

(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.  
H 0 1 S 5/22 (2006.01)

F I  
H O 1 S 5/22

請求項の数 7 (全 18 頁)

(21) 出願番号	特願2012-273422 (P2012-273422)	(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
(22) 出願日	平成24年12月14日 (2012.12.14)	(74) 代理人	100082175 弁理士 高田 守
(65) 公開番号	特開2014-120556 (P2014-120556A)	(74) 代理人	100106150 弁理士 高橋 英樹
(43) 公開日	平成26年6月30日 (2014.6.30)	(74) 代理人	100148057 弁理士 久野 淑己
審査請求日	平成27年11月13日 (2015.11.13)	(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。

## 【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氣的に接続し、  
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氣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ことを特徴とする請求項 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が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 - 7 6 1 8 8 号公報

【特許文献 2】特開平 3 - 2 3 1 4 8 3 号公報

【特許文献 3】特開昭 6 3 - 0 3 3 8 8 9 号公報

【特許文献 4】特開平 8 - 4 6 2 8 8 号公報

【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って、後端面で C O D (Catastrophic Optical Damage) 劣化することがあった。

【0005】

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 C O D 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、

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。

【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 C O D 劣化を抑制できる  
。

【図面の簡単な説明】

【0008】

10

20

30

40

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。

【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。

【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 LD 10 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 LD 10 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。

【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 ]

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 LD 10 の断面図である。LD 10 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、LD 10 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】

LD 10 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、連続的に徐々に広がっている。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 LD 10 の前後非対称になっている。

#### 【0013】

実施の形態 1 にかかる LD 10 では、ストライプ構造 20 の全体の幅 W は 40  $\mu$ m 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。

30

#### 【0014】

図 2 は、図 1 の A-A 断面の断面図を示すものであり、LD 10 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。

#### 【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 の間にある絶縁膜 36a 及び絶縁膜 36b が、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 等との電氣的接続が形成されている。

40

#### 【0016】

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

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。

#### 【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。

#### 【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を通して、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を通して、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。

#### 【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から供給される電流は、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。

#### 【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

10

20

30

40

50

b にかけて、ストライプ 2 0 a , 2 0 b , 2 0 c の幅に依存して活性層 3 3 に流れる電流 5 0 が小さくなり、活性層 3 3 に流れる電流 5 0 の電流密度が小さくなる。その結果、前端面 1 1 a から後端面 1 1 b にかけて、活性層 3 3 での利得が小さくなる。

#### 【 0 0 2 3 】

図 4 は、本発明の実施の形態 1 にかかる L D 1 0 の共振器内部の光の強度を示した図である。活性層 3 3 での利得係数を  $g$ 、活性層 3 3 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 6 0 a 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 6 0 b は ( 2 ) 式で与えられ、共振器内部の光密度 6 0 c は ( 3 ) 式で与えられる。

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

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

$$P_z = P_{+} + P_{-} \dots ( 3 )$$

#### 【 0 0 2 4 】

活性層 3 3 での利得は、活性層 3 3 に注入される電流密度に依存する。活性層 3 3 へ注入される電流密度を変えることにより、活性層 3 3 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、L D 1 0 は、利得制御構造を備えているのである。

#### 【 0 0 2 5 】

共振器の前端面 1 1 a から後端面 1 1 b 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 1 1 a から後端面 1 1 b での利得が均一な場合よりも、後端面 1 1 b の光密度を小さくすることができる。後端面 1 1 b での光密度が小さくなるため、後端面 1 1 b での C O D 劣化を低減できる。また、前端面 1 1 a 側から後端面 1 1 b 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 1 1 a 側から後端面 1 1 b 側に向かって利得を小さくした場合は、後端面 1 1 b 近傍での電流が小さくなるので、後端面 1 1 b 近傍での発熱も抑えられる。

#### 【 0 0 2 6 】

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。L D の共振器長  $L$  は  $1000 \mu m$  で、前端面 1 1 a には反射率  $R_f = 10\%$  のコーティング膜 1 2 a を後端面 1 1 b には反射率  $R_r = 95\%$  のコーティング膜 1 2 b 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  $L = 1000 \mu m$ 、 $R_f = 10\%$ 、 $R_r = 95\%$  として、前端面 1 1 a から後端面 1 1 b にかけて利得を小さくした L D 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 1 1 a から後端面 1 1 b にかけて利得が均一な場合の L D の計算結果を示した図である。

図 5 ( c ) は、前端面 1 1 a から後端面 1 1 b にかけて利得を小さくした L D の場合と利得が均一な L D 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 1 1 a から後端面 1 1 b にかけて利得を小さくすることにより、後端面 1 1 a での光密度が低減されている。

