

Title	環境負荷低減型高効率低コストCdS/CdTe太陽電池の開発
Author(s)	中村, 京太郎
Citation	大阪大学, 2002, 博士論文
Version Type	
URL	<a href="https://hdl.handle.net/11094/43567">https://hdl.handle.net/11094/43567</a>
rights	
Note	著者からインターネット公開の許諾が得られていないため、論文の要旨のみを公開しています。全文のご利用をご希望の場合は、 <a href="https://www.library.osaka-u.ac.jp/thesis/#closed">〈a href="https://www.library.osaka-u.ac.jp/thesis/#closed"〉</a> 大阪大学の博士論文について <a href="https://www.library.osaka-u.ac.jp/thesis/#closed">〈/a〉</a> をご参照ください。

***Osaka University Knowledge Archive : OUKA***

<https://ir.library.osaka-u.ac.jp/>

Osaka University

氏名	なかむら きょうたろう 中村 京太郎
博士の専攻分野の名称	博士(工学)
学位記番号	第 17108 号
学位授与年月日	平成14年3月25日
学位授与の要件	学位規則第4条第1項該当 基礎工学研究科物理系専攻
学位論文名	環境負荷低減型高効率低コスト CdS/CdTe 太陽電池の開発
論文審査委員	(主査) 教授 岡本 博明  (副査) 教授 蒲生 健次 教授 奥山 雅則

#### 論文内容の要旨

CdS/CdTe 薄膜太陽電池は次世代太陽電池の有力候補であるが、その問題点は Cd の有害性であり、対策として CdTe 層（発電層）厚を  $3\ \mu\text{m}$  以下に低減した環境負荷低減型太陽電池の開発が急務である。しかし、単純に発電層厚を低減した場合には変換効率が大きく低下する。本研究では、発電層厚を低減した CdTe 太陽電池の諸特性・接合特性に対して、各製造プロセスがいかなる影響を及ぼしているかについて検討した。

まず、CdS 層厚の最適化による発電層の改善を検討し、CdS 層厚増加に伴い  $\text{CdTe}_{1-x}\text{S}_x$  混晶層の混晶比が増加すること、また発電層の結晶配向性、結晶粒径が増大することをはじめ明らかにした。これらの効果によって CdS 層厚  $85\text{nm}$  未満では CdS 層厚増加に伴って性能が向上するが、 $95\text{nm}$  以上では CdS 層での光吸収のために性能が低下する。

高温・長時間の  $\text{CdCl}_2$  処理を行うと CdS/CdTe 界面の構造劣化が起これ性能が低下するが短時間処理を行うことによってこれが改善される事を明らかにした。さらに、雰囲気中の酸素濃度が性能に大きな影響を及ぼすことを初めて示した。また、紫外光励起電界変調フォトルミネッセンス (UVE-EMPL) 法を開発し、 $\text{CdCl}_2$  処理中の熱処理温度、酸素濃度と CdS/CdTe 界面の特性、及び太陽電池性能とが密接に結びついていることを明らかにした。

Cu 熱拡散条件検討によるアクセプタ濃度分布の最適化を行い、C ソース中 Cu 濃度は一定に保ちつつ  $350\text{--}360^\circ\text{C}$  で短時間、熱処理することによって性能が向上する事を示した。熱処理温度に対応してアクセプタ濃度分布が変化することを示し、さらに UVE-EMPL の評価結果と合わせて、最適温度での短時間熱処理によってアクセプタ濃度分布が最適化され性能が向上することを示した。本研究で得られた知見に基づいて発電層厚  $2.5\ \mu\text{m}$  の CdS/CdTe 太陽電池を試作し、発電層厚  $3\ \mu\text{m}$  以下においてこれまでで最も高い変換効率  $14.1\%$  を達成した。

#### 論文審査の結果の要旨

CdTe は太陽電池用半導体材料として優れた特長を数多く持っており、これを発電層とした CdS/CdTe 薄膜太陽電池は次世代薄膜太陽電池の最有力候補として実用化に向けた精力的な研究が続けられているが、最大の問題点は Cd の有害性である。そのため Cd 使用量を削減し環境に対する負荷を低減する必要がある、現在発電層として一般的に

用いられている5～数10 $\mu\text{m}$ の厚さのCdTe層を3 $\mu\text{m}$ 以下に低減することが急務である。しかしながら、単純に発電層厚を低減した場合には変換効率が大きく低下する。本論文は、発電層厚を低減した環境負荷低減型CdS/CdTe薄膜太陽電池において、各製造プロセスが太陽電池諸特性・横合特性に対して影響を及ぼす機構を解明し、高性能化への指針を得ることを目的として行われた一連の研究結果をまとめたものである。

本論文ではまず発電層厚低減に伴う太陽電池性能低下の要因について検討しCd/CdTe界面近傍に形成されるCdTe<sub>1-x</sub>S<sub>x</sub>混晶層の混晶比が発電層厚低減に伴って低下すること、およびCdTe粒径が減少する事を明らかにしている。これらが性能低下に関与していると考えてCdS層厚の最適化による発電層の改善を検討し、CdS層厚の増加によって混合晶化が促進されCdTe結晶配向性が向上するとともに結晶粒径が増大し、発電層中の再結合が抑制されるという重要な効果を発見している。

また発電層厚低減に伴いCdS/CdTe界面の構造劣化が生じていることから、これに対してCdCl<sub>2</sub>処理の最適化によるCdS/CdTe界面の改質を検討し、高温長時間のCdCl<sub>2</sub>処理によってCdS/CdTe界面の構造劣化が誘起されることを明らかにすると共に、高温短時間のCdCl<sub>2</sub>処理によって太陽電池性能を向上させることに成功している。また、CdCl<sub>2</sub>処理雰囲気中の酸素濃度が性能に大きな影響を及ぼすことを初めて明らかにしている。さらに紫外光励起電界変調フォトルミネッセンス(UVE-EMPL)法という分析手法を新たに開発してCdS/CdTe界面の評価を行い、CdCl<sub>2</sub>処理中の熱処理温度、酸素濃度とCdS/CdTe界面近傍のn<sup>+</sup>-CdTe<sub>1-x</sub>S<sub>x</sub>層の特性、そして太陽電池性能とが密接に結びついていることを示している。

次に、発電層厚低減に伴うアクセプタ濃度分布の変化に着目して、アクセプタ不純物であるCuの熱拡散条件を検討した結果、350-360°Cで短時間熱処理を行う事によって性能を向上させることに成功している。アクセプタ濃度分布分析およびUVE-EMPL測定から、上記の処理によってアクセプタ濃度分布が最適化されたことを示唆する結果が得られたことは、この検討の妥当性を裏付けている。最後に得られた知見を総合して発電層厚2.5 $\mu\text{m}$ において変換効率14.1%を達成しているが、これは発電層厚3 $\mu\text{m}$ 以下のCdS/CdTe薄膜太陽電池において報告された中で最も高い変換効率であり、環境負荷低減型CdS/CdTe太陽電池の実用性を証明する重要な成果である。

以上の研究成果は、発電層厚を低減した環境負荷低減型CdS/CdTe薄膜太陽電池の高性能化、およびその実用化に対して先駆的な貢献をしたものであり、博士(工学)の学位論文として価値のあるものと認める。