

# 電子デバイス応用に向けた還元した酸化グラフェン薄膜のX線光電子分光 (XPS) 法による構造解析

利用者：大阪大学大学院工学研究科 根岸 良太, 松井 裕司, 松崎 通弘, 小林 慶裕  
 研究支援者：北陸先端科学技術大学院大学 赤堀 誠志, 村上 達也, 鈴木 寿一

## 【研究目的】

還元した酸化グラフェン薄膜 (rGO) をチャネルとした電界効果型トランジスタ (FET) バイオセンサーの高感度化には、薄膜材料の伝導特性の向上、およびターゲットとなる分子の吸着量を効率よく増大させる必要がある。本研究では、rGOの高結晶化技術を開拓し、得られたrGOの表面状態における分子の吸着密度支配要因についてX線光電子分光 (XPS) による構造解析、および紫外可視分光 (UV) 法を用いた吸着分子密度の定量的な解析により検証した。

## 【成果】

本成果は高結晶性グラフェン薄膜のスケラブル製造やセンサー応用への重要な道筋を開拓するものである。エタノール雰囲気中で高温加熱処理するというグラフェン形成プロセスを開拓し、バンド伝導の観察に初めて成功した (図1)[1]。効率的に酸素含有基除去できること、および構造修復が著しく進行することも明らかにした (図2・3)。アンカー分子 (ピレン) の吸光度と吸着密度との関係から、高温加熱処理の場合に吸着量が増加する傾向が分かり (図4)、rGO薄膜に残存する酸素含有基がピレンの吸着における主たる阻害要因であることを明らかにした。さらに、rGO薄膜のFETバイオセンサーを構築し、複数種の免疫グロブリン (IgE、IgM) の選択的検出に成功した (図5)。

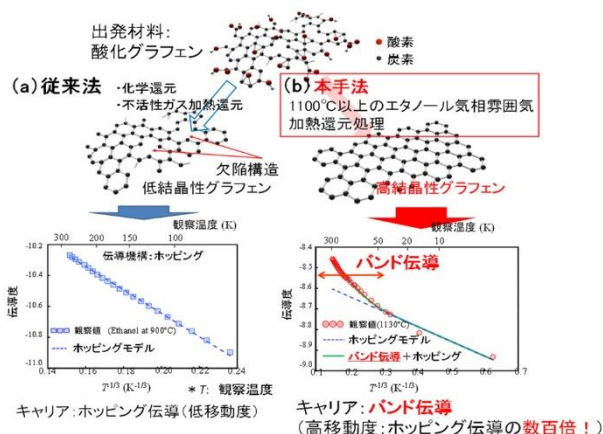


図1 GOの還元における(a)従来法と(b)本手法の比較。ホール効果測定によりバンド伝導と高移動度を観察。

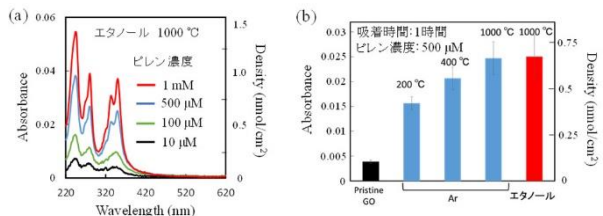


図4 (a)rGOのピレン濃度に対する吸光度と吸着密度変化、および (b) ピレン吸光度と吸着密度の還元条件依存性。

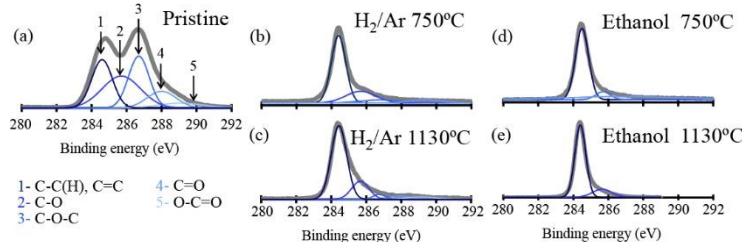


図2 様々な還元条件により得られたrGOからのC1sのXPSスペクトル。(a) 酸化グラフェン、不活性ガス (Ar/H<sub>2</sub>) 雰囲気加熱還元処理 (b) 750°C, (c) 1130°C, およびエタノール気相雰囲気加熱処理 (d) 750°C, (e)1130°C。

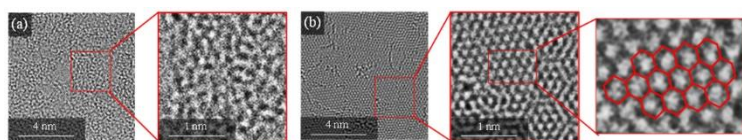


図3 処理温度の異なるエタノール加熱還元処理後のrGOのTEM像 (a) 900°C, (b)1100°C。処理温度1100°Cでは炭素原子の蜂の巣構造を反映した輝点が周期的に配列しており、結晶性が飛躍的に向上している。

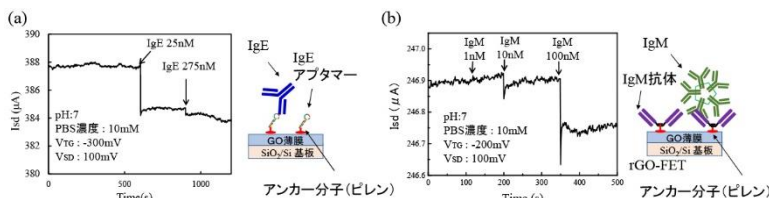


図5 エタノール雰囲気高温加熱処理したrGO-FETによる免疫グロブリンの選択的検出 (a) IgEと (b) IgM。

## 【支援実施機関からのコメント】

本支援で実施したXPSによる構造解析が、rGO薄膜におけるバンド伝導の観察、およびrGO-FETバイオセンサーによる免疫グロブリンの選択的検出の成功に繋がりました。製造・応用分野に対しても、機器分析が重要であることを示す好適な成果の一例と考えております。

## 【参考文献等】

- [1] R. Negishi, M. Akabori, T. Ito, Y. Watanabe and Y. Kobayashi, *Scientific Reports* **6** (2016) 28936.
- [2]根岸 良太, 赤堀 誠志, 伊藤 孝寛, 渡辺 義夫, 小林 慶裕, 第64回応用物理学会薄膜・表面物理分科会論文賞受賞講演 (2017).
- [3]根岸 良太, 小林 慶裕, ナノ学会会報, 解説記事3月号, (2017).