

# ペロブスカイト酸化物の還元によるトポロジカル絶縁体薄膜の創製

## 概要

ABO<sub>3</sub>の組成を持つペロブスカイト型の酸化物の中には、CaH<sub>2</sub>等で還元することでABO<sub>2</sub>の組成を持つ層状ペロブスカイト構造にトポクティックに変化する物があることが知られている。一方、IrやBiを含む酸化物がトポロジカル絶縁体となる可能性が示唆され、研究が進められているが、現在のところまだ発見されていない。そこで、まだ全く研究が進んでいないIrやBiがBサイトに入ったABO<sub>2</sub>構造の酸化物を作製し、トポロジカル絶縁性を示すかを確認する研究に取り組んでいる。

## 研究背景

### Introduction

近年、ペロブスカイト酸化物SrFeO<sub>3</sub>、LaNiO<sub>3</sub>等をNaH、CaH<sub>2</sub>等の水素化物で還元することによりSrFeO<sub>2</sub>、LaNiO<sub>2.5</sub>等の層状構造を持つ無限層ペロブスカイト酸化物に変換する研究が報告され注目を集めている[1,2]。(図1)

この還元法の特長は300℃程度の比較的低温で還元反応が進むため、遷移金属酸化物の結晶格子を保ったまま酸素原子を取り除くことが可能なことであり、その結果図1の様に層状構造となる。

この方法を応用してCaFeO<sub>2.5</sub>とSrTiO<sub>3</sub>の積層構造を還元した場合、CaFeO<sub>2.5</sub>のみがCaFeO<sub>2</sub>へと還元される例が報告されていることから[3]、条件を整えることによって超格子構造の内、還元し易い層のみを選択的に還元し層状に変化させることが可能であると予想されている。(図2)

ペロブスカイト構造を持つ酸化物は高温超伝導や強磁性等々々有用な機能を持っているためトポロジカル絶縁体と組み合わせることでトポロジカル量子コンピュータ等への応用が期待されているが、これまでに発見されているトポロジカル絶縁体とは構造や格子乗数の違いなどから安定した接合を作るのが難しかったため、これらの物質の界面で起きると考えられている現象に関する研究は進んでいなかった。しかし、近年、SrIrO<sub>3</sub>やBaBiO<sub>3</sub>等のペロブスカイト酸化物に関する第一原理計算の結果から、これらの酸化物のスピン-軌道相互作用、電子相関、格子の対称性等を制御することによりトポロジカル絶縁体になる可能性が指摘された[4,5]。ペロブスカイト構造を持つトポロジカル絶縁体を作製することが出来れば、多様なペロブスカイト酸化物との安定した接合が作製出来るため、トポロジカル絶縁体の応用の幅が広がると考えられているが、これまでのところトポロジカル絶縁性を示すAlrO<sub>3</sub>、ABiO<sub>3</sub>薄膜の実現に成功したと言う報告はなされていない。

## 研究目標

### Purpose

これらの背景を踏まえて、私たちはパルスレーザーデポジション装置を用いてAlrO<sub>3</sub>、ABiO<sub>3</sub> (A=Ca, Sr, Ba) 膜を成膜した後にCaH<sub>2</sub>等で還元することでAlrO<sub>2</sub>、ABiO<sub>2</sub>を創製し、これらの物質がトポロジカル絶縁性を示すかを確認することを目的とした研究を行っている。

また、成膜と並行しての第一原理計算の専門家の協力を仰ぎAlrO<sub>2</sub>、ABiO<sub>2</sub>のバンド構造について分析を行う。これらの薄膜がトポロジカル絶縁性を持つか否かは、高エネルギー加速器研究機構の協力を仰ぎ、角度分解光電子分光装置等を用いて解析する予定である。

## 実験概要

### Experiment

成膜には図3のパルスレーザーデポジション装置を用い、図4左の構造を持つ多層膜の成膜を進めている。その後、CaH<sub>2</sub>等で還元することにより、図4右の構造を持つ積層構造の作製を試みている。

還元することでABO<sub>2</sub>構造に変化するペロブスカイト酸化物ABO<sub>3</sub>は極一部で、多くのペロブスカイト酸化物は構造変化を起こさないか、もしくは結晶構造を保つことが出来ずアモルファスに変化してしまう。その様なアモルファスに変化してしまう物質もトポクティックに還元する技術を開発中で、現在実証実験を行っている。

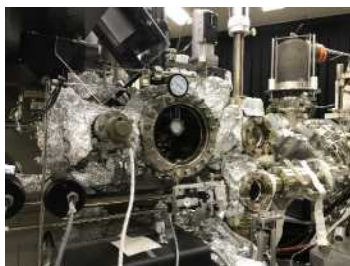


図3 PLD装置真空チャンバーの外観

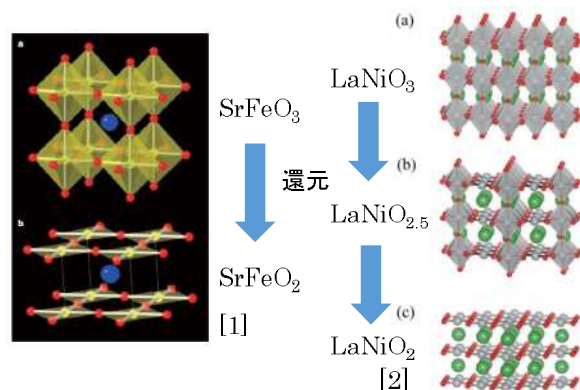


図1 水素還元による層状酸化物の形成

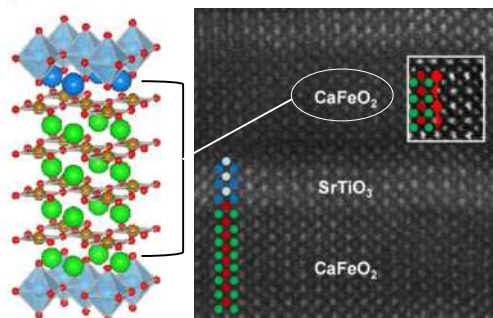


図2 CaFeO<sub>2</sub>/SrTiO<sub>3</sub>層状構造の模式図とTEM像

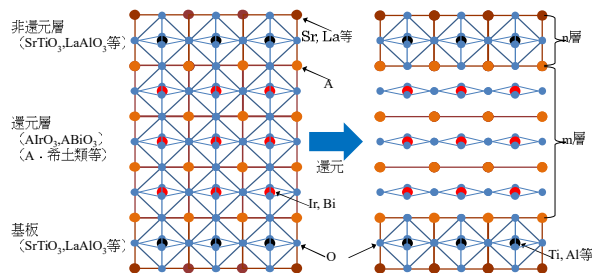


図4 積層構造の模式図

- [1] Y. Tsujimoto, et. Al., Nature **450**, 1062 (2007).
- [2] M. Kawai, et. Al., APL, **94**, 082102(2009).
- [3] K. Matsumoto, et. Al., Sci. Rep. **1**, 27 (2011).
- [4] J.-M. Carter, et. Al., Phys. Rev. B **88**,035111 (2013).
- [5] B. Yan, et. Al., Nat. Phys. **9**, 709 (2013).