

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特 許 公 報(B2)

(11) 特許番号

特許第4058633号
(P4058633)

(45) 発行日 平成20年3月12日(2008.3.12)

(24) 登録日 平成19年12月28日(2007.12.28)

(51) Int.Cl. F I
 HO 1 S 5/183 (2006.01) HO 1 S 5/183
 HO 1 S 5/026 (2006.01) HO 1 S 5/026 6 1 2

請求項の数 13 (全 28 頁)

(21) 出願番号	特願2003-272890 (P2003-272890)	(73) 特許権者	000002369
(22) 出願日	平成15年7月10日(2003.7.10)		セイコーエプソン株式会社
(65) 公開番号	特開2005-33106 (P2005-33106A)		東京都新宿区西新宿2丁目4番1号
(43) 公開日	平成17年2月3日(2005.2.3)	(74) 代理人	100090387
審査請求日	平成16年4月13日(2004.4.13)		弁理士 布施 行夫
		(74) 代理人	100090398
			弁理士 大淵 美千栄
		(72) 発明者	金子 剛
			長野県諏訪市大和3丁目3番5号 セイコーエプソン株式会社内
		審査官	小林 謙仁

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 面発光型発光素子、光モジュール、光伝達装置

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項1】

半導体基板上に設けられ、該半導体基板と垂直に光を出射する発光素子部と、前記発光素子部上に設けられた光検出部と、前記光検出部を駆動させる第1電極および第2電極と、を含み、前記光検出部は、第2コンタクト層と、前記第2コンタクト層の上方に設けられた光吸収層と、前記光吸収層の上方に設けられた第1コンタクト層と、を含み、前記第1コンタクト層は、第1光通過部と、前記第1光通過部から部分的に突出する少なくとも1つの第1電極接続部と、を含み、前記第1電極は、前記第1コンタクト層のうち前記第1電極接続部上に設けられている、面発光型発光素子。

10

【請求項2】

請求項1において、前記第1電極は、前記第1光通過部の上面から排除されている、面発光型発光素子。

【請求項3】

請求項1または2において、前記光検出部の上面は前記光の出射面を含み、

20

前記出射面の面積は前記第 1 光通過部の上面の面積とほぼ等しい、面発光型発光素子。

【請求項 4】

請求項 3 において、

前記出射面は前記第 1 光通過部の上面である、面発光型発光素子。

【請求項 5】

請求項 1 ないし 4 のいずれかにおいて、

前記第 1 電極および前記第 2 電極は前記光検出部を取り囲んでいない、面発光型発光素子。

【請求項 6】

請求項 1 ないし 5 のいずれかにおいて、

前記第 2 コンタクト層は、

第 2 光通過部と、

前記第 2 光通過部から部分的に突出する少なくとも 1 つの第 2 電極接続部と、を含み、前記第 2 コンタクト層のうち前記第 2 電極接続部のみが、前記光検出部を駆動させるための第 2 電極とオーム性接触している、面発光型発光素子。

10

【請求項 7】

請求項 1 ないし 6 のいずれかにおいて、

前記発光素子部上にはさらに、前記発光素子部を駆動させるための第 3 電極の少なくとも一部が設けられ、

前記第 3 電極は、前記第 2 コンタクト層を部分的に取り囲むように設けられ、

前記第 1 光通過部は円柱状であり、

前記第 3 電極の内側面によって擬似円が構成され、

前記第 1 および第 2 電極は、前記第 3 電極によって部分的に取り囲まれた前記擬似円内の領域ならびに該領域の鉛直上方の領域内から排除されている、面発光型発光素子。

20

【請求項 8】

請求項 7 において、

前記擬似円の直径は、前記第 1 光通過部の断面の直径とほぼ等しい、面発光型発光素子。

【請求項 9】

請求項 1 ないし 8 のいずれかにおいて、

前記発光素子部は、面発光型半導体レーザとして機能する、面発光型発光素子。

30

【請求項 10】

請求項 1 ないし 9 のいずれかにおいて、

前記発光素子部および前記光検出部は、全体として p n p n 構造または n p n p 構造をなす、面発光型発光素子。

【請求項 11】

請求項 1 ないし 9 のいずれかにおいて、

前記発光素子部および前記光検出部は、全体として n p n 構造または p n p 構造をなす、面発光型発光素子。

【請求項 12】

請求項 1 ないし 11 のいずれかに記載の面発光型発光素子と、光導波路とを含む、光モジュール。

40

【請求項 13】

請求項 12 に記載の光モジュールを含む、光伝達装置。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、面発光型発光素子およびその製造方法、ならびに該面発光型発光素子を含む光モジュールおよび光伝達装置に関する。

【背景技術】

50

【 0 0 0 2 】

面発光型発光素子の一種である面発光型半導体レーザは、温度により光出力が変動する。このため、面発光型半導体レーザを用いた光モジュールには、光出力値をモニタするために、面発光型半導体レーザからの出射光の一部を検出する機能が設置される場合がある。例えば、面発光型半導体レーザを光検出用のフォトダイオード上に実装し、この面発光型半導体レーザからの出射光の一部をパッケージの光出射窓で反射させて得られた反射光を、前記フォトダイオードに入射させることにより、光強度をモニタする方法がある（例えば、特許文献1参照）。

【 0 0 0 3 】

この方法では、前記反射光は、面発光型半導体レーザとフォトダイオードとの間の実装精度や、パッケージの形状および大きさによって影響を受ける。このため、この方法によっては、面発光型半導体レーザからの出射光のみを正確に検出することが困難である。さらに、フォトダイオード上に面発光型半導体レーザを実装することや、面発光型半導体レーザからの出射光を反射させるためにパッケージの光出射窓を設ける必要があることから、モジュールの小型化が困難である。

【特許文献1】特開2000-323791号公報

【発明の開示】

【発明が解決しようとする課題】

【 0 0 0 4 】

本発明の目的は、面発光型発光素子の特性を維持し、かつ、出射光を正確に検出できる、面発光型発光素子を提供することにある。

【 0 0 0 5 】

また、本発明の目的は、前記面発光型発光素子を含む光モジュールおよび光伝達装置を提供することにある。

【課題を解決するための手段】

【 0 0 0 6 】

〔面発光型発光素子〕

本発明の面発光型発光素子は、半導体基板上に設けられ、該半導体基板と垂直に光を出射する発光素子部と、前記発光素子部に設けられた光検出部と、前記光検出部を駆動させる第1電極および第2電極と、を含み、前記光検出部は、第2コンタクト層と、前記第2コンタクト層の上方に設けられた光吸収層と、前記光吸収層の上方に設けられた第1コンタクト層と、を含み、前記第1コンタクト層は、第1光通過部と、前記第1光通過部から延出する少なくとも1つの第1電極接続部と、を含み、前記第1電極は、前記第1コンタクト層のうち前記第1電極接続部上に設けられている。

【 0 0 0 7 】

本発明の面発光型発光素子によれば、前記第1コンタクト層が前記第1光通過部と、該第1光通過部から延出する前記第1電極接続部を含み、前記第1電極が前記第1コンタクト層のうち前記第1電極接続部上に設けられていることにより、前記光吸収層を通過して前記第1光通過部に入射した光の大部分を、前記第1光通過部の上面から出射させることができる。これにより、出射光の出力を正確に検出することができる。

【 0 0 0 8 】

上記面発光型発光素子は、以下の態様(1)~(8)をとることができる。

【 0 0 0 9 】

(1) 前記第1電極を、前記第1光通過部の上面から排除することができる。

【 0 0 1 0 】

(2) 前記光検出部の上面は前記光の出射面を含み、前記出射面の面積を前記第 1 光通過部の上面の面積とほぼ等しくすることができる。

【 0 0 1 1 】

この場合、前記出射面は前記第 1 光通過部の上面であることができる。

【 0 0 1 2 】

(3) 前記第 1 電極および前記第 2 電極は前記光検出部を取り囲んでいないようにすることができる。

【 0 0 1 3 】

(4) 前記第 2 コンタクト層は、第 2 光通過部と、前記第 2 光通過部から延出する少なくとも 1 つの第 2 電極接続部と、を含み、前記第 2 コンタクト層のうち前記第 2 電極接続部のみが、前記光検出部を駆動させるための第 2 電極とオーム性接触できる。

10

【 0 0 1 4 】

(5) 前記発光素子部上にはさらに、前記発光素子部を駆動させるための第 3 電極の少なくとも一部が設けられ、前記第 3 電極は、前記第 2 コンタクト層を部分的に取り囲むように設けられ、前記第 1 および第 2 電極は、前記第 3 電極によって部分的に取り囲まれた領域ならびに該領域の鉛直上方の領域内から排除できる。

【 0 0 1 5 】

この場合、前記第 1 光通過部は円柱状であり、前記第 3 電極の内側面によって擬似円が構成され、前記擬似円の直径を、前記第 1 光通過部の断面の直径とほぼ等しくすることができる。

20

【 0 0 1 6 】

(6) 前記発光素子部は、面発光型半導体レーザとして機能することができる。

【 0 0 1 7 】

(7) 前記発光素子部および前記光検出部は、全体として p n p n 構造または n p n p 構造をなすことができる。

【 0 0 1 8 】

(8) 前記発光素子部および前記光検出部は、全体として n p n 構造または p n p 構造をなすことができる。

30

【 0 0 1 9 】

[光モジュールおよび光伝達装置]

本発明の光モジュールは、前記面発光型発光素子と、光導波路とを含む。また、本発明の光伝達装置は前記光モジュールを含む。

【 発明を実施するための最良の形態 】

【 0 0 2 0 】

以下、本発明の好適な実施の形態について、図面を参照しながら説明する。

【 0 0 2 1 】

[第 1 の実施の形態]

1 . 面発光型発光素子の構造

図 1 は、本発明を適用した第 1 の実施の形態に係る面発光型発光素子 1 0 0 を模式的に示す平面図および断面図である。図 1 においては、平面図と、この平面図の A - A 線および B - B 線それぞれに沿った断面図とが示されている。また、図 2 は、図 1 に示す第 1 コンタクト層 1 1 4 を拡大して模式的に示す平面図および断面図である。図 3 は、図 1 に示す第 2 コンタクト層 1 1 2 を拡大して模式的に示す平面図および断面図である。図 4 は、図 1 に示す第 1 電極 1 1 0、第 2 電極 1 1 1、第 3 電極 1 0 9 および第 4 電極 1 0 7 を拡大して模式的に示す平面図および断面図である。なお、図 2 および図 3 では、第 1 コンタクト層 1 1 4 および第 2 コンタクト層 1 1 2 のみをそれぞれ抜き出して記載している。

40

【 0 0 2 2 】

本実施の形態の面発光型発光素子 1 0 0 は、図 1 に示すように、発光素子部 1 4 0 と、発光素子部 1 4 0 上に設けられた光検出部 1 2 0 とを含む。本実施の形態においては、発

50

光素子部 140 が面発光型半導体レーザとして機能する場合を示す。

【0023】

この面発光型発光素子 100 においては、出射面 108 から半導体基板 101 と垂直方向にレーザ光を出射できる。この出射面 108 は、光検出部 120 の上面（後述する第 1 光通過部 114 a の上面 114 x）に設けられている。

