L-47

## レーザ支援気固界面アーク放電熱分解法による CNT の形状操作 Shape operation of CNT by laser assisted pyrolytic synthesis method at gas/solid interface arc discharge

○岡村 泰成<sup>1</sup>, 塚田 雄太<sup>2</sup>, 胡桃 聡<sup>3</sup>, 松田 健一<sup>3</sup>, 鈴木 薫<sup>3</sup> \*Taisei Okamura<sup>1</sup>, Yuta Tukada<sup>2</sup>, Satoshi kurumi<sup>3</sup> Kenichi Matuda<sup>3</sup> Kaoru Suzuki<sup>3</sup>

Abstract : We have grown carbon nanotubes (CNTs) using laser assisted pyrolytic synthesis method at gas/solid interface arc discharge. At that time, changing the thickness of the Fe as a catalyst metal. Change in the sharp of the product due to a change in film thickness was observed by SIM. From the results, observed the CNT sharp operation was able to shape maniqulation by thickness.

## 1. はじめに

Carbon Nanotube (CNT)は炭素の六員環で構成され たグラフェンシートが単層あるいは多層の同軸管状 になったナノスケールの物質である<sup>[1]</sup>. CNT の特徴 として挙げられるのは、銅の1000倍以上の高電流密 度耐性,銅の10倍の高熱伝導特性,高機械強度,細 長い、アルミニウムの半分という軽さ、鋼鉄の20 倍の強度などの特徴があり, 医療, 科学など様々な 分野で活躍されると期待されている. CNT は以上の 特性からナノスケールの電子デバイスに応用できる のではないかと考えた. 我々は過去に P-doped CNT の半導体特性を確認している<sup>[2]</sup>.デバイス化には, 安定的な CNT を生成する方法や CNT の太さ、長さ と言った形状制御する技術が求められている. CNT の生成には触媒金属として Fe が必要とされる.本研 究ではマグネトロンスパッタ法によって Fe を成膜 している. そこで本稿では Si 基板に堆積させる Fe の膜厚に着目し、膜厚を変化させ CNT の形状変化 に期待した.その結果について報告する.

## 2. 実験方法

気固界面熱分解法の実験装置図を図1に示す.触媒 金属である Fe はマグネトロンスパッタ法によって, Si(100)基板(resistivity:1-10  $\Omega \times cm$ , size: 10×40×0.625 mm)に堆積させた.堆積時間は5, 10, 20, 30 min と した. Si 基板は電極間距離を20 mm になるように調整 し, SUS 電極に固定した.これらはチャンバー内に設 置し真空にした.チャンバー内には炭素供給源である エタノール(C<sub>2</sub>H<sub>5</sub>OH)とドナー供給源であるの亜リン酸 トリメチル((CH<sub>3</sub>O)<sub>3</sub>P) 濃度1 wt%の混合気体を流入し た.その際真空チャンバー内の圧力を900 Pa になるよ うに調節した.エタノールを分解する熱源として直流 が Si 基板へ流れることによってジュール熱を発生させた.また通電時間は 10 min とした.Si 基板の陰極付近には半導体レーザ(JENOPTIK, JOLD-CPXF-1L, 808 nm, 1W)を照射し P-doped CNT の生成を行った.評価方法は、集束イオンビーム(Forcused Ion Beam: FIB)装置を用いた Scanning Ion microscop (SIM)によって試料の表面観察を行った.



図1 実験装置図

電流 [A]	スルーレート [A/s]	通電時間 [min]	レーザ [nm]	レーザ パワー [W]	レーザ照 射時間 [min]	Fe堆積時間 [min]
10	0.05	10	808	1	10	30
10	0.05	10	808	1	10	20
10	0.05	10	808	1	10	10
10	0.05	10	808	1	10	5

表 1 実験条件

3. 実験結果

1:日大理工・学部・電気 2:日大理工・院(前)・電気 3:日大理工・教員・電気

図 2 に FIB で観察した SIM 画像を示す. 5 min 堆積 した試料では Fe の膜厚が 110 nm であった. 同様に 10, 20,30 min 堆積した試料では、それぞれ320,450,600 nm 成膜された. 膜厚の変化を表したグラフを図 3 に 示す. Fe の膜厚は時間に対して比例的に増加してい ることが分かる. この結果より Fe の堆積レートは約 21 nm/min であった.



35

径が 300 nm 程度と細く,形状が直角に屈曲した CNT を確認することができた. Fe 堆積時間 20 min では CNT の直径が約 450 nm と太くなり, 形状は緩 やかにカーブして曲がっており,その中には2段階 で緩やかな曲がりをしている CNT が確認された. Fe 堆積時間 30 min では CNT の直径が約 600 nm で 複雑に屈曲した. CNT が観測され他の条件と比較す

認できなかった. Fe 堆積時間 10 min では CNT の直



10 min 成膜

20 min 成膜



30 min 成膜 図 4 観察結果

4. まとめ

本実験では気固界面熱分解法による CNT の生成を 行った.Fe 膜厚の変化によって CNT の形状に変化が あるかを観察した. その実験結果として 5 min 成膜で は CNT の生成は観察することができなった. しかし 10, 20, 30 min の成膜時間ではそれぞれ 320, 450, 600 nm の成膜が確認され、膜厚の増加に伴い、CNT の直 径が太くなり, 直角の屈曲から複雑な屈曲へと形状が 変化した.

5. 参考文献

[1] S. Iijima and T. Ichihashi, "Single-shell carbon nanotubes of 1-nm diameter"Nature, 363, pp. 603-605, (1993)

[2] 塚田雄太, 胡桃聡, 松田健一, 鈴木薫, (レーザ支援 気固界面アーク放電法によるリンドープ CNT の特性 測定), 平成 27 年放電学会年次大会, C-1-1, p. 1, (2015)



図 3 膜厚の変化

15

時間 [min]

20

25

30

200

100

0

5

10