

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特許公報(B2)

(11) 特許番号

特許第6070147号
(P6070147)

(45) 発行日 平成29年2月1日(2017.2.1)

(24) 登録日 平成29年1月13日(2017.1.13)

(51) Int.Cl.

H01S 5/22 (2006.01)

F 1

H01S 5/22

請求項の数 7 (全 18 頁)

(21) 出願番号 特願2012-273422 (P2012-273422)
 (22) 出願日 平成24年12月14日 (2012.12.14)
 (65) 公開番号 特開2014-120556 (P2014-120556A)
 (43) 公開日 平成26年6月30日 (2014.6.30)
 審査請求日 平成27年11月13日 (2015.11.13)

(73) 特許権者 000006013
 三菱電機株式会社
 東京都千代田区丸の内二丁目7番3号
 (74) 代理人 100082175
 弁理士 高田 守
 (74) 代理人 100106150
 弁理士 高橋 英樹
 (74) 代理人 100148057
 弁理士 久野 淑己
 (72) 発明者 黒木 公治
 東京都千代田区丸の内二丁目7番3号 三菱電機株式会社内
 (72) 発明者 元田 隆
 東京都千代田区丸の内二丁目7番3号 三菱電機株式会社内

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】半導体レーザダイオード

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項 1】

半導体基板の上に積層された下クラッド層と、
 前記下クラッド層の上に積層された活性層と、
 前記活性層の上に積層された上クラッド層と、
 前記活性層の対向する2つの端部のうち一方を前端面とし他方を後端面として、前記前端面の反射率よりも前記後端面の反射率が高く形成された共振器と、
 前記活性層における利得を前記前端面の側よりも前記後端面の側で小さくする利得制御構造と、

を備え、

前記利得制御構造は、前記活性層に供給する電流の電流密度を前記前端面の側より前記後端面の側で小さくするものであり、

前記利得制御構造は、前記活性層に積層され前記活性層に注入される電流が前記前端面の側より前記後端面の側で小さくなるように電流を狭窄するストライプ構造を含み、

前記ストライプ構造は、前記前端面の側に設けられた前端面側部分と、前記後端面の側に設けられた後端面側部分と、を備え、

前記ストライプ構造は、前記後端面側部分において複数のストライプに分岐し、前記前端面側部分で前記複数のストライプが合流したものであり、

前記後端面の側へいくほど前記複数のストライプの間隔が広がり、前記後端面の側へいくほど前記ストライプ構造の幅が広がることを特徴とする半導体レーザダイオード。

10

20

【請求項 2】

前記前端面側部分では前記ストライプ構造の幅が一定であり、前記後端面側部分では前記ストライプ構造の幅が前記後端面の側へいくほど広がることを特徴とする請求項 1 に記載の半導体レーザダイオード。

【請求項 3】

前記複数のストライプそれぞれの幅は、前記後端面の側にかけて徐々に狭くなることを特徴とする請求項 1 または 2 に記載の半導体レーザダイオード。

【請求項 4】

前記上クラッド層に積層された絶縁膜と、

前記絶縁膜に積層された電極層と、

をさらに備え、

前記絶縁膜は、前記前端面と前記後端面との間を伸び且つ前記活性層よりも平面方向の幅の狭い開口を備え、

前記電極層は、前記開口を介して前記上クラッド層と電気的に接続し、

前記ストライプ構造は、前記電極層と前記上クラッド層とを前記開口を介して電気的に接続させることで電流を狭窄するものであることを特徴とする特徴とする請求項 1 ~ 3 のいずれか 1 項に記載の半導体レーザダイオード。

【請求項 5】

半導体基板の上に積層された下クラッド層と、

前記下クラッド層の上に積層された活性層と、

前記活性層の上に積層された上クラッド層と、

前記活性層の対向する 2 つの端部のうち一方を前端面とし他方を後端面として、前記前端面の反射率よりも前記後端面の反射率が高く形成された共振器と、

前記活性層における利得を前記前端面の側よりも前記後端面の側で小さくする利得制御構造と、

を備え、

前記利得制御構造は、前記活性層に供給する電流の電流密度を前記前端面の側より前記後端面の側で小さくするものであり、

前記利得制御構造は、前記活性層に積層され前記活性層に注入される電流が前記前端面の側より前記後端面の側で小さくなるように電流を狭窄するストライプ構造を含み、

前記ストライプ構造は、前記前端面から前記後端面にかけて並行に伸びるとともに前記前端面から前記後端面に渡って互いに離間して設けられた互いに幅の異なる複数のストライプを含むことを特徴とする半導体レーザダイオード。

【請求項 6】

前記複数のストライプそれぞれの幅は前記前端面の側より前記後端面の側で狭いことを特徴とする請求項 5 に記載の半導体レーザダイオード。

【請求項 7】

前記前端面の側から前記後端面の側にかけて徐々に前記複数のストライプそれぞれの幅が狭くなることを特徴とする請求項 6 に記載の半導体レーザダイオード。

【発明の詳細な説明】**【技術分野】****【0001】**

本発明は、半導体レーザダイオードに関する。

【背景技術】**【0002】**

従来の半導体レーザダイオード（以下、「LD」と略称する）は、複数のストライプ（マルチストライプ構造）を有し、各ストライプの幅が共振器長全域で同じ幅で構成されている。また、各ストライプとの間隔は、レーザ光が出射される前端面側（低反射率側）では、各ストライプから出射される各レーザ光が一点となるように、各ストライプとの間隔を狭く構成し、後端面側（高反射率側）では、通電時に各ストライプから発生する熱が、

10

20

30

40

50

隣り合うストライプに与える影響が少なくなるように、各ストライプとの間隔を広く構成するようにしている。このため、各ストライプの間隔が、前端面側、チップ中央部、後端面側で異なり、前端面側から、チップ中央部、後端面側へかけて広くなる構造となっている（例えば、特許文献1参照）。

【先行技術文献】

【特許文献】

【0003】

【特許文献1】特開平3-76188号公報

【特許文献2】特開平3-231483号公報

【特許文献3】特開昭63-033889号公報

【特許文献4】特開平8-46288号公報

10

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0004】

従来のLDはストライプの幅が同じに構成され、各ストライプの共振器長全域で均一に電流が供給され、各ストライプの共振器長全域で活性層を流れる電流密度が同じになることが一般的であった。このため、各ストライプの共振器長全域で利得が同じになり、高出力動作時には、後端面でも光密度が大きくなつて、後端面でCOD(Catastrophic Optical Damage)劣化することがあった。

【0005】

20

本発明は、上述のような課題を解決するためになされたもので、後端面でのCOD劣化を抑制できる半導体レーザダイオード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】

【0006】

本発明にかかる半導体レーザダイオードは、
半導体基板の上に積層された下クラッド層と、
前記下クラッド層の上に積層された活性層と、
前記活性層の上に積層された上クラッド層と、
前記活性層の対向する2つの端部のうち一方を前端面とし他方を後端面として、前記前端面の反射率よりも前記後端面の反射率が高く形成された共振器と、

