



Title	アモルファス太陽電池の高効率化と大面積化に関する研究
Author(s)	春木, 弘
Citation	大阪大学, 1984, 博士論文
Version Type	
URL	<a href="https://hdl.handle.net/11094/33774">https://hdl.handle.net/11094/33774</a>
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、 <a href="https://www.library.osaka-u.ac.jp/thesis/#closed">https://www.library.osaka-u.ac.jp/thesis/#closed</a> 大阪大学の博士論文について <a href="https://www.library.osaka-u.ac.jp/thesis/#closed">https://www.library.osaka-u.ac.jp/thesis/#closed</a> 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・（本籍）	はる 春	き 木	ひろむ 弘
学位の種類	工	学	博 士
学位記番号	第	6 3 0 8	号
学位授与の日付	昭和 59 年 2 月 15 日		
学位授与の要件	学位規則第 5 条第 2 項該当		
学位論文題目	アモルファス太陽電池の高効率化と大面積化に関する研究		
論文審査委員	(主査)		
	教授 浜川 圭弘		
	(副査)		
	教授 難波 進 教授 藤澤 和男 教授 末田 正		
	教授 桜井 良文		

### 論 文 内 容 の 要 旨

本論文は、アモルファスシリコン（以下a-Siと書く）太陽電池の高効率化、大面積化のための一連の研究成果と、それらに基づいて確立したa-Si太陽電池の量産技術及びその応用システムの開発をめぐる基礎データをまとめたもので、本文7章と謝辞からなっている。

第1章は序論であり、先ず化石燃料の枯渇とその気象に及ぼす影響について触れ、a-Si太陽電池研究の動機を述べる。次いでその実用化のための技術課題として変換効率の向上、大面積化技術、信頼性の向上、量産化技術の重要性を述べ本研究の意義を明らかにするとともに、本論文の主題と構成を示し内容を概説している。

第2章ではa-Si太陽電池のポロンドープ効果による高効率化について論じている。初めにp-i-n形セルのi層に対する不純物効果を説明し、ポロンドープ効果はそれらとは異なる新しい現象であることを示した。次いで光生成キャリアの収集効率を最大にするためにi層が保持すべき性質を導き出し、ポロンドープ効果による膜質改良の物理的意義づけを行う。以上の検討をふまえ各種p-i-n形セルの光発電性能に及ぼすポロンドープ効果について実験した結果について述べた。即ち何れのセルに対してもi層中のボロン濃度が $1 \sim 3 \times 10^{17}$ 原子/cm<sup>3</sup>のとき変換効率が最大となること、そのi層中のキャリアの $\mu\tau$ 積はノンドープ膜に較べると、電子のそれは小さくなっているが正孔のそれは大きくなっており、そのことが効率の向上に寄与していることを明らかにしている。

第3章はa-Si太陽電池の最適設計について述べている。先ず光をより多く発電領域であるi層に入射させるため、窓側a-Si層にn形微結晶Si膜及びアセチレンを用いたp形a-SiC膜を適用した結果を述べそれらの有用性を明らかにし、次いで透明導電膜の改良と長波長光の光閉じ込めに有効な

裏面電極についての検討結果を述べている。最後に以上の成果をもとに試作されたセルの光照射劣化特性の検討により、安定性に対する  $i$  層膜厚依存性、 $i$  層へのボロンドープの有効性を確認している。

第 4 章では金属基板形  $a$ -Si 太陽電池について、セルの内部抵抗が曲線因子に及ぼす影響の解析法を提案し、大面積セルに対する各抵抗成分の効果を定量的に解析した。さらに開放電圧と短絡電流密度の面積効果についても検討を加えた。またガラス基板セルについては、その抵抗損失の大部分を発生する透明導電膜中の電力損失の算出法を示し、最大出力を得るためのセルサイズについての最適設計技術を確立している。

