

気固界面アーク熱分解法によるカーボンナノチューブの生成
-レーザ支援によるCNTの成長への影響-

Carbon Nanotube using Gas/solid interface Arc Discharge Pyrolysis

The effects of laser assist on CNT Growth

○山西 生馬¹, 有馬 加奈恵¹, 宮澤 宏明², 相良 拓也³, 胡桃 聡⁴, 鈴木 薫⁵

*Shoma Yamanishi¹, Kanae Arima¹, Hiroaki Miyazawa², Takuya Sagara³, Satoshi Kurumi⁴, and Kaoru Suzuki^{4,5}

Abstract: Carbon Nanotube are used as a Nanodevice. In this work, we have attempted to carbon nanotubes onto mesh grid by Laser assisted gas/solid interface arc discharge thermal decomposition method. In addition, it was observed the growth of the CNT in the case of performing laser assisted. Laser Diode beams with 456 nm and 808 nm are irradiated to .CNT growth area for control the length and diameter. It is intended to perform experiments with these wavelengths, and the sample is observed by SEM (Scanning electron microscope). CNT of high aspect ratio was provided by performing laser assistance.

1. はじめに

カーボンナノチューブ (Carbon Nanotube: CNT)は中空部分を持つグラフェンの円筒であり、単層 CNT (Single-Wall CNT: SWCNT)である場合と、多層 CNT (Multi-Walled CNT: MWCNT)の二つに大別することができる。CNT の直径は数 nm~数十 nm で、長さは数 μm であり、アスペクト比が高い。また、SWCNT はグラフェンの巻き方 (カイラリティ) によって金属または半導体の特性をあらわす。我々は、シリコン(Si)基板上に電流を流すことで発生するジュール熱によってエタノールを熱分解し、ニッケル(Ni)を触媒として Ni メッシュ上に CNT を生成する。これら生成された CNT はナノデバイス上の電極を架橋させることを考えている。本稿ではレーザ支援を行った場合の CNT の成長への影響を目的とし、生成された CNT について比較検討を行った。

2. 実験方法

当実験では CNT を合成するにあたって、炭素供給源としてエタノール気化し、Si 基板上に電流を流すことによって発生するジュール熱により、金属触媒上に CNT を生成する気固界面アーク熱分解法を用いている。同時に半導体レーザ(456 nm,808 nm)によるレーザ支援を行った。まず、Si 基板上(5×30 mm)に触媒となる Ni メッシュをのせ、Fig. 1 にあるように電極で挟み、チャンバー内に固定する。この時の電極間距離は 20 mm である。次にチャンバー内の気圧を $1.0 \times 10^{-4} \text{ Pa}$ になるまで排気し、気化したエタノールを 200 sccm の流量でチャンバー内に流入する。チャンバー内気圧を 900 Pa に調整し、電極に 7.5A の電流を流す。

スルーレートは 0.1 A/s に設定した。電流を流すことにより、Si 基板上にジュール熱が発生し、Ni メッシュが加熱される。加熱時間は 180 s とこれらに加え、加熱時に外部よりレーザ支援を行い、456 nm の場合と、808 nm の場合の炭素生成物を合成し、生成した試料を走査型電子顕微鏡(Scanning Electron Microscope)を用いて観察を行い、顕微ラマン分光装置(Renishaw System-1000)により、物性評価を行った。

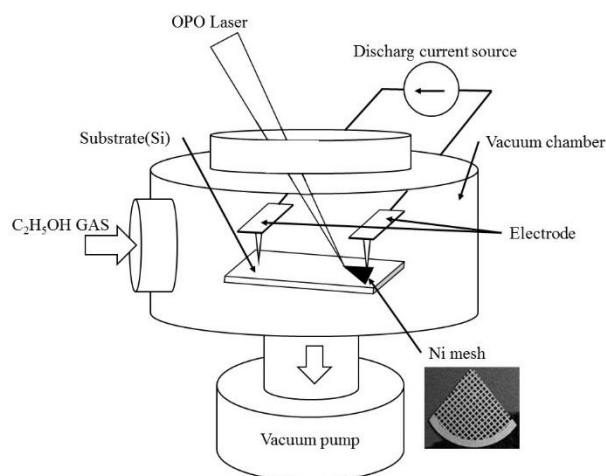


Fig.1 Experimental apparatus

3. 実験結果

Fig. 2 はレーザ支援を行っていない場合の Ni メッシュ上に生成された CNT のラマン分光法による測定データである。グラフ上の D ピークは測定箇所の欠陥構造を示し、G ピークはグラファイト構造を示す。Fig.2 の G/D 比は 1.2 である。G/D 比はグラファイト構造と欠陥構造の比であるから、この比が大きいほど欠陥が少なく、高品質な CNT と言える。Fig. 3 は 456 nm のレーザで支援した試料の SEM 画像である。