#### 【 0 0 2 7 】

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 1 1 a から後端面 1 1 b にかけて活性層 3 3 に流れる電流 5 0 の電流密度を小さくして、後端面 1 1 b での光密度を低減し、後端面 1 1 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。

#### 【 0 0 2 8 】

##### [ 実施の形態 1 の変形例 ]

なお、間隔 2 1 a , 2 1 b 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 1 1 a 側と後端面 1 1 b 側で活性層 3 3 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  $10 \mu m$  に対して、間隔  $1 \mu m$  程度、又はそれ以下でもかまわない。

#### 【 0 0 2 9 】

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40 $\mu$ mの構造で説明したが、ストライプ構造20の全体の幅は40 $\mu$ m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40 $\mu$ m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、徐々に広がっている。3本のストライプ22a, 21b, 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 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。

【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 LD 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 11a 側では、幅の広いストライプ 24d であるが、後端面 11b 側で、ストライプ構造 24 が 3 本のストライプ 24a, 24b, 24c に分岐している。ストライプ 24a とストライプ 24b との間にある間隔を間隔 25a と、ストライプ 24b とストライプ 24c との間にある間隔を間隔 25b と、それぞれ符号を付する。ストライプ 24a, 24b, 24c それぞれの幅は、分岐部から後端面 11b まで一定である。また、間隔 25a, 25b は、分岐部から後端面 11b 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 11a から後端面 11b 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 24a, 24b, 24c の幅の合計の幅が、ストライプ 24d の幅より狭くなっている。このため、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、電流密度が小さくなって、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 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。

【0041】

実施の形態 4 .

図 10 は、本発明の実施の形態 4 における LD 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が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 11b 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 11b に向かって連続的に徐々に広がるフレア構造 26e になっている。また、ストライプ構造 26 は、前端面 11a 側では、1 本の幅の広いストライプ 26d であるが、後端面 11b 側で、ストライプ 26 構造が 3 本のストライプ 26a, 26b, 26c に分岐している。ストライプ 26a とストライプ 26b との間にある間隔を間隔 27a と、ストライプ 26b とストライプ 26c との間にある間隔を間隔 27b と、それぞれ符号を付する。分岐部から後端面 11b 側に向かって各々ストライプ 26a, 26b, 26c 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 27a, 27b が、連続的に徐々に広がっている。

【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 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。

【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

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された開口部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】

40

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、後端面側の電極の電気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。

50

## 【 0 0 5 3 】

図 1 4 および図 1 5 は、実施の形態 6 にかかる L D の断面図である。図 1 4 は、前端面 1 1 a 側の図 1 3 の F - F 断面の断面図を示すものである。図 1 5 は、後端面 1 1 b 側の図 1 3 の G - G 断面の断面図を示すものである。図 1 4 において、前端面 1 1 a 側が、電極 8 1 で形成されている。

## 【 0 0 5 4 】

図 1 5 において、後端面 1 1 b 側では、電極 8 2 が形成されている。電極 8 2 は、電極 8 1 と同じ抵抗率の電極 8 2 a の上に、電極 8 1 より抵抗率の高い電極 8 2 b を積層したものである。本実施形態では、電極 8 1 と電極 8 2 a を同じ電極材料とする。このような構成によれば、後端面 1 1 b 側の電極 8 2 の電気抵抗が、前端面 1 1 a 側の電極 8 1 より 10 高いため、後端面 1 1 b 側の電極 8 2 の領域では、前端面 1 1 a 側の電極 8 1 の領域より活性層 3 3 に流れる電流 5 0 が小さくなり、活性層 3 3 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。

## 【 0 0 5 5 】

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 1 1 b 側で、後端面 1 1 b での電流密度を小さくして、後端面 1 1 b での光密度を低減し、後端面 1 1 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。

## 【 0 0 5 6 】

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、 20 前端面 1 1 a 側より後端面 1 1 b 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。

## 【 0 0 5 7 】

なお、実施の形態 1 ~ 6 において、コンタクト層 3 5 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 3 5 a が、活性層 3 3 に供給される電流 5 0 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 3 5 をストライプ状に除去してコンタクト部 3 5 a 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

## 【 0 0 5 8 】

図 1 6 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 3 5 a を形成していない例を示した図である。図 1 6 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 1 6 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 1 1 b 側 b の断面）を示している。図 1 6 において、L D 駆動時には、電極 8 0 から開口部 7 0 a、7 0 b、7 0 c を通って供給された電流 5 1 が、コンタクト層 4 6 の内部で、図 1 に示したストライプ 2 0 a、2 0 b、2 0 c に対して横方向に広がる。電流 5 1 は、上クラッド層 3 4 を通って、活性層 3 3 に供給される。この時、コンタクト層 4 6 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 2 0 の全体の幅に依存する。ストライプ構造 2 0 の全体の幅に依存して、活性層 3 3 に 40 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 3 3 に供給される。

