

論文 / 著書情報
Article / Book Information

題目(和文)	太陽光 - 水素変換に向けたCu ₂ Oヘテロ接合素子に関する研究
Title(English)	Study of Cu ₂ O Based Heterojunction Devices for Solar-to-Hydrogen Conversion
著者(和文)	滝口 雄貴
Author(English)	Yuki Takiguchi
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10799号, 授与年月日:2018年3月26日, 学位の種別:課程博士, 審査員:宮島 晋介,中川 茂樹,山田 明,間中 孝彰,PHAM NAM HAI,芦田 淳
Citation(English)	Degree:Doctor (Engineering), Conferring organization: Tokyo Institute of Technology, Report number:甲第10799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

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	滝口 雄貴	
論文審査 審査員		氏名	職名		
	主査	宮島 晋介	准教授	Pham Nam Hai	准教授
	審査員	中川 茂樹	教授	芦田 淳	学外審査員 大阪府立大
		山田 明	教授		
間中 孝彰		教授			

論文審査の要旨 (2000 字程度)

本論文は、「Study of Cu₂O Based Heterojunction Devices for Solar-to-Hydrogen Conversion (太陽光-水素変換に向けた Cu₂O ヘテロ接合素子に関する研究)」と題し、英文 8 章より構成されている。

第 1 章「Overview and Objective of This Thesis」では、本研究の背景と目的および本論文の構成が述べられている。クリーンなエネルギーキャリアとしての水素の可能性および光電気化学デバイスによる水素生成の現状を説明し、可視光吸収材料を用いることが光電気化学デバイスの効率改善に必須であることを述べている。また、光電気化学デバイスの構造が太陽電池の構造と酷似しており、太陽電池の高効率化が光電気化学デバイスの高効率化につながることを説明している。

第 2 章「Basics of Cuprous Oxide」では、水素生成用の光電気化学デバイス材料の候補である Cu₂O (Cuprous Oxide) の諸物性および Cu₂O を光吸収層に用いた太陽電池および光電気化学デバイスの現状を詳細に説明し、現状のデバイスには改善の余地が大きく残されていると述べている。

第 3 章「Device Simulation of Cuprous Oxide Heterojunction Solar Cells」では、Cu₂O 太陽電池の高効率化の指針を得るためのデバイスシミュレーションについて述べている。精度の良いモデル構築のためには界面欠陥層の挿入が重要であることを指摘し、既存のデバイス特性を再現できるシミュレーションモデルを提示している。構築したモデルを用いて高効率化の指針を検討し、n 型層の電子親和力を 3.2 eV 程度にすることで高い変換効率が期待できると述べている。また、高い移動度を有する Cu₂O 層を 2-5 μm 程度まで薄膜化し、太陽電池の裏面に高濃度ドーピング層を挿入することにより、変換効率の改善が可能であることを見出したと述べている。

第 4 章「Low-Temperature Post-Deposition Annealing to Electrochemically Deposited Cu₂O Thin Films」では、高い移動度を有する Cu₂O 薄膜の低コスト作製法について述べている。電気化学製膜法は低コストな製膜法として知られているが、この手法で作製した Cu₂O 膜の移動度は 1 cm²/V·s 以下と低いという問題があったが、製膜後に 150°C 程度の比較的低温で熱処理することにより飛躍的に移動度が向上し、電気化学製膜法によるアンドープ Cu₂O 膜として最も高い移動度 18 cm²/V·s が得られたと述べている。また、移動度が向上した試料からは、フォトルミネッセンス測定において室温で励起子発光が確認されており、光学的な手法からも膜質の改善が確認されたと述べている。

第 5 章「Sputtered Cu₂O:N Thin Films for Highly Doped Back Surface Layers」では、高濃度ドーピングされた Cu₂O 薄膜の作製について述べている。スパッタリング法を用いることにより、正孔濃度 1.22 × 10²⁰ cm⁻³ を有する 25 nm の Cu₂O 薄膜を室温で作製できると述べている。

第 6 章「Low-Temperature Metal Organic Chemical Vapor Deposition Using Trimethylgallium and Water」では、Cu₂O 太陽電池の n 型層として用いるための、ガリウム酸化物膜の低温堆積技術について述べている。180°C 程度の基板温度において平坦なガリウム酸化物膜を形成することができるが、それ以上の温度ではナノワイヤー状のガリウム酸化物が形成されることを明らかにしたと述べている。

第 7 章「Application of Developed Techniques and Materials to Cu₂O Based Devices」では、開発した技術を基に Cu₂O 太陽電池および電気化学デバイスを作製した結果を述べている。電気化学製膜による Cu₂O 膜を用いた太陽電池としては比較的高い短絡電流密度が得られており、Cu₂O 膜の高移動度化の効果であると述べている。また、電子線誘起電流 (EBIC) 測定を行い、デバイス構造におけるキャリア拡散長を評価した結果を報告している。

第 8 章「Summary and Future Directions」では、本研究で達成された成果をまとめ、さらなる改善に向けた技術課題とその解決策を述べている。

以上を要するに、本論文は、デバイスシミュレーションにより Cu₂O 太陽電池の高効率化の指針を明らかにし、それに基づき Cu₂O 膜の高移動度化、高濃度ドーピング、n 型層形成の各手法を開発するとともに、太陽電池および光電気化学デバイスへの応用を実現したもので、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。