

学位論文の要旨

フリガナ氏名	ナカムラ ツバサ 中村 翼
専攻入学年度	宮崎大学大学院農学工学総合研究科博士後期課程 物質・情報工学専攻 (西暦) 2017年度(4月)入学
学位論文題目	InGaAs/GaAsP超格子太陽電池のキャリア再結合と脱出過程における歪緩和層挿入および障壁厚さの効果に関する研究

【論文の要旨】 (和文の場合1,200字程度、英文の場合800語程度)

GaAs太陽電池の光吸収層にInGaAs/GaAsP超格子(SL)構造を挿入した太陽電池は、InGaP/GaAs/Ge 3接合太陽電池における電流不整合問題の解決策として期待されている。そのSL構造ではミニバンドを介したトンネリングによってキャリア収集効率が向上する一方で、圧縮歪の蓄積により多層の量子井戸(QW)の成長は困難であった。そこで障壁層と井戸層の間にGaAs歪緩和層を挿入する方法が提案された。歪緩和層は歪の蓄積や界面での内部散散の抑制、圧縮歪を導入しないバンドギャップの減少を可能にする。しかし、太陽電池性能の改善にはキャリア収集効率の向上もまた重要であるが、歪緩和層挿入時のキャリア再結合過程及び脱出過程は未だ不明であった。これらの過程に関する知見が得られれば、キャリア収集効率の更なる向上が期待できる。

第3章では、GaAs歪緩和層を挿入したInGaAs/GaAsP SL太陽電池構造試料に対してフォトルミネッセンス(PL)法を適用し、歪緩和層がキャリア再結合及び脱出過程に及ぼす効果について議論した。歪緩和層挿入していないSL太陽電池構造試料は参照試料として用意した。本研究では、価電子帯中電子の第一量子準位に励起された電子のキャリア再結合及び脱出過程として、発光再結合過程、非発光再結合過程、熱励起過程、熱励起後に高次準位のミニバンド内をトンネルする過程を考慮した。量子準位間遷移のPL信号強度の温度依存性から各過程の活性化エネルギーとライフタイムを算出した結果、歪緩和層の挿入によりキャリア脱出過程の活性化エネルギーが減少することが分かった。一方で、非発光再結合過程の活性化エネルギーもまた減少したことから、界面の増加による非発光緩和の増加が示唆された。

SL太陽電池では、キャリア再結合過程だけではなくキャリア脱出過程もまたQW内のキャリア密度を減少させるため、PL法では非発光再結合過程の評価は難しい。そこで第4章では、障壁層の厚さが異なるSL太陽電池構造試料に対して、非発光緩和を検出する圧電素子光熱変換分光(PPT)法とQW外へ脱出したキャリアを検出する表面光起電力(SPV)法を適用し、PL法では直接観測できないミニバンド内の非発光緩和過程を評価した。量子準位間遷移起因のSPV積分強度は障壁層の厚さによらずほとんど同じであった。よって、キャリアトンネリングは十分に機能していないと考えられる。一方、PPT積分強度は障壁層の厚さが減少するに連れて増加した。QW層と障壁層の間の大きな格子定数差は界面欠陥を発生させるので、その界面欠陥に起因する非発光緩和が障壁層厚さの減少とともに増加したと考えられる。このように、SL太陽電池試料にPPT法を適用することで、PL法では評価できなかった非発光緩和過程の詳細を初めて明らかにした。

本研究で得られた知見はSL太陽電池の更なる高効率化において非常に有益である。中でも、PPT法によるSL太陽電池内の非発光緩和過程評価はキャリア損失過程の解明に重要な役割を果たすと考えられる。

- (注1) 論文博士の場合は、「専攻、入学年度」の欄には審査を受ける専攻のみを記入し、入学年度の記入は不要とする。
- (注2) フォントは和文の場合、10.5ポイントの明朝系、英文の場合12ポイントのtimes系とする。
- (注3) 学位論文題目が外国語の場合は日本語を併記すること。
- (注4) 和文又は英文とする。