

論文 / 著書情報
Article / Book Information

題目(和文)	p型ナノ結晶3C-SiC:Hエミッタを用いたヘテロ接合型結晶Si太陽電池に関する研究
Title(English)	Study of heterojunction crystalline silicon solar cells using p-type nanocrystalline cubic silicon carbide emitter
著者(和文)	浜下大輔
Author(English)	Daisuke Hamashita
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9457号, 授与年月日:2014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:Doctor (Engineering), Conferring organization: Tokyo Institute of Technology, Report number:甲第9457号, Conferred date:2014/3/26, 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

(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	浜下 大輔	
論文審査 審査員		氏名	職名	氏名	職名
	主査	小長井 誠	教授	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 Heterojunction Crystalline Silicon Solar Cells Using P-type Nanocrystalline Cubic Silicon Carbide Emitter (p 型ナノ結晶 3C-SiC:H エミッタを用いたヘテロ接合型結晶 Si 太陽電池に関する研究)」と題し、英文 7 章で構成されている。

第 1 章「Overview and Objective of This Research」では、まず地球温暖化問題及びエネルギー問題をレビューし、ついで、結晶 Si 太陽電池に関する現状と課題を示し、太陽光発電のさらなる普及とグリッドパリティの実現には、高効率化及び低コスト化が不可欠であると述べている。

第 2 章「Fundamental Aspects and Key Factor of High Efficiency Heterojunction Crystalline Silicon Solar Cells」では、現在、結晶 Si 太陽電池が抱える問題点を整理し、低コスト化及び高効率化を同時に実現するための方法について述べている。特に、市場の大部分を占めている p 型 Si 基板に対して n 型 Si 基板が有する優位性、及びプロセス温度の低温化が必要な薄型基板に対して有効な手法である、プラズマ CVD を用いたヘテロ接合化による利点と課題について紹介している。また、ヘテロ接合エミッタに求められる光学的・電気的特性を考察し、水素化ナノ結晶立方晶シリコンカーバイド(nc-3C-SiC:H)が有望であると述べている。

第 3 章「Numerical Analysis of Heterojunction N-type Crystalline Silicon Solar Cells with High Transparent P-type Emitter」では、p 型 nc-3C-SiC:H エミッタを用いた太陽電池特性のシミュレーション結果を記述している。理論解析により、変換効率の向上のためには、p 型ナノ結晶 3C-SiC:H のキャリア濃度の向上、及びパッシベーション膜のバンドギャップの低減(<1.93eV)が重要課題であると記している。

第 4 章「Preparation of P-type Hydrogenated Nanocrystalline Cubic Silicon Carbide Films with High Optical and Electrical Properties」では、ワイドギャップかつ低光吸収である p 型ナノ結晶 3C-SiC:H 薄膜(< 30 nm)を実際に作製し、電気的・光学的特性を評価した結果を述べている。特に、水素希釈比の増加により品質の高い結晶が作製され、電気的・光学的特性を大きく改善させることに成功している。さらに、p 型ナノ結晶 3C-SiC:H 薄膜の結晶性を評価する新たな手法として Conductive-AFM 法を提案し、アモルファス成分とナノ結晶成分の電気特性の差を利用して結晶化率を推定出来ることを示している。

第 5 章「Preparation of a-Si_{1-x}C_x:H Passivation Layer with High Durability against Atomic Hydrogen Etching」では、原子状水素によるエッチング耐性に優れたアモルファスシリコンカーバイド(a-Si_{1-x}C_x:H)のパッシベーション効果について述べている。炭素含有量 3 - 6 %にて界面欠陥密度を大きく低減することに成功し、膜厚 5 nm において表面再結合速度 6.8 cm/s を達成している。この結果は、a-Si_{1-x}C_x:H 薄膜が高いパッシベーション効果を有していることを示していると述べている。

第 6 章「Characterization of Heterojunction N-type Crystalline Silicon Solar Cells with P-type nc-3C-SiC:H Emitter」では、n 型結晶 Si 基板を用いたヘテロ接合太陽電池に、第 4 章で作製した p 型エミッタ、及び第 5 章で作製したパッシベーション膜を応用した結果、開放電圧が 302mV から 648mV へと大きく向上し、平坦基板で 18%の変換効率が達成されている。さらに 400-600nm の短波長域において、従来の p 型アモルファスシリコンを超える内部量子効率が得られることをデバイスレベルで実証している。

第 7 章「General Conclusions and Future Prospects」では、本研究で得られた成果を要約し、いっそうの高効率化に向けての将来展望について述べている。

以上を要するに、本論文は、n 型結晶シリコン太陽電池のエミッタとしてワイドギャップ p 型ナノ結晶 3C-SiC:H を用いた新構造を提案するとともに、ヘテロ接合形成時に発生する多くの課題を解決に導き 18%という高い変換効率の達成に成功したものであり、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。