【0024】

以下、発光素子部 140 および光検出部 120 それぞれについて説明する。

【0025】

（発光素子部）

発光素子部 140 は、半導体基板（本実施形態では n 型 GaAs 基板）101 上に設けられている。この発光素子部 140 は垂直共振器（以下「共振器」とする）からなり、柱状の半導体堆積体（以下「柱状部」とする）130 を含む。

10

【0026】

発光素子部 140 は、例えば、n 型 $Al_{0.9}Ga_{0.1}As$ 層と n 型 $Al_{0.15}Ga_{0.85}As$ 層とを交互に積層した 40 ペアの分布反射型多層膜ミラー（以下、「第 1 ミラー」という）102、GaAs ウェル層と $Al_{0.3}Ga_{0.7}As$ バリア層からなり、ウェル層が 3 層で構成される量子井戸構造を含む活性層 103、および p 型 $Al_{0.9}Ga_{0.1}As$ 層と p 型 $Al_{0.15}Ga_{0.85}As$ 層とを交互に積層した 25 ペアの分布反射型多層膜ミラー（以下、「第 2 ミラー」という）104 が順次積層されて構成されている。なお、第 1 ミラー 102、活性層 103、および第 2 ミラー 104 を構成する各層の組成および層数はこれに限定されるわけではない。

20

【0027】

第 2 ミラー 104 は、例えば C がドーピングされることにより p 型にされ、第 1 ミラー 102 は、例えば Si がドーピングされることにより n 型にされている。したがって、p 型の第 2 ミラー 104、不純物がドーピングされていない活性層 103、および n 型の第 1 ミラー 102 により、pin ダイオードが形成される。

【0028】

また、発光素子部 140 のうち面発光型発光素子 100 のレーザ光出射側から第 1 ミラー 102 の途中にかけての部分、レーザ光出射側から見て円形の形状にエッチングされて柱状部 130 が形成されている。なお、本実施の形態では、柱状部 130 の平面形状を円形としたが、この形状は任意の形状をとることができる。

30

【0029】

さらに、第 2 ミラー 104 を構成する層のうち活性層 103 に近い領域に、酸化アルミニウムからなる電流狭窄層 105 が形成されている。この電流狭窄層 105 はリング状に形成されている。すなわち、この電流狭窄層 105 は、図 1 に示す半導体基板 101 の表面 101 a と平行な面で切断した場合における断面が同心円状である形状を有する。

【0030】

また、本実施の形態に係る面発光型発光素子 100 においては、柱状部 130 の側面ならびに第 1 ミラー 102 の上面を覆うようにして、絶縁層（第 1 絶縁層 106 a）が形成されている。すなわち、柱状部 130 の側壁は第 1 絶縁層 106 a で取り囲まれている。第 1 絶縁層 106 a は例えばポリイミド樹脂、フッ素系樹脂、アクリル樹脂、またはエポキシ樹脂等であることができ、特に、加工の容易性や絶縁性の観点から、ポリイミド樹脂またはフッ素系樹脂であるのが望ましい。

40

【0031】

また、発光素子部 140 には第 3 電極 109 および第 4 電極 107 が設けられている。この第 3 電極 109 および第 4 電極 107 は、発光素子部 140 を駆動するために使用される。発光素子 140 上には、第 3 電極 109 の少なくとも一部が設けられている。具体的には、図 1 に示すように、この第 3 電極 109 は柱状部 130 および第 1 絶縁層 106 a 上に設けられている。この第 3 電極 109 は、図 1 に示すように、第 2 コンタクト層 112 を部分的に取り囲むように設けられている。すなわち、この第 3 電極 109 は第 2 コ

50

ンタクト層 112 を完全に取り囲んでいない。また、第 1 ミラー 102 の上面のうち第 1 絶縁層 106a が設けられていない領域上に第 4 電極 107 が設けられている。なお、本実施の形態では、第 4 電極 107 が第 1 ミラー 102 上に設けられている場合について示したが、第 4 電極 107 は半導体基板 101 の裏面 101b に設けてもよい。このことは、後述する第 2 および第 3 の実施の形態でも同様である。

【0032】

第 3 電極 109 は、例えば Pt、Ti および Au の積層膜からなる。また、第 4 電極 107 は、例えば Au と Ge の合金と Au との積層膜からなる。この第 3 電極 109 と第 4 電極 107 とによって活性層 103 に電流が注入される。なお、第 3 および第 4 電極 109, 107 を形成するための材料は、前述したものに限定されるわけではなく、例えば Au と Zn との合金などが利用可能である。

10

【0033】

(光検出部)

光検出部 120 は、第 2 コンタクト層 112 と、光吸収層 113 と、第 1 コンタクト層 114 とを含む。光吸収層 113 は第 2 コンタクト層 112 の上方に設けられ、第 1 コンタクト層 114 は光吸収層 113 の上方に設けられている。

【0034】

第 2 コンタクト層 112 は例えば n 型 GaAs 層からなり、光吸収層 113 は例えば不純物が導入されていない GaAs 層からなり、第 1 コンタクト層 114 は例えば p 型 GaAs 層からなることができる。また、第 2 コンタクト層 112 は、例えば C がドーピングされることにより p 型にされ、第 1 コンタクト層 114 は、例えば Si がドーピングされることにより n 型にされている。したがって、n 型の第 2 コンタクト層 112、不純物がドーピングされていない光吸収層 113、および p 型の第 1 コンタクト層 114 により、pin ダイオードが形成される。

20

【0035】

光検出部 120 には、第 1 電極 110 および第 2 電極 111 が設けられている。この第 1 電極 110 および第 2 電極 111 は光検出部 120 を駆動させるために使用される。この第 1 電極 110 および第 2 電極 111 は光検出部 120 を取り囲んでいない。本実施の形態の面発光型発光素子 100 においては、第 1 電極 110 は第 3 電極 109 と同じ材質にて形成することができ、第 2 電極 111 は第 4 電極 107 と同じ材質にて形成することが

30

【0036】

また、図 4 に示すように、第 1 電極 110 および第 2 電極 111 は領域 X 内から排除されている。すなわち、領域 X 内には、第 1 電極 110 および第 2 電極 111 は設けられていない。ここで、領域 X は、第 3 電極 109 によって部分的に取り囲まれた領域 X₁ と、領域 X₁ の鉛直上方の領域 X₂ とから構成される(図 4 参照)。なお、図 4 において、点で示した領域が領域 X である。

【0037】

第 1 コンタクト層 114 は、図 2 に示すように、第 1 光通過部 114a と、少なくとも 1 つの第 1 電極接続部 114b とを含む。第 1 電極接続部 114b は、第 1 光通過部 114a から延出している。また、図 1 に示すように、第 1 コンタクト層 114 のうち第 1 電極接続部 114b 上(第 1 電極接続部 114b の上面 114y 上)にのみ第 1 電極 110 が設けられている。すなわち、第 1 コンタクト層 114 のうち第 1 電極接続部 114b のみが、光検出部 120 を駆動させるための第 1 電極 110 とオーム性接触している。したがって、第 1 電極 110 は第 1 光通過部 114a の上面 114x から排除されている。

40

【0038】

図 1 に示すように、第 1 光通過部 114a は円柱状の形状を有する。また、図 4 に示すように、第 3 電極 109 は第 2 コンタクト層 112 の周囲を部分的に取り囲んでおり、第 3 電極 109 の内側面によって擬似円が構成されている。この擬似円の直径 d₂(図 4 参照)は、第 1 光通過部 114a の断面の直径 d₁(図 1 および図 2 参照)とほぼ等しい。

50

【0039】

第2コンタクト層112は、図3に示すように、第2光通過部112aと、少なくとも1つの第2電極接続部112bとを含む。第2電極接続部112bは、第2光通過部112aから延出している。この第2電極接続部112bは図1に示すように、第1コンタクト層114の第1電極接続部114bと平面的に重ならない位置に設けることが望ましい。

【0040】

また、第2コンタクト層112のうち第2電極接続部112b上(第2電極接続部112bの上面112y上)にのみ第2電極111が設けられている。すなわち、第2電極111は第2光通過部112aの上面112xから排除されている。また、第2コンタクト層112のうち第2電極接続部112bのみが、光検出部120を駆動させるための第2電極111とオーム性接触している。

10

【0041】

第2光通過部112aの断面は、発光素子部140(具体的には第2ミラー104の上面104a)から出射した光が光検出部120にできるだけ多く入射できるように、設置位置および面積を調整することが望ましい。より望ましくは、第2光通過部112aの断面の設置位置および面積を、第2ミラー104の上面104aから出射した光の大部分が第2光通過部112aに入射できるようにする。

【0042】

さらに、光検出部120の上面は光の出射面108を含む。具体的には、第1コンタクト層114のうち第1光通過部114aの上面114xが、出射面108である。この場合、図1に示すように、出射面108の面積は第1光通過部114aの上面114xの面積とほぼ等しい。

20

【0043】

また、図1に示すように、第1電極110は第1電極接続部114bおよび第2絶縁層106b上に形成され、第2絶縁層106bは第1絶縁層106a上に形成されている。図1に示すように、光検出部120のうち、第1コンタクト層114の第1電極接続部114aの側壁、光吸収層113の側壁の一部、および第2コンタクト層112の第2電極接続部112bの側壁が第2絶縁層106bと接している。

【0044】

第2絶縁層106bは例えば窒化シリコン、酸化シリコン、または酸化窒化シリコンからなることができる。この第1絶縁層106aおよび第2絶縁層106bから絶縁層106が構成される。

30

【0045】

なお、本実施の形態においては、絶縁層106が第1絶縁層106aおよび第2絶縁層106bからなる場合について示したが、絶縁層106は二層構造に限定されるわけではなく、例えば、同一の材質からなる1層をパターンングして形成されていてもよい。

【0046】

(全体の構成)

本実施の形態の面発光型発光素子100においては、発光素子部140のn型第1ミラー102およびp型第2ミラー104、ならびに光検出部120のn型第1コンタクト層114およびp型第2コンタクト層112から、全体としてpnpn構造が構成される。なお、上記各層において、p型とn型を入れ替えることにより、全体としてnpnp構造を構成することもできる。

40

【0047】

光検出部120は、発光素子部140で生じた光の出力をモニタする機能を有する。具体的には、光検出部120は、発光素子部140で生じた光を電流に変換する。この電流の値によって、発光素子部140で生じた光の出力が算定される。

【0048】

より具体的には、光検出部120において、発光素子部140により生じた光の一部が

50

光吸収層 113 にて吸収され、この吸収された光によって、光吸収層 113 において光励起が生じ、電子および正孔が生じる。そして、素子外部から印加された電界により、電子は第 2 電極 111 に、正孔は第 1 電極 110 にそれぞれ移動する。その結果、光検出部 120 において、第 2 コンタクト層 112 から第 1 コンタクト層 114 の方向に電流が生じる。

【0049】

また、発光素子部 140 の光出力は、主として発光素子部 140 に印加するバイアス電圧によって決定される。特に、発光素子部 140 が面発光型半導体レーザである場合、発光素子部 140 の光出力は、発光素子部 140 の周囲温度や発光素子部 140 の寿命によって大きく変化する。このため、発光素子部 140 の光出力を光検出部 120 でモニタし、光検出部 120 にて発生した電流の値に基づいて発光素子部 140 に印加する電圧値を調整することによって、発光素子部 140 内を流れる電流の値を調整することにより、発光素子部 140 において所定の光出力を維持することが必要である。発光素子部 140 の光出力を発光素子部 140 に印加する電圧値にフィードバックする制御は、外部電子回路（図示せず）を用いて実施することができる。

