

# 論文審査の結果の要旨

氏名 中島 史博

本論文は、III-V-N 型混晶半導体に属する GaPN および GaAsN 薄膜に関して、有機金属気相成長(MOVPE)法による結晶成長上の特性、および窒素添加に起因する特徴的な光学特性とその関連の物性を、詳細な実験と考察により明らかにしたことを述べたもので、全 5 章から構成されている。

第 1 章は序論であり、本研究の背景と目的および本論文の構成が述べられている。III-V-N 型混晶半導体は、“巨大バンドギャップボウイング”という特徴的な性質によって、III-V 化合物への窒素添加とともにバンドギャップが減少するが、発光特性などに関わるバンド端近傍の電子準位の起源に関しては必ずしも明らかになっていない。一方、この型の混晶半導体は、強い非混和性のために作製は一般に容易ではなく、窒素をどの程度の濃度まで結晶品質を保持しながら添加できるかという結晶成長上の問題がある。このような背景に立って、適切な原料物質の選択によって GaPN および GaAsN 混晶薄膜の作製を試み、窒素添加に基づく光学特性および関連の物性を明らかにすることを本研究の目的としている。

第 2 章は「結晶成長法と物性評価法」と題し、本研究で用いた有機金属気相成長(MOVPE)法および試料の評価方法について述べている。本研究では、非混和性混晶を非平衡環境を利用して成長させるという意図から、低温で分解効率の良いターシャリブチルフォスフィン(TBP)、ターシャリブチルアルシン(TBAs)、ジメチルヒドラジン(DMHy)をそれぞれ P、As、N の原料として用いることを特徴としている。薄膜結晶の評価方法としては、X 線回折(XRD)による構造的評価手法のほか、フォトルミネッセンス(PL)、フォトリフレクタンス(PR)、ラマン分光、分光エリプソメトリなどの光学的評価手法を用いている。

第 3 章は「GaPN 薄膜の MOVPE 成長および物性評価」と題し、GaPN 薄膜の成長とその評価結果および考察が述べられている。成長温度を 550°C まで下げることにより、N 濃度 7.9% までの GaPN 薄膜成長に成功した。膜厚 200nm において、薄膜は GaP 基板に対し、歪緩和層となっている。低温(10K)PL 測定より、N 濃度 3.8% までの薄膜において、N 濃度増加に伴う発光波長の長波長化および発光強度の低下がみられた。発光は N 関連の局在準位に起因している。N 濃度増加とともに、N 関連の局在準位が特徴的な変化を示すことが明らかにされた。

第 4 章は「GaAsN 薄膜と多重量子井戸構造の MOVPE 成長および物性評価」と題し、GaAsN 薄膜および多重量子井戸構造の成長とその評価結果およ

び考察が述べられている。成長温度 500°Cにおいて、N濃度 5.1%までの GaAsN 薄膜成長に成功した。N濃度 2.7%までの GaAsN 薄膜では、膜厚 200nm において、GaAs 基板に対し、ほとんど完全な歪層となっている。低温(10K)PL 測定より、N濃度 2.7%までの GaAsN 薄膜において、N 濃度増加に伴う発光波長の長波長化および発光強度の低下、発光スペクトル半値幅の増大がみられた。発光は GaPN と同様に N 関連の局在準位に起因している。N濃度増加とともに、N 関連の局在準位は、N クラスターの寄与が支配的となり、より深い準位の発光へと変化することが明らかにされた。発光波長の温度依存性は、N濃度増加とともに小さくなる特徴的性質が明らかとなったが、エネルギーギャップの温度依存性を支配する電子格子相互作用が、実質的に N 原子周囲の局在格子振動モードの寄与によっているためという解釈が妥当である。局在格子振動モードはラマンスペクトルより確認できた。

第 5 章は本論文の総括的な結論を述べたもので、本研究により学術上意義のある新規な知見が得られたことを述べている。

なお、本論文の第 3 章および第 4 章に述べられた内容は、尾鍋研太郎、片山竜二、Sakuntam Sanorpim との共同研究によるものであるが、論文提出者が主体となって実験および解析を行ったもので、本人の寄与が十分であると判断される。

以上、本論文は、GaPN および GaAsN 混晶薄膜に関して、有機金属気相成長(MOVPE)法における結晶成長上の特性、および窒素添加に起因する特徴的な光学特性とその関連の物性を、詳細な実験と考察により明らかにした点で、物質科学への寄与は非常に大きい。よって、博士(科学)の学位を授与できると認められる。