

(19)日本国特許庁(JP)

(12)特許公報(B2)

(11)特許番号
特許第7332623号
(P7332623)

(45)発行日 令和5年8月23日(2023.8.23)

(24)登録日 令和5年8月15日(2023.8.15)

(51)国際特許分類 F I
H 0 1 S 5/042(2006.01) H 0 1 S 5/042 6 1 2
H 0 1 S 5/22 (2006.01) H 0 1 S 5/22

請求項の数 21 (全42頁)

(21)出願番号	特願2020-558355(P2020-558355)	(73)特許権者	520133916 ヌヴォンテクノロジージャパン株式会社 京都府長岡京市神足焼町1番地
(86)(22)出願日	令和1年11月15日(2019.11.15)	(74)代理人	100109210 弁理士 新居 広守
(86)国際出願番号	PCT/JP2019/044934	(74)代理人	100137235 弁理士 寺谷 英作
(87)国際公開番号	WO2020/110783	(74)代理人	100131417 弁理士 道坂 伸一
(87)国際公開日	令和2年6月4日(2020.6.4)	(72)発明者	口野 啓史 日本国京都府長岡京市神足焼町1番地 ヌヴォンテクノロジージャパン株式会社 社内
審査請求日	令和4年11月11日(2022.11.11)	(72)発明者	廣山 良治
(31)優先権主張番号	特願2018-225661(P2018-225661)		
(32)優先日	平成30年11月30日(2018.11.30)		
(33)優先権主張国・地域又は機関	日本国(JP)		

最終頁に続く

(54)【発明の名称】 半導体レーザ装置

(57)【特許請求の範囲】

【請求項1】

レーザ光を出射する半導体レーザ装置であって、
前記レーザ光を生成する活性層を含む半導体積層体と、
前記半導体積層体の上方に配置された絶縁層と、
前記半導体積層体の上方に配置された第一電極と、
前記第一電極及び前記絶縁層の上方に配置された第二電極と、
前記第二電極と前記絶縁層との間に配置された密着補助層とを備え、
前記半導体積層体は、前記レーザ光の出射端面である前端面と、前記前端面と反対側の面である後端面とを有し、
前記絶縁層は、前記前端面から前記後端面へ向かう第一方向に沿って延びるように形成された第一開口部を有し、
前記密着補助層は、前記密着補助層の平面視において少なくとも一部が前記第一開口部と重なる第二開口部を有し、
前記第一電極の少なくとも一部は、前記密着補助層の平面視において前記第一開口部及び前記第二開口部に配置され、
前記第二電極と前記密着補助層とは、前記前端面及び前記後端面の少なくとも一方の端面と前記第一開口部との間であって、前記絶縁層の上方に配置され、
前記密着補助層の平面視において、前記第二開口部のすべての端縁は、前記第一開口部の端縁の内側、又は、前記第一開口部の端縁上に配置される

半導体レーザ装置。

【請求項 2】

前記第一開口部の端縁は、前記第一電極の外周縁より外側に、前記第一電極から離隔して配置される

請求項 1 に記載の半導体レーザ装置。

【請求項 3】

前記第一電極の断面の端部は、前記半導体積層体の上面のうち前記第一電極が配置される部分に対して傾斜している

請求項 1 又は 2 に記載の半導体レーザ装置。

【請求項 4】

前記第一電極は、下層部と、前記下層部の上方に配置される上層部とを有し、

前記下層部の断面の端部は、前記半導体積層体の上面のうち前記第一電極が配置される部分に対して傾斜しており、かつ、凹状の形状を有する下層凹部を有し、

前記上層部の断面の端部は、前記半導体積層体の上面のうち前記第一電極が配置される部分に対して傾斜しており、かつ、凹状の形状を有する上層凹部を有し、

前記下層凹部は、前記上層凹部より曲率半径が大きい

請求項 3 に記載の半導体レーザ装置。

【請求項 5】

前記第二電極は、前記第一電極と接する

請求項 1 ~ 4 のいずれか 1 項に記載の半導体レーザ装置。

【請求項 6】

前記密着補助層の平面視において、前記第二電極の外周縁は、前記密着補助層の外周縁より内側に配置され、かつ、前記第二電極の外周縁は、前記第一開口部の端縁及び前記第二開口部の端縁より外側に配置される

請求項 1 ~ 5 のいずれか 1 項に記載の半導体レーザ装置。

【請求項 7】

前記第二電極は、前記少なくとも一方の端面に接しない

請求項 1 ~ 6 のいずれか 1 項に記載の半導体レーザ装置。

【請求項 8】

前記密着補助層は、前記第一電極に接しない

請求項 1 ~ 7 のいずれか 1 項に記載の半導体レーザ装置。

【請求項 9】

前記半導体積層体は、前記活性層と前記第一電極との間に配置される p 型半導体層を含む

請求項 1 ~ 8 のいずれか 1 項に記載の半導体レーザ装置。

【請求項 10】

前記半導体積層体は、リッジ部を有し、

前記密着補助層の平面視において、前記リッジ部の上面の少なくとも一部は、前記第一開口部に配置される

請求項 1 ~ 9 のいずれか 1 項に記載の半導体レーザ装置。

【請求項 11】

前記第二電極は、前記密着補助層より電気伝導度が高い

請求項 1 ~ 10 のいずれか 1 項に記載の半導体レーザ装置。

【請求項 12】

前記第一電極は、前記密着補助層より、電気伝導度が高い

請求項 1 ~ 11 のいずれか 1 項に記載の半導体レーザ装置。

【請求項 13】

前記第二電極に接合されるサブマウントをさらに備える

請求項 1 ~ 12 のいずれか 1 項に記載の半導体レーザ装置。

【請求項 14】

前記第二電極は、Au を含む合金からなる

10

20

30

40

50

請求項 1 3 に記載の半導体レーザ装置。

【請求項 1 5】

前記サブマウントは、前記第一方向と交差する端面を備え、
前記密着補助層の平面視において、前記前端面と前記第一開口部との間に、前記端面が配置される

請求項 1 3 又は 1 4 に記載の半導体レーザ装置。

【請求項 1 6】

前記第一電極は、オーミック電極である

請求項 1 ~ 1 5 のいずれか 1 項に記載の半導体レーザ装置。

【請求項 1 7】

前記第二電極は、パッド電極である

請求項 1 ~ 1 2、1 6 のいずれか 1 項に記載の半導体レーザ装置。

【請求項 1 8】

前記第一電極は、Pd、Pt、Ni 及び Al の少なくともひとつを含む

請求項 1 ~ 1 7 のいずれか 1 項に記載の半導体レーザ装置。

【請求項 1 9】

前記密着補助層は、Ti 及び Cr の少なくとも一方を含む

請求項 1 ~ 1 8 のいずれか 1 項に記載の半導体レーザ装置。

【請求項 2 0】

前記第二電極は、Ti を含まない

請求項 1 ~ 1 9 のいずれか 1 項に記載の半導体レーザ装置。

【請求項 2 1】

前記第一電極は、Ti を含まない

請求項 1 ~ 2 0 のいずれか 1 項に記載の半導体レーザ装置。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本開示は、半導体レーザ装置に関する。

【背景技術】

【0002】

従来、小型かつ高出力の光源として半導体レーザ装置が知られている（特許文献 1 など参照）。このような半導体レーザ装置においては、レーザ光の光軸に沿って帯状のオーミック電極が形成され、オーミック電極と、当該オーミック電極の周辺に形成された絶縁層との上方にパッド電極が配置される。特許文献 1 に開示された半導体レーザ装置では、パッド電極と絶縁層との間に Ti 層などからなる付着層が配置されている。これにより、パッド電極と絶縁層との間の付着力を高めることで、パッド電極の剥がれを抑制しようとしている。

【先行技術文献】

【特許文献】

【0003】

【文献】特開 2 0 0 6 - 1 3 3 3 1 号公報

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0004】

特許文献 1 に開示されたような半導体レーザ装置の製造においては、まず、半導体層、オーミック電極、パッド電極などからなる積層構造体が積層されたウェハを劈開することによってバー状の素子が形成される。続いて、バー状の素子をチップ状の素子に分割することによって半導体レーザ装置が形成される。上述した劈開の際に形成される劈開面がレーザ共振器を形成する端面となる。特許文献 1 に開示された半導体レーザ装置では、この劈開の際に、劈開面に位置するパッド電極が剥がれる場合がある。

10

20

30

40

50

【 0 0 0 5 】

本開示は、このような課題を解決するものであり、電極の剥がれを抑制できる半導体レーザー装置を提供することを目的とする。

【課題を解決するための手段】

【 0 0 0 6 】

上記課題を解決するために、本開示に係る半導体レーザー装置の一態様は、レーザー光を出射する半導体レーザー装置であって、前記レーザー光を生成する活性層を含む半導体積層体と、前記半導体積層体の上方に配置された絶縁層と、前記半導体積層体の上方に配置された第一電極と、前記第一電極及び前記絶縁層の上方に配置された第二電極と、前記第二電極と前記絶縁層との間に配置された密着補助層とを備え、前記半導体積層体は、前記レーザー光の出射端面である前端面と、前記前端面と反対側の面である後端面とを有し、前記絶縁層は、前記前端面から前記後端面へ向かう第一方向に沿って延びるように形成された第一開口部を有し、前記密着補助層は、前記密着補助層の平面視において少なくとも一部が前記第一開口部と重なる第二開口部を有し、前記第一電極の少なくとも一部は、前記密着補助層の平面視において前記第一開口部及び前記第二開口部に配置され、前記第二電極と前記密着補助層とは、前記前端面及び前記後端面の少なくとも一方の端面と前記第一開口部との間であって、前記絶縁層の上方に配置される。

10

【 0 0 0 7 】

このように、第二電極と密着補助層とは、前端面及び後端面の少なくとも一方の端面と第一開口部との間であって、絶縁層の上方に配置されるため、前端面及び後端面の少なくとも一方における第二電極と絶縁層との間の密着性（すなわち、付着力）を高めることができる。したがって、前端面及び後端面における第二電極の剥がれを抑制できる。

20

【 0 0 0 8 】

また、本開示に係る半導体レーザー装置の一態様において、前記第二電極は、Tiを含まなくてもよい。

【 0 0 0 9 】

また、本開示に係る半導体レーザー装置の一態様において、前記第二電極は、前記密着補助層より電気伝導度が高くてもよい。

【 0 0 1 0 】

これにより、第二電極の電気伝導度が密着補助層の電気伝導度以下である場合より、半導体レーザー装置の抵抗値を低減できる。

30

【 0 0 1 1 】

また、本開示に係る半導体レーザー装置の一態様において、前記第二電極は、前記第一電極と接してもよい。

【 0 0 1 2 】

これにより、第一電極と第二電極との間の他の部材が挿入される場合より、半導体レーザー装置の抵抗値を低減できる。

【 0 0 1 3 】

また、本開示に係る半導体レーザー装置の一態様において、前記第二電極は、前記少なくとも一方の端面に接しなくてもよい。

40

【 0 0 1 4 】

これにより、少なくとも一方の端面における、第二電極の剥がれを抑制できる。

【 0 0 1 5 】

また、本開示に係る半導体レーザー装置の一態様において、前記密着補助層の平面視において、前記第二電極の外周縁は、前記密着補助層の外周縁より内側に配置され、かつ、前記第二電極の外周縁は、前記第一開口部の端縁及び前記第二開口部の端縁より外側に配置されてもよい。

【 0 0 1 6 】

これにより、第二電極の外周縁と絶縁層との間に密着補助層が配置されるため、第二電極の外周縁の剥がれを抑制できる。

50

【 0 0 1 7 】

また、本開示に係る半導体レーザ装置の一態様において、前記密着補助層の平面視において、前記前端面及び前記後端面の一方の端面と、前記一方の端面側の前記第一開口部の端縁との間に、前記一方の端面側の前記第二開口部の端縁が配置されてもよい。

【 0 0 1 8 】

これにより、密着補助層と第一電極とが接触することなく、端面に最も近い第一開口部の端縁まで第一電極を配置できる。したがって、第一電極の端面付近における面積を最大化することが可能となる。

【 0 0 1 9 】

また、本開示に係る半導体レーザ装置の一態様において、前記密着補助層の平面視において、前記第一方向と直交する第二方向における前記半導体積層体の側端面と、前記側端面側の前記第一開口部の端縁との間に、前記側端面側の前記第二開口部の端縁が配置されてもよい。

10

【 0 0 2 0 】

これにより、密着補助層と第一電極とが接触することなく、側端面に最も近い第一開口部の端縁まで第一電極を配置できる。したがって、第一電極の側端面付近における面積を最大化することが可能となる。

【 0 0 2 1 】

また、本開示に係る半導体レーザ装置の一態様において、前記密着補助層の平面視において、前記第二開口部のすべての端縁は、前記第一開口部の外側に配置されてもよい。

20

【 0 0 2 2 】

これにより、密着補助層と第一電極とが接触することなく、第一開口部の端縁まで第一電極を配置できる。したがって、第一電極の側端面付近における面積を最大化することが可能となる。

【 0 0 2 3 】

また、本開示に係る半導体レーザ装置の一態様において、前記密着補助層の平面視において、前記第二開口部のすべての端縁は、前記第一開口部の端縁の内側、又は、前記第一開口部の周縁上に配置されてもよい。

【 0 0 2 4 】

これにより、密着補助層と第二電極とが接触する面積を増大させることができる。したがって、第二電極の剥がれをより一層抑制できる。

30

【 0 0 2 5 】

また、本開示に係る半導体レーザ装置の一態様において、前記密着補助層は Ti 及び Cr の少なくとも一方を含んでもよい。

【 0 0 2 6 】

これにより、絶縁層が酸化物である場合に、密着補助層と絶縁層との密着性を高めることができる。

【 0 0 2 7 】

また、本開示に係る半導体レーザ装置の一態様において、前記半導体積層体は、前記活性層と前記第一電極との間に配置される p 型半導体層を含んでもよい。

40

【 0 0 2 8 】

このような構成を有する半導体レーザ装置において、第一電極が p 型オーミック電極からなる場合に、 Ti を含む密着補助層が第一電極に接しない構造とすることにより、通電時における動作電圧の上昇を抑制できる。

【 0 0 2 9 】

また、本開示に係る半導体レーザ装置の一態様において、前記第一電極は、 Ti を含まなくてもよい。

【 0 0 3 0 】

これにより、半導体レーザ装置の通電時における動作電圧の上昇を抑制できる。

【 0 0 3 1 】

50

また、本開示に係る半導体レーザ装置の一態様において、前記第一電極は、前記密着補助層より、電気伝導度が高くてもよい。

【0032】

これにより、第一電極の電気伝導度が密着補助層の電気伝導度以下である場合より、半導体レーザ装置の抵抗値を低減できる。

【0033】

また、本開示に係る半導体レーザ装置の一態様において、前記第一電極は、オーミック電極であってもよい。

【0034】

また、本開示に係る半導体レーザ装置の一態様において、前記第一電極は、Pd、Pt、Ni及びAlの少なくともひとつを含んでもよい。

10

【0035】

これにより、第一電極において、良好なオーミック特性を得られる。

【0036】

また、本開示に係る半導体レーザ装置の一態様において、前記密着補助層は、前記第一電極に接しなくてもよい。

【0037】

これにより、半導体レーザ装置の通電時における動作電圧の上昇を抑制できる。

【0038】

また、本開示に係る半導体レーザ装置の一態様において、前記半導体積層体は、リッジ部を有し、前記密着補助層の平面視において、前記リッジ部の上面の少なくとも一部は、前記第一開口部の内側に配置されてもよい。

20

【0039】

また、本開示に係る半導体レーザ装置の一態様において、前記第二電極は、パッド電極であってもよい。

【0040】

これにより、第二電極に給電用のワイヤを容易にボンディングできる。

【0041】

また、本開示に係る半導体レーザ装置の一態様は、前記第二電極に接合されるサブマウントをさらに備えてもよい。

30

【0042】

これにより、活性層などで発生した熱を効率よく放散できる。このため、活性層における熱の影響を低減できる。

【0043】

また、本開示に係る半導体レーザ装置の一態様において、前記第二電極は、Auを含む合金からなってもよい。

【0044】

このような第二電極を用いて、サブマウントに半導体積層体をより良好に実装できる。

【0045】

また、本開示に係る半導体レーザ装置の一態様において、前記サブマウントは、前記第一方向と交差する端面を備え、前記密着補助層の平面視において、前記前端面と前記第一開口部との間に、前記端面が配置されてもよい。

