

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特 許 公 報(B2)

(11) 特許番号
特許第4954457号
(P4954457)

(45) 発行日 平成24年6月13日(2012.6.13)

(24) 登録日 平成24年3月23日(2012.3.23)

(51) Int.Cl.
H 0 1 S 5/183 (2006.01)

F I
H O 1 S 5/183

請求項の数 6 (全 21 頁)

(21) 出願番号	特願2004-276454 (P2004-276454)	(73) 特許権者	000153878
(22) 出願日	平成16年9月24日 (2004.9.24)		株式会社半導体エネルギー研究所
(65) 公開番号	特開2005-123603 (P2005-123603A)		神奈川県厚木市長谷398番地
(43) 公開日	平成17年5月12日 (2005.5.12)	(72) 発明者	下村 明久
審査請求日	平成19年9月5日 (2007.9.5)		神奈川県厚木市長谷398番地 株式会社
(31) 優先権主張番号	特願2003-335747 (P2003-335747)		半導体エネルギー研究所内
(32) 優先日	平成15年9月26日 (2003.9.26)	(72) 発明者	野村 亮二
(33) 優先権主張国	日本国 (JP)		神奈川県厚木市長谷398番地 株式会社
			半導体エネルギー研究所内
		(72) 発明者	荒井 康行
			神奈川県厚木市長谷398番地 株式会社
			半導体エネルギー研究所内
		審査官	吉野 三寛
			最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 発光装置の作製方法

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項1】

第1の曲面を有する凸部を備えた第1の電極と、前記凸部と重なるように前記第1の電極上に形成された電界発光層と、前記電界発光層上において前記凸部の上端部を含む一部の領域に重なるように選択的に形成され、なおかつ第2の曲面を有する凹部を備えた透過率が5～70%である第2の電極とを有する発光素子を有し、

前記第1の曲面の曲率中心は前記第2の電極に対して反対側に位置し、
前記第2の曲面の曲率中心は前記第1の電極側に位置し、
前記電界発光層で発生した光が前記第1の電極と前記第2の電極の間で反射して共振し、共振した前記光が前記第2の電極を透過して射出し、

前記第1の電極の曲率半径を r_1 、前記第2の電極の曲率半径を r_2 、前記第1の電極と前記第2の電極の間隔を L とすると、

$r_1 < 0$ 、 $0 < r_2 < L$ の条件を満たす発光装置の作製方法であって、
基板上に加熱により溶融可能な樹脂を形成し、
前記樹脂を島状にパターニングし、
前記島状にパターニングされた前記樹脂を加熱により溶融することにより、端部に曲面を有する樹脂を形成し、

前記端部に曲面を有する樹脂をマスクとして、前記端部に曲面を有する樹脂とともに前記基板をドライエッチングすることにより、曲面を有する凸部を有する基板を形成し、

前記曲面を有する凸部を有する基板上に前記発光素子を形成することを特徴とする発光

装置の作製方法。

【請求項 2】

第 1 の曲面を有する凸部を備えた第 1 の電極と、前記凸部と重なるように前記第 1 の電極上に形成された電界発光層と、前記電界発光層上において前記凸部の上端部を含む一部の領域に重なるように選択的に形成され、なおかつ第 2 の曲面を有する凹部を備えた透過率が 5 ~ 70 % である第 2 の電極とを有する発光素子を有し、

前記第 1 の曲面の曲率中心は前記第 2 の電極に対して反対側に位置し、

前記第 2 の曲面の曲率中心は前記第 1 の電極側に位置し、

前記電界発光層で発生した光が前記第 1 の電極と前記第 2 の電極の間で反射して共振し、共振した前記光が前記第 2 の電極を透過して射出し、

前記第 1 の電極の曲率半径を r_1 、前記第 2 の電極の曲率半径を r_2 、前記第 1 の電極と前記第 2 の電極の間隔を L とするとき、

$r_1 < 0$ 、 $r_2 > L + |r_1|$ の条件を満たす発光装置の作製方法であって、

基板上に加熱により溶融可能な樹脂を形成し、

前記樹脂を島状にパターンニングし、

前記島状にパターンニングされた前記樹脂を加熱により溶融することにより、端部に曲面を有する樹脂を形成し、

前記端部に曲面を有する樹脂をマスクとして、前記端部に曲面を有する樹脂とともに前記基板をドライエッチングすることにより、曲面を有する凸部を有する基板を形成し、

前記曲面を有する凸部を有する基板上に前記発光素子を形成することを特徴とする発光装置の作製方法。

【請求項 3】

第 1 の曲面を有する凸部を備えた反射材と、

前記凸部と重なるように前記反射材上に形成された透光性を有する第 1 の電極、前記凸部と重なるように前記第 1 の電極上に形成された電界発光層、及び前記電界発光層上において前記凸部の上端部を含む一部の領域に重なるように選択的に形成され、なおかつ第 2 の曲面を有する凹部を備えた透過率が 5 ~ 70 % である第 2 の電極を有する発光素子とを有し、

前記反射材の曲率中心は前記第 2 の電極に対して反対側に位置し、

前記第 2 の曲面の曲率中心は前記反射材側に位置し、

前記電界発光層で発生した光が前記反射材と前記第 2 の電極の間で反射して共振し、共振した前記光が前記第 2 の電極を透過して射出し、

前記反射材の曲率半径を r_1 、前記第 2 の電極の曲率半径を r_2 、前記反射材と前記第 2 の電極の間隔を L とするとき、

$r_1 < 0$ 、 $0 < r_2 < L$ の条件を満たす発光装置の作製方法であって、

基板上に加熱により溶融可能な樹脂を形成し、

前記樹脂を島状にパターンニングし、

前記島状にパターンニングされた前記樹脂を加熱により溶融することにより、端部に曲面を有する樹脂を形成し、

前記端部に曲面を有する樹脂をマスクとして、前記端部に曲面を有する樹脂とともに前記基板をドライエッチングすることにより、曲面を有する凸部を有する基板を形成し、

前記曲面を有する凸部を有する基板上に前記反射材を形成し、

前記反射材上に前記発光素子を形成することを特徴とする発光装置の作製方法。

【請求項 4】

第 1 の曲面を有する凸部を備えた反射材と、

前記凸部と重なるように前記反射材上に形成された透光性を有する第 1 の電極、前記凸部と重なるように前記第 1 の電極上に形成された電界発光層、及び前記電界発光層上において前記凸部の上端部を含む一部の領域に重なるように選択的に形成され、なおかつ第 2 の曲面を有する凹部を備えた透過率が 5 ~ 70 % である第 2 の電極を有する発光素子とを有し、

前記反射材の曲率中心は前記第 2 の電極に対して反対側に位置し、
 前記第 2 の曲面の曲率中心は前記反射材側に位置し、
 前記電界発光層で発生した光が前記反射材と前記第 2 の電極の間で反射して共振し、共振した前記光が前記第 2 の電極を透過して射出し、

前記反射材の曲率半径を r_1 、前記第 2 の電極の曲率半径を r_2 、前記反射材と前記第 2 の電極の間隔を L とするとき、

$r_1 < 0$ 、 $r_2 > L + |r_1|$ の条件を満たす発光装置の作製方法であって、

基板上に加熱により溶融可能な樹脂を形成し、

前記樹脂を島状にパターンニングし、

前記島状にパターンニングされた前記樹脂を加熱により溶融することにより、端部に曲面を有する樹脂を形成し、

前記端部に曲面を有する樹脂をマスクとして、前記端部に曲面を有する樹脂とともに前記基板をドライエッチングすることにより、曲面を有する凸部を有する基板を形成し、

前記曲面を有する凸部を有する基板上に前記反射材を形成し、

前記反射材上に前記発光素子を形成することを特徴とする発光装置の作製方法。

【請求項 5】

第 1 の曲面を有する凸部を備えた第 1 の電極と、前記凸部と重なるように前記第 1 の電極上に形成された第 1 の電界発光層と、前記第 1 の電界発光層上に形成された電荷発生層と、前記電荷発生層上に形成された第 2 の電界発光層と、前記第 2 の電界発光層上において前記凸部の上端部を含む一部の領域に重なるように選択的に形成され、なおかつ第 2 の曲面を有する凹部を備えた透過率が 5 ~ 70 % である第 2 の電極とを有する発光素子を有し、

前記第 1 の曲面の曲率中心は前記第 2 の電極に対して反対側に位置し、

前記第 2 の曲面の曲率中心は前記第 1 の電極側に位置し、

前記電界発光層で発生した光が前記第 1 の電極と前記第 2 の電極の間で反射して共振し、共振した前記光が前記第 2 の電極を透過して射出し、

前記第 1 の電極の曲率半径を r_1 、前記第 2 の電極の曲率半径を r_2 、前記第 1 の電極と前記第 2 の電極の間隔を L とするとき、

$r_1 < 0$ 、 $0 < r_2 < L$ または $r_1 < 0$ 、 $r_2 > L + |r_1|$ の条件を満たす発光装置の作製方法であって、

