

## ツイスト 2 層グラフェンの形成と構造評価

## Fabrication and characterization of twisted bilayer graphene

九大院工<sup>1</sup>, 東大物性研<sup>2</sup>, 産総研<sup>3</sup>, 分子研<sup>4</sup>,○(M1)今村 均<sup>1</sup>, (M1)魚谷 亮介<sup>1</sup>, 白澤 徹郎<sup>3</sup>, 解良 聡<sup>4</sup>, 梶原 隆司<sup>1</sup>, アントン  
ビシコフスキー<sup>1</sup>, 飯盛 拓嗣<sup>2</sup>, 小森 文夫<sup>2</sup>, 田中 悟<sup>1</sup>

Kyushu Univ., ISSP Univ. Tokyo, AIES, IMS,

H. Imamura, R. Uotani, T. Shirasawa, S. Kera, T. Kajiwara, A. Visikovskiy, T. Iimori,

F. Komori, S. Tanaka

E-mail: stanaka@nucl.kyushu-u.ac.jp

グラフェンシートを 2 枚重ね、微小な角度で面内回転させたツイスト 2 層グラフェン(twisted bilayer graphene: TBG)は、ツイスト角度によって異なる新奇物性が認められ、盛んに研究されている。5° 以下の回転角度では K 点付近で 2 つのディラックコーンの相互作用によりバンドギャップが開きフェルミ速度が減少する[1]。特に Magic angle と呼ばれる角度(~1°)ではフェルミエネルギー近傍においてバンドが平坦化し、超伝導性が現れることが報告され話題となった[2]。一方、TBG の構造についてはモアレが STM や LEED で観察された[1][3]以外には、層間距離など具体的な構造は未だ説明されていない。理論的には、モアレパターンに従って AA-stacking と AB-stacking の領域が交互に現れ、面直方向だけでなく面内方向にも構造緩和が起こることが予測されている[4]。

TBG は、いわゆる剥離転写法により作製されているが、精密な回転角度制御や電子状態測定に必要な大面積積化は困難であるだけでなく、転写プロセスにおいて界面が汚染される可能性がある。そこで我々は、酸素添加 CVD 法により剥離容易な大面積の単層グラフェンを成長し、それらを高真空中で互いに直接転写することにより大面積の TBG を得た[1]。この単層 CVD グラフェンは界面に特異な Si, O, C からなる 3×3 バッファー層を有することから剥離容易であることがわかっている。得られた 1.2°, 3°, 4° の TBG サンプルを顕微ラマン分光分析、LEED、SPA-LEED、ARPES、X 線 CTR 解析により評価した。SPA-LEED では高解像度の逆格子観察が可能のため、通常の LEED では分離不可能な 1.2° のグラフェンスポットとモアレによるサテライトスポットを直接観察できた。また、X 線 CTR 解析の結果、TBG の層間距離は 3.42 Å であった。これは、AA-stacking (3.60 Å) と AB-stacking(3.34 Å)の間の大きさである[5][6]。このことは、TBG 面内に AA と AB の領域が混在することにより層全体としてその中間の距離が安定となっていることを示唆している。

[1] 今村ら, 2019 年第 80 回応用物理学会秋季学術講演会 20p-E201-7

[2] Y. Cao *et al.*, Nature **556**, 7699 (2018)

[3] I. Brihuega *et al.*, Phys. Rev. Lett. **109**, 196802 (2012)

[4] N. N. T. Nam *et al.*, Phys. Rev. **B 96**, 075311 (2017)

[5] A. M.Sjafiul *et al.*, Jpn. J. Appl. Phys. **50**, 8 1 080213 (2011)

[6] J. D. Emerly *et al.*, Phys. Rev. Lett. **111**, 215501 (2013)

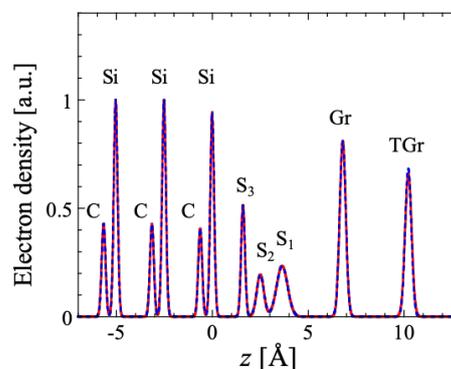


図 1 : 1.2° TBG の X 線 CTR 散乱解析の結果。TBG 層間の距離は 3.42±0.02Åと見積もられる。