

論文 / 著書情報
Article / Book Information

| | |
|-------------------|--|
| 題目(和文) | |
| Title(English) | Study of Amorphous Silicon Based Thin-Film Solar Cells with Full Spectrum Splitting Technique |
| 著者(和文) | KimSinae |
| Author(English) | Sinae Kim |
| 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9650号, 授与年月日:2014年9月25日, 学位の種類:課程博士, 審査員:小長井 誠,半那 純一,筒井 一生,山田 明,渡辺 正裕, Koeng Su Lim |
| Citation(English) | Degree:Doctor (Engineering), Conferring organization: Tokyo Institute of Technology, Report number:甲第9650号, Conferred date:2014/9/25, 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 | Sinae Kim | |
|-------------|------|-------|---------|--------------|---------------------------|
| 論文審査 審査員 | | 氏名 | 職名 | 氏名 | 職名 |
| | 主査 | 小長井 誠 | 教授 | 渡辺 正裕 | 准教授 |
| | 審査員 | 半那 純一 | 教授 | Koeng Su Lim | 学外審査員 韓国 KAIST 名誉教授 |
| | | 筒井 一生 | 教授 | | |
| | 山田 明 | 教授 | | | |

論文審査の要旨 (2000 字程度)

本論文は、「Study of Amorphous Silicon Based Thin-Film Solar Cells with Full Spectrum Splitting Technique (波長スプリッティング法を用いたアモルファス Si ベース薄膜太陽電池の研究)」と題し、英文 7 章より構成されている。

第 1 章「Overview and Objective of the Research」では、再生可能エネルギーとしての太陽光発電の基礎と太陽電池技術の開発動向、さらに将来に向けての技術開発のロードマップなどについて概説している。

第 2 章「Fundamental Aspect of a-Si:H Material and Multi-junction a-Si:H Based Thin Film Solar Cell」では、まずアモルファス Si 固有の物性について概説し、ついでアモルファス Si 半導体を用いた太陽電池で高い変換効率を実現するには、多接合太陽電池の開発が必要であると述べている。また、本研究の目的が、太陽光スペクトルを光学フィルタを用いて短波長領域と長波長領域に分割し、それぞれを禁制帯幅の大きなトップセル、禁制帯幅の小さなボトムセルに入射させる波長スプリッティング型太陽電池の開発にあると述べている。

第 3 章「Theoretical Analysis of a-Si:H Based Solar Cell with Spectrum Splitting Technique」では、トップセルとしてアモルファス Si を、ボトムセルとして Cu(InGa)Se₂ (CIGS)を用いた波長スプリッティング型太陽電池の最適設計を行っている。まず、カット波長やトップセルの光学的禁制帯幅 E_{opt}、アモルファス層の厚さをパラメータとしてトップセルの出力を太陽電池解析ソフト (AMPS-1D) を用いて詳細に理論解析している。ついで、ボトムセルとしての CIGS 太陽電池の出力を理論解析することによって、波長スプリッティング型太陽電池から得られる合計の出力を計算し、最適なトップセル、ボトムセルの構造パラメータを明らかにしている。また、トップセルを光学フィルタなしの 1sun の状態でシミュレーションすると変換効率は 11.3%、同様に CIGS 単独では 19.0%であるが、波長スプリッティングを採用すれば 24%の変換効率達成が可能との解析結果を得ている。

第 4 章「Fabrication of Single Junction a-Si:H Solar Cell for Application of Spectrum Splitting Top Cell」では、波長スプリッティング太陽電池のためのアモルファス Si トップセルの開発について述べている。特に波長スプリッティング太陽電池用トップセルとしては、短波長領域での高い感度と高い開放電圧が必要となる。そこで、本研究では、プラズマ CVD 法によるアモルファス Si の低温形成と、高水素希釈による高品質化、さらには光閉じ込めのための凹凸構造を有する透明導電膜の採用など、トップセルとしての高効率化を図る数多くの手法を導入している。特に開放電圧を高めるための最適な凹凸構造や、ZnO/SnO₂の積層構造などの新提案を行っている。

第 5 章「Optimization of a-Si:H Based Solar Cell for Spectrum Splitting Technique」では、第 4 章で述べているアモルファス Si 太陽電池と、共同研究機関から提供された CIGS 太陽電池を用いて、波長スプリッティング特性を測定し、この方式が高効率化に向けての極めて有力な新技術に成り得ると述べている。まず、カット波長の異なる光学フィルタ (市販品) を用いて、波長スプリッティング特性を測定したところ、最大で 18%の変換効率が得られたが、光学フィルタの透過率が総合出力を大きく制限していることを述べている。つぎに、共同研究機関とともに新たに高性能光学フィルタを開発し波長スプリッティング特性を測定したところ、総合変換効率 23%と、理論解析の結果とほぼ同様の高い値が得られたと述べている。薄膜太陽電池で波長スプリッティング特性を測定したのは、本研究が世界初であり、23%の変換効率は、アモルファス系、CIGS 系太陽電池のみでは達成できなかった値である。

第 6 章「General Conclusion 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。

以上を要するに、本論文は、薄膜太陽電池の変換効率を飛躍的に高めるために、波長スプリッティング太陽電池の提案・開発を行ったもので、アモルファス Si と Cu(InGa)Se₂の組み合わせにより変換効率 23%を得るなど、この方式の有効性を実証したもので、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。