

MgO (001) 完全表面基板上での Fe₃O₄ 極薄膜の金属絶縁体相転移特性向上

Improvement of metal-insulator transition properties for Fe₃O₄ ultra-thin films on the atomically ordered and flat MgO(001) substrate

阪大産研¹, 阪大院工², 奈良先端大院³

○大坂 藍¹, 山内和人², 服部 賢³, 田中 秀和¹, 服部 梓¹

Osaka Univ. ISIR¹, Osaka Univ.², NAIST³

○Ai I. Osaka¹, Kazuto Yamauchi², Ken Hattori³, Hidekazu Tanaka¹, Azusa N. Hattori

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

Fe₃O₄は120 K近傍で金属絶縁体相転移 (MIT) に伴い電気抵抗率が2桁以上変化する等の魅力的な物性から、デバイス応用等の観点で注目を集めている。デバイス展開には高品質な Fe₃O₄ 薄膜が必要であるが、膜厚が100 nmを下回ると成長基板表面の欠陥や粗さ等の表面不完全性の影響を大きく受け¹薄膜の結晶性が低下するため、Fe₃O₄ 本来の特性が著しく損なわれる²。50 nm以下の Fe₃O₄ 極薄膜でも材料本来の特性を実現するためには、原子精度で乱れの無い完全表面基板が有効であるが、蒸着前の一般的なアニール処理等では完全表面の実現は不可能である。本研究では、触媒表面基準エッチング (CARE) 法³と呼ばれる独自の化学研磨法を用いてMgO(001)成長基板上に原子レベルで平坦かつ結晶構造の乱れない完全表面を作製し、その上に膜厚50 nmの Fe₃O₄ 極薄膜を成長させ、MIT 特性を評価した。

市販 MgO 基板と CARE 法で平坦化処理を行った MgO (CARE-MgO) 基板との2種類を用意した。Fig. 1に市販 MgO 基板と CARE-MgO 基板表面の AFM 像、及び RHEED 観察像を示す。市販 MgO 基板の表面には凹凸があり、表面の原子オーダーが乱れているのに対し (Fig. 1 (a), (b))、CARE-MgO 基板ではダメージレスで原子ステップ・テラス構造が形成され、明瞭な原子周期構造由来の回折パターンが確認できる (Fig. 1 (c), (d))。それぞれの基板上にパルスレーザー堆積法を用い、基板温度を643 K、酸素分圧を0.1 Paで成膜した50 nm厚さの Fe₃O₄ 薄膜の MIT 特性 (抵抗の温度依存性) を Fig. 2に示す。Fe₃O₄/市販 MgO 基板 (青線) での僅かな抵抗変化に比べ、Fe₃O₄/CARE-MgO 基板 (赤線) では抵抗変化率は約6倍の明瞭な MIT が観察された。CARE-MgO 基板上の Fe₃O₄ 薄膜中の欠陥密度の低下等の結晶性の向上を確認しており、基板表面での完全表面の実現が、50 nm以下の Fe₃O₄ 極薄膜における MIT 特性の向上を導いたと言える。

1. J. C. Jian *et al.*, *J. Appl. Phys.*, **91** (2002) 3188–3192.
2. D. T. Margulies *et al.*, *Phys. Rev. Lett.*, **79** (1997) 5162–5165.
3. A. Isohashi *et al.*, *Appl. Phys. Lett.*, **110** (2017) 201601.

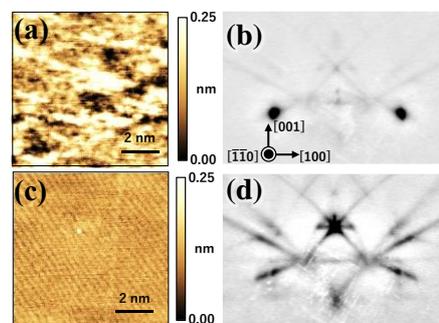


Fig. 1 AFM images of (a) pristine and (c) CARE-MgO(001) substrate. Typical RHEED patterns of (c) a pristine and (f) a CARE-MgO observed at 300 K with the incident electron beam along [001] orientation.

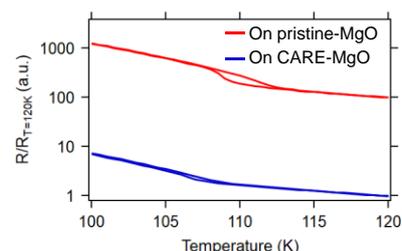


Fig. 2 (Color online) comparative of typical temperature-dependent electrical transport curve and at 109 K for the 50 nm-Fe₃O₄ film grown on the pristine MgO (blue) and CARE-MgO (red).