40

【0046】

これにより、半導体積層体からサブマウントへの放熱を確保しながら、前端面から出射されるレーザ光のサブマウントによる蹴られを低減できる。

【発明の効果】

【0047】

本開示によれば、電極の剥がれを抑制できる半導体レーザ装置を提供できる。

【図面の簡単な説明】

【0048】

50

【図 1 A】図 1 A は、実施の形態 1 に係る半導体レーザ装置の全体構成を示す模式的な平面図である。

【図 1 B】図 1 B は、実施の形態 1 に係る半導体レーザ装置の全体構成を示す模式的な第一断面図である。

【図 1 C】図 1 C は、実施の形態 1 に係る半導体レーザ装置の全体構成を示す模式的な第二断面図である。

【図 1 D】図 1 D は、実施の形態 1 に係る半導体レーザ装置の全体構成を示す模式的な第三断面図である。

【図 1 E】図 1 E は、実施の形態 1 に係る半導体レーザ装置の全体構成を示す模式的な第四断面図である。

【図 1 F】図 1 F は、実施の形態 1 に係る半導体レーザ装置の全体構成を示す模式的な第五断面図である。

【図 2 A】図 2 A は、比較例 1 の半導体レーザ装置の全体構成を示す模式的な平面図である。

【図 2 B】図 2 B は、比較例 1 の半導体レーザ装置の全体構成を示す模式的な断面図である。

【図 3 A】図 3 A は、実施の形態 1 に係る半導体レーザ装置の信頼性試験前後の I - V 特性を示すグラフである。

【図 3 B】図 3 B は、比較例 2 の半導体レーザ装置の信頼性試験前後の I - V 特性を示すグラフである。

【図 4 A】図 4 A は、実施の形態 1 に係る半導体レーザ装置の製造方法のうち、第一電極の形成工程までの各工程を示す模式的な断面図である。

【図 4 B】図 4 B は、実施の形態 1 に係る半導体レーザ装置の製造方法のうち、密着補助層の形成工程以降の各工程を示す模式的な断面図である。

【図 5 A】図 5 A は、実施の形態 2 に係る半導体レーザ装置の全体構成を示す模式的な平面図である。

【図 5 B】図 5 B は、実施の形態 2 に係る半導体レーザ装置の全体構成を示す模式的な断面図である。

【図 6 A】図 6 A は、実施の形態 3 に係る半導体レーザ装置の全体構成を示す模式的な平面図である。

【図 6 B】図 6 B は、実施の形態 3 に係る半導体レーザ装置の全体構成を示す模式的な第一断面図である。

【図 6 C】図 6 C は、実施の形態 3 に係る半導体レーザ装置の全体構成を示す模式的な第二断面図である。

【図 7 A】図 7 A は、実施の形態 4 に係る半導体レーザ装置の全体構成を示す模式的な平面図である。

【図 7 B】図 7 B は、実施の形態 4 に係る半導体レーザ装置の全体構成を示す模式的な第一断面図である。

【図 7 C】図 7 C は、実施の形態 4 に係る半導体レーザ装置の全体構成を示す模式的な第二断面図である。

【図 7 D】図 7 D は、実施の形態 4 に係る半導体レーザ装置の全体構成を示す模式的な第三断面図である。

【図 7 E】図 7 E は、実施の形態 4 に係る半導体レーザ装置の全体構成を示す模式的な第四断面図である。

【図 7 F】図 7 F は、実施の形態 4 に係る半導体レーザ装置の全体構成を示す模式的な第五断面図である。

【図 8 A】図 8 A は、実施の形態 5 に係る半導体レーザ装置の全体構成を示す模式的な平面図である。

【図 8 B】図 8 B は、実施の形態 5 に係る半導体レーザ装置の全体構成を示す模式的な断面図である。

10

20

30

40

50

【図 9 A】図 9 A は、実施の形態 6 に係る半導体レーザ装置の全体構成を示す模式的な平面図である。

【図 9 B】図 9 B は、実施の形態 6 に係る半導体レーザ装置の全体構成を示す模式的な断面図である。

【図 10 A】図 10 A は、実施の形態 7 に係る半導体レーザ装置の全体構成を示す模式的な平面図である。

【図 10 B】図 10 B は、実施の形態 7 に係る半導体レーザ装置の全体構成を示す模式的な第一断面図である。

【図 10 C】図 10 C は、実施の形態 7 に係る半導体レーザ装置の全体構成を示す模式的な第二断面図である。

10

【図 11 A】図 11 A は、実施の形態 8 に係る半導体レーザ装置の全体構成を示す模式的な平面図である。

【図 11 B】図 11 B は、実施の形態 8 に係る半導体レーザ装置の全体構成を示す模式的な第一断面図である。

【図 11 C】図 11 C は、実施の形態 8 に係る半導体レーザ装置の全体構成を示す模式的な第二断面図である。

【図 12 A】図 12 A は、実施の形態 9 に係る半導体レーザ装置の全体構成を示す模式的な断面図である。

【図 12 B】図 12 B は、実施の形態 9 に係る半導体レーザ装置の第一電極の構成を示す模式的な第一の一部拡大断面図である。

20

【図 12 C】図 12 C は、実施の形態 9 に係る半導体レーザ装置の第一電極の構成を示す模式的な第二の一部拡大断面図である。

【図 13 A】図 13 A は、実施の形態 10 に係る半導体レーザ装置の第一電極の構成を示す模式的な第一の一部拡大断面図である。

【図 13 B】図 13 B は、実施の形態 10 に係る半導体レーザ装置の第一電極の構成を示す模式的な第二の一部拡大断面図である。

【発明を実施するための形態】

【0049】

以下、本開示の実施の形態について、図面を参照しながら説明する。なお、以下に説明する実施の形態は、いずれも本開示の一具体例を示すものである。したがって、以下の実施の形態で示される、数値、形状、材料、構成要素、及び、構成要素の配置位置や接続形態などは、一例であって本開示を限定する主旨ではない。よって、以下の実施の形態における構成要素のうち、本開示の最上位概念を示す独立請求項に記載されていない構成要素については、任意の構成要素として説明される。

30

【0050】

また、各図は模式図であり、必ずしも厳密に図示されたものではない。したがって、各図において縮尺等は必ずしも一致していない。なお、各図において、実質的に同一の構成に対しては同一の符号を付しており、重複する説明は省略又は簡略化する。

【0051】

また、本明細書において、「上方」及び「下方」という用語は、絶対的な空間認識における上方向（鉛直上方）及び下方向（鉛直下方）を指すものではなく、積層構成における積層順を基に相対的な位置関係により規定される用語として用いる。また、「上方」及び「下方」という用語は、2つの構成要素が互いに間隔をあけて配置されて2つの構成要素の間に別の構成要素が存在する場合のみならず、2つの構成要素が互いに接する状態で配置される場合にも適用される。

40

【0052】

（実施の形態 1）

実施の形態 1 に係る半導体レーザ装置について説明する。

【0053】

[1 - 1 . 全体構成]

50

まず、本実施の形態に係る半導体レーザ装置の全体構成について図面を用いて説明する。図1Aは、本実施の形態に係る半導体レーザ装置10の全体構成を示す模式的な平面図である。図1Aにおいては、密着補助層22などの構成を示すために、第二電極23の一部が切り欠かれており、切り欠かれた部分については、輪郭だけが破線で示されている。図1B～図1Fは、本実施の形態に係る半導体レーザ装置10の全体構成を示す模式的な断面図である。図1B～図1Fは、それぞれ、図1Aに示されるIB-IB線、IC-IC線、ID-ID線、IE-IE線及びIF-IF線における断面を示す。

【0054】

半導体レーザ装置10は、レーザ光を出射する装置である。半導体レーザ装置10は、図1Bに示されるように、半導体積層体30と、絶縁層21と、第一電極25と、第二電極23と、密着補助層22と、n側電極28とを備える。

10

【0055】

半導体積層体30は、図1Aに示されるように、レーザ光の出射端面である前端面36と、前端面36と反対側の面である後端面37とを有する。また、半導体積層体30は、図1Bなどに示されるように、レーザ光を生成する活性層33を含む。半導体積層体30は、図1Bに示されるように、リッジ部35を有する。半導体積層体30は、さらに、基板31と、n型半導体層32と、p型半導体層34とを含む。なお、半導体積層体30の上述の各層の間に他の層が挿入されてもよい。

【0056】

以下に示される表1は、半導体レーザ装置10を構成する主な層の具体的な構成の一例を示している。各層の具体的な構成は一例に過ぎず、材料、膜厚、不純物濃度及び層数などは適宜変更可能である。

20

【0057】

30

40

50

【表 1】

		材料	膜厚 [nm]	不純物濃度 [cm ⁻³]
第二電極 2 3		Au	1600	
第一電極 2 5		Pt	35	
		Pd	40	
p 型半導体層 3 4	p 型コンタクト層	p ⁺ -GaN	10	2.00×10 ²⁰
		p-GaN	50	2.00×10 ¹⁹
	p 型クラッド層	p-AlGaN	409	1.00×10 ¹⁹
		p-AlGaN	250	2.00×10 ¹⁸
	電子ブロック層	p-AlGaN	1	1.50×10 ¹⁹
		p-AlGaN	5	1.50×10 ¹⁹
	p 側ガイド層	GaN	3	1.50×10 ¹⁹
		GaN	6	アンドープ
InGaN		40	アンドープ	
活性層 3 3	障壁層	InGaN	18	アンドープ
	井戸層	InGaN	7.5	アンドープ
	障壁層	InGaN	19	アンドープ
	井戸層	InGaN	7.5	アンドープ
	障壁層	InGaN	92	アンドープ
n 型半導体層 3 2	n 側ガイド層	GaN	127	5.00×10 ¹⁷
	n 型クラッド層	AlGaN	3000	5.00×10 ¹⁷
基板 3 1		GaN	85000	1.40×10 ¹⁸
n 側電極 2 8		Ti	10	
		Pt	35	
		Au	300	

10

20

30

【0058】

基板 3 1 は、半導体レーザ装置 1 0 の基台となる部材である。本実施の形態では、基板 3 1 は、n 型の GaN を含む。基板 3 1 の板厚は、例えば 5 0 μm 以上 1 5 0 μm 以下である。基板 3 1 には、IV 族 n 型不純物が添加されている。IV 族 n 型不純物は、例えば、Si である。なお、基板 3 1 に含まれる IV 族 n 型不純物は、Ge などであってもよい。表 1 に示されるように、基板 3 1 の不純物濃度（具体的には、Si 濃度）は、例えば $1.40 \times 10^{18} \text{ cm}^{-3}$ である。

【0059】

n 型半導体層 3 2 は、基板 3 1 の上方に配置される第一導電型半導体層の一例である。n 型半導体層 3 2 は、例えば、n 型の AlGaN からなる n 型クラッド層（図示せず）及び n 型 GaN からなる n 側ガイド層（図示せず）を含む。

40

【0060】

n 型クラッド層は、基板 3 1 と n 側ガイド層との間に各々に接して設けられている。n 型クラッド層は、例えば、表 1 に示されるように、膜厚が 3 μm の AlGaN 層である。Al の組成比は、例えば 2.6 % である。n 型クラッド層には、IV 族 n 型不純物の一例である Si が添加されている。n 型クラッド層の不純物濃度は、基板 3 1 の不純物濃度より低く、例えば $5.00 \times 10^{17} \text{ cm}^{-3}$ である。

【0061】

n 側ガイド層は、n 型クラッド層と活性層 3 3 との間に各々に接して設けられている。n 側ガイド層は、例えば、表 1 に示されるように、膜厚が 1 2 7 nm の GaN 層である。

50

n側ガイド層には、I V族n型不純物の一例であるSiが添加されている。n側ガイド層の不純物濃度は、n型クラッド層の不純物濃度と同等であり、基板31の不純物濃度より低く、例えば $5.00 \times 10^{17} \text{ cm}^{-3}$ である。

【0062】

活性層33は、n型半導体層32の上方に配置され、レーザ光を生成する発光層である。本実施の形態では、活性層33は、多重量子井戸構造を有する。具体的には、活性層33は、1層ずつ交互に積層された複数の井戸層及び複数の障壁層を有する。より具体的には、表1に示されるように、活性層33は、2層の井戸層と、3層の障壁層とを有する。2層の井戸層はいずれも、膜厚が7.5nmのアンドープInGa_{0.92}N層である。井戸層のInの組成比は、発振波長が405nmになるように調整されている。3層の障壁層は、

10

【0063】

p型半導体層34は、活性層33と第一電極25との間に配置される第一導電型と異なる導電型の第二導電型半導体層の一例である。本実施の形態では、p型半導体層34は、Mgがドーピングされており、かつ、Hを含む。また、p型半導体層34は、p側ガイド層、電子ブロック層、p型クラッド層及びp型コンタクト層（いずれの層も図示せず）を含む。

【0064】

p側ガイド層は、活性層33と電子ブロック層との間に各々に接して設けられている。p側ガイド層は、例えば、表1に示されるように、膜厚40nmのアンドープInGa_{0.92}N層と、膜厚6nmのアンドープGa_{0.92}N層と、膜厚3nmのp型Ga_{0.92}N層との積層構造を有する。アンドープInGa_{0.92}N層のInの組成比は、例えば0.3%である。p型Ga_{0.92}N層は、p型窒化物系半導体層の一例であり、p型不純物としてMgが添加されている。p型Ga_{0.92}N層の不純物濃度は、基板31の不純物濃度よりも高く、例えば $1.50 \times 10^{19} \text{ cm}^{-3}$ である。

20

【0065】

電子ブロック層は、活性層33から第一電極25に移動する電子をブロックする。電子ブロック層が設けられていることで、活性層33に対する電子の注入効率を高めることができ、発光効率を高めることができる。電子ブロック層は、p側ガイド層とp型クラッド層との間に各々に接して設けられている。電子ブロック層は、例えば、表1に示されるように、複数のp型AlGa_{0.92}N層の積層構造を有する。複数のp型AlGa_{0.92}N層は、膜厚及びAlの組成比が互いに異なっている。p側ガイド層に接するp型AlGa_{0.92}N層（下層側）は、膜厚が5nmであり、Alの組成比が、p側ガイド層からp型クラッド層に向かう方向に沿って4%から36%まで漸増している。p型クラッド層に接するp型AlGa_{0.92}N層（上層側）は、膜厚が1nmであり、Alの組成比が36%である。2つのp型AlGa_{0.92}N層には、p型不純物としてMgが添加されている。p型AlGa_{0.92}N層の不純物濃度は、p側ガイド層のp型Ga_{0.92}N層の不純物濃度と同等であり、例えば $1.50 \times 10^{19} \text{ cm}^{-3}$ である。

30

【0066】

p型クラッド層は、電子ブロック層とp型コンタクト層との間に各々に接して設けられている。p型クラッド層は、例えば、表1に示されるように、複数のp型AlGa_{0.92}N層の積層構造を有する。複数のp型AlGa_{0.92}N層は、膜厚及び不純物濃度が互いに異なっている。複数のp型AlGa_{0.92}N層の各々のAlの組成比は、互いに等しく、例えば2.6%である。複数のp型AlGa_{0.92}N層には、p型不純物としてMgが添加されている。電子ブロック層に接するp型AlGa_{0.92}N層（下層側）の不純物濃度は、例えば $2.00 \times 10^{18} \text{ cm}^{-3}$ である。p型コンタクト層に接するp型AlGa_{0.92}N層（上層側）の不純物濃度は、電子ブロック層に接するp型AlGa_{0.92}N層の不純物濃度より高く、かつ、電子ブロック層の不純物濃度より低く、例えば $1.00 \times 10^{19} \text{ cm}^{-3}$ である。

40

【0067】

50

p型コンタクト層は、p型クラッド層と第一電極25との間に各々に接して設けられている。p型コンタクト層は、例えば、表1に示されるように、複数のp型GaN層の積層構造を有する。複数のp型GaN層は、膜厚及び不純物濃度が互いに異なっている。複数のp型GaN層には、p型不純物としてMgが添加されている。p型クラッド層に接するp型GaN層(下層側)の不純物濃度は、p型クラッド層の不純物濃度より高く、例えば $2.00 \times 10^{19} \text{ cm}^{-3}$ である。第一電極25に接するp型GaN層(上層側)の不純物濃度は、p型クラッド層に接するp型GaN層の不純物濃度より高く、例えば $2.00 \times 10^{20} \text{ cm}^{-3}$ である。つまり、第一電極25に接するp型GaN層は、p型不純物が高濃度ドーピングされた状態である。

【0068】

本実施の形態では、p型半導体層34の一部には、リッジ部35が形成されている。また、図1Bに示されるように、p型半導体層34には、リッジ部35に沿って、リッジ部35の両側にリッジ部35と同じ高さの突出部35wが形成されている。言い換えると、p型半導体層34には、リッジ部35と、突出部35wとを区画する溝部35tが形成されている。リッジ部35は、電流狭窄構造(つまり、電流閉じ込め構造)として機能し、かつ、レーザ光の導波路としても機能する。なお、本実施の形態では、突出部35wが形成されているが、突出部35wは、形成されなくてもよい。つまり、p型半導体層34の上面のうち、リッジ部35だけが上方に向かって突出する構造であってもよい。リッジ部35の高さは、例えば680nmである。

【0069】

図1Aに示されるように、絶縁層21は、半導体積層体30上面の全領域に形成され、前端面36から後端面37へ向かう第一方向に沿って延びるように形成された第一開口部27を備え、かつ、半導体積層体30の上方に配置された誘電体層である。すなわち、図1Dから図1Fに示されるように、絶縁層21は、前端面36及び後端面37の少なくとも一方の端面と第一開口部27との間であって、半導体積層体30のリッジ部35の上方に配置される。また、絶縁層21は、半導体積層体30の側端面38と第一開口部27との間であって、半導体積層体30の上方(溝部35tと突出部35wとの上方)に配置される。密着補助層22の平面視において、リッジ部35の上面の少なくとも一部は、第一開口部27の内側に配置される。

【0070】

本実施の形態では、絶縁層21は、SiO₂からなる。なお、絶縁層21を形成する材料は、SiO₂に限定されない。絶縁層21は、SOG(Spin on Glass)材料、PSG(Phosphorus Silicon Glass)、BPSG(Boron Phosphorus Silicon Glass)などであってもよいし、TiO₂、Ta₂O₅、Al₂O₃、ZrO₂、HfO₂、CeO₂、In₂O₃、Nd₂O₅などのSi系以外の酸化物であってもよいし、SiN、Si₃N₄などの窒化物であってもよいし、ポリイミドなどの有機材料であってもよい。なお、絶縁層21をSiNを用いて形成する場合には、SiO₂を用いる場合と同等の特性を得られる。

【0071】

第一電極25は、半導体積層体30の上方に配置された電極である。本実施の形態では、図1Bに示されるように、第一電極25は、リッジ部35の上面に配置される。図1Aに示されるように、第一電極25は、リッジ部35の上面のうち、前端面36及び後端面37及びその近傍を除いた領域に配置される。また、第一電極25は、絶縁層21の平面視において第一開口部27の内側に配置される。図1A、図1C~図1Fに示されるように、第一電極25は、前端面36と、前端面36から半導体積層体30上面の中央側に35μm離れた位置との間の領域、及び、後端面37と、後端面37から半導体積層体30上面の中央側に11μm離れた位置との間の領域には配置されない。絶縁層21の第一開口部27の端縁は、リッジ部35上に配置された第一電極25の外周縁から外側に、0.1μm以上10μm未満の距離をあけて配置される。

