゲート電圧 V_g により静電的に制御できることを初めて見出した。

従来の F/S/F-SET では、超伝導電極に Al を用いその自然酸化膜をトンネル障壁として用いるために、Al 電極上に強磁性電極が乗り、強磁性体が接合部で屈曲した構造となっていた。これは、強磁性電極の磁気的な振る舞いや Al 電極の超伝導性に対して付加的な影響を及ぼす可能性があり、改善が望まれる点であると考えられた。我々は、強磁性電極として Ni をまず蒸着し、その上に薄く Al を蒸着してこれを酸素プラズマにより完全に酸化してトンネル障壁とし、最後に中央の Al 電極を蒸着することにより、平坦な棒状の Ni 電極をもつ Ni/Al/Ni-SET 構造を形成した。図１に、そのようにして作製した素子の SEM 写真を示す。

作製した素子は、単一電子トランジスタとして、また F/S/F 二重接合として典型的な動作を示した。Al 電極の超伝導ギャップΔは 140 μeV、帯電エネルギーE_c は 46 μeV であり、Ni 電極に平行な H = 0.5-1.0 kOe の磁場で電極の磁化が反平行になり TMR が観測された。図２(a)は素子の微分コンダクタンスを V-Q_0 (= C_gV_g)平面にプロットしたものであり、いわゆるスタビリティ・ダイアグラムに相当する。C_g はケート容量である。V = 0.25-0.4 mV に最も明瞭に見える白線が単一電子のシーケンシャル・トンネリングが起こる境界に対応する。図２(b)は、同じ V-Q_0 平面に H = 0.75 kOe での TMR 比 r をカラー・スケールでプロットしたものである。シーケンシャル・トンネリングの境界で TMR の極性が変わり、ギャップ内に相当する低バイアス側で負の TMR が見られる。図２(c)はバイアス電圧を V = 0.34 mV に固定し TMR 比 r の Q_0 依存性を見たものである。TMR の極性が Q_0 に関して周期 e で周期的に変調されることが見て取れる。

1. S. Takahashi, H. Imamura, and S. Maekawa, Phys. Rev. Lett. **82**, 3991 (1999).

2. H. Yang, S.-H. Yang, S. Takahashi, S. Maekawa, and S. S. P. Parkin, Nat. Mat. **9**, 586 (2010).

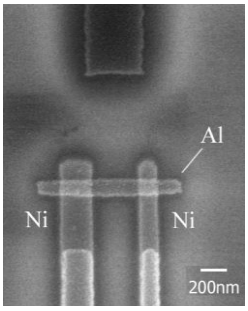


図１．Ni/Al/Ni-SET の SEM 写真

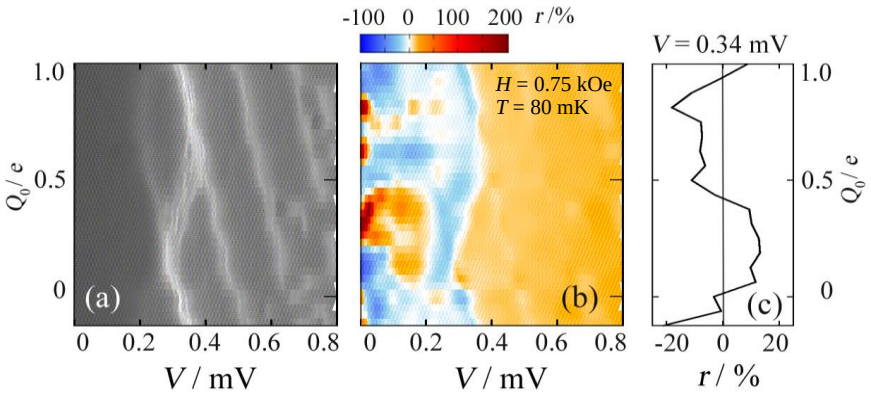


図２．Ni/Al/Ni-SET の(a)スタビリティ・ダイアグラム, (b)TMR 比 r の V-Q_0 平面でのカラー・プロット, (c) r のゲート依存性

© 2014 年　応用物理学会