

審査結果の要旨

論文提出者氏名

金子 泰久

本論文は、「面方位制御による面発光レーザの偏波制御及び第二高調波発生に関する研究」と題し、面発光レーザの偏波制御と短波長化のために、化合物半導体の傾斜基板における光学利得の面内異方性及び第二高調波発生を用いることを提案するとともに、傾斜基板上に面発光レーザを作製し、偏波方向制御及び第二高調波発生に基づく短波長化の有用性実証したものであり、全6章から構成されている。

第1章は序論であり、本研究の背景として化合物半導体面発光レーザの特徴、課題、本研究の目的と論文構成を述べている。面発光レーザにおいては、偏波制御と短波長化が重要な課題であり、この解決方法として傾斜基板上に面発光レーザを作製することを提案する。偏波方向の制御は傾斜基板上での光学利得の面内異方性により、また短波長化は、III-V族半導体が非線形光学結晶に属しており、第二高調波発生を発生できる事を用いて実現する。傾斜基板としては、理論的考察のほか、結晶成長の観点から(311)B, (411)A面を選び、その基板上に面発光レーザを作製し、偏波方向制御と短波長化を検討する。

第2章では「傾斜基板における光学利得と第二高調波発生の理論」と題して、偏波制御と短波長化の理論的検討について述べている。光学利得が傾斜基板上で面内異方性を持つことを理論的に示し、(311)、(411)面では $[-2\text{NN}]$ 方向で大きいことから、偏波方向もその方向に向くことを予測している。第二高調波発生においては、非線形光学定数の面方位依存性を検討し、傾斜基板の利用が第二高調波発生に非常に有効であることを示した。

第3章では「傾斜基板上の面発光レーザの作製」と題し、面発光レーザの作製方法及びそのレーザ発振特性について述べている。分子線エピタキシー法により、(311)B,(411)A面上に量子井戸、端面発光型レーザ及び面発光レーザ用エピタキシャル層を成長した。面発光レーザを、イオン注入法、選択酸化法の二つの方法で作製し、どちらの方法においても室温連続動作でのレーザ発振を確認した。イオン注入法による(311)B, (411)A上の面発光レーザの閾値電流は、光出射領域が 15mm^2 においてそれぞれ 4.5mA , 2.8mA であった。選択酸化法による(411)A上の面発光レーザの閾値電流は、光出射領域の大きさが $4\times 4\text{mm}^2$ の場合 0.5mA であった。これらの値は(100)面上の面発光レーザと遜色ないものである。なお、(311)B, (411)A基板上の面発光レーザの電流注入によるレーザ発振は本研究が初めてである。

第4章では「偏波方向の制御」と題し、傾斜基板上に作製した面発光レーザの偏波特性を述べる。(311)B, (411)A上の面発光レーザの偏波方向はそれぞれ $[-233]$, $[-122]$ 方向に

向いており、この方向は光学利得の面内異方性から予測される方向と一致した。光学利得の面内異方性による偏波制御方法の有用性を確認するために、偏波特性に影響を与えるメサ形状との組み合わせを検討した。メサ構造を(411)A面上の面発光レーザに導入したところ、偏波方向がメサ方向に関係なく $[-122]$ 方向に向いていることから、傾斜基板による偏波制御が安定であることを確認した。傾斜基板による光学利得の面内異方性で偏波方向が制御できる事を実験的に検証したのは本研究が初めてである。

第5章では「面発光レーザからの第二高調波発生」と題し、面発光レーザの短波長化について述べる。(311)B,(411)A面上に作製した面発光レーザにおいて、室温連続動作で0.6nW、(411)A面上ではパルス動作で35nWの青色光出力が得られた。基本波光出力に対するこの青色光出力は2乗に比例していることから、観測された青色光が第二高調波発生に基づくものである事を確認した。(311)B,(411)A上の面発光レーザにおける変換効率はそれぞれ38%/W, 30%/Wであり、本方法の有用性が示された。さらに、この第二高調波光の発生を実用レベルへ高める手法を考察し、非線形光学結晶材料としてGaPあるいはZnSeを、層構造として疑似位相整合層を用いることにより、実用レベルの1mWを得ることが可能であることを示した。面発光レーザからの第二高調波発生を実験的に確認したのは本研究が初めてである。

第6章は本論文の総括であり、本研究で作製された傾斜基板上の面発光レーザの偏波特性、第二高調波発生による短波長化に関する知見及び成果に関する要約が述べられている。

以上をまとめると、本論文では面発光レーザの課題である偏波制御と短波長化実現のための傾斜基板上面発光レーザの作製方法、偏波制御と短波長化のための第二高調波発生に有効な方法が詳細にわたり明らかにされている。それにより本面発光レーザを実用に供する上での物理的・技術的課題を解決している点で、物理工学への寄与は非常に大きい。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。