

論文 / 著書情報
Article / Book Information

題目(和文)	革新的な欠陥低減技術を用いたシリコン量子ドット超格子構造太陽電池
Title(English)	Silicon Quantum Dot Superlattice Solar Cells Using Advanced Defect Reduction Techniques
著者(和文)	山田繁
Author(English)	Shigeru Yamada
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9458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9458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

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	山田 繁		
		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、「Silicon Quantum Dot Superlattice Solar Cells Using Advanced Defect Reduction Techniques (革新的な欠陥低減技術を用いたシリコン量子ドット超格子構造太陽電池)」と題し、英文 7 章より構成されている。

第 1 章「Overview and Objectives of This Research」では、まず地球温暖化問題やエネルギー問題を提示し、再生可能エネルギーとしての太陽電池の重要性について述べている。また、太陽電池技術開発の現状を述べるとともに、低コスト化かつ高効率化を同時に達成し得る未来に向けての太陽電池としてシリコン量子ドット超格子構造(Si-QDSL)の特質を述べ、太陽電池実現に向けての課題の整理を行っている。

第 2 章「Review of Recent Researches on the Third Generation Solar Cells」では、第三世代太陽電池の最近の研究動向を述べている。特に本論文の研究対象となっている Si-QDSL について詳述し、他の研究機関と比較しての特徴を明確にしている。また、量子効果を考慮した太陽電池特性の理論解析の結果から、Si-QDSL 太陽電池の高い可能性を明らかにしている。

第 3 章「Effects of Oxygen-Incorporation into a Si-QDSL with an Amorphous Silicon Carbide Matrix」では、バリア層であるアモルファス炭化シリコン(a-SiC)への酸素添加により、900 °C という高温アニール時においてもリークパスの形成が抑制されることを見出している。また、酸素添加した a-SiC を用いた Si-QDSL 太陽電池を作製した結果、518 mV という開放電圧を達成し、a-SiC への酸素添加が電気的特性の改善に有効であることを示している。

第 4 章「Preparation of Niobium Doped Titanium Dioxide and the Application to Diffusion Barrier Layers for Si-QDSL Solar Cells」では、900 °C という高温アニール時にドーパントが Si-QDSL 層への拡散することを抑制するため、ニオブドープ酸化チタン(TiO₂:Nb)をドーピング層と Si-QDSL 層の間に挿入することを提案している。この技術開発により、900 °C のアニール処理後の Si-QDSL 層中のリン原子の濃度を $4 \times 10^{19} \text{ cm}^{-3}$ から $4 \times 10^{16} \text{ cm}^{-3}$ 以下にまで低減させることに成功している。

第 5 章「Techniques for Reducing Dangling Bond Defects in a Si-QDSL」では、水素プラズマ処理によるダングリングボンド欠陥の低減技術について述べている。水素の拡散定数や欠陥密度の温度依存性を、二次イオン質量分析法や電子スピン共鳴法などによって測定し、プロセスの最適化により、欠陥濃度を $3.7 \times 10^{17} \text{ cm}^{-3}$ 程度まで減少させることが可能になったと述べている。

第 6 章「Improvement of Si-QDSL Solar Cell Performance Using Three Defect Reduction Techniques」では、第 3 章から第 5 章で述べた 3 つの欠陥低減技術を組み合わせることにより、Si-QDSL 太陽電池の特性を大幅に改善できたと述べている。光吸収層が 0.2 μm と薄いため短絡電流が 1.60 mA/cm² と低いが、開放電圧は 529 mV と、これまでに報告されている Si-QDSL 太陽電池の中では最も高い値を得ている。変換効率 0.39% は、現在、絶縁性基板上に作製された Si-QDSL 太陽電池の中では世界最高効率となっている。また 20 倍の集光下では 649 mV という高い開放電圧が得られており、この系のポテンシャルの高さを示していると述べている。

第 7 章「General Conclusions and Future Prospects」では、本研究で達成された成果を要約し、今後の更なる改善に向けた技術課題と解決策について述べている。

以上を要約するに、本論文は、a-SiC バリア層への酸素添加、TiO₂:Nb ドーパント拡散防止層の挿入、そして水素プラズマ処理技術が Si-QDSL 太陽電池の電気的特性改善に非常に有効な手法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。