

低温 O₂ アニール処理を施した MgO(001)基板上への Fe₃O₄ 薄膜成長

Fe₃O₄(001) thin film growth on a MgO substrate annealed in low temperature O₂ atmosphere

北大院情報科学¹, 北大創成研²

○高橋聡太郎¹, 樋浦諭志¹, 城地雅史¹, 山崎陸¹, Subagyo Agus^{1,2}, 末岡和久¹

GSIST, Hokkaido Univ.¹, CRIS, Hokkaido Univ.²

°S. Takahashi, S. Hiura, M. Jochi, R. Yamazaki, A. Subagyo, and K. Sueoka

E-mail: s-takahashi@nano.ist.hokudai.ac.jp

マグネタイト (Fe₃O₄) 薄膜はスピントロニクスや触媒への応用が期待されている材料の一つである。これらの応用において、薄膜表面の結晶構造や表面・界面の局所的な電子状態を原子分解能で解析することが重要であり、著者らは主に走査型トンネル顕微鏡 (STM) を用いてこれらに関する研究を進めてきた^[1-3]。また、Fe₃O₄ 薄膜の Verwey 転移についてもその局所構造依存性に興味をもたれるところであり、表面電子状態の温度依存性に関する研究を進めているが、その実験に用いる低温 STM 測定用の試料ホルダを用いて従来の研究と同様の薄膜を得る必要がある。装置構造の制約から加熱可能な温度が 650°C 以下であるため、従来採用してきた MgO 基板の清浄化条件とは異なる、新たな清浄化条件を確立する必要がある。本研究では、650°C の O₂ アニール処理を施した MgO(001)基板上への清浄な Fe₃O₄(001)薄膜の作製を目的とし、STM, X 線光電子分光 (XPS) 測定から Fe₃O₄(001)薄膜表面構造と MgO 基板の清浄方法との関係について調べた。

本実験には、電子ビーム成膜装置、反射高速電子線回折 (RHEED), XPS を備えた超高真空 STM システムを用いた。基板には大気中で劈開して作製した MgO(001)を用いた。300°C の脱ガス (16 時間) の後に 650°C の O₂ アニール処理 (30 分間) を行うことで MgO 基板を清浄化した。MgO 基板の清浄化後、基板温度を 280°C としながら酸素雰囲気中で鉄を蒸着することによって Fe₃O₄(001) 薄膜を作製した^[1]。成膜過程は RHEED 観察、表面状態は STM 測定により評価した。

RHEED 観察から、Fe₃O₄(001)清浄表面の ($\sqrt{2} \times \sqrt{2}$)R45°再構成パターンが数原子層の厚さで見られ、高温 O₂ アニール処理を施した MgO(001)基板上の Fe₃O₄(001)薄膜と同様にエピタキシャル成長することがわかった。図 1(a)に得られた広域 STM 像を示す。約 0.21 nm の単原子ステップを持つ広いテラスが観察された。図 1(b)に得られた原子分解 STM 像を示す。波状の鉄原子列が分解されて観察され、($\sqrt{2} \times \sqrt{2}$)R45°再構成表面が形成されていることが分かる。これらの結果から、650°C の O₂ アニール処理を施した MgO(001)基板上への清浄な Fe₃O₄(001)薄膜の作製が可能であることがわかった。また、超高真空中に導入した直後の MgO(001)劈開基板と MgO(001)機械研磨基板の清浄度を XPS 測定により調べた。その結果、劈開基板の炭素不純物が機械研磨基板に対して非常に少ないことがわかり (図 1(c))、炭素不純物が少ないことが低温処理でも広いテラスの清浄表面を有する薄膜を成長可能にしているものと考えられる。

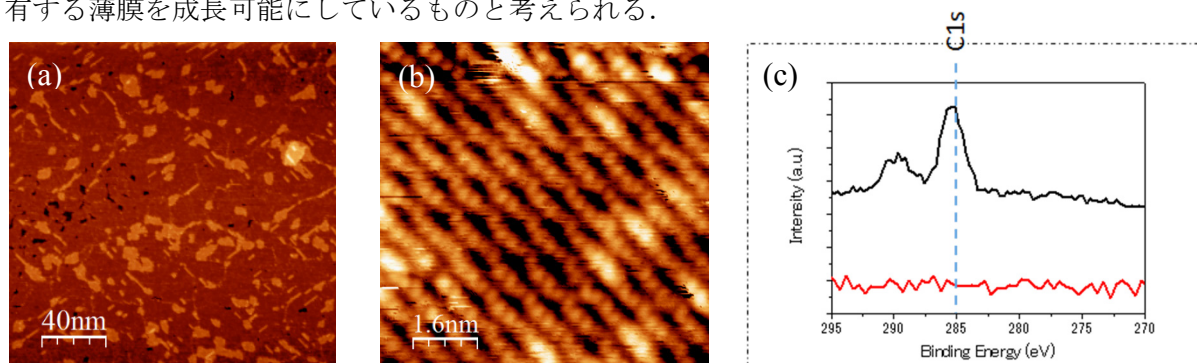


Fig. 1 (a) Overview and (b) atomic-resolution STM image ($V_s = 1.0$ V, $I_t = 0.3$ nA).

(c) XPS spectra of cleaved (red line) and mechanically-polished (black line) MgO substrate.

[1] S. Hiura *et al.*, Phys. Rev. B **91**, 205411 (2015). [2] A. Ikeuchi *et al.*, Jpn. J. Appl. Phys. **51**, 08KB02 (2012). [3] A. Subagyo *et al.*, Jpn. J. Appl. Phys. **45**, 2255 (2006).