

2023 年度年次報告書

原子・分子の自在配列と特性・機能

2021 年度採択研究代表者

塩貝 純一

大阪大学 大学院理学研究科

准教授

メンブレン積層制御による界面超構造の創出

研究成果の概要

本研究では、エピタキシャル薄膜成長法、エッチング法及び転写法を融合させたフリースタANDINGメンブレンの合成手法と積層技術を確立することで、これまで積層が困難であった物質群で構成される薄膜積層構造を実現し、新しい物性を観測することを目的とする。

$\text{La}_{2/3}\text{Sr}_{1/3}\text{MnO}_3$ は、ペロブスカイト型酸化物の中でも比較的高い磁気転移温度を有し、室温で強磁性を示す。格子・電荷・スピンの自由度を活用した物性制御が可能な強相関酸化物のモデル物質として、バルク結晶と薄膜の両方から広く研究されている。本研究では、 $\text{La}_{2/3}\text{Sr}_{1/3}\text{MnO}_3$ の自立型メンブレンに着目し、その歪に対する磁気特性を調べた。パルスレーザー堆積法を用いて、 $\text{SrTiO}_3(001)$ 基板上にアモルファス AlO_x キヤップ層(60 nm) / $\text{La}_{2/3}\text{Sr}_{1/3}\text{MnO}_3(22\text{ nm})$ / $\text{Sr}_3\text{Al}_2\text{O}_6$ 水溶性犠牲層(22 nm)を堆積した。この積層構造を純水に浸漬し、 $\text{Sr}_3\text{Al}_2\text{O}_6$ 層のみを選択的にエッチングすることで、基板から剥離された AlO_x / $\text{La}_{2/3}\text{Sr}_{1/3}\text{MnO}_3$ メンブレンの合成に成功した。X 線回折を用いた構造評価から、 SrTiO_3 基板上の積層構造では、 $\text{La}_{2/3}\text{Sr}_{1/3}\text{MnO}_3$ 層が下部層から面内引っ張りのエピタキシャル歪を受けているのに対し、メンブレンでは、エピタキシャル歪が完全に緩和されていることがわかった。剥離前後で $\text{La}_{2/3}\text{Sr}_{1/3}\text{MnO}_3$ 層の磁気特性を評価したところ、どちらも室温で強磁性を示すものの、 $\text{La}_{2/3}\text{Sr}_{1/3}\text{MnO}_3$ 自立型メンブレンでは、エピタキシャル薄膜と比較して、室温の磁化がおおよそ 2 倍、強磁性転移温度が約 3 %増大していることがわかった。以上の結果によって、本物質メンブレンの磁気特性が、外的歪の印加によって制御できることが示唆された。

【代表的な原著論文情報】

- 1) Ryuji Atsumi, Junichi Shiogai, Takumi Yamazaki, Takeshi Seki, Kohei Ueda, and Jobu Matsuno, “Impact of epitaxial strain relaxation on ferromagnetism in a freestanding $\text{La}_{2/3}\text{Sr}_{1/3}\text{MnO}_3$ membrane”, *Japanese Journal of Applied Physics*, 62, 100902 (2023).
- 2) Yusuke Tajima, Junichi Shiogai, Kohei Ueda, Hirotake Suzaki, Kensuke Takaki, Takeshi Seki, Kazutaka Kudo, and Jobu Matsuno, “Non-coplanar spin structure in a metallic thin film of triangular lattice antiferromagnet CrSe”, *APL Materials*, 12, 041112 (2024).