【0072】

10

20

30

40

50

第一電極 25 は、p 型半導体層 34 とオーミック接触するオーミック電極である。また、第一電極 25 は、密着補助層 22 より、電気伝導度が高い。これにより、第一電極 25 の電気伝導度が密着補助層 22 の電気伝導度以下である場合より、半導体レーザ装置 10 の抵抗値を低減できる。

【0073】

第一電極 25 は、Ti を含まない。これにより、半導体レーザ装置 10 の通電時における動作電圧の上昇を抑制できる。第一電極 25 は、例えば、Pd、Pt、Ni 及び Al の少なくともひとつを含む。

【0074】

本実施の形態では、第一電極 25 は、p 型コンタクト層に接して設けられている。第一電極 25 は、例えば、表 1 に示されるように、膜厚が 40 nm の Pd 膜と、膜厚が 35 nm の Pt 膜との積層構造を有する。Pd 膜が下層側に位置し、p 型コンタクト層と接している。

10

【0075】

第二電極 23 は、第一電極 25 及び絶縁層 21 の上方に配置された電極である。第二電極 23 の外周縁は、前端面 36 及び後端面 37 の少なくとも一方の端面と第一開口部 27 との間であって、絶縁層 21 の上方に配置される。第二電極 23 は、前端面 36 及び後端面 37 の少なくとも一方の端面に接しないように配置される。図 1A、図 1E 及び図 1F に示されるように、本実施の形態では、第二電極 23 は、前端面 36 及び後端面 37 の両方の端面に接しないように配置される。第二電極 23 の外周縁は、前端面 36 及び後端面 37 から、例えば、0.1 μm 以上 20 μm 未満の距離をあけて配置される。具体的には、第二電極 23 は、前端面 36 から 10 μm の距離をあけて配置され、後端面 37 から 10 μm の距離をあけて配置される。加えて、第二電極 23 の外周縁は、半導体積層体 30 の側端面 38 から、7.6 μm の距離をあけて配置される。また、第二電極 23 は、パッド電極である。これにより、第二電極 23 に給電用のワイヤを容易にボンディングできる。

20

【0076】

また、図 1B に示されるように、第二電極 23 は、第一電極 25 と接する。これにより、第一電極と第二電極との間の他の部材が挿入される場合より、半導体レーザ装置の抵抗値を低減できる。また、第二電極 23 は、密着補助層 22 より電気伝導度が高い。これにより、第二電極の電気伝導度が密着補助層の電気伝導度以下である場合より、半導体レーザ装置の抵抗値を低減できる。第二電極 23 は、Ti を含まない。第二電極 23 は、例えば、表 1 に示されるように、膜厚 1.6 μm の Au からなる。

30

【0077】

密着補助層 22 は、第二電極 23 と絶縁層 21 との間に配置された層である。密着補助層 22 は、密着補助層 22 の平面視において少なくとも一部が第一開口部 27 と重なる第二開口部 26 を有する。本実施の形態では、密着補助層 22 を平面視したときに第一開口部 27 の長辺側の端縁は第二開口部 26 の内側に配置され、第一開口部の短辺側の端縁は第二開口部 26 の端縁と一致している。図 1A に示されるように、第一電極 25 の少なくとも一部は、密着補助層 22 の平面視において第一開口部 27 及び第二開口部 26 の内側に配置される。これにより、第二電極 23 は、第一開口部 27 及び第二開口部 26 の内側に配置される第一電極 25 と接することができる。なお、本実施の形態では、第一電極 25 の全体が、密着補助層 22 の平面視において第一開口部 27 及び第二開口部 26 の内側に配置される。図 1D 及び図 1E に示されるように、密着補助層 22 は、前端面 36 及び後端面 37 の少なくとも一方の端面と第一開口部 27 との間であって、リッジ部 35 の上方の絶縁層 21 の上方に配置される。また、密着補助層 22 は、半導体積層体 30 の側端面 38 と第一開口部 27 との間であって、溝部 35t と突出部 35w との上方の絶縁層 21 の上方に配置される。図 1F に示されるように、本実施の形態では、密着補助層 22 は、前端面 36 及び後端面 37 の両方の端面に接しないように配置される。具体的には、密着補助層 22 の外周縁は、前端面 36 及び後端面 37 の少なくとも一方から、0.1 μm 以上 20 μm 未満の距離をあけて配置される。また、第二開口部 26 の端縁は、第一方向

40

50

において第一開口部 27 の端縁の外側に、例えば、 $0.1 \mu\text{m}$ 以上 $10 \mu\text{m}$ 未満の距離をあけて配置される。具体的には、第二開口部 26 の端縁は、第一方向において第一開口部 27 の端縁から $2.8 \mu\text{m}$ 離間して配置される。本実施の形態において、第二開口部 26 の端縁は、第二方向において第一開口部 27 の端縁から $2.8 \mu\text{m}$ 離間して、溝部 35 t 内に配置される。第二開口部 26 の端縁は、第二方向において第一開口部 27 の端縁と一致してもよい。密着補助層 22 の外周縁は、第一方向において前端面 36 から $9 \mu\text{m}$ 離れて配置され、後端面 37 から $9 \mu\text{m}$ 離れて、配置される。加えて、密着補助層 22 の外周縁は、第二方向において半導体積層体 30 の側端面 38 から、 $6.6 \mu\text{m}$ の距離をあけて配置される。密着補助層 22 は、Ti 及び Cr の少なくとも一方を含む。これにより、絶縁層 21 が酸化物である場合に、密着補助層 22 と絶縁層 21 との密着性を高めることができる。また、密着補助層 22 が Ti を含み、かつ、絶縁層 21 が TiO_2 からなる場合には、密着補助層 22 と絶縁層 21 との密着性をより一層高めることができる。絶縁層 21 が酸化物の場合、金属膜からなる密着補助層 22 も酸化物を形成しやすい材料であると、強力に結合するからである。

10

【0078】

図 1 A に示されるように、第二電極 23 の外周縁は、密着補助層 22 の外周縁の内側であって、第二開口部 26 の外側に配置される。具体的には、第一方向においては、前端面 36 及び後端面 37 から $9 \mu\text{m}$ の位置に密着補助層 22 の外周縁があり、前端面 36 及び後端面 37 から $10 \mu\text{m}$ の位置に第二電極 23 の外周縁があり、さらに前端面 36 から $37.8 \mu\text{m}$ 、後端面から $13.8 \mu\text{m}$ の位置に第二開口部 26 の端縁があって、第二方向においては、半導体積層体 30 の側端面 38 から $6.6 \mu\text{m}$ の位置に密着補助層 22 の外周縁があり、側端面 38 から $7.6 \mu\text{m}$ の位置に第二電極 23 の外周縁があり、側端面 38 から $6.9 \mu\text{m}$ の位置に第二開口部 26 の端縁がある。したがって、図 1 E に示されるように、第一の方向の後端面 37 から $6.6 \mu\text{m}$ 以上 $13.8 \mu\text{m}$ 以下の距離における断面 I E - I E では、密着補助層 22 は存在するが、第二開口部 26 は存在しない。

20

【0079】

密着補助層 22 は、例えば、膜厚が 10nm の Ti 膜と、膜厚が 50nm の Pt 膜との積層構造を有する。Ti 膜が下層側に位置し、絶縁層 21 に接している。

【0080】

n 側電極 28 は、基板 31 に接する n 側電極の一例である。n 側電極 28 は、基板 31 の裏面（つまり、基板 31 の n 型半導体層 32 などが形成されている面の裏側の面）に配置されている。n 側電極 28 は、金属材料を用いて形成されている。具体的には、n 側電極 28 は、Ti、Al、Pt、Au、Mo、Sn、In、Ni、Cr、Nb、Ba、Ag、Rh、Ir、Ru 及び Hf からなる群から選択される少なくとも 1 種類の金属、又は、当該群から選択される少なくとも 2 種類の合金を含んでいる。例えば、n 側電極 28 は、膜厚が 300nm の Au 膜と、膜厚が 35nm の Pt 膜と、膜厚が 10nm の Ti 膜との積層構造を有する。当該積層構造のうち Ti 膜が基板 31 側に位置する。

30

【0081】

以上の構成を有する半導体レーザ装置 10 は、例えば、発振波長が 405nm のレーザ光（青紫色）を出射する。半導体レーザ装置 10 のチップ幅は $150 \mu\text{m}$ であり、共振器長は $800 \mu\text{m}$ であり、リッジ幅（ストライプ幅）は前端面 36 側が $7 \mu\text{m}$ 、後端面 37 側が $6 \mu\text{m}$ である。半導体レーザ装置 10 の光出力は、連続発振で 0.7W である。半導体レーザ装置 10 の最大動作電流は、 0.47A である。このときの第一電極 25 の電流密度は、 1.1kAcm^{-2} であり、n 側電極 28 の電流密度は、 0.47kAcm^{-2} である。また、n 側電極 28 の電極面積は、 $1.0 \times 10^{-3} \text{cm}^2$ である。半導体レーザ装置 10 の動作電圧は、 4.7V であり、動作時の最大ジャンクション温度は、 91 である。なお、これらの数値は一例に過ぎず、各値は適宜設計変更されてもよい。

40

【0082】

また、表 1 では、活性層 33 が多重量子井戸構造を有する例を説明したが、活性層 33 は、表 2 に示されるように、単一量子井戸構造を有してもよい。

50

【 0 0 8 3 】

【 表 2 】

		材料	膜厚 [nm]	不純物濃度 [cm ⁻³]
第二電極 2 3		Au	2000	
第一電極 2 5		Pt	100	
		Pd	40	
p 型半導体層 3 4	p 型コンタクト層	p ⁺ -GaN	10	2.00×10 ²⁰
		p-GaN	50	2.00×10 ¹⁹
	p 型クラッド層	p-AlGaN	409	1.00×10 ¹⁹
		p-AlGaN	250	2.00×10 ¹⁸
	電子ブロック層	p-AlGaN	1	1.50×10 ¹⁹
		p-AlGaN	5	1.50×10 ¹⁹
	p 側ガイド層	GaN	3	1.50×10 ¹⁹
		GaN	6	アンドープ
InGaN		60	アンドープ	
活性層 3 3	障壁層	InGaN	18	アンドープ
	井戸層	InGaN	7.5	アンドープ
	障壁層	InGaN	190	アンドープ
n 型半導体層 3 2	n 側ガイド層	GaN	127	5.00×10 ¹⁷
	n 型クラッド層	AlGaN	3000	5.00×10 ¹⁷
基板 3 1		GaN	85000	1.40×10 ¹⁸
n 側電極 2 8		Ti	10	
		Pt	35	
		Au	300	

10

20

【 0 0 8 4 】

表 2 に示される変形例に係る半導体レーザ装置 1 0 は、表 1 に示される構造と比較して、活性層 3 3 の層構成と、p 側ガイド層の下層側の InGaN 層、第一電極 2 5 の Pt 膜及び第二電極 2 3 の各々の膜厚とが相違している。また、表 1 及び表 2 には示されていないが、密着補助層 2 2 の Pt 膜の膜厚も相違している。具体的には、密着補助層 2 2 の Pt 膜の膜厚は、表 1 に示される場合よりも大きく、例えば 1 0 0 nm である。

30

【 0 0 8 5 】

本変形例に係る活性層 3 3 は、1 層の井戸層と 2 層の障壁層を有する。井戸層は、膜厚が 7 . 5 nm のアンドープ InGaN 層である。井戸層の In の組成比は、例えば、発振波長が 4 0 5 nm になるように調整されている。2 層の障壁層は、いずれもアンドープ In_{0.08}Ga_{0.92}N 層であり、表 1 に示されるように、膜厚は互いに異なっている。

【 0 0 8 6 】

n 側ガイド層に接する InGaN 層（下層側）の膜厚は、1 9 0 nm である。また、p 側ガイド層の InGaN 層の膜厚が、表 1 に示される場合よりも大きく、6 0 nm である。これにより、積層方向における井戸層への光閉じ込め効果を高めることができ、かつ、2 . 9 cm⁻¹ という導波路の低損失化を実現することができる。

40

【 0 0 8 7 】

本変形例に係る半導体レーザ装置 1 0 は、例えば、発振波長が 4 0 5 nm のレーザ光を出射する。本変形例に係る半導体レーザ装置 1 0 のチップ幅は 1 5 0 μm であり、共振器長は 1 2 0 0 μm であり、リッジ幅は前端面 3 6 側が 3 0 μm、後端面 3 7 側が 2 8 μm である。本変形例に係る半導体レーザ装置 1 0 の光出力は、連続発振で 3 . 5 W である。本変形例に係る半導体レーザ装置 1 0 の最大動作電流は、2 . 4 A である。このときの第

50

一電極 25 の電流密度は、 6.2 kA cm^{-2} であり、n 側電極 28 の電流密度は、 1.8 kA cm^{-2} である。また、n 側電極 28 の電極面積は、 $1.3 \times 10^{-3} \text{ cm}^2$ である。本変形例に係る半導体レーザ装置 10 の動作電圧は、 4.9 V であり、動作時の最大ジャンクション温度は、 140 以上 150 以下である。なお、これらの数値は一例に過ぎず、各値は適宜設計変更されてもよい。

【0088】

本変形例では、リッジ幅が $28 \mu\text{m}$ 以上であることで、レーザの光密度を低減することができ、半導体レーザ装置 10 の端面におけるレーザ自身の光吸収による端面破壊を抑制することができる。また、共振器長が $1200 \mu\text{m}$ 以上であることで、半導体レーザ装置 10 の放熱性を高めることができる。なお、活性層 33 が単一量子井戸構造を有するので、共振器長の増大に伴う、発振電流閾値の増大、及び、電流 - 光出力特性におけるスロープ効率の低下を抑制することができる。このように、本変形例に係る半導体レーザ装置 10 では、発振電流閾値の低減、及び、動作電流の低減を実現することができる。

10

【0089】

なお、半導体レーザ装置 10 の発振波長は、 405 nm に限らない。例えば、半導体レーザ装置 10 は、発振波長が 445 nm のレーザ光（青色）を出射してもよい。青色光の半導体レーザ装置 10 は、表 2 に示される変形例に係る半導体レーザ装置 10 と同様の構成で実現することができる。具体的には、活性層 33 の井戸層の In の組成比を調整することで、青色のレーザを出力するレーザ素子を実現される。

【0090】

[1 - 2 . 作用及び効果]

次に、本実施の形態に係る半導体レーザ装置 10 の主な作用及び効果について、比較例と比較しながら、図 1 A ~ 図 3 B を用いて説明する。

20

【0091】

図 2 A 及び図 2 B は、それぞれ、比較例 1 の半導体レーザ装置 1010 の全体構成を示す模式的な平面図及び断面図である。図 2 A においては、半導体レーザ装置 1010 の構成を示すために、第二電極 1023 及び密着補助層 1022 の一部が切り欠かれている。

【0092】

図 2 A 及び図 2 B に示される比較例 1 の半導体レーザ装置 1010 は、レーザ光を出射する装置であって、前端面 1036 及び後端面 1037 を有する。本実施の形態に係る半導体レーザ装置 10 と同様に半導体積層体 1030 と、絶縁層 1021 と、第一電極 1025 と、第二電極 1023 と、密着補助層 1022 と、n 側電極 1028 とを備える。半導体積層体 1030 は、基板 1031 と、n 型半導体層 1032 と、活性層 1033 と、p 型半導体層 1034 とを有する。p 型半導体層 1034 には、リッジ部 1035 が形成されている。

30

【0093】

比較例 1 の半導体レーザ装置 1010 は、主に、絶縁層 1021、第一電極 1025、第二電極 1023 及び密着補助層 1022 の構成において、本実施の形態に係る半導体レーザ装置 10 と相違する。

【0094】

図 2 A に示されるように、絶縁層 1021 は、実施の形態 1 に係る第一開口部 27 と類似する第一開口部 1027 を有するが、第一開口部 1027 は、前端面 1036 から後端面 1037 まで延びる点において実施の形態 1 に係る第一開口部 27 と異なる。これに伴い、第一電極 1025 も、前端面 1036 から後端面 1037 まで延びる。密着補助層 1022 は、実施の形態 1 に係る第二開口部 26 と類似する第二開口部 1026 を有するが、第二開口部 1026 も前端面 1036 から後端面 1037 まで延びる点において、実施の形態 1 に係る第二開口部 26 と異なる。

40

【0095】

また、第二電極 1023 は、半導体レーザ装置 1010 の前端面 1036 近傍及び後端面 1037 近傍を含む上面全体に配置されている。

50

【0096】

比較例1の半導体レーザ装置1010が以上のような構成を有することにより、前端面1036から後端面1037へ向かう第一方向に垂直な断面は、前端面1036から後端面1037までのどの位置においても図2Bに示される断面と同様である。

【0097】

比較例1の半導体レーザ装置1010では、図2Aに示されるように、前端面1036及び後端面1037のリッジ部1035付近には、第二電極1023は配置されるが、密着補助層1022は配置されない。このため、比較例1の半導体レーザ装置1010では、リッジ部1035付近における第二電極1023の密着性が、他の領域より低く、第二電極1023の剥がれが発生しやすい。

10

【0098】

一方、本実施の形態に係る半導体レーザ装置10では、図1A、図1C及び図1Dに示されるように、第二電極23と密着補助層22とは、前端面36及び後端面37の両方の端面と第一開口部27との間であって、絶縁層21の上方に配置される。また、図1Cに示されるように、第一電極25が形成されていない第一開口部27内において、第二電極23はp型半導体層34のリッジ部35の上面に接して形成される。