## 【 0 0 5 9 】

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。

## 【 0 0 6 0 】

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 1 1 b 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 L D では、後端面 1 1 b 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。

【0061】

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 11b 側に高抵抗領域 86 を形成している。前端面 11a 側と後端面 11b 側では、結晶構造が異なる。後端面 11b の高抵抗領域 86 では、高抵抗層 86a と第 2 のコンタクト層 86b を、コンタクト層 35 の上に形成し、後端面 11b 側の電気抵抗を前端面 11a 側に比べ大きくしている。

【0062】

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 11b 側の図 17 の H - H 断面の断面図を示すものである。

10

【0063】

図 18 において、後端面 11b 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 86a と第 2 のコンタクト層 86b を積層した結晶構造が形成されている。後端面 11b 側の抵抗が、前端面 11a 側より高いため、後端面 11b 側の領域では、前端面 11a 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。

【0064】

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 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。

20

【0065】

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。

【0066】

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 11b 側の断面図である。図 19 は後端面 11b 側の断面図を示すものであり、図 1 における後端面 11b 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 39b 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 35d、35e、35f 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 35d、35e、35f の両サイドに絶縁膜 36 を形成し、コンタクト層 35d と 35e の間にストライプ状の絶縁膜 36d を、コンタクト層 35e と 35f の間にストライプ状の絶縁膜 36e を形成している。

30

【0067】

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 11a 側ほど広く、後端面 11b 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 36d、36e の幅が、前端面 11a 側においてはゼロとなる。

40

【0068】

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 11b 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。

【0069】

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 11b 側における断面図である。図 20 は、LD の後端面 11b 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 LD 10 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 までエッチングして、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チ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】

20

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がる。

【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もよい。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」）があっても良い。

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】

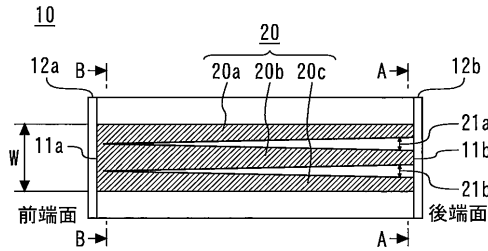
## 【0081】

10 半導体レーザダイオード(LD)、11a 前端面、11b 後端面、12a、12b 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、36d、36e、36f、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

