

課題番号 : F-15-NU-0028
 利用形態 : 機器利用
 利用課題名(日本語) : カーボンナノ物質の成長制御と電子源応用
 Program Title (English) : Growth Control of Nanocarbon Material and Application to Electron Source
 利用者名(日本語) : 齋藤 弥八, 安坂 幸師, 中原 仁
 Username (English) : Y. Saito, K. Asaka, H. Nakahara
 所属名(日本語) : 名古屋大学大学院 工学研究科
 Affiliation (English) : Graduate School of Engineering, Nagoya University

1. 概要(Summary)

グラフェンは、室温において約 $100,000 \text{ cm}^2/\text{Vs}$ の高い移動度や 10^9 A/cm^2 以上の電流密度耐性など優れた特性を有しており、次世代の電子デバイスへの応用が期待されている。グラフェンの作製手法として SiC の熱分解により、その表面上にグラフェンをエピタキシャルに形成する方法が知られているが、グラフェン成長後の SiC 基板表面にはピットや凹凸が形成され、グラフェンの層数も場所により不均一に分布するのが一般的である。そこで本研究では、テラス一面にわたる均一な単層グラフェンを得ることを目指し、SiC(0001)面上でのグラフェンの成長過程を超高真空走査電子顕微鏡(UHV-SEM)および走査トンネル顕微鏡(STM)によるその場観察を行うことにより、均一な単層グラフェンを得る条件を見出した。

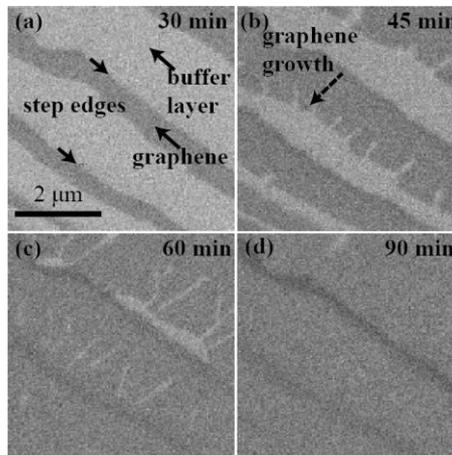


Fig. 1 A sequential series of SEM images of graphene growth.

2. 実験(Experimental)

【利用した主な装置】

レーザー描画装置, RIE エッチング装置

【実験方法】

グラフェン形成に用いた SiC 基板は、単結晶 n 型 6H-SiC(0001)である。表面の観察場所を特定する目印とするために SiC(0001)表面をレーザーリソグラフィおよび反応性エッチングによりパターンを形成した。熱分解前に、0.1 気圧水素雰囲気中で SiC 基板を通電加熱することにより表面の酸化物を除去した。SiC の熱分解は 1 気圧の Ar ガス中で 1300 から 1600°C の範囲で行なった。熱処理時間 15 分毎に SiC 基板を UHV-SEM/STM 観察室に大気に晒すことなく移送して、SiC 表面の構造変化を観察した。

3. 結果と考察(Results and Discussion)

1 気圧 Ar 雰囲気中で 1400°C に基板を加熱することにより、表面のステップバンチングが起こり、幅広い(約 $4 \mu\text{m}$ 幅)テラスが形成された。この後、1 気圧 Ar 中で 1550°C で加熱することによってグラフェンを成長させた。Fig.1 は、単層グラフェンが成長する過程を表面上の同じ場所で撮影した SEM 写真である。明るいコントラストを示す領域はバッファ層と呼ばれる SiC と共有結合した炭素の層であり、暗い領域がグラフェン(下にはバッファ層が存在)である。ステップ端からグラフェンの成長が始まり(Fig.1 a)、グラフェンの成長が更に進んでテラスの中央を越えると、バッファ層が“指”の形で残る(Fig.1 b)。その後、グラフェン領域の最前線が次のステップ端に達すると、“指”形バッファ層は縮まり消滅した(Figs.1 c, d)。テラス上に成長した単層グラフェンの STM 像(Fig. 2)には、モアレパターンが明瞭に広がっており、グレイン境界は観察されなかった。

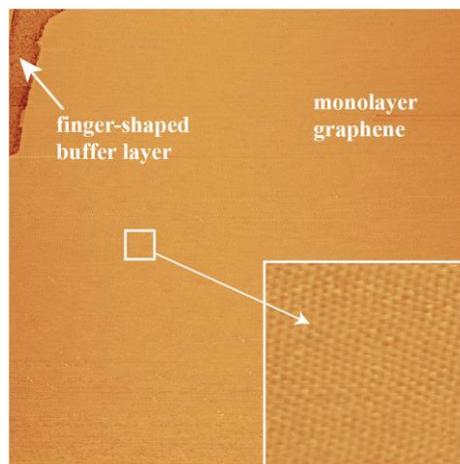


Fig. 2 STM image (800×800 nm) of monolayer graphene. The insert is an enlarged image (50×50 nm).

4. その他・特記事項(Others)

なし。

5. 論文・学会発表(Publication/Presentation)

- (1) C. Wang, H. Nakahara, K. Asaka, Y. Saito, The 16th Inter. Conf. on the Science and Application of Nanotubes, 平成 27 年 6 月 29 日。
- (2) 王 辰星, 中原 仁, 安坂 幸師, 齋藤 弥八, 第 49 回フラーレン・ナノチューブ・グラフェン総合シンポジウム, 平成 27 年 9 月 9 日。
- (3) C. Wang, H. Nakahara, K. Asaka, Y. Saito, 10th Inter. Symp. on Atomic Level Characterizations for New Materials and Devices, 平成 27 年 10 月 28 日。

6. 関連特許(Patent)

なし。