【0099】

このように、第二電極23と密着補助層22とは、前端面36及び後端面37の両方と第一開口部27との間であって、絶縁層21の上方に配置されるため、前端面36及び後端面37における第二電極23と絶縁層21との間の密着性(すなわち、付着力)を高めることができる。したがって、前端面36及び後端面37における第二電極23の剥がれを抑制できる。なお、本実施の形態では、第二電極23と密着補助層22とは、前端面36及び後端面37の両方の端面と第一開口部27との間であって、絶縁層21の上方に配置されたが、第二電極23及び密着補助層22の構成は、これに限定されない。第二電極23と密着補助層22とは、前端面36及び後端面37の少なくとも一方の端面と第一開口部27との間であって、絶縁層21の上方に配置されればよい。

20

【0100】

また、比較例1の第二電極1023は、前端面1036近傍及び後端面1037近傍にも配置されている。上面視したときに第二電極1023の端部は、前端面1036及び後端面1037に一致している。ここで、半導体レーザ装置1010のような装置では、前端面1036及び後端面1037は、一般に劈開によって形成される。このため、第二電極1023が前端面1036近傍及び後端面1037近傍に配置されている場合、劈開の際に第二電極1023の剥がれが発生し易い。

30

【0101】

一方、本実施の形態に係る第二電極23は、前端面36及び後端面37の少なくとも一方の端面に接しないように配置される。これにより、少なくとも一方の端面における、第二電極23の剥がれを抑制できる。

【0102】

また、本実施の形態では、図1Aに示されるように、密着補助層22の平面視において、第二電極23の外周縁は、密着補助層22の外周縁より内側に配置され、かつ、第二電極23の外周縁は、第一開口部27の端縁及び第二開口部26の端縁より外側に配置される。これにより、第二電極23の外周縁と絶縁層21との間に密着補助層22が配置されるため、第二電極23の外周縁の剥がれを抑制できる。

40

【0103】

また、本実施の形態に係る半導体レーザ装置10においては、密着補助層22は、第一電極25に接しない。この構成によって奏される効果について、図3A及び図3Bを用いて説明する。

【0104】

図3A及び図3Bは、それぞれ、本実施の形態に係る半導体レーザ装置10及び比較例2の半導体レーザ装置の信頼性試験前後のI-V特性を示すグラフである。図3A及び図

50

3 Bには、I - V特性を示す曲線の微分係数を示すグラフも併せて示されている。図3 A及び図3 Bの横軸は順方向電圧 (F W D V o l t .) を表し、左側の縦軸は順方向電流 (F W D C u r r .) を表し、右側の縦軸は、順方向電流の電圧による微分係数を表す。また、図3 A及び図3 Bの点線及び実線は、それぞれ、信頼性試験前及び後におけるI - V特性を示し、一点鎖線及び破線は、それぞれ、信頼性試験前及び後における順方向電流の電圧による微分係数を示す。

【 0 1 0 5 】

比較例2の半導体レーザ装置は、密着補助層が、第二開口部を有さない点において、本実施の形態に係る半導体レーザ装置10と相違し、その他の点において一致する。このように、比較例2の半導体レーザ装置においては、第一電極上にも密着補助層が配置されているため、第一電極は上面の全面において密着補助層と接している。

10

【 0 1 0 6 】

なお、信頼性試験においては、各半導体レーザ装置に印加する順方向電圧を、0 Vから5 Vまで、20 mV刻みで増加させることを3回繰り返した。

【 0 1 0 7 】

図3 Aに示されるように、本実施の形態に係る半導体レーザ装置10では、信頼性試験の前後でI - V特性にほとんど変化は見られないが、比較例2の半導体レーザ装置では信頼性試験後に、所定の順方向電流を流すために必要な順方向電圧が上昇している。ここで、I - V特性の微分係数は、半導体レーザ装置の電気伝導度 (抵抗値の逆数) に相当する。図3 Bに示されるように、微分係数が信頼性試験前より信頼性試験後において低下している。つまり、信頼性試験前より信頼性試験後の方が半導体レーザ装置の抵抗値が上昇している。これは、密着補助層の以下に述べるような作用に起因すると推測される。密着補助層は、絶縁層と接している。SiO₂などからなる絶縁層にはH原子が多く含まれ、Tiなどからなる密着補助層は、絶縁層のH原子を吸蔵する作用を有する。このため、H原子が密着補助層を介して第一電極に供給される。半導体レーザ装置動作中の電位差や熱を駆動源とすることによって第一電極に達したH原子は、p型窒化物系半導体層にドーパされたMgと結合し、p型窒化物系半導体層のキャリアを不活性化させる。これにより、比較例1の半導体レーザ装置では、信頼性試験後に抵抗値が上昇したと推測される。以上のことから、本実施の形態に係る半導体レーザ装置10のように、密着補助層22を第一電極25に接触させないことにより、通電時における動作電圧の上昇を抑制できると考えられる。

20

30

【 0 1 0 8 】

また、本実施の形態では、密着補助層22の平面視において、第一方向と直交する第二方向における半導体積層体30の側端面と、当該側端面側の第一開口部27の端縁との間に、当該側端面側の第二開口部26の端縁が配置される。これにより、密着補助層22と第一電極25とが接触することなく、側端面に最も近い第一開口部27の端縁まで第一電極25を配置できる。したがって、半導体レーザ装置10の抵抗値の増大を抑制し、かつ、第一電極25の側端面付近における面積を最大化することが可能となる。

【 0 1 0 9 】

また、密着補助層22の平面視において、第二開口部26の少なくとも一部の端縁は、第一開口部27の端縁上に配置されている。本実施の形態では、図1 A及び図1 Dに示されるように、密着補助層22の平面視において、前端面36及び後端面37の一方の端面に最も近い第一開口部27の端縁上に、当該一方の端面に最も近い第二開口部26の端縁が配置される。このような構成によれば、密着補助層22と第二電極23とが接触する面積を増大させることができるため、第二電極23の剥がれをより一層抑制できる。

40

【 0 1 1 0 】

[1 - 3 . 製造方法]

次に、本実施の形態に係る半導体レーザ装置10の製造方法を図4 A及び図4 Bを用いて説明する。図4 Aは、本実施の形態に係る半導体レーザ装置10の製造方法のうち、第一電極25の形成工程までの各工程を示す模式的な断面図である。図4 Bは、本実施の形

50

態に係る半導体レーザ装置 10 の製造方法のうち、密着補助層 22 の形成工程以降の各工程を示す模式的な断面図である。図 4 A 及び図 4 B においては、図 1 B と同様の位置における断面が示されている。

【0111】

図 4 A の断面図 (a) に示されるように、まず、半導体積層体 30 を形成し、半導体積層体 30 上にマスクとして用いる酸化膜 41 を堆積させる。半導体積層体 30 を構成する半導体層の成膜は、例えば、MOCVD (Metal Organic Chemical Vapor Deposition) 法、又は、MBE (Molecular Beam Epitaxy) 法などのエピタキシャル成長法を用いて行われる。これにより、基板 31 上に、n 型半導体層 32、活性層 33 及び p 型半導体層 34 がこの順で形成される。

10

【0112】

半導体積層体 30 を形成した後、半導体積層体 30 の最上層である p 型半導体層 34 上に酸化膜 41 を形成する。酸化膜 41 は、例えば、シリコン酸化膜などの絶縁膜であり、AP-CVD (Atmospheric Pressure Chemical Vapor Deposition) 法などにより形成される。酸化膜 41 が設けられることで、後述するリッジ部 35 形成工程における p 型半導体層 34 の表面を保護することができる。酸化膜 41 を形成した後、約 800 で約 60 分間アニールを行う。

【0113】

次に、図 4 A の断面図 (b) に示されるように、酸化膜 41 をパターニングする。具体的には、酸化膜 41 に感光性レジストを塗布し、フォトリソグラフィ及びエッチングを行うことによって、除去対象部分を除去する。このように酸化膜 41 をパターニングした後、感光性レジストを除去する。

20

【0114】

次に、図 4 A の断面図 (c) に示されるように、リッジ部 35 及び突出部 35w を形成する。具体的には、パターニングされた酸化膜 41 をマスクとして用いて、p 型半導体層 34 のうち、リッジ部 35 となる領域と突出部 35w となる領域との間の領域をエッチングする。p 型半導体層 34 のエッチングは、ドライエッチングであるが、ウェットエッチングでもよい。ドライエッチングの際にチャンパー内に導入されるガスは、例えば、BCl₃ 及び Cl₂ を含む塩素系ガスである。

【0115】

次に、図 4 A の断面図 (d) に示されるように、絶縁層 21 を形成する。具体的には、酸化膜 41 をエッチングによって除去した後、p 型半導体層 34 上にプラズマ CVD によって SiO₂ からなる絶縁層 21 を形成する。

30

【0116】

次に、図 4 A の断面図 (e) に示されるように、絶縁層 21 上に感光性レジスト 42 を塗布し、フォトリソグラフィを実施することでパターニングを行う。ここでは、リッジ部 35 の上方に配置された感光性レジスト 42 を除去する。

【0117】

次に、図 4 A の断面図 (f) に示されるように、絶縁層 21 のうち、感光性レジスト 42 によって覆われていないリッジ部 35 上の領域をエッチングによって除去する。絶縁層 21 のエッチングは、ドライエッチングであるが、ウェットエッチングでもよい。また、両エッチング法を組み合わせてもよい。本実施の形態のように、絶縁層 21 が SiO₂ からなる場合のドライエッチングでは、例えば、導入ガスとして CF₄ を含むガスが用いられる。

40

【0118】

次に、図 4 A の断面図 (g) に示されるように、第一電極 25 を半導体積層体 30 の上面全体に成膜する。つまり、半導体積層体 30 のリッジ部 35 の上面及び感光性レジスト 42 の上面に第一電極 25 を形成する。

【0119】

次に、図 4 A の断面図 (h) に示されるように、リフトオフにより、感光性レジスト 4

50

2 及びその上面に形成された第一電極 2 5 を除去する。続いて、第一電極 2 5 などを熱処理してもよい。具体的には、以上の工程で形成された半導体積層体 3 0 と、絶縁層 2 1 と、第一電極 2 5 とを含む積層体を予め所定の処理温度に加熱したホットプレートなどに配置することによって加熱する。例えば、熱処理時の雰囲気は大気であり、温度は約 2 0 0 であり、処理時間は約 4 0 分である。このような熱処理により、本実施の形態に係る第一電極 2 5 のコンタクト抵抗率を $2.5 \times 10^{-4} \text{ cm}^2$ 未満に低減できる。なお、熱処理の工程は、これに限定されない。例えば、半導体積層体 3 0 と、絶縁層 2 1 と、第一電極 2 5 とを含む積層体を R T A (Rapid Thermal Anneal) 炉で加熱してもよい。具体的には、積層体を R T A 炉に搬入した後、酸素雰囲気において所定の温度勾配で約 3 5 0 まで加熱し、約 1 0 分間維持する。その後、積層体を、炉中で冷却した後取り出す。この

10

【 0 1 2 0 】

次に、図 4 B の断面図 (a) に示されるように、半導体積層体 3 0 の上方全体に感光性レジスト 4 3 を塗布し、フォトリソグラフィを実施することでパターニングを行う。ここでは、塗布された感光性レジスト 4 3 のうちリッジ部 3 5、突出部 3 5 w、並びに、前端面 3 6 及び後端面 3 7 に対応する位置の上方以外の領域の感光性レジスト 4 3 を除去する。

【 0 1 2 1 】

次に、図 4 B の断面図 (b) に示されるように、密着補助層 2 2 を半導体積層体 3 0 の上方全体に成膜する。つまり、感光性レジスト 4 3 上及び絶縁層 2 1 上に密着補助層 2 2 を形成する。本実施の形態では、密着補助層 2 2 として、下層より順に T i 層及び P t 層を成膜する。

20

【 0 1 2 2 】

次に、図 4 B の断面図 (c) に示されるように、リフトオフにより、感光性レジスト 4 3 及びその上面に形成された密着補助層 2 2 を除去する。

【 0 1 2 3 】

次に、図 4 B の断面図 (d) に示されるように、半導体積層体 3 0 の上方全体に感光性レジスト 4 4 を塗布し、フォトリソグラフィを実施することでパターニングを行う。ここでは、塗布された感光性レジスト 4 4 のうち突出部 3 5 w、並びに、前端面 3 6 及び後端面 3 7 に対応する位置の上方以外の領域の感光性レジスト 4 4 を除去する。

30

【 0 1 2 4 】

次に、図 4 B の断面図 (e) に示されるように、第二電極 2 3 を半導体積層体 3 0 の上方全体に成膜する。つまり、感光性レジスト 4 4 上、絶縁層 2 1 上、密着補助層 2 2 上及び第一電極 2 5 上に第二電極 2 3 を形成する。本実施の形態では、第二電極 2 3 として、A u 層を成膜する。この際、フォトリソグラフィによって形成されるリッジ部 3 5 の長手方向に対応する共振器方向に隣り合う第二電極 2 3 の間隙の長さが $0.2 \mu\text{m}$ 以上 $40 \mu\text{m}$ 未満となるように第二電極 2 3 を形成し、その間隙の中央でへき開して、へき開面を前端面 3 6 又は後端面 3 7 としてもよい。これにより、第二電極 2 3 は前端面 3 6 又は後端面 3 7 から $0.1 \mu\text{m}$ 以上 $20 \mu\text{m}$ 未満の距離をあけて配置される。一方、共振器方向と、結晶面の方向とが一致しなければ、へき開によって形成されたバー状の素子の両端のチップの一方において、第二電極 2 3 から前端面 3 6 又は後端面 3 7 までの距離が短くなってしまいうため、共振器方向に隣り合う第二電極 2 3 の間隙の長さ、マージンを与えてもよい。これを考慮してその間隙の長さを $20 \mu\text{m}$ 以上 $40 \mu\text{m}$ 未満としてもよく、すなわち、第二電極 2 3 は前端面 3 6 又は後端面 3 7 から $10 \mu\text{m}$ 以上 $20 \mu\text{m}$ 未満の距離をあけて配置されるようにしてもよい。

40

【 0 1 2 5 】

次に、図 4 B の断面図 (f) に示されるように、リフトオフにより、感光性レジスト 4 4 及びその上面に形成された第二電極 2 3 を除去する。ここで、第一電極 2 5 の形成工程後に行う熱処理と同様の熱処理を行ってもよい。これにより、第一電極 2 5 のコンタクト抵抗率を低減できる。

50

【 0 1 2 6 】

次に、図 4 B の断面図 (g) に示されるように、半導体積層体 3 0 に含まれる基板 3 1 の裏面 (第一電極 2 5 などが配置されている面の裏側の面) を研磨する。例えば、約 4 0 0 μm 程度の厚さの基板 3 1 を、厚さが 8 5 μm 程度になるまで研磨する。研磨は、例えば C M P (Chemical Mechanical Polishing) によって行われる。これにより、基板 3 1 による抵抗を低減でき、かつ、半導体レーザ装置 1 0 を小型化できる。

【 0 1 2 7 】

次に、図 4 B の断面図 (h) に示されるように、半導体積層体 3 0 に含まれる基板 3 1 の裏面に n 側電極 2 8 を形成する。n 側電極 2 8 は、例えば、T i 膜、P t 膜及び A u 膜をこの順で蒸着法又はスパッタリング法によって成膜し、パターニングすることで形成される。パターニングは、例えば、フォトリソグラフィ及び / 又はエッチングによって行われる。

10

【 0 1 2 8 】

以上の工程を経て、図 1 A ~ 図 1 F に示される半導体レーザ装置 1 0 が製造される。

【 0 1 2 9 】

(実施の形態 2)

実施の形態 2 に係る半導体レーザ装置について説明する。本実施の形態に係る半導体レーザ装置は、主に電流狭窄のための構成において実施の形態 1 に係る半導体レーザ装置 1 0 と相違する。以下、本実施の形態に係る半導体レーザ装置について、実施の形態 1 に係る半導体レーザ装置 1 0 との相違点を中心に図 5 A 及び図 5 B を用いて説明する。

20

【 0 1 3 0 】

図 5 A は、本実施の形態に係る半導体レーザ装置 1 1 0 の全体構成を示す模式的な平面図である。図 5 A においては、密着補助層 1 2 2 などの構成を示すために、第二電極 1 2 3 の一部が切り欠かれており、切り欠かれた部分については、輪郭だけが破線で示されている。図 5 B は、本実施の形態に係る半導体レーザ装置 1 1 0 の全体構成を示す模式的な断面図である。図 5 B は、図 5 A に示される V B - V B 線における断面を示す。

【 0 1 3 1 】

本実施の形態に係る半導体レーザ装置 1 1 0 は、図 5 B に示されるように、半導体積層体 1 3 0 と、絶縁層 1 2 1 と、第一電極 1 2 5 と、第二電極 1 2 3 と、密着補助層 1 2 2 と、n 側電極 2 8 とを備える。

30

【 0 1 3 2 】

半導体積層体 1 3 0 は、図 5 A に示されるように、レーザ光の出射端面である前端面 1 3 6 と、前端面 1 3 6 と反対側の面である後端面 1 3 7 とを有する。また、半導体積層体 1 3 0 は、図 5 B に示されるように、レーザ光を生成する活性層 3 3 を含む。半導体積層体 1 3 0 は、さらに、基板 3 1 と、n 型半導体層 3 2 と、p 型半導体層 1 3 4 とを含む。なお、半導体積層体 1 3 0 の上述の各層の間に他の層が挿入されてもよい。

【 0 1 3 3 】

p 型半導体層 1 3 4 は、リッジ部及びリッジ部と同じ高さの突出部を有さない点において実施の形態 1 に係る p 型半導体層 3 4 と相違し、その他の点において一致する。

