

課題番号 : F-17-OS-0014
 利用形態 : 機器利用
 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 of functional oxide nano-structures
 利用者名 (日本語) : 神吉輝夫、服部梓、山本真人、Alexis Borowiak、Rupali Rakshit、頓田佐映子、榊奈津子、左海康太郎、近成将司、林慶一郎、樋口敬之、辻佳秀、川本大喜、安西勇人、村岡敬太、遠藤史也、谷村俊樹、玄地真悟
 Username (English) : T. Kanki, A. Hattori, M. Yamamoto, A. Borowiak, R. Rakshit, S. Tonda, N. Sakaki, K. Sakai, M. Chikanari, K. Hayashi, Y. Higuchi, Y. Tsuji, T. Kawamoto, Y. Anzai, K. Muraoka, F. Endo, T. Tanimura, S. Genchi
 所属名 (日本語) : 大阪大学 産業科学研究所
 Affiliation (English) : ISIR, Osaka University
 キーワード/Keyword : 機能性酸化物薄膜, 遷移金属ダイカルコゲナイド, リソグラフィ・露光・描画装置

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、リアクティブイオンエッチング装置、超高精細電子ビームリソグラフィ装置、RFスパッタ成膜装置

【実験方法】

上記装置群を用いて酸化物薄膜の微細加工を行った。

3. 結果と考察 (Results and Discussion)

■強相関電子系酸化物であるペロブスカイト型ニッケル酸化物は、金属絶縁体転移(MIT)に伴って巨大な抵抗変化を示す。これまで VO_2 や Mn 酸化物といった MIT を示す強相関電子系酸化物では MIT 過程で相分離現象が報告されているが、ニッケル酸化物では殆ど調べられていない。そこで本研究では上記微細加工装置群を用いて NdNiO_3 (NNO) ナノ細線試料を作製し (Fig. 1(a))、電気伝導特性研究を行った。 NdNiO_3 単一ナノ細線の抵抗の温度依存性を Fig. 1(b) に示す。線幅 500 nm 細線では薄膜と同様になだらかな抵抗変化であるのに対し、線幅 100 nm 細線は階段状の抵抗変化と形状に大きな違いがみられた。階段状の抵抗変化は細線中にナノ電子相が閉じ込められていること、すな

わち電子相の閉じ込め効果に由来し、ナノ電子相の伝導特性評価に初めて成功した。

■原子レベルまで薄くしても優れた半導体特性を示す遷移金属ダイカルコゲナイド(TMDC)は、次世代のトランジスタ材料として注目されている。しかし、TMDC トランジスタは、その低消費電力化に物理的限界があった。本研究では、わずかなエネルギーで急峻に金属-絶縁体相転移を示す二酸化バナジウム(VO_2)を電極として用いることで、TMDC トランジスタの低消費電力化を実現した。Fig. 2 に作製した VO_2/WSe_2 トランジスタの光学顕微鏡像とトランジスタ特性を示す。ゲート電圧印可に対しドレイン電流ははじめ緩やかに上昇するが、53.5 V 付近で VO_2 の相転移に由来する急峻な増加を示した。このとき、トランジスタの低消費電力性を示す S 値は 157 mV/decade であり、MOSFET の理論下限値に匹敵する優れた値であった。本研究結果は、遷移金属酸化物/遷移金属ダイカルコゲナイドヘテロ構造による低消費電力トランジスタ実現を大いに期待させるものである。

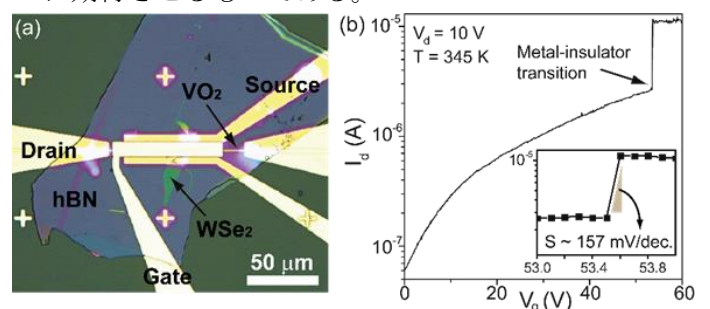


Fig. 2 (a) optical image and (b) a transfer characteristic of a transistor based on a VO_2/WSe_2 heterostructure with a gate dielectric of hBN. The inset in (a) is a close-up of the transfer curve around $V_g = 53.5$ V.

4. その他・特記事項 (Others)

関連する課題番号 : S-17-OS-0014

5. 論文・学会発表 (Publication/Presentation)

- (1) S. Tsubota *et al*, Appl. Phys. Exp. **10** (2017) 15001.
- (2) Y. Higuchi *et al*, Appl. Phys. Exp. **10** (2017) 033201.

6. 関連特許 (Patent)

なし。

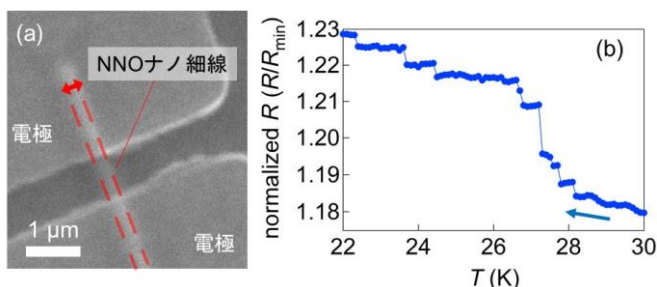


Fig. 1 (a) A SEM image of NdNiO_3 nanowire with 100 nm width. (b) Temperature dependent resistance curve for the 100 nm width NNO nanowire sample. (heating process). Step resistance changes are observed.