

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 公開特許公報(A)

(11) 特許出願公開番号

特開2007-165652

(P2007-165652A)

(43) 公開日 平成19年6月28日(2007.6.28)

(51) Int. Cl.	F I	テーマコード (参考)
HO 1 S 5/0683 (2006.01)	HO 1 S 5/0683	5 F O 4 9
HO 1 L 31/10 (2006.01)	HO 1 L 31/10 A	5 F 1 7 3

審査請求 未請求 請求項の数 13 O L (全 17 頁)

(21) 出願番号	特願2005-360862 (P2005-360862)	(71) 出願人	000002130 住友電気工業株式会社 大阪府大阪市中央区北浜四丁目5番33号
(22) 出願日	平成17年12月14日(2005.12.14)	(74) 代理人	100111936 弁理士 渡辺 征一
		(74) 代理人	100124981 弁理士 川嶋 正章
		(72) 発明者	永井 陽一 大阪府大阪市此花区島屋一丁目1番3号 住友電気工業株式会社大阪製作所内
		(72) 発明者	猪口 康博 大阪府大阪市此花区島屋一丁目1番3号 住友電気工業株式会社大阪製作所内

最終頁に続く

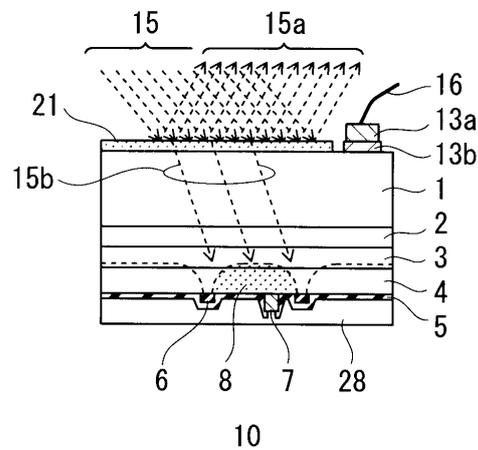
(54) 【発明の名称】 半導体発光装置

(57) 【要約】

【課題】 広い温度範囲で安定した出力特性を容易に実現できる半導体発光装置を提供する。

【解決手段】 半導体レーザ素子と、半導体基板1上に位置する受光層3、窓層4から該受光層内にまで形成された第2導電型領域8、半導体基板裏面上に位置する透過性反射膜21を有する半導体受光素子10とを備え、半導体受光素子はエピダウン実装され、透過性反射膜が半導体レーザ素子から出射されたレーザ光15で照射される配置として、該透過性反射膜の反射光を出力光15aとし、透過光15bを半導体受光素子が受光して半導体レーザ素子の出力制御に用いる。

【選択図】 図2



10

【特許請求の範囲】

【請求項 1】

レーザ光を出射する半導体レーザ素子と、

第 1 導電型の半導体基板の第 1 の面上に位置する第 1 導電型の半導体層、該第 1 導電型の半導体層上に位置してレーザ光を受光する第 1 導電型の受光層、該受光層の上に位置するキャップ層、該キャップ層から該受光層内にまで形成された第 2 導電型領域、前記キャップ層における該第 2 導電型領域とオーミック接触する第 2 の電極、前記第 1 の面の反対側の第 2 の面上に位置する透過性反射手段、および前記半導体基板とオーミック接触する第 1 の電極を有する半導体受光素子とを備え、

前記半導体受光素子はエピダウン実装され、前記透過性反射手段が前記半導体レーザ素子から出射されたレーザ光で照射される配置として、該透過性反射手段で反射した反射光を出力光とし、該透過性反射手段を透過した透過光を前記半導体受光素子が受光して前記半導体レーザ素子の出力制御に用いる、半導体発光装置。

10

【請求項 2】

レーザ光を出射する半導体レーザ素子と、

第 1 導電型の半導体基板の第 1 の面上に位置する第 1 導電型の半導体層、該第 1 導電型の半導体層上に位置してレーザ光を受光する第 1 導電型の受光層、該受光層の上に位置するキャップ層、該キャップ層から該受光層内にまで形成された第 2 導電型領域、前記キャップ層における該第 2 導電型領域とオーミック接触する第 2 の電極、前記第 1 導電型の半導体層とオーミック接触する第 1 の電極、および前記第 1 の面の反対側の第 2 の面上に位置する透過性反射手段を有する半導体受光素子とを備え、

20

前記半導体受光素子はエピダウン実装され、前記透過性反射手段が前記半導体レーザ素子から出射されたレーザ光で照射される配置として、該透過性反射手段で反射した反射光を出力光とし、該透過性反射手段を透過した透過光を前記半導体受光素子が受光して前記半導体レーザ素子の出力制御に用いる、半導体発光装置。

【請求項 3】

前記透過性反射手段が透過性反射膜であり、その透過性反射膜の反射率が、波長 1000 nm 以上 1700 nm 以下の光に対して、50% ~ 90% である、請求項 1 または 2 に記載の半導体発光装置。