【 0 1 3 4 】

絶縁層 1 2 1 は、半導体積層体 3 0 上面の全領域に形成され、前端面 1 3 6 から後端面 1 3 7 へ向かう第一方向に沿って延びるように形成された第一開口部 1 2 7 を備え、かつ、半導体積層体 1 3 0 の上方に配置された誘電体層である。

40

【 0 1 3 5 】

第一電極 1 2 5 は、半導体積層体 1 3 0 の上方に配置された電極である。本実施の形態では、図 5 A 及び図 5 B に示されるように、第一電極 1 2 5 は、絶縁層 1 2 1 の第一開口部 1 2 7 の内側、及び、第一開口部 1 2 7 の四辺の端縁から 2 μm の部分の絶縁層 1 2 1 上に配置される。図 5 A に示されるように、第一電極 1 2 5 は、前端面 1 3 6 及び後端面 1 3 7 付近には配置されない。絶縁層 1 2 1 の第一開口部 1 2 7 の端縁は、第一電極 1 2 5 の外周縁から内側に、0 . 1 μm 以上第一電極の幅未満の距離をあけて配置される。さ

50

らに、第一開口部 1 2 7 の端縁は、第二開口部の端縁から内側に、 $0.1 \mu\text{m}$ 以上 $5 \mu\text{m}$ 未満の距離をあけて配置される。

【0136】

第二電極 1 2 3 は、第一電極 1 2 5 及び絶縁層 1 2 1 の上方に配置された電極である。第二電極 1 2 3 は、前端面 1 3 6 及び後端面 1 3 7 の少なくとも一方の端面と第一開口部 1 2 7 との間であって、絶縁層 1 2 1 の上方に配置される。図 5 A に示されるように、第二電極 1 2 3 は、前端面 1 3 6 及び後端面 1 3 7 の両方の端面に接しないように配置される。具体的には、第二電極 1 2 3 の外周縁は、前端面 1 3 6 及び後端面 1 3 7 から、 $0.1 \mu\text{m}$ 以上 $20 \mu\text{m}$ 未満の距離をあけて配置される。

【0137】

密着補助層 1 2 2 は、第二電極 1 2 3 と絶縁層 1 2 1 との間に配置された層である。密着補助層 1 2 2 は、密着補助層 1 2 2 の平面視において少なくとも一部が第一開口部 1 2 7 と重なる第二開口部 1 2 6 を有する。図 5 A に示されるように、第一電極 1 2 5 の少なくとも一部は、密着補助層 1 2 2 の平面視において第一開口部 1 2 7 及び第二開口部 1 2 6 の内側に配置される。これにより、第二電極 1 2 3 は、第一開口部 1 2 7 及び第二開口部 1 2 6 の内側に配置される第一電極 1 2 5 と接することができる。なお、本実施の形態では、第一電極 1 2 5 の全体が、密着補助層 1 2 2 の平面視において第二開口部 1 2 6 の内側に配置され、第一電極 1 2 5 の一部が、第一開口部 1 2 7 の内側に配置される。密着補助層 1 2 2 は、前端面 1 3 6 及び後端面 1 3 7 の少なくとも一方の端面と第一開口部 1 2 7 との間であって、絶縁層 1 2 1 の上方に配置される。具体的には、密着補助層 1 2 2 の外周縁は、前端面 1 3 6 及び後端面 1 3 7 の少なくとも一方から、 $0.1 \mu\text{m}$ 以上 $10 \mu\text{m}$ 未満の距離をあけて配置され、第二開口部 1 2 6 の端縁は、第一開口部 1 2 7 の端縁から外側に、 $0.1 \mu\text{m}$ 以上 $20 \mu\text{m}$ 未満の距離をあけて配置される。

【0138】

本実施の形態に係る半導体レーザ装置 1 1 0 は、以上のような構成を有することにより、実施の形態 1 に係る半導体レーザ装置 1 0 と同様に第二電極 1 2 3 の剥がれを抑制する効果を奏することができる。

【0139】

(実施の形態 3)

実施の形態 3 に係る半導体レーザ装置について説明する。本実施の形態に係る半導体レーザ装置は、主に絶縁層及び密着補助層の構成において実施の形態 1 に係る半導体レーザ装置 1 0 と相違する。以下、本実施の形態に係る半導体レーザ装置について、実施の形態 1 に係る半導体レーザ装置 1 0 との相違点を中心に図 6 A ~ 図 6 C を用いて説明する。

【0140】

図 6 A は、本実施の形態に係る半導体レーザ装置 2 1 0 の全体構成を示す模式的な平面図である。図 6 A においては、密着補助層 2 2 2 などの構成を示すために、第二電極 2 2 3 の一部が切り欠かれており、切り欠かれた部分については、輪郭だけが破線で示されている。また、図 6 A においては、絶縁層 2 2 1 などの構成を示すために、密着補助層 2 2 2 の一部が切り欠かれており、切り欠かれた部分については、輪郭だけが破線で示されている。図 6 B 及び図 6 C は、本実施の形態に係る半導体レーザ装置 2 1 0 の全体構成を示す模式的な断面図である。図 6 B 及び図 6 C は、それぞれ、図 6 A に示される V I B - V I B 線及び V I C - V I C 線における断面を示す。

【0141】

本実施の形態に係る半導体レーザ装置 2 1 0 は、図 6 B に示されるように、半導体積層体 3 0 と、絶縁層 2 2 1 と、第一電極 2 5 と、第二電極 2 2 3 と、密着補助層 2 2 2 と、n 側電極 2 8 とを備える。

【0142】

絶縁層 2 2 1 は半導体積層体 3 0 上面の全領域に形成され、前端面 3 6 から後端面 3 7 へ向かう第一方向に沿って延びるように形成された第一開口部 2 2 7 を備え、かつ、半導体積層体 3 0 の上方に配置された誘電体層である。

10

20

30

40

50

【 0 1 4 3 】

第二電極 2 2 3 は、第一電極 2 5 及び絶縁層 2 2 1 の上方に配置された電極である。第二電極 2 2 3 は、前端面 3 6 及び後端面 3 7 の少なくとも一方の端面と第一開口部 2 2 7 との間であって、絶縁層 2 2 1 の上方に配置される。図 6 A に示されるように、第二電極 2 2 3 は、前端面 3 6 及び後端面 3 7 の両方の端面には配置されない。絶縁層 2 2 1 の第一開口部 2 2 7 の端縁は、第一電極 2 5 の外周縁から外側に、 $0.1 \mu\text{m}$ 以上 $10 \mu\text{m}$ 未満の距離をあけて配置され、第二電極 2 2 3 は、その外周縁が前端面 3 6 及び後端面 3 7 から、 $0.1 \mu\text{m}$ 以上 $20 \mu\text{m}$ 未満の距離をあけて配置される。

【 0 1 4 4 】

密着補助層 2 2 2 は、第二電極 2 2 3 と絶縁層 2 2 1 との間に配置された層である。密着補助層 2 2 2 は、密着補助層 2 2 2 の平面視において少なくとも一部が第一開口部 2 2 7 と重なる第二開口部 2 2 6 を有する。本実施の形態では、密着補助層 2 2 を平面視したときに第一開口部 2 2 7 の端縁は、長辺側、短辺側ともに第二開口部 2 2 6 の端縁の外側に配置される。図 6 A に示されるように、第一電極 2 5 の少なくとも一部は、密着補助層 2 2 の平面視において第一開口部 2 2 7 及び第二開口部 2 2 6 の内側に配置される。これにより、第二電極 2 2 3 は、第一開口部 2 2 7 及び第二開口部 2 2 6 の内側に配置される第一電極 2 5 と接することができる。なお、本実施の形態では、第一電極 2 5 の全体が、密着補助層 2 2 2 の平面視において第一開口部 2 2 7 及び第二開口部 2 2 6 の内側に配置される。密着補助層 2 2 2 は、前端面 3 6 及び後端面 3 7 の少なくとも一方の端面と第一開口部 2 2 7 との間であって、絶縁層 2 2 1 の上方に配置される。第二開口部 2 2 6 の端縁は、その第一方向及び第二方向において、第一開口部 2 2 7 の端縁の内側に、例えば、 $0.1 \mu\text{m}$ 以上 $10 \mu\text{m}$ 未満の距離をあけて配置される。具体的には、第二開口部 2 2 6 の端縁は、第一開口部 2 2 7 の端縁から $2.8 \mu\text{m}$ の距離をあけて、第一開口部 2 2 7 内に配置される。密着補助層 2 2 2 の外周縁は、前端面 3 6 から $9 \mu\text{m}$ 離れて配置され、後端面 3 7 から $9 \mu\text{m}$ 離れて配置される。加えて、密着補助層 2 2 2 の外周縁は、半導体積層体 3 0 の側端面 3 8 から、 $6.6 \mu\text{m}$ の距離をあけて配置される。具体的には、密着補助層 2 2 2 の外周縁は、前端面 3 6 及び後端面 3 7 の少なくとも一方から、 $0.1 \mu\text{m}$ 以上 $20 \mu\text{m}$ 未満の距離をあけて配置され、第二開口部 2 2 6 の端縁は、第一開口部 2 2 7 の端縁の内側に、 $0.1 \mu\text{m}$ 以上 $10 \mu\text{m}$ 未満の距離をあけて配置される。

【 0 1 4 5 】

図 6 A に示されるように、第二電極 2 2 3 の外周縁は、密着補助層 2 2 2 の外周縁の内側であって、第二開口部 2 2 6 の外側に配置される。具体的には、第一方向においては、前端面 3 6 及び後端面 3 7 から $9 \mu\text{m}$ の位置に密着補助層 2 2 2 の外周縁があり、前端面 3 6 及び後端面 3 7 から $10 \mu\text{m}$ の位置に第二電極 2 2 3 の外周縁があり、さらに前端面 3 6 から $37.8 \mu\text{m}$ 、後端面から $13.8 \mu\text{m}$ の位置に第二開口部 2 2 6 の端縁がある。第二方向においては、半導体積層体 3 0 の側端面 3 8 から $6.6 \mu\text{m}$ の位置に密着補助層 2 2 2 の外周縁があり、側端面 3 8 から $7.6 \mu\text{m}$ の位置に第二電極 2 2 3 の外周縁があり、側端面 3 8 から $70 \mu\text{m}$ の位置に第二開口部 2 2 6 の端縁がある。したがって、図 6 B に示されるように、後端面 3 7 から密着補助層 2 2 2 の第一方向寸法の $1/2$ の距離における断面 V I B - V I B では、第二開口部 2 2 6 は存在するが、図 6 C に示されるように、後端面 3 7 から $6.6 \mu\text{m}$ 以上 $13.8 \mu\text{m}$ 以下の距離における断面 V I C - V I C では、第二開口部 2 2 6 は存在しない。

【 0 1 4 6 】

本実施の形態に係る半導体レーザ装置 2 1 0 は、以上のような構成を有することにより、実施の形態 1 に係る半導体レーザ装置 1 0 と同様に第二電極 2 2 3 の剥がれを抑制する効果を奏することができる。

【 0 1 4 7 】

また、本実施の形態に係る密着補助層 2 2 2 は、実施の形態 1 に係る密着補助層 2 2 と異なり、密着補助層 2 2 2 の平面視において、第二開口部 2 2 6 のすべての端縁は、第一開口部 2 2 7 の端縁の内側に配置される。これにより、実施の形態 1 に係る半導体レーザ

10

20

30

40

50

装置 10 より、密着補助層 222 と第二電極 223 とが接触する面積を増大させることができる。したがって、本実施の形態では、第二電極 223 の剥がれをより一層抑制できる。なお、密着補助層 222 の平面視において、第二開口部 226 のすべての端縁は、第一開口部 27 の端縁上に配置されてもよい。このような構成によっても、実施の形態 1 に係る半導体レーザ装置 10 より、密着補助層 222 と第二電極 223 とが接触する面積を増大させることができるため、第二電極 223 の剥がれを抑制できる。

【0148】

(実施の形態 4)

実施の形態 4 に係る半導体レーザ装置について説明する。本実施の形態に係る半導体レーザ装置は、主に密着補助層の構成において実施の形態 1 に係る半導体レーザ装置 10 と相違する。以下、本実施の形態に係る半導体レーザ装置について、実施の形態 1 に係る半導体レーザ装置 10 との相違点を中心に図 7A ~ 図 7F を用いて説明する。

【0149】

図 7A は、本実施の形態に係る半導体レーザ装置 310 の全体構成を示す模式的な平面図である。図 7A においては、密着補助層 322 などの構成を示すために、第二電極 323 の一部が切り欠かれており、切り欠かれた部分については、輪郭だけが破線で示されている。図 7B ~ 図 7F は、本実施の形態に係る半導体レーザ装置 310 の全体構成を示す模式的な断面図である。図 7B ~ 図 7F は、それぞれ、図 7A に示される V I I B - V I I B 線 ~ V I I F - V I I F 線における断面を示す。

【0150】

本実施の形態に係る半導体レーザ装置 310 は、図 7B に示されるように、半導体積層体 30 と、絶縁層 21 と、第一電極 25 と、第二電極 323 と、密着補助層 322 と、n 側電極 28 とを備える。

【0151】

第二電極 323 は、第一電極 25 及び絶縁層 21 の上方に配置された電極である。第二電極 323 は、前端面 36 及び後端面 37 の少なくとも一方の端面と絶縁層 21 の第一開口部 27 との間であって、絶縁層 21 の上方に配置される。図 7A に示されるように、第二電極 323 は、前端面 36 及び後端面 37 の両方の端面に接しないように配置される。具体的には、第二電極 323 の外周縁は、前端面 36 及び後端面 37 から、 $0.1 \mu\text{m}$ 以上 $20 \mu\text{m}$ 未満の距離をあけて配置される。

【0152】

密着補助層 322 は、第二電極 323 と絶縁層 21 との間に配置された層である。密着補助層 322 は、密着補助層 322 の平面視において少なくとも一部が第一開口部 27 と重なる第二開口部 326 を有する。図 7A に示されるように、第一電極 25 の少なくとも一部は、密着補助層 322 の平面視において第一開口部 27 及び第二開口部 326 の内側に配置される。本実施の形態では、密着補助層 22 を平面視したときに第一開口部 27 の端縁は、長辺側、短辺側とも第二開口部 26 の端縁の内側に配置される。これにより、第二電極 323 は、第一開口部 27 及び第二開口部 326 の内側に配置される第一電極 25 と接することができる。なお、本実施の形態では、第一電極 25 の全体が、密着補助層 322 の平面視において第一開口部 27 及び第二開口部 326 の内側に配置される。密着補助層 322 は、前端面 36 及び後端面 37 の少なくとも一方の端面と第一開口部 27 との間であって、絶縁層 21 の上方に配置される。具体的には、密着補助層 322 の外周縁は、前端面 36 及び後端面 37 の少なくとも一方から、 $0.1 \mu\text{m}$ 以上 $10 \mu\text{m}$ 未満の距離をあけて配置され、第二開口部 326 の端縁は、第一開口部 27 の端縁から外側に、 $0.1 \mu\text{m}$ 以上 $20 \mu\text{m}$ 未満の距離をあけて配置される。

【0153】

第二開口部 326 の端縁は、第一方向及び第二方向において、第一開口部 27 の端縁から外側に、例えば $0.1 \mu\text{m}$ 以上 $10 \mu\text{m}$ 未満の距離をあけて配置される。具体的には、第二開口部 326 の端縁は、第一開口部 27 の端縁の外側に $2.8 \mu\text{m}$ の距離をあけて配置される。密着補助層 322 の外周縁は、前端面 36 から $9 \mu\text{m}$ の距離をあけて配置され

10

20

30

40

50

、後端面 37 から $9\ \mu\text{m}$ の距離をあけて配置される。加えて、密着補助層 322 の外周縁は、半導体積層体 30 の側端面 38 から、 $6.6\ \mu\text{m}$ の距離をあけて配置される。具体的には、密着補助層 322 の外周縁は、前端面 36 及び後端面 37 の少なくとも一方から、 $0.1\ \mu\text{m}$ 以上 $20\ \mu\text{m}$ 未満の距離をあけて配置され、第二開口部 326 の端縁は、第一開口部 27 の端縁の外側に、 $0.1\ \mu\text{m}$ 以上 $10\ \mu\text{m}$ 未満の距離をあけて配置される。

【0154】

図 7A に示されるように、第二電極 323 の外周縁は、密着補助層 322 の外周縁の内側であって、第二開口部 326 の外側に配置される。具体的には、第一方向においては、前端面 36 及び後端面 37 から $9\ \mu\text{m}$ の位置に密着補助層 322 の外周縁があり、前端面 36 及び後端面 37 から $10\ \mu\text{m}$ の位置に第二電極 323 の外周縁があり、さらに前端面 36 から $37.8\ \mu\text{m}$ 、後端面から $13.8\ \mu\text{m}$ の位置に第二開口部 326 の端縁がある。第二方向においては、半導体積層体 30 の側端面 38 から $6.6\ \mu\text{m}$ の位置に密着補助層 322 の外周縁があり、側端面 38 から $7.6\ \mu\text{m}$ の位置に第二電極 323 の外周縁があり、側端面 38 から $70\ \mu\text{m}$ の位置に第二開口部 326 の端縁がある。したがって、図 7B に示されるように、後端面 37 から密着補助層 322 の第一方向寸法の $1/2$ の距離における断面 V I I B - V I I B では、第二開口部 326 と第一開口部 27 と第一電極 25 が存在し、図 7C 及び図 7D に示されるように、後端面 37 から $7.6\ \mu\text{m}$ 以上 $13.8\ \mu\text{m}$ 以下の距離における断面 V I I C - V I I C 及び断面 V I I D - V I I D では、断面 V I I C - V I I C では第二開口部 326 と第一開口部 27 が存在し、断面 V I I D - V I I D では第二開口部 326 が存在し、後端面 37 から $6.6\ \mu\text{m}$ 以上 $7.6\ \mu\text{m}$ 以下の距離における断面 V I I E - V I I E では、第一開口部 27、第二開口部 326 は存在しない。そして、後端面 37 から $6.6\ \mu\text{m}$ 以下の距離における断面 V I I F - V I I F では、密着補助層 322 が存在しない。

