

課題番号 : F-17-KT-0081  
 利用形態 : 機器利用  
 利用課題名(日本語) : 原子間力顕微鏡を用いたナノスケール表面物性評価  
 Program Title(English) : Nano-scale characterization of a 2D sheet by atomic force microscopy.  
 利用者名(日本語) : 王琦  
 Username(English) : Q. Wang  
 所属名(日本語) : 京都大学大学院工学研究科  
 Affiliation(English) : Graduate School of Eng., Kyoto Univ.  
 キーワード/Keyword : 電気計測、酸化グラフェン、電界効果トランジスタ

## 1. 概要(Summary)

酸化グラフェン(GO)を還元するために、真空紫外(VUV)光還元プロセスの開発を進めてきた。1,2本課題では、これにより得られたVUV酸化グラフェン還元体(rGO)と金ナノ粒子(AuNPs)を組み合わせた電界効果トランジスタ(FET)を作製した。電気伝導特性の温度依存性を評価し、rGOシートの電気伝導が「ホッピング伝導」でモデル化できることが示唆された。

## 2. 実験(Experimental)

### 【利用した主な装置】

高速マスクレス露光装置(D-light, DL-1000GS)、半導体パラメータアナライザ(Keithley Instruments, 4200-SCS)、マニュアルプローバー。

### 【実験方法】

当研究室で、Si基板上にrGOまたはAuNPs-rGO複合体を作製した。その上に、ナノハブ拠点でレジスト(ZPN1150)を塗布した後に、高速マスクレス露光装置により、電極パターンをレジスト上に転写した。現像したサンプルの上に、当研究室で電極を蒸着した。その後、ナノハブ拠点でLift-offプロセスを行い、FETを構築した。半導体パラメータアナライザとマニュアルプローバーを用いて、FETの特性を評価した。温度は室温から90°Cまでの範囲で設定した。ゲート電圧( $V_G$ )は0Vに設定し、ドレイン電圧を掃引することで電気伝導特性を評価した。

## 3. 結果と考察(Results and Discussion)

rGO-FETとrGO/AuNPs-FETが示すドレイン電流の温度依存性をFig. 1に示す。縦軸のスケールが異なることから分かる通り、rGO/AuNPs-FETはrGO-FETより高い電気伝導率を有する。AuNPsの複合により、rGO面内にある分断した $sp^2$ ドメインが繋がって、電気伝導性を向上させたと考えている。

加熱するに従い、ドレイン電圧に対するドレイン電流値が増大した。本挙動は半導体材料に典型的な挙動である。VUV光還元後においても、多くの欠陥が残されており、半導体であることが示唆された。ドレイン電圧0V付近の傾きから電気伝導率を計算し、温度依存性を評価した所、有機半導体で知られている「ホッピング伝導」で挙動が説明できることが示唆された。すなわち、AuNPsの有無に関わらず、rGO面内にある分断された $sp^2$ ドメインをキャリアがホッピングする描像で、作製したFETの電気特性が説明できることが示唆された。

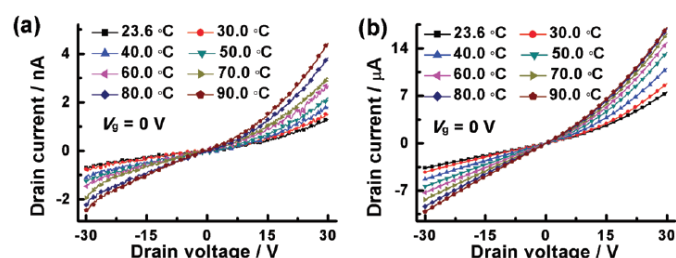


Fig. 1 (a) rGO-FETと(b) rGO/AuNPs-FETの温度に依存した電気伝導特性。

## 4. その他・特記事項(Others)

### ・参考文献

- (1) Y. Tu, H. Nakamoto, T. Ichii, T. Utsunomiya, O.P. Khatri, and H. Sugimura, *Carbon* **119**, 82 (2017).
- (2) Y. Tu, T. Ichii, T. Utsunomiya, and H. Sugimura, *Appl. Phys. Lett.* **106**, 133105 (2015).

## 5. 論文・学会発表(Publication/Presentation)

- (1) Q. Wang, Y. Tu, T. Ichii, T. Utsunomiya, H. Sugimura, L. Hao, R. Wang, and X. He, *Nanoscale* **9**, 14703 (2017).

## 6. 関連特許(Patent) なし。