

利用課題番号 : F-13-NM-0044  
利用形態 : 技術補助  
利用課題名 (日本語) : アミロイドをテンプレートとした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 made from amyloid template  
利用者名 (日本語) : 董 天辰  
Username (English) : Tianchen Dong  
所属名 (日本語) : 筑波大学 数理工学科学研究科 電子物理工学専攻  
Affiliation (English) : University of Tsukuba

### 1. 概要 (Summary) :

我々はこれまで、長さ数ミクロン、幅 10 ナノメートル以下の直鎖構造のアミロイドタンパク質をカーボンテンプレートとし、ガリウムの触媒作用を用いたグラフェンナノリボンの固相合成を行ってきた。サファイア基板上で、長さ 1~3 ミクロン、幅 10 ナノメートル以下のグラフェンナノリボンの合成に成功し、ラマン分光測定と AFM 測定から、合成したグラフェンナノリボンは単層または 2 層が支配的であることが分かっている。本研究では、作成したグラフェンナノリボンをチャンネルとする FET デバイスを作成し、FET 特性の評価を行った。

### 2. 実験 (Experimental) :

#### 【利用した主な装置】

ダイシングソー

#### 【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、長さ数ミクロンのアミロイド繊維を合成した。ダイシングソーでカットした C 面サファイア基板上に分散させたアミロイド線維 (図 1 (a)) をテンプレートに用い、真空加熱炉内 (加熱温度 800 ~ 1000°C、真空度  $3.0 \times 10^{-4}$  Pa) でガリウム触媒を用いた固相合成によってグラフェンナノリボンを合成した。作成したナノリボンに電子ビームリソグラフィによるリフトオフプロセスを用いて Ti/Au 電極を作製し(図 1 (b))、イオン液体を用いた電気化学的ゲートバイアスによって FET 特性の評価を行った。

### 3. 結果と考察 (Results and Discussion) :

図 1(c)に加熱温度 900°C で合成したグラフェンナノリボンのコンダクタンスのゲート電圧依存性を示す。

コンダクタンスはゲート電圧によって変調し、ゲート電圧 0.5 V においてコンダクタンスは約 3 倍となった。また、合成したナノリボンは n 型の特性を示した。これはアミロイド繊維に含まれる不純物に起因すると考えられる。

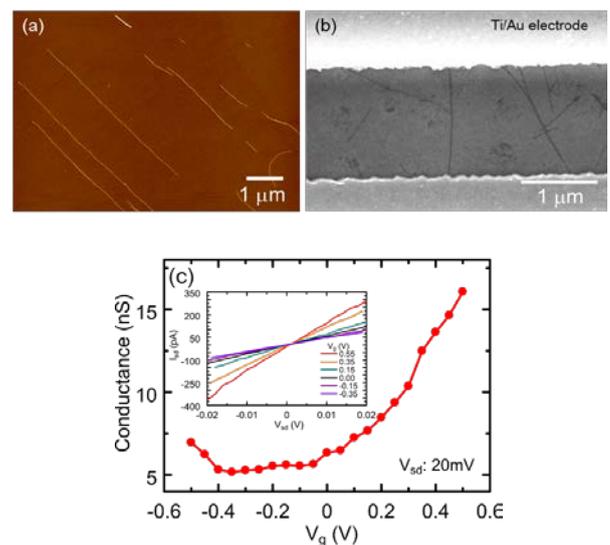


図 1: (a) C 面サファイア基板に分散させたアミロイド繊維の AFM 像 (b) リフトオフプロセスにより電極を作成したグラファイト化(950°C)したアミロイドの SEM 像 (c) 900°C で合成したグラフェンナノリボンのコンダクタンスのゲート電圧依存性

### 4. その他・特記事項 (Others) :

なし

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

- (1) T. Dong et al., "Synthesis of Graphene nanoribbons by solid-phase graphitization of carbonized amyloid fibrils using liquid gallium catalyst", RPGR2013, Tokyo, Japan Sept. 11 (2013).
- (2) K. Murakami et al., "Synthesis of Graphene Nanoribbons from Amyloid Fibrils by Solid-Phase Graphitization Using Liquid Gallium Catalyst", 2013 MRS Fall Meeting, Boston, USA, Dec. 5 (2013).

### 6. 関連特許 (Patent) :

なし