基板上に加熱により溶融可能な樹脂を形成し、

前記樹脂を島状にパターンニングし、

前記島状にパターンニングされた前記樹脂を加熱により溶融することにより、端部に曲面を有する樹脂を形成し、

前記端部に曲面を有する樹脂をマスクとして、前記端部に曲面を有する樹脂とともに前記基板をドライエッチングすることにより、曲面を有する凸部を有する基板を形成し、

前記曲面を有する凸部を有する基板上に前記発光素子を形成することを特徴とする発光装置の作製方法。

【請求項 6】

第 1 の曲面を有する凸部を備えた反射材と、

前記凸部と重なるように前記反射材上に形成された透光性を有する第 1 の電極、前記凸部と重なるように前記第 1 の電極上に形成された第 1 の電界発光層、前記第 1 の電界発光層上に形成された電荷発生層、前記電荷発生層上に形成された第 2 の電界発光層、及び前記第 2 の電界発光層上において前記凸部の上端部を含む一部の領域に重なるように選択的に形成され、なおかつ第 2 の曲面を有する凹部を備えた透過率が 5 ~ 70 % である第 2 の電極を有する発光素子とを有し、

前記反射材の曲率中心は前記第 2 の電極に対して反対側に位置し、

前記第 2 の曲面の曲率中心は前記反射材側に位置し、

前記電界発光層で発生した光が前記反射材と前記第 2 の電極の間で反射して共振し、共振した前記光が前記第 2 の電極を透過して射出し、

前記反射材の曲率半径を r_1 、前記第 2 の電極の曲率半径を r_2 、前記反射材と前記第 2 の電極の間隔を L とするとき、

$r_1 < 0$ 、 $0 < r_2 < L$ または $r_1 < 0$ 、 $r_2 > L + |r_1|$ の条件を満たす発光装置の作製方法であって、

基板上に加熱により溶融可能な樹脂を形成し、

前記樹脂を島状にパターニングし、

前記島状にパターニングされた前記樹脂を加熱により溶融することにより、端部に曲面を有する樹脂を形成し、

前記端部に曲面を有する樹脂をマスクとして、前記端部に曲面を有する樹脂とともに前記基板をドライエッチングすることにより、曲面を有する凸部を有する基板を形成し、

前記曲面を有する凸部を有する基板上に前記反射材を形成し、

前記反射材上に前記発光素子を形成することを特徴とする発光装置の作製方法。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、レーザ光を発振することができる電界発光材料を用いた発光装置に関する。

【背景技術】

【0002】

半導体レーザは、他のガスまたは固体レーザと比較してレーザ発振器を飛躍的に小型化、軽量化できるというメリットを有しており、光集積回路において光インターコネクションにより信号の送受を行なうための光源として、光ディスク、光メモリーなどの記録媒体への記録を行なう際の光源として、さらには光ファイバーなどを光導波路として用いる光通信の光源として、様々な分野で実用化されている。そして半導体レーザの発振波長は青色から赤外までと広範囲に及ぶが、一般的に実用化されている半導体レーザは、例えば GaAs レーザ（波長 $0.84 \mu\text{m}$ ）、InAs レーザ（波長 $3.11 \mu\text{m}$ ）、InSb レーザ（波長 $5.2 \mu\text{m}$ ）、GaAlAs（波長 $0.72 \mu\text{m} \sim 0.9 \mu\text{m}$ ）、InGaAsP（波長 $1.0 \mu\text{m} \sim 1.7 \mu\text{m}$ ）のように、その発振波長が赤外領域に存在するものが多い。

【0003】

近年では、発振波長を可視領域に有する半導体レーザの実用化に関する研究が数多くなされており、その流れから、電場を加えることでルミネッセンス（Electroluminescence）が得られる電界発光材料を用い、レーザ光を発振することができるレーザ発振器（有機半導体レーザ）に注目が集まりつつある。有機半導体レーザは、波長が可視領域に存在するレーザ光を得ることができ、また安価なガラス基板上に作製することができるため、様々な用途が期待される。

【0004】

下記特許文献 1 には、ピーク波長 λ が 510 nm である有機半導体レーザに関して記載がされている。

【特許文献 1】特開 2000 - 156536 号公報（第 11 頁）

【発明の開示】

【発明が解決しようとする課題】

【0005】

しかし有機半導体レーザから発振されるレーザ光は、一般的に他のレーザに比べて指向性が低く、拡散しやすい傾向がある。レーザ光の指向性が低くなると、光インターコネクションにおける信号の送受がディスクリネーションにより不安定になり、光集積回路の高集積化が妨げられるという問題が生じ好ましくない。またレーザ光の拡散が著しい場合、レーザ光のエネルギー密度を確保しにくくなる。光源から発振されるレーザ光の強度を高めるか、レーザ光の光源と該所定の領域との距離を縮めるか、いずれか一方の手段を講じることによって所望のエネルギー密度を確保することは可能であるが、前者は消費電力が嵩んでしまうというデメリットを有しており、また後者は、該有機半導体レーザの用途が制限さ

10

20

30

40

50

れてしまうとうデメリットを有している。

【 0 0 0 6 】

なお光源となる有機半導体レーザに、別途用意した光学系を設置することで、レーザ光の指向性を高めることは可能である。しかし光学系が複雑になるほど、メンテナンス時における光学系の調整や光学系と有機半導体レーザとの位置合わせが煩雑となり、また物理的な衝撃に対する耐性に劣ってしまうという欠点がある。

【 0 0 0 7 】

本発明は上述した問題に鑑み、発振されるレーザ光の指向性を高めることができ、なおかつ物理的な衝撃に対する耐性を高めることができる、電界発光材料を用いたレーザ発振器に代表される発光装置の提供を課題とする。

10

【課題を解決するための手段】

【 0 0 0 8 】

本発明の発光装置は、誘導放出光を反射するための反射材の一方若しくは両方に曲率を持たせ、なおかつ不安定共振器が形成されるように2つの反射材を向かい合わせることで、より単一モードに近く、指向性の高いレーザ光を得る。当該反射材の曲率中心は、他方の反射材が形成されている側に設けていても良いし、他方の反射材に対して反対側に設けていても良い。なお、反射材が共振器の内部に向かって凹面になっていれば、曲率は正と定義する。同様に、反射材が共振器の内部方向に向かって凸面になっていれば、曲率は負と定義する。

【 0 0 0 9 】

20

具体的に本発明の発光装置は、凸部または凹部を有する第1の反射材と、前記凸部または凹部と重なるように前記第1の反射材上に形成された発光素子と、前記発光素子を間に挟んで前記第1の反射材と重なっている第2の反射材とを有する。また発光素子は第1の電極（陽極）と、第2の電極（陰極）と、該2つの電極間に設けられた発光層とを有しており、本発明では該発光層に含まれる電界発光材料がレーザ媒質として機能する。発光層と陽極の間にホール注入層、ホール輸送層等、発光層と陰極の間に電子注入層、電子輸送層等が設けられていても良い。この場合、発光層を含む、陽極と陰極の間に設けられた全ての層を、電界発光層と呼ぶ。電界発光層を構成する層の中に、無機化合物を含んでいる場合もある。

【 0 0 1 0 】

30

なお本発明では、上述したように、発光素子の他に別途2つの反射材を設けていても良いが、発光素子が有する電極の一方または両方を、反射材として用いても良い。或いは、電界発光層に含まれる発光層以外の層、例えばホール注入層、ホール輸送層、電子注入層、電子輸送層等を反射材として用い、発光層において発生した光を反射させ、光共振器を形成しても良い。2つの反射材によって電界発光材料から発せられた光が共振されることで、レーザ光が発振される。

【 0 0 1 1 】

また、本発明の発光装置が有する光共振器は不安定共振器であり、曲率半径 r と共振器長 L の長さを調整したり、反射材が有する凹凸の曲率中心の位置を制御することで不安定共振器を形成し、指向性を高めることができる。また、不安定共振器は、高利得であればモード体積（反射鏡面上のスポット径から求められる面積と共振器長との積）を大きくできるので、レーザー出力を大きくすることができる。なお、ここで言う安定・不安定という言葉は、レーザからの出力が安定であるか不安定であるかという意味ではない。

