

サイドゲート型トランジスタを用いた電界効果による VO₂ ナノワイヤへの水素イオンドーピングと拡散の時空間解析

Time and spatial evolution analysis of hydrogen ion intercalation and diffusion in VO₂ nanowires with side gate-type FET structures

阪大産研, [○]佐々木 翼, 神吉 輝夫, 田中 秀和

ISIR, Osaka Univ., [○]Tsubasa Sasaki, Teruo Kanki, and Hidekazu Tanaka

E-mail: ssktbs77@sanken.osaka-u.ac.jp

【はじめに】 二酸化バナジウム (VO₂) は、340 K 付近で抵抗変化が数桁にも及ぶ金属-絶縁体転移 (MIT) を示し、この巨大応答を利用した新規酸化エレクトロニクスデバイス応用の研究が盛んに行なわれている。我々は、MIT の電氣的制御に向けたデバイス研究の一環として、エアーギャップを介したサイドゲート型 VO₂ ナノワイヤチャンネル電界効果トランジスタ (FET) を用いて、ゲート電界による VO₂ チャンネルの大きな電気伝導変化について報告してきた[1-3]。この電気伝導の変調は、エアーギャップ間の吸着水の電気分解により、水素イオンが VO₂ チャンネルにドーピングされたためであると考えられ、電気化学を用いた新たなドーピング手法や Redox を利用した新奇電子デバイス創出が期待される。前回、我々は水素イオンドーピング・拡散領域の解析について報告[3]したが、今回は、解析をさらに発展させ、VO₂ チャンネル中の水素イオン拡散の過渡状態での電気伝導変化についてシミュレーションを行った。

【実験及び結果】 パルスレーザーアブレーション法により Al₂O₃(0001)基板上に VO₂ を成膜し、ナノインプリントリソグラフィを用いて、図 1 に示すようなサイドゲート型 FET を作製した。図 2a は、湿度 60%、ワイヤ幅(w)が 500 nm に様々なゲート電圧(V_G)を印加した時の VO₂ チャンネルの抵抗値の時間的推移を示している。今回の解析では、VO₂ チャンネルエッジ界面での境界条件を取り入れ、電気分解によって発生した水素イオンが VO₂ チャンネルに取り込まれる正反応と脱離する逆反応との反応速度を考慮した。また、VO₂ チャンネル内での水素イオン拡散については、ゲート電圧による固体内部電界がメインであると考え、非定常状態拡散を記述するフィックの第二法則を用いることにより VO₂ チャンネル内の水素イオン拡散をより詳細に記述することができた。また、水素濃度の時間発展空間分布から過渡状態の抵抗値変化をシミュレートすることに成功し (図 2b)、実験結果(図 2a)と良い一致を示した。当日は、拡散シミュレーションの詳細を説明し、本研究の物理現象の詳細について報告する。

【謝辞】 本研究は、JSPS 科研費 基盤(A)(No.26246013)、基盤(B)(No.25286058)の助成を受けたものです。

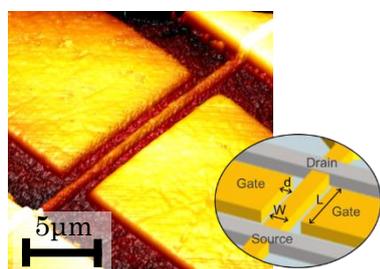


図 1 サイドゲート型 VO₂ ナノワイヤチャンネル FET 構造の原子間力顕微鏡像

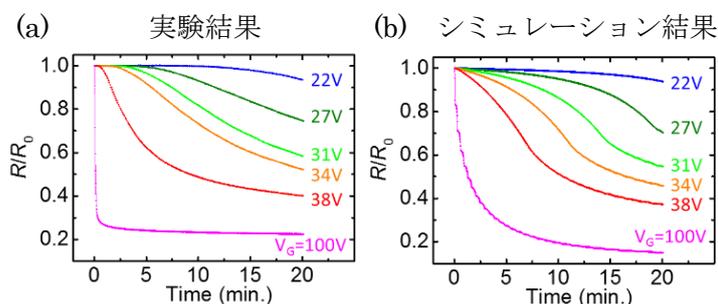


図 2 各ゲート電界による VO₂ チャンネル抵抗の時間変化 (a)実験結果 (b)シミュレーション結果

- [1] 第 74 回応用物理学会秋季学術講演会 16p-D3-4, [2] 第 61 回応用物理学会春季学術講演会 19a-E8-1, [3] 第 75 回応用物理学会秋期学術講演会 19p-A10-16