

多層積層 AlOx/Fe 触媒を用いた高密度多段積層 CNT フォレストの作製

八田・古田研究室 1160047 上屋 慎之介

【はじめに】カーボンナノチューブ (CNT)は優れた電気特性、ユニークな光学特性を持ち、様々なデバイスへの応用が期待されている。多段構造は高さ毎に CNT 構造に変化させることができ、メタマテリアルなどの光学デバイスへの応用が期待できる。我々は Fe 触媒と支持層 AlN 層を交互に積層する積層触媒で多段積層 CNT フォレストの成長[1]報告している。本研究では高密度 CNT の成長[2]が報告される AlOx を支持層に用いて、高密度多段積層 CNT フォレスト成長を目指す。

【実験方法】RF マグネトロンスパッタ装置を用い熱酸化 Si 基板上に AlOx/Fe 触媒を交互に数層積層した (AlOx/Fe)_n 触媒を作製した。2 カソードスパッタ装置で AlOx、Fe ターゲットを用い、スパッタ条件はベース真空度 5×10^{-4} Pa、RF 電力 50W (AlO)、25W (Fe)、圧力 1.4 Pa、Ar 流量 25 sccm とし、大気開放せず連続し堆積した。(1) AlOx 膜厚 0.75~24 nm、Fe 膜厚 1 nm、触媒積層数 3 層、(2) AlOx 膜厚 6 nm、Fe 膜厚 1 nm、触媒積層数 1~5 層、(3) AlOx 膜厚 6 nm、Fe 膜厚 0.5~2.5 nm、AlOx 圧力 0.8~9 Pa、触媒積層数 3 層と条件を変更し触媒を作製した。CNT の合成は熱 CVD 法により、原料ガス C₂H₂ を 10 sccm、合成温度 730 °C、ガス導入前アニール時間を 3 分 30 秒、合成時間を 10 分とした。

(I) Fe 0.5 nm (a)(b)(c)(d)

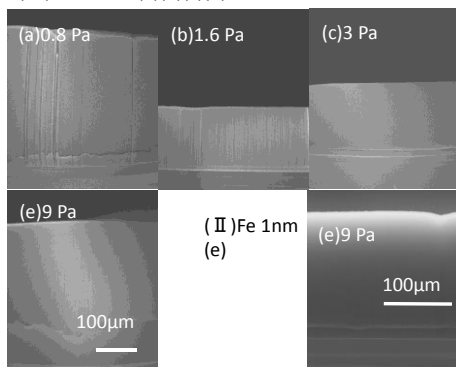


図 1.境界が形成された CNT フォレストの SEM 像(I)Fe0.5nm-AlOx(a)0.8, (b)1.6, (c)3, (d)9Pa(II)(e)Fe1nm-AlOx9Pa

【結果と考察】図 1 に(3)Fe 膜厚 0.5 nm、AlOx スパッタ圧力 0.8, 1.6, 3, 9 Pa の条件、Fe 膜厚 1 nm、AlOx スパッタ圧力 9 Pa の条件の 5 条件の熱 CVD 合成後の CNT フォレスト断面 SEM 像を示す。これらの条件でのみ CNT フォレスト断面中に CNT フォレストが途切れた、または折れ曲がった構造(以下、境界と呼ぶ)の形成が見られた。境界付近で CNT フォレストが高密度化、または基板と斜めに成長したと考えられる。

図 2 に図 1 で示した CNT フォレストの境界の拡大 SEM 像と成長モデルを示す。いずれの CNT フォレストでも境界上部で境界下部に比べ密度が高かった。これは、熱 CVD 合成中に基板の最上段の Fe 層により C₂H₂ ガスが分解され、C 原子が AlOx 層に挟まれた下段の Fe 層まで拡散することで下段の Fe 層からも CNT が成長したが、最上段 Fe 層と比較し C 原子供給量が少なく、下段は上段ほど CNT が成長しなかったと考えた。

【まとめ】(AlOx/Fe)_n 触媒の AlOx 膜厚、触媒積層数、Fe 膜厚、AlOx スパッタ圧力を変更し、CNT フォレストの合成を行った。Fe 膜厚、AlOx スパッタ圧力を変更した実験において、CNT フォレスト中に、多段化が期待できる境界が形成されたが多段形成には至らなかった。CNT 密度は、目標 $10^{12}/\text{cm}^2$ には達しなかった。

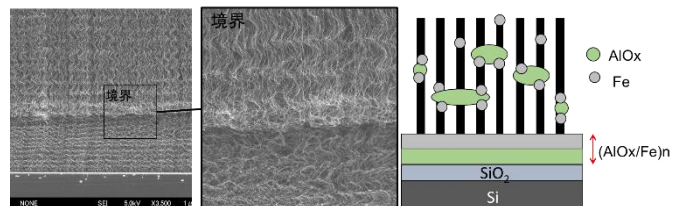


図 2. AlO-9Pa 図 1(e) CNT 境界の拡大 SEM 像と CNT 成長モデル

参考文献

- [1] H. Furuta *et al.*, Tech. Proc. 2012 NSTI Nanotech. Conf. & Expo, NSTI-Nanotech (2012)314-317.
- [2] G. Zhong *et al.*, ACS NANO 6(4), (2012) 2893-2903.