

平成 18 年 6 月 30 日

電子・情報工学専攻	学籍番号	039302		
申請者氏名	金 聖晩		指導教官氏名	米津 宏雄 教授 朴 康司 助教授

論 文 要 旨 (博士)

論文題目	無転位 InGaPN 混晶半導体の分子線エピタキシー成長及び光学特性に関する研究
------	--

(要旨 1,200 字程度)

Si 集積回路における配線遅延の問題を解決する手段として、光インターコネクションを有するモノリシック光電子集積回路(OEIC)が提案されている。発光デバイスの活性層には直接遷移型半導体を用いることが望ましい。Si に格子定数が最も近い III-V 族化合物は GaP であるが、GaP は間接遷移型の半導体であり、発光デバイスに利用できなかった。しかし、GaP に N を混入させることにより GaPN が直接遷移の要素を有する可能性があることが報告されている。さらに、Si と格子整合した InGaPN の四元混晶では、バンドギャップ・エネルギーおよび格子定数を連続的に変化させることができ、バンドエンジニアリングが可能である。

このような理由から、本研究では、III-V-N 混晶半導体、特に InGaPN に関して、OEIC 内の発光デバイスにおける活性層やクラッド層の材料として利用するために、次の三つの内容に関して研究した。(1)InGaPN 層の格子整合条件およびバンド構造、(2)InGaPN 層の発光特性に寄与する In の効果および(3)直接遷移型 InGaPN/GaPN 量子井戸(QW)の作製。

はじめに、間接遷移領域の InGaP に対して混入させる N 組成を増加させることで直接領域半導体が得られる可能性を調べた。InGaP は、約 27%以下の In 組成比では間接遷移型のため、発光効率が低いことが知られている。一方、N 組成比が 2%程度の GaPN は室温で赤色発光する。また、吸収係数もバンド端近傍で 10^4cm^{-1} 台と大きい。これらのことから、GaPN について、直接遷移型の要素を含んだ発光遷移が議論されていた。N 組成比の異なる InGaPN 層について分光エリプソメトリーによりバンド構造を調べた。その結果、N 組成比が約 5%以上の InGaPN では直接遷移型になる可能性が見出された。

次に、InGaPN の In および N の組成揺らぎに関して調べた。In を含まない GaPN に関しては、低温での PL ピーク波長が高温熱処理(RTA)により、平均的に N 組成比の変化がないにもかかわらず、ブルーシフトすることから、空間的変動幅の広い(少数キャリアの拡散長より長い)組成ゆらぎが生じていることがわかった。一方 InGaPN では、PL のピークフォトン・エネルギーの温度依存性において、低温領域でピークフォトン・エネルギーの低い領域が現れることが見出された。このことから、空間的変動幅が狭い(少数キャリアの拡散長より短い)In および N の組成ゆらぎが生じていることが推察された。以上から、In の存在が組成揺らぎを顕著にしていることが明らかになった。

最後に、InGaPN 層の発光特性を改善するために、直接遷移領域の InGaPN/GaPN QW 構造を成長して、その構造と発光特性を調べた。また、そのバンドアラインメントを解析した。その理論計算結果から、伝導帯のバンドオフセットはほとんど零に近いことが明らかになった。このことは、InGaPN 層に加わる大きな圧縮歪により、伝導帯端のバンドエネルギーが無歪時と比べて増加したためと考えられた。さらに、Si 基板上に約 200meV の伝導帯のバンドオフセットを有する InGaPN/GaPN QW 構造を得るためには InGaPN 井戸層に 3%以上の N 組成が必要なことを明らかにした。