

審査の結果の要旨

氏名 井ノ上 泰輝

本論文は「水平配向単層カーボンナノチューブの合成制御」と題し、ナノテクノロジーの中心的素材である単層カーボンナノチューブ (Single-Walled Carbon Nanotube, SWNT) の電子デバイス応用に向けた合成制御を示したものである。SWNT の電子デバイス応用実現に向けては、個々の SWNT の原子構造及び複数の SWNT によるネットワーク形態を精緻に制御することが課題となっている。本論文は、水晶基板上での水平配向 SWNT の合成技術と処理技術の開発に関する研究をまとめたものであり、全 6 章から構成される。

第 1 章は序論であり、研究背景及び研究目的を述べ、本研究が SWNT に関する科学と技術の分野において占める位置づけを明らかにするとともに、本論文の構成を述べている。

第 2 章では、アルコール化学気相成長法による水晶基板上での水平配向 SWNT の合成と成長機構に関する研究について述べている。合成条件に対する水平配向 SWNT の構造・形態とその時間変化を分析し、デバイス応用に向けて要求される高密度合成の実現可能性を示すとともに成長機構に関する知見を示している。実験結果に基づき、SWNT 成長初期段階での成長待機時間が水平配向 SWNT の密度に及ぼす影響を議論している。

第 3 章では、SWNT 成長におけるカイラリティ依存性の分析に関する研究について述べている。水平配向した SWNT の形態を利用することで、個々の SWNT の構造を原子間力顕微鏡及びラマン分光法により詳細に分析し、成長した SWNT の本数と長さに関する情報を独立に得ることに成功している。このような分析は従来のランダム配向の SWNT サンプルでは困難であった。SWNT 直径の成長への影響として、直径の比較的大きい SWNT は成長開始時間が遅い一方で、長尺に成長することを明らかにしている。

第4章は、金属 SWNT の広範囲除去手法の開発に関して述べている。通常の合成後の SWNT は金属 SWNT と半導体 SWNT の混合物であり、半導体デバイスの作製に向けては金属 SWNT を選択的に除去する必要がある。水平配向 SWNT に電極を形成し、有機薄膜を製膜した状態で金属 SWNT を通電加熱することで、金属 SWNT を長尺にわたり除去可能なことを明らかにしている。デバイス作製の大規模化に向けた除去長さの増大と、高密度 SWNT への適用性を示す空間分解能の向上を、同時に実現可能なことを示している。

第5章は、SWNT ネットワーク形態の操作手法に関する研究を述べている。基板上の水平配向 SWNT について、フォトリソグラフィによるレジストのパターニングとポリマー膜による転写方法の利用により、部分選択的に SWNT を架橋させて隣接する SWNT 同士をバンドル化させることで、SWNT のネットワーク形態を制御することに成功している。液滴の蒸発による自己組織化的な SWNT のバンドル化をトップダウン手法であるリソグラフィと組み合わせることで、基板上の多数の SWNT を一括処理により操作することを可能としている。

第6章は結論であり、上記の研究結果をまとめたものである。

以上要するに本論文は、水平配向 SWNT の合成密度の制御を実現し、カイラリティ制御に向けた可能性を示すとともに、金属 SWNT の広範囲除去及び SWNT ネットワーク形態の一括操作を実現する新手法を示したものである。本論文で得られた SWNT 合成制御技術と操作技術を用いることで、従来にない構造のデバイスを創製できる可能性を示している。本論文は SWNT の合成及び制御に関する新たな知見を与えており、ナノ材料工学及び分子熱工学の発展に寄与するものだと考えられる。

よって本論文は博士（工学）の学位請求論文として合格と認められる。