30

前記活性層における利得を前記前端面の側よりも前記後端面の側で小さくする利得制御構造と、

を備え、

前記利得制御構造は、前記活性層に供給する電流の電流密度を前記前端面の側より前記後端面の側で小さくするものであり、

前記利得制御構造は、前記活性層に積層され前記活性層に注入される電流が前記前端面の側より前記後端面の側で小さくなるように電流を狭窄するストライプ構造を含み、

前記ストライプ構造は、前記前端面の側に設けられた前端面側部分と、前記後端面の側に設けられた後端面側部分と、を備え、

前記ストライプ構造は、前記後端面側部分において複数のストライプに分岐し、前記前端面側部分で前記複数のストライプが合流したものであり、

40

前記後端面の側へいくほど前記複数のストライプの間隔が広がり、前記後端面の側へいくほど前記ストライプ構造の幅が広がることを特徴とする。

【発明の効果】

【0007】

本発明にかかる半導体レーザダイオードによれば、後端面でのCOD劣化を抑制できる。

【図面の簡単な説明】

【0008】

50

【図1】本発明の実施の形態1にかかる半導体レーザダイオードを示す上面図である。

【図2】本発明の実施の形態1にかかる半導体レーザダイオードの断面図(A-A断面)である。

【図3】本発明の実施の形態1にかかる半導体レーザダイオードの断面図(B-B断面)である。

【図4】共振器内部の光密度分布を示した図である。

【図5】共振器内部の光密度分布の計算結果を示した図である。

【図6】本発明の実施の形態2にかかる半導体レーザダイオードを示す上面図である。

【図7】本発明の実施の形態2にかかる半導体レーザダイオードの断面図(C-C断面)である。 10

【図8】本発明の実施の形態2にかかる半導体レーザダイオードの断面図(D-D断面)である。

【図9】本発明の実施の形態3にかかる半導体レーザダイオードを示す上面図である。

【図10】本発明の実施の形態4にかかる半導体レーザダイオードを示す上面図である。

【図11】本発明の実施の形態5にかかる半導体レーザダイオードを示す上面図である。

【図12】本発明の実施の形態5にかかる半導体レーザダイオードの共振器方向の断面図(E-E断面)である。 15

【図13】本発明の実施の形態6にかかる半導体レーザダイオードを示す上面図である。

【図14】本発明の実施の形態6にかかる半導体レーザダイオードの断面図(F-F断面)である。 20

【図15】本発明の実施の形態6にかかる半導体レーザダイオードの断面図(G-G断面)である。

【図16】本発明の実施の形態1から6にかかる半導体レーザダイオードの変形例で、ストライプ状にコンタクト部を形成していない例を、実施の形態1の半導体レーザダイオードに適用した一例の断面図である。

【図17】本発明の実施の形態7にかかる半導体レーザダイオードの上面図を示すものである。

【図18】本発明の実施の形態7にかかる半導体レーザダイオードの断面図(H-H断面)である。 25

【図19】本発明の実施の形態8にかかる半導体レーザダイオードの後端面11b側の断面図である。 30

【図20】本発明の実施の形態の変形例として、実施の形態1のLD10の後端面11b側における断面図である。

【図21】本発明の実施の形態の変形例として、実施の形態1のLD10の構成を変形して基板31までエッチングを施したLDを示す図である。

【図22】本発明の実施の形態9にかかる半導体レーザダイオードの平面図である。

【図23】本発明の実施の形態9にかかる半導体レーザダイオードの変形例についての平面図である。 35

【図24】本発明の実施の形態9にかかる半導体レーザダイオードの断面図である。

【図25】本発明の実施の形態9にかかる半導体レーザダイオードの断面図である。 40

【発明を実施するための形態】

【0009】

以下の実施の形態の説明及び各図面において、複数の実施の形態において同一の符号を付した構成は、同一又は相当する構成を示すものである。以下、共振器における前端面から後端面に向かう方向を、「共振器方向」とも称す。また、本発明の各実施形態に適用され、LDの活性層における利得を前端面側よりも後端面側で小さくする構造が、上記の課題を解決するための手段における「利得制御構造」に相当している。

【0010】

実施の形態1.

[実施の形態1の装置の構成]

10

20

30

40

50

図1は、本発明の実施の形態1における半導体レーザダイオード（以下、「LD」と称す）の上面図である。図2および図3は、実施の形態1におけるLD10の断面図である。LD10は、半導体材料からなる基板31と、その内部に活性層33と、活性層33を挟むように積層された下クラッド層32および上クラッド層34とを備えている。図1において、LD10は、低反射率のコーティング膜12aを形成した前端面11aと、前端面11aのコーティング膜12aの反射率より高反射率のコーティング膜12bを形成した後端面11bとを備えている。前端面11aと後端面11bから共振器が形成されている。LDの端面より出射される光は、端面の反射率に依存し、反射率が小さい面での出射光が大きくなる。後端面11bからの出射光より、反射率の小さい前端面11aからの出射光が大きくなる。

10

【0011】

LD10では、共振器方向と並行に、複数のストライプ（ストライプ20a、ストライプ20b、及びストライプ20c）が形成されている。ストライプ20a、ストライプ20b、及びストライプ20cの3本のストライプにより、ストライプ構造20が形成されている。ストライプ構造20は、活性層33に注入される電流が前端面11a側より後端面11b側で小さくなるように電流を狭窄する。ストライプ20aとストライプ20bとの間にある間隔を「間隔21a」と、ストライプ20bとストライプ20cとの間にある間隔を「間隔21b」と、それぞれ符号を付する。実施の形態1では、ストライプ20a、20b、20cのそれぞれの幅が、前端面11aから後端面11bに向かって、連続的に徐々に狭くなっている。これに伴い、間隔21a、21bが、前端面11aから後端面11bにかけて、連続的に徐々に広くなっている。つまり、間隔21a、21bが、前端面11a側ではほとんど存在せず、後端面11b側では大きくなっている。

20

【0012】

ここで、ストライプ20a、20b、20cと間隔21a、21bとを合わせた全体の幅を、ストライプ構造20の幅Wと称す。幅Wは、前端面11aから後端面11bにわたる全体で、同じ幅となるように形成されている。すなわち、前端面11aから後端面11bまで、ストライプ構造20の全体の幅Wが一定になるように、少なくとも外側のストライプ20aと20cでは、ストライプ幅が図1においてLD10の前後非対称になっている。

30

【0013】

実施の形態1にかかるLD10では、ストライプ構造20の全体の幅Wは40μm程度である。この幅Wは、光出力が数ワット程度のいわゆる高出力LDにおいて多く採用されているストライプの幅と同じ程度となる。

【0014】

図2は、図1のA-A断面の断面図を示すものであり、LD10の後端面11b側における断面構造を図示したものである。図2に示すように、基板31の上に、バンド不連続緩和層39a、下クラッド層32、活性層33、上クラッド層34、バンド不連続緩和層39b、コンタクト層35が形成されている。コンタクト層35は、共振器方向にストライプ状に形成したコンタクト部35aを有している。

40

【0015】

コンタクト層35の上には、絶縁層36が形成されている。絶縁層36をストライプ状に除去した開口部70a、70b、70cが、コンタクト層35の一部であるコンタクト部35aの上に形成されている。絶縁層36は、絶縁膜36a及び絶縁膜36bを有している。開口部70a、70b、70cの間に位置している。絶縁層36の上には、電極80が形成され、基板31の下には、電極85が形成されている。電極80は開口部70a、70b、70cを介してコンタクト層35と接続しており、これにより、電極80と上クラッド層34等との電気的接続が形成されている。

