

単層 Fe ナノドットアレイ単電子デバイスのオフセットチャージ安定性 Offset-Charge Stability of Single-Electron Devices of Single-Layered Fe Nanodot Array

北大院情報 〇 齋師 貴幸, 浅井 佑基, 本庄 周作, 福地 厚, 有田 正志, 高橋 庸夫

Graduate School of IST, Hokkaido Univ.

〇 Takayuki Gyakushi, Yuki Asai, Shusaku Honjo, Atsushi Tsurumaki-Fukuchi,
Masashi Arita, and Yasuo Takahashi

E-mail: gyakushi.takayuki.d8@elms.hokudai.ac.jp

【背景】 単電子デバイス(Single-Electron Device: SED)は、低消費電力・高機能性を有する集積デバイスとして期待されている。SED の高温動作を考えた場合にはナノドットの形成が必要となる。これを比較的容易に実現できる手法の一つとして、我々は金属蒸着の自己組織化ドット形成に注目した。これらはマルチドット系であるが、条件さえ整えば、単一ドット由来の電流振動を得ることが可能である[1]。このように金属ドット SED は可能性を秘めたデバイスであるが、その一方で、ドット周辺のオフセットチャージ移動に伴う電流振動ピークの連続的シフト(オフセットチャージドリフト: OCD)という課題が報告されている。しかし、その報告例は Al-Al₂O₃ 系についてのみである[2]。これを背景として、本研究では Fe-MgF₂ 系の OCD 評価を行い、マルチドット SED においても単一ドット由来の電流振動を用いれば OCD の評価が可能であることを示すと共に、その安定性を議論した。

【実験方法】 SiO₂(200 nm)/Si 基板上に長さ $L = 50 \sim 400$ nm のギャップをもつ Au/Cr 電極を作製し、その電極間に高真空 EB 蒸着を用い、幅 $W = 600$ nm の MgF₂(45 nm)/Fe ナノドットアレイ(Fe 膜厚 $t_{\text{Fe}} = 1.8 \sim 2.9$ nm)を成膜した。Si 基板をゲート電極として用い、温度 $T = 8$ K において、作製したデバイスの電気測定を行った。

【結果と議論】 5 日間にわたって単一ドット由来の電流振動を繰り返し測定した際の、観測された電流振動の安定性の典型例を Fig. 1 に示す。測定開始から 3 日後頃にピークがわずかにシフトしたものの、ゲート電圧 $V_G \sim -15$ V と 12 V で観測された主なピークは、この測定期間では顕著なシフトは見られなかった。このように、作製したデバイスは OCD に対して安定した電流振動を示した。

ここでオフセットチャージ $Q_0(t)$ は

$$Q_0(t) = e\{[V_{\text{peak}}(t) - V_{\text{peak}}(t=0)]/\Delta V_G\} \quad (1)$$

のように定義される[3]。電流ピークを与えるゲート電圧 $V_{\text{peak}}(t)$ は、測定開始時点($t = 0$)からの時間(t)に対するピーク位置のゲート電圧である。また、 ΔV_G は電流振動の周期である。Fig. 1 の全 I_D - V_G 曲線を使用し、 $V_G \sim 12$ V のピークの時間経過に伴うシフトからオフセットチャージ Q_0 を求めた結果を Fig. 2 に示す($\Delta V_G \sim 27$ V)。OCD は十分に小さく、 $\Delta Q_0 \sim 0.3e$ であった。この値は、Al-Al₂O₃ 系を用いた SED ($\Delta Q_0 \gg 1e$)[2] よりもはるかに小さい。この結果は、たとえマルチドット SED であっても、材料系に起因するオフセットチャージの安定性を評価できることを強く示唆している。さらに、SED の材料として Fe-MgF₂ 系を選択することで、安定した動作が期待できることを示した。作製したデバイスの安定した動作の起源は、Fe-MgF₂ 系の固有の材料特性に起因するものと予想される。

本研究の一部は文科省 D-DRIVE-HU, ナノテクプラットフォーム(北大)の支援を受けて実施したものである。

【参考文献】

- [1] T. Gyakushi, *et al.*, *Thin Solid Films* **704**, 138012 (2020).
- [2] N. M. Zimmerman, *et al.*, *J. Appl. Phys.* **104**, 033710 (2008).
- [3] B. Hu, *et al.*, *J. Appl. Phys.* **124**, 144302 (2018).

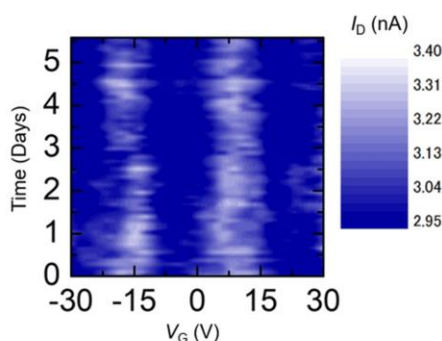


Fig. 1. Contour plots of drain current I_D as a function of the gate voltage V_G versus the measurement time for the device that displayed the current oscillation derived from a single-dot. The device and measurement parameters are $t_{\text{Fe}} = 2.4$ nm, $L = 200$ nm, and $V_D = 28$ mV.

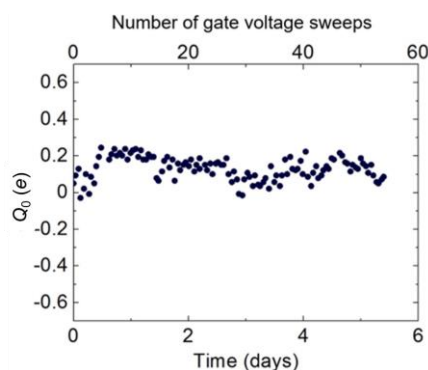


Fig. 2. $\Delta Q_0(t)$ vs time and number of gate voltage sweeps, extracted from the peak positions of the current oscillation.