

課題番号 : F-13-UT-0076  
利用形態 : 機器利用  
利用課題名 (日本語) : 金属性単層カーボンナノチューブの広範囲除去  
Program Title (English) : Large-Scale Removal of Metallic Single-Walled Carbon Nanotubes  
利用者名 (日本語) : 大塚 慶吾, 井ノ上泰輝, ショウ シン, 千足昇平, 丸山 茂夫  
Username (English) : K. Otsuka, T. Inoue, S. Jiang, S. Chiashi, S. Maruyama  
所属名 (日本語) : 東京大学大学院工学系研究科  
Affiliation (English) : Department of Mechanical Engineering, The University of Tokyo

### 1. 概要 (Summary)

単層カーボンナノチューブ (CNT) は、優れた電気特性から電子デバイス、とりわけ電界効果トランジスタ (FET) への応用が期待されている。しかし半導体単層 CNT と同時に金属性単層 CNT が合成されるため、合成後に選択的に除去する必要があるが、十分な除去選択性と大規模な精製処理を両立する手法は確立していない。本研究では、有機薄膜に覆われた CNT アレイに対して電圧を印加することで、金属 CNT のみをジュール発熱によって選択的に、かつ長尺にわたって燃焼除去する手法を考案した。

### 2. 実験 (Experimental)

利用した主な装置:

高速大面積電子線描画装置

マスク・ウェーハ自動現像装置群

光リソグラフィ装置

形状・膜厚・電気・機械特性評価装置群

クリーンドラフト潤沢超純水付

水晶基板上に鉄微粒子触媒を担持し、アルコール CVD 法により水平配向した単層 CNT を合成し、Si/SiO<sub>2</sub> 基板上に転写した。その基板上にフォトリソグラフィとスパッタリングにより金属電極をパターニングした。VDEC 共用のフォトマスクを電子線描画装置 F5112, 現像装置, アッシング装置, エッチング装置により加工した。真空蒸着またはスピコートにより CNT 上に有機薄膜を堆積したのち、CNT アレイに電圧を印加し CNT を燃焼除去した。有機薄膜を除去したのち、CNT を走査型電子顕微鏡 (SEM), 原子間力顕微鏡 (AFM), ラマン分光装置, 半導体パラメータアナライザによって観察・分析した。

### 3. 結果と考察 (Results and Discussion)

Si/SiO<sub>2</sub> 基板上の CNT アレイを SEM によって観察

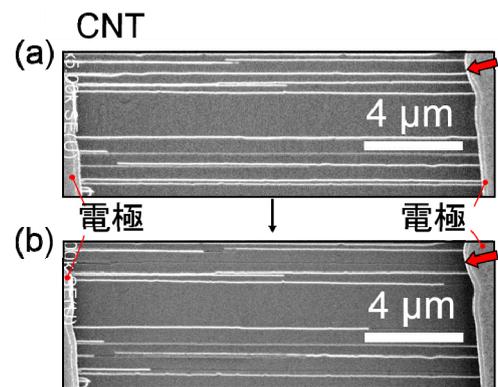


Fig.1 (a) CNT array before applying voltage, and (b) SEM image of CNT array after organic film assisted electric breakdown method.

した (Fig.1a). 膜厚 50 nm 程度の有機薄膜を CNT 上に堆積し、CNT に対し 2.5 V/μm 程度の電圧を印加し燃焼させた。有機薄膜をアセトンにより除去したのち SEM で観察した (Fig.1b)。これにより従来の 100 倍以上の長尺除去を実現し、得られた半導体 CNT アレイは集積回路作製に利用できる可能性がある。

### 4. その他・特記事項 (Others)

本研究の一部は日本学術振興会科学研究費補助金および科学技術振興機構-欧州委員会研究イノベーション総局国際科学技術共同研究推進事業 (戦略的国際共同研究プログラム) の助成を受けた。

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

- (1) K. Otsuka et al., 26<sup>th</sup> International Microprocesses and Nanotechnology Conference, 2013. 11. 07.
- (2) 大塚慶吾 他, 第 46 回フラーレン・ナノチューブ・グラフェン総合シンポジウム, 平成 26 年 3 月 4 日.
- (3) 大塚慶吾 他, 第 61 回応用物理学会春季学術講演会, 平成 26 年 3 月 19 日.

### 6. 関連特許 (Patent)

なし