

課題番号 : F-18-UT-0015  
利用形態 : 機器利用  
利用課題名(日本語) : ヘテロ積層ナノチューブの合成と分析  
Program Title (English) : Growth and analysis of coaxial hetero nanotubes  
利用者名(日本語) : 井ノ上泰輝<sup>1)</sup>, 丸山茂夫<sup>1,2)</sup>  
Username (English) : T. Inoue<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 : リソグラフィ・露光・描画装置, 膜加工・エッチング, 分析, 電気計測, CNT

## 1. 概要(Summary)

我々は近年、単層カーボンナノチューブ(SWCNT)をテンプレートとして、その周囲に窒化ホウ素(BN)や二硫化モリブデン(MoS<sub>2</sub>)といった異なる原子層を同心状に合成し、新奇なヘテロナノチューブを作製することに成功した[論文(1)]. 本研究では、合成技術の向上と物性解明を目指し、ピラー基板の作製、ヘテロナノチューブの孤立架橋合成、別の基板への転写、および電極形成と電気測定を行った。

## 2. 実験(Experimental)

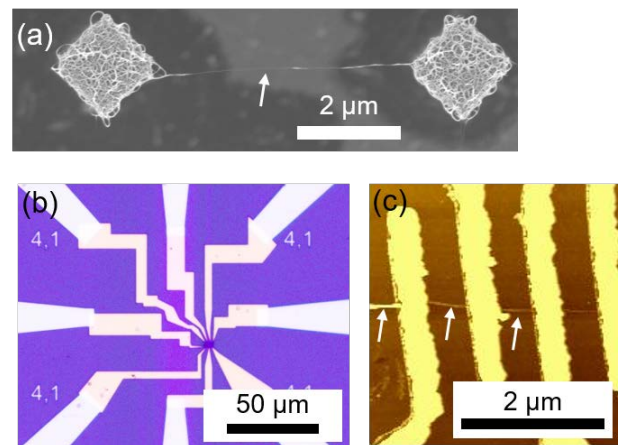
### 【利用した主な装置】

超高速大面積電子線描画装置, 高速シリコン深掘りエッチング装置, 汎用 ICP エッチング装置, クリーンドラフト潤沢超純水付, ステルスダイサー

### 【実験方法】

熱酸化 SiO<sub>2</sub> 膜 300 nm 付き 4 inch Si ウエハーに対して、F5112 による描画 (ZEP レジスト, 104 μC/cm<sup>2</sup>), CE-300I による SiO<sub>2</sub> エッチング (SIO2ULV5, CHF<sub>3</sub>, 120 s), MUC-21 による Si エッチング (Fred14-2, 15 cycles) を行い、ステルスダイサーで 13 mm 角に分割してピラー基板を作製した。この基板を用い、自部門で真空蒸着により Fe 触媒粒子を担持し、アルコール化学気相成長法により架橋 SWCNT を合成し、更にアンモニアボランを原料として BN 層を同心合成した。

続いて、F5112 による描画と自部門のスパッタ堆積により SiO<sub>2</sub>/Si 基板にコンタクトパッドを形成した。その上に上記の架橋 SWCNT-BN をコンタクト転写した。チューブ位置を自部門の SEM で確認したのち、F5112 による描画と自部門の真空蒸着により孤立チューブに電極を形成し、自部門の半導体パラメータアナライザーによる電気測定、



**Figure 1:** (a) SEM image of SWCNT-BN suspended over pillars. (b) Optical image and (c) AFM image of SWCNT-BN connected to metal electrodes.

および各種分析を行った。

## 3. 結果と考察(Results and Discussion)

作製したピラー基板を用いて SWCNT を架橋合成し、周囲に BN 層を成長することに成功した (Fig. 1(a)). このようなヘテロナノチューブを基板に転写した後、電極形成に成功した (Fig. 1(b,c)). テンプレートとなる SWCNT の半導体特性が保持されていることが確認された。

## 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) R. Xiang, T. Inoue, S. Maruyama et al., arXiv:1807.06154.

## 6. 関連特許(Patent)

なし