1: 日大理工・学部・電気 2: 日大理工・院 (前)・電気 3: 日大理工・院 (後)・電気 4: 日大理工・教員・電気

5: 日大・材料創造・先端材料センター

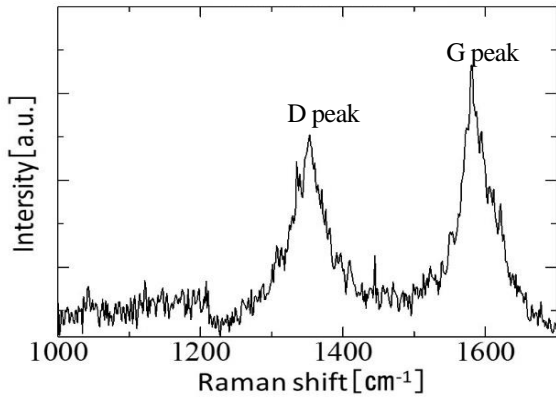


Fig. 2 Raman spectra of CNTs grown without laser assist 電極付近に多数の CNT が確認でき、直径：2.5 μm 長さ：20 μm 程度の CNT が多数生成されていることが確認できた。Fig. 4 は生成が確認された部分のラマン分光装置による測定データである。レーザ支援なしのデータと比べて D ピークは極度に減少し、G ピークは極度に増大した。G/D 比を計算すると 30.1 という結果が得られ先のデータと比べて、およそ 30 倍という結果が得られた。また、2D ピークが検出されており、これは SWCNT やグラフェンでは半値幅 75 cm^{-1} の単一のピークで、MWCNT 等では複数のピークから構成され、半値幅は 100 cm^{-1} とされている。本実験の結果における半値幅は Fig. 4 が、125 cm^{-1} にあるため、MWCNT が生成されていることがわかる。次に Fig. 5 は 808 nm のレーザ支援を行った試料の SEM 画像である。同様に直径と長さを計測したところ、直径:2.3 μm 長さ:77 μm であり、456 nm と比較してアスペクト比が非常に高いものが生成されているのが確認できる。Fig. 6 は Fig. 5 の生成が確認できた部分のラマン分光装置による測定結果である。同様に G/D 比を計算したところ、18.2 という結果が得られた。Fig. 6 は半値幅が 100 cm^{-1} にあるため、Fig. 5 の生成物も MWCNT であることがわかる。

4. まとめ

456 nm のレーザ支援では、多数の CNT が確認された。808 nm のレーザ支援では 456 nm の時よりも長く、アスペクト比の高い CNT が確認された。が、456 nm ほど多く生成されることはなかった。レーザ支援を行うことにより、G/D 比が大きく改善された。

参考文献

[1] 齋藤理一郎、篠原久典編 『カーボンナノチューブの基礎と応用』培風館,pp228-237,2004.
 [2] 吉田 隆 『ナノカーボンハンドブック』 エヌ・ティー・エス,pp57-59,2007.

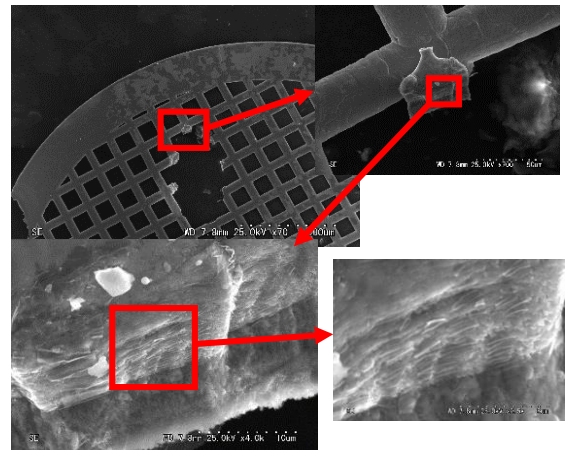


Fig. 3 SEM Image of 456[nm]

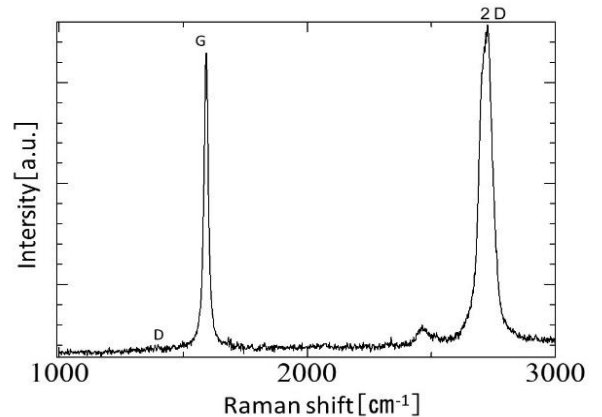


Fig. 4 Raman spectra of 456[nm]

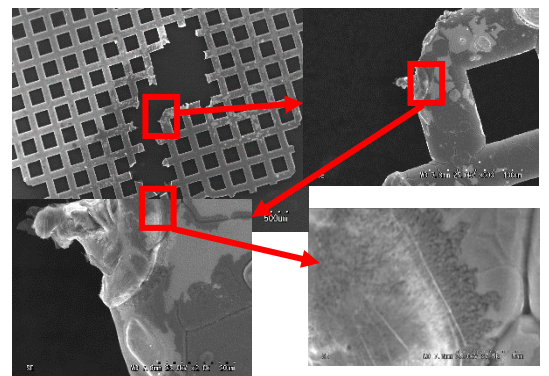


Fig. 5 SEM Image of 808[nm]

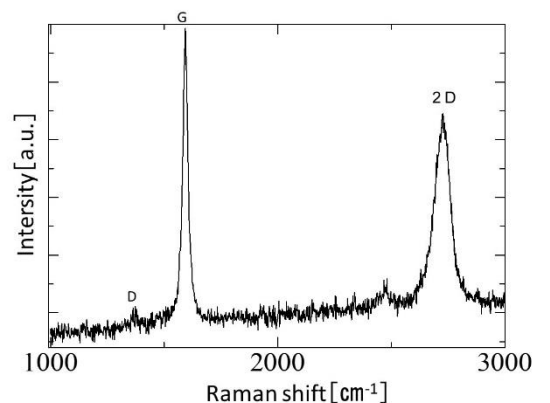


Fig. 6 Raman spectra of 808[nm]