【0155】

本実施の形態に係る半導体レーザ装置 310 は、以上のような構成を有することにより、実施の形態 1 に係る半導体レーザ装置 10 と同様に第二電極 323 の剥がれを抑制する効果を奏することができる。

【0156】

また、本実施の形態では、密着補助層 322 の平面視において、前端面 36 及び後端面 37 の一方の端面と、一方の端面側の第一開口部 27 の端縁との間に、一方の端面側の第二開口部 326 の端縁が配置される。これにより、密着補助層 322 と第一電極 25 とが接触することなく、端面に最も近い第一開口部 27 の端縁まで第一電極 25 を配置できる。したがって、半導体レーザ装置 310 の抵抗値の増大を抑制し、かつ、第一電極 25 の端面付近における面積を最大化することが可能となる。

【0157】

また、本実施の形態では、密着補助層 322 の平面視において、第二開口部 326 のすべての端縁は、第一開口部 27 の外側に配置される。これにより、密着補助層 322 と第一電極 25 とが接触することなく、第一開口部 27 の端縁まで第一電極 25 を配置できる。したがって、半導体レーザ装置 310 の抵抗値の増大を抑制し、かつ、第一電極 25 の側端面付近における面積を最大化することが可能となる。

【0158】

(実施の形態 5)

実施の形態 5 に係る半導体レーザ装置について説明する。本実施の形態に係る半導体レーザ装置は、主に第一電極の構成において実施の形態 1 に係る半導体レーザ装置 10 と相違する。以下、本実施の形態に係る半導体レーザ装置について、実施の形態 1 に係る半導体レーザ装置 10 との相違点を中心に図 8A 及び図 8B を用いて説明する。

【0159】

図 8A は、本実施の形態に係る半導体レーザ装置 410 の全体構成を示す模式的な平面図である。図 8A においては、密着補助層 422 などの構成を示すために、第二電極 423 の一部が切り欠かれており、切り欠かれた部分については、輪郭だけが破線で示されて

いる。また、図 8 A においては、第一電極 4 2 5 の構成を示すために、絶縁層 4 2 1 の一部が切り欠かれており、切り欠かれた部分については、輪郭だけが破線で示されている。図 8 B は、本実施の形態に係る半導体レーザ装置 4 1 0 の全体構成を示す模式的な断面図である。図 8 B は、図 8 A に示される V I I I B - V I I I B 線における断面を示す。

【 0 1 6 0 】

本実施の形態に係る半導体レーザ装置 4 1 0 は、図 8 B に示されるように、半導体積層体 3 0 と、絶縁層 4 2 1 と、第一電極 4 2 5 と、第二電極 4 2 3 と、密着補助層 4 2 2 と、n 側電極 2 8 とを備える。

【 0 1 6 1 】

第一電極 4 2 5 は、図 8 B に示されるように、リッジ部 3 5 の上面だけでなく側面の少なくとも一部を覆う。さらに、第一電極 4 2 5 は、p 型半導体層 3 4 の上面のうち、リッジ部 3 5 とリッジ部 3 5 と同じ高さの突出部 3 5 w との間の溝部 3 5 t のリッジ部 3 5 側の少なくとも一部を覆う。

10

【 0 1 6 2 】

絶縁層 4 2 1 は、半導体積層体 3 0 上面の全領域に形成され、前端面 3 6 から後端面 3 7 へ向かう第一方向に沿って延びるように形成された第一開口部 4 2 7 を備え、かつ、半導体積層体 3 0 の上方に配置された誘電体層である。図 8 A に示されるように、密着補助層 4 2 2 の平面視において、リッジ部 3 5 の上面の少なくとも一部は、第一開口部 4 2 7 の内側に配置される。また、図 8 A 及び図 8 B に示されるように、絶縁層 4 2 1 の少なくとも一部は、第一電極 4 2 5 上に配置される。より詳しくは、第一電極 4 2 5 のうち、リッジ部 3 5 の側面に配置された領域上及びその外側に配置された領域上に絶縁層 4 2 1 が配置される。また、第一開口部 4 2 7 の周縁全体が、第一電極 4 2 5 上に配置される。本実施の形態に係る第一電極 4 2 5 及び絶縁層 4 2 1 を実現するために、半導体レーザ装置 4 1 0 の製造において、第一電極 4 2 5 は、絶縁層 4 2 1 より先に形成される。具体的には、第一電極 4 2 5 の外周縁は、第一開口部 4 2 7 の端縁から外側に、 $0.1 \mu\text{m}$ 以上 $10 \mu\text{m}$ 未満の距離をあけて配置される。

20

【 0 1 6 3 】

第二電極 4 2 3 は、第一電極 4 2 5 及び絶縁層 4 2 1 の上方に配置された電極である。第二電極 4 2 3 は、前端面 3 6 及び後端面 3 7 の少なくとも一方の端面と絶縁層 4 2 1 の第一開口部 4 2 7 との間であって、絶縁層 4 2 1 の上方に配置される。図 8 A に示されるように、第二電極 4 2 3 は、前端面 3 6 及び後端面 3 7 の両方の端面には配置されない。具体的には、第二電極 3 2 3 の外周縁は、前端面 3 6 及び後端面 3 7 から、 $0.1 \mu\text{m}$ 以上 $20 \mu\text{m}$ 未満の距離をあけて配置される。

30

【 0 1 6 4 】

密着補助層 4 2 2 は、第二電極 4 2 3 と絶縁層 4 2 1 との間に配置された層である。密着補助層 4 2 2 は、密着補助層 4 2 2 の平面視において少なくとも一部が第一開口部 4 2 7 と重なる第二開口部 4 2 6 を有する。図 8 A に示されるように、第一電極 4 2 5 の少なくとも一部は、密着補助層 4 2 2 の平面視において第一開口部 4 2 7 及び第二開口部 4 2 6 の内側に配置される。これにより、第二電極 4 2 3 は、第一開口部 4 2 7 及び第二開口部 4 2 6 の内側に配置される第一電極 4 2 5 と接することができる。密着補助層 4 2 2 は、前端面 3 6 及び後端面 3 7 の少なくとも一方の端面と第一開口部 4 2 7 との間であって、絶縁層 4 2 1 の上方に配置される。具体的には、密着補助層 4 2 2 の外周縁は、前端面 3 6 及び後端面 3 7 の少なくとも一方から、 $0.1 \mu\text{m}$ 以上 $20 \mu\text{m}$ 未満の距離をあけて配置され、第二開口部 4 2 6 の端縁は、第一開口部 4 2 7 の端縁から、 $0.1 \mu\text{m}$ 以上 $20 \mu\text{m}$ 未満の距離をあけて配置される。

40

【 0 1 6 5 】

本実施の形態に係る半導体レーザ装置 4 1 0 は、以上のような構成を有することにより、実施の形態 1 に係る半導体レーザ装置 1 0 と同様に第二電極 4 2 3 の剥がれを抑制する効果を奏することができる。

【 0 1 6 6 】

50

(実施の形態6)

実施の形態6に係る半導体レーザ装置について説明する。本実施の形態に係る半導体レーザ装置は、主に絶縁層の構成において実施の形態1に係る半導体レーザ装置10と相違する。以下、本実施の形態に係る半導体レーザ装置について、実施の形態1に係る半導体レーザ装置10との相違点を中心に図9A及び図9Bを用いて説明する。

【0167】

図9Aは、本実施の形態に係る半導体レーザ装置510の全体構成を示す模式的な平面図である。図9Aにおいては、密着補助層522などの構成を示すために、第二電極523の一部が切り欠かれており、切り欠かれた部分については、輪郭だけが破線で示されている。また、図9Aにおいては、絶縁層521の構成を示すために、密着補助層522の一部が切り欠かれており、切り欠かれた部分については、輪郭だけが破線で示されている。図9Bは、本実施の形態に係る半導体レーザ装置510の全体構成を示す模式的な断面図である。図9Bは、図9Aに示されるI X B - I X B線における断面を示す。

10

【0168】

本実施の形態に係る半導体レーザ装置510は、図9Bに示されるように、半導体積層体30と、絶縁層521と、第一電極25と、第二電極523と、密着補助層522と、n側電極28とを備える。

【0169】

絶縁層521は、半導体積層体30上面の全領域に形成され、前端面36から後端面37へ向かう第一方向に沿って延びるように形成された第一開口部527を備え、かつ、半導体積層体30の上方に配置された誘電体層である。図9Aに示されるように、密着補助層522の平面視において、リッジ部35の上面の少なくとも一部は、第一開口部527の内側に配置される。また、本実施の形態では、図9A及び図9Bに示されるように、絶縁層521は、リッジ部35の上面のうち、リッジ部35の側面付近にも配置される。具体的には、絶縁層521の第一開口部527の端縁は、第一電極25の外周縁から外側に、 $0.1\mu\text{m}$ 以上 $10\mu\text{m}$ 未満の距離をあけて配置される。さらに、第一開口部527の端縁は、リッジ部35の上面にあり、リッジ部35の側面と上面が接する部分(リッジ部の角部)から $0.5\mu\text{m}$ 以上 $2\mu\text{m}$ 未満の距離をあけて配置される。また、第一開口部527の端縁は、第一電極25の外周縁の外側にあり、第一電極25の外周縁から $0.1\mu\text{m}$ 以上 $1\mu\text{m}$ 未満の距離をあけて配置される。

20

30

【0170】

第二電極523は、第一電極525及び絶縁層521の上方に配置された電極である。第二電極523は、前端面36及び後端面37の少なくとも一方の端面と絶縁層521の第一開口部527との間であって、絶縁層521の上方に配置される。図9Aに示されるように、第二電極523は、前端面36及び後端面37の両方の端面には配置されない。具体的には、第二電極523の外周縁は、前端面36及び後端面37から、 $0.1\mu\text{m}$ 以上 $20\mu\text{m}$ 未満の距離をあけて配置される。

【0171】

密着補助層522は、第二電極523と絶縁層521との間に配置された層である。密着補助層522は、密着補助層522の平面視において少なくとも一部が第一開口部527と重なる第二開口部526を有する。図9Aに示されるように、第一電極25の少なくとも一部は、密着補助層522の平面視において第一開口部527及び第二開口部526の内側に配置される。これにより、第二電極523は、第一開口部527及び第二開口部526の内側に配置される第一電極25と接することができる。密着補助層522は、前端面36及び後端面37の少なくとも一方の端面と第一開口部527との間であって、絶縁層521の上方に配置される。具体的には、密着補助層522の外周縁は、前端面36及び後端面37の少なくとも一方から、 $0.1\mu\text{m}$ 以上 $20\mu\text{m}$ 未満の距離をあけて配置され、第二開口部526の端縁は、第一開口部527の端縁から外側に、 $0.1\mu\text{m}$ 以上 $20\mu\text{m}$ 未満の距離をあけて配置される。

40

【0172】

50

本実施の形態に係る半導体レーザ装置 510 は、以上のような構成を有することにより、実施の形態 1 に係る半導体レーザ装置 10 と同様に第二電極 523 の剥がれを抑制する効果を奏することができる。

【0173】

(実施の形態 7)

実施の形態 7 に係る半導体レーザ装置について説明する。本実施の形態に係る半導体レーザ装置は、主に、第二電極に接合されるサブマウントを備える点において、実施の形態 4 に係る半導体レーザ装置 310 と相違する。以下、本実施の形態に係る半導体レーザ装置について、実施の形態 4 に係る半導体レーザ装置 310 との相違点を中心に図 10A ~ 図 10C を用いて説明する。

【0174】

図 10A、図 10B 及び図 10C は、それぞれ、本実施の形態に係る半導体レーザ装置 610 の全体構成を示す模式的な平面図、第一断面図及び第二断面図である。図 10B 及び図 10C は、それぞれ、図 10A に示される XB - XB 線及び XC - XC 線における断面を示す。

【0175】

本実施の形態に係る半導体レーザ装置 610 は、図 10B 及び図 10C に示されるように、半導体積層体 30 と、絶縁層 21 と、第一電極 25 と、第二電極 24 と、密着補助層 322 と、n 側電極 28 と、サブマウント 13 とを備える。なお、図 10B 及び図 10C には、n 側電極 28 にボンディングされるワイヤ 18 と、ワイヤ 18 と n 側電極 28 とを接合する金属ボール 17 とが併せて示されている。

【0176】

密着補助層 322 は、上記実施の形態 4 に係る密着補助層 322 と同様の構成を有する層である。

【0177】

第二電極 24 は、第一電極 25 及び絶縁層 21 の上方(図 10B 及び図 10C では下方)に配置された電極である。第二電極 24 は、前端面 36 及び後端面 37 の少なくとも一方の端面と第一開口部 27 との間に配置される。第二電極 24 は、前端面 36 及び後端面 37 の少なくとも一方の端面に接しないように配置される。図 10A 及び図 10B に示されるように、本実施の形態では、第二電極 24 は、前端面 36 及び後端面 37 の両方の端面に接しないように配置される。具体的には、第二電極 523 の外周縁は、前端面 36 及び後端面 37 から、0.1 μm 以上 20 μm 未満の距離をあけて配置される。

【0178】

本実施の形態では、第二電極 24 は、半導体積層体 30、第一電極 25、密着補助層 322 などと、サブマウント 13 とを接合する。第二電極 24 は、例えば、Au を含む合金からなる。より具体的には、第二電極 24 は、AuSn などの合金である。

【0179】

サブマウント 13 は、ヒートシンクとして機能する実装用部材である。本実施の形態では、サブマウント 13 は、メタル層 13a と、基台 13b とを含む。メタル層 13a は、金属からなる層である。メタル層 13a を形成する金属は、特に限定されない。メタル層 13a は、例えば、基台 13b から順に、Ti、Pt 及び Au が積層された金属膜である。基台 13b は、サブマウント 13 のうち大部分を占めるバルク状部材である。本実施の形態では、基台 13b は、直方体状の形状を有する。基台 13b を形成する材料は、特に限定されない。本実施の形態では、基台 13b は、多結晶 SiC 基板である。なお、基台 13b として、Si 又は AlN 基板を用いてもよく、放熱性を高めるため、単結晶 SiC 又はダイヤモンド基板を用いてもよい。

【0180】

本実施の形態に係る半導体レーザ装置 610 は、例えば、サブマウント 13 と、上記実施の形態 4 に係る半導体レーザ装置 310 とを、AuSn からなる半田によって接合することによって製造できる。より詳しくは、サブマウント 13 のメタル層 13a 上に AuS

10

20

30

40

50

n半田層を形成し、半導体レーザ装置310をサブマウント13にジャンクションダウン実装することで(つまり、半導体レーザ装置310の第二電極323と、サブマウント13とをAuSn半田層で接合することで)、本実施の形態に係る半導体レーザ装置610を製造できる。このとき、AuSn半田層と、Auからなる第二電極323とが合金化されて、AuSnからなる第二電極24が形成される。

【0181】

本実施の形態に係る半導体レーザ装置610は、以上のように、第二電極24に接合されるサブマウント13を備えることにより、活性層33などで発生した熱を効率よく放散できる。このため、活性層33における熱の影響を低減できる。

【0182】

また、本実施の形態に係る半導体レーザ装置610では、図10Aに示されるように、サブマウント13は、第一方向と交差する端面13sを備え、密着補助層322の平面視において、前端面36と第一開口部27との間に、端面13sが配置されてもよい。

【0183】

このように、絶縁層21の平面視において、前端面36が、サブマウント13の端面13sよりサブマウント13の外側に配置されることにより、半導体レーザ装置610から出射されるレーザ光のサブマウント13による蹴られを低減できる。具体的には、前端面36は、サブマウント13の端面13sから、0.1 μ m以上20 μ m未満の距離だけ突出して配置される。また、絶縁層21の平面視において、第一開口部27は、サブマウント13と重なる位置に配置される。ここで、絶縁層21の第一開口部27の内部領域は、第一電極25が配置される領域であって、当該領域に電流が閉じ込められる。このため、当該領域は半導体積層体30のうち、最も発熱量が多い領域である。本実施の形態では、絶縁層21の平面視において、発熱量が多い第一開口部27の内部領域と、サブマウント13とが重なるように配置されるため、半導体積層体30からサブマウント13への放熱を確保できる。

【0184】

(実施の形態8)

実施の形態8に係る半導体レーザ装置について説明する。本実施の形態に係る半導体レーザ装置は、主に、サブマウントと第二電極との接合構成において、実施の形態7に係る半導体レーザ装置610と相違する。以下、本実施の形態に係る半導体レーザ装置について、実施の形態7に係る半導体レーザ装置610との相違点を中心に図11A~図11Cを用いて説明する。

【0185】

図11A、図11B及び図11Cは、それぞれ、本実施の形態に係る半導体レーザ装置710の全体構成を示す模式的な平面図、第一断面図及び第二断面図である。図11B及び図11Cは、それぞれ、図11Aに示されるXIB-XIB線及びXIC-XIC線における断面を示す。

【0186】

本実施の形態に係る半導体レーザ装置710は、図11B及び図11Cに示されるように、半導体積層体30と、絶縁層21と、第一電極25と、第二電極323と、密着補助層322と、n側電極28と、サブマウント13と、半田層12と、分離層15とを備える。なお、図11B及び図11Cには、n側電極28にボンディングされるワイヤ18と、ワイヤ18とn側電極28とを接合する金属ボール17とが併せて示されている。

