

論文審査の結果の要旨および担当者

報告番号	※ 甲 第 14771 号
------	---------------

氏 名 李 雨晴

論文題目

Nanostructure Formation on Crystalline Si Surface Using Ag-Assisted Solution Process and their Applications in Solar Cells
(Agを用いた溶液プロセスによる結晶シリコン表面へのナノ構造形成と太陽電池への応用)

論文審査担当者

主査	名古屋大学	工学研究科	教授	宇佐美 徳隆
委員	名古屋大学	未来材料・システム研究所	教授	水口 将輝
委員	名古屋大学	工学研究科	教授	高見 誠一
委員	名古屋大学	工学研究科	准教授	黒川 康良
委員	新潟大学	自然科学系	教授	増田 淳

論文審査の結果の要旨

李雨晴君提出の論文「Nanostructure Formation on Crystalline Si Surface Using Ag- Assisted Solution Process and their Applications in Solar Cells (Agを用いた溶液プロセスによる結晶シリコン表面へのナノ構造形成と太陽電池への応用)」は、独自に考案したAgを用いた溶液プロセスにより結晶シリコン表面にナノ構造を簡便に形成可能であり、水素化アモルファスシリコンと結晶シリコンのヘテロ接合太陽電池や、ペロブスカイト化合物と結晶シリコンとのタンデム太陽電池などの次世代太陽電池の高効率化に有用であることを明らかにしている。各章の概要は以下の通りである。

第1章は、研究の背景であり、脱炭素社会に実現に向けた太陽光エネルギー利用の有用性を述べるとともに、太陽光発電モジュールの用途拡大に向けて曲面对応が可能な薄型結晶シリコンを利用した太陽電池の研究開発が盛んであるため透過損失の増加を補償するような光閉じ込め技術の開発が重要であることを述べている。そのため、本研究では、薄型結晶シリコンの表面に光閉じ込め構造としてはたらくナノ構造を低コストで形成可能な技術開発を行い、さらに太陽電池に実装してその有用性を示すことを目的とすると述べている。

第2章では、実験方法の詳細を述べており、本研究で用いたサンプルの作製手法や、作製したナノ構造の構造評価や、ナノ構造を実装した太陽電池の特性評価に用いた評価装置の測定原理や装置の詳細を述べている。

第3章では、結晶シリコン表面にナノピラミッド構造を形成し、さらに水素化アモルファスシリコンと結晶シリコンとのヘテロ接合を利用したヘテロ接合型太陽電池への応用について述べている。ピラミッド構造の大きさをナノスケールに低減することの有用性を述べた後に、アルカリ性のエッチング溶液にAgイオンを添加する独自の溶液プロセスを提案している。また、Agイオンの濃度、エッチング時間、溶液の温度、サーファクタントの量などのプロセスパラメータを系統的に変化させた場合の、結晶シリコンの表面モフォロジーについて調べた結果を示し、その反応メカニズムについて考察している。さらに、溶液プロセスを制御して作製したシリコンナノピラミッド構造をヘテロ接合型太陽電池に実装することで、開放電圧を大きく低下させることなく、短絡電流密度を増加させ、エネルギー変換効率を改善できることを示している。これは、ナノピラミッド構造がヘテロ接合型太陽電池の高効率化に有用であることを示す重要な知見である。

第4章では、ピラミッド構造のペロブスカイト／結晶シリコンタンデム太陽電池への応用に関し、ピラミッド構造の大きさを系統的に変化させた場合のタンデム太陽電池の特性変化について調べた結果について述べている。その結果、従来型のマイクロスケールのピラミッド構造では、溶液法により均質にペロブスカイト薄膜を形成することが困難であり、ボトムセルのシリコン表面と電極がペロブスカイト薄膜を介在せずに接触してしまう場合があることを見出している。ナノピラミッド構造では、ペロブスカイト薄膜が均質に形成可能であり、さらに凹凸を有するヘテロ界面の光散乱効果も重畳し、相対的に優れた性能をもつタンデム太陽電池が得られたことを示している。これは、シリコン表面形状の最適化により、ペロブスカイト薄膜を溶液プロセスにより簡便に均質に作製可能であり、さらに光学的な作用によりタンデム太陽電池の高効率化に貢献できることを明確に示した有用な知見である。

第5章では、Agを触媒として用いた化学エッチングによるシリコンナノワイヤーの形成と、導電性ポリマーとの接合を利用した太陽電池への応用の可能性について調べている。ナノワイヤー形状を先端に向けて狭小化するように制御可能な独自の溶液プロセスを考案するとともに、そのような形状を用いることで導電性ポリマーをスピンコート法で塗布した際に良質な接合が形成できることを示している。この結果も、結晶シリコン表面の形状制御がヘテロ接合を利用したデバイスの性能向上に有用なことを示す有用な知見である。

第6章では、本研究の結論を与えている。

以上のように本論文では、結晶シリコン表面に形状制御したナノ構造を形成する独自の溶液プロセスにおけるエッチングメカニズムや、形成したナノ構造を実装することでさまざまな太陽電池の特性を向上できることを明らかにしている。これらの研究手法並びに得られた結果は、次世代太陽電池をはじめとする多様な光・電子デバイスへの応用を実現するために重要であり、工学の発展に寄与するところが大きいと判断できる。よって、本論文の提出者である李雨晴君は博士(工学)の学位を受けるに十分な資格があると判断した。