

審査の結果の要旨

論文提出者 鬼塚 隆祐

本論文は、”III-V 族化合物半導体太陽電池の高速・高原料効率・高品質結晶成長に向けた有機金属気相成長のプロセス解析”と題し、超高効率太陽電池製造の基礎である InGaAsP 系化合物半導体の有機金属気相成長 (MOVPE) について、成長の高速化・V 族原料供給量の抑制による高原料利用効率化、大面積リアクタ内の結晶成長特性均一化を通して太陽電池製造にかかるスループットの向上、コストおよび環境負荷の低減を目指すための実験的・理論的な検討結果をまとめたものであり、6 章から構成される。

第 1 章は序論であり、III-V 族化合物半導体を用いた超高効率太陽電池普及への展望と、そのために MOVPE プロセスに求められる高スループット化、原料利用効率向上の要請について述べている。

第 2 章では、MOVPE の手法と成長した結晶の評価法、太陽電池の作製・評価法を述べている。

第 3 章は、太陽電池用の III-V 化合物半導体結晶の MOVPE における、高スループット化、原料利用効率向上のケーススタディーである。もっとも単純な系として GaAs 単接合セルを対象とし、GaAs の MOVPE において成長速度を向上させつつ過剰に供給される As 原料の浪費をどこまで抑えられるかを、*in situ* 表面観察と GaAs 結晶層の不純物濃度測定、さらに GaAs 単接合セルの光電変換特性から考察した。その結果、成長速度を上げて As 原料と Ga 原料の分圧比 (V/III 比) を下げると炭素不純物が増加するが、適切なドーピングプロファイル設計により空乏層厚さを確保すれば光電変換特性の劣化が防げることを示した。

第 4 章では、MOVPE 装置大型化に付随する課題を、成長速度および不純物濃度の装置内分布の実験観察を通して論じている。小型枚葉式リアクタと多数のウエハが原料導入口を中心に衛星状に回転するプラネタリリアクタの特性の相違を検討した結果、プラネタリ型の方が直線的な成長速度分布が得られるためウエハ回転による成長速度の均一化が容易である一方、装置の周辺部でガスの滞留時間増加による気相寄生反応に起因すると思われる膜質の悪化が顕著にみられることを見出した。また、成長速度分布に随伴して不純物濃度の分布が形成されることも併せて見出した。

第 5 章は、前章で観察された装置内の製膜特性分布を理論的に解析し、大型装置の最適設計を効率的に行うための数値流体力学シミュレーションについて述べている。InGaAsP 結晶層の As/P 組成分布をより正確に予測するために既往の反応モデルを見直した。すなわち、*in situ* 表面反射率異方性観察により成長中の結晶表面からの As, P 脱離の速度定数を結晶組成に対する依存性とともにも再検討し、流れ方向の InGaAsP の As/P 組成分布の予測精度向上に成功した。

第 6 章は結論であって、本研究で得られた成果を総括するとともに将来展望について述

べている.

以上のように, 本論文は, 超高効率 III-V 化合物半導体太陽電池の普及に際して不可欠となる MOVPE プロセスの高スループット・高原料利用効率・低環境負荷化に関し, *in situ* 表面観察と結晶中の不純物量・太陽電池特性の評価を一貫して行うことにより基本的なメカニズムを明らかにするとともに, 装置大型化に対する指針へと議論を展開したものであり, 今後の III-V 化合物半導体太陽電池用 MOVPE プロセス開発に関する方向性を得た点で電子工学に貢献するところが少なくない.

よって, 本論文は博士 (工学) の学位請求論文として合格と認められる.