10

【0050】

なお、本実施の形態においては、面発光型発光素子 100 が面発光型半導体レーザである場合について説明したが、本発明は、面発光型半導体レーザ以外の発光素子にも適用可能である。なお、本発明を適用できる面発光型発光素子としては、例えば、半導体発光ダイオードなどが挙げられる。このことは、後述する第 2 および第 3 の実施の形態に係る面発光型発光素子でも同様に適用される。

20

【0051】

2. 面発光型発光素子の動作

本実施の形態の面発光型発光素子 100 の一般的な動作を以下に示す。なお、下記の面発光型半導体レーザの駆動方法は一例であり、本発明の趣旨を逸脱しない限り、種々の変更が可能である。

【0052】

まず、第 3 電極 109 と第 4 電極 107 とで、pin ダイオードに順方向の電圧を印加すると、活性層 103 において、電子と正孔との再結合が起こり、前記再結合による発光が生じる。そこで生じた光が第 2 ミラー 104 と第 1 ミラー 102 との間を往復する際に誘導放出が起こり、光の強度が増幅される。光利得が光損失を上まわると、レーザ発振が起こり、第 2 ミラー 104 の上面 104a からレーザ光が出射し、光検出部 120 の第 2 コンタクト層 112（第 2 光通過部 112b）へと入射する。

30

【0053】

次に、光検出部 120 において、第 2 コンタクト層 112（第 2 光通過部 112a）に入射した光は、次に光吸収層 113 に入射する。この入射光の一部が光吸収層 113 にて吸収される結果、光吸収層 113 において光励起が生じ、電子および正孔が生じる。そして、素子外部から印加された電界により、電子は第 2 電極 111 に、正孔は第 1 電極 110 にそれぞれ移動する。その結果、光検出部 120 において、第 2 コンタクト層 112 から第 1 コンタクト層 114 の方向に電流（光電流）が生じる。この電流の値を測定することにより、発光素子部 140 の光出力を検知することができる。

40

【0054】

3. 面発光型発光素子の製造方法

次に、本発明を適用した第 1 の実施の形態の面発光型発光素子 100 の製造方法の一例について、図 5 ~ 図 14 を用いて説明する。図 5 ~ 図 14 は、図 1 に示す面発光型発光素子 100 の一製造工程を模式的に示す平面図および断面図であり、それぞれ図 1 に示す平面図および断面図に対応している。

【0055】

(1) まず、n 型 GaAs からなる半導体基板 101 の表面に、組成を変調させながらエピタキシャル成長させることにより、図 5 に示すように、半導体多層膜 150 が形成さ

50

平面的に重ならない位置に形成される。その後、レジスト層 R 2 が除去される。これにより、第 2 コンタクト層 1 1 2 のうち第 2 電極接続部 1 1 2 b のみが露出するとともに、光検出部 1 2 0 が形成される。

【 0 0 6 3 】

(4) 次いで、パターニングにより柱状部 1 3 0 が形成される (図 8 参照) 。具体的には、まず、第 2 ミラー 1 0 4 上にフォトレジスト (図示せず) を塗布した後、フォトリソグラフィ法により該フォトレジストをパターニングすることにより、所定のパターンのレジスト層 R 3 が形成される (図 8 参照) 。

【 0 0 6 4 】

次いで、レジスト層 R 3 をマスクとして、例えばドライエッチング法により、第 2 ミラー 1 0 4 、活性層 1 0 3 、および第 1 ミラー 1 0 2 の一部をエッチングする。これにより、図 8 に示すように、柱状部 1 3 0 が形成される。以上の工程により、図 4 に示すように、半導体基板 1 0 1 上に、柱状部 1 3 0 を含む共振器 (発光素子部 1 4 0) が形成される。その後、レジスト層 R 3 が除去される。

【 0 0 6 5 】

なお、本実施の形態においては前述したように、光検出部 1 2 0 をまず形成した後に柱状部 1 3 0 を形成する場合について説明したが、柱状部 1 3 0 を形成した後に光検出部 1 2 0 を形成してもよい。

【 0 0 6 6 】

(5) 続いて、例えば 4 0 0 程度の水蒸気雰囲気中に、上記工程によって柱状部 1 3 0 が形成された半導体基板 1 0 1 を投入することにより、前述の第 2 ミラー 1 0 4 中の A 1 組成が高い層を側面から酸化して、電流狭窄層 1 0 5 が形成される (図 9 参照) 。

【 0 0 6 7 】

酸化レートは、炉の温度、水蒸気の供給量、酸化すべき層 (前記 A 1 組成が高い層) の A 1 組成および膜厚に依存する。酸化により形成される電流狭窄層を備えた面発光レーザーでは、駆動する際に、電流狭窄層が形成されていない部分 (酸化されていない部分) のみに電流が流れる。したがって、酸化によって電流狭窄層を形成する工程において、形成する電流狭窄層 1 0 5 の範囲を制御することにより、電流密度の制御が可能となる。

【 0 0 6 8 】

また、発光素子部 1 4 0 から出射する光の大部分が第 2 コンタクト層 1 1 2 (本実施の形態では第 2 コンタクト層 1 1 2 の第 2 光通過部 1 1 2 a) に入射するように、電流狭窄層 1 0 5 の径を調整することが望ましい。

【 0 0 6 9 】

(6) 次いで、柱状部 1 3 0 の側壁を覆う第 1 絶縁層 1 0 6 a が形成される (図 1 0 および図 1 1 参照) 。

【 0 0 7 0 】

まず、柱状部 1 3 0 の側壁が第 1 絶縁層 1 0 6 a で覆われるように、第 1 絶縁層 1 0 6 a が形成される。なお、ここでは、第 1 絶縁層 1 0 6 a を形成するための材料として、ポリイミド樹脂を用いた場合について説明する。

【 0 0 7 1 】

例えばスピンコート法を用いて、樹脂前駆体 (ポリイミド前駆体 ; 図示せず) を柱状部 1 3 0 の側壁に塗布した後イミド化させて、第 1 絶縁層 1 0 6 a を形成する。前記樹脂前駆体の塗布方法としては、前述したスピンコート法のほか、ディッピング法、スプレーコート法、インクジェット法等の公知技術を利用することができる。

【 0 0 7 2 】

次に、第 1 絶縁層 1 0 6 a 上にフォトレジスト (図示せず) を塗布した後、フォトリソグラフィ法により該フォトレジストをパターニングすることにより、所定のパターンのレジスト層 R 4 が形成される (図 1 0 参照) 。

【 0 0 7 3 】

次いで、レジスト層 R 4 をマスクとして、例えばドライエッチング法により、第 1 絶縁

10

20

30

40

50

4. 作用効果

本実施の形態の面発光型発光素子100は、以下に説明する作用効果1～3を有する。なお、以下の各作用効果1～3の説明の欄において、(A)にて、比較例である公知の面発光型発光素子の構造等を説明し、(B)にて、本実施の形態の面発光型発光素子100の構造および作用効果について説明する。

【0085】

(1) 作用効果1

(A) 公知の面発光型発光素子

図24は、公知の面発光型発光素子900を模式的に示す断面図および平面図である。この面発光型発光素子900は、半導体基板901上に設けられた発光素子部940と、発光素子部940上に設けられた光検出部920とを含む。発光素子部940は面発光型半導体レーザとして機能する。すなわち、発光素子部940において光(レーザ光)が生じる。光検出部920は前記光の一部を吸収し、吸収した光を光電流へと変換する。この光電流の値から、発光素子部940の光出力を検知することができる。

10

【0086】

発光素子部940は、n型の第1ミラー902、不純物がドーピングされていない活性層903、およびp型の第2ミラー904を含む。これらの層はn型の半導体基板901上に設けられている。第2ミラー904には電流狭窄層905が設けられている。また、半導体基板901のうち第1ミラー902の設置面と反対側の面には、第4電極907が設けられている。さらに、第2ミラー904上には、第3電極909が設けられている。また、第2コンタクト層912の上には第2電極911が設けられている。第3電極909および第2電極911はリング状の平面形状を有する。第3電極909および第4電極907は、活性層903に電流を注入するために設けられている。また、第1電極910および第2電極911は光検出部920を駆動させるために設けられている。

20

【0087】

光検出部920は発光素子部940上に設けられ、p型の第2コンタクト層912、不純物がドーピングされていない光吸収層913、およびn型の第1コンタクト層911を含む。また、第1コンタクト層914上には第1電極910が設けられている。第1電極910はリング状の平面形状を有する。光検出部920において、光吸収層913に吸収された光は光電流へと変換される。

30

【0088】

この面発光型発光素子900においては、光検出部920の上面に光の出射面908が設けられている。具体的には、リング状の第1電極910によって構成された開口部990の底面が出射面908である。また、この面発光型発光素子900の発光素子部940では、マルチモードのレーザ光が生じる場合について説明する。

【0089】

この面発光型発光素子900を駆動させた場合における、発光素子部940の駆動電流と、出射面908から出射する光の出力(光出力)および光検出部920で生じる光電流との関係を図25に示す。

【0090】

面発光型発光素子900を駆動させたときに、光出力が生じる点と光電流が生じる点がほぼ同じである場合、光検出部920で発生した光電流は、発光素子部940からの光出力を正確に検出しているといえる(図25の点線参照)。

40

【0091】

しかしながら、この面発光型発光素子900においては、図25に示すように、第3電極909と第4電極907との間に所定の電圧を印加すると、発光素子部940の駆動電流が増大していき、光出力が生じる前すなわち出射面908から光が出射する前に、光検出部920に光電流が生じる。すなわち、この場合、光検出部920で発生した光電流の値からは、発光素子部940からの光出力を正確に検出することができないといえる。

【0092】

50

このように、光電流の発生時期と光出力の発生時期との間にずれが生じる原因を以下に説明する。図26(a)は、図24に示す面発光型発光素子900の光検出部920の一部を拡大して模式的に示す断面図である。

【0093】

図26(a)には、光検出部920のうち、光吸収層913、第1コンタクト層914、および第1電極910が示されている。なお、図26(a)には、発光素子部940の活性層903で発生した後、光吸収層913に入射したレーザー光の強度分布を示す線が示されており、一点破線で示されているのはシングルモードの光の強度分布であり、実線で示されているのはマルチモードの光の強度分布である。一般に、面発光型半導体レーザーにて発生するレーザー光がシングルモードまたはマルチモードを有するかは、電流狭窄層の径の大きさに影響される。

10

【0094】

光吸収層913では、発光素子部940で生じたレーザー光の一部が吸収され、残りは光吸収層913を通過して第1コンタクト層914へと入射する。しかしながら、図26(a)に示すように、第1コンタクト層914の上には第1電極910が設けられている。このため、第1コンタクト層914のうち上部に第1電極910が存在する領域(図26(a)の点線より外側の領域)では、光吸収層913を通過して第1コンタクト層914に入射した光が、第1電極910と第1コンタクト層914との界面によって反射される。したがって、この領域では、光吸収層913を通過して第1コンタクト層914に入射した光が出射面908から出射するのが困難である。

