

論文審査の結果の要旨および担当者

報告番号	※ 甲	第10597号
------	-----	---------

氏 名 下枝 弘尚

論 文 題 目

Study on structural control of carbon nanowalls by surface reaction with radicals

(ラジカルとの表面反応によるカーボンナノウォールの構造制御に関する研究)

論文審査担当者

主査	名古屋大学	教授	堀 勝
委員	名古屋大学	特任教授	関根 誠
委員	名古屋大学	教授	宮崎 誠一
委員	名古屋大学	准教授	近藤 博基
委員	名古屋大学	教授	梅原 徳次

論文審査の結果の要旨

下枝弘尚氏提出の論文: Study on structural control of carbon nanowalls by surface reaction with radicals (ラジカルとの表面反応によるカーボンナノウォールの構造制御に関する研究) は、二次元シート状のナノグラフェンが基板に垂直に成長したカーボンナノウォールにおいて、その微細加工と表面の化学修飾プロセスの確立、そしてデバイスプロセスへ適応するための指針をまとめたものであり、全6章から構成されている。

第1章は、序論で、カーボンナノウォールの構造的特徴、成長制御とその後の処理プロセスを概観し、表面欠陥や酸化による表面化学修飾に関する研究開発の現状と問題点を概観し、本論文の目的と意義、そして構成について述べている。

第2章では、本論文で使用したカーボンナノウォールのプラズマ成長装置、表面化学処理装置およびその表面構造の評価方法の原理について述べている。

第3章では、酸素ラジカルとカーボンナノウォールとの相互作用によって、カーボンナノウォールが垂直方向にエッチングされるという異方性を見出した。一般にラジカルによるエッチングは等方的になるため、この現象は常識を覆す結果であった。酸素ラジカルとカーボンナノウォールのエッジ及び側面での反応性に注目して研究を進め、エッジでの酸素ラジカルの反応速度が、側面に対して非常に速いことを明らかにした。また、エッジにおいて酸素ラジカルのエッチング反応が速くなる機構は、欠陥でのラジカルの反応性が高いことに起因すると説明できることを示した。

第4章では、イオンとラジカルを含むプラズマによりカーボンナノウォールのエッチングを行い、酸素ラジカルのみでのエッチング反応との比較を行った。カーボンナノウォールは、プラズマエッチングにおいても異方性の加工ができるが、針状の特異な構造が発現することを見出した。また、高エネルギーイオンと酸素ラジカルを独立的に制御して照射する装置を用いることで、ラジカルとイオンの照射によるカーボンナノウォールへの効果についての知見を体系化した。これらの結果は、酸素ラジカル、イオン、またはラジカルとイオンの同時照射がグラフェンのエッジ及び側面上で引き越す相互反応に対する重要な知見を明示している。

第5章では、水溶液中でOHとカーボンナノウォールとの相互反応を起こした結果、カーボンナノウォール側面の酸化によってナノ寸法の凹凸形状が形成されることを見出した。また、この凹凸の寸法が側面の結晶ドメインと同程度であり、結晶構造を反映した酸化プロセスが可能であることを見出した。さらに、この凹凸がドライ雰囲気における酸素ラジカル照射で平滑化できることを明らかにし、カーボンナノウォールを原子層毎でトリミングできるプロセスの可能性を示した。

第6章では、本研究の結果を総括し、今後の課題および展望について述べている。

以上のように、本論文では、カーボンナノウォールの特異な形状に起因するエッジと側面において、酸素ラジカル、イオン、酸素ラジカルとイオンの相乗効果および溶液でのOH酸化反応に関する知見を体系化し、次世代ナノグラフェンデバイスプロセスの開発のための指針を明らかにした。したがって、学術上、又工業上寄与するところが極めて大きい。よって、本論文提出者下枝弘尚氏は博士(工学)の学位を受けるに十分な資格があるものと判断した。