



Title	CuInSe ₂ 系薄膜の作製と太陽電池への応用に関する研究
Author(s)	西谷, 幹彦
Citation	大阪大学, 1998, 博士論文
Version Type	
URL	https://hdl.handle.net/11094/41135
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、大阪大学の博士論文についてをご参照ください。

The University of Osaka Institutional Knowledge Archive : OUKA

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

The University of Osaka

氏 名	にし 西	たに 谷	みき 幹	ひこ 彦
博士の専攻分野の名称	博 士 (工 学)			
学 位 記 番 号	第 1 4 2 3 2 号			
学 位 授 与 年 月 日	平 成 10 年 12 月 25 日			
学 位 授 与 の 要 件	学位規則第 4 条第 2 項該当			
学 位 論 文 名	CuInSe ₂ 系薄膜の作製と太陽電池への応用に関する研究			
論 文 審 査 委 員	(主査) 教 授 中 島 信 一 (副査) 教 授 岩 崎 裕 教 授 萩 行 正 憲 教 授 伊 東 一 良 教 授 石 井 博 昭			

論 文 内 容 の 要 旨

本論文は、フラックスの制御性の高い多元蒸着装置 (MBE 装置) を用いて結晶性の優れた Cu(In, Ga)(Se, S)₂ 系薄膜を成長するプロセスについて研究し、それらの薄膜を用いて作製した太陽電池デバイスに関する結果をまとめたものであり、以下の 6 章より構成されている。

第 1 章においては、CuInSe₂ 系半導体の結晶相や結晶構造、関連する材料について概説した後、現在までの CuInSe₂ 系薄膜の研究とこれらの半導体で構成される薄膜太陽電池の位置付けについて述べている。そのなかで CuInSe₂ 系薄膜太陽電池の開発の目的を示すとともに得られた結果の概略について述べている。

第 2 章においては、CuInSe₂ 系薄膜の多元蒸着法による作製基本プロセスとその基本的物性について述べている。CuInSe₂ 系薄膜の結晶相、表面形態、電気伝導度、光学特性は、Cu/In 組成比が～1 を境に大きく変化し、物性制御のためには組成制御、特に Cu/In 比の制御が重要であることを指摘し、さらに本研究で初めて見出した V 族の不純物導入による n 型から p 型への反転現象について述べている。

第 3 章においては、Cu 過剰組成での CuInSe₂ 結晶成長機構について調べ、その機構が Cu₂Se のネットワークを保ったまま成長する VLS (気・液・固層) 成長であることを提唱している。また、太陽電池としてデバイス化が可能で、優れた結晶性を持つ CuInSe₂ 系薄膜を作製するためには、膜成長をいったん Cu 過剰な条件下で行った後その際生じた Cu-Se 化合物を除去するプロセスが重要であることを指摘している。また、膜成長中に薄膜の組成が実時間で Cu 過剰か In 過剰かをモニターする方法を開発し、その有用性を確認している。

第 4 章では、第 3 章で研究された Cu(In, Ga)Se₂ (CIGS) 薄膜の高品質膜作製プロセスを中心としたデバイス化技術について述べている。特に、ガラス/Mo/Cu(In, Ga)Se₂/CdS/ZnO/ITO 構造の太陽電池において、Ga 量の最適化、下地との付着性の向上、接合形成プロセスの最適化などによって、変換効率 17% を越える太陽電池セルを実現できた内容について述べている。

第 5 章では、さらなる変換効率向上のための太陽電池デバイス・プロセス評価技術として取り組んだ EBIC 法による接合評価、過渡光電流法による CIGS 膜での少数キャリアの拡散長及び裏面における再結合速度の評価、フォトルミネ

ッセンス(PL)によるデバイス作製プロセスの評価などを提案し、その有用性について述べている。さらに、変換効率が高い CIGS セルで少数キャリアの拡散長、寿命、Mo/CIGS 界面の再結合速度を求めている。

第 6 章では本研究の成果の総括と今後の展望や課題について述べている。

論文審査の結果の要旨

CuInSe₂ 系薄膜太陽電池は、铸造 Si に匹敵する性能と信頼性をもつ太陽電池になり得る可能性を充分にもっているが、そのためには、多元系材料のもつ自由度をいかに制御していくかが大きな研究の課題である。本研究では、制御性の高い MBE 装置を用いて、その課題に取り組み、CuInSe₂ 系薄膜の物性を明らかにすると共にそれらを用いた太陽電池デバイスの性能の定量評価法を確立し、基本物性とプロセス技術とデバイス特性の関係を明確にしたもので、主な成果は次の通りである。

- (1) 蒸着法による CuInSe₂ 薄膜の作製において、各構成元素のフラックスを制御することによって、作製する薄膜の結晶相や結晶性を制御しようとする考え方に基づいて作製プロセスを確立している。さらに作製した CuInSe₂ 薄膜の基本的な物性(表面形態、欠陥、電気伝導度、フォトルミネッセンス、ラマンや赤外吸収など)と膜組成との関係、V 族不純物の導入効果や Ga 及び S の添加に関する知見を明らかにし、優れた結晶性を持つ CuInSe₂ 薄膜を再現性よく作製するプロセスと in-situ 組成モニタリングに関する技術を提案している。
- (2) 高効率な CuInSe₂ 薄膜太陽電池を作製するために、必要な要素技術を確認し太陽電池セル作製プロセスの最適化とそのために必要な評価法を開発している。CuInSe₂ 系薄膜のバンドギャップやその組成分布の最適化を中心とした太陽電池構造に関する研究及び接合部や各界面に関する TEM, SIMS や XPS などを用いた研究を基に変換効率向上のための指針を明らかにしている。
- (3) デバイス評価に関する研究においては、得られた CuInSe₂ 系薄膜太陽電池の変換効率(性能)が、デバイス作製の各プロセスにおいてどのように最適化され、結果としてどのような物性パラメーターで実現されているのかを電子ビーム誘起電流(EBIC)法、過渡光電流法やフォトルミネッセンス(PL)法で明らかにし、太陽電池セルを特徴付けるパラメーター(たとえば、少数キャリアの拡散長、各界面での再結合速度など)の定量評価を可能にしている。

以上のように本論文は CuInSe₂ 系薄膜太陽電池の変換効率の高効率化のためには、そのデバイスを構成する各薄膜を作製するプロセス技術と in-situ モニター技術、各薄膜層や各界面の評価技術及びデバイスの評価技術が重要で不可欠であることを実証し、CuInSe₂ 系の薄膜太陽電池作製技術を確認したものであり、応用物理学特に半導体工学の発展に寄与するところが大きい。よって本論文は博士論文として価値あるものと認める。