

## ZnSe系 II-VI 族半導体レーザの研究

メタデータ	言語: ja 出版者: 静岡大学大学院電子科学研究科 公開日: 2008-04-11 キーワード (Ja): キーワード (En): 作成者: 大野, 哲一郎 メールアドレス: 所属:
URL	<a href="http://hdl.handle.net/10297/1502">http://hdl.handle.net/10297/1502</a>

氏名・(本籍)	大 野 哲 一 郎 (神奈川県)
学位の種類	博 士 (工 学)
学位記番号	工博乙第 87 号
学位授与の日付	平成 11 年 9 月 27 日
学位授与の要件	学位規則第 4 条第 2 項該当
学位論文題目	<b>ZnSe系Ⅱ - VI族半導体レーザの研究</b>

論文審査委員	(委員長)		
	教授	藤 安 洋	教授 中 西 洋一郎
	教授	畑 中 義 式	助教授 石 田 明 広
	教授	福 家 俊 郎	

## 論 文 内 容 の 要 旨

現在、様々なシステムにおける要請から、半導体レーザの短波長化への期待が高まってきている。本研究では、基板に整合した高品質な結晶成長が可能なZnSe系半導体材料を使用して短波長レーザの研究を行った。

ZnSe系レーザでは、1991年に初のパルス発振が確認されて以来、欠陥密度の低減などによる長寿命化の研究が盛んに行われてきた。現在、欠陥密度は $10^3$ 個/cm<sup>2</sup>以下まで低減されたが、それでも室温での寿命は389時間にとどまっている。さらに長寿命化を図るためには、欠陥の伝搬速度そのものを低減する必要がある。そこで、本研究では、LEDにおいて欠陥の伝搬速度が低減されることが報告されているZnSe基板をレーザ構造の成長に使用した。また、レーザの駆動電圧低減のためのアプローチとして、表面ステップ密度が大きく、窒素の取り込みの増大が期待できる(n11)基板の使用を提案した。

はじめに、p型ZnSeのアクセプタ濃度の改善を期待して、表面ステップ密度の大きな(n11)GaAs基板上に窒素ドープZnSe薄膜を成長した。その結果、(711)、(511)および(311)基板上に成長した窒素ドープZnSe薄膜のアクセプタ濃度が、(100)基板上と比べた場合、2倍程度に増加することがわかった。一方、(111)A、B基板上に成長した場合には、いずれも非常に高抵抗になった。また、(n11)基板上ZnSe薄膜の表面モフォロジは、A面の場合には鏡面になるが、B面では荒れることがわかった。これらの結果から、(111)Aを除く(n11)A基板の使用は、ZnSe系レーザの駆動電圧低減を図るうえで非常に有望であると考えられる。

次に、アクセプタ濃度の改善が確認された(n11)GaAs基板を使用してレーザの駆動電圧の低減を試

みた。レーザの作製に先だって、(n11)基板上に作製したZnCdSe/ZnSe量子井戸の発光特性を調べたところ、基板傾斜角が大きくなるほど量子井戸からのPL発光のピークエネルギーが増加するとともに発光強度が減少することがわかった。これは、井戸層中のCd組成の減少と井戸層厚の変化によるものと考えられる。この結果を受け、(n11)基板の中でも発光強度の減少の度合いが小さい(711)AGaAs基板を選択して、ZnCdSe/ZnSe多重量子井戸レーザを作製した。(711)A基板を使用することにより、レーザの立ち上がり電圧を(100)基板を用いた時より5V低減することができた。

また、劣化速度の低減が期待できるZnSe基板を用いてレーザを作製するため、ZnSeホモエピタキシャル膜の高品質化を図った。ここでは、まず、ZnSe基板の前処理に適したエッチング液を見出すため、ZnSeの鏡面エッチング液である4種類のエッチング液で処理したZnSe表面の評価を行った。その結果、重クロム酸カリウム系エッチング液で処理した表面が最もSe過剰な状態となり、平坦性にも優れることがわかった。SeおよびSe酸化物はZn酸化物に比べてはるかに低温で除去できることから、本研究ではこのエッチング液をホモエピタキシャル成長の前処理に使用することにした。続いて、ZnSe基板の熱クリーニング時に不可欠な水素プラズマクリーニングの条件最適化を行った。rfパワー250w以下、基板温度260℃～280℃、処理時間20分とすることによって、ZnSeホモエピタキシャル膜の欠陥密度を基板とほぼ同レベルの $2.7 \times 10^4$ 個/cm<sup>2</sup>まで低減することができた。