20

【0095】

図25に示す駆動電流と光出力および光電流との関係は、この面発光型発光素子900の発光素子部940において、マルチモードのレーザー光が生じる場合である。したがって、図26(a)に示すように、まず、第1コンタクト層914のうち第1電極910の下に位置する領域に入射した光により光電流が発生するため、光出力が生じる前に光電流が発生すると考えられる。

【0096】

(B)本実施の形態の面発光型発光素子

これに対して、本実施の形態の面発光型発光素子100によれば、図26(b)に示すように、第1コンタクト層114が第1光通過部114aと、第1光通過部114aから延出する第1電極接続部114bを含み、第1コンタクト層114のうち第1電極接続部114b上のみ、第1電極110が設けられている。

30

【0097】

図26(b)は、図1に示す面発光型発光素子100の光検出部120の一部を拡大して模式的に示す断面図である。図26(b)に示すように、第1光通過部114a上には第1電極110が設けられていない。すなわち、第1電極110は、第1光通過部114aの上面114xから排除されている。この構成によれば、光吸収層113を通過して第1光通過部114aに入射した光の大部分を第1光通過部114aの上面114x(出射面108)から出射させることができる。光検出部120を流れる光電流と、出射面108から出射する光の出力との間に相関性が生じる。これにより、出射面108からの出射光の出力を正確に検出することができる。

40

【0098】

(2)作用効果2

(A)面発光型半導体レーザーは、駆動電流の大きさによって、発生するレーザー光の強度分布が変化する特性を有することが明らかになっている(IEEE Journal Of Quantum Electronics, Vol.38, No.2, February 2002)。面発光型半導体レーザーにて発生するレーザー光がシングルモードである場合(図26(a)で一点破線で示した波形参照)、発生するレーザー光の強度分布の変化が小さいため、駆動電流の変化に対して、発生するレーザー光の強度分布の変化は比較的少ない。このため、図24に示す面発光型発光素子900において、発生するレーザー光がシングルモードである場合、第1コンタクト層914に入射した全

50

光量に対する、出射面 908 から出射する光の割合は、駆動電流の変化によって著しく変化することはない。

【0099】

これに対して、面発光型半導体レーザにて発生するレーザ光がマルチモードである場合（図 26（a）で実線で示した波形参照）、発生するレーザ光の強度分布の変化が大きい
10

【0100】

したがって、面発光型発光素子 900 において、発生するレーザ光がマルチモードである場合、第 1 コンタクト層 914 に入射した全光量に対する、出射面 908 から出射する光の割合は、駆動電流の変化によって大きく変化する。このため、第 1 コンタクト層 914 に入射した全光量に対して、第 1 電極 910 によって反射され出射面 908 から出射できない光の割合も大きく変化する。

【0101】

すなわち、発生するレーザ光がマルチモードである場合、駆動電流の変化に対して、発生するレーザ光の強度分布が大きく変化するため、図 26（a）において、領域 A に存在する光と領域 B に存在する光との割合が大きく変化する。その結果、光検出部 920 で発生した光電流と、出射面 908 から出射する光の出力との間の相関性が小さくなる。これにより、光検出部 920 によって、発光素子部 940 の出射光の出力を正確にモニタすることが困難である。

【0102】

（B）これに対して、本実施の形態の面発光型発光素子 100 によれば、第 1 コンタクト層 114 のうち第 1 電極接続部 114b 上にのみ、第 1 電極 110 が設けられているため、光吸収層 113 を通過して第 1 光通過部 114a に入射した光の大部分を出射面 108 から出射させることができる。このため、発光素子部 140 で生じた光がマルチモードを有する場合であっても、光の強度分布の変化によって、出射面 108 から出射する光の割合が変化するのを防止することができる。その結果、光電流と光出力との相関性を維持することができる。

【0103】

なお、本実施の形態の面発光型発光素子 100 において、シングルモードの光を生じる場合およびマルチモードの光を生じる場合のいずれにおいても上記作用効果を奏することができるが、特にマルチモードの光を生じる場合には、上記課題を解決することができる。
30

【0104】

一般に、マルチモードの光を生じる面発光型半導体レーザは、マルチモード光ファイバに結合されることが多い。マルチモードの出射光とマルチモード光ファイバとの結合は、シングルモードの出射光とシングルモード光ファイバとの結合と比較して、位置合わせが容易である。このため、小型化および低価格化が必要な、比較的短距離の光通信に適している。

【0105】

（3）作用効果 3

（A）図 24 に示す面発光型発光素子 900 においては、第 3 電極 909 が発光素子部 940 上に設けられ、かつリング状の形状を有する。光検出部 920 は第 3 電極 909 の内側に設けられている。したがって、発光素子部 940 は光検出部 920 よりも直径が大きい。
40

【0106】

ところで、酸化によって電流狭窄層 905 を発光素子部 940 に形成する場合、発光素子部 940 の径が大きくなると、酸化によって発光素子部 940 内に電流狭窄層 905 を形成する場合、一般に、電流狭窄層の径を制御することが難しくなる。

【0107】

（B）これに対して、本実施の形態の面発光型発光素子 100 においては、第 3 電極 1
50

09は第2コンタクト層112を部分的に取り囲むように設けられ、第1電極110および第2電極111は、第3電極109によって部分的に取り囲まれた領域 X_1 ならびに領域 X_1 の鉛直上方の領域 X_2 内から排除されている(図4参照)。これにより、第3電極109の内側に光検出部120を形成する必要がない。このため、光検出部120の径の大きさと発光素子部140の径の大きさとの差を小さくすることができる。したがって、発光素子部140の径を小さくすることが可能であり、この場合、電流狭窄層105の径をより容易に制御することができる。

【0108】

[第2の実施の形態]

1. 面発光型発光素子の構造

図15は、本発明を適用した第2の実施の形態に係る面発光型発光素子200を模式的に示す断面図である。図16は、図15に示す第2コンタクト層212を拡大して模式的に示す平面図および断面図である。図17は、図15に示す第2コンタクト層212および第2電極211を拡大して模式的に示す平面図および断面図である。なお、本実施の形態においては、第1の実施の形態と同様に、面発光型発光素子として面発光型半導体レーザを用いた場合について説明する。

【0109】

本実施の形態に係る面発光型発光素子200は、第2コンタクト層212の第2電極接続部212bと、第2電極211とがそれぞれ複数設けられている点以外は、第1の実施の形態に係る面発光型発光素子100とほぼ同様の構造を有する。このため、第1の実施の形態に係る面発光型発光素子100と実質的に同じ構成要素には同一符号を付して、その詳細な説明を省略する。

【0110】

図15～図17に示すように、本実施の形態の面発光型発光素子100の光検出部220においては、第2コンタクト層212の第2電極接続部212bが複数設けられている。また、第2電極接続部212bの上には、それぞれ第2電極211が設けられている。さらに、第2電極211の一部は第3電極109上に設けられている。

【0111】

第2電極接続部212bおよび第2電極211はそれぞれ、第1の実施の形態の第1電極接続部112bおよび第2電極111と同じ材質からなることができる。各第2電極接続部212bは、図15に示すように、第1コンタクト層114の第1電極接続部114bとは平面的に重ならない位置に設けられている。

【0112】

2. 面発光型発光素子の動作

本実施の形態の面発光型発光素子200の動作は、第1の実施の形態の面発光型発光素子100と基本的に同様であるため、詳しい説明は省略する。

【0113】

3. 面発光型発光素子の製造方法

本実施の形態に係る面発光型発光素子200の製造方法では、第2コンタクト層212をパターニングする工程で、所定の平面形状を有するレジスト層R6をマスクとしてパターニングすることにより、複数の第2電極接続部212bを設けた後(図18参照)、各第2電極接続部212b上に第2電極211を設ける。上記の点以外は、前述した第1の実施形態に係る面発光型発光素子100の製造工程(図5～図14参照)と同様である。このため、詳しい説明は省略する。

【0114】

4. 作用効果

本実施の形態に係る面発光型発光素子200は、第1の実施の形態に係る面発光型発光素子100と実質的に同じ作用および効果を有する。さらに、本実施の形態に係る面発光型発光素子200においては、第2コンタクト層212の第2電極接続部212bおよび第2電極211が複数設けられているため、第2コンタクト層212によって効果的に均

10

20

30

40

50

一な電界を形成することができる。これにより、光検出部120をより高速に駆動させることができる。なお、本実施の形態の面発光型発光素子200の第2コンタクト層212および第2電極211を、後述する第3の実施の形態の面発光型発光素子に適用してもよい。

【0115】

[第3の実施の形態]

1. 面発光型発光素子の構造

図19は、本発明を適用した第3の実施の形態に係る面発光型発光素子300を模式的に示す断面図である。なお、本実施の形態においては、第1および第2の実施の形態と同様に、面発光型発光素子として面発光型半導体レーザを用いた場合について説明する。

10

【0116】

本実施の形態に係る面発光型発光素子300は、光検出部320において、p型GaAsからなる第2コンタクト層312と、n型GaAsからなる第1コンタクト層314とを含む点、第2コンタクト層312に第2電極接続部が設けられていない点、ならびに第3電極109が第2電極としても機能する点で、第1の実施の形態の面発光型発光素子100と異なる構成を有する。上記の点以外は、第1の実施の形態に係る面発光型発光素子100とほぼ同様の構成を有する。このため、第1の実施の形態に係る面発光型発光素子100と実質的に同じ構成要素には同一符号を付して、その詳細な説明を省略する。

【0117】

本実施の形態の面発光型発光素子300の光検出部320においては、p型GaAsからなる第2コンタクト層312と、不純物がドーピングされていない光吸収層113と、n型GaAsからなる第1コンタクト層314とが順に積層されている。この光検出部320では、第2コンタクト層312、光吸収層113、および第1コンタクト層314は同じ平面形状を有する。また、発光素子部140の第3電極109が、光検出部320を駆動させるための第2電極としても機能する。すなわち、発光素子部140および光検出部320が第3電極109を共有している。

20

【0118】

また、発光素子部140においては、n型の第1ミラー102、活性層103、およびp型の第2ミラー104が順に積層されている。また、p型の第2ミラー104の上には、光検出部320のp型の第2コンタクト層312が設けられている。したがって、発光素子部140および光検出部320は、n型の第1ミラー102、p型の第2ミラー104、p型第2コンタクト層312、およびn型第1コンタクト層314により、全体としてnpn構造をなしている。この場合、各層のn型とp型とを入れ替えることにより、全体としてpnp構造を有する面発光型発光素子を形成することもできる。

30

【0119】

2. 面発光型発光素子の動作

本実施の形態の面発光型発光素子300においては、光検出部320において、ダイオードの積層構造が第1の実施の形態の面発光型発光素子100と逆である。このため、本実施の形態の面発光型発光素子300の動作は、第1の実施の形態の面発光型発光素子100の動作と比較して、光検出部320において、光吸収層113にて光が吸収されることにより生じた電荷が移動する方向と、光電流が流れる方向とが反対である。上記の点以外の動作は、第1の実施の形態の面発光型発光素子100と基本的に同様であるため、詳しい説明は省略する。

40

【0120】

3. 面発光型発光素子の製造方法

本実施の形態に係る面発光型発光素子300の製造工程では、図20に示すように、第1コンタクト層114および光吸収層113をパターニングした後に、第2コンタクト層312を別途パターニングする工程を省略できる。また、第3電極109が第2電極の機能を兼ねるため、電極形成時に第2電極を形成する必要がない。上記の点以外は、前述した第1の実施形態に係る面発光型発光素子100の製造工程(図5~図14参照)と同様