第 5 章は  $a$ -Si 太陽電池の製造技術について本研究独特の幾つかの開発成果、即ちセルの製造に欠かすことのできない基板、 $a$ -Si 膜の量産装置、モジュール化材料について述べた。金属基板はその表面平滑度が  $a$ -Si 膜の成長過程並びにセルの良品率に影響を及ぼすこと、ガラス基板では透明導電膜のマイクロ構造が  $a$ -Si 膜の粒状構造と変換効率に影響を及ぼすことが明らかとなった。 $a$ -Si 製膜の量産装置については、その装置の構成及びそれにより製作された  $a$ -Si 膜の膜厚、セル特性の均一性等について述べた。最後にモジュール構造についての検討を行い、構成材料の寿命と価格の両面から考え最適の材料と構造を提案している。

第 6 章は本研究の成果を適用して開発した  $a$ -Si 太陽電池の応用システムについて論述した。先ず電力用分野への  $a$ -Si 太陽電池の応用の例として、昭和 56 年に製作した 400W の  $a$ -Si 太陽電池システムの概要と、2 年間にわたる運転の技術データを整理して示した。また民生用分野では既に安定に量産されるに到った電卓、時計用  $a$ -Si 太陽電池の概要と集積化光センサへの適用例を説明している。

第 7 章は本論文の結論であり、本研究で行ったこれまでの研究成果を整理総括し、本研究の結論をまとめたものである。

## 論文の審査結果の要旨

アモルファスシリコン（以下  $a$ -Si と書く）は、太陽光に対する光吸収係数が単結晶のそれと比べて桁違いに大きいため、太陽電池として必要なシリコンの使用量が  $1/100$  以下にできること、そしてアモルファス組織であるためにガラスや金属板上にも大面積で堆積できるなど、低コスト太陽電池用材料としてここ数年注目を浴びてきた材料である。

本論文は、 $a$ -Si 太陽電池の高効率化と大面積化を目指した製造技術上の一連の研究成果をまとめたものである。 $a$ -Si はその原子配列に長距離秩序を欠いているために、単結晶半導体と比べてキャリアの易動度があまり大きくない。このため通常太陽電池として動作させるには  $p-i-n$  形接合を形成し、 $i$  層内に誘起する内蔵電場によって光で生成したキャリアをいわば吹きよせて有効な光電流とする工夫がなされている。本研究はこの  $i$  層に適量のボロンをドープすることによって光電流が格段と増すことを見出し、その物理的説明を幾つかの実験にもとづいて明らかにした。一般に  $a$ -Si の  $i$  層は、電子に比べて正孔の平均寿命が小さいため、フェルミ準位が禁止帯の中心よりやや上に片寄っている。した

がって通常の p-i-n 接合を形成すると、i 層中の電界分布が不均一となり、有効なキャリアのドリフトができなくなる。ボロンドープの効果は、こうした内蔵電場の不均一性を改善すると共に、i 層中のキャリアの  $\mu\tau$  積（易動度・平均寿命積）も大きくなることが判明し、その原因について一連の議論を展開している。

ついで、ボロンドープによって膜質を改善した太陽電池の最適設計について従来の理論を改良し、これに基づく太陽電池の連続自動化製造炉を製作し、実用素子の製造を行なった。最適設計法に対しては、セルの内部抵抗が曲線因子に及ぼす影響について新解析法を提案し、各性能指数に及ぼす電極の分布抵抗を定量的に分析して実用素子の製造に便利な一連のテクニカルデータを出した。また、太陽電池の基板として使用するステンレス鋼の表面平滑度と、この上に成長させる a-Si 膜の膜質、ならびにそれから製造した太陽電池の性能指数との関連について研究し、良品率と基板の準備技術との相関関係を調べるとともに、どの程度の基板平滑度が最も経済的であるかなど、従来問題にされていた幾つかの製造技術上の鍵技術を確立した。そのうえ、こうしてできた a-Si 太陽電池の応用技術についても実際に 2 年間にわたる日照試験を行い、電力用ならびに民生用太陽電池の量産化と実用化についての基礎技術を確立した。

以上のように、本論文の内容は a-Si 太陽電池のデバイス物性と大面積化、ならびに高効率化を目指した技術開発に貢献すること多大で、工学博士の学位論文として価値あるものと認める。