40

【 0 0 1 2 】

なお、単結晶の半導体を用いた半導体レーザは、有機半導体レーザと異なり、反射材として機能する電極に曲面を形成したり、曲面を有する反射材上にレーザ媒質である活性領域を形成したりすることは、作製工程上困難である。またレーザ媒質である活性領域を形成した後に、別途形成された曲面を有する反射材を取り付ける場合、2つの反射材と、活性領域との位置制御を数十nmのオーダーで行なわなくてはならならず、作製工程が煩雑になる。しかし有機半導体レーザの場合、反射材として機能する電極に曲面を形成するこ

50

と、また曲面を有する反射材上に発光素子を形成することは、半導体レーザに比べて比較的容易である。よって、２つの反射材と、活性領域との数十nmのオーダーでの位置制御を、各層の膜厚によって比較的容易に行なうことが可能である。

【発明の効果】

【００１３】

本発明は上記構成により、単一モードのレーザ光の発振効率を高めることができ、よって光学系を別途設けなくともレーザ光の指向性を高めることができる。そして、光学系を別途設ける場合とは異なり、メンテナンス時における光学系の調整や光学系と有機半導体レーザとの位置合わせ等の煩雑さを回避することができ、レーザ発振器の物理的な衝撃に対する耐性を高めることができる。

10

【発明を実施するための最良の形態】

【００１４】

以下、本発明の実施の形態について図面を参照しながら説明する。但し、本発明は多くの異なる態様で実施することが可能であり、本発明の趣旨及びその範囲から逸脱することなくその形態及び詳細を様々に変更し得ることは当業者であれば容易に理解される。従って、本実施の形態の記載内容に限定して解釈されるものではない。

【００１５】

図１を用いて、本発明のレーザ発振器の一形態について説明する。図１（Ａ）は本発明のレーザ発振器の断面図であり、図１（Ｂ）は図１（Ａ）に示すレーザ発振器の上面図である。図１（Ｂ）のＡ－Ａ'における断面図が図１（Ａ）に相当する。図１に示す本発明のレーザ発振器は、凸部１００を有する基板１０１と、凸部１００と重なるように基板１０１上に形成された発光素子１０２とを有する。凸部１００は曲面を有しており、該曲面の曲率中心は、基板１０１の発光素子１０２とは反対の側に存在している。

20

【００１６】

なお、図１（Ａ）では、基板１０１上に直接発光素子１０２を形成している例を示しているが、本発明はこの構成に限定されない。基板１０１と発光素子１０２との間に、絶縁膜や光を反射するための膜（反射膜）などの他の膜が、１つまたは複数形成されていても良い。また図１（Ａ）では凸部１００を有する基板１０１を用いているが、平坦な基板上に基板とは異なる膜を用いて凸部を形成していても良い。

【００１７】

30

図１０では、液滴吐出法を用いて平坦な基板１１０１上に凸部１１０２を形成している例を示す。１１０３は液滴吐出装置のノズルを示す。例えば図１の凸部１００を、図１０に示すように液滴吐出法を用いて形成しても良い。

【００１８】

基板１０１として、ガラス、石英、金属、バルク半導体またはプラスチックなどを用いることができる。

【００１９】

また発光素子１０２は、基板１０１上に形成された電極１０３と、電極１０３上に形成された電界発光層１０４と、電極１０３と重なるように電界発光層１０４上に形成された電極１０５とを有する。基板１０１上に形成された電極１０３は、基板１０１が有する凸部１００によって表面に曲面が形成されており、該曲面の曲率中心は基板１０１側に存在している。

40

【００２０】

なお電極１０３、１０５は、一方が陽極であり他方は陰極である。図１では電極１０３を陽極、電極１０５を陰極とする例を示すが、電極１０３を陰極、電極１０５を陽極としても良い。電極１０３、１０５間に順方向バイアスの電圧を印加することで、電界発光層１０４に電流が供給され、電界発光層１０４を発光させることができる。

【００２１】

そして図１に示すレーザ発振器は、発光素子１０２が有する電極１０３、１０５を反射材として用いることで、光共振器が形成されている。電界発光層１０４から発せられた光

50

は、電極 103、105 によって共振され、レーザ光として電極 105 側から発振される。

【0022】

図 2 に、図 1 に示すレーザ発振器において、電極 103、105 間に順方向バイアスの電圧を印加している様子を示す。電極 103、105 間に電圧を印加することで、電界発光層 104 において発生した光が共振される。電極 105 が平面を有するものと仮定すると、この光共振器は不安定共振器である。よって共振器長に相当する電極 103、105 間の距離 L と、電極 103 が有する曲面の焦点距離 f は、 $f < 0$ を満たす。なお焦点距離 f の 2 倍は曲率半径 r に相当するので、 $r < L$ を満たすとも言える。共振器長は、発振されるレーザ光の光路の延長線上における、2 つの反射材の間隔に相当するものとする。上記構成により、電極 105 側から発振されるレーザ光のうち、単一モードのレーザ光が得られやすくなり、よって該単一モードのレーザ光の発振効率を高めることができる。破線の矢印で示すように、電極 103、105 間に電圧を印加することで、電極 105 側から基板 101 の反対側に向かってレーザ光が発振される。なお、図示していないが、基板 101 側に向かってレーザ光が発振されてもよい。

10

【0023】

なお電極 105 が曲面を有し、該曲面の曲率中心が電極 103 側に存在する場合、不安定共振器を形成するためには、共振器長 L と、電極 103 の曲率半径 r_1 ($r_1 < 0$)、電極 105 の曲率半径 r_2 ($r_2 > 0$) は、以下の数 1 に示す 2 つの式の少なくとも一方を満たす必要がある。

20

【0024】

【数 1】

$$\{1 - (L/r_1)\} \times \{1 - (L/r_2)\} < 0$$

$$1 < \{1 - (L/r_1)\} \times \{1 - (L/r_2)\}$$

【0025】

ここで、上記数 1 を満たす曲率半径 r_1 、 r_2 と、共振器長 L の関係には以下の 9 つの場合が考えられる。(1) $r_1 < 0$ 、 $r_2 < 0$ (反射材の両方とも凸部を有し、それぞれの曲率半径 r_1 、 r_2 は共に負である) (2) $r_1 < 0$ 、 $0 < r_2 < L$ (反射材の一方が凸部を有し、その曲率半径 r_1 は負であり、もう一方の反射材は凹部を有し、その曲率半径 r_2 は共振器長よりも小さくかつ正である) (3) $r_1 < 0$ 、 $r_2 > L + |r_1|$ (反射材の一方が凸部を有し、その曲率半径 r_1 は負であり、もう一方の反射材は凹部を有し、その曲率半径 r_2 は $L + |r_1|$ よりも大きい) (4) $0 < r_1 < L$ 、 $r_2 < 0$ (反射材の一方が凹部を有し、その曲率半径 r_1 は共振器長 L よりも大きく、もう一方の反射材 r_2 は凸部を有し、その曲率半径は負である) (5) $r_1 > L + |r_2|$ 、 $r_2 < 0$ (反射材の一方が凹部を有し、その曲率半径 r_1 は $L + |r_2|$ より大きく、もう一方の反射材は凸部を有し、その曲率半径 r_2 は負である) (6) $0 < r_1 < L$ 、 $r_2 > L$ (反射材の両方とも凹部を有し、一方の曲率半径 r_1 は共振器長 L より小さくかつ正であり、もう一方の曲率半径 r_2 は L より大きい) (7) $0 < r_1 < L - r_2$ 、 $0 < r_2 < L/2$ (反射材の両方とも凹部を有し、一方の曲率半径 r_1 は (共振器長 L - もう一方の曲率半径 r_2) より小さくかつ正であり、 r_2 は $L/2$ より小さいかつ正である) (8) $r_1 > L$ 、 $0 < r_2 < L$ (反射材の両方とも凹部を有し、一方の曲率半径 r_1 は共振器長 L より大きく、もう一方の曲率半径 r_2 は L より小さくかつ正である) (9) $0 < r_1 < L/2$ 、 $0 < r_2 < L - r_1$ (反射材の両方とも凹部を有し、一方の曲率半径 r_1 は共振器長 L の半分よりも小さくかつ正であり、もう一方の曲率半径 r_2 は ($L - r_1$) よりも小さくかつ正である)。光共振器に用いる反射材の曲率半径、曲率中心の位置、共振器長を選択することにより、不安定共振器は決定される。

30

40

【0026】

なお図 1、図 2 では、凸部を有する反射材を用いて、単一モードのレーザ光の発振効率

50

を高める形態について説明したが、凹部を有する反射材を用いても良い。図3を用いて、凹部を有する反射材を用いた、本発明のレーザ発振器の形態について説明する。

【0027】

図3は本発明のレーザ発振器の断面図である。図3に示すように本発明のレーザ発振器は、凹部200を有する基板201と、凹部200と重なるように基板201上に形成された発光素子202とを有する。基板201として、ガラス、石英、金属、バルク半導体またはプラスチックなどを用いることができる。

