

ダブルゲート Fe-MgF₂ 単電子トランジスタの作製と評価

Fabrication and Characterization of Double-Gate Fe-MgF₂

Single-Electron Transistor

北大院情報

○瘡師 貴幸, 浅井 佑基, 福地 厚, 有田 正志, 高橋 庸夫

IST, Hokkaido Univ

○Takayuki Gyakushi, Yuki Asai, Atsushi Tsurumaki-Fukuchi, Masashi Arita, and Yasuo Takahashi

E-mail: gyakushi@eis.hokudai.ac.jp

1.はじめに

単電子トランジスタ(single-electron transistor, SET)は多数ゲートを取り付け可能であり、高機能な低電力デバイスとして期待されている。その室温動作にはナノサイズの導電島が必要となるが、容易な作製という観点から、金属の自己集合によるドット作製が注目される。我々はこれまでに、MgF₂ 中に Fe ナノ粒子が分散したグラニュー膜を用いて SET を作製し、Si 基板をバックゲート(G_{BACK})として、安定した単電子伝導特性の得られることを確認した [1,2]。本研究ではより高機能なゲート制御を目指して、(過去の報告例が少ない [3]) トップゲート(G_{TOP})付 SET を作製した。ここでは G_{TOP} と G_{BACK} を併用し、その基本的なクーロン振動特性を評価した。

2.実験方法

Fig. 1 にデバイスの断面図を示す。まず SiO₂(200 nm)/Si 基板上にギャップ長 $L = 50 \sim 400$ nm の Au/Cr 電極を二層リソグラフィ、真空回転蒸着とリフトオフにより作製した。電極厚さは 30 nm で、テーパエッジを有する。この電極間に幅 $W = 500$ nm の MgF₂(45 nm)/Fe($t_{Fe} = 1.7 \sim 3.0$ nm)グラニュー膜を EB 蒸着法により形成した。装置の背圧は約 3×10^{-7} Pa である。その後、300 nm 厚の SiO₂ ゲート絶縁層を RF スパッタ法で堆積し、Au/Cr の G_{TOP} 電極を上述と同様に形成した。電気特性評価は、 $T = 8$ K で行った。

3.実験結果

ドレイン電圧 $V_D = 20$ mV において測定したクーロン振動特性の例を Fig. 2 に示す。ここでは、G_{TOP} 電圧 (V_T) の掃引 (Fig. 2(a)) と G_{BACK} 電圧 (V_B) の掃引 (Fig. 2(b)) を交互に 3 回繰り返した。図中の数字は掃引の順番を示す。いずれのグラフにおいても明瞭なクーロン振動特性を示している。このとき Fig 2(a)の振動周期は $60 \sim 70$ V であると思われる、これは Fig. 2(b)のそれ (~ 40 V) の約 1.5 倍になっている。これは G_{TOP} のゲート絶縁層厚が G_{BACK} の 1.5 倍になっていることで理解できる。しかしながら、Fig. 2(a)のドレイン電流値 (I_D) は Fig 2(b)のそれよりも大きくなっており、ゲート絶縁膜厚の違いでは説明できない。何らかの不均一性が発生して各ドットに対するゲート容量が絶縁膜厚比で分配されていないものと考えられる。ここでは示さないが、 V_T と V_B の同時掃引により広範囲のクーロン振動が得られており、G_{TOP} はゲートとして効果的に機能していることが分かった。

[1] 浅井他, 78 回応物秋季講演会, #8p-A412-11 (2017), [2] Asai *et al.*, MNC-2017, #7A-2-3 (2017), [3] H. Lehmann, *et al.*, *Nanoscale*, **8**, 14384–14392 (2016)

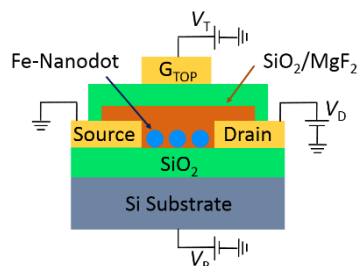


Fig. 1. Schematic cross section of our SET device with a top gate (G_{TOP}).

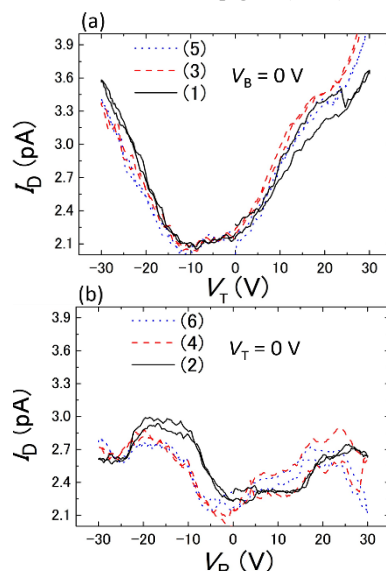


Fig.2. Coulomb oscillations controlled by the (a) G_{TOP} and (b) G_{BACK} voltages (V_T and V_B , respectively), where I_D of a device having $L = 400$ nm and $t_{Fe} = 2.1$ nm was measured with $V_D = 20$ mV. The numbers in parentheses denote the measurement sequence.