

論文審査の結果の要旨および担当者

報告番号	※ 甲 第 12422 号
------	---------------

氏 名 謝 毅源

論 文 題 目

Fabrication of Fe₂O₃ Nano Architectures Based on Stress-induced Atomic Diffusion Used for Photocatalytic Water Splitting
(応力誘導原子拡散によるFe₂O₃ナノ構造体の作製と光触媒水分解への応用)

論文審査担当者

主査	名古屋大学	教授	巨 陽
委員	東北大学	教授	坂 真澄
委員	名古屋大学	教授	梅原 徳次
委員	名古屋大学	教授	水野 幸治

論文審査の結果の要旨

謝毅源君提出の論文「Fabrication of Fe_2O_3 Nano Architectures Based on Stress-induced Atomic Diffusion Used for Photocatalytic Water Splitting (応力誘導原子拡散による Fe_2O_3 ナノ構造体の作製と光触媒水分解への応用)」は、応力誘導原子拡散法を用いて、太陽光水素製造デバイスへ応用できる高密度 Fe_2O_3 ナノワイヤアレイの作製に成功し、光触媒水分解の光電変換効率の向上を実現したものである。水蒸気雰囲気や表面処理により基板の表面酸化膜における応力場制御を実現し、高密度 Fe_2O_3 ナノワイヤアレイの作製法を開発した。この高密度の Fe_2O_3 ナノワイヤアレイを用いて、高い光電変換効率の光触媒水分解を達成した。本論文は全六章から構成され、各章の概要は以下の通りである。

第一章は緒論であり、研究の背景と目的を要約している。これまでの水素作製法の問題点、太陽光水分解法の重要性、光電極材料の選定、ナノ構造の必要性などについて述べている。

第二章は研究手法について述べている。 Fe_2O_3 ナノワイヤの作製方法、各種試験条件を示している。ナノワイヤアレイのパラメータの評価手法、ナノワイヤ光電極の作製方法、応力誘導法のメカニズムおよび、太陽光水分解の光電変換効率の評価方法などについて詳細に記述している。

第三章は新たに水蒸気雰囲気を用いた高密度の Fe_2O_3 ナノワイヤアレイの作製方法を提案し、高密度 Fe_2O_3 ナノワイヤアレイの光触媒水分解における光電変換効率を評価している。作製実験条件として、加熱時間、加熱温度および水蒸気量がナノワイヤ成長に与える影響を考察し、最適な条件を特定した。また、水蒸気雰囲気は表面酸化膜の体積を増加させる効果があり、これによって原子拡散の駆動力である圧縮応力および応力勾配が大きくなり、ナノワイヤの高密度生成が可能になったことを示した。さらに、光電変換効率がナノワイヤの密度の増加と共に上がることを明らかにした。

第四章では、高密度単結晶の Fe_2O_3 ナノワイヤアレイの作製および光触媒水分解の光電変換効率の評価について記述している。基板表面を研磨し、表面粗さ、残留応力および結晶構造を変化させることによって、高密度単結晶 Fe_2O_3 ナノワイヤアレイの作製に成功した。多結晶 Fe_2O_3 ナノワイヤアレイと比べて、励起キャリアの再結合を抑制する効果が高いため、より高い光電変換効率を実現した。また、表面粗さ、残留応力および結晶粒界の変化がナノワイヤ成長へ与える影響についてのメカニズムを明らかにした。

第五章では、 Fe_2O_3 ナノワイヤアレイの光触媒水分解の光電変換効率をさらに向上させるために、高密度単結晶 Fe_2O_3 ナノワイヤアレイの表面に異なる材料をドーピングし、光電変換効率の向上について評価した。ドーピング材料としてTiを選択し、 Fe_2O_3 ナノワイヤに最適な厚さにてドーピングすることにより最大の光電流が生じることを示した。また、Tiをドーピングすることによって、 Fe_2O_3 ナノワイヤの導電性の向上および少数キャリアの拡散距離の増大が光電変換効率の向上の原因であることを明らかにした。

第六章では、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、本論文では高密度 Fe_2O_3 ナノワイヤアレイ作製法を開発し、光触媒水分解における光電変換効率を向上することに成功した。また、作製した Fe_2O_3 ナノワイヤにTiをドーピングすることにより、水分解における光電流をさらに向上させることに成功した。さらに、ナノワイヤの成長および変換効率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謝毅源君は博士(工学)の学位を受けるに十分な資格があると判定した。