【0016】

ここで、開口部70a、70bおよび70cは、ストライプ20a、20bおよび20c

50

cをそれぞれ構成している。すなわち、図2に示した開口部70aが、図1に示したストライプ20aの領域に相当する。同様に、開口部70bがストライプ20bの領域に、開口部70cがストライプ20cの領域に相当する。図2に示した開口部70aと開口部70bとの間にある絶縁膜36aの幅が、図1に示した間隔21aに相当する。同様に、開口部70bと開口部70cとの間にある絶縁膜36bの幅が、間隔21bに相当する。

【0017】

図3は、図1のB-B断面の断面図を示すものであり、LD10の前端面11a側における断面構造を図示したものである。図2と図3を比較すると、図3に示す前端面11a側断面図の開口部70a, 70b, 70cの幅は、図2に示す後端面11b側断面図の開口部70a, 70b, 70cの幅よりも、広く形成されている。図2および図3に示す各位置の開口部70a, 70b, 70cの幅は、図1のストライプ20a, 20b, 20cの幅に相当している。このような絶縁膜構造を有するLD10においては、ストライプ20a, 20b, 20cの幅が、前端面11a側よりも後端面11b側のほうが狭くなっている。

10

【0018】

[実施の形態1の装置の製造方法]

LD10を製造方法について示す。基板31の上にバンド不連続緩和層39a、下クラッド層32、活性層33、上クラッド層34、バンド不連続緩和層39b、コンタクト層35を結晶成長する。その後、ストライプ状にコンタクト層35を除去してコンタクト部35aを形成する。コンタクト層35の上に絶縁層36を形成する。絶縁層36をストライプ状にエッチングして開口部70a, 70b, 70cを、コンタクト層35の一部であるコンタクト部35aの上に形成する。絶縁層36の上に電極80を形成する。さらに、基板31の下には電極85を形成する。

20

【0019】

[実施の形態1の装置の動作および作用効果]

LD10の駆動時には、電極80から開口部70a, 70b, 70cを通って、電流50が供給される。供給された電流50が、コンタクト部35a、バンド不連続緩和層39b、上クラッド層34を通って、活性層33に供給される。活性層33に流れる電流50は、開口部70a, 70b, 70cの幅に依存し、開口部70a, 70b, 70cの幅が広いほど活性層33に流れる電流50が大きくなる。

30

【0020】

ストライプ状に形成されたコンタクト部35aが、活性層33に供給される電流50の共振器に対して横方向の電流の広がり幅を狭窄する。これは、コンタクト部35aがストライプ状に形成されたことで、LD10に電流狭窄部が設けられたものである。共振器方向に垂直な横方向への電流の広がり幅は、コンタクト部35aの幅に依存する。コンタクト部35aの幅が、前端面11aから後端面11bにかけて同じ幅で形成されている。このため、横方向の電流の広がり幅は前端面11aから後端面11bにかけて同じになる。従って、活性層33に流れる電流50の電流密度は、開口部70a, 70b, 70cから供給される電流に依存する。開口部70a, 70b, 70cの幅、すなわちこれに相当するストライプ20a, 20b, 20cの幅に依存する。

40

【0021】

活性層33での利得は、活性層33に流れる電流50の電流密度に依存し、活性層33に流れる電流50の電流密度が大きくなると、活性層33での利得も大きくなる。ストライプ20a, 20b, 20cの幅が狭い後端面11b側では、活性層33に供給される電流50が小さくなり、活性層33に流れる電流50の電流密度が小さくなる。その結果、後端面11b側では、前端面11a側に比べて、活性層33での利得が小さくなる。

【0022】

実施の形態1のLD10では、前端面11aから後端面11bにかけて、ストライプ20a, 20b, 20cの幅が狭くなるように形成してある。前端面11aから後端面11

50

bにかけて、ストライプ20a, 20b, 20cの幅に依存して活性層33に流れる電流50が小さくなり、活性層33に流れる電流50の電流密度が小さくなる。その結果、前端面11aから後端面11bにかけて、活性層33での利得が小さくなる。

【0023】

図4は、本発明の実施の形態1にかかるLD10の共振器内部の光の強度を示した図である。活性層33での利得係数をg、活性層33での損失係数をiとする。共振器内部の光の強度は、図4において、右方向(後端面に方向)に進む光の強度60aは(1)式で与えられる。また、左方向(前端面に方向)に進む光の強度60bは(2)式で与えられ、共振器内部の光密度60cは(3)式で与えられる。

$$P_+ = \exp^{-(g-i)z} \dots \quad (1)$$

$$P_- = \exp^{-(g-i)z} \dots \quad (2)$$

$$P_z = P_+ + P_- \dots \quad (3)$$

【0024】

活性層33での利得は、活性層33に注入される電流密度に依存する。活性層33へ注入される電流密度を変えることにより、活性層33内部での共振器方向の利得に変化をつけることができる。このように、LD10は、利得制御構造を備えているのである。

【0025】

共振器の前端面11aから後端面11bに向かって利得が小さくなるようにすると、共振器の前端面11aから後端面11bでの利得が均一な場合よりも、後端面11bの光密度を小さくすることができます。後端面11bでの光密度が小さくなるため、後端面11bでのCOD劣化を低減できる。また、前端面11a側から後端面11b側に向かって電流密度を小さくすることによって、前端面11a側から後端面11b側に向かって利得を小さくした場合は、後端面11b近傍での電流が小さくなるので、後端面11b近傍での発熱も抑えられる。

【0026】

図5は、共振器内部の光密度、及び光の進む方向の光の強度を計算した結果を示す図である。LDの共振器長Lは1000μmで、前端面11aには反射率Rf=10%のコーティング膜12aを後端面11bには反射率Rr=95%のコーティング膜12bを形成してある場合の、共振器内部の光密度、及び光の進む方向の光の強度を計算した結果を示してある。

図5(a)は、共振器長L=1000μm、Rf=10%、Rr=95%として、前端面11aから後端面11bにかけて利得を小さくしたLDの場合の結果を示した図である。一方、図5(b)は、比較例の図であり、前端面11aから後端面11bにかけて利得が均一な場合のLDの計算結果を示した図である。

図5(c)は、前端面11aから後端面11bにかけて利得を小さくしたLDの場合と利得が均一なLDの場合とで、光密度分布を対比的に示したものである。図5(c)からわかるとおり、前端面11aから後端面11bにかけて利得を小さくすることにより、後端面11aでの光密度が低減されている。

【0027】

以上説明した実施の形態1による半導体レーザダイオードによれば、前端面11aから後端面11bにかけて活性層33に流れる電流50の電流密度を小さくして、後端面11bでの光密度を低減し、後端面11bでのCOD劣化を抑制して、信頼性を向上することができる効果がある。

【0028】

[実施の形態1の変形例]

なお、間隔21a, 21bについては、図面の上では模式的に広く示されているが、前端面11a側と後端面11b側で活性層33に供給する電流に差をつけることができれば良い。例えば、ストライプ幅10μmに対して、間隔1μm程度、又はそれ以下でもかまわない。