50

である。このため、詳しい説明は省略する。

【 0 1 2 1 】

4 . 作用効果

本実施の形態に係る面発光型発光素子 3 0 0 およびその製造方法は、第 1 の実施の形態に係る面発光型発光素子 1 0 0 およびその製造方法と実質的に同じ作用および効果を有する。

【 0 1 2 2 】

さらに、本実施の形態に係る面発光型発光素子 3 0 0 によれば、第 2 コンタクト層 3 1 2 を別途パターンニングする工程が不要であるため、より短工程にて面発光型発光素子 3 0 0 を製造することができる。加えて、本実施の形態に係る面発光型発光素子 3 0 0 によれば、発光素子部 1 4 0 および光検出部 3 2 0 が第 3 電極 1 0 9 を共有しているため、光検出部 3 2 0 を駆動させるための第 2 電極を別途形成する必要がない。これにより、製造工程の短縮化を図ることができる。

10

【 0 1 2 3 】

[第 4 の実施の形態]

図 2 1 は、本発明を適用した第 4 の実施の形態の光モジュールを模式的に示す図である。この光モジュールは、第 1 の実施の形態の面発光型発光素子 1 0 0 (図 1 参照) と、半導体チップ 2 0 と、光ファイバ 3 0 とを含む。なお、本実施の形態の光モジュールにおいて、第 1 の実施の形態の面発光型発光素子 1 0 0 のかわりに、第 2 の実施の形態の面発光型発光素子 2 0 0 または第 3 の実施の形態の面発光型発光素子 3 0 0 を用いた場合でも、同様の作用および効果を奏することができる。このことは、後述する第 5 および第 6 の実施形態においても同様である。

20

【 0 1 2 4 】

1 . 光モジュールの構造

面発光型発光素子 1 0 0 は、光ファイバ 3 0 の端面 3 0 a から出射される光を吸収する。この面発光型発光素子 1 0 0 は、光ファイバ 3 0 の端面 3 0 a との相対的な位置が固定された状態となっている。具体的には、面発光型発光素子 1 0 0 の出射面 1 0 8 が光ファイバ 3 0 の端面 3 0 a と対向している。

【 0 1 2 5 】

半導体チップ 2 0 は、面発光型発光素子 1 0 0 を駆動するために設置されている。すなわち、半導体チップ 2 0 には、面発光型発光素子 1 0 0 を駆動するための回路が内蔵されている。半導体チップ 2 0 には、内部の回路に電氣的に接続された複数の電極 (またはパッド) 2 2 が形成されている。電極 2 2 が形成された面に、少なくとも一つの電極 2 2 と電氣的に接続した配線パターン 2 4 , 6 4 が形成されることが好ましい。

30

【 0 1 2 6 】

半導体チップ 2 0 と面発光型発光素子 1 0 0 とは電氣的に接続されている。例えば、配線パターン 1 4 と、半導体チップ 2 0 上に形成された配線パターン 2 4 とがハンダ 2 6 を介して電氣的に接続されている。この配線パターン 1 4 は、面発光型発光素子 1 0 0 の第 3 電極 1 0 9 (図 2 1 では図示せず) と電氣的に接続されている。また、配線パターン 3 4 と、半導体チップ 2 0 上に形成された配線パターン 6 4 とがハンダ 2 6 を介して電氣的に接続されている。この配線パターン 3 4 は、面発光型発光素子 1 0 0 の第 4 電極 1 0 7 (図 2 1 では図示せず) と電氣的に接続されている。

40

【 0 1 2 7 】

面発光型発光素子 1 0 0 は、半導体チップ 2 0 に対してフェースダウン実装させることができる。こうすることで、ハンダ 2 6 によって、電氣的な接続を行えるのみならず、面発光型発光素子 1 0 0 と半導体チップ 2 0 とを固定することができる。なお、配線パターン 1 4 と配線パターン 2 4 との接続、ならびに配線パターン 3 4 と配線パターン 6 4 との接続には、ワイヤを使用したり、導電ペーストを用いてもよい。

【 0 1 2 8 】

面発光型発光素子 1 0 0 と半導体チップ 2 0 との間に、アンダーフィル材 4 0 を設けて

50

もよい。アンダーフィル材 40 が面発光型発光素子 100 の出射面 108 を覆うときには、アンダーフィル材 40 は透明であることが好ましい。アンダーフィル材 40 は、面発光型発光素子 100 と半導体チップ 20 との電気的な接続部分を覆って保護するとともに、面発光型発光素子 100 および半導体チップ 20 の表面も保護する。さらに、アンダーフィル材 40 は、面発光型発光素子 100 および半導体チップ 20 の接合状態を保持する。

【0129】

半導体チップ 20 には、穴（例えば貫通穴）28 が形成されていてもよい。穴 28 には光ファイバ 30 が挿入される。穴 28 は、内部の回路を避けて、電極 22 が形成された面からその反対側の面に至るまで形成されている。穴 28 の少なくとも一方の開口端部には、テーパ 29 が形成されていることが好ましい。テーパ 29 を形成することで、穴 28 に光ファイバ 30 を挿入しやすくなる。

10

【0130】

半導体チップ 20 は、基板 42 に取り付けられていてもよい。詳しくは、半導体チップ 20 は、接着剤 44 を介して基板 42 に貼り付けられていてもよい。基板 42 には、穴 46 が形成されている。穴 46 は、半導体チップ 20 の穴 28 と連通する位置に形成されている。半導体チップ 20 と基板 42 とを接着する接着剤 44 は、2つの穴 28、46 の連通を妨げないように、これらを塞がないように設けられる。基板 42 の穴 46 は、半導体チップ 20 とは反対側の方向に内径が大きくなるように、テーパが付された形状になっている。これにより、光ファイバ 30 を挿入しやすくなっている。

【0131】

20

基板 42 は、樹脂、ガラスまたはセラミックなどの絶縁性を有する材料から形成されてもよいが、金属などの導電性を有する材料から形成されてもよい。基板 42 が導電性の材料からなるときには、少なくとも半導体チップ 20 が取り付けられる面に絶縁膜 43 を形成することが好ましい。なお、以下の実施の形態でも、基板 42 として同様の材料を用いることができる。

【0132】

また、基板 42 は、高い熱伝導性を有することが好ましい。これによれば、基板 42 が、面発光型発光素子 100 および半導体チップ 20 の少なくとも一方の熱の発散を促進する。この場合、基板 42 はヒートシンクまたはヒートスプレッドである。本実施の形態では、半導体チップ 20 が基板 42 に接着されているので、直接的には半導体チップ 20 を冷却することができる。なお、半導体チップ 20 と基板 42 とを接着する接着剤 44 は、熱伝導性を有することが好ましい。さらに、半導体チップ 20 が冷却されるので、半導体チップ 20 に接合された面発光型発光素子 100 も冷却される。

30

【0133】

基板 42 には、配線パターン 48 が設けられている。また、基板 42 には、外部端子 50 が設けられている。本実施の形態では、外部端子 50 はリードである。基板 42 に形成された配線パターン 48 は、例えばワイヤ 52 を介して、半導体チップ 20 の電極 22、ならびに半導体チップ 20 上に形成された配線パターン 24、64 のうち少なくとも一つと電気的に接続される。また、配線パターン 48 は、外部端子 50 と電気的に接続されてもよい。

40

【0134】

光ファイバ 30 は、半導体チップ 20 の穴 28 に挿入されている。また、光ファイバ 30 は、基板 42 の穴 46 にも挿通されている。穴 46 は、半導体チップ 20 の穴 28 に向けて徐々に内径が小さくなっており、半導体チップ 20 とは反対側の面では、穴 46 の開口の内径は、光ファイバ 30 よりも大きくなっている。光ファイバ 30 と穴 46 の内面との間の隙間は、樹脂などの充填材 54 で埋めることが好ましい。充填材 54 は、光ファイバ 30 を固定して抜け止めを図る機能も有する。

【0135】

この光ファイバ 30 はシングルモードファイバであってもよいし、マルチモードファイバであってもよい。面発光型発光素子 100 がマルチモードの光を出射する場合、光ファ

50

イバ30としてマルチモードファイバを使用することにより、面発光型発光素子100からの出射光を光ファイバ30に確実に導入することができる。

【0136】

また、本実施の形態の光モジュールにおいては、面発光型発光素子100および半導体チップ20が樹脂56で封止されている。樹脂56は、面発光型発光素子100と半導体チップ20との電気的な接続部分や、半導体チップ20と基板42に形成された配線パターン48との電気的な接続部分も封止する。

【0137】

[第5の実施の形態]

図22は、本発明を適用した第5の実施の形態の光伝達装置を示す図である。光伝達装置90は、コンピュータ、ディスプレイ、記憶装置、プリンタ等の電子機器92を相互に接続するものである。電子機器92は、情報通信機器であってもよい。光伝達装置90は、ケーブル94の両端にプラグ96が設けられたものであってもよい。ケーブル94は、光ファイバ30(図21参照)を含む。プラグ96は、面発光型発光素子100および半導体チップ20を内蔵する。なお、光ファイバ30はケーブル94に内蔵され、面発光型発光素子100および半導体チップ20はプラグ96に内蔵されているため、図22には図示されていない。光ファイバ30と面発光型発光素子100との取り付け状態は、第4の実施の形態にて説明した通りである。

10

【0138】

光ファイバ30の一方の端部には、第1の実施の形態の面発光型発光素子100が設けられており、光ファイバ30の他方の端部には、受光素子(図示せず)が設けられている。この受光素子は入力された光信号を電気信号に変換した後、この電気信号を一方の電子機器92に入力する。一方、電子機器92から出力された電気信号は、面発光型発光素子100によって光信号に変換される。この光信号は光ファイバ30を伝わり、受光素子に入力される。

20

【0139】

以上説明したように、本実施の形態の光伝達装置90によれば、光信号によって、電子機器92間の情報伝達を行うことができる。

【0140】

[第6の実施の形態]

図23は、本発明を適用した第6の実施の形態の光伝達装置の使用形態を示す図である。光伝達装置90は、電子機器80間に接続されている。電子機器80として、液晶表示モニタまたはデジタル対応のCRT(金融、通信販売、医療、教育の分野で使用されることがある。)、液晶プロジェクタ、プラズマディスプレイパネル(PDP)、デジタルTV、小売店のレジ(POS(Point of Sale Scanning)用)、ビデオ、チューナー、ゲーム装置、プリンタ等が挙げられる。

30

【0141】

本発明は、上述した実施の形態に限定されるものではなく、種々の変形が可能である。例えば、本発明は、実施の形態で説明した構成と実質的に同一の構成(例えば、機能、方法および結果が同一の構成、あるいは目的および結果が同一の構成)を含む。また、本発明は、実施の形態で説明した構成の本質的でない部分を置き換えた構成を含む。また、本発明は、実施の形態で説明した構成と同一の作用効果を奏する構成又は同一の目的を達成することができる構成を含む。また、本発明は、実施の形態で説明した構成に公知技術を付加した構成を含む。

40

【0142】

例えば、上記実施の形態では、柱状部を一つ有する面発光型発光素子について説明したが、基板面内で柱状部が複数個設けられていても本発明の形態は損なわれない。また、複数の面発光型発光素子がアレイ化されている場合でも、同様の作用および効果を有する。

