

コンダクティブ AFM による C ドープ単層 *h*-BN 内のグラフェンドメイン観察

Observation of graphene domain of C-doped monolayer *h*-BN by c-AFM

東大¹, NIMS², 〇川瀬 仁平¹, S. Ngamprapawat¹, 西村 知紀¹, 谷口 尚², 渡邊 賢司², 長汐 晃輔¹
 UTokyo¹, NIMS², 〇J. Kawase¹, S. Ngamprapawat¹, T. Nishimura¹, T. Taniguchi², K. Watanabe², & K. Nagashio¹

E-mail: kawase-jimpei0517@g.ecc.u-tokyo.ac.jp

【緒言】

h-BN は 6 eV 程度のバンドギャップを持つ二次元層状絶縁体であるが、我々はその良好な熱伝導率や化学的安定性に着目し、パワーデバイス応用を目指している。高温高压合成で成長させた単結晶 *h*-BN に高温下での拡散により C を高濃度にドーピングした *h*-BN 結晶(*h*-BN:C)への電流注入を達成してきたが^[1]、結晶の構造については不明な点が多い。Raman 解析から、0.1 at.% の *h*-BN:C では、図 1 のように単原子置換が起こり、10 at.% の *h*-BN:C ではグラフェンドメインが形成していると推測しているが、直接観察は行われていない。

本研究では、原子レベルで平坦な導電性基板である HOPG 上に転写した各種単層 *h*-BN:C において、コンダクティブ AFM(c-AFM)による電流像観察からグラフェンドメイン観察及び IV 特性評価を行うことで電流注入機構に対する示唆を得ることを目的とした。

【実験方法】

単層 *h*-BN に対して視認性の良い SiN 基板上^[2]でテープ剥離法により得た各種単層 *h*-BN:C を、PDMS により HOPG 上に転写後、図 1(c)の配置で c-AFM 測定を行った。単層試料の物理的スクラッチを回避するため、先端半径 25 nm、ばね定数 2.8 N/m の柔らかい探針を選定した。

【結果及び考察】

intrinsic, 0.1, 10 at.% の 3 種類の単層 *h*-BN のうち、図 2(b)に示すように 10 at.% *h*-BN:C においてのみ局所的に抵抗の小さい円形ドメインが観察された。また、HOPG 表面のステップに起因した模様の観察は、*h*-BN:C/HOPG が清浄界面であることを示唆している。一方、図 1 に示す C による母相 *h*-BN の単原子置換の確認は困難であった。局所 IV 測定結果(図 3(a))から、ドメインで観測された電流は HOPG よりも小さく、さらに図 3(b)からドメイン内の抵抗は均一ではないことが分かる。これまでに、グラフェン成長時に B,N をドーピングした場合、母相グラフェン内に均一な *h*-BN ドメイン形成が報告されている^[3]。一方、今回のように高温拡散による *h*-BN 内への C ドーピングの場合、ある臨界濃度以上では、グラフェンドメイン形成に繋がるが、*h*-BN:C は固溶体を形成しないため、*h*-BN 領域とグラフェン領域がパッチワーク状に配列したドメイン組織形成が示唆される。

h-BN へのオーミック電流注入には高濃度 C ドーピングが必須であるが、本研究において高濃度化はグラフェンドメイン形成に繋がることが分かった。異なる電流注入機構の検討が重要である。

【参考文献】 [1] S. Ngamprapawat, *et al.*, ACS ami, 2022, 14, 22, 25731. [2] Y. Hattori, *et al.*, APEX, 2022, 15, 086502. [3] L. Ci, *et al.*, Nature mater., 2010, 9, 430.

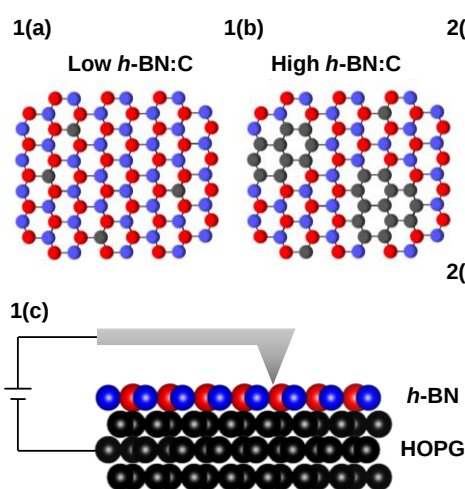


図 1. *h*-BN:C の原子模型. (a) 0.1 at.% C, (b) 10 at.% C. (c) c-AFM の概略図.

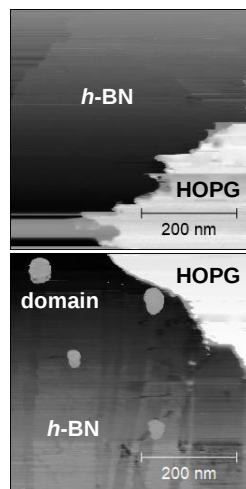


図 2. C-AFM による電流像. (a) 0.1 at.% C, (b) 10 at.% C.

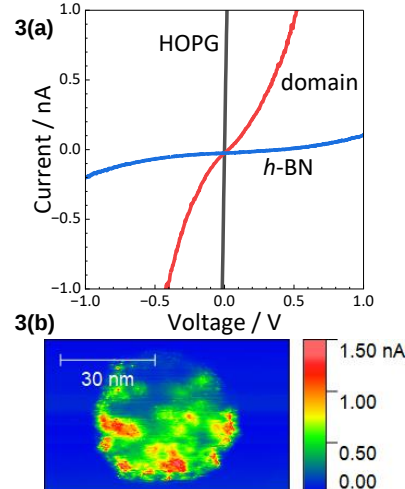


図 3. (a) 局所 IV 測定. (b) ドメイン内電気抵抗.