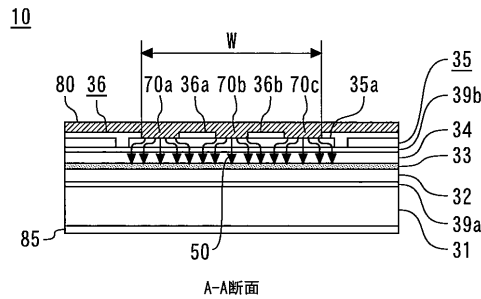
20

30

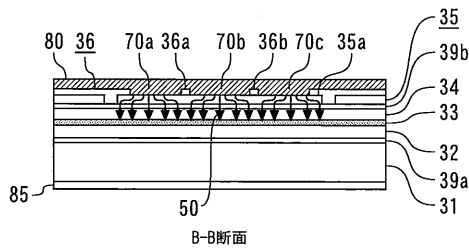
【図 1】



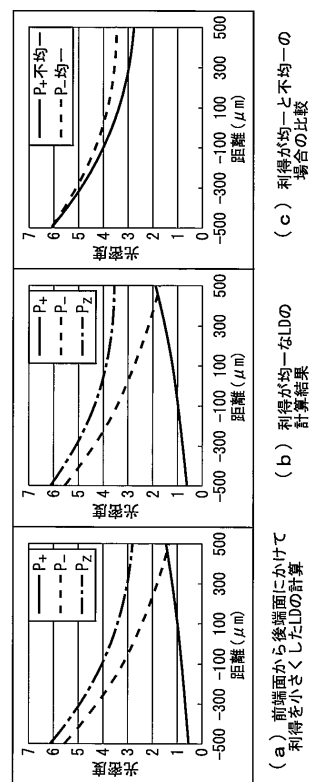
【図 2】



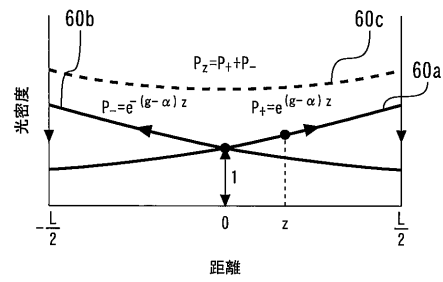
【図 3】



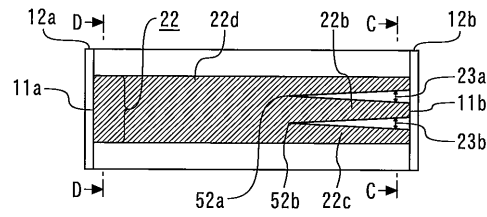
【図 5】



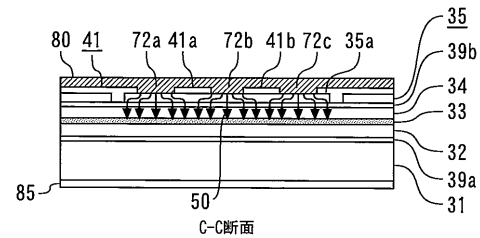
【図 4】



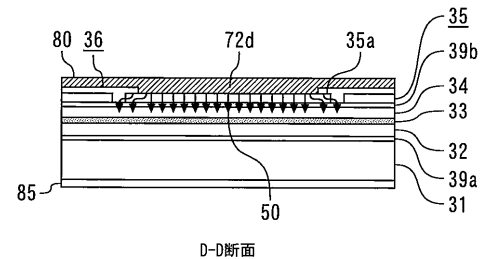
【図 6】



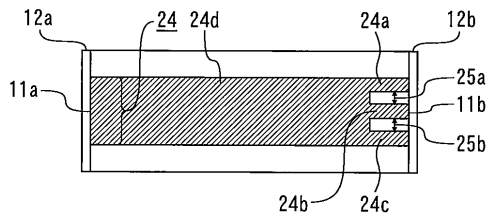
【図 7】



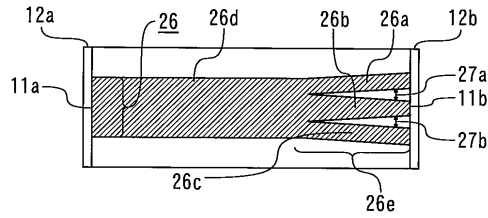
【図 8】



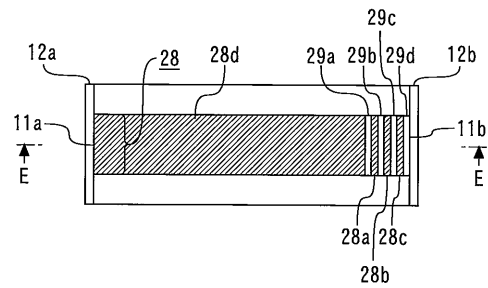
【図 9】



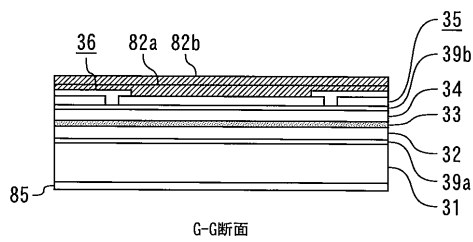
【図 10】



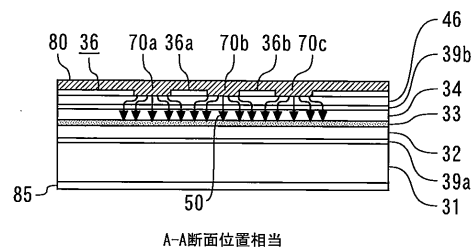
【図 11】



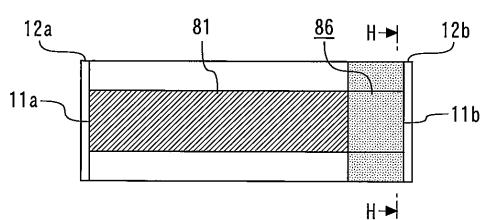
【図 15】



