

(様式 4)

別紙 2

論文審査の結果の要旨

学位申請者 栗飯原 直也

本論文は、「化合物系薄膜太陽電池材料 $\text{Cu}_2\text{Sn}_{1-x}\text{Ge}_x\text{S}_3$ の励起子および光学特性に関する研究」と題し、8 章より構成されている。

第 1 章「序論」では化合物薄膜太陽電池の現状や問題点を示すとともに、本論文の構成について述べている。

第 2 章「研究背景」では太陽電池の特徴、動作原理、評価方法、種類について述べている。また、 $\text{Cu}_2\text{Sn}_{1-x}\text{Ge}_x\text{S}_3$ (CTGS) 系の光学的、結晶学的性質をまとめ、太陽電池の出力の低下要因と現状の問題点を示し、本論文の研究目的について述べている。

第 3 章「評価方法」では、発光観測等、試料の各種評価方法について述べている。

第 4 章「CTS バルク単結晶および薄膜の発光スペクトル」では Cu_2SnS_3 (CTS)バルク単結晶および薄膜からの自由・束縛励起子発光、ドナー・アクセプタ対(DAP)再結合発光の観測について述べている。この結果より、CTS のバンドギャップが 0.94 eV であること、DAP 再結合発光は変換効率低下の要因となる比較的深いドナーを介した発光であることを明らかにしている。

第 5 章「CTS 薄膜の励起子吸収およびバンド間吸収」では CTS 薄膜のバンド間及び励起子吸収スペクトルの温度依存性・組成比依存性について述べている。吸収スペクトルの観測より、CTS のバンドギャップ、励起子結合エネルギーを決定している。また、低温領域でバンドギャップの異常ブルーシフトを観測し、発光スペクトルに影響を与えることを明らかにしている。

第 6 章「CGS バルク単結晶の励起子発光・DAP 再結合発光」においては Cu_2GeS_3 (CGS) バルク単結晶からの自由・束縛励起子発光、DAP 再結合発光、束縛励起子発光のフォノンレプリカについて述べている。ラマン散乱とフォノンレプリカを比較することで、一部のフォノンレプリカとラマン活性モードが対応していることを実験的に明らかにしている。

第 7 章「CTGS バルク単結晶の励起子発光・DAP 再結合発光・バンド間再結合発光」では CTGS バルク単結晶からの発光観測及び発光モデルについて述べている。いずれの混晶比においても低温においては励起子発光と DAP 再結合発光を、室温ではバンド間再結合発光が支配的なスペクトルを観測したことを述べている。励起子発光の観測は太陽電池効率低下の原因となるポテンシャル揺動が少ないことを示しており、CTGS が高効率太陽電池光吸収層となりうることを明らかとした。また、バンド間再結合発光の観測結果からバンドギャップエネルギーを算出し、Ge 組成比の増大に伴いバンドギャップが単調にブルーシフトすることを明らかにすると同時に、Ge の含有量が 0.7 程度で高効率太陽電池となるバンドギャップ約 1.4 eV を実現できること、組成比制御することでバンドギャップエンジニアリングによる高効率化の可能性があると明らかとした。

第 8 章「総括」では本研究を総括し本研究で得られた結論を述べている。

以上のように本論文で得た CTGS の基礎光学特性は、CTGS 系太陽電池の更なる発展や基礎物性の深い理解に加え、太陽電池効率化の基盤となる有用な研究成果である。

よって、本論文は工学上及び工業上貢献するところが大きく、博士(工学)の学位論文として十分な価値を有するものと認める。

審査委員主査 田中 久仁彦 印