

論文 / 著書情報
Article / Book Information

| | |
|-------------------|---|
| 題目(和文) | |
| Title(English) | Study of Heterojunction Interface for High-efficient Cu(In,Ga)Se ₂ solar cells |
| 著者(和文) | 西村昂人 |
| Author(English) | Takahito Nishimura |
| 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10800号, 授与年月日:2018年3月26日, 学位の種別:課程博士, 審査員:山田 明,中川 茂樹,間中 孝彰,宮島 晋介,PHAM NAM HAI,和田 隆博 |
| Citation(English) | Degree:Doctor (Engineering), Conferring organization: Tokyo Institute of Technology, Report number:甲第10800号, Conferred date:2018/3/26, 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 | 西村 昂人 | | |
|-------------|-----|-------|---------|-------|--------------|-------------------|
| 論文審査 審査員 | | 氏名 | 職名 | | 氏名 | 職名 |
| | 主査 | 山田 明 | 教授 | 審査員 | Pham Nam Hai | 准教授 |
| | 審査員 | 中川 茂樹 | 教授 | | 和田 隆博 | 学外審査員 (龍谷大学教授) |
| | | 間中 孝彰 | 教授 | | | |
| 宮島 晋介 | | 准教授 | | | | |

論文審査の要旨 (2000 字程度)

本論文は「Study of Heterojunction Interface for High-efficient Cu(In,Ga)Se₂ solar cells」(Cu(In,Ga)Se₂太陽電池の高性能化に向けたヘテロ接合界面に関する研究)と題し、英文 8 章より構成されている。

第 1 章「Introduction」では、地球温暖化あるいは人口増加に伴うエネルギー資源の枯渇が問題となるなか、クリーンで無尽蔵なエネルギー源である太陽光発電の開発が重要であり、本研究の目的が、高効率かつ低コストが見込める Cu(In,Ga)Se₂(CIGS)薄膜太陽電池の高効率化指針をデバイス物理に基づいて明らかにすることであると述べている。

第 2 章「Fundamental properties of Cu(In,Ga)Se₂ solar cells」では、CIGS 太陽電池の基礎物性及び作製方法についてまとめている。多元同時蒸着法で作製された p 型 CIGS 光吸収層は組成の自由度が高く、Cu₂(In,Ga)₄Se₇、Cu(In,Ga)₃Se₅、Cu(In,Ga)₅Se₈ など様々な Cu 欠損状態の相が安定的に存在することが特徴であり、材料の多様性が太陽電池特性に大きな影響を及ぼすことを指摘している。

第 3 章「Guideline for highly efficient Cu(In,Ga)Se₂ solar cells」では、CIGS 太陽電池の高効率化に向けた指針を得るため、1次元デバイスシミュレータを用いたデバイス解析についてまとめている。その結果、太陽電池性能を制限する要因が n 型 CdS 層と p 型 CIGS 光吸収層とのヘテロ接合界面における界面再結合であることを明らかにするとともに、その改善策として、ヘテロ接合界面に禁制帯幅の広い半導体層を導入することを提案、CIGS 光吸収層との間で 0.15 eV 以上の価電子帯不連続 (ΔE_v) を形成することにより、界面再結合損失を大幅に低減できることを明らかにしている。

第 4 章「Characterization of Cu-deficient materials on Cu(In,Ga)Se₂」では、ヘテロ接合界面に導入する半導体層として CIGS 系 Cu 欠損材料に着目、同時蒸着法により Cu(In,Ga)₃Se₅ を作製、基礎物性評価により Cu(In,Ga)₃Se₅ が界面層として適切なバンド構造を有していることを明らかにしている。

第 5 章「Application of Cu-deficient layer on solar cell devices」では、 ΔE_v による界面改質効果を検証している。CdS/CIGS ヘテロ接合界面に Cu(In,Ga)₃Se₅ を有する単傾斜バンド構造の CIGS 太陽電池を作製、界面再結合が大きい単傾斜構造の太陽電池に対して数十 nm の Cu(In,Ga)₃Se₅ 界面層を挿入することにより開放電圧が向上、 ΔE_v により界面への多数キャリアの流れが抑制され界面再結合電流が減少、太陽電池特性が向上したと述べている。

第 6 章「Accurate control of Cu-deficient layer」では、製造コスト低減のため、成長中断による Cu 欠損層の直接堆積ではなく、CIGS 作製プロセス変更によるヘテロ接合界面への Cu 欠損層の導入についてまとめている。最初に相図を用いた Cu 欠損層の成長モデルを構築、Cu 欠損層の制御方法として新たに Se 照射時間を設ける手法を考案、成長時に 5 分間の Se 照射時間を導入することにより約 200 nm の均一な Cu 欠損層の形成に成功したと述べている。

第 7 章「High-efficient Cu(In,Ga)Se₂ solar cells with Cu-deficient layer」では、CIGS 表面への均一な Cu 欠損層の導入によりヘテロ接合界面に ΔE_v が形成されて界面再結合電流が低減、変換効率 19.8%の世界トップレベルの CIGS 太陽電池の作製に成功したと述べている。

第 8 章「General summary and future prospects」では本論文の成果を要約し、CIGS 太陽電池の更なる高効率化並びに今後の展望についてまとめている。

以上を要するに本論文は、理論解析により CIGS 太陽電池の変換効率の制限要因を明らかにし、その改善方法を提案、新たな製膜プロセスにより変換効率の向上を実現したものであり、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あるものと認める。