【0028】

なお図3では、基板201上に直接発光素子202を形成している例を示しているが、本発明はこの構成に限定されない。基板201と発光素子202との間に、絶縁膜や光を反射するための膜（反射膜）などの他の膜が、1つまたは複数形成されていても良い。また図3では凹部200を有する基板201を用いているが、平坦な基板上に基板とは異なる膜を用いて凹部を形成していても良い。

【0029】

そして凹部200は曲面を有しており、該曲面の曲率中心は発光素子202側に存在している。

【0030】

また発光素子202は、基板201上に形成された電極203と、電極203上に形成された電界発光層204と、電極203と重なるように電界発光層204上に形成された電極205とを有する。なお電極203、205は、一方が陽極であり他方は陰極である。図3では電極203を陽極、電極205を陰極とする例を示すが、電極203を陰極、電極205を陽極としても良い。電極203、205間に順方向バイアスの電圧を印加することで、電界発光層204に電流が供給され、電界発光層204を発光させることができる。

【0031】

そして図3に示すレーザ発振器は、図1に示したレーザ発振器と同様に、発光素子202が有する電極203、205によって光共振器が形成されている。電界発光層204から発せられた光は、電極203、205によって共振され、レーザ光として電極205側から発振される。なお、基板201側に向かってレーザ光が発振されてもよい。

【0032】

電極203、205によって形成される光共振器は不安定共振器である。図3の場合不安定共振器を形成するには、共振器長に相当する電極203、205間の距離 L と、電極203が有する曲面の焦点距離 f ($f > 0$) が $f > (L + r_2) / 2$ を満たすようにする必要がある。

【0033】

なお電極205が凸部形状の曲面を有し、該曲面の曲率中心が電極203の反対側に存在する場合、不安定共振器を形成するためには、共振器長 L と、電極203の曲率半径 r_1 ($r_1 > 0$)、及び電極205の曲率半径 r_2 ($r_2 < 0$) は、上記の数1に示す2つの式の少なくとも一方を満たす必要がある。上記構成により、電極205側から発振されるレーザ光のうち、単一モードのレーザ光が得られやすくなり、よって該単一モードのレーザ光の発振効率を高めることができる。

【0034】

なお図1乃至図3では、発光素子が有する2つの電極を反射材として用いているが、本発明はこの構成に限定されない。発光素子の他に別途2つの反射材を設けていても良いし、発光素子が有する電極の一方を反射材として用い、別途反射材を1つ設けても良い。或いは、電界発光層に含まれる発光層以外の層、例えばホール注入層、ホール輸送層、電子注入層、電子輸送層等を反射材として用い、発光層において発生した光を反射させ、光共振器を形成しても良い。

【実施例1】

【0035】

本実施例では、本発明のレーザ発振器に用いられる発光素子の構成について説明する。

【0036】

図5に、本発明で用いる発光素子の、素子構造の一形態を示す。図5に示す発光素子は、陽極401と陰極407の間に電界発光層408を挟んだ構造を有している。電界発光層408は、陽極401側から順次積層された、ホール注入層402、ホール輸送層403、発光層404、電子輸送層405、電子注入層406を有している。

【0037】

なお本発明のレーザ発振器に用いる発光素子は、電界発光層に少なくとも発光層を含んでいれば良い。発光以外の機能を示す層（ホール注入層、ホール輸送層、電子輸送層、電子注入層）は適宜組み合わせることができる。上記各層に用いることのできる材料を、以下に具体的に例示する。ただし、本発明に適用できる材料は、これらに限定されるものではない。

【0038】

陽極401としては、仕事関数の大きい導電性材料を用いることが好ましい。陽極401において光を透過させる場合は、透光性の高い材料を用いる。この場合、例えばインジウム-スズ酸化物（ITO）、インジウム-亜鉛酸化物（IZO）、酸化珪素を含むインジウム-スズ酸化物（ITSO）等の透明導電性材料を用いればよい。陽極401を反射材として用いる場合は、光を反射することができる材料を用いる。この場合、例えばTiN、ZrN、Ti、W、Ni、Pt、Cr、Ag等の1つまたは複数からなる単層膜の他、窒化チタンとアルミニウムを主成分とする膜との積層、窒化チタン膜とアルミニウムを主成分とする膜と窒化チタン膜との三層構造等を用いることができる。また、上記光を反射することができる材料の上に、上述した透明導電性材料を積層して、陽極401として用いてもよい。

【0039】

ホール注入層402に用いることができるホール注入材料としては、イオン化ポテンシャルの比較的小さな材料であって、可視光領域の吸収が小さいものが好ましい。大別すると金属酸化物、低分子系有機化合物、および高分子系有機化合物に分けられる。金属酸化物であれば、例えば、酸化バナジウム、酸化モリブデン、酸化ルテニウム、酸化アルミニウムなど用いることができる。低分子系有機化合物であれば、例えば、m-MTDATAに代表されるスターバースト型アミン、銅フタロシアニン（略称：Cu-Pc）に代表される金属フタロシアニン、フタロシアニン（略称：H2-Pc）、2,3-ジオキシエチレンチオフェン誘導体などを用いることができる。低分子系有機化合物と上記金属酸化物とを共蒸着させた膜であっても良い。高分子系有機化合物であれば、例えば、ポリアニリン（略称：PAni）、ポリビニルカルバゾール（略称：PVK）、ポリチオフェン誘導体などの高分子を用いることができる。ポリチオフェン誘導体の一つであるポリエチレンジオキシチオフェン（略称：PEDOT）にポリスチレンスルホン酸（略称：PSS）をドーピングしたものを用いても良い。

【0040】

ホール輸送層403に用いることができるホール輸送材料としては、ホール輸送性が高く、結晶性が小さい公知の材料を用いることができる。芳香族アミン系（すなわち、ベンゼン環-窒素の結合を有するもの）の化合物が好適であり、例えば、4,4'-ビス[N-(3-メチルフェニル)-N-フェニルアミノ]ビフェニル（TPD）や、その誘導体である4,4'-ビス[N-(1-ナフチル)-N-フェニル-アミノ]ビフェニル（ α -NPD）などがある。4,4',4''-トリス（N,N-ジフェニルアミノ）トリフェニルアミン（TDATA）や、MTDATAなどのスターバースト型芳香族アミン化合物も用いることができる。また4,4',4''-トリス（N-カルバゾリル）トリフェニルアミン（略称：CTTA）を用いても良い。また高分子材料としては、良好なホール輸送性を示すポリ（ビニルカルバゾール）などを用いることができる。また、MoOxなどの無機物を用いても良い。

【0041】

発光層 404 には公知の材料を用いることができる。例えば、トリス(8-キノリノラト)アルミニウム(A1q3)、トリス(4-メチル-8-キノリノラト)アルミニウム(A1mq3)、ビス(10-ヒドロキシベンゾ[η]-キノリナト)ベリリウム(BeBq2)、ビス(2-メチル-8-キノリノラト)-(4-ヒドロキシ-ピフェニル)-アルミニウム(BA1q)、ビス[2-(2-ヒドロキシフェニル)-ベンゾオキサゾラト]亜鉛(Zn(BOX)2)、ビス[2-(2-ヒドロキシフェニル)-ベンゾチアゾラト]亜鉛(Zn(BTZ)2)などの金属錯体を用いることができる。また、各種蛍光色素(クマリン誘導体、キナクリドン誘導体、ルブレン、4,4'-ジシアノメチレン、1-ピロン誘導体、スチルベン誘導体、各種縮合芳香族化合物など)も用いることができる。白金オクタエチルポルフィリン錯体、トリス(フェニルピリジン)イリジウム錯体、トリス(ベンジリデンアセトナート)フェナントレンユーロピウム錯体などの燐光材料も用いることができる。特に燐光材料は、蛍光材料と比較して励起寿命が長いため、レーザ発振に不可欠な反転分布、すなわち、基底状態にある分子数よりも励起状態にある分子数が多い状態を作り出すことが容易になる。上記材料は、ドーパントとしても、単層膜としても用いることができる。

10

【0042】

また、発光層 404 に用いるホスト材料としては、上述した例に代表されるホール輸送材料や電子輸送材料を用いることができる。また、4,4'-N,N'-ジカルバゾリルピフェニル(略称:CBP)などのバイポーラ性の材料も用いることができる。

