

課題番号	GR075
------	-------

**先端研究助成基金助成金(最先端・次世代研究開発支援プログラム)  
実施状況報告書(平成22年度)**

本様式の内容は一般に公表されます

研究課題名	グラフェンの成長制御と加工プロセスを通じたカーボンエレクトロニクスへの展開
研究機関・ 部局・職名	九州大学・先導物質化学研究所・准教授
氏名	吾郷 浩樹

1. 当該年度の研究目的

ナノカーボンの成長からトランジスタ測定まで系統的に基盤的な研究を行うことを目的とする。具体的には以下について検討を行う。

グラフェンの成長に関しては、採択時までに進めてきた単結晶基板上に堆積させたエピタキシャル金属薄膜を用いた化学気相成長法(CVD)に関する研究を継続し、メタン濃度や冷却速度などの CVD 条件の検討や、転写法の改良などを行い、単層領域が 90%以上のグラフェンの成長法を確立する。また、ラマン分光等を用いてグラフェンの結晶性や欠陥についての評価を行い、それを CVD 成長にフィードバックすることによって、高品質なグラフェンのための最適な CVD 条件を探索する。

グラフェンの加工に関しては、CVD で合成した大面積グラフェンを用い、エッチング反応に関する基礎的な検討を開始する。一方、デバイスの作製と評価については、グラフェンをチャンネルに用いる電界効果トランジスタ作製に必要な転写やリソグラフィー、エッチング、電極の取り付けなど、様々なプロセスを検討して、CVD グラフェンに適した効果的な作製プロセスの開発を行う。

カーボンナノチューブについても、CVD による構造制御を目的とした基礎的な研究を行う。

2. 研究の実施状況

平成 22 年度は、初年度で研究期間が 2 ヶ月弱しかなかったことから、従来の研究を着実に進めること、及び新たな研究を開始するための準備を行った。

グラフェンの成長に関しては、遷移金属の薄膜の存在下で、メタンを高温で反応させて合成する CVD 法により、大面積に高い結晶性グラフェン膜を合成するための研究を進めた。サファイア等の単結晶基板上に高結晶性の Co や Cu 薄膜を堆積し、それをグラフェンの触媒として利用した。図に示すように、金属のスパッタリングや CVD 条件の検討から、1 cm 角の単層グラフェン(単層の領域は 95%以上)を作製する方法を確立しつつある。この方法の利点は、結晶化した金属膜を用いることで、グラフェンを構成する六員環の方位を揃えてエピタキシャルに合成できることであり、実際に図に示した低エネルギー電子線回折により、それを確認している。

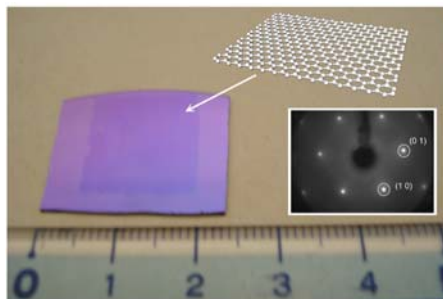
グラフェンの転写やエッチングなどの加工プロセスについても研究に着手した。大面積に層数を制御して得ることができる CVD グラフェンの利点を活かした加工プロセスを継続して研究している。

グラフェンの電界効果トランジスタ(FET)作製に関しても、CVD グラフェンを用いて基礎的な電子輸送特

様式19 別紙1

性を得ることが出来た。その結果、 $2000 \text{ cm}^2/\text{Vs}$  を超える移動度を得ることができた。この他にグラフェンの転写時における不純物の影響など、良好なデバイス動作を得るために必要な基礎的検討を行った。

カーボンナノチューブについては、その直径制御の方法について、触媒の前処理方法を新たに開発して、従来よりも格段に直径分布を制御した単層ナノチューブが得られつつある。



3. 研究発表等

雑誌論文	(掲載済み一査読有り) 計0件
計0件	(掲載済み一査読無し) 計0件
	(未掲載) 計0件
会議発表	専門家向け 計5件
計5件	<p>[1] 綾垣喬史、吾郷浩樹、辻正治 炭素源および成長温度が水平配向単層カーボンナノチューブの直径に与える影響 第40回フラーレン・ナノチューブ総合シンポジウム、2011/3/8-10、名古屋</p> <p>[2] 小川友以、吾郷浩樹、辻正治 結晶性 Co ナノ粒子のエピタキシャル成長とナノチューブ触媒への応用 第40回フラーレン・ナノチューブ総合シンポジウム、2011/3/8-10、名古屋</p> <p>[3] 吾郷浩樹、伊藤由人、胡宝山、C. M. Orofeo、辻正治、水田典章、池田賢一、水野清義 サファイア上で結晶化した金属触媒上での単層グラフェンのエピタキシャル CVD 成長 第40回フラーレン・ナノチューブ総合シンポジウム、2011/3/8-10、名古屋</p> <p>[4] 吾郷浩樹(依頼講演) ナノエレクトロニクスを目指したグラフェンと単層ナノチューブの成長制御 九州シンクロトン光研究センター SAGA-LS セミナー、2011/03/23、佐賀</p> <p>[5] 吾郷浩樹(依頼講演) 単層グラフェンのエピタキシャル CVD 成長 2011年春季 第58回 応用物理学関係連合講演会 シンポジウム「グラフェンエピタキシーの現状と将来展望」、2011/03/24、神奈川</p>
	一般向け 計0件

様式19 別紙1

図書 計0件	
産業財産権 出願・取得状 況 計0件	(取得済み) 計0件  (出願中) 計0件
Webページ (URL)	九州大学カーボンエレクトロニクスグループ: ナノチューブとグラフェン研究(吾郷) <a href="http://nano.cm.kyushu-u.ac.jp/ago/">http://nano.cm.kyushu-u.ac.jp/ago/</a>
国民との科 学・技術対話 の実施状況	・九州大学の WEB サイトの中に、特色ある研究の取り組みとして、本プログラムの内容を公開し、研究目的・研究内容の情報発信を行った。
新聞・一般雑 誌等掲載 計0件	
その他	

4. その他特記事項

## 実施状況報告書(平成22年度) 助成金の執行状況

本様式の内容は一般に公表されます

## 1. 助成金の受領状況(累計)

(単位:円)

	①交付決定額	②既受領額 (前年度迄の 累計)	③当該年度受 領額	④(=①-②- ③)未受領額
直接経費	127,000,000	0	58,880,000	68,120,000
間接経費	38,100,000	0	17,664,000	20,436,000
合計	165,100,000	0	76,544,000	88,556,000

## 2. 当該年度の収支状況

(単位:円)

	①前年度未執 行額	②当該年度受 領額	③当該年度受 取利息等額 (未収利息を 除く)	④(=①+②+ ③)当該年度 合計収入	⑤当該年度 執行額	⑥(=④-⑤) 当該年度未執 行額
直接経費	0	58,880,000	0	58,880,000	681,450	58,198,550
間接経費	0	17,664,000	0	17,664,000	195,000	17,469,000
合計	0	76,544,000	0	76,544,000	876,450	75,667,550

## 3. 当該年度の執行額内訳

(単位:円)

	金額	備考
物品費	681,450	単結晶基盤、実験器具等
旅費	0	
謝金・人件費等	0	
その他	0	
直接経費計	681,450	
間接経費計	195,000	
合計	876,450	

## 4. 当該年度の主な購入物品(1品又は1組若しくは1式の価格が50万円以上のもの)

物品名	仕様・型・性能 等	数量	単価 (単位:円)	金額 (単位:円)	納入 年月日	設置研究機関 名
				0		
				0		
				0		