

Title	Interface Characterization and Optimum Design of Amorphous Silicon Basis Solar Cells
Author(s)	徐, 重陽
Citation	大阪大学, 1993, 博士論文
Version Type	
URL	https://hdl.handle.net/11094/38648
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"〉 大阪大学の博士論文について 〈/a〉 をご参照ください。

Osaka University Knowledge Archive : OUKA

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

Osaka University

氏名	徐 重 陽
博士の専攻分野の名称	博 士 (工 学)
学位記番号	第 1 0 8 5 5 号
学位授与年月日	平成 5 年 6 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	Interface Characterization and Optimum Design of Amorphous Silicon Basis Solar Cells (アモルファスシリコン太陽電池の界面評価および最適設計に関する研究)
論文審査委員	(主査) 教授 浜川 圭弘 (副査) 教授 小林 猛 教授 奥山 雅則 助教授 岡本 博明

論 文 内 容 の 要 旨

ここ10年、アモルファスシリコン太陽電池は基礎物性、デバイス物性および応用技術などの面で目ざましい進歩を遂げ、電卓をはじめ民生応用分野で広く実用されている。しかし電力用太陽光発電という観点からすれば、今一步効率ならびに安定性の面で改善されなければならない課題が残されている。本研究では、低コスト・高効率太陽電池開発の一環として、a-Si:H/p-i-n 太陽電池の界面物性を研究し、再結合損失を制御した性能改善技術の開発およびこれを用いた a-Si:H タンデム太陽電池の最適設計を行い、次いでその試作に関する実験的研究を行ってきた。

アモルファスシリコン太陽電池は一種の多層化薄膜デバイスであるため、その界面が太陽電池の性能を大きく支配する。本研究では a-Si/p-i-n 接合太陽電池の界面特性の分析を行い、TCO (ITO/SnO₂)/p(a-SiC), n(μc-Si)/i(a-Si) と n(μc-Si)/M(Al) などの界面の改善技術を開発した。その具体技術としては、アモルファス Pt-シリサイドバッファ層をTCO/p 界面に挿入し、セルにおけるホールと外部回路の電子との交換通路を提供し、これにセルの短絡光電流が10%、変換効率が20%向上することを実験的に確認した。n/i 界面に挿入した n a-Si:H バッファ層は、n/i 界面でのギャップステーツを減少させ、その結果、従来型の a-Si:H p-i-n 接合セルに比べてセルの変換効率が8%増加した。n/M 界面に挿入したアモルファス Cr-シリサイド層は、Al の a-Si:H 膜への拡散を防止でき、セルの熱安定性が著しく改善された。このように本研究で開発した界面改善技術は、a-Si:H 太陽電池の実用化に有用であることを確認した。

次いで、タンデム型太陽電池の最適設計についての理論的研究を行い、高効率 a-Si:H タンデム太陽電池についての基本的な最適設計の概念を提案した。理論的検討の結果、電流のマッチングが太陽電池の曲線因子に影響を及ぼし、高効率のタンデム太陽電池として重要な鍵技術であることを明らかにした。そのほかに、電流のマッチングから見れば、高効率の二端子 a-Si/poly-Si タンデム太陽電池に対して poly-Si 薄膜を下部セルとすることが必要であることを示した。また a-Si:H 太陽電池の開放電圧における局在準位の影響についての理論的分析を行った結果、バンドテイルステーツが a-Si:H/p-i-n 接合セルと a-Si/poly-Si ヘテロ接合セルの開放電圧を決める因子であることを明らかにした。このことは、a-Si:H の膜質と界面の改善により、1V 以上の Voc をもつ a-Si:H/p-i-n 接合太陽