【0043】

20

電子輸送層 405 に用いることができる電子輸送材料としては、A1q3に代表されるような、キノリン骨格またはベンゾキノリン骨格を有する金属錯体やその混合配位子錯体などを用いることができる。具体的には、A1q3、A1mq3、BeBq2、BA1q、Zn(BOX)2、Zn(BTZ)2などの金属錯体が挙げられる。さらに、金属錯体以外にも、2-(4-ピフェニル)-5-(4-tert-ブチルフェニル)-1,3,4-オキサジアゾール(PBD)、1,3-ビス[5-(p-tert-ブチルフェニル)-1,3,4-オキサジアゾール-2-イル]ベンゼン(OXD-7)などのオキサジアゾール誘導体、3-(4-tert-ブチルフェニル)-4-フェニル-5-(4-ピフェニル)-1,2,4-トリアゾール(TAZ)、3-(4-tert-ブチルフェニル)-4-(4-エチルフェニル)-5-(4-ピフェニル)-1,2,4-トリアゾール(p-EtTAZ)などのトリアゾール誘導体、TPBIのようなイミダゾール誘導体、バソフェナントロリン(BPhen)、バソキュプロイン(BCP)などのフェナントロリン誘導体を用いることができる。

30

【0044】

電子注入層に用いることができる電子注入材料としては、上述した電子輸送材料を用いることができる。その他に、LiF、CsFなどのアルカリ金属ハロゲン化物や、CaF2のようなアルカリ土類ハロゲン化物、Li2Oなどのアルカリ金属酸化物のような絶縁体の超薄膜がよく用いられる。また、リチウムアセチルアセトネート(略称:Li(acac))や8-キノリノラト-リチウム(略称:Li q)などのアルカリ金属錯体も有効である。

40

【0045】

また陰極 407 は、通常の発光素子で用いられるような仕事関数の小さい金属、合金、電気伝導性化合物、およびこれらの混合物などを用いることができる。具体的には、LiやCs等のアルカリ金属、およびMg、Ca、Sr等のアルカリ土類金属、およびこれらを含む合金(Mg:Ag、Al:Liなど)の他、YbやEr等の希土類金属を用いて形成することもできる。また、LiF、CsF、CaF2、Li2O等の電子注入層を用いる場合は、アルミニウム等の通常の導電性薄膜を用いることができる。また、陰極 407 において光を透過させる場合は、LiやCs等のアルカリ金属、およびMg、Ca、Sr等のアルカリ土類金属を含む超薄膜と、透明導電膜(ITO、ITO、IZO、ZnO等)との積層構造を用いればよい。あるいは、アルカリ金属またはアルカリ土類金属と電子

50

輸送材料を共蒸着した電子注入層を形成し、その上に透明導電膜（ITO、ITO、IZO、ZnO等）を積層してもよい。

【0046】

光共振器は、2つの反射材のうち、一方は反射率をできる限り高くし、他方はある程度の透過率を持たせることで、透過率の高い方の反射材から、レーザ光を発振させることができる。例えば陽極401と陰極407をレーザ光が発振される側の反射材として用いる場合、透過率が5～70%程度となるように、材料あるいは膜厚を選択する。また、反射材を別途形成する場合は、陽極401または陰極407において光を透過させる材料を選択する。

【0047】

また反射材の間隔は、共振させたい波長 λ の半分の整数倍にする。そして、反射材において反射する光と、新たに発せられる光の位相とが一致するように、発光素子の積層構造を設計する。

【0048】

なお、以上で述べた本発明の発光素子を作製するにあたっては、発光素子中の各層の積層法を限定されるものではない。積層が可能ならば、真空蒸着法やスピンコート法、インクジェット法、ディップコート法など、どのような手法を選んでも良いものとする。

【実施例2】

【0049】

本実施例では、複数の発光素子を用いた、本発明のレーザ発振器の一形態について説明する。

【0050】

図6(A)に、発光素子の陽極を作製した時点における、本実施例のレーザ発振器の上面図を示す。また図6(B)に、図6(A)のA-A'における断面図を示す。本実施例のレーザ発振器は、複数の凸部600を有する基板601上に、複数の凸部600と重なるように反射膜602が形成されている。反射膜602は、発光素子から発せられた光を反射することができ、なおかつ絶縁性を有する材料を用いることができる。例えば、酸化珪素、窒化珪素、酸化チタンなどの屈折率の異なる絶縁膜を交互に積層した膜を用いても良い。

【0051】

また陽極603が、反射膜602上に、複数の凸部600と重なるように形成されている。陽極603は透光性を有する材料で形成されている。なお図6では陽極603に透光性をもたせ、反射膜602を反射材として用いているが、本実施例はこの形態に限定されない。反射膜602を設けずに、光を反射する材料で陽極603を形成するようにしても良い。

【0052】

次に、図7(A)に発光素子が完成した時点における、本実施例のレーザ発振器の上面図を示す。また図7(B)に、図7(A)のA-A'における断面図を示す。図7では、複数の凸部600と重なるように、陽極603上に、赤(R)、緑(G)、青(B)の三色に対応する電界発光層604a～604cが形成されている。なお図7(A)では、電界発光層604a～604cが分離して形成されているが、互いに一部重なるように形成されていても良い。また電界発光層604a～604c上に、複数の凸部600と重なるように、陰極605が形成されている。

【0053】

本実施例では、任意の陰極605は、全ての各陽極603と一部分重なっている。該重なっている部分は発光素子606に相当し、各発光素子606は凸部600に位置している。そして、陰極605の透過率を5～70%程度にし、電界発光層604a～604cにおいて発生した光が、反射材として機能する反射膜602と陰極605間において共振し、陰極605側から発振されるようにする。また反射膜602と陰極605によって形成される光共振器は不安定共振器とすることで、陰極605側から発振されたレーザ光の

10

20

30

40

50

指向性を高める。そして本実施例のレーザ発振器は、パッシブマトリクス of 発光装置と同様に、陽極 603 と陰極 605 に印加する電圧を制御することで、選択した発光素子 606 を用いてレーザ光を発振させることができる。

【0054】

また本実施例では、陽極 603 と陰極 605 を入れ替えてもよい。ただしこの場合、陽極 603 は反射材として機能するので、光を反射させることができる材料で形成する。

【0055】

なお本実施例では、凸部を有する反射材を用いて単一モードのレーザ光の発振効率を高める形態について説明したが、凹部を有する反射材を用いても良い。また本実施例では、基板 601 が凹凸を有する形態について説明したが、平坦な基板上に、基板とは異なる膜を用いて凹凸を形成するようにしても良い。なお、本実施例のレーザ発振器（発光装置）を表示装置として用いてもよい。また、各発光素子に駆動素子を設けることにより、本実施例のレーザ発振器をアクティブマトリクス表示装置としてもよい。本実施例のレーザ発振器を設けた表示装置にはプロジェクター等が含まれる。

【0056】

また本実施例では、R、G、Bに対応する電界発光層を設けているが、モノクロの表示を行なう場合、電界発光層は1つでよい。

【0057】

本実施例は、実施例1と組み合わせて実施することが可能である。

【実施例3】

【0058】

本実施例では、図1に示すレーザ発振器において、基板と発光素子との間に、光を反射させることができる反射膜を形成する形態について説明する。

【0059】

図4(A)に、本実施例のレーザ発振器の断面図を示す。図4(A)に示すように本実施例のレーザ発振器は、凸部800を有する基板801上に、凸部800と重なるように反射膜802が形成されている。反射膜802は光を反射することができる材料で形成することができ、例えば、Al、Ag、Ti、W、Pt、Crなどの金属元素を1つまたは複数含んでいる材料を用い、蒸着法で形成することができる。なお反射膜は上記材料に限定されず、光を反射することができる膜であればよい。例えば反射膜として、酸化珪素、窒化珪素、酸化チタンなどの屈折率の異なる絶縁膜を交互に積層した膜を用いても良い。

【0060】

また凸部800と重なるように、反射膜802上に発光素子803が形成されている。発光素子803は、反射膜802上に形成された電極804と、電極804上に形成された電界発光層805と、電極804と重なるように電界発光層805上に形成された電極806とを有する。

【0061】

基板801は凸部800において曲面を有しており、該曲面の曲率中心は、基板801上の発光素子803の反対側に存在している。

【0062】

電極804、806は、一方が陽極であり他方は陰極である。図4では電極804を陽極、電極806を陰極とする例を示すが、電極804を陰極、電極806を陽極としても良い。電極804、806間に順方向バイアスの電圧を印加することで、電界発光層805に電流が供給され、電界発光層805を発光させることができる。図4(A)では、電極804は透光性を有しており、反射膜802と電極806とが反射材として機能する。よって、電界発光層805から発せられた光は、電極804、806によって共振され、レーザ光として電極806側から発振される。なお、基板801側に向かってレーザ光が発振されてもよい。

