

論文審査の結果の要旨および担当者

報告番号	※ 甲 第 号
------	---------

氏 名 Boanerges THENDIE

論 文 題 目 Efficient separation of large diameter
semiconducting single-wall carbon nanotubes and
its application to thin-film transistors
(半導体特性を持つ太い単層カーボンナノチューブの
分離精製とその薄膜トランジスタへの応用)

論文審査担当者

主 査	名古屋大学大学院理学研究科	教 授	理学博士	篠原 久典
委 員	名古屋大学大学院理学研究科	教 授	理学博士	阿波賀 邦夫
委 員	名古屋大学物質科学国際研究センター	教 授	博士(工学)	菱川 明栄
委 員	首都大学東京大学院理工学研究科	准教授	博士(理学)	宮田 耕充

論文審査の結果の要旨

本論文は半導体単層カーボンナノチューブ (semiconducting single-wall carbon nanotube, s-SWCNT) の分離手法の一種であるゲルろ過法の分離精製能の向上と、分離精製により得られた太い直径を持つ s-SWCNT を用いた高性能薄膜トランジスタの作製を行ったものである。第 1 章では研究背景として単層カーボンナノチューブ (SWCNT) の特異な電子構造と分離精製について、第 2 章では本実験で用いた評価法について述べられている。第 3 章では低勾配溶出システム (controlled low-gradient elution, CLGE) を導入することによるゲルろ過法の分離精製能・分離効率の向上について記述されている。第 4 章では CLGE による太い直径を持つ s-SWCNT の分離精製および分離機構の考察、さらに得られた s-SWCNT による薄膜トランジスタの高性能化について述べられている。

SWCNT はナノサイズの円筒状の炭素材料であり、その優れた電気伝導特性より高性能な半導体デバイスへの応用が期待されている。しかし、通常は半導体特性 (s-) と金属特性 (m-) を持つ SWCNT が混在して合成されるため、デバイス作製時に本来の特性を得ることが困難であった。高性能デバイスを作製するには、高純度な s-SWCNT のみを分離することが必要不可欠である。s-SWCNT を分離精製に用いられるゲルろ過法は、最も精密に SWCNT の分離を可能とする手法である。一方で、一段階の分離操作においては m-SWCNT が混在するために、トランジスタ応用において多段階の分離操作を必要し、多大な時間を要することが課題であった。申請者はこれらの課題を解決するために以下の研究にも取り組んだ。

第 3 章で申請者は、CLGE の導入によりゲルろ過法における s-SWCNT 分離能の改善に取り組んだ。CLGE を用いることで溶出に用いる界面活性剤の濃度を厳密に制御し、多段階であった s-SWCNT の分離操作を一段階に短縮することに成功している。さらに申請者は、本手法において SWCNT の長さや直径による分離が可能であることも見出した。

太い s-SWCNT は細い s-SWCNT に比べキャリア移動度が高いため、より高性能な電子デバイスの実現が期待されている。第 4 章では、CLGE を用いたゲルろ過を行い、太い直径をもつ s-SWCNT の分離精製に取り組んだ。申請者は、ゲル濾過法における直径依存性のメカニズムを考察し、ゲル濾過を行う温度の最適化により太い s-SWCNT の分離が可能であると考えた。条件としてゲルの温度、溶液の濃度勾配および分散条件を検討した結果、高純度かつ太い直径の s-SWCNT を同時に得ることに成功した。さらに、分離した SWCNT の電気伝導特性を調べるため、SWCNT をチャンネルとして利用した薄膜トランジスタを作製した。太い s-SWCNT による薄膜トランジスタは細い直径のものに比べキャリア移動度と on 電流の向上がみられ、本手法により分離した s-SWCNT による高性能トランジスタ作製に寄与するものである。

上記のように、本論文では CLGE を用いたゲル濾過法による高純度 s-SWCNT の迅速分離法の開発及び、太い s-SWCNT による薄膜トランジスタの高性能化に成功しており、学位論文として十分な新規性・革新性を備えている。したがって、申請者は博士 (理学) の学位を有する資格があると判断される。