【0187】

本実施の形態では、第二電極323は、実施の形態4に係る第二電極323と同様の構成を有する。第二電極323は、半導体積層体30、第一電極25、密着補助層322などと、分離層15とを接合する。

【0188】

半田層12は、サブマウント13と、第二電極323などとを接合する層である。半田層12は、サブマウント13のメタル層13a上に、例えば、AuSn半田などで形成さ

10

20

30

40

50

れる。

【0189】

分離層15は、半田層12と、第二電極323との間に配置される層であり、半田層12と、第二電極323とを分離する。分離層15によって、第二電極323と半田層12とが一体化することを抑制できる。分離層15は、例えば、Ptによって形成される。

【0190】

以上のような構成を有する本実施の形態に係る半導体レーザ装置710によっても、上記実施の形態7に係る半導体レーザ装置610と同様の効果が奏される。

【0191】

(実施の形態9)

実施の形態9に係る半導体レーザ装置について説明する。本実施の形態に係る半導体レーザ装置は、主に、第一電極の構成において、実施の形態4に係る半導体レーザ装置310と相違する。以下、本実施の形態に係る半導体レーザ装置について、実施の形態4に係る半導体レーザ装置310との相違点を中心に図12A～図12Cを用いて説明する。

【0192】

図12Aは、本実施の形態に係る半導体レーザ装置810の全体構成を示す模式的な断面図である。図12B及び図12Cは、本実施の形態に係る半導体レーザ装置810の第一電極825の構成を示す模式的な一部拡大断面図である。図12Aは、図7Bに示される実施の形態4に係る半導体レーザ装置310の断面と同様の位置における断面が示されている。図12Bは、図12Aに示される断面図のうち、破線枠XII Bの内部を拡大して示す図である。図12Cは、図12Bに示される拡大断面図のうち、破線枠XII Cの内部を拡大して示す図である。

【0193】

本実施の形態に係る半導体レーザ装置810は、図12Aに示されるように、半導体積層体30と、絶縁層21と、第一電極825と、第二電極323と、密着補助層322と、n側電極28とを備える。

【0194】

本実施の形態では、絶縁層21は、膜厚300nmのSiO₂からなる。密着補助層322は、絶縁層21側から順に第一層322aと第二層322bとを含む。第一層322aは、膜厚10nmのTiからなり、第二層322bは、膜厚50nmのPtからなる。

【0195】

第一電極825は、図12Bに示されるように、リッジ部35の上面に配置され、下層電極825aと、上層電極825bとを含む。下層電極825aは、第一電極825のうち、半導体積層体30に近い位置に配置される層である。本実施の形態では、下層電極825aは、Pdからなる。下層電極825aの膜厚T1は、40nmである。上層電極825bは、第一電極825のうち、半導体積層体30から遠い位置に配置される層である。本実施の形態では、上層電極825bは、Ptからなる。上層電極825bの膜厚T2は、35nmである。なお、第一電極825は、約1.6μmのAuからなる第二電極323で覆われる。

【0196】

本実施の形態では、第一電極825の端部の断面は、図12B及び図12Cに示されるように傾斜しており、角部から途中で直線状の部分を経て、端に近づくにしたがって傾斜がなだらかになる。また、第一電極825の端部の断面は、角部を有さない(つまり、有限の曲率を有する)。本実施の形態では、第一電極825の端部の最大傾斜角θ1は、72°である。なお、最大傾斜角θ1は、72°に限定されない。最大傾斜角θ1は、45°以上、85°以下であってもよい。最大傾斜角θ1は、上層電極825bの上面から最下端の間に存在する直線状の部分(つまり斜面の変曲点部分)とリッジ部35の上面の成す角度と定義される。

【0197】

また、図12Cに示されるように、第一電極825の端部は、裾部を有し、本実施の形

10

20

30

40

50

態では、裾部の長さ L_1 は28nmである。裾部の長さ L_1 は、直線状の斜面の傾斜が連続的に緩く変化し始める部分から、膜厚がゼロとなる領域までの長さとして定義される。

【0198】

また、第一電極825の端部の傾斜部の長さ L_2 は45nmである。ここで、傾斜部とは、第一電極825の上面が平坦な領域の端から、膜厚がゼロとなる領域までの長さとして定義される。なお、ここで、上面が平坦な領域とは、完全に平坦な領域に限定されず、実質的に平坦な領域も含まれる。例えば、膜厚の変化量が10%以下である領域を平坦な領域として定義してもよい。また、膜厚がゼロである領域とは、膜厚が完全にゼロである領域に限定されず、膜厚が実質的にゼロである領域も含まれる。例えば、膜厚が、最大膜厚の5%以下である領域を膜厚がゼロである領域として定義してもよい。

10

【0199】

以上のような構成を有する半導体レーザ装置810は、ジャンクションアップ実装に適している。例えば、半導体レーザ装置810をサブマウントにジャンクションダウン実装を行う場合には、サブマウント上に配置されたAuSnなどからなる半田が半導体積層体30側へ拡散することを抑制するために、Ptからなる上層電極825bを厚膜化する必要がある。一方、ジャンクションアップ実装においては、このような上層電極825bの厚膜化が不要であるため、上述のように比較的薄い上層電極825bを用いることができる。これにより、半導体レーザ装置810の低コスト化を実現できる。

【0200】

(実施の形態10)

実施の形態10に係る半導体レーザ装置について説明する。本実施の形態に係る半導体レーザ装置は、主に、第一電極の構成において、実施の形態9に係る半導体レーザ装置810と相違する。以下、本実施の形態に係る半導体レーザ装置について、実施の形態9に係る半導体レーザ装置810との相違点を中心に図13A及び図13Bを用いて説明する。

20

【0201】

図13A及び図13Bは、本実施の形態に係る半導体レーザ装置910の第一電極925の構成を示す模式的な一部拡大断面図である。図13Aは、図12Bに示される実施の形態9に係る半導体レーザ装置810の断面と同様の位置における断面が示されている。図13Bは、図13Aに示される拡大断面図のうち、破線枠XIIIBの内部を拡大して示す図である。

30

【0202】

本実施の形態に係る半導体レーザ装置910は、実施の形態9に係る半導体レーザ装置810と同様に、半導体積層体30と、絶縁層21と、第一電極925と、第二電極323と、密着補助層322と、n側電極28とを備える。

【0203】

第一電極925は、図13Aに示されるように、リッジ部35の上面に配置され、下層電極925aと、上層電極925bとを含む。下層電極925aは、第一電極925のうち、半導体積層体30に近い位置に配置される層である。本実施の形態では、下層電極925aは、Pdからなる。下層電極925aの膜厚 T_1 は、40nmである。上層電極925bは、第一電極925のうち、半導体積層体30から遠い位置に配置される層である。本実施の形態では、上層電極925bは、Ptからなる。上層電極925bの膜厚 T_2 は、100nmである。なお、第一電極925は、約2.0 μm のAuからなる第二電極323で覆われる。

40

【0204】

本実施の形態では、第一電極925の端部の断面は、図13A及び図13Bに示されるように傾斜しており、角部から途中に直線状の部分を経て、端に近づくにしたがって傾斜がなだらかになる。また、第一電極925の端部の断面は、角部を有さない(つまり、有限の曲率を有する)。本実施の形態では、第一電極925の端部の最大傾斜角 θ_1 は、72°である。なお、最大傾斜角 θ_1 は、72°に限定されない。最大傾斜角 θ_1 は、45°以上、85°以下であってもよい。

50

【0205】

また、図13Bに示されるように、第一電極925の端部は、裾部を有し、本実施の形態では、裾部の長さL1は28nmである。

【0206】

また、第一電極925の端部の傾斜部の長さL2は45nmである。ここで、傾斜部は、上記実施の形態9で述べたとおりに定義される。

【0207】

以上のような構成を有する半導体レーザ装置910は、ジャンクションダウン実装に適している。半導体レーザ装置910では、Ptからなる上層電極925bが厚膜化されているため、半導体レーザ装置910をサブマウントにジャンクションダウン実装する場合に、サブマウント上に配置されたAuSnなどからなる半田が半導体積層体30側へ拡散することを抑制できる。このように半田が半導体積層体30側へ拡散することを抑制するために、Ptからなる上層電極925bの膜厚T2は、例えば、50nm以上200nm未満であってもよい。

10

【0208】

(変形例など)

以上、本開示に係る半導体レーザ装置について、各実施の形態に基づいて説明したが、本開示は、上記各実施の形態に限定されるものではない。

【0209】

例えば、上記各実施の形態においては、第一電極が密着補助層で覆われないが、第一電極の一部が密着補助層によって覆われてもよい。

20

【0210】

また、上記各実施の形態においては、第二電極は、前端面及び後端面に配置されないが、第二電極は、前端面及び後端面の少なくとも一方の端面に配置されてもよい。このような構成においても、第二電極と密着補助層とが、前端面及び後端面の少なくとも一方の端面と第一開口部との間であって、絶縁層の上方に配置されることで、第二電極の剥がれを抑制できる。

【0211】

また、上記各実施の形態に対して当業者が思いつく各種変形を施して得られる形態や、本開示の趣旨を逸脱しない範囲で上記各実施の形態における構成要素及び機能を任意に組み合わせることで実現される形態も本開示に含まれる。

30

【0212】

例えば、実施の形態9に係る半導体レーザ装置810の第一電極825の構成は、上記実施の形態1～6に係る各半導体レーザ装置に適用することができる。これにより、ジャンクションアップ実装に適した半導体レーザ装置を実現できる。

【0213】

例えば、実施の形態10に係る半導体レーザ装置910の第一電極925の構成は、上記実施の形態1～8に係る各半導体レーザ装置に適用することができる。これにより、ジャンクションダウン実装に適した半導体レーザ装置を実現できる。

【産業上の利用可能性】

40

【0214】

本開示の半導体レーザ装置は、例えば、高い信頼性が要求されるヘッドライト用光源などにおいて特に有用である。

【符号の説明】

【0215】

10、110、210、310、410、510、610、710、810、910、

1010 半導体レーザ装置

12 半田層

13 サブマウント

13a メタル層

50

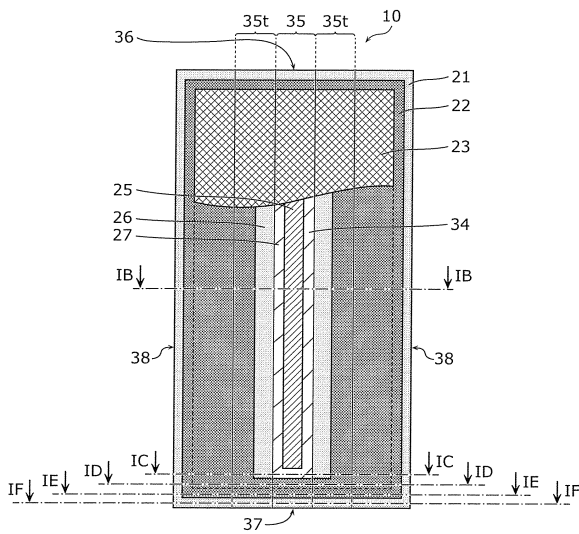
- 13 b 基台
- 15 分離層
- 17 金属ボール
- 18 ワイヤ
- 21、121、221、421、521、1021 絶縁層
- 22、122、222、322、422、522、1022 密着補助層
- 23、24、123、223、323、423、523、1023 第二電極
- 25、125、425、525、825、925、1025 第一電極
- 26、126、226、326、426、526、1026 第二開口部
- 27、127、227、427、527、1027 第一開口部
- 28、1028 n側電極
- 30、130、1030 半導体積層体
- 31、1031 基板
- 32、1032 n型半導体層
- 33、1033 活性層
- 34、134、1034 p型半導体層
- 35、1035 リッジ部
- 35 t 溝部
- 35 w 突出部
- 36、136、1036 前端面
- 37、137、1037 後端面
- 38 側端面
- 41 酸化膜
- 42、43、44 感光性レジスト
- 322 a 第一層
- 322 b 第二層
- 825 a、925 a 下層電極
- 825 b、925 b 上層電極