【0063】

図4(B)に、本実施例のレーザ発振器の断面図を示す。図4(B)に示すように本実

10

20

30

40

50

施例のレーザ発振器は、平坦な基板 8 1 1 上に、凸部 8 1 0 を有する反射膜 8 1 2 が形成されている。反射膜 8 1 2 は光を反射することができる材料で形成することができ、例えば、A l、A g、T i、W、P t、C r などの金属元素を 1 つまたは複数含んでいる材料を用いることができる。なお反射膜は上記材料に限定されず、光を反射することができる膜であればよい。

【 0 0 6 4 】

また凸部 8 1 0 と重なるように、反射膜 8 1 2 上に発光素子 8 1 3 が形成されている。発光素子 8 1 3 は、反射膜 8 1 2 上に形成された電極 8 1 4 と、電極 8 1 4 上に形成された電界発光層 8 1 5 と、電極 8 1 4 と重なるように電界発光層 8 1 5 上に形成された電極 8 1 6 とを有する。

10

【 0 0 6 5 】

反射膜 8 1 2 は凸部 8 1 0 において曲面を有しており、該曲面の曲率中心は、反射膜 8 1 2 上の発光素子 8 1 3 の反対側に存在している。

【 0 0 6 6 】

電極 8 1 4、8 1 6 は、一方が陽極であり他方は陰極である。図 4 では電極 8 1 4 を陽極、電極 8 1 6 を陰極とする例を示すが、電極 8 1 4 を陰極、電極 8 1 6 を陽極としても良い。電極 8 1 4、8 1 6 間に順方向バイアスの電圧を印加することで、電界発光層 8 1 5 に電流が供給され、電界発光層 8 1 5 を発光させることができる。図 4 (B) では、電極 8 1 4 は透光性を有しており、反射膜 8 1 2 と電極 8 1 6 とが反射材として機能する。よって、電界発光層 8 1 5 から発せられた光は、電極 8 1 4、8 1 6 によって共振され、レーザ光として電極 8 1 6 側から発振される。なお、基板 8 1 1 側に向かってレーザ光が発振されてもよい。

20

【 0 0 6 7 】

本実施例は、実施例 1 または 2 と組み合わせて実施することが可能である。

【実施例 4】

【 0 0 6 8 】

本実施例では、図 8 に示すレーザ発振器において、凸部を有する膜を形成する一形態について説明する。

【 0 0 6 9 】

図 8 は本実施例のレーザ発振器の断面図である。図 8 に示すように本実施例のレーザ発振器は、凹部 8 2 0 を有する基板 8 2 1 と、凹部 8 2 0 と重なるように基板 8 2 1 上に形成された発光素子 8 2 2 とを有する。基板 8 2 1 として、ガラス、石英、金属、バルク半導体またはプラスチックなどを用いることができる。

30

【 0 0 7 0 】

なお図 8 では、基板 8 2 1 上に直接発光素子 8 2 2 を形成している例を示しているが、本発明はこの構成に限定されない。基板 8 2 1 と発光素子 8 2 2 との間に、絶縁膜や光を反射するための膜（反射膜）などの他の膜が、1 つまたは複数形成されていても良い。また図 8 では凹部 8 2 0 を有する基板 8 2 1 を用いているが、平坦な基板上に基板とは異なる膜を用いて凹部を形成していても良い。

【 0 0 7 1 】

そして凹部 8 2 0 は曲面を有しており、該曲面の曲率中心は発光素子 8 2 2 側に存在している。

40

【 0 0 7 2 】

また発光素子 8 2 2 は、基板 8 2 1 上に形成された電極 8 2 3 と、電極 8 2 3 上に形成された電界発光層 8 2 4 と、電極 8 2 3 と重なるように電界発光層 8 2 4 上に形成された電極 8 2 5 とを有する。なお電極 8 2 3、8 2 5 は、一方が陽極であり他方は陰極である。図 8 では電極 8 2 3 を陽極、電極 8 2 5 を陰極とする例を示すが、電極 8 2 3 を陰極、電極 8 2 5 を陽極としても良い。電極 8 2 3、8 2 5 間に順方向バイアスの電圧を印加することで、電界発光層 8 2 4 に電流が供給され、電界発光層 8 2 4 を発光させることができる。

50

【0073】

また図8では、発光素子822を覆うように、凸部826を有する層（以下、凸部層とする）827が形成されている。凸部826は発光素子822と重なるように形成する。なお凸部層827は、単層で形成されていても良いし、複数の層で形成されていても良い。いずれにせよ、凸部層827は透光性を有する。

【0074】

そして図8に示すレーザ発振器は、図3に示したレーザ発振器と同様に、発光素子822が有する電極823、825によって光共振器が形成されている。電界発光層824から発せられた光は、電極823、825によって共振され、レーザ光として電極825側から発振される。

10

【0075】

なお電極823、825によって形成される光共振器は不安定共振器である。よって、発振されるレーザ光は安定共振器に比べて単一モードのレーザ光が得られやすくなり、指向性が高まると考えられる。そして本実施例では、凸部層827が有する凸部826においてレーザ光が屈折されるので、発散角を抑えることができ、よりレーザ光の指向性を高めることができる。なお、発散角を抑えるためには、凸部826に照射されるレーザ光の発散角に合わせて凸部826の焦点距離を光学設計すれば良い。

【0076】

なお図8では、発光素子が有する2つの電極を反射材として用いているが、本発明はこの構成に限定されない。発光素子の他に別途2つの反射材を設けていても良いし、発光素子が有する電極の一方を反射材として用い、別途反射材を1つ設けても良い。或いは、電界発光層に含まれる発光層以外の層、例えばホール注入層、ホール輸送層、電子注入層、電子輸送層等を反射材として用い、発光層において発生した光を反射させ、光共振器を形成しても良い。

20

【0077】

本実施例は、実施例1乃至3と適宜組み合わせる実施することが可能である。なお、本発明のレーザ発振器を表示装置として用いてもよい。レーザ発振器を設けた表示装置にはプロジェクターや、レーザ発振器をバックライトとして用いたLCD（Liquid Crystal Display）等が含まれる。特に、FS-LCDの場合には実施例2に示したR、G、Bの発光素子を用いてもよい。FS-LCD（Field Sequential LCD）の例として、US2003/0058210に開示された構造を用いてもよい。

30

【実施例5】

【0078】

本実施例では、凸部の作製方法の一例について説明する。

【0079】

まず、図9（A）に示すように、後に凸部が形成される基板1001上に、加熱により溶融させることができる樹脂1002を形成する。樹脂1002は、島状にパターニングしておく。基板1001には、ガラス、石英、金属、バルク半導体またはプラスチックなどを用いることができる。

【0080】

40

次に図9（B）に示すように、島状にパターニングされた樹脂1002を、その端部に曲面が形成されるように、加熱により溶融する。溶融することで形成された曲面を有する樹脂を1003に示す。

【0081】

そして図9（C）に示すように、樹脂1003をマスクとして、基板1001をドライエッチングする。ドライエッチングは、基板1001の材料に合わせて、最適なエッチングガスを用いる。例えば、基板1001としてガラスを用いる場合、エッチングガスとしてCF₄、CHF₃、Cl₂などのフッ素系、塩素系のエッチングガスを用いることができる。ドライエッチングにより、図9（C）に示すように樹脂1003も共にエッチングされる。よって最終的に図9（D）に示すように、曲面を有する樹脂1003の形状に合わ

50

せて、基板 1 0 0 1 に凸部 1 0 0 4 を形成することができる。

【 0 0 8 2 】

次に図 9 (E) に示すように、基板 1 0 0 1 の凸部 1 0 0 4 が形成されている側に、レーザ光を反射させることができる反射膜 1 0 0 5 を形成する。そして図 9 (E) に示す工程まで終了したら、反射膜 1 0 0 5 上に発光素子を形成する。

【 0 0 8 3 】

なお、本実施例では反射材として機能する反射膜 1 0 0 5 を形成しているが、後に形成される発光素子が有する電極を反射材として用いても良いし、基板 1 0 0 1 自体を反射材として用いても良い。

【 0 0 8 4 】

本実施例は、実施例 1 乃至 4 と適宜組み合わせることで実施することが可能である。

【実施例 6】

【 0 0 8 5 】

本実施例では、本発明のレーザ発振器を用いた電子機器の一形態について説明する。

【 0 0 8 6 】

図 1 1 (A) に、本発明のレーザ発振器を用いたレーザポインタの外観図を示す。1 2 0 1 はレーザポインタの本体に相当し、1 2 0 2 はレーザ発振器が納められたパッケージに相当する。本体 1 2 0 1 の内部には、パッケージ 1 2 0 2 に電力を供給するための電池等が設けられている。また 1 2 0 3 はパッケージ 1 2 0 2 への電源の投入を制御するためのスイッチに相当する。

