

SiC(000 $\bar{1}$)面上多層グラフェンの回転角制御Rotation angle control of multilayer graphene on SiC (000 $\bar{1}$)名大院工¹, 名大SRセ², ローム³, 関西学院大⁴ ◯乗松 航¹, 包 建峰¹, 林 直輝¹, 伊藤 孝寛²,眞砂 紀之³, 前川 拓滋³, 森本 満³, 日比野 浩樹⁴Nagoya Univ.¹, NUSR², Rohm³, Kwansei Gakuin Univ.⁴ ◯Wataru Norimatsu¹, Jianfeng Bao¹, NaokiHayashi¹, Takahiro Ito², Noriyuki Masago³, Takuji Maekawa³, Mitsuru Morimoto³ and Hiroki Hibino⁴

E-mail: norimatsu.wataru@material.nagoya-u.ac.jp

SiC(000 $\bar{1}$)面上グラフェンは、SiC(0001)面上グラフェンとは異なり、多層が成長しやすく基板との方位関係が定まらないことが知られている。また、多層グラフェン間の回転が、層間で生じているのか、あるいは隣接グレイン間で生じているのかについて議論が盛んになされてきたものの、結論は出ていない[1]。言い換えると、SiC(000 $\bar{1}$)面上グラフェンの回転に関する制御は不可能であると理解されていた。本研究では、SiC 基板のオフ角およびオフ方向を変えることで、グラフェンの回転が系統的に変化することを見出したため、その結果について報告する。

グラフェン作製に用いた SiC(000 $\bar{1}$)単結晶基板としては、on-axis, [11 $\bar{2}$ 0]方向 1°, 2°, 4°, および 8° オフ、[1 $\bar{1}$ 00]方向 0.5°, 1°, および 2° オフで 5 x 5 mm² サイズのものを使用した。オフ角増加に伴い成長速度が増加することも考慮し、5 層程度以下が得られるようにグラフェン成長温度を試料ごとに最適化した。成長雰囲気は大気圧 Ar フロー下である。得られた試料に対して、原子間力顕微鏡 (AFM) 観察およびラマン分光測定を行った後、角度分解光電子分光 (ARPES) 測定および低エネルギー電子顕微鏡 (LEEM) 観察を行った。

図 1 は、得られた ARPES 像のうち、 $E_F - 0.1$ eV における等エネルギー面を示している。図中、赤矢印および青二重矢印で示すスポットは、SiC 基板に対して 30° および 0° 回転したグラフェンのディラック点に対応する。図から、オフ角の増加に伴い、赤矢印のスポットは分裂していく一方、青二重矢印のスポットは分散していたものが収束し強度も強くなっていくことがわかる。オフ角はステップ密度およびテラス幅に対応することから、回転角とステップが強い相関を持っていることを示している。また、LEEM 観察の結果から、それぞれの試料における回転グレインは、回転角に対して空間的にランダムに分布していることがわかった。さらに、[11 $\bar{2}$ 0]オフと比べて[1 $\bar{1}$ 00]オフの方が、30° 回転グラフェンの割合が多いこともわかった。これらの結果は、基板オフ角によって回転角を制御できることを示している。

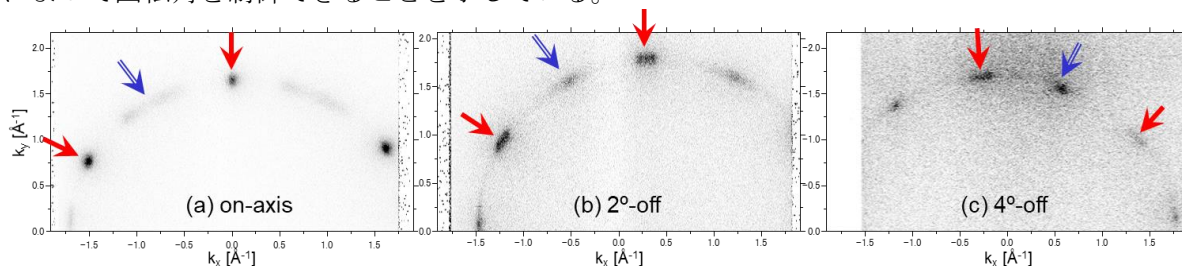


図 1 (a) on-axis、(b) [11 $\bar{2}$ 0] 2° オフおよび(c) [11 $\bar{2}$ 0] 4° オフ基板上グラフェンの ARPES 像。 $E_F - 0.1$ eV における等エネルギー面を示している。

[1] C. Mathieu, et al., *Phys. Rev. B* **83**, 235436 (2011), L. I. Johansson, et al., *Phys. Rev. B* **84**, 125405 (2011).