【0029】

10

20

30

40

50

また、ストライプの本数については図面上では、3本であるが、ストライプの本数は、2本であってもよく、3本以上であってもよい。複数のストライプを設けることで、ストライプ構造の全体の幅Wを一定にしつつ、各々のストライプ幅を変えることができる。

【0030】

なお、実施の形態1については、ストライプ構造20の全体の幅が40μmの構造で説明したが、ストライプ構造20の全体の幅は40μmに限定したものではない。ストライプ構造20の全体の幅が40μmより広い構成でも、狭い構成でも、同様に適用できる。

【0031】

実施の形態2。

実施の形態1では、前端面から後端面まで複数のストライプで形成したストライプ構造としたが、実施の形態2では、前端面側を広い幅の単一のストライプとし、後端面側を複数のストライプに分岐させる構造とした点が異なる。それ以外の構成については、実施の形態1と同様である。

【0032】

図6は、本発明の実施の形態2におけるLDの上面図を示すものである。図6において、ストライプ構造22は、前端面11a側では、相対的に幅の広い単一のストライプ22dである。これに対し、後端面11b側でストライプ構造22が3本のストライプ22a, 22b, 22cに分岐している。ストライプ22a, 22b, 22cそれぞれの幅は、ストライプ22dの幅よりも狭い。ストライプ22aとストライプ22bとの間にある間隔を間隔23aと、ストライプ22bとストライプ22cとの間にある間隔を間隔23bと、それぞれ符号を付する。実施の形態2では、ストライプ22a, 22b, 22cの幅が、分岐部52a, 52bから後端面11bに向かって連続的に徐々に狭くなっている。これにともない、間隔23a, 23bが、分岐部52a, 52bから後端面11bにかけて、連続的に、徐々に広くなっている。3本のストライプ22a, 22b, 22cそれぞれの幅を足し合わせた合計は、ストライプ22dの幅より狭くなっている。ストライプ構造22の全体の幅は、実施の形態1にかかるストライプ構造20と同様に、前端面11aから後端面11bにわたる全体で、同じ幅となるように形成されている。

【0033】

図7および図8は、本発明の実施の形態2にかかる半導体レーザダイオードの断面図である。図6のC-C断面が図7である。図6のC-C断面は、図1のA-A断面と同様に後端面11b側の位置におけるLDの断面を示している。図6のD-D断面が図8である。図6のD-D断面は、図1のB-B断面と同様に前端面11a側の位置におけるLDの断面を示している。

【0034】

図7に示すように、後端面11b側には、絶縁層41が設けられている。絶縁層41は、ストライプ構造部を形成するために選択的に開口させられた開口部72a, 72b, 72cを備えており、これらの開口部の間には絶縁膜41a, 41bが形成されている。図7に示した開口部72aが、図6に示したストライプ22aの領域に相当する。同様に、開口部72bがストライプ22bの領域に、開口部72cがストライプ22cの領域に相当する。図7に示した絶縁膜41aの幅が、図6に示した間隔23aに相当する。同様に、絶縁膜41bの幅が、間隔23bに相当する。

【0035】

図8において、前端面11a側では、絶縁膜を広く除去した開口部72dが形成されている。図7に示した開口部72a, 72b, 72cの幅の合計よりも、開口部72dの幅のほうが広く形成されている。図8に示した開口部72dが、図6に示したストライプ22dの領域に相当する。

【0036】

以上説明した実施の形態2による半導体レーザダイオードによれば、後端面11b側で、分岐部52a, 52bから後端面11bにかけて活性層33に流れる電流50の電流密度を小さくすることができる。これにより後端面11bでの光密度を低減することができ

10

20

30

40

50

、後端面 11 b での C O D 劣化を抑制して、信頼性を向上することができる効果がある。

【0037】

実施の形態 3 .

実施の形態 2 にかかる半導体レーザダイオードでは、3 本のストライプに分岐後、後端面に向かってその分岐したストライプの幅が狭くなっている。これに対し、実施の形態 3 にかかる半導体レーザダイオードでは、分岐したストライプの幅を変化させないという点が、実施の形態 2 と異なっている。それ以外については、実施の形態 2 と同様である。

【0038】

図 9 は、本発明の実施の形態 3 における L D の上面図を示すものである。図 9 において、ストライプ構造 24 は、前端面 11 a 側では、幅の広いストライプ 24 d であるが、後端面 11 b 側で、ストライプ構造 24 が 3 本のストライプ 24 a , 24 b , 24 c に分岐している。ストライプ 24 a とストライプ 24 b との間にある間隔を間隔 25 a と、ストライプ 24 b とストライプ 24 c との間にある間隔を間隔 25 b と、それぞれ符号を付する。ストライプ 24 a , 24 b , 24 c それぞれの幅は、分岐部から後端面 11 b まで一定である。また、間隔 25 a , 25 b は、分岐部から後端面 11 b まで一定の幅である。

【0039】

実施の形態 1 にかかる半導体レーザダイオードと同様、ストライプ構造 24 の全体の幅が、前端面 11 a から後端面 11 b にわたる全体で、一定の幅となるように形成されている。3 本のストライプ 24 a , 24 b , 24 c の幅の合計の幅が、ストライプ 24 d の幅より狭くなっている。このため、後端面 11 b 側では、活性層 33 に供給される電流 50 が小さくなり、電流密度が小さくなつて、活性層 33 の利得が小さくなる。

【0040】

以上説明した実施の形態 3 による半導体レーザダイオードによれば、後端面 11 b 側で、後端面 11 b での電流密度を小さくして、後端面 11 b での光密度を低減し、後端面 11 b での C O D 劣化を抑制して、信頼性を向上することができる効果がある。

【0041】

実施の形態 4 .

図 10 は、本発明の実施の形態 4 における L D の上面図を示すものである。実施の形態 1 ~ 3 では、ストライプ構造全の体の幅は、同じ幅に構成していた。これに対し、実施の形態 4 では、後端面近傍にて、ストライプ構造の全体の幅が後端面に向かって広くなる構造としている点が異なる。このような構造は、「フレア構造」とも称される。

【0042】

図 10 において、後端面 11 b 側で、ストライプ構造 26 が、ストライプ構造 26 の全体の幅が後端面 11 b に向かって連続的に徐々に広くなるフレア構造 26 e になっている。また、ストライプ構造 26 は、前端面 11 a 側では、1 本の幅の広いストライプ 26 d であるが、後端面 11 b 側で、ストライプ 26 構造が 3 本のストライプ 26 a , 26 b , 26 c に分岐している。ストライプ 26 a とストライプ 26 b との間にある間隔を間隔 27 a と、ストライプ 26 b とストライプ 26 c との間にある間隔を間隔 27 b と、それぞれ符号を付する。分岐部から後端面 11 b 側に向かって各々ストライプ 26 a , 26 b , 26 c の幅が連続的に徐々に狭くなっている。これに伴い、ストライプの間隔 27 a , 27 b が、連続的に徐々に広くなっている。

【0043】

以上説明した実施の形態 4 にかかる半導体レーザダイオードによれば、後端面 11 b 側で、後端面 11 b での電流密度を小さくして、後端面 11 b での光密度を低減し、後端面 11 b での C O D 劣化を抑制して、信頼性を向上することができる効果がある。

【0044】

実施の形態 5 .

