

課題番号 : F-20-OS-0008  
 利用形態 : 共同研究  
 利用課題名(日本語) : 機能性酸化物を用いたナノ構造体作製と評価  
 Program Title (English) : Fabrication and evaluation of the functional metal oxides nanostructures  
 利用者名(日本語) : 服部 梓、大坂 藍、頓田 佐映子、任 慧、Umar SIDIK、玄地 真悟、野中 信、余 博源、滝川 潤、難波 央、平尾 成、李 瑞、笠松 泰成、小泉 遼太  
 Username (English) : A. N. Hattori, A. I. Osaka, S. Tonda, H. Ren, U. Sidik, S. Genchi, S. Nonaka, B. Yu, J. Takigawa, A. Namba, A. Hirao, T. Kasamatsu, R. Koizumi  
 所属名(日本語) : 大阪大学 産業科学研究所  
 Affiliation (English) : The Institute of Scientific and Industrial Research, Osaka University  
 キーワード/Keyword : リソグラフィ・露光・描画装置、ナノ立体構造、金属酸化物

### 1. 概要(Summary)

機能性酸化物薄膜のナノスケール化は、電子相転移制御や量子効果等のナノ物性の興味に加え、低電力駆動、高集積化に直結する重要な課題である。そこで、我々は、酸化物トップダウン・ボトムアップナノテクノロジーを融合した技術的方法論を確立し、酸化物ナノ構造の作製、及び新奇ナノエレクトロニクスの開拓を行っている。

### 2. 実験(Experimental)

#### 【利用した主な装置】

ナノインプリント装置、LED 描画システム、超高精細電子ビームリソグラフィ装置

#### 【実験方法】

リソグラフィ技術を用いて、機能性金属酸化物基板をナノ細線構造化し、ナノ空間でのみ現れる特異物性の評価に取り組んだ。

### 3. 結果と考察(Results and Discussion)

Mott 絶縁体のプロトタイプ材料で、金属室温近傍で絶縁体から金属へと急峻かつ巨大な抵抗変化を伴って転移(IMT)する VO<sub>2</sub> の転移過程ではナノ相分離現象が見られ、金属相と絶縁相が 10<sup>1</sup>-10<sup>3</sup> nm サイズで共存するため、その大きさ以下のサイズの VO<sub>2</sub> 試料はナノ電子相の閉じ込め効果からバルクや薄膜にはない特性を示し、非常に大きな注目を集めている。Fig. 1 に VO<sub>2</sub> の細線構造(線幅: 600 nm、電極間距離: 20 nm)と、単一細線からの抵抗の温度依存性(R-T)曲線を示す。単一ナノ電子相の、昇温過程での 52°C (降温過程での 49°C)でステップ変化:すなわち絶縁体→金属(金属→絶縁体)の一次相転移がはっきりと観察されている。従来法では不可能な数十 nm サイズの極微ナノ細線構造において、物性の起源であるナノ電子相転移特性の直接評価と、電子相数制御による応答性の急峻

化を実現した。本質的不均一の起源、すなわち電子相での転移点の分布の起源は、試料の不完全性(欠陥、化学組成分布など)によるものであると数多くの文献で既に報告されている。Fig. 1 の成果は、完全に欠陥フリーな(ナノ構造)試料が実現すれば、純粋な MIT が観察できるのだろうか?という問いに答える結果である。高品質なナノ構造体を実現すれば、機能最小単位 1 個

からの純粋な絶縁体↔金属相転移特性を抽出できることを実証している。また、ナノ電子相 1 個の理想的な一次相転移特性を基に、統計的 MIT モデルによってマクロサイズの試料が示すなだらかな抵抗変化を、矛盾なく記述することができることを明らかにし、相転移点の分布特性を明らかにした。

### 4. その他・特記事項(Others)

- ・第 25 回 日本女性科学者の会 奨励賞 (服部 梓)
- ・2020 年度精密工学会秋季大会学術講演会ベストプレゼンテーション賞 (大坂 藍)
- ・共同研究者:大阪大学産業科学研究所 田中秀和教授

### 5. 論文・学会発表(Publication/Presentation)

A. N. Hattori, A. I. Osaka, K. Hattori, Y. Naitoh, H. Shima, H. Akinaga, and H. Tanaka, Crystal, 10(8),

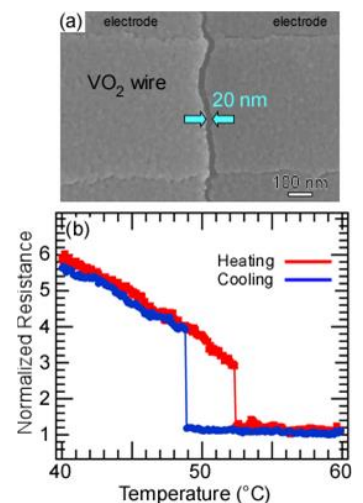


Fig. 1(a) Nanowire structure of VO<sub>2</sub> with 600 nm in width and 20 nm in length. (b) Typical transport curve for a single VO<sub>2</sub> nanowire.

631, 2020 他 3 報など

6. 関連特許 (Patent)

なし。