

半導体型単層CNTを選択的に合成

最大98%の高い選択率を実現



桜井 俊介

さくらい しゅんすけ
shunsuke-sakurai@aist.
go.jp

ナノチューブ応用研究センター
スーパーグループ CNT チーム
主任研究員
(つくばセンター)

CNTの工業的量产技術開発や結晶性・純度・長さ・電子構造の制御されたCNTの合成技術開発を行っています。また、成膜・印刷法などを用いたCNTの成形加工技術開発も行っています。これらの技術開発により、導電材料・熱伝導材・各種構造材・半導体用途などにおけるCNT産業の実現ならびにその発展を目指しています。

関連情報：

● 用語説明

*単層CNT：カーボンナノチューブ(CNT)のうち、一層からなるもの。

● プレス発表

2014年2月12日「半導体型単層カーボンナノチューブを選択的に合成する技術開発に成功」

● この研究開発は、最先端研究開発支援プログラム(FIRST)のプロジェクト「グリーン・ナノエレクトロニクスのコア技術開発」(2009～2013年度)の助成を受けて行いました。

単層CNT合成における課題

半導体型の単層CNT*は、その高い移動度などから、新しい超低消費電力トランジスタの材料として期待を集めています。また、その高い柔軟性から、これまでの半導体材料では達成できない、曲げ・伸縮・印刷による作製が可能な半導体デバイスの材料としても注目されています。しかし、単層CNTには炭素原子の並び方によって半導体的な性質を示すものと金属的な性質を示すものがあります。半導体型単層CNTと金属型単層CNTの構造の違いはわずかであり、これまでの単層CNT合成技術では半導体型CNTと金属型CNTの作り分けがとても困難でした。

金属触媒微粒子を調整して高い選択率を実現

単層CNTの合成法として幅広く用いられているCVD法では、基材に付着させた金属触媒微粒子に炭化水素ガスを供給してCNTを成長させています。私たちは今回、成長するCNTの構造との関係が強い金属触媒微粒子の構造に着目し、これをCNTの成長前に炉内のガス雰囲気中で調整する方法を考案しました。

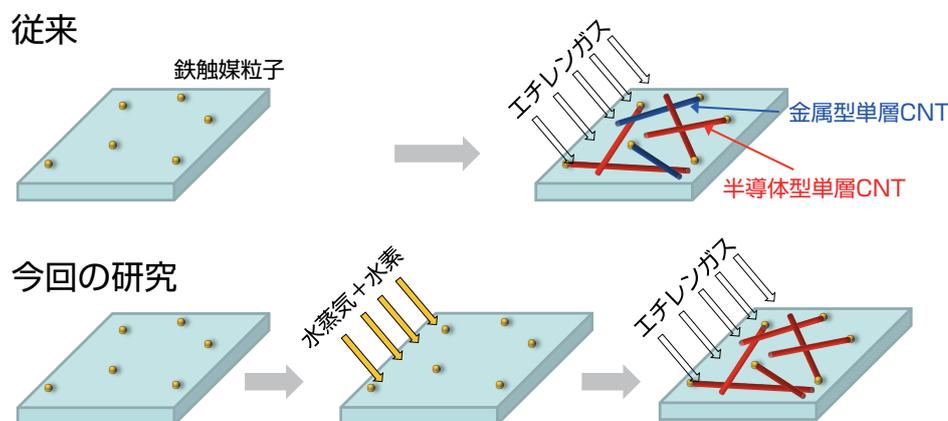
下図に今回開発した半導体型単層CNT選択的合成プロセスを示します。まず、水分と水素の

混合ガスを供給することで鉄触媒の微粒子を調整します。次に混合ガスの供給を停止し、その直後に原料である炭化水素ガスの供給を開始して単層CNT薄膜を合成します。混合ガスに含まれる水分・水素量の調整により、触媒粒子の活性を最適化することで、最大で98%の高い選択率で半導体型単層CNTを合成できました。この選択率は、半導体型単層CNT選択的合成技術の中で最高の値です。

これまでのCNTを用いた電界効果トランジスタでは、混在した金属型CNTによる回路のショートを防ぐために100 μm程度のチャンネル長が必要でした。そこで、今回合成したCNTを用いたトランジスタを試作したところ、5 μmという短いチャンネル長でも、オン・オフ比10,000以上、移動度17 cm²/Vs、オン電流1.3 S/mと、従来技術によるCNT電界効果トランジスタを大きく上回る特性を示しました。

今後の予定

今後は、半導体型単層CNTの成長選択性を維持しながら、より高収量・高密度に合成する技術開発を進めます。将来的には塗布技術などと組み合わせ、高集積フレキシブル回路の実現や、次世代LSI材料への応用を目指します。



開発した半導体型単層CNT選択的合成プロセスの模式図