

論文審査の結果の要旨および担当者

報告番号	※ 甲 第 12319 号
------	---------------

氏 名 王 辰 星

論 文 題 目

Growth of epitaxial graphene on SiC (0001) by thermal decomposition in argon and its etching in oxygen atmosphere
(アルゴン雰囲気中SiC(0001)熱分解法によるエピタキシャルグラフェン成長とその酸素エッチングに関する研究)

論文審査担当者

主査	名古屋大学	教授	齋藤 弥八
委員	名古屋大学	教授	曾田 一雄
委員	名古屋大学	教授	宇治原 徹
委員	名古屋大学	講師	安坂 幸師

論文審査の結果の要旨

王辰星君提出の論文「Growth of epitaxial graphene on SiC (0001) by thermal decomposition in argon and its etching in oxygen atmosphere (アルゴン雰囲気中SiC(0001)熱分解法によるエピタキシャルグラフェン成長とその酸素エッチングに関する研究)」は、炭化ケイ素 (SiC) の熱分解により(0001)面に成長するエピタキシャルグラフェンに関して、SiC表面モルフォロジー、加熱温度、雰囲気などがグラフェンの結晶性に及ぼす効果を超高真空走査電子顕微鏡/走査トンネル顕微鏡 (UHV-SEM/STM) システム、反射高速電子回折 (RHEED) などを用いて詳細に観察し、グラフェンの成長機構を明らかにするとともに、グラフェンと共存するバッファ層を低酸素雰囲気において選択的にエッチングする条件を見出している。各章の概要は以下の通りである。

第1章では、グラフェンの構造、物性、種々の作製法を概観したあと、本論文に直接関連するSiC基板の熱分解によるグラフェン形成技術の現状と問題点を述べている。

第2章では、熱分解によるSiC(0001)表面へのグラフェン成長の実験方法、グラフェンを評価するために用いたUHV-SEM/STMシステム、RHEED、原子間力顕微鏡および顕微ラマン分光装置について、それぞれから得られる情報について測定原理を含めて述べている。

第3章では、表面テラス幅 $100\mu\text{m}$ 以上のステップ無しSiC(0001)基板およびテラス幅 100nm 程度の微斜面SiC(0001)基板を通電加熱により種々の温度、雰囲気 (真空あるいはアルゴンガス) のもとで熱処理を行ない、SiC(0001)表面の変化およびグラフェン成長の過程を、同一場所をSEM/STMにより繰り返し観察を行なった結果が詳述されている。テラス幅の広いステップ無し基板ではテラスにピット (食孔) が形成されるために均質なグラフェンの形成が困難であることから、基板表面にステップが存在することが、均一で大面積のグラフェンの形成に必要であることを明らかにしている。そこで、微斜面SiC(0001)基板を用いて、これを加熱処理 (1400°C , 3時間) により先ずテラスの幅を広げ、次に 1550°C の熱処理を行うことにより、ピットの無い単層グラフェンをステップ端から幅 $4\mu\text{m}$ 長さ $100\mu\text{m}$ の大きさにわたって均一に形成できることを見出している。さらに、テラスに残る縞状のバッファ層は、熱分解により生成されたSi原子の散逸経路の役割を果たしていることを示す新たな知見を得ている。

第4章では、アルゴンガスで希釈した酸素雰囲気での熱処理により、表面バッファ層を選択的に除去し、単層グラフェンのみを残すエッチング法を開発した。これにより、フリーな端を持ったグラフェンを得る事が可能となり、バッファ層の影響を受けないグラフェン固有の電子物性を引出すことが可能となる。

第5章では、SiC(0001)面のステップ端のみにグラフェンを成長させ、上記の選択的エッチング技術により、グラフェンナノリボンを形成することに成功している。この結果もグラフェンの電子物性の解明と電子デバイス応用に有用な手法を提供するものである。

第6章では、本研究の結論と展望を与えている。

以上のように本論文ではSiC(0001)面での均一で高結晶性のグラフェンの成長機構を明らかにするとともに、グラフェンナノリボンの作製方法を見出している。これらのグラフェンの作製と評価において得られた結果は、グラフェンなどのナノカーボンの電子デバイスへの応用を実現するために重要であり、工学の発展に寄与するところが大きいと判断できる。よって、本論文の提出者である王辰星君は博士 (工学) の学位を受けるに十分な資格があると判断した。