

# 霜柱状カーボンナノチューブフォレストの構造制御と光学特性

システム工学群 先進エネルギーナノ材料研究室 1160157 宮地 弘樹

## 1. はじめに

カーボンナノチューブ(CNT)は優れた電気伝導性や光吸収特性から、電界放出素子[1]や太陽電池[2]への応用が期待されている。CNTが高密度束状に成長したCNTフォレストは光学吸収の入射角依存性[3]等の光学異方性が報告され、CNTの光学特性に注目が集まっている。2008年には富士通より垂直配向したCNTフォレストによって炭素膜が支えられた霜柱状のCNTフォレスト[4]が報告され、この新奇構造の物性を応用した新しい機能デバイスが期待されるが、これまで霜柱状CNTフォレストの光学特性は調べる限り報告されていない。本論文では、2次元炭素膜が1次元の垂直配向CNTで支えられた構造を持つ霜柱状CNTフォレストの構造制御と光学特性を評価し報告する。

## 2. 実験条件

DC マグネトロンスパッタリング装置を用い、ベース真空度  $3 \times 10^{-3}$  Pa、スパッタ圧力 0.8 Pa、放電電圧 290~300 V、放電電流 20 mA の条件で熱酸化 Si 基板上に Ni 触媒を堆積させた。熱 CVD 法により、合成温度 730 °C で原料ガス  $C_2H_2$  10 sccm を導入し、霜柱状 CNT フォレストの合成した[5]。霜柱状 CNT フォレストの高さ制御には、合成時間を 1 秒から 600 秒まで変化させた。作製した試料は走査型電子顕微鏡 (JEOL JSM-7300F) を用いて構造を評価した。その後、分光光度計 (HITACHI U-3900) を用い可視紫外域の光反射率を評価した。

## 3. 結果と考察

合成時間 5 秒から 20 秒の試料の断面 SEM 像と、横軸を対数軸で表した合成時間と平均高さのプロットを図 1 に示す。霜柱状 CNT フォレストの高さ  $h$  は合成時間  $t$  が長くなるに従って増加し、CNT の成長速度は低下した。正反射率スペクトルを図 2 に示す。反射率はおよそ 0% から 50% で、炭素膜表面と基板間の干渉があり、この干渉は、炭素膜が低密度な CNT フォレストに支えられている事によって生じたと考えられる。

高さの異なる霜柱状 CNT フォレストの光干渉周期を解析し、浮遊するカーボン膜と基板間の光干渉であると考えた。

## 4. まとめ

合成時間の変化による霜柱状 CNT フォレストの構造の変化を評価し、霜柱状 CNT フォレストの成長速度は合成時間が長くなると低下した。また、霜柱状 CNT フォレストの光反射率は、可視紫外域において CNT フォレストには見られない強い光干渉を示すことを明らかにした。正反射率スペクトルは基板上に浮遊する薄膜としての振る舞いを示すことを明らかにした。

### 【参考文献】

- [1] H. Furuta *et al.*, *Dia. Rel. Mat.* 35(2013)29-35.
- [2] M. Gong *et al.*, *Nano Letters* 2014 14 (9), 5308-5314.
- [3] Y. Murakami *et al.*, *Carbon.* 43(13) (2005) 2664.
- [4] D. Kondo *et al.*, *Appl. Phys. express* 1 (2008), 0740.
- [5] Y. Kusumoto *et al.*, *FNTG2013*, (2013, Osaka)

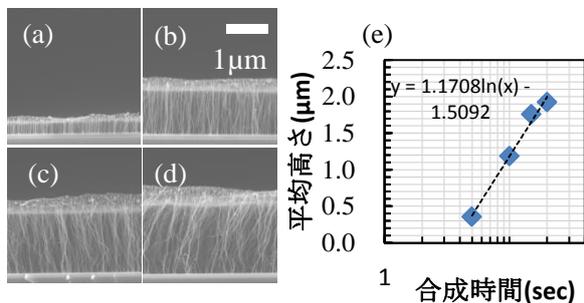


図 1. 合成時間 5-20 秒の霜柱状 CNT フォレスト断面 SEM 像と平均高さ (a)0.36 $\mu$ m, (b)1.19 $\mu$ m, (c)1.76 $\mu$ m, (d)1.92 $\mu$ m, (e)合成時間と霜柱状 CNT フォレスト平均高さ

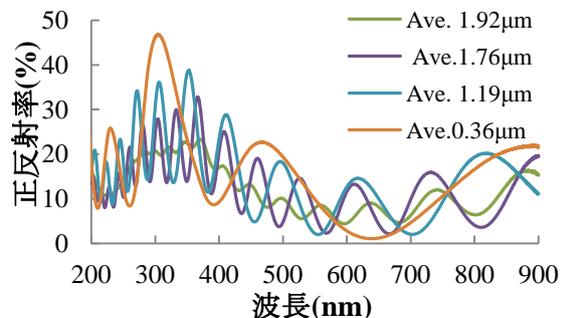


図 2. 高さ 0.36  $\mu$  m から 1.92  $\mu$  m の霜柱状 CNT フォレストの正反射率スペクトル