

158. カーボンナノチューブ光放射吸収層の光学的評価

山口 崇 山本 雅彦 谷治 環 大谷 文雄
(埼玉大学)

緒言

光放射検出器は光放射吸収層と熱電変換素子で構成され (Fig.1), 入力される光放射を光放射吸収層で吸収して熱エネルギーに変換し, それによる光放射吸収層の温度上昇を熱電変換素子で検出するという仕組みである. これまで, 一般的な光放射吸収層としては金黒膜や有機黒化膜が使用されてきたが, 紫外や赤外放射域において, 十分な光放射吸収特性が得られていない.

本研究では新たな光放射吸収材料の可能性として, カーボン材料に着目した. カーบอนは可視域から近赤外放射域に比較的安定した光放射吸収特性を持つ. また, 基本的には平面に六員環構造が広がり, 積層して存在する構造を有する. 各層は強い共有結合を持つが, 層間は弱い分子間力で結合しており, 層内は電氣的に導体で熱伝導率も高い. この 1 層を, 直径数~数 100nm の筒状に丸めたものがカーボンナノチューブ (以下 CNT) である. CNT が基板に対して垂直に成長した時, 光放射に対して多重反射構造となり (Fig.2), 効率的な光放射吸収が期待できる.

本研究では, CNT を光放射吸収層に用いた熱形光放射検出器のための基礎研究として, CNT を作製するための CVD 装置の製作, 光放射吸収層とするための CNT の作製及び作製した光放射吸収層の光学的特性評価を行ったので以下に報告する.

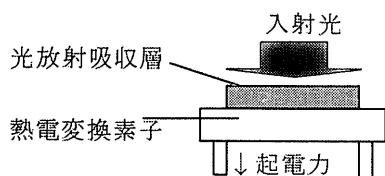


Fig.1 熱形光検出器モデル

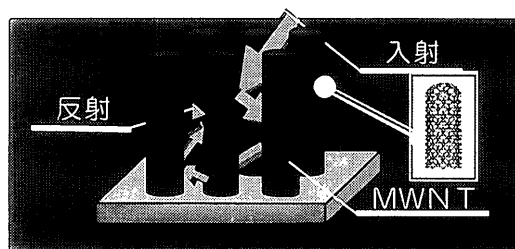


Fig.2 光多重反射吸収モデル

CNTの作製

LPCVD (Low Pressure Chemical Vapor Deposition) は, 常圧 CVD に対し真空中で反応させるものである. 真空とすることにより, 反応に際し, 雰囲気中の分子によるコンタミネーションを最小限に抑えることができる. 作製した LPCVD 装置の概要図を Fig.3 に示す. 基板を加熱用 W フィラメン

表 1. 作製パラメータ

原料ガス	CH ₄ (<5N) 10~30 sccm
搬送ガス	H ₂ (<7N) 0~30 sccm
ガス流量比	H ₂ /CH ₄ =0.3~1
最大真空度	16 Pa
反応ガス分圧	320 Pa
基板	Ni 薄膜 (触媒) / 石英ガラス
基板温度	900~1400 °C
加熱源	W フィラメント

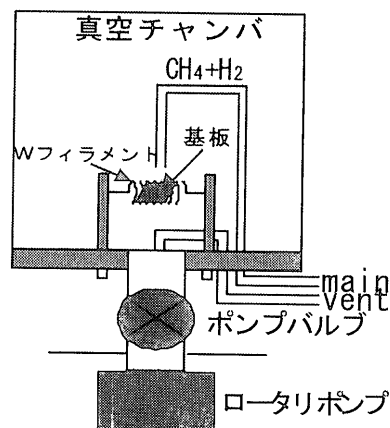


Fig.3 LPCVD 装置概要図

Optical Estimation on The Optical Radiation Absorption Layer of Carbon Nanotubes
Takashi Yamaguchi, Masahiko Yamamoto, Tamaki Yaji and Fumio Ohtani (Saitama univ.)

