

SiC(0001)上グラフェンの TEM による面内構造解析

In-plane structural analysis of graphene on SiC (0001) revealed by TEM observations

名大院工¹, 名大エコ研² °乗松 航¹, 黒木 淳¹, 楠 美智子²Nagoya Univ., °Wataru Norimatsu¹, Jun Kuroki¹, Michiko Kusunoki²

E-mail: w_norimatsu@esi.nagoya-u.ac.jp

グラフェンは、究極的高キャリア移動度を持つことから、次世代半導体材料として期待されている。SiC の熱分解によるグラフェン成長法は、層数制御されたグラフェンを半絶縁性基板上に直接成長させることが可能である。グラフェン成長に用いられる SiC{0001}面は、Si 終端(0001)面と C 終端(000-1)面から成り、両表面に形成されるグラフェンは、特徴が大きく異なる。特に C 面上では、多層が同時に成長する傾向があり、それぞれの層は互いに回転していると言われてきた[1]。この多様な角度を持つ回転を利用して、電子状態を変化・制御させる試みも行われている[2]。一方、隣接する層の間には回転はなく、隣接するグレイン間での回転があると主張するグループもあり[3]、議論が続いている。このような背景に基づき、本研究では、SiC(000-1)上グラフェンの面内の回転関係に注目し、透過型電子顕微鏡 (TEM) を用いて解析を行った。

実験に供したのは、6H-SiC(000-1)単結晶ウェハである。この SiC 単結晶を、Ar ガス 6 気圧雰囲気中で 1500~1700°C の温度範囲で加熱することによりグラフェンを得た。本研究では特に、回転関係と成長温度の関係を明らかにするために、成長温度は異なるものの、できるだけ層数が近くかつ分布も均一なグラフェンを、加熱温度と時間を制御することにより得た。

図 1 は、1500°C で成長した約 6 層のグラフェンを TEM により [0001] 方向から観察した際の電子回折図形である。図から、SiC の回折斑点に加えて、グラフェンの回折斑点が存在するものの、それらは SiC に対して 0、±19、30° の回転角を有していることがわかる。そのうち、30° のものの強度が最も強い。これは、SiC に対して 30° の角度を持つグラフェンの面積が最も多いことを示している。さらに、これらの強度極大に加え、これらをつなぐリング上のストリークが見られ、1500°C ではランダムな角度を持つ小さなグレインが多数存在することを示唆している。一方、1700°C 試料では、丸で示すような 30° の斑点のみが観察され、単一の角度しか存在しないことがわかる。従って、低温で形成されるランダムな角度を持つ微小グレインが、高温になるにつれて 30° に統一されていくと考えられる。これらの回折斑点を用いて結像した暗視野像などの詳細は、講演において報告する。

[1] J. Hass, et al., Phys. Rev. Lett. **100**, 125504 (2008)., [2] I. Brihuega, et al., Phys. Rev. Lett. **109**, 196802 (2012). [3] L. I. Johansson, et al., Phys. Rev. B. **84**, 125405 (2011).

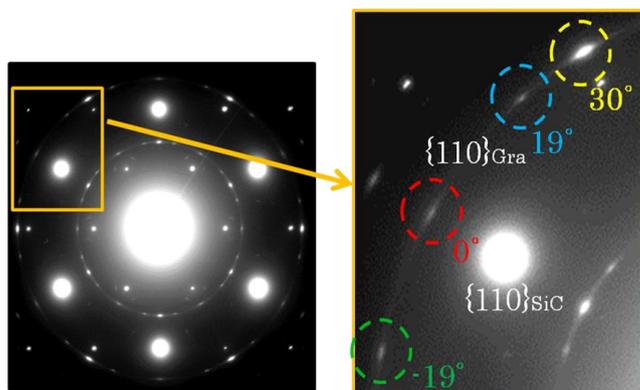


図 1 1500°C 試料の電子回折図形

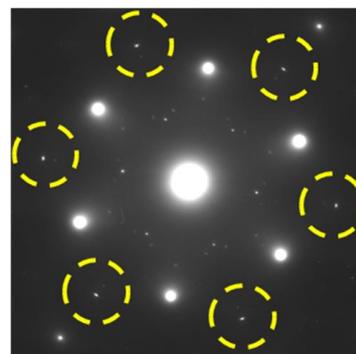


図 2 1700°C 試料の電子回折図形