

論文審査の結果の要旨および担当者

報告番号	※ 甲	第10679号
------	-----	---------

氏 名 胡 立教

論文題目

Fabrication and Growth Mechanism of Metal Oxide Flower/Grass-like Nano Architectures Based on Catalyst-Assisted Thermal/Room Temperature Oxidation

(触媒支援型熱/室温酸化による金属酸化ナノアーキテクチャの作製と成長機構の解明)

論文審査担当者

主査	名古屋大学	教授	巨 陽
委員	名古屋大学	教授	梅原 徳次
委員	名古屋工業大学	教授	神谷 庄司
委員	名古屋大学	准教授	森田 康之

論文審査の結果の要旨

胡立教君提出の論文「Fabrication and Growth Mechanism of Metal Oxide Flower/Grass-like Nano Architectures Based on Catalyst-Assisted Thermal/Room Temperature Oxidation」は、革新的な表面酸化プロセスを提案することにより試料表面での応力場形成を制御し、金属酸化物の3次元ナノ構造体の創製を実現した。また、3次元ナノ構造体の成長メカニズムを解明することにより、Cu₂O/ZnO ナノアーキテクチャの形状、寸法の制御を実現した。さらに、この成長原理を発展させ、常温でのCu₂O/ZnO ナノアーキテクチャの作製にも成功した。一方、Cu₂O/ZnO ナノアーキテクチャの半導体特性や光起電力について実験的に解析しその有用性を示した。各章の概要は以下の通りである。

第1章は緒論であり、背景と目的について要約している。半導体ナノ構造体の作製や応力誘導法の研究動向と問題点、Cu₂O/ZnO ナノ構造体の有用性、さらに応力誘導法によるCu₂O/ZnO ナノ構造体作製の必要性および意義について述べている。

第2章では、触媒支援型熱酸化による金属酸化物3次元ナノアーキテクチャの創製について述べている。Niを触媒として利用し、最適な湿度、温度環境を制御することにより、革新的な表面酸化プロセスを実現し、試料表面での応力場形成および制御によるCu₂O/ZnO ナノフラワーとナノグラスの創製に成功した。また、加熱温度、加熱時間を調節することにより、ナノアーキテクチャの形状、寸法の制御を実現した。さらに、ナノアーキテクチャの元素分析や結晶構造の解析などを行い、Cu₂O/ZnO ナノ構造体の半導体材料特性を明らかにした。

第3章では、触媒支援型熱酸化による金属酸化物3次元ナノアーキテクチャの成長メカニズムを提案している。加熱過程における試料表面の応力状態を実験的に解析することにより、金属酸化層中の応力場形成は、従来の材料間熱膨張のミスマッチではなく、表面酸化層の酸化による体積膨張が原因であることを明らかにした。これによって、触媒、環境湿度を利用して試料表面の酸化プロセスを制御し、ナノアーキテクチャ成長に支配する応力場の形成・制御手法を提案した。さらに、試料表面の応力状態、結晶粒径、粗さがナノアーキテクチャの成長に及ぼす影響を実験的に解析し、ナノフラワー、ナノグラスの成長に最適な基板条件を示した。

第4章では、触媒を用いた熱酸化促進による、金属パウダー上での金属酸化物3次元ナノアーキテクチャの作製について記述している。金属ホイルや金属フィルムではなく金属粉末上でもナノアーキテクチャの成長が可能であることを示した。この実験結果は、ナノアーキテクチャの成長が熱膨張ではなく、酸化による膨張が生み出す応力に基づいていることを実証した。さらに、分子密度が異なることによりCuパウダーとZnパウダーではオーバーラッピングマイグレーションが、Alパウダーではトゥースペーストスキージングマイグレーションが起きることを示した。

第5章では、室温環境で、触媒を用いた常温酸化促進による、金属薄膜上での金属酸化物3次元ナノアーキテクチャの作製について記述している。室温においてもナノアーキテクチャの成長が可能であること実験的に検証し、提案した触媒支援型酸化促進による応力の形成およびナノアーキテクチャの成長メカニズムを実証した。

第6章では、作製した金属酸化物3次元ナノアーキテクチャを用いて、光電変換デバイスを構築し、デバイスの暗電流曲線と電流密度-電圧曲線を測定することにより、光起電力性能を評価し、3次元ナノ構造体の有用性を示した。

第7章は結論であり、本研究で得られた主な結論を要約している。

以上のように、本論文では半導体3次元ナノ構造体の作製技術を発展させるために、多くの革新的な手法を提案、実証した。また、理論的な解析により、金属酸化物3次元ナノアーキテクチャの成長は酸化膨張による応力場の形成が原因であることを明らかにした。低コストかつ汎用性の高い半導体3次元ナノ構造体の作製方法を新たに提案することにより、最適なエネルギーバンドギャップを有する機能性ナノデバイスの創製への応用展開が期待でき、学術的および産業的に寄与するところが大きい。よって、本論文の提出者である胡立教君は博士（工学）の学位を受けるに十分な資格があると判定した。