

課題番号 : F-17-NM-0007
 利用形態 : 技術代行
 利用課題名(日本語) : グラフェンのバイオデバイス応用に向けたアミノ基修飾
 Program Title (English) : Amino group termination for wafer-scalable graphene bio-device
 利用者名(日本語) : 斎藤達朗
 Username (English) : T. Saito
 所属名(日本語) : 株式会社 東芝
 Affiliation (English) : Toshiba Corp.
 キーワード/Keyword : グラフェン、半導体プロセス、アミノ基修飾、リソグラフィ・露光・描画装置

1. 概要(Summary)

次世代半導体デバイス候補の一つとしてグラフェンのバイオ応用を検討している。バイオ応用のためにはグラフェン表面にバイオ界面(バイオプローブや選択膜など)を形成することがあり、様々なバイオ界面形成を可能とするためには COOH や NH₂、SH 等のたんぱく質等有する官能基をグラフェン表面に形成することが重要である。本研究では、半導体ウエハプロセスと親和性の高い手法でのグラフェン表面への NH₂ 修飾を検討した。

2. 実験(Experimental)

【利用した主な装置】

- ・ 125kV 電子ビーム描画装置
- ・ 高速マスクレス露光装置
- ・ マスクアライナー
- ・ 12 連電子銃型蒸着装置
- ・ 多目的ドライエッチング装置
- ・ ウエハ RTA 装置

【実験方法】

単層グラフェンは高温 CVD (Chemical vapor deposition)により成膜され SiO₂ 基板上に転写された市販のものを使用した。NIMS 微細加工 PF を利用し、フォトリソグラフィ、酸素ドライエッチングにより転写したグラフェンを短冊状に加工し、電子ビーム描画、金属蒸着、リフトオフによりグラフェン上に金属引き出し電極を形成した。その後、自社にてグラフェン表面への NH₂ 修飾プラズマ処理を行い、組成評価および電気特性評価を実施した。

3. 結果と考察 (Results and Discussion)

Fig. 1 に XPS 分析による NH₂ 修飾を行ったグラフェン表面の全体の原子に対する炭素原子の組成比と炭素原子に対する NH₂ 分子の組成比のプラズマ処理時間依存性を示す。炭素の組成比は 360 秒処理前後で 35 at% から 6 at% まで低下した。また、炭素原子に対する NH₂ 分

子の組成比は処理時間に大きく依存しない。このことからプロセス初期段階では NH₂ 修飾とグラフェンエッチングが同時に進行し、グラフェン表面への NH₂ 修飾はすぐに平衡に達し、長時間ではグラフェンエッチングのみが起きていると考えられる。また、炭素と炭素に対する NH₂ の組成比より炭素をすべてグラフェンに起因すると仮定すると処理時間 10 秒での処理によりほぼグラフェンをエッチングすること無く、数 nm 領域に1つの NH₂ 基という十分な密度のプローブ形成起点を形成できていると推定できる。次に処理時間 10 秒処理での I_d-V_g 特性の変化を Fig. 2 に示す。プラズマ処理によりフェルミ点のゲート電圧は変化しているが I_d-V_g 特性の傾きには大きな変化は見られない。フェルミ点のゲート電圧は NH₂ 修飾によるグラフェンへのチャージの注入によるものと考えられる。本手法はバイオ応用に向けた半導体プロセスと親和性の高い官能基修飾法の一つとして期待できると考える。

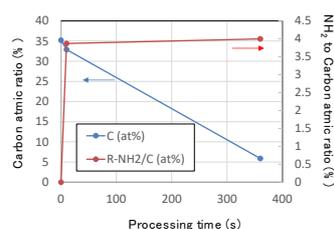


Figure 1. (blue line) Carbon atomic ratio to all atoms and (red line) Nitrogen atom ratio of NH₂ to carbon atom dependency on Processing time .

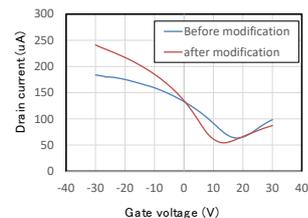


Figure 2. Drain current to gate voltage characteristics in FET structure (blue line) before NH₂ modification and (red line) after NH₂ modification.

4. その他・特記事項 (Others)

謝辞:NIMS 微細加工 PF 津谷様、渡辺様、吉田様には技術相談から技術支援・代行まで多大なる支援を頂き感謝申し上げます。

5. 論文・学会発表 (Publication/Presentation)

なし。

6. 関連特許 (Patent)

なし。