

課題番号 : F-14-NM-0044  
利用形態 : 技術補助  
利用課題名 (日本語) : グラフェンナノリボンの電気特性評価  
Program Title (English) : Evaluation of electrical properties of graphene nanoribbons  
利用者名 (日本語) : 村上 勝久  
Username (English) : Katsuhisa Murakami  
所属名 (日本語) : 筑波大学数理物質科学研究科電子・物理工学専攻  
Affiliation (English) : Graduate School of Pure and Applied Sciences, University of Tsukuba

## 1. 概要 (Summary)

自己組織化によって幅数十ナノメートル、長さ数マイクロメートルの繊維状の構造を有するタンパク質であるアミロイドを炭素テンプレートとして用い、幅約 10 nm のグラフェンナノリボンの Ga 蒸気触媒による固相合成を行った。ラマン分光や電気特性評価から、合成温度を高くすることによって、グラフェンナノリボンの結晶性が向上し、キャリア移動度が高くなることが分かった。また、低温で合成したグラフェンナノリボンで非線形な電圧電流特性がより顕著になり、トランスポートギャップが生じることが分かった。ラマン分光評価を考慮すると、このような低温合成によって生じるギャップは、グラフェンのリボン化での量子閉じ込め効果によるバンドギャップの形成ではなく、グラフェンナノリボンの欠陥に起因するホッピング伝導によるトランスポートギャップであると予想される。合成したグラフェンナノリボンの電気伝導機構の調査のために、電気特性の測定温度依存性評価を行った。

## 2. 実験 (Experimental)

### 【利用した主な装置】

- ・ 極低温プローブシステム

### 【実験方法】

タンパク質溶液(5 g/L Hen egg white lysozyme, pH 1.0)を 84~93 °C で 9 h 攪拌することで平均幅 6.5 nm、長さ数マイクロメートルのアミロイド繊維を合成した。C 面サファイア基板に分散させたアミロイド線維を、真空炉管内で  $3.0 \times 10^{-4}$  Pa の真空度において 800 ~ 1000 °C で Ga 蒸気に暴露し、形状を保ったままグラフェン化した。作成したナノリボンに電子ビームリソグラフィとリフトオフプロセスを用いて Ti/Au 電極を作製し、極低温プローブシステムを用いて、電気特性の測定温度依存性を評価した。

## 3. 結果と考察 (Results and Discussion)

Fig. 1 に 850 °C で合成したグラフェンナノリボンの電圧電流特性の測定温度依存性を示す。室温から 33 K まで冷却するとコンダクタンスが徐々に低下していることが分かる。またアレニウスプロットが線形性を示すことから、低温で合成したグラフェンナノリボンの電気伝導機構がホッピング伝導であることが分かった。

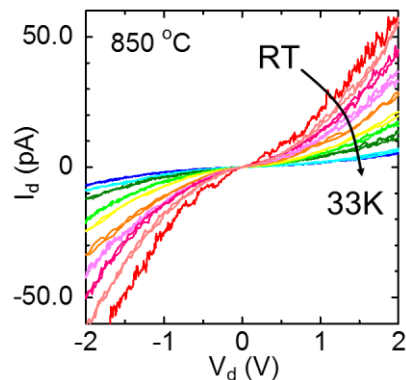


Fig.1 Measurement temperature dependence of current-voltage curves of graphene nanoribbons synthesized at 850 °C.

## 4. その他・特記事項 (Others)

本研究は JSPS 科研費 基盤研究 A(23246063)の助成を受けたものです。

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

- (1) K. Murakami *et al.*, Applied Physics Letters **104**, 243101 (2014).
- (2) K. Murakami *et al.*, The 58th International Conference on Electron, Ion and Photon Beam Technology & Nanofabrication, May 30, 2014, Washington DC, USA

## 6. 関連特許 (Patent)

なし