実施の形態 1 ~ 4 では、複数のストライプを有するストライプ構造として、後端面側で、各ストライプの幅を狭くすることにより、活性層に流れる電流を小さくして、活性層の利得を小さくした。これに対し、実施の形態 5 では、1 本のストライプを有するストライ

10

20

30

40

50

プ構造として、後端面側で、部分的に絶縁膜を残して、電流を阻害する領域（電流阻害部）を設けたストライプ構造としている点が異なる。それ以外については、実施の形態1～4のLDの構成と同様である。

【0045】

図11は、本発明の実施の形態5におけるLDの上面図を示すものである。図11において、ストライプ構造28の全体の幅が、前端面11a側から後端面11b側にかけて一定の幅で形成されている。ストライプ構造28の前端面11a側では、絶縁膜を除去した幅の広いストライプ28dが形成されている。ストライプ構造28の後端面11b側では、共振器方向に対して垂直に櫛状に絶縁層の一部を除去して開口した櫛状の部分ストライプ28a, 28b, 28cが形成されている。なお、櫛状に限らず、複数の島状の絶縁膜を所定間隔で配置することで電流を阻害する領域を設けても良い。10

【0046】

ここで、ストライプ28dと櫛状の部分ストライプ28aとの間にある間隔を間隔29aと、櫛状の部分ストライプ28aと櫛状の部分ストライプ28bとの間にある間隔を間隔29bと、櫛状の部分ストライプ28bと櫛状の部分ストライプ28cとの間にある間隔を間隔29cと、櫛状の部分ストライプ28cと後端面11bとの間にある間隔を間隔29dと、それぞれ符号を付する。

【0047】

図12は、実施の形態5にかかるLDの共振器方向の断面図（E-E断面）を示す図である。図12において、前端面11a側では、絶縁層の一部が除去され開口部78dがあり、開口部78dでは、コンタクト層35の上に電極80が形成されている。後端面11b側では、櫛状に絶縁層を除去した開口部78a, 78b, 78cが形成され、櫛状に絶縁膜45a, 45b, 45c, 45dが形成されている。20

【0048】

図12に示した開口部78aが、図11に示した櫛状の部分ストライプ28aの領域に相当する。同様に、開口部78bが、櫛状の部分ストライプ28bの領域に、開口部78cが、櫛状の部分ストライプ28cの領域に、開口部78dが、ストライプ28dに相当する。図12に示した絶縁膜45aの幅が、図6に示した櫛状の間隔29aに相当する。同様に、絶縁膜45bの幅が櫛状の間隔29bに、絶縁膜45cの幅が櫛状の間隔29cに、絶縁膜45dの幅が櫛状の間隔29dに相当する。30

【0049】

後端面11b側では、櫛状に絶縁膜45a, 45b, 45c, 45dが残っている部分では、電流が流れない。このため、後端面11b側では、前端面11a側に比べて活性層33に流れる電流50が小さくなり、活性層33に流れる電流密度が小さくなる。その結果、後端面11b側では、部分的に活性層33の利得が小さくなる。

【0050】

以上説明した実施の形態5にかかる半導体レーザダイオードによれば、後端面11b側で、後端面11bでの電流密度を小さくして、後端面11bでの光密度を低減し、後端面11bでのCOD劣化を抑制して、信頼性を向上することができる効果がある。

【0051】

実施の形態6.

実施の形態6にかかるLDは、活性層での利得を小さくする利得制御構造として、後端面側の電極抵抗を大きくするものである。つまり、実施の形態6にかかる利得制御構造は、後端面近傍での電気抵抗を大きくすることにより活性層に流れる電流を小さくし、後端面11b側で利得を小さくしている。この点が、実施の形態1～5にかかるLDと異なっている。それ以外については、実施の形態1～5のLDと同様の構成を備える。

【0052】

図13は、本発明の実施の形態6にかかるLDの一例の上面図を示すものである。前端面11a側の電極81と後端面11b側の電極82を異なる電極構造で構成し、後端面11b側の電極82の電気抵抗を前端面11a側の電極81に比べ大きくしている。4050

【0053】

図14および図15は、実施の形態6にかかるLDの断面図である。図14は、前端面11a側の図13のF-F断面の断面図を示すものである。図15は、後端面11b側の図13のG-G断面の断面図を示すものである。図14において、前端面11a側が、電極81で形成されている。

【0054】

図15において、後端面11b側では、電極82が形成されている。電極82は、電極81と同じ抵抗率の電極82aの上に、電極81より抵抗率の高い電極82bを積層したものである。本実施形態では、電極81と電極82aを同じ電極材料とする。このような構成によれば、後端面11b側の電極82の電気抵抗が、前端面11a側の電極81より高いため、後端面11b側の電極82の領域では、前端面11a側の電極81の領域より活性層33に流れる電流50が小さくなり、活性層33の利得が小さくなる。このようにして利得制御構造が実現される。10

【0055】

以上説明した実施の形態6にかかる半導体レーザダイオードによれば、後端面11b側で、後端面11bでの電流密度を小さくして、後端面11bでの光密度を低減し、後端面11bでのCOD劣化を抑制して、信頼性を向上することができる効果がある。

【0056】

なお、実施の形態1、2及び4において、ストライプ幅を連続的に徐々に狭くした構造について示したが、ストライプ幅を段階的(階段状)に徐々に狭くした構造でも同様に、前端面11a側より後端面11b側の利得を小さくできる。それ以外の構造については、実施の形態1、2及び4と同様であり、同様の効果が期待できる。20

【0057】

なお、実施の形態1～6において、コンタクト層35をストライプ状に除去して、ストライプ状に形成されたコンタクト部35aが、活性層33に供給される電流50の共振器に対して横方向の電流の広がり幅を狭窄する電流狭窄部として動作する構造について説明してきた。しかしながら、本発明はこれに限られない。実施の形態1～6のそれぞれにおいて、変形例として、コンタクト層35をストライプ状に除去してコンタクト部35aを形成しなくともよく、絶縁膜で形成したストライプ構造で電流狭窄することが可能である。30

【0058】

図16は、上記の変形例の一例として、実施の形態1について、コンタクト部35aを形成していない例を示した図である。図16は、上記変形例の構成を実施の形態1の半導体レーザダイオードに適用した図である。図16は、図1に示すA-Aの相当する位置の断面(すなわち、後端面11b側bの断面)を示している。図16において、LD駆動時には、電極80から開口部70a, 70b, 70cを通って供給された電流51が、コンタクト層46の内部で、図1に示したストライプ20a, 20b, 20cに対して横方向に広がる。電流51は、上クラッド層34を通して、活性層33に供給される。この時、コンタクト層46の内部での、共振器に対して横方向の電流の広がり幅は、ストライプ構造20の全体の幅に依存する。ストライプ構造20の全体の幅に依存して、活性層33に供給される横方向の電流の広がり幅が狭窄されて活性層33に供給される。40

【0059】

なお、実施の形態2～6においても、上記変形を同様に適用でき、同様の効果が期待できる。

【0060】**実施の形態7.**

実施の形態7は、活性層での利得を小さくする利得制御構造として、後端面11b側に高抵抗層を形成して後端面部の電気抵抗を大きくしている。この点が、実施の形態1～5と異なる。実施の形態7にかかるLDでは、後端面11b近傍での電気抵抗を大きくすることにより、活性層に流れる電流を小さくして利得を小さくしているからである。それ以50

