ミリメートルスケール魔法角ツイスト 2 層グラフェンにおけるフラットバンドの観測

Observation of a flat band in millimeter-scale magic-angle twisted bilayer graphene

名大院工 [1]，名大 SR セ [2]，ローム株式会社 [3]，マサチューセッツ工科大学 [4]，関西学院大学 [5]
○乗松 航 [1]，伊藤 孝寛 [2]，佐藤 京樹 [3]，眞砂 紀之 [3]，森本 満 [3]，前川 拓滋 [3]，
Doyoon Lee[4], Kuan Qiao[4], Jeehwan Kim[4]，中川原 圭祐 [5]，若林 克法 [5]，日比野 浩樹 [5]，
Nagoya Univ. [1], NUSR [2], Rohm Co., Ltd. [3], MIT [4], Kwansei Gakuin Univ. [5]
°Wataru Norimatsu[1], Takahiro Ito[2], Keiju Sato[3], Noriyuki Masago[3], Mitsuru Morimoto[3], Takuji Maekawa[3], Doyoon Lee[4], Kuan Qiao[4], Jeehwan Kim[4], Keisuke Nakagahara[5], Katsunori Wakabayashi[5], Hiroki Hibino[5]
E-mail: norimatsu.wataru@material.nagoya-u.ac.jp

ツイスト 2 層グラフェン（TBG）は、2 層のグラフェンを回転角 θ をつけて積層したものであり、グラフェンの電子状態に新たな自由度を導入する手法として注目されている。特に、魔法角と呼ばれる 1.1º TBG では、フラットバンドの出現とそれによる超伝導の発現が知られている[1]。”twistronics”の幅を広げるためには、大面積の TBG 試料を作製し、フラットバンドのエネルギーを制御することが必要である。本研究では、SiC 熱分解法により作製したエピタキシャル単層グラフェン（EMLG）を転写することによって、5 x 5 mm^2 の TBG 試料の作製とフラットバンドを含む電子状態の観測を行った結果について報告する。

5 x 5 mm^2 に切断した 4H-SiC 単結晶試料を、大気圧 Ar 雰囲気中 1700 ºC で加熱することにより、EMLG を作製した。この EMLG/SiC 上に Au を蒸着し、グラフェンを Au ごと熱剥離テープで剥離した[2]。これを、別の EMLG/SiC 試料上にわずかに角度をつけて転写し、テープおよび Au を除去した後、高真空において 400 ºC で 2 時間アニールすることで、大面積 TBG 試料を得た。得られた試料に対して、角度分解光電子分光（ARPES）測定を行ってその電子状態を調べた。

図 1 は、0.6～1.0º の角度で転写した TBG 試料の ARPES 測定結果である。挿入図は、試料の光学顕微鏡像である。図(a)では、複数のバンドが重なっていることがわかる。(b)は、(a)中の k_x = 0.016 Å^{-1} における強度プロファイルであり、上下の破線で示す強度極大の中心にも、弱いながらも極大が観察される。この結果は、明瞭なフラットバンドを持つ、(c)および(d)におけるツイスト角 θ = 1.08º TBG におけるスペクトル関数の計算結果と類似している。また、2 層のグラフェンの K 点とは異なる位置にもバンドが観測された。これは、今回作製した TBG 試料が、TBG におけるモアレ超格子や界面 6√3x6√3R30º 層とは異なる周期の対称性を持つことを示唆している[3]。

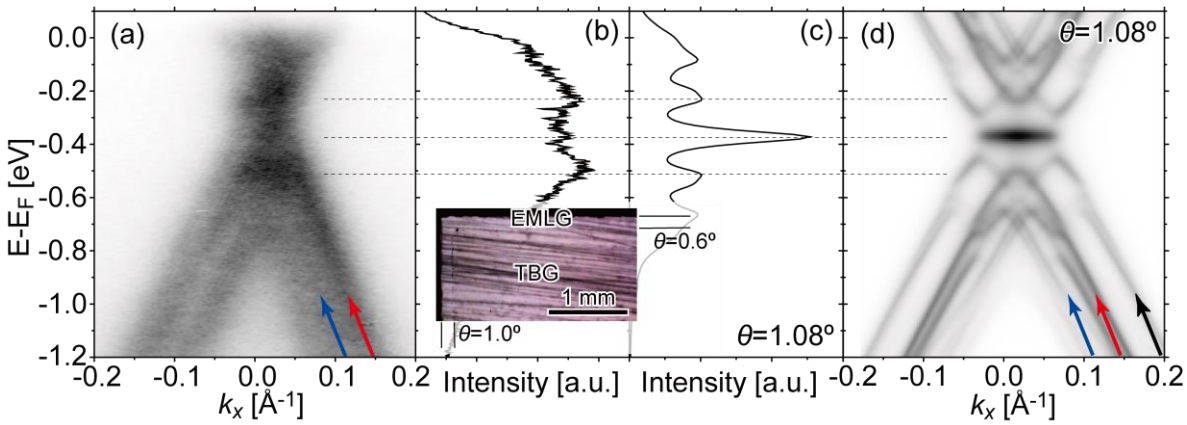

図 1(a) TBG 試料の ARPES 像。(b) (a)における k_x = 0.016 Å^{-1} における強度プロファイル。(c)(d) θ = 1.08º TBG の(d)スペクトル関数および(c) k_x = 0.016 Å^{-1} における強度プロファイル。

[1] Y. Cao, et al., *Nature* **556**, 43 (2018)., [2] J. Kim, et al., *Science* **342**, 833 (2013)., [3] K. Sato, et al., submitted.