

論文審査の結果の要旨および担当者

報告番号	※ 甲 第 12826 号
------	---------------

氏 名 YAN Keyi

論文題目

A Study on the Fabrication of Highly Sensitive Hydrogen Sensor
Based on Multiwall Carbon Nanotube Sheet
(カーボンナノチューブシートを用いた高感度水素センサーの開発
に関する研究)

論文審査担当者

主査	名古屋大学	教授	巨 陽
委員	弘前大学	教授	笹川 和彦
委員	名古屋大学	教授	梅原 徳次
委員	名古屋大学	講師	徳 悠葵

論文審査の結果の要旨

YAN Keyi君提出の論文「A Study on the Fabrication of Highly Sensitive Hydrogen Sensor Based on Multiwall Carbon Nanotube Sheet」は、多層カーボンナノチューブ (MWCNT) シートを用いて、シートの積層と官能化により新しい構造を提案し、常温高感度水素センサーの作製に成功したものである。化学蒸着 (CVD) 法により紡績可能なMWCNTアレイの合成に成功し、高純度と高均一性を持つMWCNTシートの大量生産を実現した。また、シート中のMWCNTは高い配向性を有しており、シート中のMWCNT配向方向が平行又は垂直になるように積層することによって多層構造水素センサーを構築し、高い感度での水素検出を実現した。

第一章は緒論であり、研究の背景と目的を要約している。水素検出の重要性、水素センサーの現状、これまでのCNT水素センサーの利点や問題点、MWCNTシートの特性などについて述べている。

第二章はCVD法を用いた紡績可能なMWCNTアレイの合成およびMWCNTシートの作製と評価について記述している。合成実験条件として、触媒厚さ、加熱温度、昇温速度およびガス流量がMWCNTアレイの紡績性能に与える影響を考察し、最適な条件を特定した。また、速い昇温速度は昇温中の触媒の凝集を抑制するため、MWCNTの密度を増加させる効果があり、これによってMWCNT間の分子間力が大きくなり、MWCNTアレイの紡績性を向上させることが可能であることを示した。さらに、ラマン分光計測および電気性能実験の結果によって、作製したMWCNTシートは高純度と高均一性を有していることを示した。

第三章は基板上に多層構造のMWCNTシートを用いた水素センサーの開発および水素検出の評価について記述している。Pdコーティングによる官能化の条件、シートサイズおよびシート層数を変化させることによって、MWCNTシートの水素検出感度の向上を実現した。シートのMWCNT配向方向が平行になるように積層することによって、MWCNT間の間隔を縮小し、水素分子を吸着できるグループサイトが形成されやすいため、より高い検出感度を実現した。一方、過剰に積層する場合には、下層部のMWCNTは水素分子と接触ができなくなり、検出感度の更なる増加が困難になることを明らかにした。また、Pdの厚さが水素検出感度に及ぼす影響のメカニズムを明らかにした。

第四章では、新たにシートのMWCNT配向方向が垂直になるように積層させた架橋型垂直積層構造のMWCNTシート水素センサーの作製方法を提案し、更なる検出感度の向上を実現した。シートを垂直積層構造にすることにより、シート間の層間距離が増加し、水素分子がシートに拡散しやすくなり、MWCNTシート中の有効な水素検出面積が増加した。また、シートを空中に架橋することにより、有効表面積が増大し、より多くの水素分子の吸着が可能となった。さらに、架橋構造を実現することにより、Pdの両面コーティングが可能となり、より高い検出感度の実現が可能となった。一方、検出安定性の試験結果により、作製したセンサーが高い再現性と高い水素選択性を持っていることを示した。

第五章では、本研究によって得られた主な結論を要約している。

以上のように、本論文では新しい構造のMWCNTシート水素センサーを開発し、水素の検出感度を向上させ、MWCNT水素検出センサーの中で最も高い検出感度を実現した。また、シート積層がMWCNTの水素分子吸着能力に与える影響を明らかにした。さらに、Pd官能化による検出感度の向上に関するメカニズムを明らかにした。本研究は先駆的技術の基礎となる非常に価値の高い成果を挙げており、学術的および産業的に寄与するところが多い。よって、本論文の提出者であるYAN Keyi君は博士の学位を受けるに十分な資格があると判定した。