

課題番号 : F-17-UT-0005  
利用形態 : 機器利用  
利用課題名(日本語) : 半導体単層カーボンナノチューブアレイの基板上精製  
Program Title (English) : On-chip sorting of semiconducting single-walled carbon nanotube arrays  
利用者名(日本語) : 大塚慶吾<sup>1)</sup>, 丸山茂夫<sup>1,2)</sup>  
Username (English) : K. Otsuka<sup>1)</sup>, S. Maruyama<sup>1,2)</sup>  
所属名(日本語) : 1) 東京大学大学院工学系研究科, 2) 産業技術総合研究所  
Affiliation (English) : 1) School of Engineering, The University of Tokyo, 2) The National Institute of Advanced Industrial Science and Technology  
キーワード/Keyword : カーボンナノチューブ, 電界効果トランジスタ, リソグラフィ・露光・描画装置

## 1. 概要(Summary)

半導体単層カーボンナノチューブ(CNT)は、極細線構造と良電気特性から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、合成時に同時に得られてしまう金属CNTを選択的に除去する必要があるが、十分な高純度化と大規模化を両立する手法は未確立であった。本研究では、基板上に並んだCNTアレイから金属CNTのみを選択的に除去することで広域に純半導体CNTアレイを準備し、そこから多数のFETを並べて作製することにより、精製処理の大規模化、つまり回路の高集積化への可能性を示した。

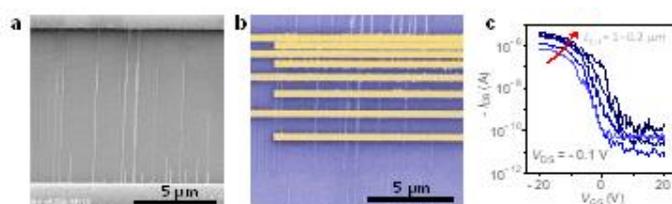
## 2. 実験(Experimental)

### 【利用した主な装置】

高速大面積電子線描画装置  
マスク・ウエーハ自動現像装置群  
光リソグラフィ装置 MA-6  
クリーンドラフト潤沢超純水付

### 【実験方法】

VDEC 共用のフォトマスクを電子線描画装置、自動現像装置群により加工した。SiO<sub>2</sub>/Si 基板上にフォトリソグラフィ(VDEC)とスパッタリング(自前)により金属電極をパターンニングし、その上に化学気相成長法により合成したCNTアレイを転写した。スピコートによりCNT上に有機薄膜を成膜したのち、雰囲気組成を制御したチャンバー(自前)内でCNTアレイにジュール加熱し金属CNTを燃焼除去した。半導体CNTアレイ上に電子線リソグラフィ(自前)、真空蒸着(自前)により電極をパターンニングすることで多数のFETを作製し、その特性を半導体パラメータアナライザ(自前)で評価した。



**Figure 1** a, Purified s-CNT arrays. b, False-colored SEM image of FET arrays built on the s-CNTs. c, Transfer characteristics of FETs with various dimensions.

## 3. 結果と考察(Results and Discussion)

CNT上にポリメタクリル酸メチル(PMMA)を成膜し、湿潤酸素ガス中で自己ジュール熱により金属CNTを燃焼させることで、半導体CNTアレイが得られた(Fig. 1a)。続いて微細な金属電極をパターンニングすることで多数のFETを作製し(Fig. 1b)、いずれも高いオン電流とオンオフ比を有することを確認した(Fig. 1c)。また、CNTが密に並んだ場合でも本手法が効果的であることがわかった。

## 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の助成を受けた。

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

- (1) K. Otsuka, T. Inoue, Y. Shimomura, S. Chiashi, S. Maruyama, *Nano Research* **10**, 3248 (2017).
- (2) K. Otsuka, T. Inoue, E. Maeda, R. Kometani, S. Chiashi, S. Maruyama, *ACS Nano* **11**, 11497 (2017).

## 6. 関連特許(Patent)

なし。