電池ができることを意味している。

最後に、a-Si/poly-Si と a-Si/a-Si/a-SiGe 二端子テンデム太陽電池の作製と構造の最適化と、その実験的試作研究を行った。プラズマ CVD 法により a-SiGe : H (F) 膜を作製し、その物性評価を行った。a-SiGe : H 膜の光導電物性は、膜形成時の水素希釈率と反応室圧力に強く依存し、水素希釈率の増加と反応室圧力の減少につれ、光導電率が増加することを確認した。なお、a-SiGe が太陽電池として適した膜質を有することを a-SiGe シングル接合セルの J-V 特性から実証し、その性能改善の原理機構を明らかにした。その結果、界面改善技術と接合構成およびその膜厚の最適化を行なうことにより、a-Si/poly-Si 二端子テンデム太陽電池において変換効率13.3%と、a-Si/a-Si/a-SiGe タンデム太陽電池において変換効率11.5%を達成し、本提案の新型太陽電池の実用化をめぐる要素技術を確立した。

論文審査の結果の要旨

アモルファスシリコン (a-Si) 太陽電池は基礎物性、デバイス物性および作製技術などの面で目ざましい進歩を遂げ、電卓をはじめ民応用では広く実用されている。しかし電力用太陽光発電という観点からすれば、今一步効率ならびに安定性の面で改善されなければならない課題が残されている。本論文は、a-Si-p-i-n 太陽電池の界面物性の評価を通して、再結合損失を制御した性能改善技術の開発およびこれを用いた a-Si タンデム太陽電池の最適設計など、高効率太陽電池開発に係わる一連の研究成果をまとめたものである。

a-Si 太陽電池は多層薄膜構造からなるため、その界面が太陽電池の性能を大きく支配する。本研究では a-Si-p-i-n 接合太陽電池の界面特性の分析を行い、TCO (透明導電性酸化膜) /p (a-SiC), n (微結晶-Si)/と n (微決勝-Si)/金属などの界面の改善技術を開発した。TCO/p 界面に挿入した a-Si/Pt シリサイドバッファ層は、光生成正孔と外部回路の電子との交換通路を提供し、これにより短路電流が10%、変換効率が20%向上することを実験的に確認した。また、n/金属界面に挿入した a-Si/Cr シリサイド層は、Al の a-Si 膜への拡散を防止でき、セルの熱安定性が著しく改善された。本研究で開発した界面改善技術は、a-Si 太陽電池の実用化に有用であることを示唆している。

次いで、タンデム型太陽電池の最適設計についての理論的研究を行い、光電流のマッチングが太陽電池の曲線因子に影響を及ぼし、a-Si/poly (多結晶) Si 二端子タンデム太陽電池においては poly-Si 薄膜を下部セルとすることが必要であることを示した。また、a-Si 太陽電池の開放電圧に対する局在準位の影響についての理論的分析を行い、バンドテイルステーツが a-Si-p-i-n 接合セルと a-Si/poly-Si ヘテロ接合セルの開放電圧を響く要因であることを理論的に証明するとともに、a-Si の薄膜と界面の改善により、1 V 以上の V_{oc} の a-Si-p-i-n 接合太陽電池ができることを指摘した。

最後に、a-Si/poly-Si と a-Si/a-Si/a-SiGe 二端子テンデム太陽電池の作製と構造の最適化と、その実験的試作研究を行った。プラズマ CVD 法により a-SiGe 膜を作製し、その物性評価を行った。a-SiGe 膜の光導電物性は、膜形成時の水素希釈率と反応室圧力に強く依存し、水素希釈率の増加と反応室圧力の減少につれ、光導電率が増加することを確認した。なお、a-SiGe が太陽電池として適した膜質を有することは a-SiGe シングル接合セルの J-V 特性から実証し、その性能改善の原理機構を明らかにした。その結果、界面改善技術と接合構成とその膜厚の最適化を行なうことにより、a-Si/poly-Si 二端子タンデム太陽電池において変換効率13.3%と、a-Si/a-Si/a-SiGe タンデム太陽電池において変換効率11.5%を達成し、本提案の新型太陽電池の実用化をめぐる要素技術を確立した。

以上の研究成果はアモルファス太陽電池の高効率化と高信頼性化をめぐる基礎物性と実用化技術に先駆的な貢献をすところ多大で、工学博士の学位論文として価値あるものと認める。