

課題番号 : F-14-NU-0022  
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)

グラフェンは炭素原子がハニカム格子に配置された単原子厚さの炭素の同素体である。グラフェン中の価電子はその速度が波長によらず一定(光速度の 300 分の1)、電荷キャリアの高い移動度、機械的強靱性と柔軟性、高い熱伝導率、高い光透過性などの特異な物性を有し、これらの特性を生かした高周波トランジスタ、スピントロニクス、透明導電膜などへの応用研究が活発に展開されている。我々は、アルゴン雰囲気中での 6H-SiC 単結晶の熱分解によるグラフェン形成において、ステップ端でのグラフェンの盛り上がり成長およびリング状グラフェンの成長を新たに見出した。

### 2. 実験(Experimental)

・利用した主な装置

原子間力顕微鏡(AFM)

・実験方法

6H-SiC 単結晶基板の研磨された Si 面(0001)に Si を 2 layers 堆積し、それを Ar ガス中での通電加熱により形成された(0001)面上のグラフェンを反射高速電子回折(RHEED)、表面 X 線回折、原子間力顕微鏡(AFM)、STM/SEM 複合装置、顕微ラマン評価装置により評価した。

### 3. 結果と考察(Results and Discussion)

超高真空中あるいは低圧(~0.05 気圧以下)Ar ガス中での SiC の熱分解では、ステップエッジのトップテラスの窪みにグラフェンが成長することが従来から知られているが、これに対して、Ar ガス圧 0.3 気圧の雰囲気中で、1675°Cの熱処理温度を行なうと、ステップエッジのトップにおいて、テラスの上に盛り上がったグラフェンがステップに沿って縞状に成長することを今回新たに見出した。この成長形態は、既報の成長様式とは全く異なり、グラフェン成長機構に関して新たな知見を与えている。今回の凸状成長は、分解した炭素原子がテラス上を拡散し、エッジで

核生成したことを示唆している。実際に、この成長は炭素原子の昇華が抑制される Ar ガス中での SiC のグラフェン成長初期において観察される。このテラス上に盛り上がって成長したグラフェンにおいては、その端が SiC と結合していないので、自由なグラフェンとしての性質が期待される。

また、リングの形態を持つグラフェンが成長することを新たに見出した。このグラフェンリングの直径は約 500nm であり、SiC の 3-bilayer の高さを持つピット内に三角形の形態に成長し、その端はアームチェア型であった。このグラフェンリングの中心は、偏心していた。偏心したグラフェンリングでは、光学アンテナとして、電磁波エネルギーの局在化に優れているとの理論予測があるので、偏心したグラフェンリングの選択成長が可能となれば、フォトニクスへの研究展開が期待される。

### 4. その他・特記事項(Others)

なし。

### 5. 論文・学会発表(Publication/Presentation)

- (1) A. Ruammaitree, H. Nakahara, Y. Saito, Appl. Surface Sci. Vol. 307 (2014) pp.136–141.
- (2) A. Ruammaitree, H. Nakahara, Y. Saito, Surface & Interface Analysis Vol. 46 (2014) pp. 1156–1159.
- (3) C. Wang, H. Nakahara, K. Asaka, Y. Saito, 第 47 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 26 年 9 月 3 日.
- (4) A. Ruammaitree, H. Nakahara, Y. Saito, 第 47 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 26 年 9 月 4 日.

### 6. 関連特許(Patent)

なし。