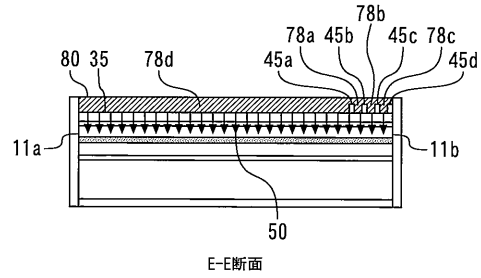
【図 16】



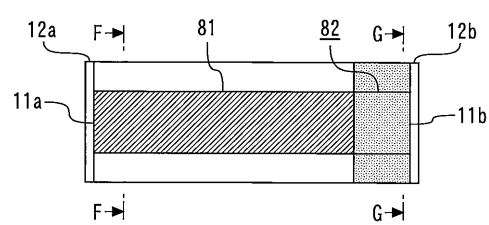
【図 17】



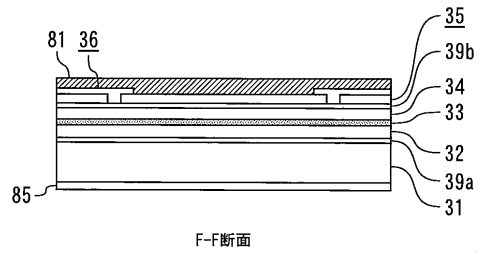
【図 12】



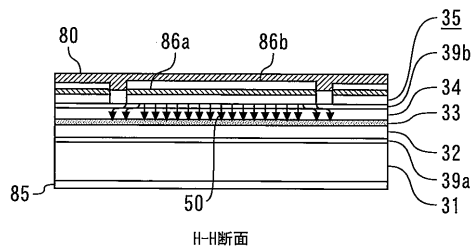
【図 13】



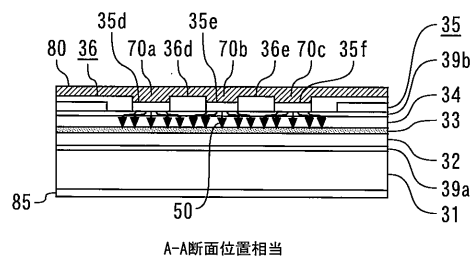
【図 14】



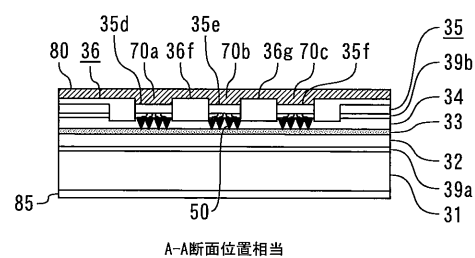
【図 18】



【図 19】

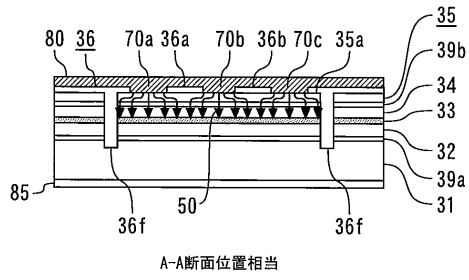


【図 20】

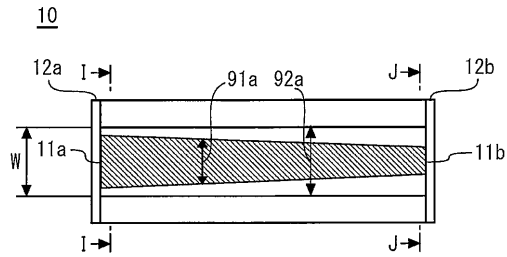




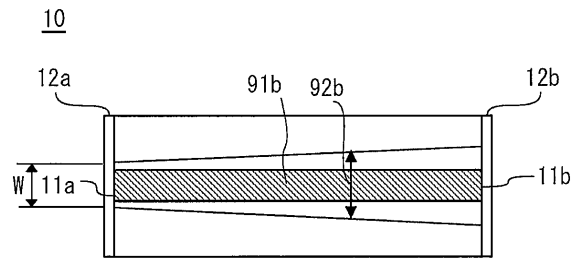
【図 2 1】



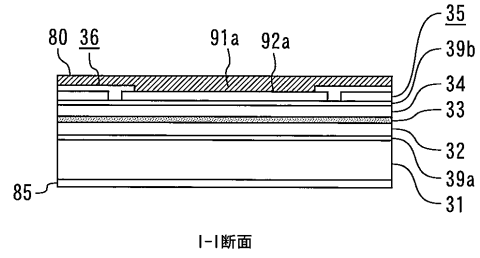
【図 2 2】



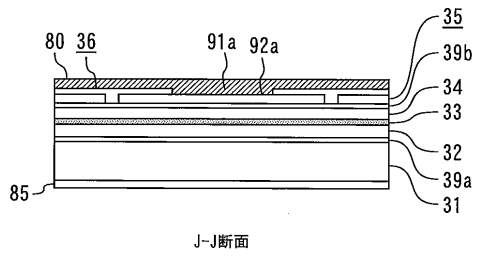
【図 2 3】



【図 2 4】



【図 2 5】



---

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