

論文 / 著書情報  
Article / Book Information

題目(和文)	フレキシブル基板上 Cu(In,Ga)Se <sub>2</sub> 太陽電池の研究
Title(English)	Study of Cu(In,Ga)Se <sub>2</sub> Solar Cells on Flexible Substrate
著者(和文)	Adiyudha Sadono
Author(English)	Adiyudha Sadono
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10802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10802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	SADONO ADIYUDHA		
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 Cu(In,Ga)Se<sub>2</sub> Solar Cells on Flexible Substrate」(フレキシブル基板上 Cu(In,Ga)Se<sub>2</sub> 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「Introduction」では、環境・エネルギー問題の解決手段として太陽光発電がますます重要となっていることを指摘、その普及のためには太陽電池モジュールの高効率化、軽量化および多機能化が重要であるとし、本研究の目的が、ポライミド (PI) 上への高効率 Cu(In,Ga)Se<sub>2</sub> (CIGS) 太陽電池の作製手法の開発であると述べている。

第 2 章「Fundamental Physical Properties of Cu(In,Ga)Se<sub>2</sub> Material and Solar Cells」では、CIGS の基礎物性、並びに CIGS 太陽電池の構造及び製膜手法についてまとめている。

第 3 章「Flexible Cu(In,Ga)Se<sub>2</sub> Solar Cells Problems and Challenges」では、フレキシブル CIGS 太陽電池の現状と問題点についてまとめている。PI 基板はフレキシブル基板として有望であるものの、その取扱い及び高コストが問題であることを指摘、これら問題点解決のために新たに PI 付青板ガラス (SLG) 基板を用いることを提案、基板からの剥離によりフレキシブル太陽電池が実現され、基板の取り扱いが容易になるとともに PI の薄膜化が可能となり、低コストなフレキシブル太陽電池の作製が可能になるとしている。次に、低い製膜温度にて PI 付 SLG 基板上に CIGS 太陽電池を作製する際の課題について考察、元素拡散の低減に伴うバンドプロファイルへの深いノッチの形成、SLG 基板からのアルカリ金属の拡散低下によるキャリア濃度の減少、並びに CdS/CIGS ヘテロ接合界面における再結合が主な課題であると述べている。

第 4 章「New Band Profile Design for Cu(In,Ga)Se<sub>2</sub> Deposited at Low Temperature」では、低温製膜時の課題である深いノッチの形成並びに界面再結合を防ぐため、ノッチが無い単傾斜バンドプロファイル及び CIGS 太陽電池ヘテロ接合界面への Cu 欠損層の導入を試みている。その結果、少数キャリア収集の防げとなる深いノッチの消失並びに界面再結合損失の低減に成功し、450℃の低温製膜において変換効率が 13.0%から 14.5%まで改善されたと述べている。

第 5 章「Effects of Alkali Metal on Cu(In,Ga)Se<sub>2</sub> Solar Cells」では、CIGS 光吸収層に対するアルカリ金属並びに製膜後のアルカリ金属処理 (PDT) の効果についてまとめている。最初に、NaF 処理の効果を検討し、Na は CIGS のキャリア濃度向上に効果があり、これにより変換効率が 13.4%から 15.1%まで改善したと述べている。次に KF を用いた PDT 処理の効果を検証、K は CIGS 表面にポイントコンタクトを形成する効果があり、これにより 17.5%までの変換効率の改善に成功している。

第 6 章「Improvement of Surface Passivation of Cu(In,Ga)Se<sub>2</sub> by Deposition of Alkali Metal and Cu-deficient Layer」では、さらなる表面パッシベーション効果の向上を目的として、アルカリ金属処理並びに表面への Cu 欠損層形成を併用する手法を新たに提案している。その結果、KF 処理により生じたポイントコンタクトに Cu 欠損層が堆積することを透過型電子顕微鏡観察により明らかにし、両者のパッシベーション効果により変換効率が向上するとのモデルを提案、最終的に KF 処理及び Cu 欠損層製膜を併用することにより 450℃の低温製膜において変換効率 18.1%の高効率太陽電池の作製に成功している。

第 7 章「General Conclusion and Future Prospects」では、本論文の成果を要約し、今後の展望と CIGS 太陽電池の更なる高効率化技術についてまとめている。

以上を要するに本論文は、低温製膜時におけるフレキシブル CIGS 太陽電池の効率制限要因を明らかにし、その改善方法を提案、実験によりその有効性を示したものであり、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。