【 0 0 8 7 】

図 1 1 (B) に、パッケージ 1 2 0 2 の拡大図を示す。パッケージ 1 2 0 2 は、レーザ光の不要輻射を遮蔽するための筐体 1 2 0 4 内に、本発明のレーザ発振器 1 2 0 5 が設けられている。筐体 1 2 0 4 の一部は、レーザ発振器 1 2 0 5 から発振されるレーザ光を取り出すための、透光性を有する窓 1 2 0 7 を有する。そしてレーザ発振器 1 2 0 5 は、リード 1 2 0 6 を介して本体 1 2 0 1 の内部に設けられている電池から、電力の供給を受けることができる。

【 0 0 8 8 】

図 1 1 (C) に、レーザ発振器 1 2 0 5 の拡大図を示す。レーザ発振器 1 2 0 5 は、凸部を有する基板 1 2 0 8 と、凸部と重なるように形成された発光素子 1 2 0 9 とを有する。発光素子 1 2 0 9 は、2 つの電極 1 2 1 0、1 2 1 1 と、電極 1 2 1 0、1 2 1 1 間に設けられた電界発光層 1 2 1 2 とを有する。電極 1 2 1 0、1 2 1 1 は、ワイヤ 1 2 1 4 によってリード 1 2 0 6 と電氣的に接続されている。また 1 2 1 3 は、電界発光層 1 2 1 2 を封止するための樹脂に相当し、電界発光層 1 2 1 2 が水や酸素などの影響を受けて劣化するのを防ぐことができる。

【 0 0 8 9 】

リード 1 2 0 6 を介して電極 1 2 1 0、1 2 1 1 間に順方向バイアスの電圧が印加されると、電界発光層 1 2 1 2 に電流が供給され、光が発生する。電界発光層 1 2 1 2 において発生した光が電極 1 2 1 0、1 2 1 1 間で共振し、電極 1 2 1 0 側からレーザ光が発振される。そして電極 1 2 1 0、1 2 1 1 によって形成される光共振器は不安定共振器であるので、単一のモードに近いレーザ光を得ることができる。そして、基板 1 2 0 8 の一部が光学系として機能するため、別途光学系を設ける場合とは異なり、電子機器の物理的な衝撃に対する耐性を高めることができる。

【 0 0 9 0 】

本実施例は、実施例 1 乃至 5 と適宜組み合わせることで実施することが可能である。

【実施例 7】

【 0 0 9 1 】

本実施例では、本発明のレーザ発振器に用いられる発光素子の構成について説明する。

【 0 0 9 2 】

図 1 2 に、本発明で用いる発光素子の、素子構造の一形態を示す。図 1 2 に示す発光素

10

20

30

40

50

子は、陽極 1301 と陰極 1302 の間に 2 つの電界発光層 1303、1304 を挟んだ構造を有している。さらに図 12 に示す発光素子は、2 つの電界発光層 1303、1304 の間に、外部回路と接続していないフローティング状の電極である、電荷発生層 1305 を有している。電界発光層 1303 は、陽極 1301 側から順次積層された、ホール注入層 1306、ホール輸送層 1307、発光層 1308、電子輸送層 1309、電子注入層 1310 を有している。また電界発光層 1304 は、電荷発生層 1305 側から順次積層された、ホール注入層 1315、ホール輸送層 1311、発光層 1312、電子輸送層 1313、電子注入層 1314 を有している。

【0093】

なお本発明のレーザ発振器に用いる発光素子は、各電界発光層に少なくとも発光層を含んでいれば良い。発光以外の機能を示す層（ホール注入層、ホール輸送層、電子輸送層、電子注入層）は適宜組み合わせることができる。上記各層に用いることのできる材料は、実施例 1 に記載されている材料を参照することができる。ただし、本発明に適用できる材料は、実施例 1 に記載されている材料に限定されるものではない。

【0094】

図 12 に示す発光素子の、陽極 1301 と陰極 1302 間に順方向バイアスの電圧を印加すると、電界発光層 1303 には電子が、電界発光層 1304 には正孔がそれぞれ注入され、各電界発光層 1303、1304 においてキャリアの再結合が起こり、発光が得られる。上記構成により、陽極 1301 と陰極 1302 間の距離が一定の場合、電界発光層が 1 つのときに比べて、同じ電流値に対して得られる発光のエネルギーが高くなる。よって、レーザ光の発振効率を高めることができる。

【0095】

電荷発生層 1305 は、光を透過させることができる材料で形成する。例えば、ITO、V2O5 とアリアルアミン誘導体の混合物、MoO3 とアリアルアミン誘導体の混合物、V2O5 と F4TCNQ（テトラフルオロテトラチアフルバレン）の混合物などを用いることができる。

【0096】

また陽極 1301 と陰極 1302 を反射材として用いる場合、一方の反射率はできるだけ大きく、他方の透過率は 5 ~ 70 % 程度になるように、材料または膜厚を選択する。また、反射材を別途形成する場合は、陽極 1301 または陰極 1302 において光を透過させる材料を選択する。また反射材の間隔は、共振させたい波長 λ の半分の整数倍にする。そして、反射材において反射する光と、新たに発せられる光の位相とが一致するように、発光素子の積層構造を設計する。

【0097】

本実施例は、実施例 1 乃至 6 と適宜組み合わせて実施することが可能である。

【実施例 8】

【0098】

本実施例では、凸部を有する反射材と、平面を有する反射材とを用いた場合の、本発明のレーザ発振器の構造について説明する。

【0099】

図 13 に、凸部を有する反射材 1500 と、平面を有する反射材 1501 と、光源 1502 との位置関係を示す。なお光源 1502 は誘導放出光を発生するレーザ媒質に相当し、具体的に本発明では電界発光層のうち、発光層などの光を発生させる層に相当する。また O は反射材 1500 が有する凸部の焦点に相当し、O' は反射材 1500 が有する凸部の曲率中心に相当する。f は焦点距離、r は曲率半径に相当し、焦点距離 f は、曲率半径 r の半分に相当する。反射材 1500 の凸部は、曲率中心 O' を反射材 1501 に対して反対側に有している。

【0100】

光源 1502 から発せられる誘導放出光は、反射材 1500、1501 間で共振することで、反射材 1501 からレーザ光が発振されると仮定する。そして反射材 1500 の凸

10

20

30

40

50

部の焦点距離を f 、レーザ光の発散角を θ 、反射材 1 5 0 1 におけるレーザ光のビーム径を W 、共振器長を L とすると、発散角 θ と、焦点距離 f と、共振器長 L の関係が、以下の数 2 に示す式で表される。