外については、実施の形態 1 ~ 5 にかかる LD と同様の構成を備えている。

【 0 0 6 1 】

図 17 は、本発明の実施の形態 7 にかかる半導体レーザダイオードの上面図を示すものである。後端面 11 b 側に高抵抗領域 86 を形成している。前端面 11 a 側と後端面 11 b 側では、結晶構造が異なる。後端面 11 b の高抵抗領域 86 では、高抵抗層 86 a と第 2 のコンタクト層 86 b を、コンタクト層 35 の上に形成し、後端面 11 b 側の電気抵抗を前端面 11 a 側に比べ大きくしている。

【 0 0 6 2 】

図 18 は、本発明の実施の形態 7 にかかる半導体レーザダイオードの断面図 (H - H 断面) である。図 18 は、後端面 11 b 側の図 17 の H - H 断面の断面図を示すものである。
10

【 0 0 6 3 】

図 18 において、後端面 11 b 側では、コンタクト層 35 の上に、コンタクト層 35 より抵抗率の高い高抵抗層 86 a と第 2 のコンタクト層 86 b を積層した結晶構造が形成されている。後端面 11 b 側の抵抗が、前端面 11 a 側より高いため、後端面 11 b 側の領域では、前端面 11 a 側の領域より活性層 33 に流れる電流 50 が小さくなり、活性層 33 の利得が小さくなる。

【 0 0 6 4 】

以上説明した実施の形態 7 にかかる半導体レーザダイオードによれば、後端面 11 b 側で、後端面 11 b での電流密度を小さくして、後端面 11 b での光密度を低減し、後端面 11 b での COD 劣化を抑制して、信頼性を向上することができる効果がある。
20

【 0 0 6 5 】

実施の形態 8 .

なお、実施の形態 1 から 6 において、プレーナー型（平型）LD で、絶縁膜で形成したストライプ構造で電流狭窄をする構造であったが、結晶層をエッチングしたいわゆるメサ構造により電流狭窄する構造でも良い。

【 0 0 6 6 】

図 19 は、本発明の実施の形態 8 にかかる半導体レーザダイオードの後端面 11 b 側の断面図である。図 19 は後端面 11 b 側の断面図を示すものであり、図 1 における後端面 11 b 側の A - A 断面に対応する位置の断面を示すものである。コンタクト層 35 をバンド不連続緩和層 39 b までエッチングし、ストライプ状にメサ構造を形成したコンタクト層 35 d , 35 e , 35 f を形成している。ストライプ状のメサ構造に形成したコンタクト層 35 d , 35 e , 35 f の両サイドに絶縁膜 36 を形成し、コンタクト層 35 d と 35 e の間にストライプ状の絶縁膜 36 d を、コンタクト層 35 e と 35 f の間にストライプ状の絶縁膜 36 e を形成している。
30

【 0 0 6 7 】

図示は省略するが、実施の形態 8 にかかる LD においても、図 1 に示した LD 10 と同様に、ストライプ構造の幅は前端面 11 a 側ほど広く、後端面 11 b 側ほど狭くなる（電流が流れない部分の面積が多くなる）という構造を備える。つまり、絶縁膜 36 d 、 36 e の幅が、前端面 11 a 側においてはゼロとなる。
40

【 0 0 6 8 】

なお、上記例では、コンタクト層 35 をエッチングした構造を示したが、上クラッド層 34 までエッチングしても良い。また、このメサ構造による電流狭窄構造を LD の平面視で見た場合におけるストライプ形状は、図 1 、図 6 、図 9 、図 10 、および図 11 のそれぞれのストライプ形状（複数のストライプ形状、分岐したストライプ形状、後端面 11 b 側ほど幅狭となる形状、部分的に絶縁領域を設けた形状）からなる群から選択された 1 つの形状とすることができる。

【 0 0 6 9 】

図 20 は、本発明の実施の形態の変形例として示す半導体レーザダイオードの後端面 11 b 側における断面図である。図 20 は、LD の後端面 11 b 側の断面図を示すものであ
50

り、図1における後端面のA-A断面に相当する位置を示すものである。コンタクト層35を上クラッド層34までエッチングし、ストライプ状にメサ構造を形成している。ストライプ状のメサ構造の両サイドに絶縁膜36を形成し、各々のメサ構造の間にストライプ状の絶縁膜36f, 36gを形成している。

【0070】

なお、実施の形態1~6において、コンタクト層35をストライプ状に除去して、ストライプ状に形成されたコンタクト部35aを形成する構造について説明してきた。しかしながら、本発明はこれに限られるものではない。ストライプ状に基板31までエッチングを施して、活性層33に供給される電流50の共振器に対して横方向の電流の広がり幅を狭窄する電流狭窄部として動作する構造でも良い。

10

【0071】

図21は、本発明の実施の形態の変形例として、実施の形態1のLD10の構成を変形して基板31までエッチングを施したLDを示す図である。ストライプ状に基板31までエッティングして、絶縁膜36fを形成し、活性層33に供給される電流50の共振器に対して横方向の電流の広がり幅を狭窄する電流狭窄部として動作している。

【0072】

なお、上記例では、基板31内部に至るまでエッティングした例を示したが、基板31まで到達しているのであれば、同様に横方向の電流の広がり幅を狭窄する電流狭窄部として動作することができる。

【0073】

なお、上述した図1、図6、図10は(特に図6, 10)は、複数のストライプに分岐して、後端面側にいくほど分岐後の複数のストライプそれぞれの幅が徐々に狭くなるストライプ構造となっている。これにより、共振器の前端面11aから後端面11bに向かって、活性層の利得を徐々に小さくすることができる。その結果、活性層内での急激な利得変化を緩和する効果がある。また、図10に示したフレア構造とした場合、後端面11b側での発光領域が広くなる。

20

【0074】

実施の形態9.

前述の実施の形態では、絶縁層の開口部の全体の幅Wを一定にして、絶縁層の開口部により電流を調整する形態を説明した。一方、以下に述べる実施の形態9のように、「コンタクト層の幅」や「絶縁層の開口部の全体の幅」を変えて電流を調整し、電流密度を調整することもできる。

30

【0075】

図22は、本発明の実施の形態9にかかる半導体レーザダイオードの平面図である。図24は、本発明の実施の形態9にかかる半導体レーザダイオードの断面図であり、図22のI-I線に沿う断面を示すものである。図25は、本発明の実施の形態9にかかる半導体レーザダイオードの断面図であり、図22のJ-J線に沿う断面を示すものである。

【0076】

コンタクト層35をエッチングし、コンタクト層35の幅92aについては、前端面11aから後端面11bにかけて一定にする。一方、絶縁層36の開口部の全体の幅91aを、前端面11aから後端面11bにかけて徐々に狭くする。なお、徐々にではなく、階段状に変化させても良い。これにより、後端面側の電流を相対的に小さくし、電流密度を小さくできる。

40

【0077】

図23は、本発明の実施の形態9にかかる半導体レーザダイオードの変形例についての平面図である。図22の場合とは逆に、絶縁層36の開口部の全体の幅91bを前端面11aから後端面11bにかけて一定にする。また、コンタクト層35の幅92bを前端面11aから後端面11bにかけて徐々に広くする。なお、徐々にではなく、階段状に変化させても良い。これにより、後端面側の電流を相対的に小さくし、電流密度を小さくできる。

