

単層カーボンナノチューブの成長条件最適化。 The optimum conditions of SWNT that chirality controlled.

○笹崎貴廣¹,土肥智史²,岩田展幸³,山本寛³○Takahiro Sasazaki¹,Satosi Doi², Nobuyuki Iwata³, Hirofumi Yajima³

Abstract : Single wall carbon nanotubes (SWNTs) are changed as metals or semiconductors depending on their chirality. We aim at optimization of the growth conditions of single wall carbon nanotubes (SWNT) by changing the substrate raising speed at the time of the film made from a catalyst. How to conduct this experiment by 600 $\mu\text{m/s}$ and 2000 $\mu\text{m/s}$, and for the particles of a substrate face to be attached by Dynamic Force Mode Microscope of Atomic Force Microscope (DFM) in raising speed, is observed and compared. Alcohol Catalytic Chemical Vapor Deposition (CVD) will compare the difference in growth from now on.

1. はじめに

カーボンナノチューブ (Carbon Nanotube : CNT)は、高いコンダクタンス,許容電流密度,高い柔軟性や機械的強度を持っており,Si 半導体にとって代わる次世代基幹素子になることが期待されている.我々は1枚のグラフェンを巻いた構造を持つ単層カーボンナノチューブ(Single Wall Nanotube : SWNT)を電子デバイスへ応用する事を考えている。そこで,我々はエタノールを用いたアルコール触媒化学気相成長 (Alcohol Catalytic Chemical Vapor Deposition: ACCVD)法で CNT の成長を行っている.ACCVD 法とは,基板上に担持した触媒粒子を核にエタノールと反応することによって SWNT が成長する.そのため触媒微粒子の密度により SWNT の成長量に変化する.我々はディップコート法により触媒粒子を成膜している.ディップコート法は触媒微粒子を溶かした溶液に基板を浸し一定の速度で溶液から引き上げ基板上に成膜する.その際に基板上に担持される触媒微粒子の密度は基板の引き上げ速度によって変化することが分かっている.本研究では触媒成膜時のディップコートの引き上げ速度の変化によって粒子の付き方がどのように基板上で変化しているのかを比較解析し SWNT の成長を最適化するためにディップコート速度の最適化を行った.

2. 実験方法・条件

触媒成膜時ディッピング引き上げ速度を変化させた時の実験方法

(1)基板洗浄

ビーカーに基板とアセトンを入れて3分間超音波洗浄を行った.ひき続き汚れたアセトンを破棄し新たにアセトンを加えて15分間超音波洗浄を行い,さらにアセトンを破棄し新たにエタノールを加えて3分間超音波

洗浄を行い窒素ガンによりエタノールごと汚れを吹き飛ばした.次に,基板を親水性にするために UV/オゾンクリーナー (メイワフォーシス株式会社 PC440) に基板を入れて30分間 O_3 処理を行った..

(2)触媒成膜

触媒の成膜には,ナノディップコーター (株式会社あすみ技研製;ND-0407-S1) を用いた.濃度 0.01wt% の Mo 溶液に 600 秒間浸し, 600 $\mu\text{m/s}$ と 2000 $\mu\text{m/s}$ の二つの速度で基板をそれぞれ引き上げ溶液を基板に成膜した.その後,マッフル炉を用いて 400 $^{\circ}\text{C}$ で5分間アニール処理をした.Co でも同様の処理を行い,Mo の上に重ねて成膜した.

3. 評価方法

原子間力顕微鏡による表面形状観察
成膜したサンプルは原子間力顕微鏡(Atomic Force Microscope : AFM)のダイナミックフォースモード (Dynamic Force Mode / Microscope : DFM)により表面形状観察を行った.使用した装置は SII 社製 SPA400 筐体と,ワークステーション SPI3800N である.
測定領域は 2000nm \times 2000nm で行った.
測定領域内にある粒子の大きさを高低差により求めた.

4. 結果・考察

Fig1 に 600 $\mu\text{m/s}$ のディップコート速度で成膜した基板表面の DFM 像を示す.

