

課題番号 : F-19-UT-0010
 利用形態 : 機器利用
 利用課題名(日本語) : 同位体ラベルによる単一単層カーボンナノチューブの成長過程分析
 Program Title (English) : Growth process analysis of individual single-walled carbon nanotubes by isotope labeling
 利用者名(日本語) : 井ノ上泰輝¹⁾, 丸山茂夫^{1,2)}
 Username (English) : Taiki Inoue¹⁾, Shigeo Maruyama^{1,2)}
 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) Graduate School of Engineering, The University of Tokyo, 2) National Institute of Advanced Industrial Science and Technology (AIST)
 キーワード/Keyword : リソグラフィ・露光・描画装置, 単層カーボンナノチューブ, マテリアルサイエンス

1. 概要(Summary)

単層カーボンナノチューブ(CNT)の構造(カイラリティ, 直径, 長さなど)を制御した合成の実現が求められている。化学気相成長(CVD)法による単層CNTの成長機構を解明するために, 近年当研究室で開発した同位体ラベル手法を用いて, 炭素源停止中の導入ガス種による単層CNTの成長および再成長の分析を行った。

2. 実験(Experimental)

【利用した主な装置】

高速大面積電子線描画装置, 光リソグラフィ装置 MA-6

【実験方法】

武田 CR にてリソグラフィ装置を用いて水晶基板に等間隔ライン形状のパターニングを施した。その後当研究室で触媒として Fe ~0.2 nm をライン上に蒸着し, CVD 法によって単層 CNT を合成した。炭素源として, 炭素同位体を含むエタノールを割合制御しながら供給することで, 単層 CNT に同位体ラベリングを行った。合成途中でエタノールを中断し, H₂O などの異なるガスを供給し, その影響を調べた。合成後のサンプルをラマン分光法により分析し, G バンドのシフト量から同位体割合の異なる部分の位置を特定し, 単一単層 CNT の成長速度や寿命を求めた。

3. 結果と考察(Results and Discussion)

Ar/H₂/H₂O を途中で導入した際の単一単層 CNT の成長曲線を Fig. 1 (a)に示す。この成長曲線は Fig. 1(b)のラマンマッピング像に基づき作成した。この単層 CNT は合成開始 3 min 後程度に成長を開始し, 等速で成長したことが分かる。その後, エタノールを停止して Ar/H₂/H₂O を供給している間に単層 CNT がエッチングされて長さが短くなり, エタノールを再度供給すると成長を

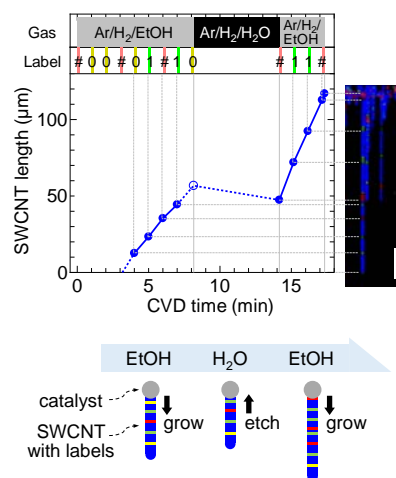


Fig. 1 (a) Growth curve of a CNT interrupted with Ar/H₂/H₂O. (b) Corresponding Raman G-band mapping image. (c) Schematic image of growth, etching, and regrowth of CNTs.

再開したと解釈できる(Fig. 1(c)). 本分析手法により, 長尺単層 CNT の成長, エッチング, 再成長を捉えることに成功した。エタノール停止中に供給するガスの種類によって, 単層 CNT の再成長の有無が異なることも明らかとなった。

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)

・ B. Koyano, T. Inoue, S. Maruyama et al., *Carbon*, (2019), **155**, 635.

・井ノ上 他, 第 57 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, 2019 年 9 月。

6. 関連特許(Patent)

なし