二次元原子薄膜の CVD 成長とそのフロンティア

CVD growth of 2D atomic layers and its frontiers

（九大産連センター，九大院総理工，JST さきがけ）　吾郷 浩樹
(Kyushu Univ. , JST-PRESTO) ○Hiroki Ago
E-mail: h-ago@astec.kyushu-u.ac.jp

近年、グラフェンをはじめとして、遷移金属カルコゲナイド（TMC）や六方晶窒化ホウ素（h-BN）、黒リン、シリセン、ゲルマネンなど様々な二次元原子薄膜材料が大きな関心を集め、エレクトロニクスをはじめとした多様な応用の可能性が報告されている [1]。最近ではこれらの二次元原子薄膜を積層したヘテロ構造が、新たな機能性を創出するものとして注目されている [2]。これらのヘテロ構造のほとんどは機械的剥離法を数回繰り返して作られており、基板上に 1 個の小さなデバイスを与えるに過ぎない。そのため、原子薄膜材料を大面積に合成でき、エレクトロニクス等への応用に適した CVD 法が期待されている。

本講演では、我々が行ってきたグラフェンの CVD 成長と TMC の CVD 成長、そして、それらの高品質化やヘテロ構造の実現について紹介する。まず、グラフェンの CVD 成長について、サファイア上の Cu(111)薄膜上でのグラフェン合成を紹介した後 [3-5]、その成長メカニズムに関して温度依存性の観点から検討した結果を述べる [6]。さらに、バンドギャップの導入が期待される二層グラフェンの選択的な CVD 成長とその成長メカニズムについても議論する [7]。また、巨大グレインの成長に関する最新の成果についても紹介する。

次に、TMC に関して、一般的な CVD 成長について述べた後、我々の行ってきた NbS_2/グラフェン、MoS_2/グラフェンのヘテロ積層膜の CVD 成長について紹介する [8-10]。グラフェン上でこれらの TMC は水平方向に成長し、方位を揃えたファンデルワールス・エピタキシーが可能である。このような成長が、多結晶グラフェンのグレイン構造解析に応用できることを示す [11]。最後に、面内ヘテロ構造の成長の可能性についても議論する予定である。

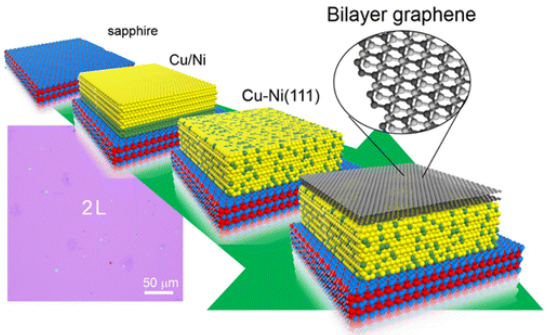

図 1　二層グラフェンの CVD 成長 [7]

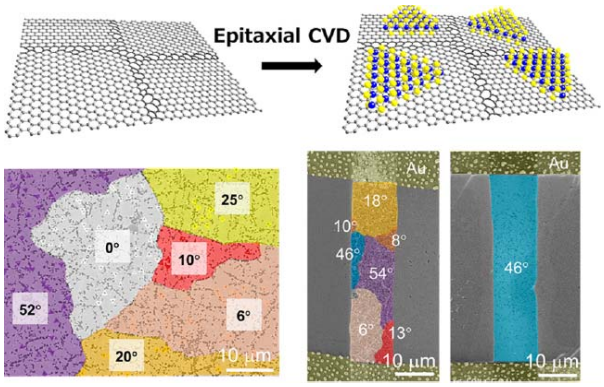

図 2　MoS_2 による多結晶グラフェンのグレイン構造の可視化 [11]

【文献】

1) S. Z. Butler *et al.*, *ACS Nano*, **7**, 2898 (2014). 2) H. Lim *et al.*, *Chem. Mater.*, **26**, 4891 (2014). 3) H. Ago *et al.*, *J. Phys. Chem. Lett.*, **3**, 2228 (2012). 4) Y. Ogawa *et al.*, *Nanoscale*, **6**, 7288 (2014). 5) H. Ago *et al.*, *Appl. Phys. Express*, **6**, 75101 (2013). 6) H. Ago *et al.*, *Chem. Mater.*, **27**, 5377 (2015). 7) Y. Takesaki *et al.*, *Chem. Mater.*, DOI: 10.1021/acs.chemmater.6b01137. 8) W. Ge *et al.*, *Nanoscale*, **5**, 5773 (2013). 9) H. Ago *et al.*, *ACS Appl. Mater. Interfaces*, **7**, 5265 (2015). 10) R. M. Yunus *et al.*, *Phys. Chem. Chem. Phys.*, **17**, 25210 (2015). 11) H. Ago *et al.*, *ACS Nano*, **10**, 3233 (2016).

© 2016年 応用物理学会