

エピタキシャルグラフェンの構造制御と今後の展望

Structure Control of Epitaxial Graphene and its perspective

名大未来研, 楠 美智子

IMaSS, Nagoya Univ. Michiko Kusunoki

E-mail: kusunoki@imass.nagoya-u.ac.jp

はじめに：究極の原子層であるグラフェンが示す特異な電子構造を、次世代のエレクトロニクス応用に繋げて行くことはナノカーボン分野として重要な課題である。特に SiC 表面熱分解によるエピタキシャルグラフェンは半絶縁性基板上に直接形成可能な手法として、トランジスターへの展開が期待される。我々は TEM・AFM 観察をもとに SiC をはじめとする炭化物の熱分解によるグラフェンの成長機構や基板との界面構造を明らかにしてきた[1]。高温での SiC 熱分解は、グラフェンの成長と SiC バンチング現象がほぼ同じ温度領域内で進行するため制御が困難である。しかし、グラフェンの電気特性は基板の影響を強く受けるため SiC の表面構造、ステップ形態の制御が不可欠となる。本研究では、グラフェンと SiC または他の炭化物のステップ表面形態形成との関わりを明らかにするとともに[2]、ナノグラフェン化に向けた SiC ステップの周期構造制御における今後の取り組みについて紹介する。

実験結果と考察：下図(a)、(b)は on-axis 6HSiC Si 面基板を、Ar 大気圧フロー中、160°C/min の昇温速度で(a)1600°C、(b)1650°Cまで加熱、その後 10 分間加熱保持した時の AFM 形状像である。ラマン分光測定から(a)は SiC 表面を維持しており、(b)において単層グラフェンが形成されていることが確認された。(a)の SiC 表面は 250nm 幅、0.75nm 高さの極めて周期的ステップ構造が観察されるが、グラフェン形成後でも、そのステップ形態をほぼ維持しままグラフェンが全面に形成されている。また、(c)、(d)は SiC 基板上にパルスレーザー堆積法にて 1nm 厚の TiC 薄膜を形成させたときの AFM 形状像であり、(d)はこのサンプルを昇温速度 250°C/min で 1700°Cに加熱した時のグラフェン化した表面の AFM 形状像である。SiC 表面、TiC 表面いずれにおいても、Ar 大気圧フロー下、高い昇温速度で加熱することにより、最初のステップ形態をほぼ維持したまま均一性を乱すことなくグラフェン化が進行することを示している。この結果は、グラフェン開始温度において一気に全面を覆ったグラフェンは、SiC バンチングを抑制する効果が極めて高いことを示している。今後、SiC ステップをテンプレートとしたナノグラフェン化の制御機構に向けて重要な知見を示したものである。

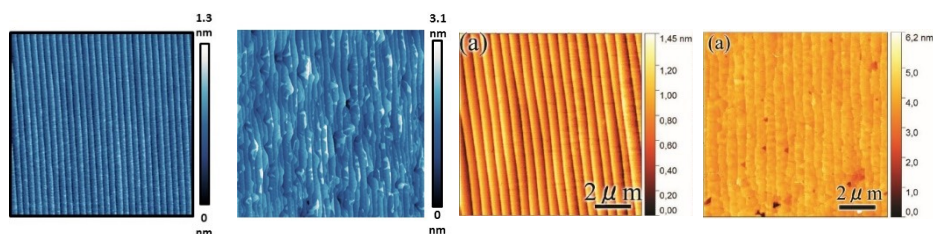


図 高速昇温による炭化物ステップ構造とその周期性を維持したグラフェン化表面の AFM 形状像。
(a)昇温速度 160°C/min で加熱した SiC 表面と(b)グラフェン化、(c)SiC 上に形成した 1nm 厚 TiC 薄膜と
(d)昇温速度 250°C/min の加熱に依るグラフェン化。(観察領域：10 μm□)

参考文献 [1] W. Norimatsu and M. Kusunoki, Physica E, 42, 691 (2010).

[2] J. Bao, O. Yasui, W. Norimatsu, K. Matsuda, and M. Kusunoki, Appl. Phys. Lett., 109, 081602 (2016).