50

【0078】

なお、コンタクト層35の幅91a、91bと絶縁層36の開口部の幅92a、92bとのうちどちらか一方を一定にして、他方を変えた例を示したが、両方を同時に変更してもよい。コンタクト層35の幅91a、91bと絶縁層36の開口部92a、92bの幅の比率を、電流密度が小さくなるように前端面から後端面にかけて変えてよい。このようにしても、前端面から後端面にかけて電流密度を小さくできる。

【0079】

なお、図22、図23には、絶縁層36の開口部に電流を阻害する部分が含まれていない構造を示しているが、絶縁層36の開口部内に電流を阻害する部分（具体的には、実施の形態5にかかる「部分的に絶縁膜を残して、電流を阻害する領域」）があつても良い。

10

【0080】

なお、上述した全ての実施の形態にかかる半導体レーザダイオードにおいては、ストライプ上における絶縁層36（絶縁膜）の平面形状を工夫して（つまり開口を設けて）、電流密度を低下させる構造を実現している。絶縁膜を追加しこの絶縁膜の平面形状を工夫するためのエッチングを施すことにより、ストライプ構造全体の幅Wを一定にしつつ複数の或いは分岐した後の各ストライプの幅を変更（狭く）することが、製造上容易であるという効果がある。

【符号の説明】

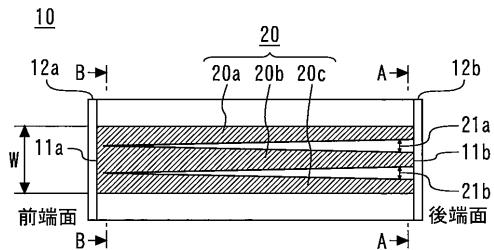
【0081】

10 半導体レーザダイオード（LD）、11a 前端面、11b 後端面、12a、1
2b コーティング膜、20 ストライプ構造、20a, 20b, 20c ストライプ、
21a, 21b 間隔、22 ストライプ構造、22a, 22b, 22c ストライプ、
22d ストライプ、23a, 23b 間隔、24 ストライプ構造、24a, 24b,
24c ストライプ、24d ストライプ、25a, 25b 間隔、26 ストライプ構
造、26a, 26b, 26c ストライプ、26d ストライプ、26e フレア構造、
27a, 27b 間隔、28 ストライプ構造、28a, 28b, 28c 部分ストライ
プ、28d ストライプ、29a, 29b, 29c, 29d 間隔、31 基板、32
下クラッド層、33 活性層、34 上クラッド層、35 コンタクト層、35a コン
タクト部、35d, 35e, 35f コンタクト層、36 絶縁層、36a, 36b, 3
6d, 36e, 36f, 36g 絶縁膜、39、39a、39b バンド不連続
緩和層、41 絶縁層、41a, 41b 絶縁膜、45a, 45b, 45c, 45d 絶
縁膜、46 コンタクト層、50 電流、51 電流、52a, 52b 分岐部、60a
, 60b 強度、60c 光密度、70a, 70b, 70c 開口部、72a, 72b,
72c, 72d 開口部、78a, 78b, 78c, 78d 開口部、80, 81, 82
, 82a, 82b, 85 電極、86 高抵抗領域、86a 高抵抗層、86b コンタ
クト層