【 0 1 0 1 】

【数 2】

$$\tan \theta = \frac{W}{2(f + L)}$$

【 0 1 0 2 】

10

上記数 2 に示す式を用いることで、レーザ光の指向性を高めるように凸部の形状を光学設計することができる。

【図面の簡単な説明】

【 0 1 0 3 】

【図 1】本発明のレーザ発振器の断面図及び上面図。

【図 2】本発明のレーザ発振器の断面図。

【図 3】本発明のレーザ発振器の断面図。

【図 4】本発明のレーザ発振器の断面図。

【図 5】本発明のレーザ発振器に用いられる、発光素子の構造を示す図。

【図 6】本発明のレーザ発振器の作製過程における、上面図及び断面図。

20

【図 7】本発明のレーザ発振器の上面図及び断面図。

【図 8】本発明のレーザ発振器の断面図。

【図 9】凸部の作製方法の一実施例を示す図。

【図 10】凸部の作製方法の一実施例を示す図。

【図 11】本発明のレーザ発振器を用いたレーザポインタの構造を示す図。

【図 12】本発明のレーザ発振器に用いられる、発光素子の構造を示す図。

【図 13】発散角 θ と、焦点距離 f と、共振器長 L の関係を示す図。

【符号の説明】

【 0 1 0 4 】

1 0 0 凸部

30

1 0 1 基板

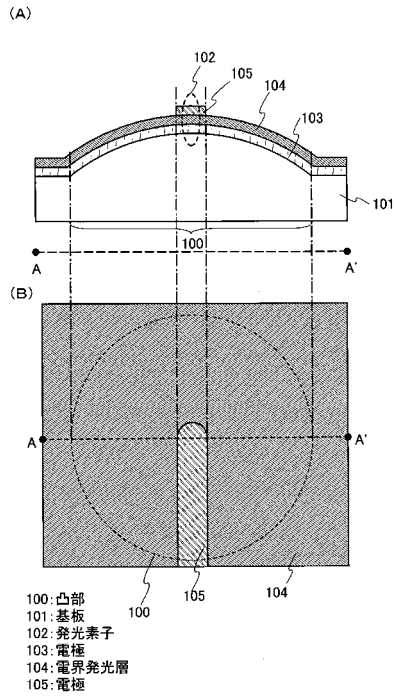
1 0 2 発光素子

1 0 3 電極

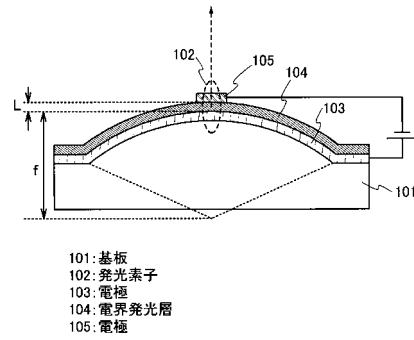
1 0 4 電界発光層

1 0 5 電極

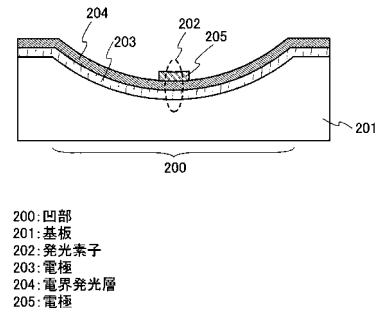
【図 1】



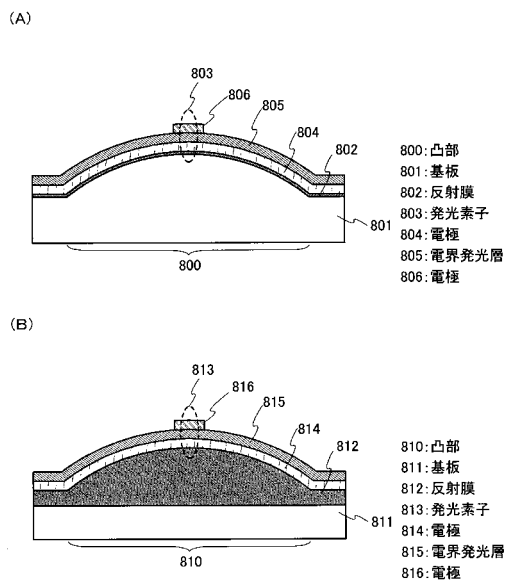
【図 2】



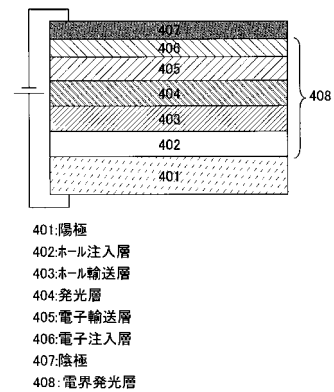
【図 3】



【図 4】

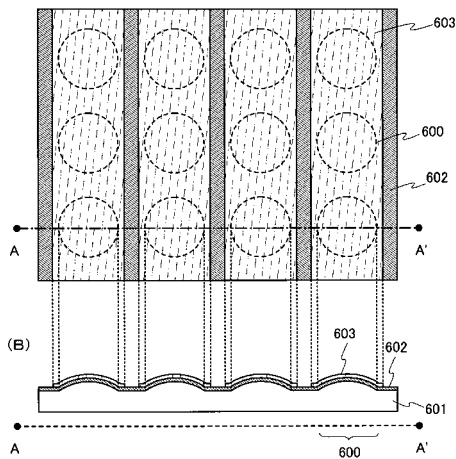


【図 5】



【図 6】

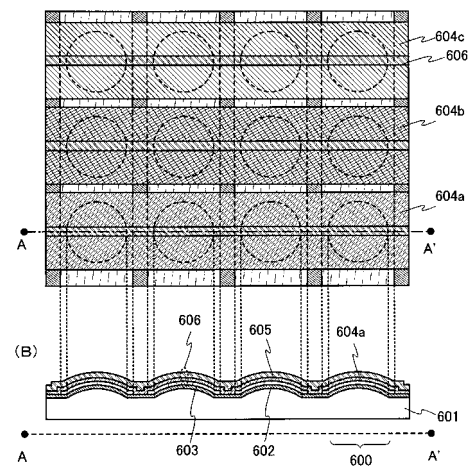
(A)



600: 凸部
601: 基板
602: 反射膜
603: 陽極

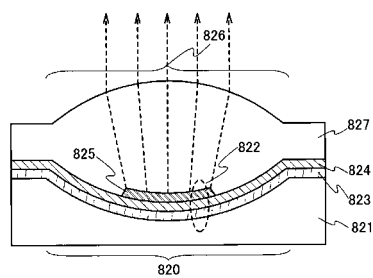
【図 7】

(A)



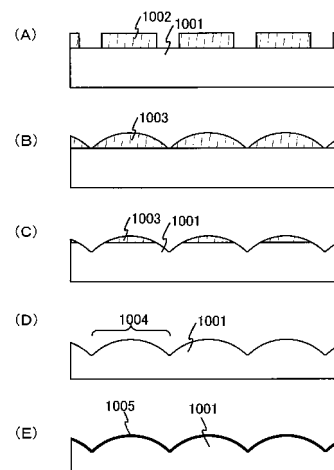
600: 凸部
601: 基板
602: 反射膜
603: 陽極
604a: 電界発光層
604b: 電界発光層
604c: 電界発光層
605: 陰極
606: 発光素子

【図 8】

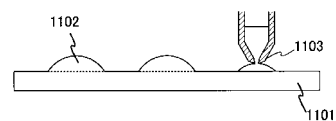


820: 凹部
821: 基板
822: 発光素子
823: 電極
824: 電界発光層
825: 電極
826: 凸部
827: 凸部層

【図 9】

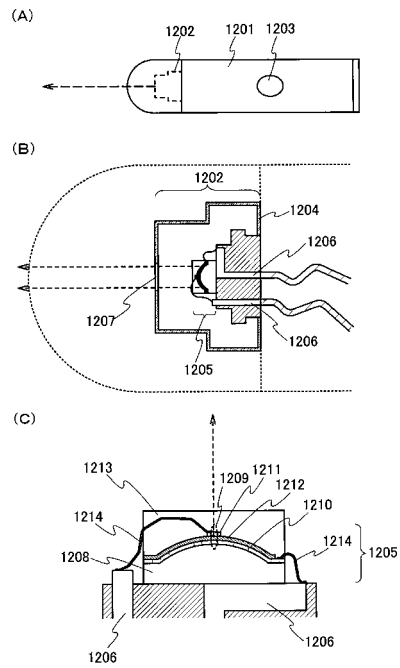


【図 10】

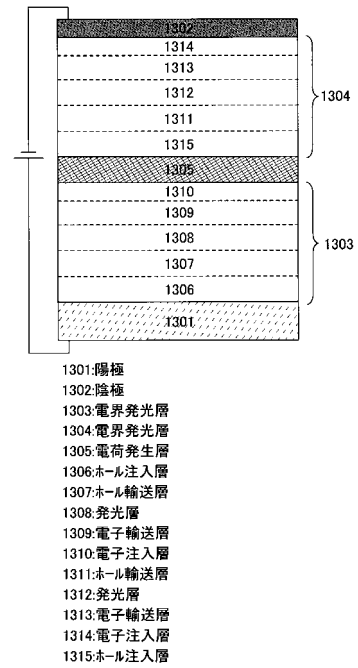


1101: 基板
1102: 凸部
1103: ノズル

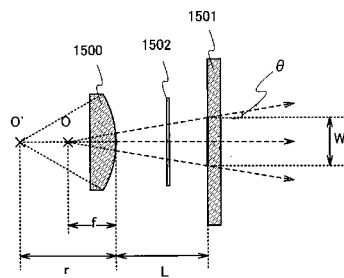
【図 1 1】



【図 1 2】



【図 1 3】



1500: 反射材
1501: 反射材
1502: 光源
O: 焦点
O': 曲率中心
f: 焦点距離
r: 曲率半径
 θ : 発散角
W: 反射材1501におけるビーム径

フロントページの続き

- (56)参考文献 特開平09-190883(JP,A)
国際公開第99/049358(WO,A1)
特開平02-213186(JP,A)
特開平05-055713(JP,A)
レーザーハンドブック, 株式会社オーム社, 昭和57年12月15日, pp.29-31,348-349
新版レーザーハンドブック, 株式会社朝倉書店, 1989年6月15日, pp.60-61
- (58)調査した分野(Int.Cl., DB名)
H01S 5/00-5/50