

研究テーマ (和文) AB		室温プラズマ酸化を利用した超平坦 SiC 表面上への低温グラフェン形成			
研究テーマ (欧文) AZ		Graphene growth on atomically flat SiC surfaces assisted by plasma oxidation at room temperature			
研究氏 代表名 者	カナ字 CC	姓) アリマ	名) ケンタ	研究期間 B	2012 ~ 2013 年
	漢字 CB	有馬	健太	報告年度 YR	2013 年
	ローマ字 CZ	ARIMA	KENTA	研究機関名	大阪大学
研究代表者 CD 所属機関・職名		有馬健太 大阪大学・准教授			
概要 EA (600 字~800 字程度にまとめてください。)					
<p>グラフェンは、炭素原子が六角形の蜂の巣状に配列した二次元炭素材料である。非常に高い電子移動度をもつことから、次世代電子デバイス材料として期待されている。グラフェンの作製方法は幾つかあるが、シリコンカーバイド (SiC) 表面のシリコン (Si) 昇華法を用いたエピタキシャル成長は、最も代表的な手法の一つである。この方法では一般的に、1200℃以上の高温を必要とするが、このような高温熱処理はバンチングステップの形成や、テラス上へのピット状の欠陥生成を伴う。これを防ぐためには、従来よりも低温でグラフェンを形成する技術の開発が必要である。</p> <p>我々はまず、触媒を使った独自の手法によって原子レベルで平坦化した 4H-SiC (0001) を準備し、これを初期基板とした。次に、室温で SiC 表面を大気圧プラズマ (ヘリウムにより希釈された酸素) に曝し、SiC 表面を酸化させることにより、SiO<sub>2</sub>/SiC 界面にモノレイヤレベルの余剰カーボンが現れることを見出した。そして、フッ酸浸漬によって SiO<sub>2</sub> 膜を剥離し、得られた C リッチな SiC 表面を超高真空中で加熱 (1100℃) することによって、テラス上にピット密度が極めて低いグラフェンを形成することに成功した。これは、SiC 表面に存在したモノレイヤレベルの C 原子が、SiC 表面の広い領域での緩衝層の形成を促し、結果的に Si 原子の不均一な脱離を妨げたためであると考えられる。</p> <p>また、本表面を用いることにより、通常の Si 昇華法ではグラフェン形成に至らない約 1000℃という低温条件下において、グラフェン形成が進行することを見出した。</p> <p>以上の結果は、グラフェンを用いた次世代の高性能電子デバイス実現に貢献し得ると予想され、今後のさらなる発展が期待される。</p>					
キーワード FA	シリコンカーバイド	グラフェン	酸化	大気圧プラズマ	

(以下は記入しないでください。)

助成財団コード TA					研究課題番号 AA								
研究機関番号 AC					シート番号								

発表文献（この研究を発表した雑誌・図書について記入してください。）								
雑誌	論文標題 <sup>GB</sup>	室温プラズマ酸化を援用した平坦 SiC 表面上へのグラフェン低温成長 －酸化時のC原子の振る舞いについて－						
	著者名 <sup>GA</sup>	齋藤直樹、有馬健太 他	雑誌名 <sup>GC</sup>	精密工学会 2013 年度春季大会講演論文集				
	ページ <sup>GF</sup>	431～432	発行年 <sup>GE</sup>	2	0	1	3	巻号 <sup>GD</sup>
雑誌	論文標題 <sup>GB</sup>	室温プラズマ酸化を援用した SiC 表面上への低欠陥グラフェン成長						
	著者名 <sup>GA</sup>	齋藤直樹、有馬健太 他	雑誌名 <sup>GC</sup>	精密工学会 2013 年度秋季大会講演論文集				
	ページ <sup>GF</sup>	345～346	発行年 <sup>GE</sup>	2	0	1	3	巻号 <sup>GD</sup>
雑誌	論文標題 <sup>GB</sup>	室温近傍でのプラズマ酸化による SiO <sub>2</sub> /SiC 界面での C 原子の偏析						
	著者名 <sup>GA</sup>	齋藤直樹、有馬健太 他	雑誌名 <sup>GC</sup>	第 60 回応用物理学会春季学術講演会 講演予稿集				
	ページ <sup>GF</sup>	15-267～15-267	発行年 <sup>GE</sup>	2	0	1	3	巻号 <sup>GD</sup>
雑誌	論文標題 <sup>GB</sup>	室温プラズマ酸化を援用した SiC 上へのグラフェン形成						
	著者名 <sup>GA</sup>	齋藤直樹、有馬健太 他	雑誌名 <sup>GC</sup>	第 74 回応用物理学会春季学術講演会 講演予稿集				
	ページ <sup>GF</sup>	17-011～17-011	発行年 <sup>GE</sup>	2	0	1	3	巻号 <sup>GD</sup>
雑誌	論文標題 <sup>GB</sup>	Low Temperature Growth of Graphene on Atomically Flat SiC Assisted by Plasma Oxidation						
	著者名 <sup>GA</sup>	Kenta Arima et al.	雑誌名 <sup>GC</sup>	Extended Abstracts of Fifth International Symposium on Atomically Controlled Fabrication Technology				
	ページ <sup>GF</sup>	10～11	発行年 <sup>GE</sup>	2	0	1	2	巻号 <sup>GD</sup>
雑誌	論文標題 <sup>GB</sup>	Epitaxial Graphene Growth on Atomically Flattened SiC Assisted by Plasma Oxidation at 1000 °C						
	著者名 <sup>GA</sup>	Naoki Saito, Kenta Arima et al.	雑誌名 <sup>GC</sup>	Abstracts of 8th Handai Nanoscience and Nanotechnology International Symposium				
	ページ <sup>GF</sup>	105～106	発行年 <sup>GE</sup>	2	0	1	2	巻号 <sup>GD</sup>

#### 欧文概要 EZ

Graphene is a flat monolayer of carbon (C) atoms tightly packed into a two-dimensional (2D) honeycomb lattice. Because its carrier mobility is extremely high, graphene is promising for a channel material in an electronic device in the next generation. One of the most familiar methods to obtain graphene is epitaxial growth on a silicon carbide (SiC) surface assisted by the sublimation of silicon (Si). This methods requires a thermal treatment in ultrahigh vacuum (UHV) at temperatures higher than 1200°C, which accompanies the formation of bunching steps as well as pits on a terrace of the SiC surface. In order to avoid these defects, we have to develop a method to form graphene at temperatures lower than those used today.

In this study, we use a 4H-SiC(0001) surface atomically flattened by our original process using catalysts. We have found that C atoms at the monolayer level emerge at the SiO<sub>2</sub>/SiC interface when the initial SiC surface is oxidized by an exposure to atmospheric-pressure plasma (He+O<sub>2</sub>) at room temperature. After the oxide (SiO<sub>2</sub>) is stripped off in HF solution, we heat the sample at 1100°C in UHV. The obtained graphene includes much lower pits than that formed by a conventional Si sublimation technique. This is probably because the enriched C layer on the SiC surface promotes the formation of a homogeneous buffer layer, which protects the SiC terrace from the rapid sublimation of Si.

We have also found that epitaxial growth of graphene takes place at approximately 1000°C on the C-rich SiC surface, of which temperature is much lower than that for the conventional growth of graphene relying on the sublimation of Si.

We expect these results contribute to a graphene-based device in the next generation.