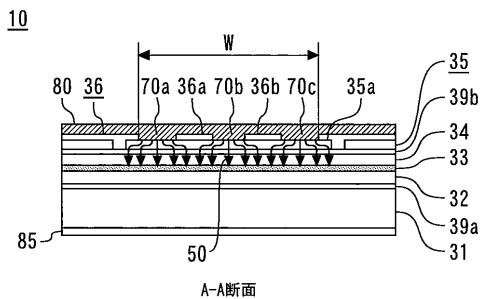
20

30

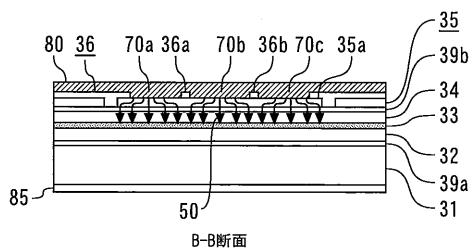
【図1】



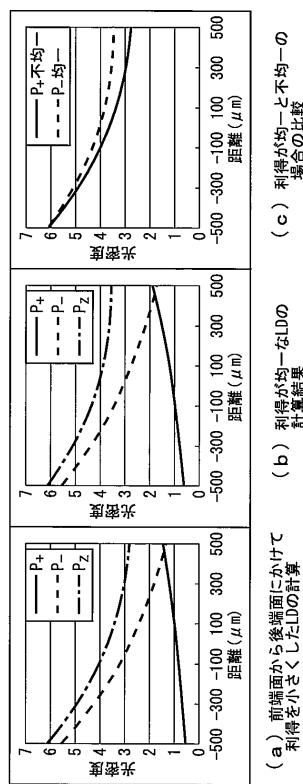
【図2】



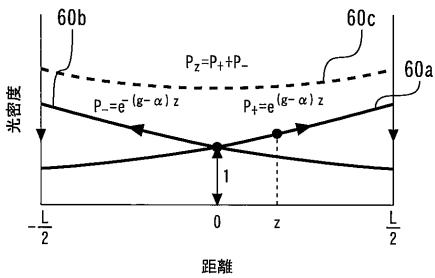
【図3】



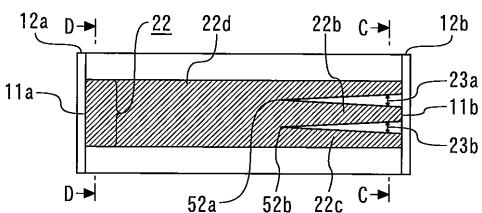
【図5】



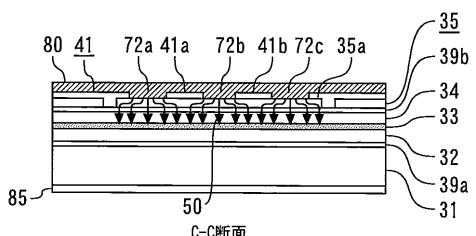
【図4】



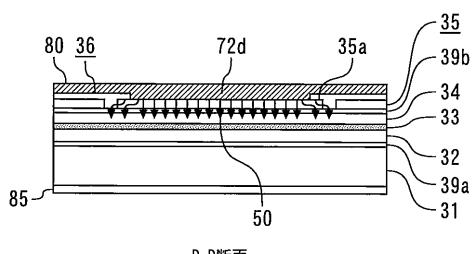
【図6】



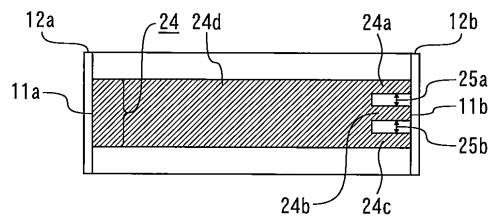
【図7】



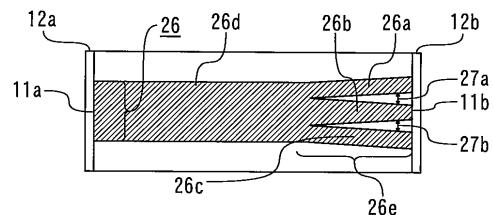
【図8】



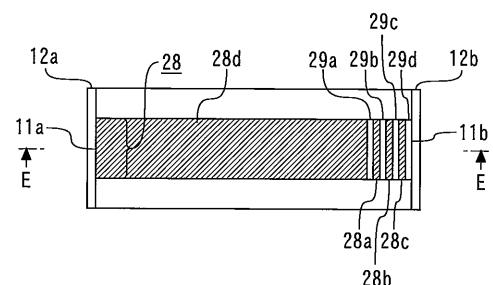
【図 9】



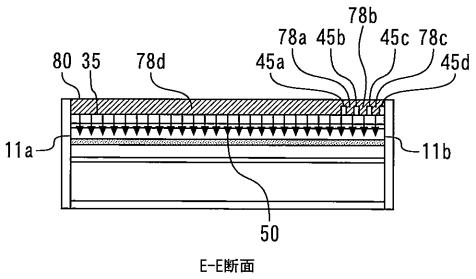
【図 10】



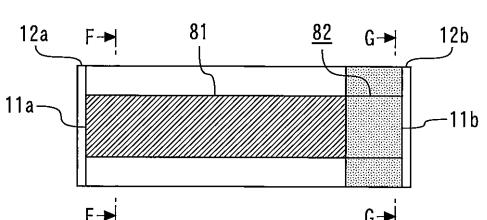
【図 11】



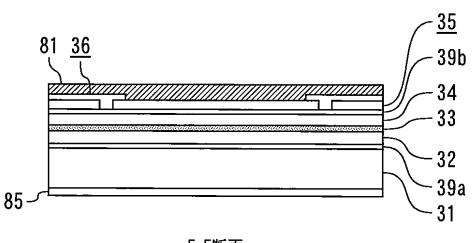
【図 12】



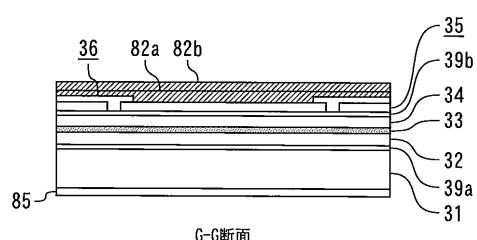
【図 13】



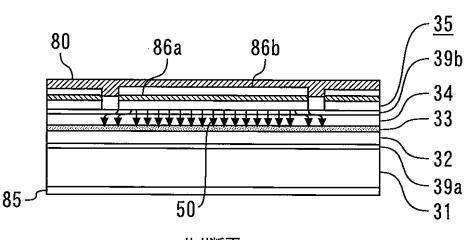
【図 14】



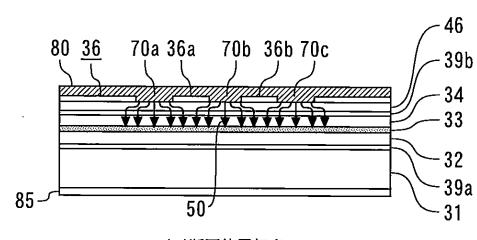
【図 15】



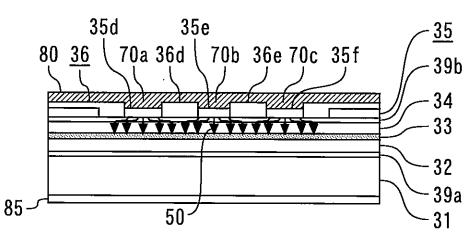
【図 18】



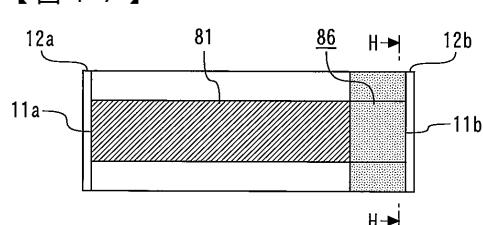
【図 16】



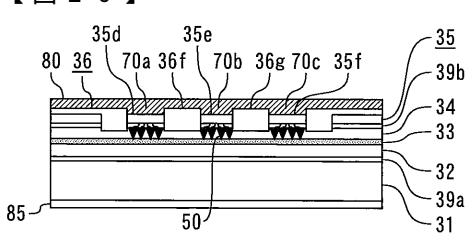
【図 19】



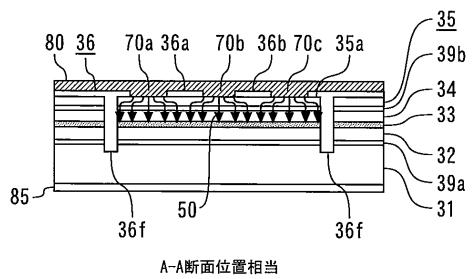
【図 17】



【図 20】

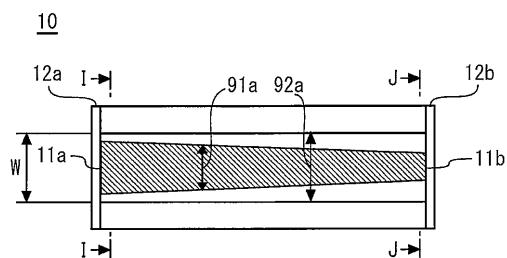


【図21】

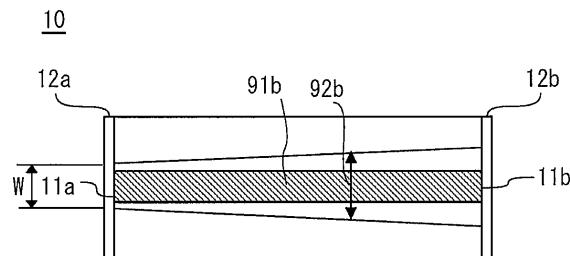


A-A断面位置相当

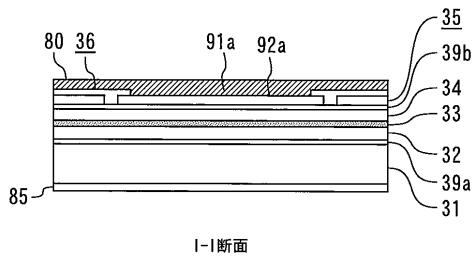
【図22】



【図23】

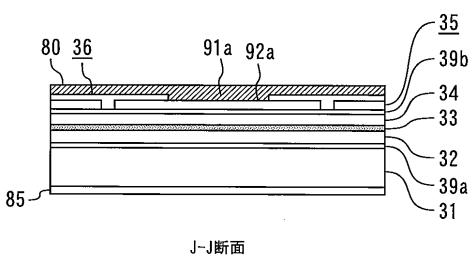


【図24】



I-I断面

【図25】



J-J断面

フロントページの続き

審査官 百瀬 正之

(56)参考文献 特開平09-321379(JP,A)
特開平09-199782(JP,A)
特開2003-289170(JP,A)
特開平05-190972(JP,A)
特開2003-264340(JP,A)
特開2006-294984(JP,A)
特開昭63-96987(JP,A)
特開2010-129812(JP,A)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

H01S 5/00 - 5/50