10

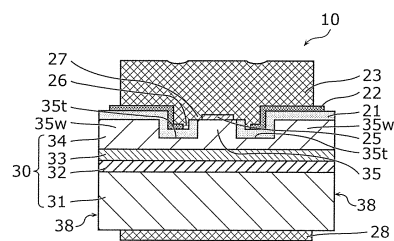
20

【図面】

【図1A】



【図1B】

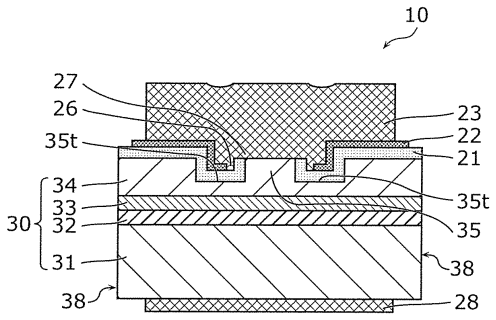


30

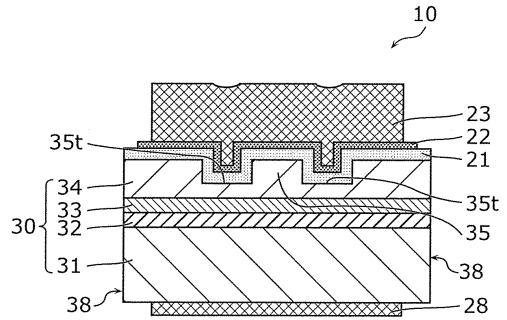
40

50

【図 1 C】

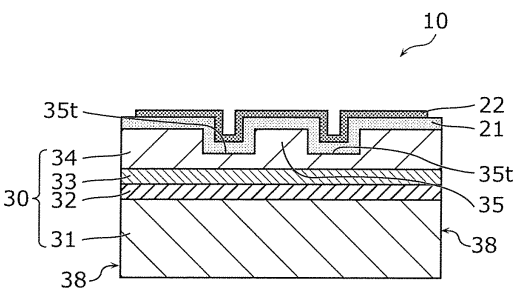


【図 1 D】

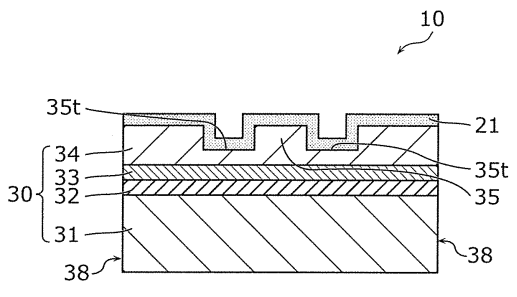


10

【図 1 E】



【図 1 F】



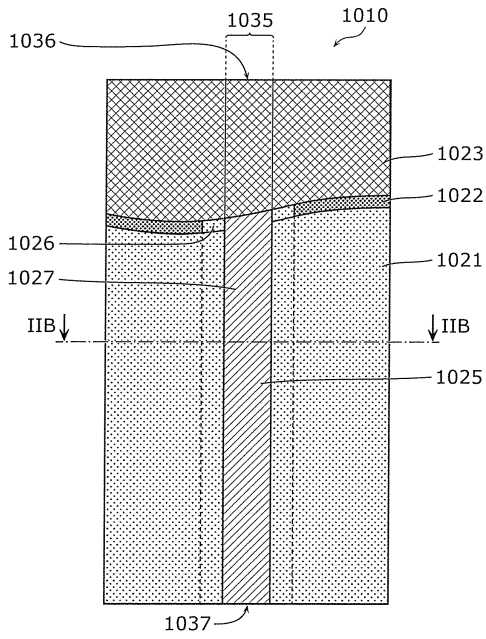
20

30

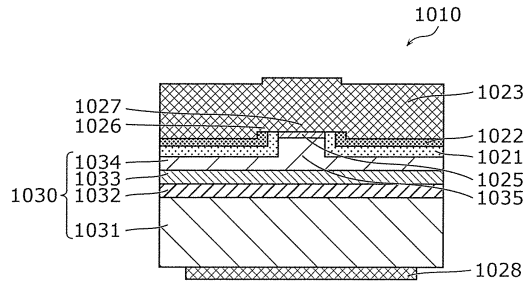
40

50

【 2 A 】

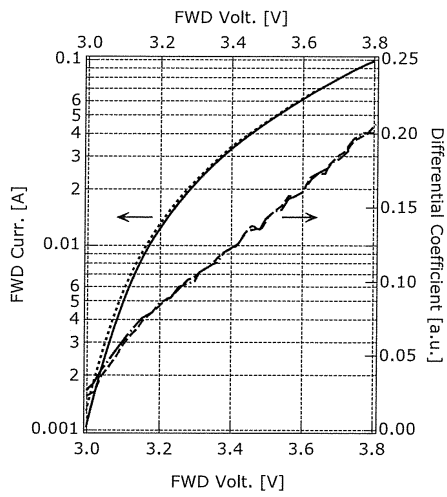


【 2 B 】

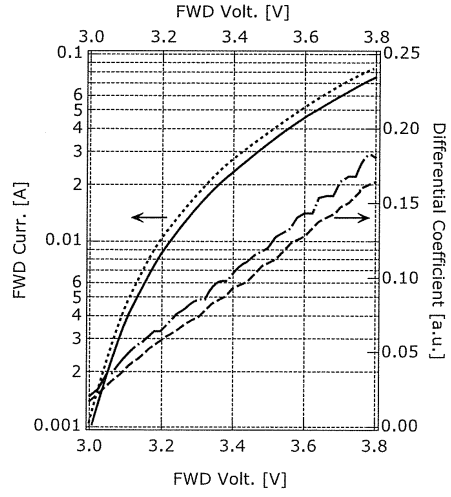


10

【 3 A 】



【 3 B 】



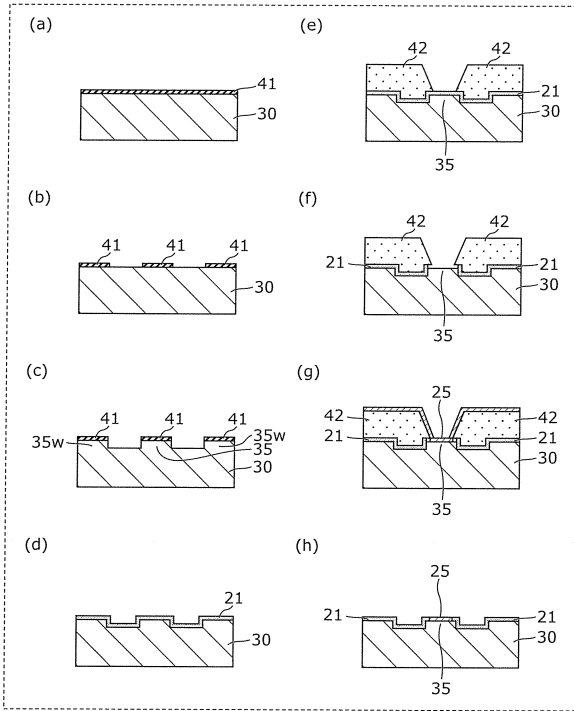
20

30

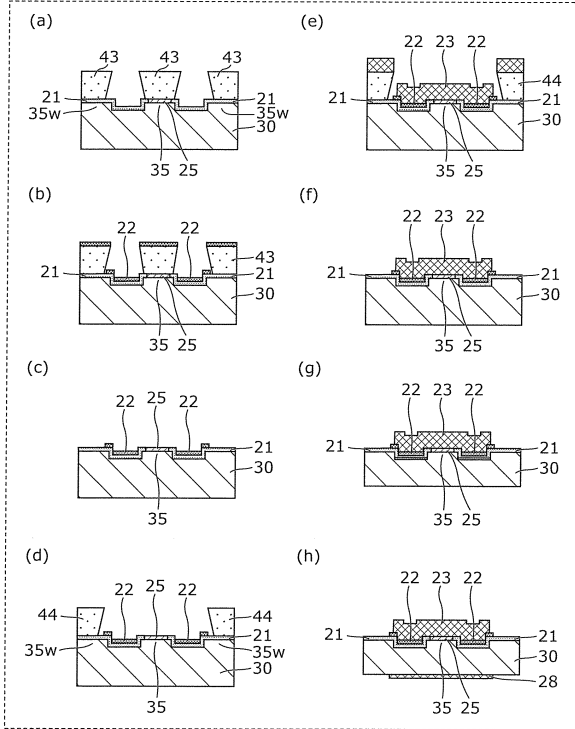
40

50

【図 4 A】



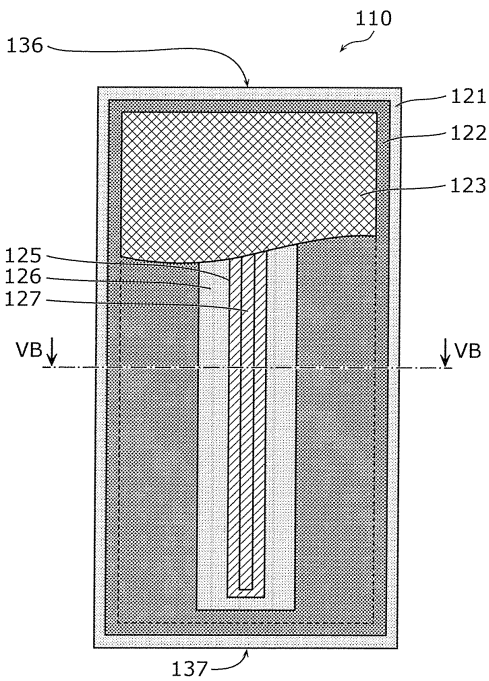
【図 4 B】



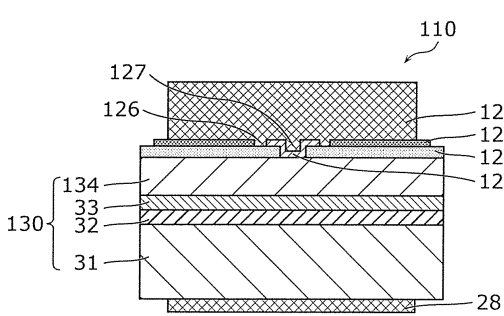
10

20

【図 5 A】



【図 5 B】

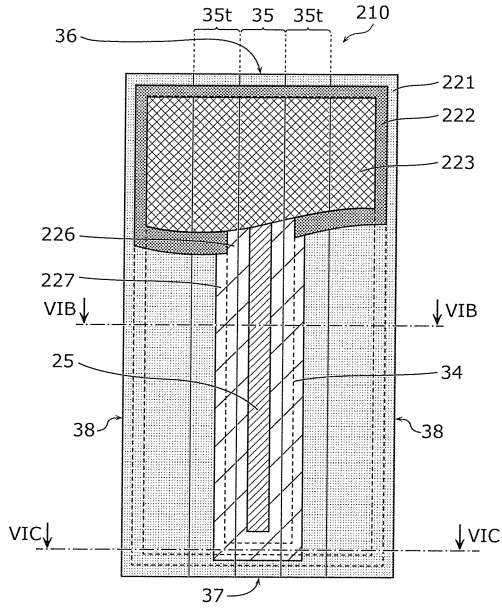


30

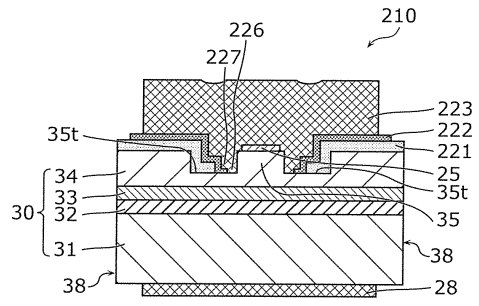
40

50

【 図 6 A 】

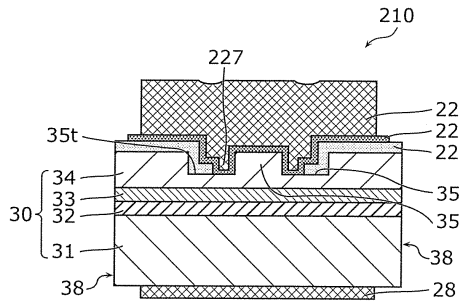


【 図 6 B 】

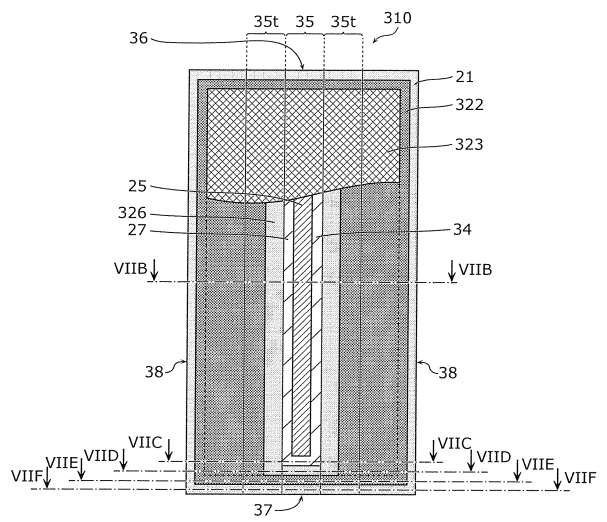


10

【 図 6 C 】



【 図 7 A 】



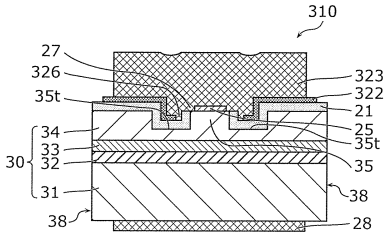
20

30

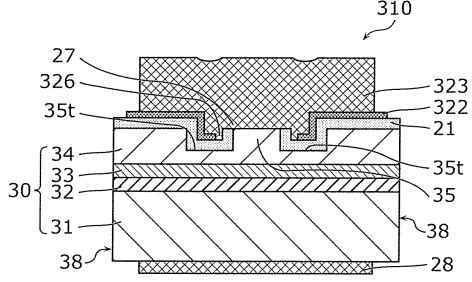
40

50

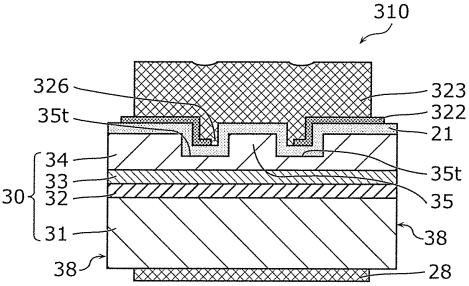
【図 7 B】



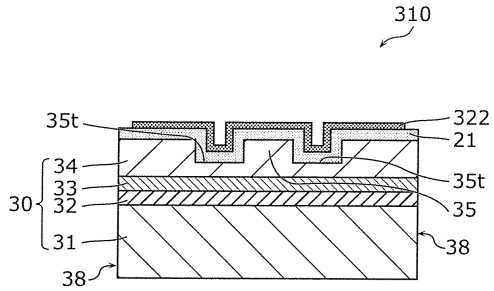
【図 7 C】



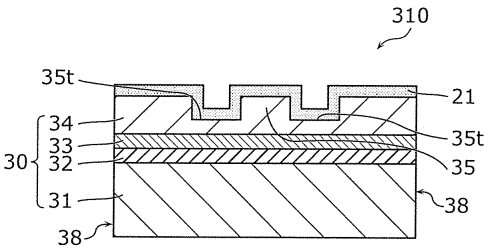
【図 7 D】



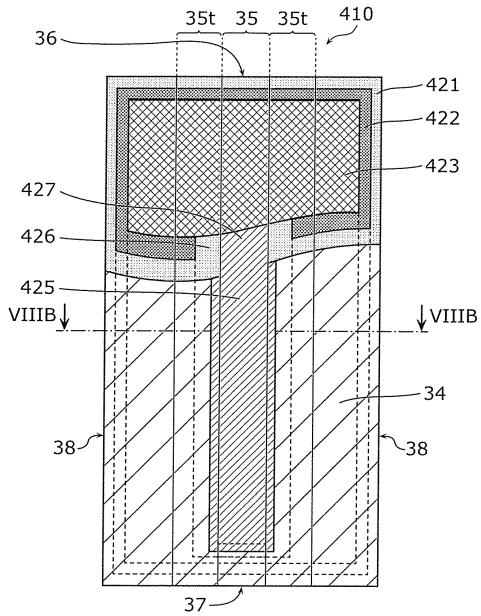
【図 7 E】



【図 7 F】



【図 8 A】



10

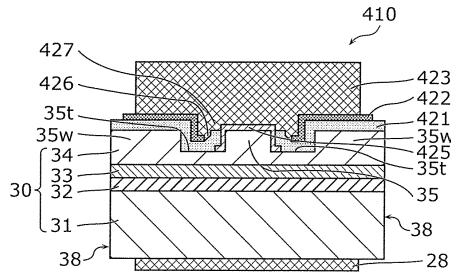
20

30

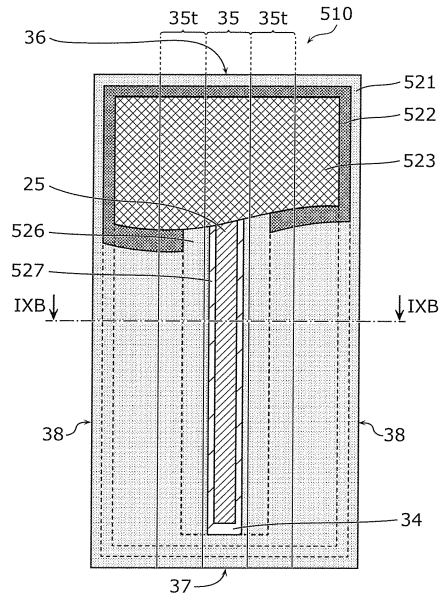
40

50

【図 8 B】

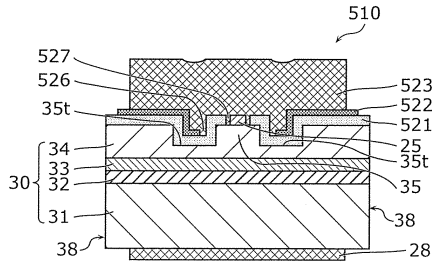


【図 9 A】

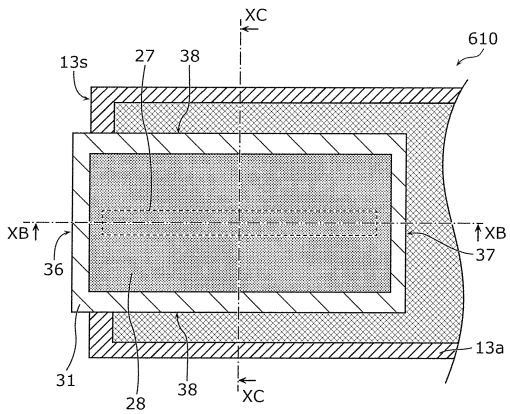


10

【図 9 B】



【図 10 A】



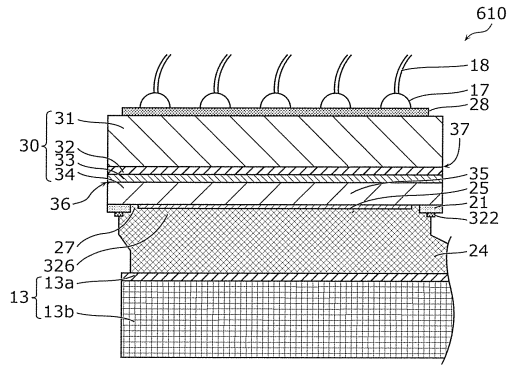
20

30

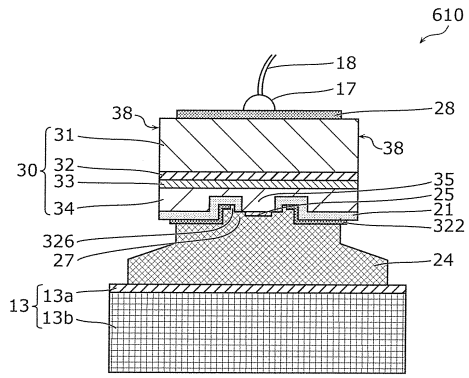
40

50

【図10B】

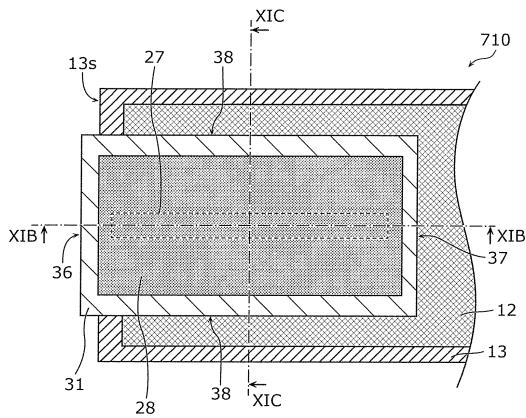


【図10C】

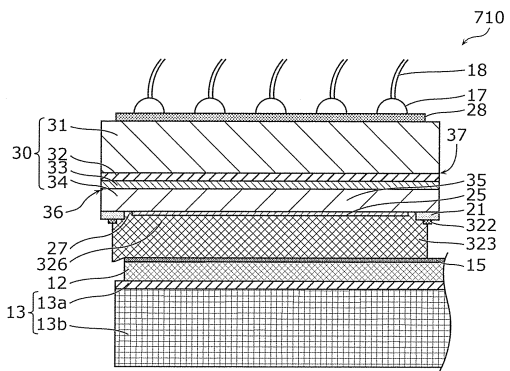


10

【図11A】

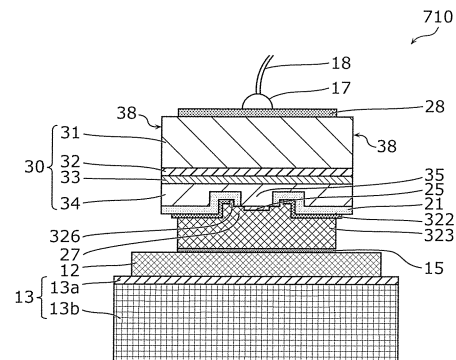


【図11B】

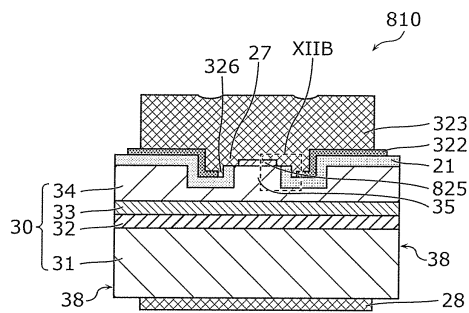


20

【図11C】



【図12A】



30

40

50

フロントページの続き

- 日本国京都府長岡京市神足焼町1番地 ヌヴォトンテクノロジージャパン株式会社内
(72)発明者 吉田 真治
- 日本国京都府長岡京市神足焼町1番地 ヌヴォトンテクノロジージャパン株式会社内
(72)発明者 左文字 克哉
- 日本国京都府長岡京市神足焼町1番地 ヌヴォトンテクノロジージャパン株式会社内
審査官 右田 昌士
- (56)参考文献 国際公開第2018/180524(WO, A1)
特開2011-135016(JP, A)
特開2005-109291(JP, A)
米国特許出願公開第2017/0054271(US, A1)
特開2010-062300(JP, A)
特開2013-125886(JP, A)
- (58)調査した分野 (Int.Cl., DB名)
H01S 5/00 - 5/50
H01L 33/00 - 33/64