

論文 / 著書情報
Article / Book Information

題目(和文)	高効率・広バンドギャップAg(In,Ga)Se ₂ 太陽電池の研究
Title(English)	Study of high efficiency wide-bandgap Ag(In,Ga)Se ₂ solar cells
著者(和文)	梅原猛
Author(English)	Takeshi Umehara
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10640号, 授与年月日:2017年9月20日, 学位の種別:課程博士, 審査員:山田 明,中川 茂樹,宮島 晋介,間中 孝彰,PHAM NAM HAI,峯元 高志
Citation(English)	Degree:Doctor (Engineering), Conferring organization: Tokyo Institute of Technology, Report number:甲第10640号, Conferred date:2017/9/20, 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	梅原 猛		
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		峯元 高志	教授 (学外審査員)
		宮島 晋介	准教授			
間中 孝彰		准教授				

論文審査の要旨 (2000 字程度)

本論文は「Study of high efficiency wide-bandgap Ag(In,Ga)Se₂ solar cells」(高効率・広バンドギャップ Ag(In,Ga)Se₂ 薄膜太陽電池の研究)と題し、英文 6 章より構成されている。

第 1 章「Background and objective」では、再生可能エネルギーである太陽光発電は環境・エネルギー問題の解決手段として期待されている一方、その普及を妨げている 1 番の原因がその発電コストの高さであり、多接合化技術により基幹電源並みの発電コストが実現できると述べている。このうち Ag(In,Ga)Se₂ (AIGS)材料は、多接合太陽電池のトップセルに適したバンドギャップ約 1.75 eV を Ga/(In+Ga)組成比を変化させることにより作製することが可能であり、本研究の目的が AIGS の物性評価並びに太陽電池の高効率化であると述べている。

第 2 章「Fabrication and properties of Ag(In,Ga)Se₂ solar cells」では、AIGS 太陽電池の作製方法及びその特性についてまとめている。現状の AIGS 太陽電池の変換効率はトップセルとしては低く、効率向上のためには開放電圧(V_{oc})及び曲線因子 (FF)の改善が必要であると、電流密度-電圧 (J-V)特性に現れる特性曲線の曲がりの改善、CdS/AIGS 界面における再結合の抑制が AIGS 太陽電池の効率向上にとって重要であると述べている。

第 3 章「Electrical characterization of Ag(In,Ga)Se₂ layers by combining AC Hall measurement and a peel-off process」では、新たな AIGS のキャリア濃度評価手法として、Mo 裏面電極からの AIGS 引き剥がし技術及び AC ホール測定法の併用を提案し、AIGS の正孔濃度が 10¹² cm⁻³ 台と非常に低いことを明らかにするとともに、この低い正孔濃度が浅いアクセプタと深いドナー性欠陥との補償効果に起因することを明らかにしている。

第 4 章「Solution of the roll-over-shaped current density-voltage characteristic」では、AIGS 太陽電池の効率制限要因の 1 つである J-V 特性曲線の曲がりについて考察し、キャリア濃度の評価結果を基にしたデバイス解析により、低い正孔濃度が V_{oc}並びに FF の主な制限要因であることを明らかにしている。さらに、AIGS の浅いアクセプタ濃度の増加もしくは深いドナー性欠陥の抑制により、正孔濃度を 10¹⁵ cm⁻³ 台まで増加させることにより J-V 特性曲線の曲がりを改善することが可能であり、V_{oc}並びに FF の大幅な向上が期待され、変換効率 13%が得られるとしている。そこで正孔濃度向上のため NaF 添加を行うことを提案、AIGS の正孔濃度を 2.2×10¹² cm⁻³ から 1.3×10¹³ cm⁻³ まで増加させることに成功し、変換効率が 7.1%から 8.8%まで改善されたと述べている。

第 5 章「Conduction band offset engineering by hybrid buffer layer」では、AIGS 太陽電池の更なる効率制限要因を明確にするため、正・逆光電子分光測定を用いて CdS/AIGS 界面のバンド接続を評価した結果についてまとめている。測定の結果、CdS/AIGS の伝導帯不連続量は約 0.4 eV であり、負の不連続バンド構造により界面再結合が発生、これが V_{oc}低下の一要因であると述べている。さらに、デバイス解析により CdS/AIGS 界面の伝導帯不連続量だけでなく、CdS/TCO (透明導電膜)界面の伝導帯不連続量をも制御する必要があることを明らかにし、新たな n 型層として CdS/ZnS(O,OH)ハイブリッドバッファ層の導入を提案、バンドギャップ約 1.75 eV の AIGS を用いて変換効率 9.7%の世界トップレベルの太陽電池が実現されたと述べている。

第 6 章「General summary and future prospects」では、本論文の成果を要約し、今後の展望として AIGS 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、広バンドギャップ AIGS 太陽電池における 2 つ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。