

## ガスソース MBE 高品質酸化物薄膜で拓く酸化物エレクトロニクス

### High quality oxide films fabricated by gas source MBE for exploring oxide electronics

○高橋圭<sup>1,2</sup>、松原雄也<sup>1,3</sup>、村田智城<sup>3</sup>、M. S. Bahramy<sup>1,3</sup>、小塚裕介<sup>3</sup>、D. Maryenko<sup>1</sup>、J. Falson<sup>3</sup>、塚崎敦<sup>4</sup>、十倉好紀<sup>1,3</sup>、川崎雅司<sup>1,3</sup> (1. 理研 CEMS、2. JST さきがけ、3. 東大工、4. 東北大金研)

○K. S. Takahashi<sup>1,2</sup>、Y. Matsubara<sup>1,3</sup>、T. Murata<sup>3</sup>、M. S. Bahramy<sup>1,3</sup>、Y. Kozuka<sup>3</sup>、D. Maryenko<sup>1</sup>、J. Falson<sup>3</sup>、A. Tsukazaki<sup>4</sup>、Y. Tokura<sup>1,3</sup>、and M. Kawasaki<sup>1,3</sup> (1. RIKEN CEMS, 2. JST, PREST, 3. Univ. of Tokyo, 4. IMR, Tohoku Univ.)

E-mail: kei.takahashi@riken.jp

遷移金属酸化物は、電子相関が強く多様な物性を示すため半導体デバイスを凌駕することが期待されている。近年、パルスレーザー堆積法 (Pulsed Laser Deposition: PLD) によるエピタキシャル技術が飛躍的に発達したことにより、遷移金属酸化物薄膜の原子レベルで急峻な界面が合成可能になり超格子による機能化や界面二次元電子の創出などの研究成果が数多く報告されている[1]。しかし、PLD は熱力学的に非平衡性の強いプロセスであるため、局所平衡が成り立つプロセスで合成されたバルク結晶に比べ、原理的に結晶性が悪くなってしまふ。例えば金属や半導体の高結晶性の指標である残留抵抗や電子移動度を比べると、ほとんどの場合バルク単結晶の方が薄膜より優れている。そのためこれまでの研究では、期待される物性や機能が薄膜化による結晶性の低下で発現しないことが多かった。

本研究では、この問題を解決することで新たなブレイクスルーを目指し、酸化物薄膜の結晶性を飛躍的に向上させる成長方法を開発した。分子線エピタキシー (Molecular Beam Epitaxy: MBE) は、成長時の原子の運動エネルギーが低く平衡プロセスに近い。しかし、これまでの遷移金属酸化物の MBE 成長では、遷移金属の蒸気圧が低く原子フラックスを安定的に得ることが困難であるため、得られる薄膜の結晶性も他の成長法と大差ないことが多く、優位性が顕在化していなかった。我々は数年前から、MBE で遷移金属単体を蒸発させるのではなく、蒸気圧の高い揮発性の有機金属ガスを用いたガスソース MBE が有効であると考えて開発に取り組んできた。先行研究[2]を参考に、半導体レーザーを用いた基板加熱による高温成長を組み合わせたガスソース MBE を開発した。これまでに、デルタドープ SrTiO<sub>3</sub> の二次元電子移動度の向上による量子ホール効果の観察[3]、希薄電子ドープ EuTiO<sub>3</sub> の異常ホール効果の観察、La ドープ BaTiO<sub>3</sub> 薄膜の極性金属の実現に成功している。これらの結果は、他の成長法で合成した結晶性の低い薄膜では得られなかったものであり、結晶性の高い薄膜が合成可能なガスソース MBE が酸化物のポテンシャルを引き出す強力なツールであることを示している。講演では、これまでに得られた結果と将来の展望について議論する。

[1] H. Y. Hwang *et al.* "Emergent phenomena at oxide interfaces" *Nature Mater.* **11**, 103 (2012). [2] J. Son *et al.* "Epitaxial SrTiO<sub>3</sub> films with electron mobilities exceeding 30,000 cm<sup>2</sup>V<sup>-1</sup>s<sup>-1</sup>" *Nature Mater.* **9**, 482 (2010). [3] Y. Matsubara *et al.* submitted.