【0143】

また、例えば、上記実施の形態において、各半導体層におけるp型とn型とを入れ替え

50

ても本発明の趣旨を逸脱するものではない。上記実施の形態では、AlGaAs系のものについて説明したが、発振波長に応じてその他の材料系、例えば、GaInP系、ZnSSe系、InGaN系、AlGaN系、InGaAs系、GaInNAs系、GaAsSb系の半導体材料を用いることも可能である。

【図面の簡単な説明】

【0144】

【図1】本発明の第1の実施の形態の面発光型発光素子を模式的に示す平面図および断面図である。

【図2】図1に示す第2コンタクト層を拡大して模式的に示す平面図および断面図である。

10

【図3】図1に示す第1コンタクト層を拡大して模式的に示す平面図および断面図である。

【図4】図1に示す第1～第4電極を拡大して模式的に示す平面図および断面図である。

【図5】図1に示す面発光型発光素子の一製造工程を模式的に示す平面図および断面図である。

【図6】図1に示す面発光型発光素子の一製造工程を模式的に示す平面図および断面図である。

【図7】図1に示す面発光型発光素子の一製造工程を模式的に示す平面図および断面図である。

【図8】図1に示す面発光型発光素子の一製造工程を模式的に示す平面図および断面図である。

20

【図9】図1に示す面発光型発光素子の一製造工程を模式的に示す平面図および断面図である。

【図10】図1に示す面発光型発光素子の一製造工程を模式的に示す平面図および断面図である。

【図11】図1に示す面発光型発光素子の一製造工程を模式的に示す平面図および断面図である。

【図12】図1に示す面発光型発光素子の一製造工程を模式的に示す平面図および断面図である。

【図13】図1に示す面発光型発光素子の一製造工程を模式的に示す平面図および断面図である。

30

【図14】図1に示す面発光型発光素子の一製造工程を模式的に示す平面図および断面図である。

【図15】本発明の第2の実施の形態の面発光型発光素子を模式的に示す平面図および断面図である。

【図16】図15に示す第2コンタクト層を拡大して模式的に示す平面図および断面図である。

【図17】図15に示す第2コンタクト層および第2電極を拡大して模式的に示す平面図および断面図である。

【図18】図15に示す面発光型発光素子の一製造工程を模式的に示す平面図および断面図である。

40

【図19】本発明の第3の実施の形態の面発光型発光素子を模式的に示す平面図および断面図である。

【図20】図19に示す面発光型発光素子の一製造工程を模式的に示す平面図および断面図である。

【図21】本発明の第4の実施の形態に係る光モジュールを模式的に示す断面図である。

【図22】本発明の第5の実施の形態に係る光伝達装置を模式的に示す図である。

【図23】本発明の第6の実施の形態に係る光伝達装置の使用形態を模式的に示す図である。

【図24】公知の面発光型発光素子を模式的に示す断面図および平面図である。

50

【図25】図24に示す公知の面発光型発光素子を駆動させた際の駆動電流と光出力および光電流との関係を模式的に示す図である。

【図26】図26(a)は、図24に示す公知の面発光型発光素子の動作を模式的に示す断面図であり、図26(b)は図1に示す面発光型発光素子の動作を模式的に示す平面図である。

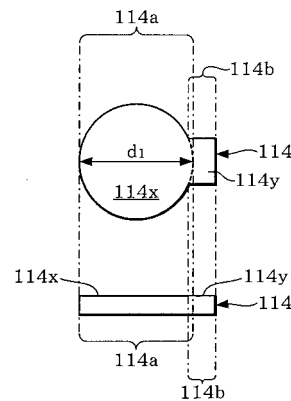
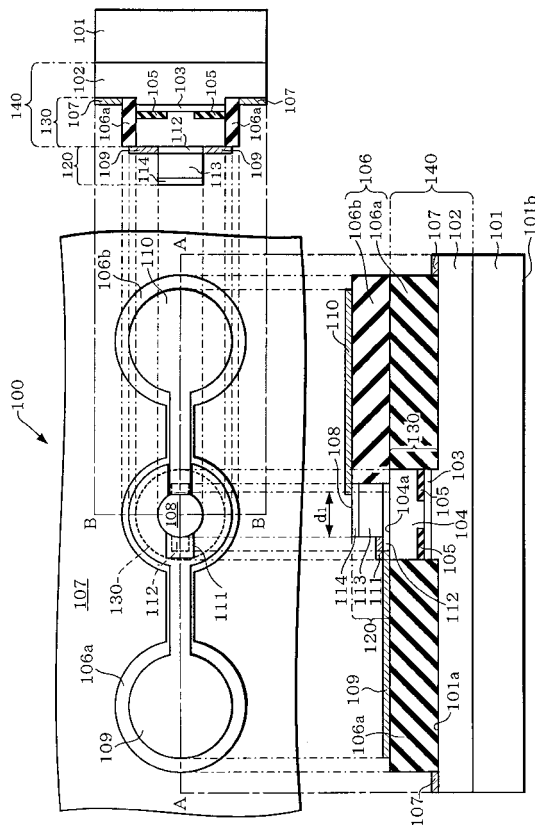
【符号の説明】

【0145】

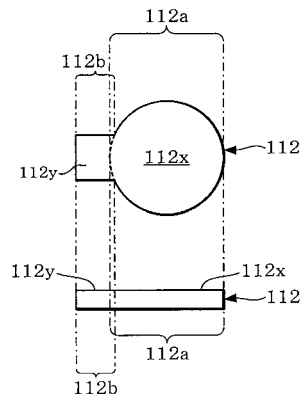
- 14, 24, 34, 64, 48 配線パターン、 20 半導体チップ、
- 22 電極、 26 ハンダ、 28, 46 穴、 29 テーパ、 30 光ファイバ、
- 30a 光ファイバの端面、 40 アンダーフィル材、 42 基板、 43 絶縁膜、 44 接着剤、 50 外部端子、 52 ワイヤ、 54 充填材、 56 樹脂、 80, 92 電子機器、 90 光伝達装置、 94 ケーブル、 96 プラグ、 100, 200, 300 面発光型発光素子、 101 半導体基板、 101a 半導体基板101の表面、 101b 半導体基板101の裏面、 102 第1ミラー、 103 活性層、 104 第2ミラー、 104a 第2ミラー104の上面、 105 電流狭窄層、 106 絶縁層、 106a 第1絶縁層、 106b 第2絶縁層、 107 第4電極、 108 出射面、 109 第3電極、 110 第1電極、 111, 211 第2電極、 112, 212, 312 第2コンタクト層、 112a, 212a 第2光通過部、 112b, 212b 第2電極接続部、 112x 第2光通過部112aの上面、 112y 第2電極接続部112bの上面、 113 光吸収層、 114, 314 第1コンタクト層、 114a 第1光通過部、 114b 第1電極接続部、 114x 第1光通過部114aの上面、 114y 第1電極接続部114bの上面、 120, 220, 320 光検出部、 130 柱状部、 140 発光素子部、 150 半導体多層膜、 R1, R2, R3, R4, R5, R6, R7 レジスト層、 X, X1, X2 領域

