

原子・分子の自在配列と特性・機能  
2021 年度採択研究代表者

2022 年度  
年次報告書

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。

FeSe は超伝導転移温度  $T_c \sim 9$  K を示す鉄系超伝導体物質群のひとつである。本物質群の中でも最も単純な結晶構造をもつため、電子状態や超伝導機構あるいは圧力効果など鉄系のバルクの特性を理解する上で有用なモデル物質として研究されている。また、SrTiO<sub>3</sub> 基板上的単原子層 FeSe が  $T_c = 40$  K の高温超伝導を示すことから、薄膜研究においても広く注目されている。本年度の研究では、FeSe 薄膜と SrTiO<sub>3</sub> 薄膜で構成される2層構造のメンブレンに着目した。まず始めに、FeSe/SrTiO<sub>3</sub> の2層膜を水溶性犠牲層である Sr<sub>3</sub>Al<sub>2</sub>O<sub>6</sub> 上にパルスレーザー堆積法を用いて成膜した。この薄膜試料を純水に浸漬し、Sr<sub>3</sub>Al<sub>2</sub>O<sub>6</sub> 層のみをエッチングすることで、FeSe/SrTiO<sub>3</sub> メンブレンの合成に成功した。X線回折及び薄膜断面の電子顕微鏡像から、FeSe/SrTiO<sub>3</sub> の2層構造がメンブレン合成時にほとんどダメージを受けていないことと、基板からのエピタキシャル歪が完全に緩和されたフリースタANDINGな状態であることがわかった。FeSe/SrTiO<sub>3</sub> フリースタANDINGメンブレンで抵抗測定を行ったところ、低温でゼロ抵抗を示す明瞭な超伝導転移を示し、さらにバルク単結晶の値と同程度の超伝導臨界磁場及び臨界電流を示した。一方、SrTiO<sub>3</sub> 単結晶基板や Sr<sub>3</sub>Al<sub>2</sub>O<sub>6</sub> 犠牲層上に成長した FeSe 薄膜では、基板から面内に引っ張り方向のエピタキシャル歪を受けて超伝導転移が抑制された。一連のメンブレン実験によって、FeSe の超伝導特性と歪が密接に結合していることが示された。

### 【代表的な原著論文情報】

- 1) “Superconducting FeSe membrane synthesized by etching of water-soluble Sr<sub>3</sub>Al<sub>2</sub>O<sub>6</sub> layer”, Junichi Shiogai, and Atsushi Tsukazaki, *Applied Physics Letters* 122, 052602 (2023).