

(様式 11)

平成 26 年 2 月 7 日

学 位 論 文 審 査 要 旨 (課程博士)

東京農工大学大学院工学府長 殿

審査委員	主査	須田 良幸	印
	副査	鮫島 俊之	印
	副査	鄧 明聡	印
	副査	上野 智雄	印
	副査	白樫 淳一	印
	副査	越田 信義	印

学位申請者	電子情報工学専攻 平成 19 年度入学 学籍番号 07834701
	氏 名 Romain Mentek
申請学位	博 士 (工学)
論文題目	Fabrication Processes and Photovoltaic Characterizations of Nanosilicon Membranes
論文審査要旨 (2000 字程度)	
<p>量子サイズナノシリコン自立膜の作製と太陽電池への応用に関する研究を行った。先ず陽極酸化法の基礎技術の知見を nc-Si 自立膜作製技術に発展させ、p 型、n 型および pn 接合の単結晶シリコン基板から大面積の nc-Si 自立膜を剥離する技術を確立した。また、深さ方向に対する粒径変化によるバンドギャッププロファイルの制御性を、吸収スペクトル、PL 発光などの光学測定解析により確認した。これらをふまえ、pn 接合基板から作製した nc-Si 自立膜太陽電池が 0.87V におよぶ非常に高い開放電圧を示すことを見いだした。さらに、光電変換効率と安定性の向上には、nc-Si の表面パッシベーションが有効であることを明らかにした。これらにより、nc-Si 自立膜がフルスペクトル太陽電池に必要な多接合素子のトップセル材料としての可能性を示した。</p> <p>第 1 章「序論」では、本研究の背景と目的について述べた。始めに電気化学陽極酸化プロセスの特質を示し、ナノ結晶シリコンの形成、一般的特性と応用例を概説した。次にナノ構造シリコンの太陽電池への応用について、これまでの研究開発の状況をまとめた。さらに、太陽電池に関連する陽極酸化技術の例として、シリコンのスライス技術やナノシリコン層形成の概念と可能性をまとめた。</p> <p>第 2 章「関連技術の現状」では、本研究で最も重要な基本プロセスである陽極酸化法</p>	

(様式 11)

でのナノシリコン層の形成について、他の技術と比較し特徴を述べた。また陽極酸化法と密接に関係し太陽電池作製技術に結び付くシリコン基板の非接触ウェットスライス技術について開発の状況をまとめた。従来の機械的スライス法と比し、表面損傷が抑えられ、低カーフロス化、高速化のニーズに応える技術としての可能性を実証的に示した。

第 3 章「実験方法」では、単結晶シリコンからナノシリコン自立膜の太陽電池素子の構造と作製プロセスフローを述べた。まず電気化学的手法による大面積ナノシリコン自立膜の分離方法を確立した上で、光学的特性測定方法、薄膜電極堆積法、太陽電池を作製し光起電力特性を測定評価するシステム、さらに表面安定化手法にもふれた。

第 4 章「ナノシリコン自立膜の光電変換特性」では、ナノシリコン自立膜の光学特性と光電変換能の検証を行った。先ず、上記方法により、p 型基板、n 型基板、および p n 接合基板から任意の厚さのナノシリコン自立膜が作製できることを示した。また、それらの各ナノ自立膜の光学的性質を光吸収特性、PL スペクトルなどの測定によって詳細に解析し、適正な条件で作製した試料のバンドギャップは再現性よく 1.7 eV 以上に拡大し、太陽光の全スペクトル成分を変換する多接合太陽電池のトップセルに要求される条件を満たしていることを明らかにした。それをふまえ、作製した各種自立膜構造セルの太陽電池特性を通常の AM1.5, 1sun、室温の光照射条件で測定した。その結果、p n 接合基板から分離したナノシリコン自立膜セルにおいて、0.875V という非常に高い開放電圧の光電変換特性を見いだした。p 型または n 型の単独基板による試料の測定結果と合わせ、通常では得られないこの結果が、ナノシリコンの固有の効果に基づくことを明らかにした。また、分光感度特性についても pn 接合基板から作製したナノシリコン自立膜セルは約 450 nm の波長域にピークを持ち、基本的にトップセルに適うことを確認した。

第 5 章「光電変換特性の安定化」では、高い開放電圧を示す pn 接合型のナノシリコン自立膜セルの特性をさらに向上するため、ナノシリコン層の表面と内部の両面から、光電特性の検討を行った。前者については種々の薄膜電極材料が与える影響、後者についてはナノシリコンドット表面の終端制御に重点をおいた。その結果、観測された高い開放電圧がナノシリコン自立膜に特有の物性によるものであることがさらに裏付けられた。また、化学エッチング、熱処理、有機分子表面処理、高圧水蒸気アニール、フォーミングガスアニールなどの効果を総合し、ナノシリコンドットの表面終端を修飾することによって太陽電池特性の安定性が向上することが判明し、高い開放電圧が良好なダイオード整流特性および短絡電流密度の向上を両立させるための基礎情報を得た。

第 6 章「結論」では、本論文において得られた知見とその意義について総括した。

以上のように、本論文では、ナノシリコン自立膜の作製技術を確立し、その短波長域の光電変換特性と、高い開放電圧特性を明らかにし、さらに、特性向上につながる情報も得て、多接合太陽電池のトップセルとしての可能性を示した点で、電子デバイス工学の進展に寄与するところが多大である。

よって、本論文は博士（工学）の学位論文として合格と認める。

