

垂直配向多層カーボンナノチューブフォレストの初期成長と光学特性

八田・古田研究室 1130087 関家一樹

【背景と目的】近年、ナノテクノロジーを活用した省エネデバイスの開発が求められている。カーボンナノチューブ(CNT)は、様々な応用開発が研究されているが、CNTは存在する物質の中で最も黒体に近いとされ、構造の違いから光学特性が変化するなど興味深い報告がある。

本研究では、光の波長程度の長さのCNTを合成し、光学特性を明らかにすることを目的とする。

【実験】光の波長程度のCNTを合成するために、熱CVD合成時間を1秒以内で制御する必要がある。そこで、原料ガスをパルス導入する。制御回路の作製、ガス供給・排気バルブの自動化と、配管コンダクタンスの改良を行った。図1に熱CVD装置を示す。CVD合成は、バッファタンクに設定した圧力を溜めると、ガス供給バルブV₁が開、排気バルブV₂が閉となり合成を開始し、合成設定時間が終了すると、ガス供給バルブV₁が閉、排気バルブV₂が開になり、合成終了となる。配管のコンダクタンス改良前はガス供給の時定数が2.3秒で、改良後は0.13秒であった。原料ガス圧力の立ち上がり速度の違いによるCNT初期成長を比較した。

触媒はDCマグネトロンスパッタ装置で鉄2nm、アルミ3nmを成膜し、積層触媒とした。CVD合成条件は、原料ガスにアセチレン、合成圧力54Pa、到達真空度 5.0×10^{-4} Pa、合成温度730°C、プレアニール時間3.5minとした。

【結果と考察】図2に配管改造前後の原料ガス圧力の時間変化を示す。配管改造により、原料ガス合成圧力に達する時間が8秒から0.3秒に短縮された。

原料ガス圧力を急速に立ち上げ合成したCNT(以後サンプルfastと呼ぶ)は、ゆるやかに立ち上げ合成したCNT(以後サンプルslowと呼ぶ)よりも、成長速度は速かったが、CNT長さの成長に寄与したアセチレン量は変わらなかった。

図3のSEM像でのCNT構造比較では、fastの直径がslowよりも小さくなり、配向性が低下した。直径が小さくなった原因として、圧力上昇速度の違いにより短時間で成長可能な触媒サイズが異なるためと考えられる。圧力上昇速度が速い時、大きい触媒では、触媒表面を炭素が拡散し、吸着する速度が、触媒内で炭素が拡散し析出する速度を上回ったため、大きな触媒が失活し、成長可能な触媒が小さくなり、CNT直径が小さくなったと考えられる。

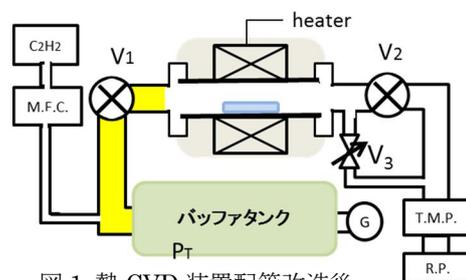


図1 熱CVD装置配管改造後

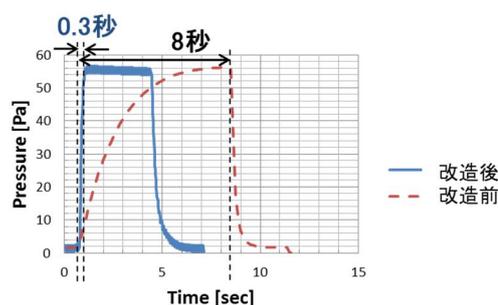


図2 配管改造による原料ガス供給圧力の時間変化

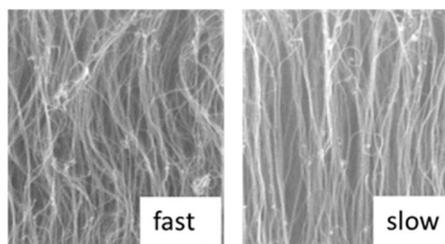


図3 原料ガス圧力の立ち上がり速度が異なるCNT

【まとめ】CVD装置改造により光の波長程度のCNT合成に成功し、原料ガス圧力の立ち上がり速度を速くすることでCNT直径を細くする成長制御が可能となった。光学特性は、屈折率及び吸収率を評価し、構造との相関を比較、検討した。