

## ■ はじめに

カーボンナノチューブ(CNT)は電気・熱伝導性、耐熱性、機械的強度に優れている物質である。また、CNT黒体はすべての光の波長域で1%を下回る従来の物質にはない性質を持っており、光学機器の遮光材や放射温度計の黒体炉への応用が期待されている。一般にCNT成長には、金属微粒子を触媒とし、炭化水素ガスを熱分解することでCNTを基板の上に成長させる化学気相蒸着(CVD)法が用いられる。CVD法では、CNT成長用の触媒粒子を保護する担持層として機能するアルミナ薄膜を成膜する基板前処理を要するが、その方法は電子ビーム真空蒸着等の費用と手間が掛かる方法が一般的である。

そこで、我々は、大気中で行える簡便なサンドブラスト(SB)処理を用いた担持層の成膜方法を提案する。この方法はアルミナ微粒子を圧縮空気で基板表面に高速で吹き付けるだけであり、3次元物体全面への成膜を可能にする利点もある。本研究では、電子ビーム蒸着とSB処理の異なる方法で成膜したアルミナ担持層及びにその上に成膜したCNT膜の構造と特性を比較して、両者の担持層成膜法としての特徴を評価した。

## ■ 活動内容

### 1. 実験方法

#### 1-1. アルミナ触媒担持層の形成

本研究では、寸法が約24 mm×24 mm×0.1 mmのW基板を成膜基板に使用し、基板表面に4つの区画を設け、その1区画(12×12 mm<sup>2</sup>)に担持層を成膜した。まず、基板表面の一部にアルミナ微粒子を用いてSB処理を行った。そして、金属Al、 $\alpha$ -Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>を蒸着源として電子ビーム真空蒸着を用いて各区画に厚さ20 nmのアルミナ担持層を製膜した(図1)。なお、金属Al蒸着面は大気中に暴露するので、自然酸化して酸化アルミニウム準安定相に変化すると考えられる。

#### 1-2. CNT成膜

3種類のアルミナ担持層を成膜したW基板を挿入した管状炉内に窒素と水素をそれぞれ流量200 sccmと100 sccmの条件で流しながら、基板を700℃に加熱した。そして管状炉の上流側に置いてあるCNT成長触媒の前駆体であるフェロセン((C<sub>5</sub>H<sub>5</sub>)<sub>2</sub>Fe)粉末を200℃に加熱して揮発させ、同時に炭素源のアセチレンを流量34 sccmで流しながら10分間温度一定に保持してCNTを成長させた。CNT成長中、窒素は炭素源の濃度を適正にするための希釈ガス、水素

は触媒である鉄の酸化を防ぐ還元ガスとして機能する。

### 2. 実験結果

W基板にCNTを成膜したところ、未処理部分以外の全てのアルミナ担持層上に黒色物質が生成し、SEM観察の結果、多層CNTの集合体であることが明らかとなった。SB処理担持層上には、CNTが帯のように集めたバンドル状の構造を持つCNTが生成した(図2)。 $\alpha$ -アルミナ担持層上には、さらに密なバンドル状CNTが生成し、金属Al担持層上には螺旋を巻いたCNTが生成しており、各担持層上のCNTの構造や表面の様子、CNT膜の厚さが異なっていたことから、触媒担持層の成膜方法はCNT生成に影響を与えることが考えられる。また、SB処理担持層上のCNTの反射率が1%を下回ったことから、黒化膜としてCNT膜を成膜する際、SB処理は触媒担持層の成膜法として有効であることが示された。今後は、CNT成膜の最適な成膜条件を検討し、複雑な3次元物体へのCNT成膜を試みる。

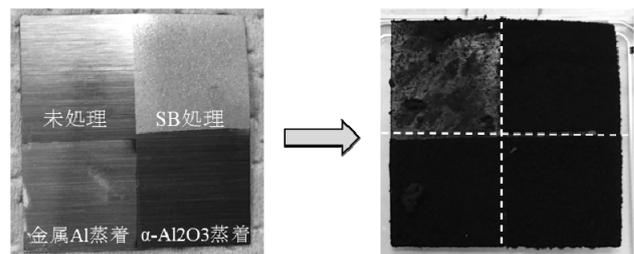


図1. CNT成膜前と成膜後のW基板の外観

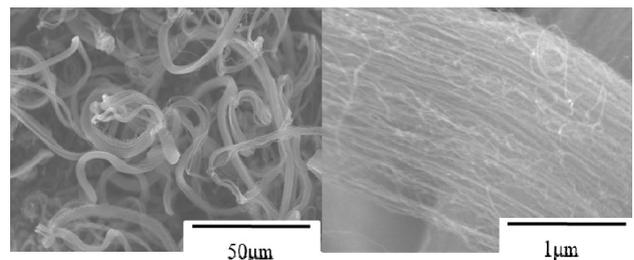


図2. SB処理担持層に生成したCNTのSEM写真

### 関連情報等(特許関係、施設)

- (1) H. Watanabe, J. Ishii, and K. Ota: Nanotechnology 27 (2016) 335605.

代表発表者 山下 大志(やました たいし)  
所属 法政大学大学院 理工学研究科  
応用化学専攻 明石研究室  
国立研究開発法人 産業技術総合研究所  
物質計測標準研究部門 熱物性標準研究 G  
問合せ先 〒184-0002 東京都小金井市梶野町 3-7-2  
TEL:042-387-6257 FAX:042-387-7002

■キーワード: (1)カーボンナノチューブ  
(2)CVD法  
(3)粒子ブラスト処理

■共同研究者:  
渡辺 博道(産業技術総合研究所)  
明石 孝也(法政大学)