【図1】

【図2】



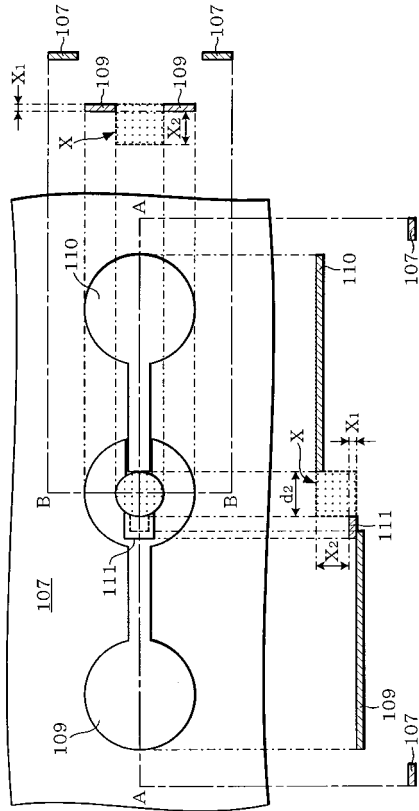
【図3】



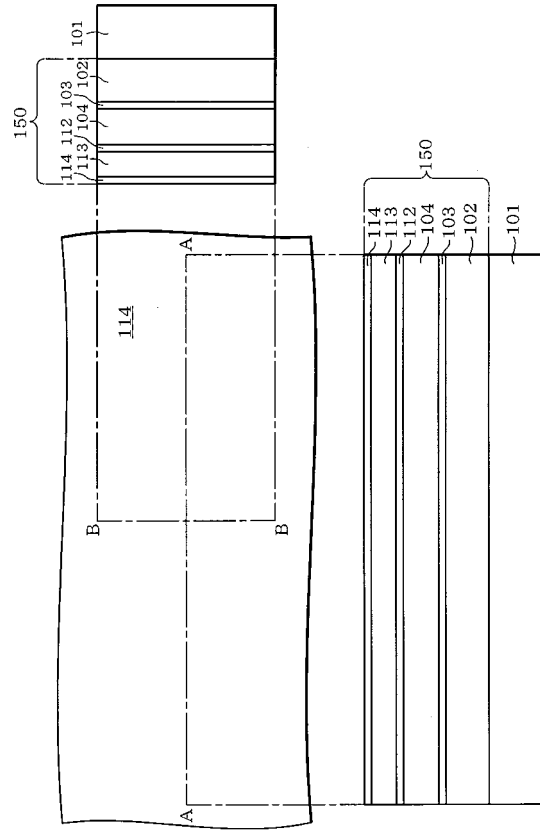
10

20

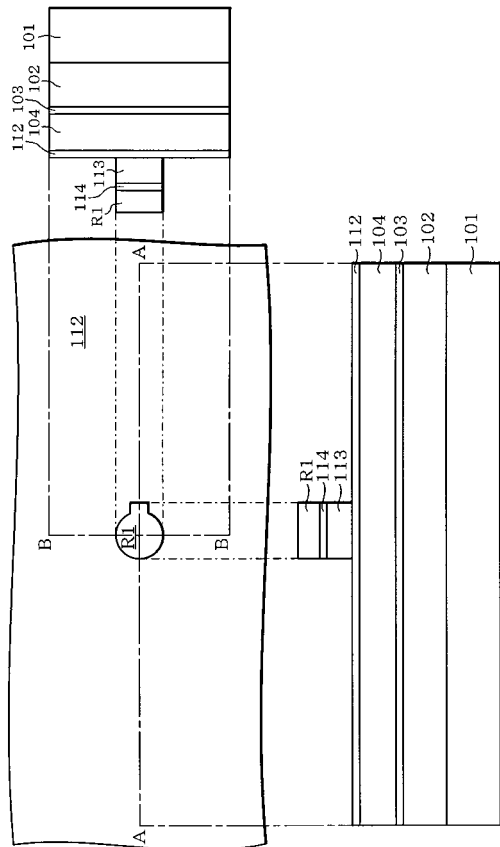
【 図 4 】



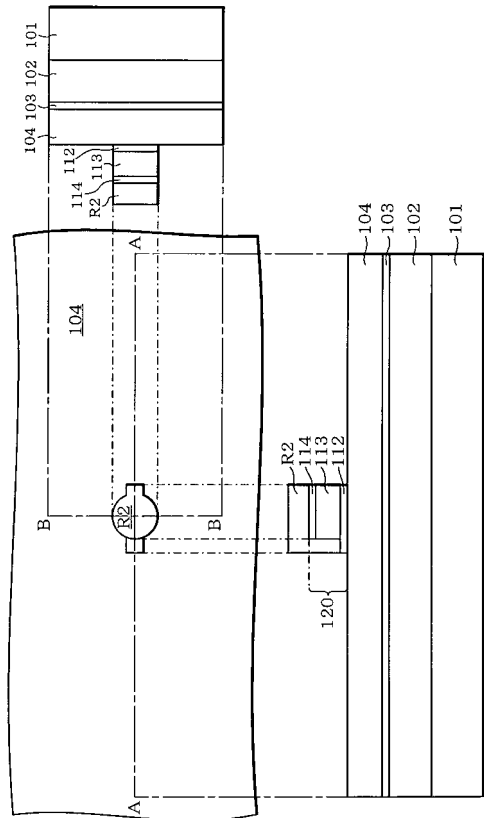
【 図 5 】



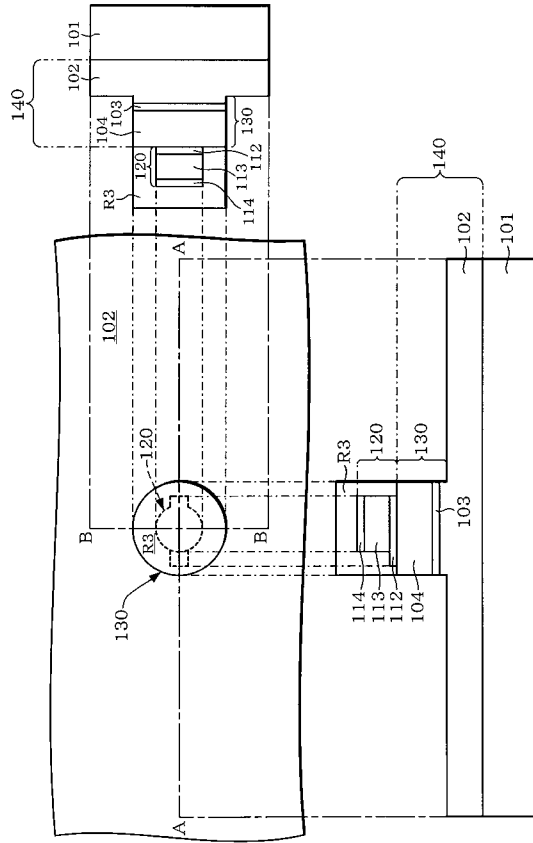
【 図 6 】



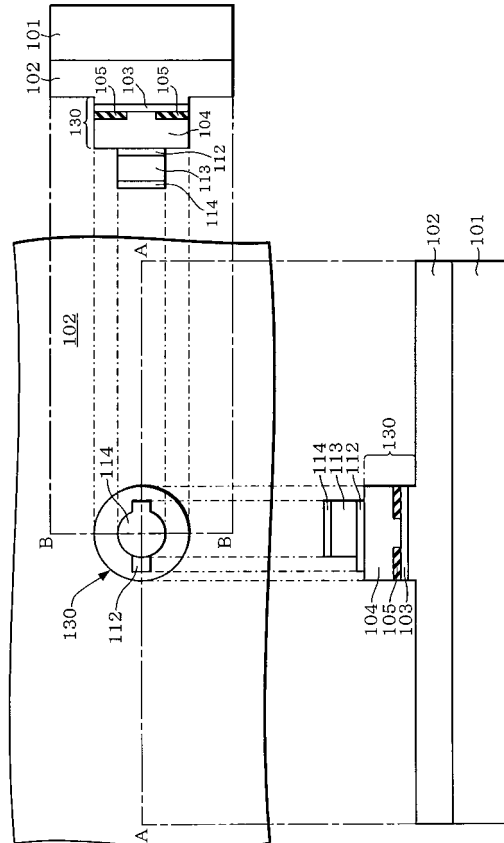
【 図 7 】



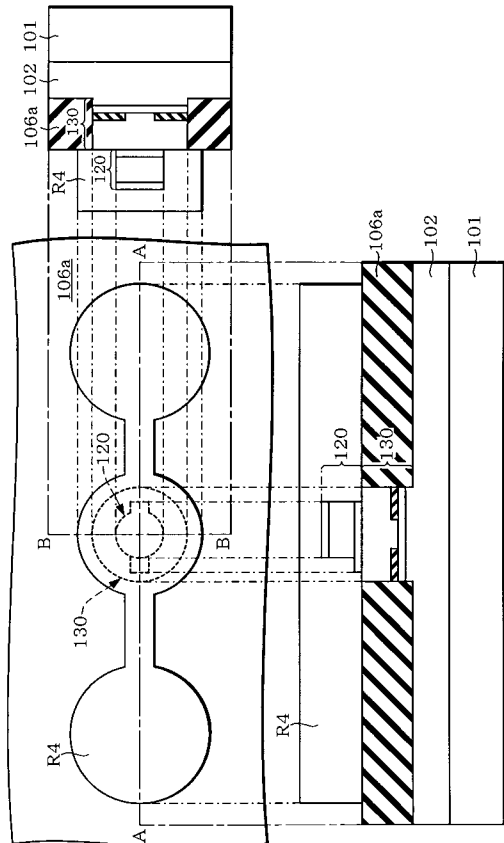
【 図 8 】



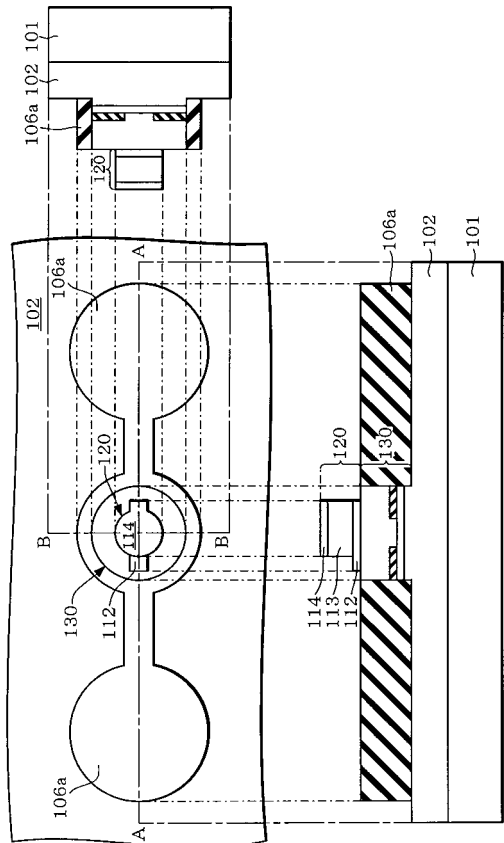
【 図 9 】



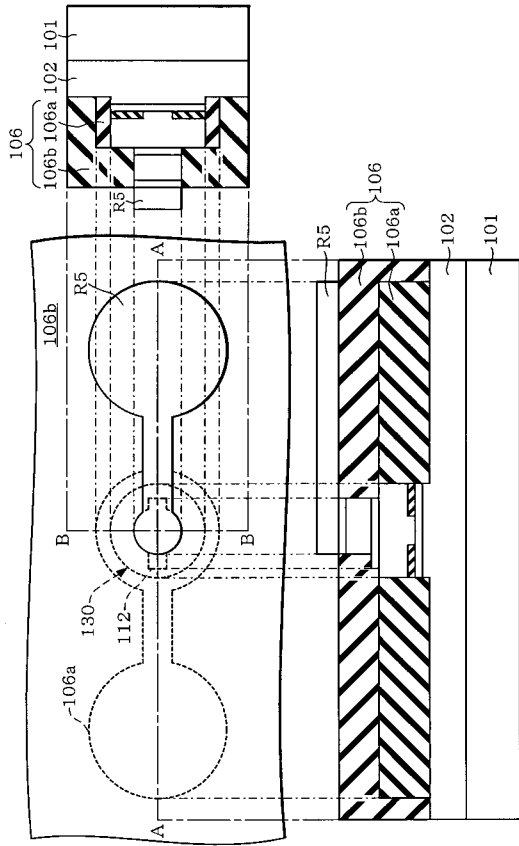
【 図 10 】



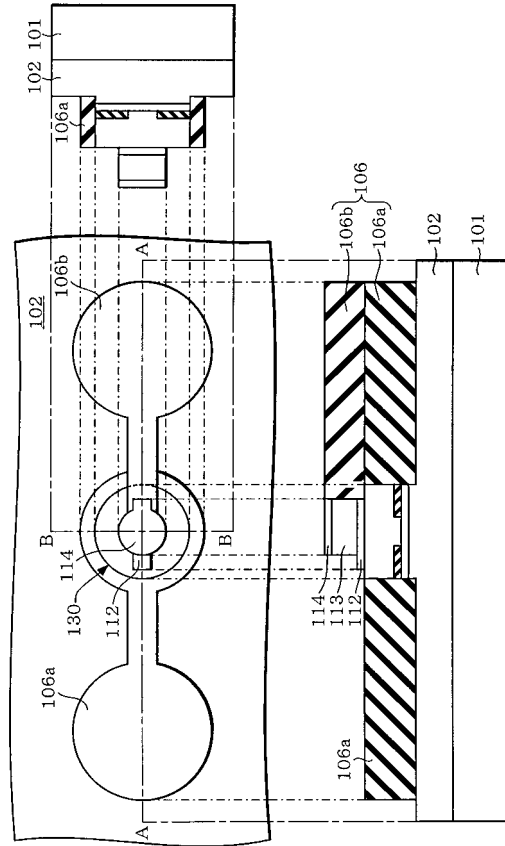
【 図 11 】



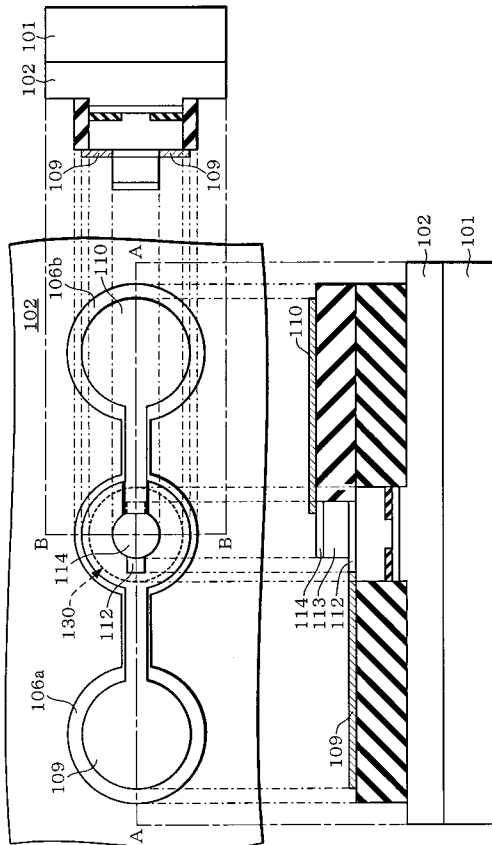
【図 1 2】



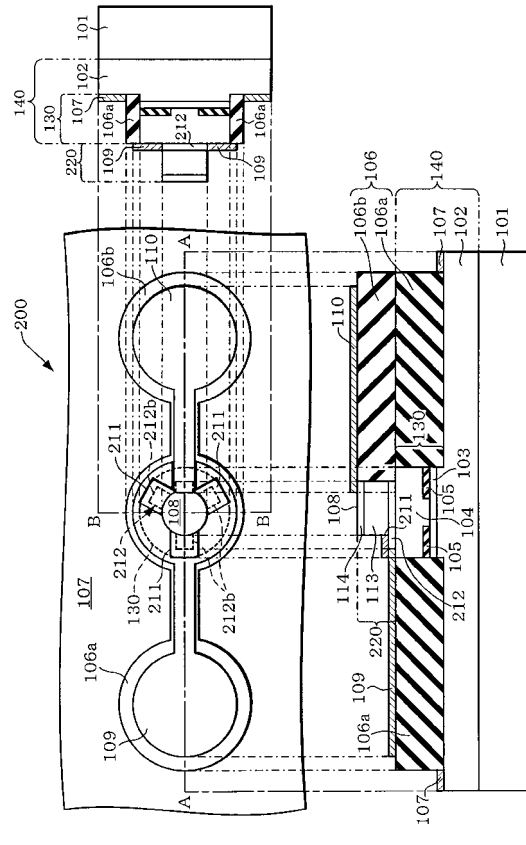
【図 1 3】



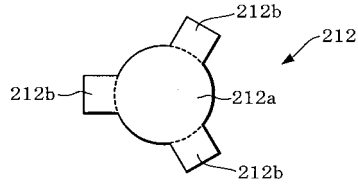
【図 1 4】



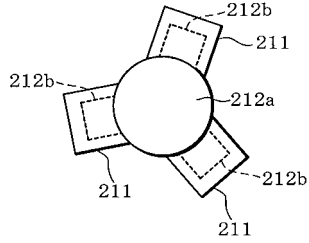
