

# 乱れの無い平滑結晶面上での機能性酸化物薄膜の物性改善

～原子の凹凸をつるつるに。究極の表面処理で薄膜の性能 UP～

工学研究科 電子情報工学専攻

○助教 おおさか あい  
大坂 藍

キーワード

表面加工, 機能性薄膜, 強相関電子系酸化物, 相転移,  
センサ, メモリ材料



研究概要

薄膜成長の土台として、乱れの無い平滑結晶面(=完全結晶表面)を実現することで物質の持つ特性が劣化しない高品質な薄膜成長を実現した。薄膜は成長のスタート地点である基板表面の情報を引き継ぐため、高品質な薄膜成長を実現するためには基板表面状態を原子レベルで整える必要がある。今までにも様々な表面処理を駆使することで高品質な薄膜成長が達成されてきたが、その広さは~数十  $\mu\text{m}$  単位に限定されていた。一般的には研磨のように表面を磨き、削り取る機械的な処理で表面を平滑化し、アニール等の化学的な処理で結晶構造の乱れを取り除く。機械的な処理では基板の結晶構造に関係無く材料が除去されるため、結晶欠陥などの乱れが生じ、化学的な処理では欠陥周りなど、反応の容易な場所が優先して処理されるため平滑面が得られない。このトレードオフの関係により完全結晶表面の実現は  $\mu\text{m}$  単位の非常に狭い空間に限定されてきた。我々は基板加工時に生じた欠陥を除去する後発的アプローチではなく、エッチング反応場を精密に制御/限定することで、薄膜成長に用いる基板表面に欠陥を生じない加工を実現し、完全結晶表面を作製することで高品質極薄膜を数 mm 単位の広範囲で実現した(図 1)。その結果、一般に膜厚が 100 nm 以下の極薄膜では材料物性が消失するマグネタイト( $\text{Fe}_3\text{O}_4$ )で、材料本来の特性である相転移に伴う抵抗変化を示す 50 nm 極薄膜を実現した。本成果は  $\text{Fe}_3\text{O}_4$  等のスピントロニクス材料はじめとする機能性材料薄膜の高品質化が可能であることを実証したものであり、材料物性を損なわないデバイス応用に貢献できる。

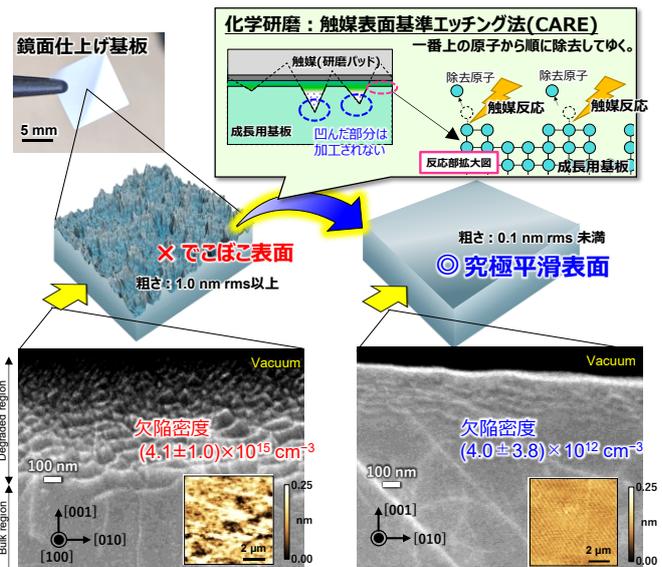


図 1. 完全結晶表面の作製が導くダメージレスな薄膜成長

アピール  
ポイント

【研究の独自性・優位性】精密加工を物性研究に融合させる分野横断の試みで、従来不可能とされていた材料本来の物性発現の場を実現した。数 mm 範囲に及ぶ原子単位で規定された結晶平滑面は我々の開発した表面処理法のみで実現可能であり、独自性が高い。また本成果は薄膜物性研究全般に応用展開できる汎用性の高いものである。

【関連論文】 A. I. Osaka et al., Nondeteriorating Verwey Transition in 50 nm Thick  $\text{Fe}_3\text{O}_4$  Films by Virtue of Atomically Flattened MgO Substrates: Implications for Magnetoresistive Devices, *ACS Appl. Nano Mater.*, **4**, 11 (2021) 12091–12097.

【関連特許】 特開 2015-162600 「Si 基板の平坦化加工方法及びその装置」、特開 2015-173216 「ワイドバンドギャップ半導体基板の加工方法及びその装置」