T2R2 東京科学大学 リサーチリポジトリ
Science Tokyo Research Repository

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 Egyna
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

Powered by T2R2 (Science Tokyo Research Repository)

（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		Dwinanri Egyna	
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	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「CIGSSe-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 GeO_2 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。

注意：「論文審査の要旨及び審査員」は、東工大リサーチリポジトリ(T2R2)にてインターネット公表されますので、公表可能な範囲の内容で作成してください。