

分子トランジスタに向けたボトムラインゲートナノギャップ電極 Bottom-Line-Gate Nanogap Electrodes for Molecule Transistor

猪ヶ倉 大晟, 西之坊 拓海, Phan Trong Tue, 真島豊
Taisei Igakura, Takumi Nishinobo, Phan Trong Tue, Yutaka Majima

東京工業大学 フロンティア材料研究所
Laboratory for Materials and Structures, Tokyo Institute of Technology,
E-mail: majima@msl.titech.ac.jp

単分子トランジスタ (Single-molecule transistor: SMT) は、低消費電力、優れたスケーラビリティ、高速動作といった特徴から次世代トランジスタとして期待されている^[1]。しかしながら、数 nm スケールの分子のゲート変調を可能とする、安定なナノギャップ電極を作製することが困難であるため、安定に動作する SMT に関する報告例は少ない。SMT を実現に向けて我々はこれまでに、ロバストかつ 10 nm スケールの超微細な線幅を有する Pt ベースのナノギャップ電極を開発した^[1]。さらに白金ナノギャップ電極への無電解金めっきによるヘテロエピタキシャル球状(Heteroepitaxial Spherical (HS-))成長技術確立した^[2-5]。本研究は、SMT 動作に必要なもう一つの条件である大きなゲート容量(C_g)の実現を目的としている。ボトムラインゲート上に High-k 誘電体の中でも高い誘電率と優れた熱安定性を示す HfO_2 ゲート絶縁薄膜を溶液プロセス^[6]により作製し、ボトムラインゲート構造を有する白金ナノギャップ電極を作製した。また、ギャップ間に分子を導入した SMT を作製し、分子トランジスタ特性の評価を行った。

作製したボトムラインゲート構造を有する白金ナノギャップ電極の SEM 像を Fig. 1 に示す。ボトムラインゲートの作製には SiO_2/Si 基板上に EBL レジストをスピンコーティングし、EBL 装置 (Elionix, ELS-7500EX) によって電子ビーム描画を行った。現像後、EB 蒸着により Ti と Pt を蒸着し、線幅 500 nm のボトムラインゲートを作製した。 HfO_2 は前駆体溶液をスピンコーティング後、大気中のアニーリング処理によって得られた。ナノギャップ電極はボトムラインゲートと同様に EBL の重ね露光と EB 蒸着によって作製し、この電極に無電解金めっきを施した。ボトムラインゲート構造上に分子長と同じギャップ長を有する超微細 HS-Au/Pt ナノギャップ電極を用いた SMT におけるゲート変調効果については、当日報告する。

本研究の一部は、文部科学省元素戦略プロジェクト<研究拠点形成型> (Grant Number JPMXP0112101001)、JST 知財活用支援事業<スーパーハイウェイ>の支援により行われた。

- [1] S. J. Lee, J. Kim, T. Tsuda, R. Takano, R. Shintani, K. Nozaki, and Y. Majima, *Appl. Phys. Express* **12**, 125007 (2019).
- [2] Y. Choi, T. Teranishi, and Y. Majima, *Appl. Phys. Express*, **44**, 025002 (2019).
- [3] Y. Choi, A. Kwon and Y. Majima, *Appl. Phys. Express*, **12**, 125003 (2019).
- [4] M. Yang, R. Toyama, P. T. Tue, and Y. Majima, *Appl. Phys. Express* **13**, 015006 (2020).
- [5] C. Ouyang, K. Hashimoto, H. Tsuji, E. Nakamura, and Y. Majima, *ACS Omega*, **3**, 5125-5130 (2018).
- [6] M. G. Syamala Rao, et al, *Ceram. Int*, **44**, 16428-16434 (2018).

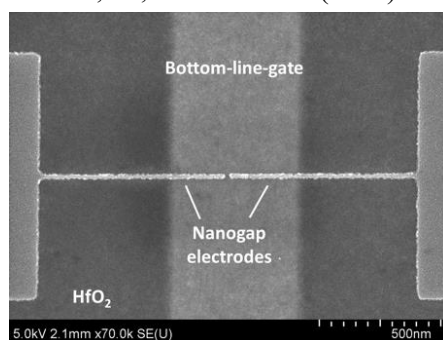


Fig. 1 SEM image of a bottom-line-gate nanogap electrodes using HfO_2 as gate insulator.