

論文 / 著書情報
Article / Book Information

題目(和文)	
Title(English)	Study of Zn-Ge-O Thin Film as Alternative Low Electron Affinity N-Type Material for Wide Band Gap Chalcogenide Solar Cell
著者(和文)	EGYNADwinanri
Author(English)	Dwinanri Egyana
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12572号, 授与年月日:2023年9月22日, 学位の種別:課程博士, 審査員:山田 明,伊原 学,中川 茂樹,間中 孝彰,宮島 晋介,杉山 睦
Citation(English)	Degree:Doctor (Engineering), Conferring organization: Tokyo Institute of Technology, Report number:甲第12572号, Conferred date:2023/9/22, 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	Dwinaanri Egyna	
論文審査 審査員		氏名		職名	氏名	職名
	主査	山田 明		教授	宮島晋介	准教授
	審査員	伊原 学		教授	杉山 睦	教授 (学外審査員)
		中川茂樹		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 Zn-Ge-O Thin Film as Alternative Low Electron Affinity N-Type Material for Wide Band Gap Chalcogenide Solar Cell」と題し、英文5章より構成されている。

第1章「Introduction」では、地球の環境・エネルギー問題について総括し、化石燃料から再生可能エネルギーへの転換が持続可能社会の実現には重要であり、本研究の目的が広い禁制帯幅を有するカルコゲナイド系太陽電池用新規低電子親和力材料の開発であると述べている。

第2章「CIGS_{Se}-based Photovoltaics」では、p型光吸収層を有するCu(In, Ga)(S, Se)₂(CIGSSe)化合物薄膜太陽電池の構造並びに光入射側であるn型層及びpnヘテロ接合界面の重要性についてまとめている。

第3章「Low Electron Affinity Material for Thin-Film Heterojunction Photovoltaics」では、CIGSSe太陽電池に必要なとされるn型層の諸特性に関して電子親和力に着目したデバイス解析の結果をまとめている。初めにpnヘテロ接合界面に欠陥が存在しない理想的なヘテロ接合界面に関するデバイス解析を行い、本論文が提案する高光吸収薄膜太陽電池の理論開放電圧に等しい電圧がn型層の電子親和力によらずに得られると述べている。次にpnヘテロ接合界面に欠陥が存在する場合のデバイス解析を行い、開放電圧はn型層の電子親和力並びに界面欠陥密度に大きく依存し、p型光吸収層に対してn型層の電子親和力を小さくし、pnヘテロ接合界面に電子障壁を設けた場合に理論開放電圧に近い電圧が得られることを明らかにしている。低電子親和力n型層を用いた場合には拡散電位が大きくなり、任意のバイアス条件において少数キャリアである正孔濃度がヘテロ接合界面において減少すること、また高バイアス条件においてヘテロ接合界面における正孔蓄積が抑制できること、これらの効果により界面における再結合成分が減少し、低電子親和力n型層を用いたとき高い開放電圧が得られ、変換効率が向上すると述べている。

第4章「Study of Zn-Ge-O Thin Film as Low Electron Affinity Material」では、新規低電子親和力材料であるZn-Ge-Oの製膜並びに太陽電池応用についてまとめている。電子親和力約4.3eVを有するZnOは有機金属気相成長(MOCVD)法により作製され、CIGSSe太陽電池の透明導電膜として応用されている。このため電子親和力が約2.5eVであるGeO₂との混晶であるZn-Ge-Oが低電子親和力材料として有望であることを述べ、テトラメトキシ・ゲルマニウム(TMGe)を有機金属原料に用いたMOCVD法を提案、Zn-Ge-Oの作製を行っている。その結果TMGeの流量により膜内のGe組成を0%から8%程度まで制御可能であること、Ge組成の増加に伴って禁制帯幅は3.3eVから3.6eVまで増加、電子親和力は4.4eVから4.0eVまで減少することを明らかにし、低電子親和力n型材料の作製に成功したと述べている。また、得られた膜のX線及び透過型電子顕微鏡解析によりGe組成の増加と共に膜構造は多結晶構造からナノ結晶の凝集体へと変化し、これに伴い移動度が低下することを明らかにしている。最後に得られたZn-Ge-OをCIGSe太陽電池のn型層に適用し、Ge組成の増加により太陽電池の変換効率が向上し、Zn-Ge-OがCIGSe太陽電池のn型層として有用であると述べている。

第5章「General Conclusion and Future Prospect」では、本研究で得られた結果を要約し、今後の展望についてまとめている。

以上を要するに本論文は、化合物薄膜太陽電池におけるn型バッファ層の役割を理論的に明らかにするとともに、新規n型低電子親和力材料としてZn-Ge-O薄膜を開発、太陽電池特性からその有用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。