

## 真空一貫プロセスによる CNT 成長用 Co ナノ粒子形成法の研究

### Formation of Co Nanoparticles for CNT Growth Using All-Vacuum Processes

○桑田 大輔、竹山 隆之介、中野 博貴、知念 優弥、星野 靖、斎藤 保直、中田 穰治

○Daisuke Kuwada, Ryunosuke Takeyama, Hirotaka Nakano, Yuya Chinen, Yasushi Hoshino and Jyoji Nakata  
神奈川大学大学院理学研究科情報科学専攻 〒259-1293 神奈川県平塚市土屋 2946

[iyojin@info.kanagawa-u.ac.jp](mailto:iyojin@info.kanagawa-u.ac.jp)

#### 【はじめに】

単層カーボンナノチューブ(CNT)の成長には、直径約 1-2 nm サイズの触媒微粒子が必要といわれている。またカイラリティ制御には、触媒微粒子の結晶面方位が大きく関わっていると考えられる。そこで我々は、真空一貫プロセス装置を用い C 軸方向に高配向したグラファイト(Highly Oriented Pyrolytic Graphite : HOPG)上に形成した Co ナノ微結晶粒子を触媒とした単層 CNT 成長について検討している。

これまで、HOPG 基板上に Co 触媒微粒子を蒸着し、反射高速電子線回折(Reflection High Energy Electron Diffraction : RHEED)及び走査型トンネル顕微鏡(Scanning Tunneling Microscope : STM)、原子間力顕微鏡(Atomic Force Microscope : AFM)を用いて Co 微粒子を評価した結果、STM 像から HOPG 上に蒸着された Co 微粒子のサイズは約 1-5 nm で、その個数は蒸着量とともに増加していることがわかった。また RHEED パターンの解析から、Co は(0001)配向し、エピタキシャル成長していることが確認された。しかし、Co 微粒子のサイズが 1-5nm とばらつきが大きく、肥大化する粒子もあり、サイズ制御には至らなかった。そこで、点欠陥を基板表面に導入することで微粒子サイズが均一になるという報告(文献[1])から、Ar イオン照射により、HOPG 表面に点欠陥を導入し、その HOPG 上に Co 微粒子を蒸着し、上記評価法で Co 微粒子を評価した。

#### 【実験方法】

テープで表面 1-数層を剥離した清浄 HOPG 基板表面上に Ar イオン照射  $2.0 \times 10^{12}$ 、 $5.0 \times 10^{12}$ 、 $1.0 \times 10^{13}$ 、 $1.5 \times 10^{13}$ 、 $2.0 \times 10^{13}$  ions/cm<sup>2</sup> を行い、基板表面に点欠陥を作成し、これらの HOPG 基板に室温で Co を蒸着した。このとき、蒸着用るつぼの温度制御は、ヒーター電流値を 22.0 A 一定にし、蒸着時間を 5 秒と 30 秒に設定した。蒸着後の評価は STM、RHEED によりその場観察した。なお Co の蒸着量は、ラザフォード後方散乱分光装置(RBS)によって定量化した。蒸着量は、蒸着時間 5 秒のとき  $2.5 \times 10^{14}$  atoms/cm<sup>2</sup>、30 秒で  $1.7 \times 10^{15}$  atoms/cm<sup>2</sup> である。

#### 【実験結果】

$2.0 \times 10^{12}$  ions/cm<sup>2</sup> で Ar スパッタした試料では、Co 微粒子の平均値は蒸着時間 5 秒では 1.7 nm、30 秒蒸着では 5.1 nm と時間とともに微粒子が肥大化した。一方、 $2.0 \times 10^{13}$  ions/cm<sup>2</sup> で Ar スパッタした試料では、Co 微粒子の平均値は蒸着時間 5 秒で 1.8 nm、30 秒蒸着では 1.3 nm であった。

これらの結果から、HOPG 表面欠陥に優先的に微粒子が形成されると考えられ、基板上に欠陥が少ない場合では、全ての欠陥に微粒子が形成されると清浄 HOPG と同様に微粒子が凝集し肥大化することがわかった。また基板上に欠陥が多い場合には、蒸着量に対して欠陥が十分に存在するため、全ての HOPG 表面欠陥が埋まるまでは微粒子は肥大化しないと考えられる。なお、他の Ar スパッタ条件の評価、AFM 像、RHEED 像などの詳細は当日報告する。

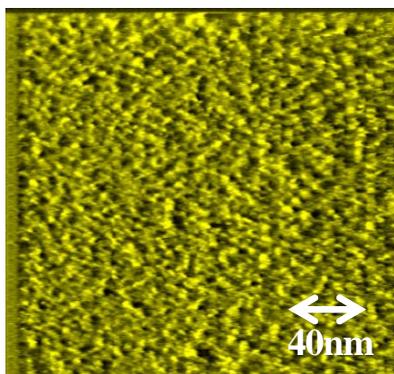


Fig 1. Co 蒸着前欠陥 HOPG 表面 STM 像  
(Ar スパッタ  $1.0 \times 10^{13}$  ions/cm<sup>2</sup>)

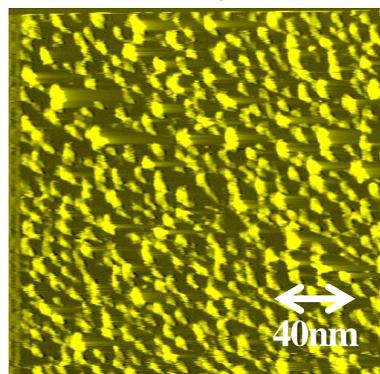


Fig 2. Co 微粒子 30 sec 蒸着後の STM 像  
(Ar スパッタ  $1.0 \times 10^{13}$  ions/cm<sup>2</sup>)

- [1] Effect of substrate surface defects on the morphology of Fe film deposited on graphite, N. Kholmanov, L. Gavioli, M. Fanetti, M. Casella, C. Cepek, C. Mattevi, M. Sancrotti, Surf. Sci. 601, 188 (2007).