The University of Osaka
Institutional Knowledge Archive

Title	低コスト薄膜多結晶シリコン太陽電池に関する研究
Author(s)	田中, 誠
Citation	大阪大学, 1993, 博士論文
Version Type	
URL	https://hdl.handle.net/11094/38438
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　田中　誠（たなか　まこと）

博士の専攻分野の名称　博　士（工　学）

学位記番号　第　10574　号

学位授与年月日　平成5年3月16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　**低コスト薄膜多結晶シリコン太陽電池に関する研究**

論文審査委員　（主査）教　授　浜川　圭弘
（副査）教　授　蒲生　健次　　教　授　奥山　雅則　　助教授　岡本　博明

論文内容の要旨

本研究の目的は，新型太陽電池である薄膜多結晶シリコン太陽電池の低コスト形成技術を開発することにある。本論文では，この技術のベースとなるアモルファス太陽電池の高速形成技術の開発，薄膜多結晶シリコン太陽電池の材料開発である固相成長薄膜多結晶シリコンの低コスト製造技術の開発，薄膜多結晶シリコン太陽電池のデバイス化技術開発であるａ－Si／ｃ－Siヘテロ接合をベースとした新接合形成技術の開発について述べた。

第1章では，太陽電池の歴史に触れるとともに薄膜多結晶シリコン太陽電池開発の目的を述べ，本研究の重要性を明らかにした。

第2章では，太陽電池のコスト試算を行い，薄膜多結晶シリコン太陽電池が低コストになることを明らかにした。

第3章では，アモルファス太陽電池の低コスト化のキーとなるとなるアモルファス太陽電池の高速形成技術について述べた。アモルファスの高速成膜を従来法で行なうと，高速成膜と高品質膜形成とを両立できないこと，その原因は高電子密度と低プラズマ電位とが両立できないためであることを見出した。この問題を解決するため，新たにプラズマ分離トライオード（ＳＰＴ；Separated Plasma Triode）法を開発した。シミュレーションと実験の結果，ＳＰＴ法により高電子密度と低プラズマ電位とが両立できることを確認できた。その結果，従来のダイオード法に比べ，成膜速度の大きな領域でその膜質が向上することがわかった。さらに，本法によりアモルファス太陽電池を作製し，成膜速度10Å／ｓと通常の10倍の成膜速度で，10.2％という高い変換効率を得ることができた。

第4章では，薄膜多結晶シリコン太陽電池の材料開発である，固相成長薄膜多結晶シリコンの低コスト製造技術の開発について述べた。アモルファス膜の高速成膜技術をベースに，リンのin-situdoping法を用いた新しい固相成長法を開発しプロセスの低コスト化を行なうとともに，結晶核制御の概念に基づく高品質化技術の開発を行なった。膜厚方向の核制御としてリンドープａ－Siとノンドープａ－Siとの積層膜を用いたパーシャルドーピング法を開発した。また，基板面方向の核制御として基板のモフォロジー制御を行なった。その結果，623cm²／Vsという高いホール移動度を持つ高品質薄膜多結晶シリコンを得ることができた。また，アモルファス太陽電池では，光感度のなかった波長900nmにおいて，50％という高い収集効率を持つ薄膜多結晶シリコン太陽電池を開発できた。

第5章では，薄膜多結晶シリコン太陽電池のデバイス化技術開発であるａ－Si／ｃ－Si p／nヘテロ接合をベースとした新接合形成技術の開発について述べた。p／nヘテロ接合の界面特性に問題があることを見出し，その解決のため，低ダメージ成膜を行なうとともに，新たに人工構築接合（ＡＣＪ）に基づくＨＩＴ（Heterojunction with Intrinsic

Thin-layer）太陽電池を開発し，太陽電池の高効率化に成功した。さらに，テクスチャ構造やＢＳＦ（Back Surface Field）の採用により，18.1%という高い変換効率を持つｃ－Si太陽電池を開発できた。また，キャスト多結晶シリコンに応用し，水素プラズマパシベーションなどの手法により，変換効率15.5%を得ることができた。

第６章では，以上のまとめを行なった。以上のように，「薄膜多結晶シリコン太陽電池の低温，低コスト製造技術を開発できた。」と結論づけた。

論文審査の結果の要旨

近年，地球環境問題として関連して無公害な再生可能エネルギーの発生技術の開発が，国家プロジェクトレベルで進められている。中でも，太陽光発電プロジェクトは，その本命として期待され，ここ10年目覚ましい進歩を遂げてきた。しかしながら，目下のところ，まだ発電コストが従来技術の数倍程度も高く，このプロジェクトを成功に導く鍵技術として，太陽電池セルの低コスト化と高効率化が強く求められている。これまで進められてきた研究開発の結果，アモルファス太陽電池は低コスト化のチャンピオンと言われてきた。ところがこの太陽電池は，デバイスの活性部にアモルファスシリコンを使うため，変換効率が結晶型と比べて，理論限界でも70%程度で，いわば安かろう，悪かろう，という評価が下されてきた。本研究は，こうした欠点を補う意味で，アモルファスシリコンの低コストという特長と，結晶型太陽電池の高効率という長所を持ち合わせた，新型太陽電池に関する基礎研究を行なったものである。

本論文では，まず，アモルファス太陽電池の製造法について，プラズマ分離トライオード（ＳＰＴ）法を開発し，従来法に比べてほぼ10倍の堆積速度で，変換効率10.2%という高効率アモルファス太陽電池の製造に成功した。

次いで，これと組み合わせる薄膜多結晶シリコン太陽電池の製造法について研究し，上記の高速アモルファス膜製造法に結晶核制御の新手法を適用し，膜を堆積後，結晶核から基板面に沿って順次結晶成長させることにより，ホール移動度623cm²／Ｖ・ｓ という高品質薄膜多結晶製造技術を完成した。この多結晶膜を用いて，アモルファスシリコンとのヘテロ接合を形成し，ＨＩＴ（Heterojunction with Intrinsic Thin-layer，ヒットセル）という新型太陽電池を開発した。さらに，この新型接合に加えて，裏面電極近傍にキャリアの収集効率を上げるＢＳＦ（Back Surface Field）を施すなど，高効率化処理を駆使することによって，現在までに，キャスト多結晶シリコンを基板として15.5%，また，単結晶シリコンを基板とて18.1%という高効率を得ることに成功した。

本論文では，こうした新技術を用いた太陽電池を量産化する場合の要素技術の検討を行ない，年産量にして，１MW／年，10MW／年，100MW／年，という量産スケールについて，従来法と比べて，どの程度の低コスト化が実現できるのかについて，詳細な検討を行ない，ＨＩＴセルの将来についての技術的見通しを明確にした。以上述べたように，本研究では，アモルファスと多結晶という異なる材料の組み合わせにより，高効率化と低コスト化という二律相反する技術課題を成功に導いたもので，太陽光発電技術の進歩に貢献するところ大きく，博士（工学）論文の学位論文として価値あるものと認める。