

本論文は、"選択領域有機金属気相成長の反応モデリングとモノリシック集積光デバイス設計応用に関する研究"と題し、多元混晶化合物半導体の結晶成長において、一度の成長プロセスで多くの異なる組成を局所的に作り出すことができることから集積光デバイスの製造に有用な、有機金属気相エピタキシャル領域選択成長技術を対象として、その反応過程を統一的にモデリングし、成長組成の理論的予測を可能にするとともに、それを実際に集積光デバイス試作に応用したもので、8章より構成されている。

第1章は序論であって、研究の背景、動機、目的と、論文の構成が述べられている。第2章では、有機金属気相エピタキシー(MOVPE)の原理、装置構成と、選択成長の基本について解説している。

第3章は"III族材料系選択成長の気相拡散モデル"と題し、反応モデルとしての気相拡散について論じている。まず InGaAsP の MOVPE 選択成長を行い、マスク周辺における膜厚分布や発光波長分布を調べている。次に、気相拡散を数理モデル化し、実験結果との比較を行っている。III族原料の各々に、パラメータである気相での実効拡散長 D/k_0 の値を付与することで、マスク近傍での膜厚や発光波長分布を精度良く推定することができることを示した。

第4章は"MOVPE 選択成長の表面拡散モデル"と題し、MOVPE 選択成長の中で特徴的なファセット構造の形成を支配する表面拡散のモデル化を行っている。InP 膜厚の時間的変化に着目し、マスク上での原料の表面拡散は成長領域に拡散せずほぼ無視できるという、従来とは異なる知見を得ている。さらに、結晶面角度・面方位に依存したマイグレーション長を取り入れることで、ファセットの形成過程を説明できることを示した。

第5章は"MOVPE 選択成長モデルの設計応用"と題し、上記で確立した MOVPE 選択成長モデルを素子設計手段として応用することを試みている。選択成長領域に意図した特性を与えるにあたり、マスクの形状を操作する方法と、成長条件を操作する方法の二通りのアプローチがある。ここでは気相拡散モデルを用いた設計手法により、能動素子/受動素子間の遷移長が短くなるようなマスクを設計した。また同様に気相拡散モデルを用いて成長条件を調整・制御することで、能動領域に伸張歪み量子井戸を導入することに成功し、実際に TM モードでのレーザ発振を得た。

第6章は"(Al, InGa)N への MOVPE 選択成長モデルの適用"と題し、選択成長技術を上記 InGaAsP 系から AlInGaN 系に拡張し、結晶成長モデルの普遍性を示すことを試みている。先ず GaN の選択成長を行い、InGaAsP 同様に膜厚分布が気相拡散モデルに従うことを見出した。また InN の MOVPE 選択成長に初めて成功し、InN 成膜種のマスク近傍における挙動を調べ、Ga と比較して気相での拡散長が非常に長いことを見出している。発光デバイスとして重要な InGaN の選択成長では、GaN がマスク上へ核発生しやすく、選択成長による膜厚制御が難しいことを見出した。これに対し、InN 選択成長の知見を活かし、少量の水素を添加することでマスク上への核発生を抑制する手法を提案している。その結果、面内での発光波長や膜厚の変化を大きくとることが可能となっている。

第7章は"AlInGaN 系 MOVPE 選択成長多波長デバイス"と題し、6章の知見に基づく選択成長多波長発光ダイオードアレイの試作について論じている。選択成長の効果によっても In 組成はほとんど変化しないが、一方、膜厚が大きく変化することに注目して、量子井戸多波長発光ダイオードの設計、作製を行った。MOVPE 選択成長の気相拡散・表面拡散といった効果を有効に活用することで、多波長発光や光取り出し効率の向上が実際に達成されている。

第8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、集積光デバイスの製造に有用な有機金属気相エピタキシャル成長における領域選択成長技術に関し、長波長帯光ファイバー通信に用いる InGaAsP 系と可視光デバイス

に用いる AlInGaN 系を対象として、そのメカニズムを統一的に理解するためのモデルと制御方法を確立するとともに、同手法を適用して伸張歪量子井戸 TM 偏光赤外レーザおよび多波長可視発光ダイオードアレイを設計試作し、モノリシック集積化技術としての有用性を実証したものであって、電子工学に貢献するところが多大である。

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。