最後に、上記の重クロム酸カリウム系エッチング液による表面処理と最適条件下でのプラズマクリーニングを用いて、半絶縁ZnSe基板上にZnMgSSe層をクラッド層とする分離閉じこめ型レーザを作製した。このレーザは、コンタクト層などが最適化されていない初歩的な素子であるにも関わらず、室温にて閾値電流84mA、発振波長520nmで連続発振することに成功した。これは、ZnSe基板上に成長したレーザでは世界初の室温連続発振となった。このことから、ZnSe基板上でも十分に高品質なレーザ構造が作製できることが実証された。

今後、レーザ構造の欠陥密度のより一層の低減と駆動電圧の改善を行うことにより、ZnSe基板のメリットを活かした長寿命化が図れるものと思われる。また、駆動電圧の改善に関しては、(100)の代わりに(711)AZnSe基板を使用することにより、本研究で明らかとなったアクセプタ濃度の増大効果を利用できると考えられる。

## 論文審査結果の要旨

現在、マルチメディア産業等の分野から、半導体レーザ(LD)の短波長化への期待がある。その実用化には、素子の長寿命、低電圧駆動、活性層の低欠陥密度、高正孔密度化等が課題である。本研究ではZnSe系半導体材料の短波長LDの研究を行った。まず低駆動電圧化のため、表面ステップ密度が大きく、高濃度窒素の取り込みが期待できる(n11)基板の使用を提案し、薄膜作製・評価を行った。次にLDに格子整合し、欠陥の低伝搬が期待されるZnSe基板を用いLDを試作した。第2章では、まず、アクセプタ濃度評価用のダブルショットキC-V法の測定条件の検討を行い、適切な電極パターンと測定周波数の下での、これの有効性を実証した。次に、(n11)GaAs基板上に窒素添加ZnSe薄膜を成長した結果、(711)、(511)及び(311)基板上成長ではアクセプタ濃度が、(100)基板上成長と比べ、2倍程度に増加した。また、(n11)基板上ZnSe薄膜の表面モフォロジは、A面の場合は鏡面、B面では表面荒れを生じた。これより、(111)Aを除く(n11)A基板の使用は、ZnSe系LDの低電圧駆動化に非常に有望であると言える。第3章では(n11)GaAs基板を使用し、LDの駆動電圧の低減を試みた。まず、LD活性層のZnCdSe/ZnSe量子井戸を(n11)基板上に作製し、発光特性を調べた結果、傾斜角の増加と共に量子井戸からのPL発光のピークエネルギーは増加するが発光強度が減少した。これは、井戸層のCd組成の減少と井戸層厚の変化に帰因する。次に、(711)A基板を用いてZnCdSe/ZnSe多重量子井戸LDを作製し、その特性を(100)基板上LDと比較した結果、立ち上がり電圧を5V低減できた。第4章では、ZnSe基板の前処理用エッチング液の探索と水素プラズマクリーニングの条件最適化により、ZnSeホモエピタキシャル膜の欠陥密度の低減を図った。まず、ZnSeの鏡面エッチング液である4種類のエッチング液で処理したZnSe表面の評価を行った結果、重クロム酸カリウム系エッチング液でエッチングした表面が最もSe過剰な状態となり、平坦性も優れていた。又SeおよびSe酸化物は、Zn酸化物に比べてはるかに低温で除去できることから、この液をホモエピタキシャル成長の前処理に使用した。又基板の熱クリーニング時に不可欠な水素プラズマクリーニングの最適条件化を行った結果、ZnSe膜の欠陥密度を基板とほぼ同じ $2.7 \times 10^4$ 個/cm<sup>2</sup>まで低減できた。第5章ではZnSe基板上にZnMgSSe層をクラッドとする分離閉じこめ型LDを作製した。作製されたLDは、コンタクト層などが最適化されていない試作素子でも、室温にて閾値電流84mA、発振波長520nmで連続発振することに成功した。これは、ZnSe基板上に成長したLDでは世界初の室温連続発振である。これより、ZnSe基板上でも十分に高品質なLD構造が作製できることが実証された。

以上の研究結果は、短波長LDの実用化に向け、ZnSeのヘテロ成長基板の選定と処理、量子井戸構造解析等有意義な実験結果を示すと共にホモ基板成長LDの室温連続発振の成功は、非常に意義深いことである。よって、本論文は博士(工学)論文として十分価値ある論文として認定する。