平成 17 年度照明学会第 38 回全国大会

トの中に配置するようになっている。表 1 に示す作製パラメータを変化させ、CNT を作製した。

測定

作製した膜は、電子顕微鏡 (SEM) によって CNT 形状の確認およびアスペクト比とピッチの分析を行い、X 線回折結晶分析装置 (XRD) を用いた結晶性分析による結晶評価を行った。また、分光光度計により分光吸収特性を測定した。分光吸収特性に優れた膜の作製条件は、基板温度 1400°C、反応ガス分圧 320Pa、メタン 30sccm、水素 30sccm、反応時間 180min であった。

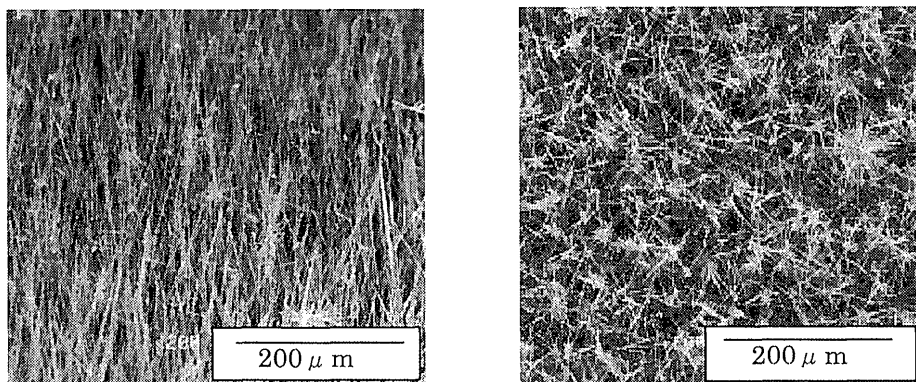


Fig.4 SEM 画像 (左: 基板を 60°傾斜させて撮影 右: 真上から撮影)

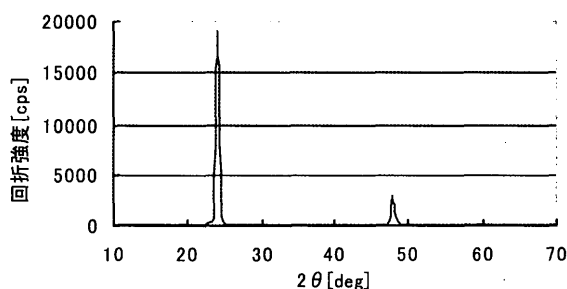


Fig.5 XRD 解析結果

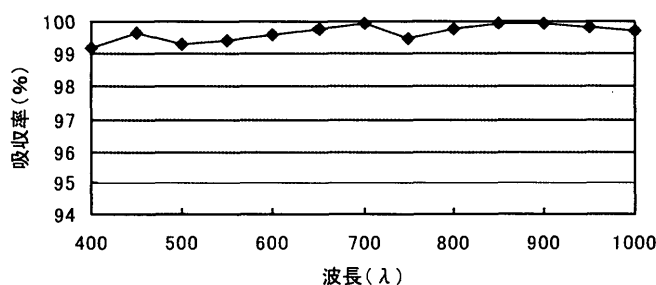


Fig.6 分光吸収率特性

測定した SEM 画像を Fig.4 に示す。非常に高い直線性を有し、先鋭構造となっているのがわかる。また、直径は平均 500nm 程度であり、チューブ長さは 200 μm 程度であった。XRD の結果を Fig.5 に示す。24°付近で非常に高い回折ピークを示し、48°付近でもピークが観測できた。このピークはグラファイトによるものと考えられ、欠陥の少ない CNT が成長していることがわかる。分光吸収率特性を Fig.6 に示す。波長依存性が小さく、平均吸収率 99.6%であった。これにより、CNT の光放射吸収層への応用可能性が示された。

結言

CVD 装置を作製し、LPCVD 法を用いて光放射吸収層としての CNT を作製し、その光学特性の測定を行った。その結果、LPCVD によって作製された光放射吸収層は、基板温度 1400°C、反応ガス分圧 320Pa、メタン 30sccm、水素 30sccm、反応時間 180min で作製した時、平均分光吸収率が最大となり、99.6%を達成し、波長依存性も小さかった。

今後の課題として、チューブの直径、長さ及びピッチ制御による最適な光放射吸収層の作製条件を検討することと、実際に熱電変換素子上に作製することを想定し、作製温度の低温化が挙げられる。

Optical Estimation on The Optical Radiation Absorption Layer of Carbon Nanotubes
Takashi Yamaguchi, Masahiko Yamamoto, Tamaki Yaji and Fumio Ohtani (Saitama univ.)