

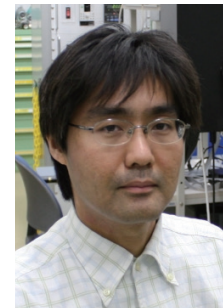
超格子バンドエンジニアリングを用いた トポロジカル絶縁体の実現

松野 丈夫／理化学研究所 基幹研究所 専任研究員

5d 電子系であるイリジウム酸化物は、スピン - 軌道相互作用が約 0.5 eV と大きく、かつ電子相関とも競合するという特徴を持ちます。このことから、「電子相関の効いたトポロジカル絶縁体」という物質の新たな状態が生まれる可能性が理論的に指摘されています。本研究では原子層レベルで制御可能な薄膜合成技術を駆使して、イリジウム酸化物においてトポロジカル絶縁体を実現することを目的としています。

スピン - 軌道相互作用と電子相関との競合は、従来遍歴的であると信じられてきたイリジウム酸化物に予想外の基底状態を実現させることが近年明らかになってきました。一例として、二次元的構造をとる Sr_2IrO_4 がモット絶縁体となることが示され、注目を集めています。一方、その三次元版である SrIrO_3 は格子歪みとスピン - 軌道相互作用の結合により半金属となります。前期では、 SrIrO_3 と SrTiO_3 からなる人工超格子薄膜 $[(\text{SrIrO}_3)_m, \text{SrTiO}_3]$ を $\text{SrTiO}_3(001)$ 基板上に作製し、 m を変化させることで次元性制御によるモット絶縁体 - 半金属転移を実現しました。これは人工超格子によるバンド構造制御、すなわち超格子バンドエンジニアリングの好例です。

前期の成果を活かして現在取り組んでいるのは、右に示すような (111) 方向に積み重なった $[(\text{SrIrO}_3)_2, (\text{SrTiO}_3)_2]$ 超格子の作製です。この構造では Ir 原子の配列がハニカム格子と等価になり、その特殊性からトポロジカルな性質を持つことが予測されています。ところが、このような Ir と Ti の原子配列は熱力学的に不安定ですので、通常の合成法では実現が困難です。一層ずつ積層を制御できる薄膜合成法によってのみ実現可能な、究極の超格子バンドエンジニアリングと言えます。実績のある (001) 方向に比べて (111) 方向への積層は格段に難しいため苦戦はしていますが、目標に向けて一歩ずつ近づいています。



まつの・じょうぶ

2001 年 東京大学大学院理学系研究科修了、産業技術総合研究所博士研究員等を経て、2005 年理化学研究所研究員、2008 年より同専任研究員。最近はすっかりご無沙汰ですが、学生時代に茶道をかじっておりました。

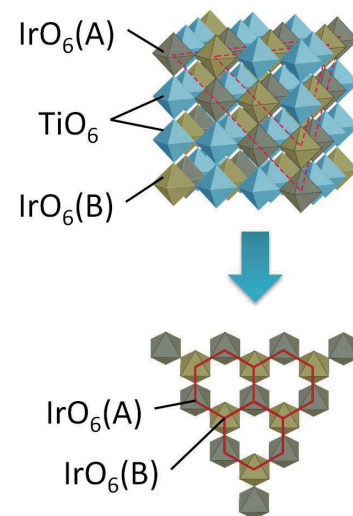


図 1 : (111) 方向に積層した人工超格子 $[(\text{SrIrO}_3)_2, (\text{SrTiO}_3)_2]$ の結晶構造。Ir 原子のみを抜き出すとハニカム格子を形成している。