

単原子層物質の成長機構と構造制御

Growth mechanism and structure control of two-dimensional single-layer materials

関学大¹, NTT 物性基礎研², 島根大³ °日比野 浩樹¹, Shengnan Wang², 影島 博之³

Kwansei Gakuin Univ.¹, NTT Basic Research Labs.², Shimane Univ.³

°Hiroki Hibino¹, Shengnan Wang², Hiroyuki Kageshima³

E-mail: hibino.hiroki@kwansei.ac.jp

グラフェンが 2004 年にグラファイトからの機械的な剥離によって発見されて以来、2 次元物質がもつ基礎科学面での新規性と幅広い応用性から、活発に研究がなされている。多様な層状物質からの機械的な剥離に加え、層状物質が存在しない元素から、基板表面や界面に 2 次元物質が合成され、2 次元物質の範囲は拡大を続けている。

2 次元物質は、比表面積が大きく、透明でフレキシブルであるなどの共通の特徴に加えて、構成する元素に応じて多様な物性を有する。多くの 2 次元物質は、大気中において安定で、エレクトロニクス、フォトニクス、センサー、エネルギーなどの幅広い分野で応用が期待されている。また、2 次元物質は層間に化学結合を持たないため、結晶構造や格子定数の制約なく、任意の組み合わせの 2 次元物質を積層可能である。このように作製されたファンデルワールスヘテロ構造は、その物性を層間の回転角で制御する新たな概念をも生み出し、大いに注目を集めている。

2 次元物質の産業応用には低コストの製造法が不可欠である。機械的剥離は、高品質な 2 次元物質が得られ、任意の積層構造を作製できるため、基礎物性解明やデバイス動作確認に有用である。しかし、サイズや収率の観点で産業応用に適さない。そこで、2 次元物質やそのヘテロ構造を基板上に結晶成長させる技術が求められている。

我々は、これまで 2 次元物質の成長機構の理解に基づき、2 次元物質およびそれらのヘテロ構造を制御して結晶成長させることに取り組んできた。そこでは、2 次元物質の層数や積層構造を決定可能な低エネルギー電子顕微鏡(LEEM)が重要な役割を果たしてきた。本発表では、初めに 2 次元物質の構造と成長過程の LEEM 解析[1-3]について概説した後、絶縁性の 2 次元物質である六方晶窒化ホウ素(h-BN)および h-BN とグラフェンのヘテロ構造の成長機構と構造制御に関する我々の研究[4-6]を紹介し、最後に 2 次元物質の結晶成長技術の今後の展望を述べる。

[1] H. Hibino, H. Kageshima, F. Maeda, M. Nagase, Y. Kobayashi, and H. Yamaguchi, *Phys. Rev. B* **77**, 075413 (2008).

[2] H. Hibino, S. Mizuno, H. Kageshima, M. Nagase, and H. Yamaguchi, *Phys. Rev. B* **80**, 085406 (2009).

[3] 日比野浩樹, 小田原玄樹, 本間芳和, *応用物理* **82**, 137 (2013).

[4] S. Wang, A. E. Dearle, M. Maruyama, Y. Ogawa, S. Okada, H. Hibino, and Y. Taniyasu, *Adv. Mater.* **31**, 1900880 (2019).

[5] R. Makino, S. Mizuno, H. Kageshima, and H. Hibino, *Appl. Phys. Express* **13**, 065007 (2020).

[6] H. Kageshima, S. Wang, and H. Hibino, *e-J. Surf. Sci. Nanotechnol.* **18**, 70 (2020).