T2R2 東京工業大学リサーチリポジトリ
Tokyo Tech Research Repository

論文 / 著書情報
Article / Book Information

題目(和文)	アモルファス酸化シリコンパッシベーション膜を用いたヘテロ接合型結晶シリコン太陽電池に関する研究
Title(English)	Study of Crystalline Silicon Heterojunction Solar Cells with Amorphous Silicon Oxide Passivation Layers
著者(和文)	中田和吉
Author(English)	Kazuyoshi Nakada
出典(和文)	学位:博士（工学）, 学位授与機関:東京工業大学, 報告番号:甲第9785号, 授与年月日:2015年3月26日, 学位の種別:課程博士, 審査員:小長井　誠,岩本　光正,山田　明,中川　茂樹,宮島　晋介,田中　誠
Citation(English)	Degree:, Conferring organization: Tokyo Institute of Technology, Report number:甲第9785号, Conferred date:2015/3/26, Degree Type:Course doctor, Examiner:,,,,,
学位種別(和文)	博士論文
Category(English)	Doctoral Thesis
種別(和文)	審査の要旨
Type(English)	Exam Summary

Powered by T2R2 (Tokyo Institute Research Repository)

（博士課程）

論文審査の要旨及び審査員

報告番号	甲第　　号	学位申請者氏名	中田　和吉

		氏　名	職　名		氏　名	職　名
論文審査 審 査 員	主査	小長井　誠	教授	審査員	宮島　晋介	准教授
	審査員	岩本　光正	教授		田中　誠	パナソニック 学外審査員
		山田　明	教授			
		中川　茂樹	教授			

論文審査の要旨（2000 字程度）

本論文は、「Study of Crystalline Silicon Heterojunction Solar Cells with Amorphous Silicon Oxide Passivation Layers」（アモルファス酸化シリコンパッシベーション膜を用いたヘテロ接合型結晶シリコン太陽電池に関する研究）と題し、英文 7 章より構成されている。

第 1 章「Overview and Objective of This Thesis」では、世界人口の増加によるエネルギー消費量および温暖化ガス排出量の増加について概説し、再生可能エネルギーとしての太陽光発電技術開発が、今後ますます重要になると述べている。また、市場シェア 9 割を占める結晶シリコン（c-Si）太陽電池の低コスト化のため薄型化と高効率化が必要不可欠であることを述べ、薄型化によって生じる技術課題を明らかにしている。

第 2 章「Basics of Crystalline Silicon Solar Cells」では、c-Si 太陽電池の動作原理と変換効率を制限する要因について述べている。開放電圧向上のためにはバルク内再結合および表面再結合の抑制、すなわち c-Si 基板の薄型化および表面パッシベーションが重要であることを示している。理論解析の結果から、750 mV 以上の開放電圧を得るには、基板厚さを 100 μm 以下、表面再結合速度を 1 cm/s 以下にする必要があるとの指針を得ている。また、このような条件を満たす構造としてヘテロ接合構造の優位性を述べている。

第 3 章「Numerical Simulation of Crystalline Silicon Heterojunction Solar Cells」では、c-Si 基板を薄くした際に長波長域における光学ロスが増大すること、また、裏面欠陥密度が 1.0×10^{17} cm^{-3} より高いと太陽電池特性が著しく劣化するとの知見を得ている。さらに、裏面電界効果層と裏面電極との間に屈折率の低い光学反射層を挿入することを提案し、これにより長波長域における吸収ロスの低減が見込めることを見出している。

第 4 章「Fabrication and Evaluation of Intrinsic a-$Si_{1-x}O_x$:H Thin Films」では、ヘテロ接合型 c-Si 太陽電池の新しいパッシベーション材料として水素化アモルファス酸化シリコン（a-$Si_{1-x}O_x$:H）を提案し、その作製法および評価結果を述べている。膜中に酸素を導入することにより、欠陥の多いエピタキシャル成長が抑制され、酸素濃度が約 8%のときに最も高いパッシベーション効果が得られ、厚さ 6 nm の a-$Si_{1-x}O_x$:H 膜で表面再結合速度 9 cm/s を達成している。さらに a-$Si_{1-x}O_x$:H 薄膜の堆積後に 200~225°C の熱処理を加えることによって、パッシベーション効果が飛躍的に向上し、表面再結合速度 1.6 cm/s を得ている。昇温ガス脱離分光法により、この材料の高い密度がパッシベーション効果に寄与していること、また、酸素原子が形成する強い結合によって、膜中の水素の熱的安定性が向上することを明らかにしている。

第 5 章「Fabrication and Evaluation of n-μc-$Si_{1-x}O_x$:H Thin Films」では、新規 n 型材料として水素化微結晶酸化シリコン（n-μc-$Si_{1-x}O_x$:H）の作製および評価を行っている。この技術の特徴は n-μc-$Si_{1-x}O_x$:H 膜中の酸素濃度を変化させることにより屈折率を制御できる点である。また、長波長域における吸収係数が極めて小さく、裏面の光学反射層として有望であることを見出している。

第 6 章「Fabrication of n-type c-Si Heterojunction Solar Cells with Intrinsic a-$Si_{1-x}O_x$:H Passivation Layers」では、a-$Si_{1-x}O_x$:H パッシベーション膜を用いたヘテロ接合型 c-Si 太陽電池の作製および評価を述べている。まず a-$Si_{1-x}O_x$:H パッシベーション膜堆積後、第 4 章で述べた熱処理を加えることにより開放電圧を 680 mV から 724 mV に向上させることに成功している。また、第 5 章で述べた n-μc-$Si_{1-x}O_x$:H 薄膜を挿入することによって長波長域の量子効率が 2%向上することを示している。最終的にフラット基板およびテクスチャ基板を用いた太陽電池でそれぞれ変換効率 19.0%および 20.1%を達成している。

第 7 章「General Conclusions and Future Prospects」では、本研究で達成された成果をまとめ、さらなる高効率化に向けた技術課題とその解決策を述べている。

以上を要するに、本論文は、新しいヘテロ接合層として a-$Si_{1-x}O_x$:H を提案し、表面再結合速度 1.6 cm/s、開放電圧 724 mV を得るなど、新規構造が c-Si ヘテロ接合型太陽電池の高効率化に非常に有効であることを示したもので、工学上及び工業上貢献するところが大きい。よって、我々は本論文が博士（工学）の学位論文として十分に価値のあるものと認める。