

イルメナイト型酸化物超格子における IrO_6 ハニカム格子の安定化

Stabilization of an IrO_6 honeycomb lattice in ilmenite-type oxide superlattices

東北大金研¹, 東大院工², JST さきがけ³, 東北大 CSRN⁴

○藤原 宏平¹, 三浦 径¹, 仲山 啓², 石川 亮^{2,3}, 柴田 直哉², 塚崎 敦^{1,4}

IMR, Tohoku Univ.¹, IEI, Univ. Tokyo², PRESTO, JST³, CSRN, Tohoku Univ.⁴

○K. Fujiwara¹, K. Miura¹, K. Nakayama², R. Ishikawa^{2,3}, N. Shibata², A. Tsukazaki^{1,4}

E-mail: kfujiwara@imr.tohoku.ac.jp

$\text{Ru}^{3+}\text{Cl}_6$ 八面体や Ir^{4+}O_6 八面体から成るハニカム格子では、キタエフ型相互作用と呼ばれる特殊な磁氣的相互作用による量子揺らぎの結果、量子スピン液体が発現する。量子スピン液体研究はこれまで主に、核磁気共鳴や中性子回折が有効なバルクを対象としてきた。一方、薄膜を用いることができれば、極薄膜化や超格子化による磁氣的相互作用の制御に加え、素子構造を用いた物性検証への道が拓ける。しかしながら、既知のキタエフ候補物質（例： $\alpha\text{-RuCl}_3$ や $\text{H}_3\text{LiIr}_2\text{O}_6$ [1]）の多くは、塩化物やアルカリ金属を含む酸化物であるため、定比組成薄膜の作製が難しい。本研究では、薄膜化に適した結晶系としてイルメナイト型酸化物 ABO_3 （ A および B : 陽イオン）に着目し、 $\text{Mn}^{2+}\text{Ti}^{4+}\text{O}_3$ [2]をベースに、Ti サイトへの Ir 導入によるハニカム格子形成を試みた（図 1）。

パルスレーザー堆積法により、 MnTiO_3 および Mn-Ir-O ターゲットを用いて、 $\text{Al}_2\text{O}_3(0001)$ 基板上に薄膜を作製した。 MnIrO_3 単体のイルメナイト結晶相は合成できなかったが、 MnTiO_3 との超格子を形成することで、系全体でのイルメナイト秩序を維持しつつエピタキシャル成長できることを見出した（Mn-Ir-O 臨界膜厚 ~ 1.0 nm）。図 2 に示す高角散乱環状暗視野走査透過型顕微鏡像(HAADF-STEM)から、Ir は MnTiO_3 の Ti サイトを置換し、局所的に IrO_6 ハニカム格子を形成していると結論付けた。これは、バルクでは未報告のイルメナイト型 MnIrO_3 が極薄膜相として安定化されたものと見なせる。さらに、スピンホール磁気抵抗効果[3]を用いて、試料表面の磁気秩序を系統的に調べた結果、Ir 置換により MnTiO_3 の Mn スピン間反強磁性秩序 ($T_N \sim 63$ K) が抑制されることを見出した[4]。

[1] H. Takagi *et al.*, *Nat. Rev. Phys.* **1**, 264 (2019).

[2] H. Toyosaki *et al.*, *Appl. Phys. Lett.* **93**, 072507 (2008).

[3] K. Miura, K. Fujiwara *et al.*, *J. Appl. Phys.* **127**, 103903 (2020).

[4] K. Miura, K. Fujiwara *et al.*, *Commun. Mater.* **1**, 55 (2020).

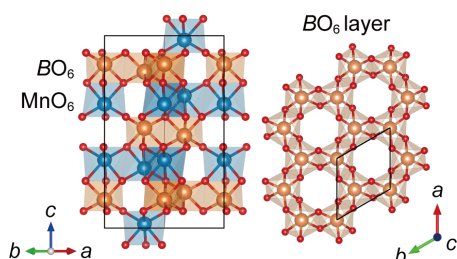


Fig. 1 Crystal structure of ilmenite-type MnBO_3 .

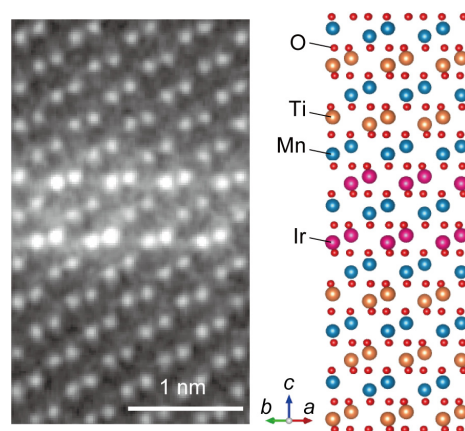


Fig. 2 HAADF-STEM image of $\text{MnTiO}_3/\text{Mn-Ir-O}/\text{MnTiO}_3$ interface (left) and the corresponding atomic arrangement (right).