

Title	High Efficiency Amorphous Silicon Solar Cell Module with high Reliability
Author(s)	大西, 三千年
Citation	
Issue Date	
Text Version	none
URL	http://hdl.handle.net/11094/37415
DOI	
rights	
Note	

Osaka University Knowledge Archive : OUKA

<https://ir.library.osaka-u.ac.jp/repo/ouka/all/>

【 24 】

氏名・(本籍)	おおにし みちとし 大 西 三 千 年
学位の種類	工 学 博 士
学位記番号	第 9 2 6 9 号
学位授与の日付	平 成 2 年 6 月 22 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	“High Efficiency Amorphous Silicon Solar Cell Module with high Reliability” (アモルファス太陽電池モジュールの高効率化および高信頼性化に関する研究)
論文審査委員	(主査) 教 授 浜 川 圭 弘 教 授 難 波 進 教 授 末 田 正 教 授 小 林 猛

論 文 内 容 の 要 旨

本論文は、電力用アモルファスシリコン(a-Si)太陽電池の実用化のために行ってきた研究の中で、a-Si太陽電池の低コスト化、高効率化、高信頼性化、さらにこれらの研究に必要な新しい解析手法の研究をまとめたもので、6章より構成されている。

第1章では、a-Si太陽電池の研究のこれまでの経緯を述べ、低コスト化を目的としたa-Siの高速成膜のための新成膜法、特性解析に重要な太陽電池の発電活性層における内部収集効率(DICE)の深さ方向分布を得る新解析法、太陽電池の特性向上、高信頼性化のための光劣化抑制など、本研究の目的と内容を述べ、その意義と重要性を明らかにしている。

第2章では、a-Siの成膜速度向上のため開発された新しい手法であるCPM(コントロールド・プラズマ・マグネトロン放電)法と、この方法によって高速形成されたa-Si膜の特性について述べる。このCPM法は高速成膜と膜の高品質化の両立が可能であること、さらに水素高希釈により、通常の成膜速度の10倍の15A/sの高速成膜で、光感度 σ_{ph}/σ_d が従来より2桁大きい高品質なa-Si膜が得られることを示した。さらに、p/i界面に高品質な保護界面層を挿入することにより、i層形成時にp層からのボロンの引き抜きを抑制でき、i層を15A/sの高速で成膜した太陽電池でも高い変換効率が得られることを明らかにした。

第3章では、a-Si太陽電池の発電活性層における内部収集効率の深さ方向の分布を、非破壊かつ任意の動作状態で得ることのできる新しい解析手法であるDICE法(動的収集効率内部分布解析法)を提案し、その理論的根拠を明らかにするとともにその計算法を示す。次いで、このDICE法を実際のa-Si太陽電池の解析に応用し、この方法が効率改善、光劣化の分析などに適用できる実用的な解析手法である

ことを明らかにした。

第4章では、a-Si太陽電池の効率向上のため、i層の高品質化に加え、窓層であるp型a-Siについて、新しいドーピングガスであるトリメチルボロンを用いて形成した膜の特性について述べ、従来のジボランを用いた場合に比べ、2.0 eVのワイドギャップで $2 \times 10^{-5} \Omega^{-1} \text{cm}^{-1}$ の高導電率を有する高品質なp型a-SiC膜が得られることを実証した。また、p/i界面a-SiCバッファ層の水素希釈効果について述べ、水素高希釈で形成したバッファ層を用いることによりp/i界面特性が改善されることをDICE法を用いて明らかにした。さらに表面状態も含めた $\text{SnO}_2:\text{F}$ テクスチャ透明電極の特性向上、高反射銀裏面電極のレーザパターニングの低損傷化等により、10 cm角集積型太陽電池サブモジュールで実効変換効率10.2%（真性変換効率11.3%）という今までにない高い効率が得られることを示した。

第5章では、a-Si太陽電池の高信頼性化のために最も重要な課題である光劣化に対する不純物および Si-H_2 結合の影響を考察し、それらの低減が光劣化の抑制に有効であることを明確にした。またDICEの解析によりp/i界面から2000 Åの領域でのi層の光劣化が大きく、p/i界面バッファ層の高品質化により光劣化が減少することを明らかにした。また、連続光照射試験の結果と、 τ_1 、 τ_2 の2つの時定数を持つ関数とのフィッティングからa-Si太陽電池の効率は長期的には安定し、かつi層厚さ4000 Åの時、光劣化後の効率が最も高いと予測できることを証明した。これらの結果に基づき、TVシステム等のスタンドアロンシステムの開発や太陽電池瓦モデルハウスの建設を行い、a-Si太陽電池モジュールの長期的な安定性が見込めることを明らかにした。

第6章は、本論文の結論で、電力用a-Si太陽電池の実用化のための第2章から第5章までの研究成果をまとめ、本論文の内容を総括的に論述した。

論文審査の結果の要旨

モノシランをプラズマ分解して得られるアモルファスシリコン（以下a-Siと書く）は、価電子制御が可能、可視域での光吸収係数が結晶シリコンより一桁大きいなど、優れた光電物性をもつことに加えて、低温反応のためにガラスや金属の上にも大面積均質膜の堆積が容易など製造技術上の特質も合わせもつために、太陽電池低コスト化のチャンピオン材料として期待されている。ところがa-Si太陽電池の変換効率は今一步結晶型より劣る上に光誘起劣化現象が存在し、これらが大きな泣きどころとされている。本研究はこうした問題点の解決を目指して、高効率化と信頼性の向上に関する一連の研究をまとめたものである。

本論文の内容は、まずa-Si太陽電池の効率を制限している損失成分を分析し、高効率化を目指した物性的ならびに技術的諸要素を洗い出し検討している。さらに、これを太陽電池を形成した状態で、各部の物性定数を推定する手段として、光生成キャリアの内部収集効率のi層（活性層）深さ方向分布を非破壊でかつ任意の動作状態で得る新手法としてダイス法（DICE: Dynamic Inner Collection Efficiency

動的収集効率内部分布解析法)を提案し、その理論的根拠を明らかにするとともに、いくつかの諸例についてその解析結果を示し、効率改善を目指した新たな評価技術を確立した。

次いで、太陽電池の窓側層となるp-形a-SiCの形成について、新しいドーピングガスであるトリメチルボロンを用いた新技術を開発し、各種の水素希釈濃度について界面の性質をダイス法で解析し、10 cm角の集積型サブモジュールについて実効変換率10.2% (真性効率11.3%)という量産化インライン製造の太陽電池として世界最高の効率を達成した。また、a-Si太陽電池の光劣化現象についても不純物濃度ならびに水素濃度と光誘起欠陥準位との関係を明らかにし、これを抑制する新技術としてp/i界面バッファ層を設ける方法を開発し実験的にその効果を試すとともに、その理論的裏づけについてもダイス解析を通じて解明した。

以上の成果はアモルファス太陽電池の高効率化とその実用化技術に先駆的貢献をしたものであり、工学博士の学位論文として十分価値あるものと認める。