L-45

レーザ支援液固界面アーク放電法による金属内包 CNT の成長制御 Growth control of metal filled carbon nano/micro tubes by laser assisted liquid solid interface arc discharge

> ○清水隆宏¹,三上和人²,胡桃聡³,松田健一³,鈴木薫^{3,4} *Takahiro Shimizu¹, Kazuto Mikami², Satoshi Kurumi³, Ken-chi Matsuda³, Kaoru suzuki^{3,4},

Abstract ; We attempted to synthesis of metal-filled carbon nanotubes (CNTs) by liquid-solid interface arc discharge method. In order to control the metal amount in a CNT, laser beam was irradiated to growth area of CNTs. Ni-Cu filled CNTs were synthesized at non laser beam assist sample. In contrast, laser assisted sample showed that the growth direction of synthesized Ni-Cu filled CNTs were controlled .

1. はじめに

カーボンナノチューブ(Carbon Nanotube; CNT)は蜂 の巣のような六角形格子構造もった炭素(グラフェン) シートが円筒状になったものである^[1]. CNT の特徴と して直径が数 nm~数+ nm,長さが数 µm であること からアスペクト比が高く,導電性に優れており,sp₂結 合をもつため強い機械的強度を有している. CNT の中 空部分に金属を内包させたものを金属内包 CNT と呼 び,内包される金属の種類によって電子デバイス・顕 微鏡プローブに応用が期待されている^[2].我々は過去 に液固界面アーク放電法を用いて,金属内包 CNT の生 成を確認している^[3].しかし生成される金属内包 CNT の形状が均一でないため,これを応用していくために 成長制御が不可欠である.そこで金属内包 CNT の成長 制御を,固液界面アーク放電法による CNT 生成の最中 に外部からレーザによる支援を行うことで試みた.

2. 実験方法

Fig1. に実験装置図を示す. ステンレス製の電極(電 極間距離 35 mm center to center)に Si 基板 10×40×0.525 mm, 斜型, 1-10 Ω cm)を固定し,その陰極側と Si 基板との間に扇形に加工された Ni-Cu 箔(厚さ 20 μ m) を挟む. その際に箔の先端を少し折り曲げ,箔先端を Si 基板に集中的に接触させる.この電極及び Si 基板を エタノール(C₂H₅OH)に浸し,Ni-Cu 箔に直流電流を 通電する.その結果,Ni-Cu が内包された CNT が折り 曲げた箔の先端付近と Si 基板間にアーク放電によりエ タノールを前駆体として箔先端付近に生成される.こ れに加え本実験では,CNT が生成される箔先端部に, 赤外の波長(808 nm)をもつレーザを照射し,光学的, 熱的支援を行うことで CNT の成長に影響を与え,形状 制御することを試みた.実験条件は通電電流を7 A, 上りスルーレート(SR) 0.1 A/s 目標電流に達してから Ni-Cu 箔先端に垂直にレーザを照射しつつ加熱を行い, 放電時間を 30 s とした。半導体レーザは波長 808 nm, レーザ径 1 mm×1 mm のものを使用し,レーザ出力 0.1W, 0.5W, 1 mW の 3 つの条件で行った.生成され た CNT は走査型電子顕微鏡(SEM, 日立ハイテク制 S-3000N)により観察を行う.





1:日大理工・学部・電気 2:日大理工・院(前) 3:日大理工・教員・電気 4:日大・材料創造・先端材料センター

3. 実験結果

Fig. 3~6はNi-Cu内包CNTのSEM像を示す.図3 は、レーザ支援をしない場合の固液界面アーク放電法 による SEM 像である. 箔のふちに対し垂直方向に生成 した Ni-Cu 内包 CNT を確認できた. Fig4. は、レーザ 支援(出力 0.1W)を行った場合の生成物の SEM 像で ある. Fig3. のレーザ支援しない場合と比較すると, 変化が確認できなかった. Fig5. はレーザ支援(出力 0.5W) を行った場合の生成物の SEM 像であり, Fig6. はFig5. の一部を更に拡大した図である. Fig3. のレ ーザ支援しない場合, Fig4. のレーザ支援あり(出力 0.1W)と比較すると生成方向が箔のふちに対し垂直方 向ではなく、箔のふちに沿って成長した Ni-Cu 内包 CNT が確認された. Fig7. はレーザ支援(出力1W) を行った場合の生成物の SEM 像である. 図4 のレーザ 支援あり(出力0.1W), Fig5. のレーザ支援(出力0.5W) と比較すると、箔のふちに対し垂直方向に生成したが、 直線性が失われていた.

4. まとめ

本稿では、レーザ支援を加えた液固界面アーク放電 法により Ni-Cu 内包 CNT の生成を行った.レーザの出 力 0.1W, 0.5W, 1W の条件の元行った結果生成物の成 長方向が 0.5W の場合のみ異なった.その為、本手法 において Ni-Cu 内包 CNT 成長方向は、支援を行うレー ザの出力に関係することが示唆された.



Fig3. Product of laser assist (laser Power;0.5 W)



Fig4. Product of laser assist (laser Power;0.1 W)



Fig5. Product of laser assist (laser Power;0.5W)



Fig6. Enlarged drawing on fig5.



Fig7. Product of laser assist (laser Power;1W)

参考文献

[1] S.Iijima, "Helical microtubules of graphitic carbon" Nature, 354, p. 56 (1991)

[2] M N. Gamo, et al., "Liquid-Phase Deposition of Aligned Carbon Nanotubes Using Cobalt Catalyst", J. Appl. Phys. 46 (2007) 6329.

[3] T.Sagara, S. Kurumi, K. Suzuki, "Growth of linear Ni-filled carbon nanotubes by local arc discharge in liquid ethanol", Appl. Surf. Sci. 292, (2014) 39 - 43