

2005 年 1 月 11 日

電子・情報工学専攻	学籍番号	983309
申請者氏名	内海 淳志	

指導教官氏名	米津 宏雄 若原 昭浩
--------	----------------

論文要旨 (博士)

論文題目	GaPN 混晶の高品質化に関する研究
------	--------------------

(要旨 1,200 字程度)

GaPN は Si に格子整合し、かつ直接遷移型半導体に似た発光特性を有することから光電子集積回路の材料として期待されている。しかし、N 組成比の増加にともないフォトルミネッセンス強度が低下することから、N 組成比の増加による結晶性の悪化が知られている。フォトルミネッセンス強度の減少は、GaPN 内に非発光再結合中心および深い準位として働く多くの点欠陥が含まれていることを示唆する。これらは、III 族原子と N 原子の結合長および III 族原子と V 族原子の結合長の大きな差に起因した非混和性、N 組成比の混晶内における揺らぎによって発生すると考えられる。このため、光電子集積回路の実現には、GaPN 混晶の高品質化が必要不可欠である。

本研究では、GaPN に内在する点欠陥の解消を目的として、N 源である RF プラズマセルから照射されるイオンの除去、基板から GaPN への格子不整合歪みの印加および成長後の熱処理の効果を、結晶性と発光特性の評価から明らかにした。

GaPN 成長中に RF プラズマセルから照射されるイオン成分の除去をして成長した GaPN と除去しないで成長した GaPN を作製して、発光特性を比較した。同じ N 組成比をもつ試料の低温 PL および温度消光から、発光強度の向上および温度消光の改善が得られた。発光強度の励起光強度依存性の比較より、GaPN 中の非発光再結合中心の減少が明らかになった。これらのことから、イオン成分の除去は、GaPN の高品質化に欠かせない技術であることが明らかになった。

成長中に基板から GaPN に加わる歪みの効果を調べた。GaP 基板と Si 基板上にそれぞれ、GaPN を成長し、構造的な結晶性および発光特性の比較をおこなった。低温の PL スペクトルから、Si 基板上の GaPN に比べて、GaP 基板上の GaPN は深い準位からの発光が強いことが明らかになった。このことから、成長中に歪みが加わったために、深い準位として働く点欠陥の発生は助長されたと推察される。Si と GaP 基板上に GaPN を同時に成長した。その結果、Si 基板上の GaPN の N 組成比は、GaP 基板上の GaPN に比べて、1%程度多いことがわかった。N 組成比の差は、成長中に基板から加わる歪みの違いに起因すると考察された。成長中の GaPN に対して、基板から加わる歪みは、N の取り込みおよび深い準位として働く点欠陥の形成に影響を与えることが明らかになった。

最後に、GaPN の結晶性に与える熱処理の効果を調べた。熱処理をおこなった結果、結晶内の欠陥の低減を示す、顕著な発光強度の増加が見られた。また、発光波長の短波長化から、GaPN 中の欠陥の減少および N 組成比の空間的不均一の低減が推察された。GaPN/GaP DH LED を作製し、熱処理による発光特性の評価をした。熱処理を施して作製した LED の発光強度は、施していない LED に比べて、約 5 倍強いことがわかった。LED の電流-電圧特性から、熱処理を施して作製することによって、欠陥を介した再結合電流は減少した。これらのことから熱処理は、GaPN の発光特性の向上に有効であることが明らかになった。