

低温における Au ナノギャップの通電狭窄による SET 作製条件の検討

Low-Temperature Formation of Au Single-Electron Transistors Based on Electromigrated Coulomb Island

東京農工大学院工¹、一関高専²

○谷創貴¹、南浩二¹、坂井奎太¹、島田萌絵¹、伊藤光樹¹、八木麻実子²、白樫淳一¹

Tokyo University of Agriculture & Technology¹, NIT, Ichinoseki College²

○S. Tani¹, K. Minami¹, K. Sakai¹, M. Shimada¹, M. Ito¹, M. Yagi² and J. Shirakashi¹

E-mail: s178076z@st.go.tuat.ac.jp

近年、単電子トランジスタ(SET)の作製において、ナノギャップにアイランド構造を形成するための様々な技術が報告されてきた[1-3]。我々は、ナノギャップにおけるエレクトロマイグレーションを利用した簡便な SET 作製手法として、アクティベーション法を提案してきた[4]。本手法では、ナノギャップでの通電のみにより、ナノギャップの狭窄化とアイランド構造の形成を同時に行うことができる。これまで我々は、室温下で本手法をナノギャップに適用し、Au 系 SET の作製について検討を行ってきた[5]。今回は、低温下で Au ナノギャップに本手法を適用することで、アクティベーション法の制御パラメータと SET 特性の関係について検討を行った。

はじめに、電子線リソグラフィーにより作製した初期ギャップ幅 $W_{\text{initial}} = 29 \text{ nm}$ の Au ナノギャップに対して、温度 $T = 19 \text{ K}$ 下で電圧を印加し、予め定めた設定電流 I_s まで通電を行い、SET を作製した。さらに、設定電流を順次増加させながらアクティベーション法を繰り返し、各設定電流でのアクティベーションにおいて作製した SET のゲート電圧を変化させた際の電流電圧特性を温度 $T = 19 \text{ K}$ 下で測定した。図 1 は、設定電流の増加に対するトンネル抵抗の変化と、SET 特性(Stability Diagram)の遷移を表している。図において、設定電流の増加に従い、アクティベーション後の Au ナノギャップのトンネル抵抗が減少していることを確認した。また、設定電流が $I_s = 117 \text{ nA} \sim 1 \text{ }\mu\text{A}$ の範囲で増加するとともに、ゲート電圧によるクーロンブロッケードの変調が明瞭になり、非周期的な変調特性(a)-(d)から準周期的な変調特性(e),(f)への遷移が確認された。これは、アクティベーション強度の増強により、ギャップ中の複数のアイランドが成長するため、SET が多重接合系から少数接合系へと変化したことによるものと考えられる。以上より、本手法による低温下での Au 系 SET の作製において、適切な電流の通電により所望のアイランド構造を有する SET の作製が可能であることが示唆された。

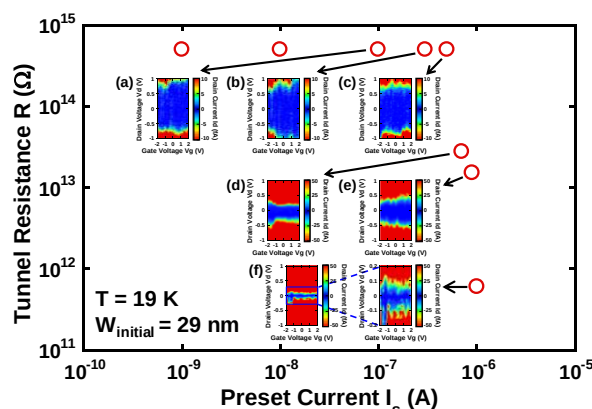


Fig. 1 Dependence of tunnel resistance R on preset current. Insets (a)-(f): stability diagram obtained at 19 K.

References

- [1] K. I. Bolotin, F. Kuemmeth, A. N. Pasupathy and D. C. Ralph, Appl. Phys. Lett., 84 (2004) 3154.
- [2] Y. Nakamura, C. Chen and J. S. Tsai, Jpn. J. Appl. Phys., 35 (1996) L1465.
- [3] E. M. Ford and H. Ahmed, Appl. Phys. Lett., 75 (1999) 421.
- [4] W. Kume, Y. Tomoda, M. Hanada and J. Shirakashi, J. Nanosci. Nanotechnol. 10 (2010) 7239.
- [5] 谷、南、井上、八木、伊藤、白樫: 第 78 回応用物理学会秋季学術講演会 7a-PB1-6 (2017).