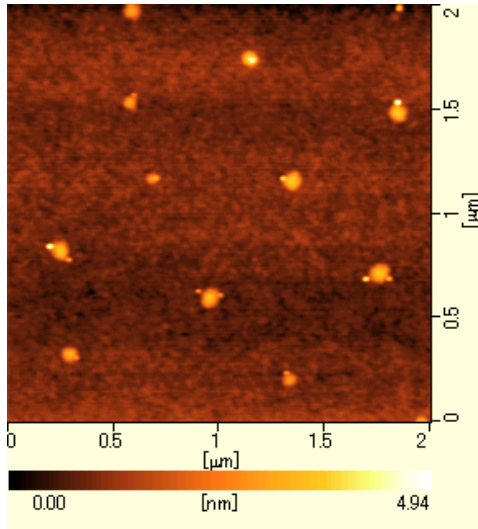


Fig1 The DFM image of the substrate formed as a film with the dipping speed of 600μm/s

Fig1 より 2.7~3.8 nm 程度の粒子を確認することができ基板に Mo と Co の微粒子を成膜できたことがわかった。

2000μm×2000μm の範囲でわかる粒子の数は 12 個ほどの粒子が基板上に成膜されていることがわかった。

Fig2 に 2000μm/s のディップコート速度で成膜した基板表面の DFM 像を示す。

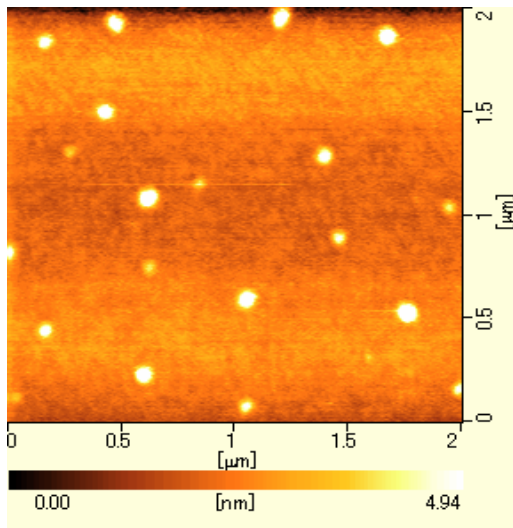


Fig2 The DFM image of the substrate formed as a film with the dipping speed of 2000μm/s

Fig2 より 1.6~4.2 nm 程度の粒子を確認することができ基板に Mo と Co の微粒子を成膜できたことがわかった。2000μm×2000μm の範囲でわかる粒子の数は 21 個ほど基板上に成膜されていることがわかった。Fig1・2 を比較してみると、600μm/s で成膜した基板の粒子のほうが、2000μm/s で成膜した粒子より一つ一つの粒子の大

きさが均一になっていると考えられる。速いディッピング引き上げ速度で成膜していると大きい粒子を基板に成膜することが分かった。また、粒子の成膜されている個数を比較してみると、600μm/s で成膜した基板は 2000μm×2000μm の範囲で 12 個ほどの粒子しか成膜されていなかったが、2000μm/s で成膜した基板には 2000μm×2000μm の範囲で 21 個もの粒子を成膜することができた。このことより速いディッピング速度のほうが粒子を基板上により多く成膜することが可能であると確認できた。今後はこの基板を用いて CVD 法を行い SWNT の成長を観察する。また成膜時の様々な引き上げ速度で成膜し SWNT の成長条件を最適な条件にしていこうと考えている。

5. まとめ

我々は SWNT を成長させて電子デバイスへの応用を考えている。CVD 法における SWNT の成長条件である触媒成膜時の引きあげ速度を変化させることで SWNT の最適な成長条件を探索した。600μm/s では成膜された粒子の大きさはおよそ均一な粒子が成膜されている。2000μm/s では粒子の大きさに均一性がとることができていない。しかし、600μm/s で引き上げたものより 2000μm/s で引き上げた基板のほうが粒子の数が多く成膜されている。今後はこの基板を用いて CVD 法を行い SWNT の成長を観察する。また成膜時の様々な引き上げ速度で成膜し SWNT の成長条件を最適な条件にしていこうと考えている。

6. 参考文献

[1] 斉藤理一郎, 篠原久典; カーボンナノチューブの基礎と応用, pp.8-21, 226-229, 培風館, 東京, 2004.