【図 1 5】



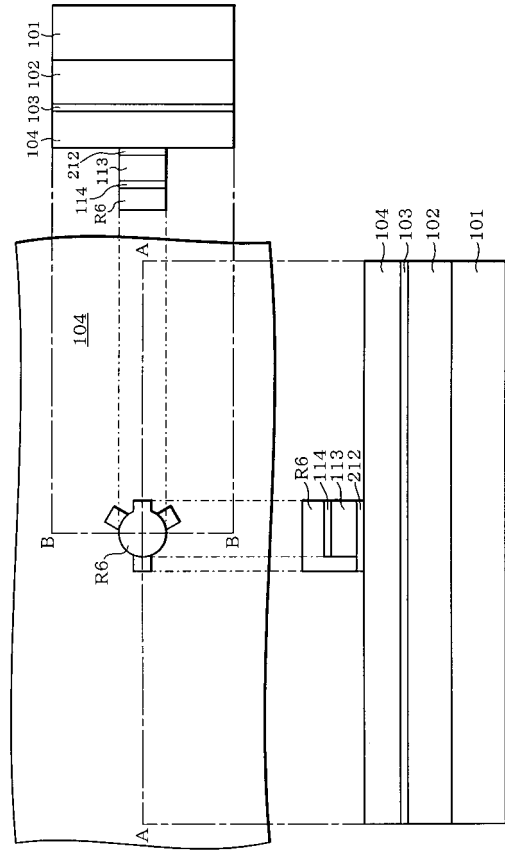
【図16】



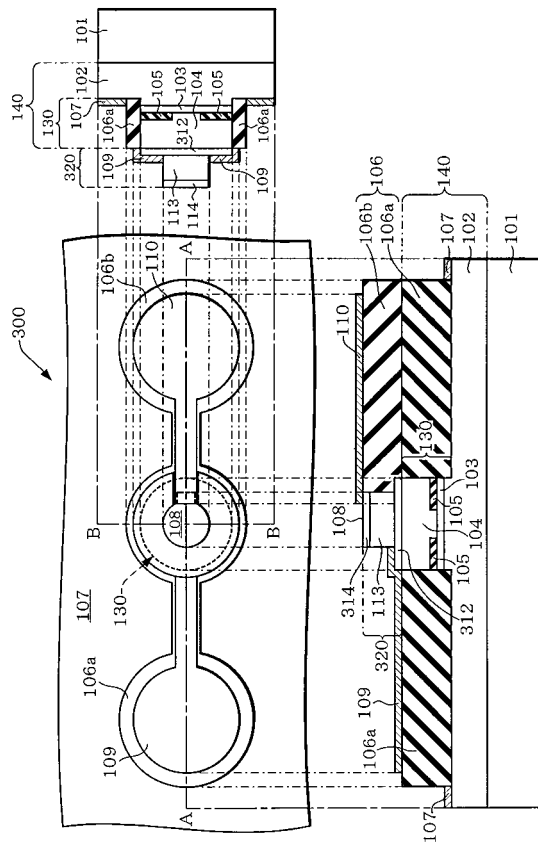
【図17】



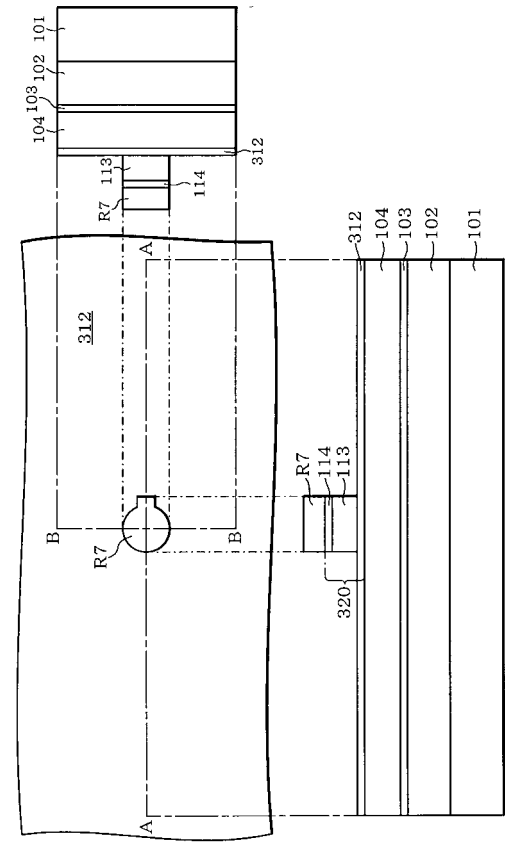
【図18】



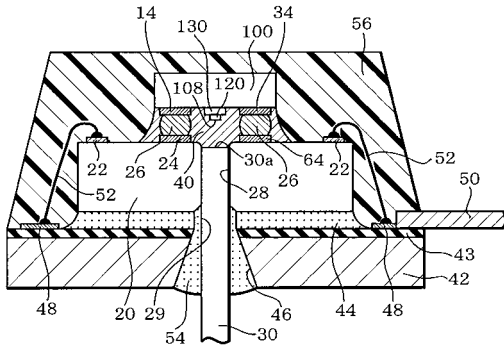
【図19】



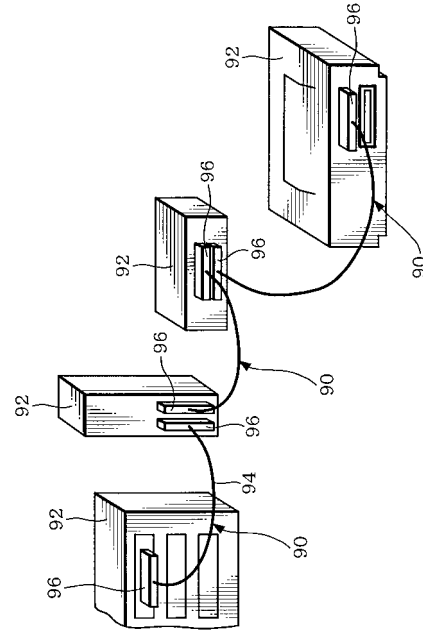
【図20】



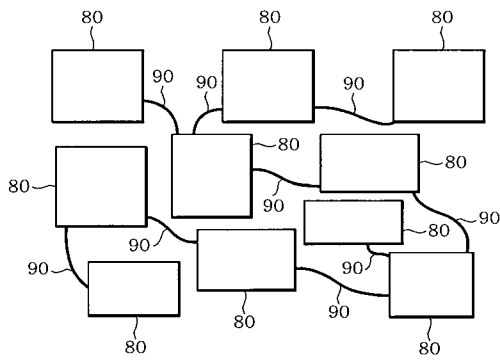
【図 2 1】



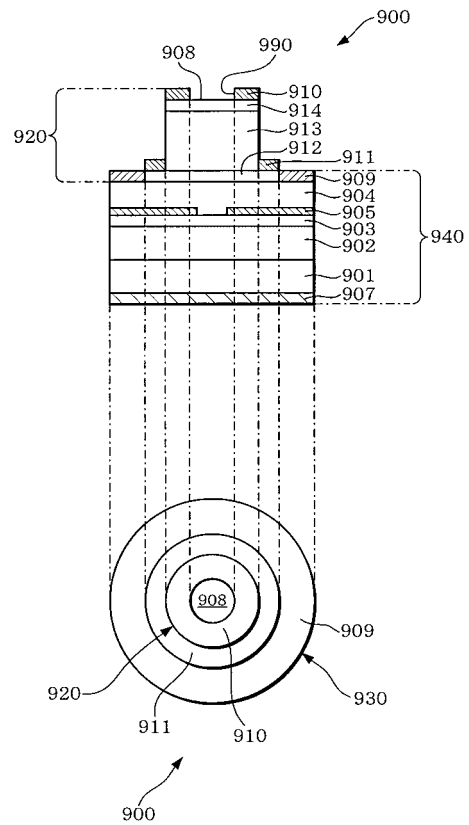
【図 2 2】



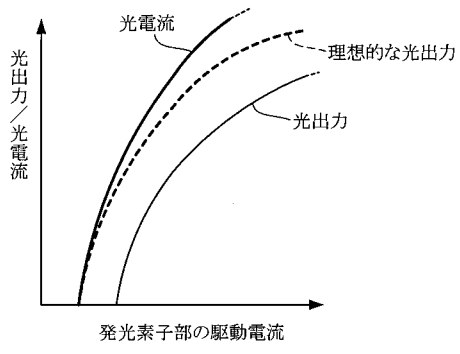
【図 2 3】



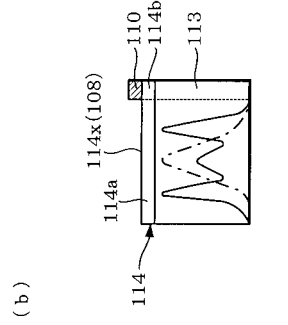
【図 2 4】



【図 25】

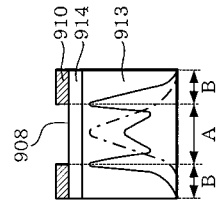


【図 26】



(b)

(a)



フロントページの続き

(56)参考文献 特開2001-284723(JP,A)
特表2002-504754(JP,A)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

H01S 5/00 - 5/50
H01L 33/00
G02F 1/00 - 1/125
H01L 31/10 - 31/119