

課題番号 : F-21-OS-0028
 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 and evaluation of the functional metal oxides nanostructures
 利用者名(日本語) : 服部 梓、李好博、大坂藍、頓田佐映子、任慧、Umar SIDIK、玄地真悟、余博源、難波央、平尾成、李瑞、小泉遼太、谷口勇貴、梅崎景都、田之畑攻己
 Username (English) : A. N. Hattori, L. Haobo, A. I. Osaka, S. Tonda, H. Ren, U. Sidik, S. Genchi, B. Yu, A. Namba, A. Hirao, R. Li, R. Koizumi, Y. Taniguchi, K. Umesaki, K. Tanohata
 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、機能性金属酸化物薄膜からチャンネル構造を作製し、極薄膜物性の評価に取り組んだ。

3. 結果と考察(Results and Discussion)

僅かな外部刺激をきっかけに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位(IMT)するマグネタイト(Fe_3O_4)は膜厚が 100 nm 未満の極薄膜では IMT 等の物性が著しく劣化する。原因は下地となる単結晶基板表面の微小粗さや欠陥等の不完全さによって薄膜成長起点で多く発生する欠陥である。我々のグループでは物性劣化の無い Fe_3O_4 極薄膜を実現するため、原子レベルで平滑であり欠陥を究極的に排除した表面(完全結晶表面)を下地基板である MgO(001)表面に 50 nm 厚さの Fe_3O_4 極薄膜作製し、物性を評価した。独自の表面処理を施した MgO(001)基板は表面欠陥密度が市販基板の 1/1000 以下の原子レベルで平滑な表面(粗さ: ~ 0.1 nm)であり、その上に作製した Fe_3O_4 薄膜は Fig. 1(a)に示すように成長起点から乱れの無い結晶構造を示した。Fig. 1(b)に代表的な抵抗の温度依存

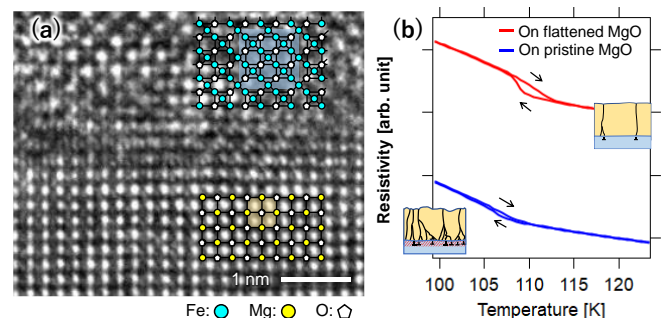


Fig. 1 (a) Comparison of typical temperature-dependent electrical transport curves on logarithmic scale. (b) Typical cross-sectional TEM images of the interfaces between Fe_3O_4 film and atomically flattened MgO observed in the $[100]_{\text{MgO}}$ direction.

性(R-T)曲線を示す。市販基板の上に作製した Fe_3O_4 では緩やかな抵抗変化しか観察できないのに対し、完全結晶表面を実現した基板上の Fe_3O_4 では明確な IMT を発現し、IMT を生じる温度(T_{IMT})もバルクの T_{IMT} (120 K)に近い高温側にシフトした。さらに、完全結晶表面基板内に作製した薄膜試料は全て、偏り無く優れた IMT を示しており、広域に亘って高品質な薄膜が実現されたことがわかる。本成果は制御手法が無いために長年触れられてこなかった薄膜研究分野の根本課題を解決した初めての研究であり、今後、他の機能性薄膜へと応用展開を進める。

4. その他・特記事項(Others)

・日本表面真空学会 若手女性研究者優秀賞(服部梓)

5. 論文・学会発表(Publication/Presentation)

A. I Osaka, D. Toh, K. Yamauchi, K. Hattori, X. Q. Shi, F. Z. Guo, H. Tanaka, and A. N Hattori, Appl. Nano Mater., **4** (2021) 12091.

6. 関連特許(Patent)

なし。