OUKA
The University of Osaka
Institutional Knowledge Archive

Title	A Study of Amorphous Silicon Alloy Materials for the Improvement of the Efficiency of Stacked Thin Film Solar Cells
Author(s)	島, 正樹
Citation	大阪大学, 2003, 博士論文
Version Type	
URL	https://hdl.handle.net/11094/44415
rights	
Note	著者からインターネット公開の許諾が得られていないため、論文の要旨のみを公開しています。全文のご利用をご希望の場合は、大阪大学の博士論文についてをご参照ください。

The University of Osaka Institutional Knowledge Archive : OUKA

https://ir.library.osaka-u.ac.jp/

The University of Osaka

氏名	島（しま） 正樹（まさき）
博士の専攻分野の名称	博士（工学）
学位記番号	第 17989 号
学位授与年月日	平成15年3月25日
学位授与の要件	学位規則第4条第2項該当
学位論文名	A Study of Amorphous Silicon Alloy Materials for the Improvement of the Efficiency of Stacked Thin Film Solar Cells （積層型薄膜太陽電池の高効率化に関するアモルファスシリコン系合金薄膜材料の研究）
論文審査委員	（主査） 教授 岡本 博明 （副査） 教授 蒲生 健次　教授 奥山 雅則

論文内容の要旨

地球温暖化現象、化石燃料の枯渇などに代表される地球環境問題・エネルギー環境問題への早急な対策の必要性が叫ばれて久しい。そういった時勢において、地球上に降り注ぐ無限の太陽エネルギーを直接電気エネルギーに変換できる太陽電池、中でもアモルファスシリコン（a-Si：H）に代表される薄膜半導体を用いた太陽電池が、次世代の低コスト太陽電池の本命と期待されている。a-Si 薄膜太陽電池は、現在電力用太陽電池の主流となっている結晶 Si 系太陽電池と比較して、低コスト化に有利ないくつかの特徴を持つ。a-Si 系太陽電池には未解決の課題として光照射による初期劣化の問題があるが、その劣化を抑制し、かつより多くの電力を得るために、アモルファスシリコンゲルマニウム（a-SiGe：H）、アモルファスシリコンカーバイド（a-SiC：H）などの合金材料を用いた積層型太陽電池が提案されている。本研究は、高いエネルギー変換効率を持つ積層型薄膜太陽電池の形成技術開発を目的に行ったものである。まず、これら合金材料の組成や膜中水素結合状態と膜特性、太陽電池の出力特性との関連について詳細に実験的に検討し、材料の高品質化への指針を得た。次に、各種 Si 系薄膜太陽電池における出力特性および光劣化の両方の温度特性を詳細に検討することにより、長期使用時の太陽電池の出力を予測する方法を提案した。そしてその方法で各種の薄膜太陽電池の評価を行い、a-Si/a-SiGe 積層型太陽電池の優位性を確認した。さらに、将来の大量生産時の生産性向上に不可欠な a-SiGe:H の高速成膜技術の開発に関して VHF-プラズマ CVD 法の適用を検討し、通常の RF-プラズマ CVD 法と比較して、薄膜の品質を維持したまま数倍の成膜速度の向上が可能であることと、太陽電池形成プロセスにおいて重要な、下地層へのダメージの抑制とが両立できることを実験的に明らかにし、VHF-CVD 法が a-Si 合金系薄膜形成に有利であることを示した。これらの研究成果から得られた知見をもとに a-Si/a-SiGe 太陽電池モジュール（約 95 cm×95 cm）を形成し、初期効率 11.2%を得た。この結果は、a-Si：H 系薄膜太陽電池の可能性を実証したという意味で、大変重要な結果である。

論文審査の結果の要旨

21 世紀人類文明の維持とさらなる発展を支えるべきクリーンエネルギー技術の先鋒として太陽光発電技術に期待

が寄せられている。この太陽光発電技術の本格的実用化のためには、基幹となる太陽電池デバイスの高性能化・高信頼性化はもとより、低コスト化とそれに絡んだ大面積化・量産化技術確立などが必須とされており、その最有力候補に、禁止帯幅の異なるアモルファスシリコン（a-Si）系薄膜材料からなる要素太陽電池を光学的・電気的に直列接続した積層型太陽電池が挙げられる。しかしながら、標準となるa-Siに比して、禁止帯幅を広げるための炭素、また、狭めるためのゲルマニウムによる合金化（a-SiCおよびa-SiGe）により、太陽電池活性層として不可欠な光電特性が損なわれる傾向が認められ、この状況を打破することが、まずもっての最重要課題とされている。本論文は、上記の背景を踏まえて、実用化に耐える高効率a-Si系積層型薄膜太陽電池開発を目指し、a-Si系合金薄膜材料の光電特性改善を中核として、その高速製膜技術確立を含め、高効率・高信頼性太陽電池デバイスの製造プロセス開発までを網羅して行った系統的研究の成果をまとめたものである。

本論文では、まず、一般的なa-Si系薄膜形成技術である高周波プラズマCVD法において、a-Siを基礎とする積層型太陽電池構成で理想とされる禁止帯幅を有するa-SiCやa-SiGe合金薄膜が、反応ガス中の炭素あるいはゲルマニウム源ガス比率のみでなく、反応ガスの水素希釈度、投入電力や基板温度などの形成パラメータ群の多角的な調整で得られることを示している。そして、これらの形成パラメータ群の総合的調整によって、所望の禁止帯幅をもち、さらに、太陽電池活性層として十分な光電特性を備えたa-SiCおよびa-SiGe合金薄膜を創製することに成功するとともに、その理由を薄膜成長機構と膜組成・構造の観点から議論している。特に、a-SiGeの場合、現実の積層型太陽電池では、a-Si太陽電池層を下地として形成されるため、このような最適形成パラメータ群の獲得は、下地層への悪影響を最大限抑制したデバイス構成技術としても極めて重要な意味を有する。さらに、上記の系統的研究から得られた知見を基にして、高周波からVHF帯プラズマCVDへの発展を試み、a-Si系合金薄膜の品質を維持し、かつ、下地a-Si層へのダメージも排除しつつ、数倍の成膜速度の向上が可能であることを見いだしている。これら一連の研究成果を踏まえて、1 m角級a-Si/a-SiGe積層型太陽電池モジュールを形成し、変換効率11.2%を得ている。さらに、これと等価な小面積デバイスを対象とした長期光暴露試験と関連モデルシミュレーション結果を踏まえて、この1 m角級積層型太陽電池モジュールにおいては、10%を越える世界最高変換効率（低コスト・実用化薄膜系太陽電池領域）を保証できるとの結論に至っている。

以上の研究成果は、アモルファスシリコン系薄膜材料開発とそれを用いた次世代・実用化太陽電池開発の領域で先導的な貢献を成しており、博士（工学）の学位論文として価値あるものと認める。