【請求項 4】

前記半導体基板は InP 基板であり、前記受光層は InGaAs および InGaAsP のいずれかからなる、請求項 1 ~ 3 のいずれかに記載の半導体発光装置。

30

【請求項 5】

前記透過性反射手段が、シリコン膜と酸化ケイ素膜との多層膜、およびアルミナ系多層膜のいずれかである、請求項 1 ~ 4 のいずれかに記載の半導体発光装置。

【請求項 6】

前記第 1 の電極およびその電極の電極パッドを前記レーザ光が照射されない領域に設けた、請求項 1 または 2 に記載の半導体発光装置。

【請求項 7】

前記第 1 の電極およびその電極の電極パッドを、前記半導体基板の第 2 の面の四隅に設けた、請求項 1 に記載の半導体発光装置。

40

【請求項 8】

前記第 1 の電極をリング状に設け、前記リング状電極のいずれかの位置に電極パッドを設けた、請求項 1 に記載の半導体発光装置。

【請求項 9】

前記第 1 の電極を層状に、波長 1000 nm 以上 1700 nm 以下の光に対する透過率 60% 以上の材料で形成し、前記透過性反射手段をその層状の電極上に設けた、請求項 1 に記載の半導体発光装置。

【請求項 10】

前記半導体受光素子において、前記半導体基板の厚みが 100 μm 以上 400 μm 以下

50

であり、前記半導体基板のn型キャリア濃度が 1×10^{18} 以上で 1×10^{19} 以下であり、前記レーザー光が照射される領域の長径が、 $50 \mu\text{m}$ より大きく $500 \mu\text{m}$ より短い、請求項1～9のいずれかに記載の半導体発光装置。

【請求項11】

前記半導体レーザーのレーザー光の出射の方向と、前記半導体受光素子の透過性反射手段とのなす角度が 30° より大きく、 75° より小さくなるように配置する、請求項1～10のいずれかに記載の半導体発光装置。

【請求項12】

第1導電型の半導体基板の第1の面上に位置する第1導電型の半導体層と、
前記第1導電型の半導体層上に位置し、レーザー光を受光する第1導電型の受光層と、
前記受光層の上に位置するキャップ層と、
前記キャップ層から前記受光層内にまで形成された第2導電型領域と、
前記キャップ層における前記第2導電型領域とオーミック接触する第2の電極と、
前記第1の面の反対側の第2の面上に位置する透過性反射手段と、
前記半導体基板とオーミック接触する第1の電極とを備える、半導体受光素子。

10

【請求項13】

第1導電型の半導体基板の第1の面上に位置する第1導電型の半導体層と、
前記第1導電型の半導体層上に位置し、レーザー光を受光する第1導電型の受光層と、
前記受光層の上に位置するキャップ層と、
前記キャップ層から前記受光層内にまで形成された第2導電型領域と、
前記キャップ層における前記第2導電型領域とオーミック接触する第2の電極と、
前記第1導電型の半導体層とオーミック接触する第1の電極と、
前記第1の面の反対側の第2の面上に位置する透過性反射手段とを備える、半導体受光素子。

20

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、半導体発光装置に関し、より具体的には光出力をモニタしながらその光出力を高精度に調節することができる半導体発光装置に関するものである。

30

【背景技術】

【0002】

光通信の光源には、広い温度範囲で安定した出力特性を有する半導体発光装置が求められ、通常、半導体レーザー（レーザーダイオードLD：Laser Diode）が用いられる。そして、さらにLDには光出力が温度変動やその他の外乱の影響を受けにくいように、光出力に対する調整機構が設けられている。

【0003】

たとえば次のような調整機構を用いた半導体発光装置が提案されている。LDの前方光出力を光ファイバ側へ出力し、また後方光出力をモニタの役割をする受光素子であるフォトダイオード（PD；Photo Diode）に受光させる。そして、PDにおいて受光した光量に応じてモニタ電流を発生させることにより、LD駆動電流を調節してLDの出力を制御する（特許文献1）。

40

【0004】

また他の調整機構では、受光素子のPDのエピ側表面に所定の反射率の反射膜（HR膜：High Reflection）をコートして、LDの光出力をそのPDの反射膜に照射し、一部透過した光をモニタ用として、また大部分の反射した光を光出力として光ファイバに出力する（特許文献2）。上記の一部透過光によって、LDの光出力が制御されることになる。

【特許文献1】特開平10-74972号公報

【特許文献2】特開平8-116127号公報

50

【発明の開示】

【発明が解決しようとする課題】

【0005】

しかしながら、上記後方光出力をモニタに用いる調整機構では、前方光出力/後方光出力の比の温度依存性を制御する必要があるが、この温度依存性を制御することは容易ではない。すなわち、LD温度と波長シフトとの関係をもとに、波長シフトに応じてPDの表面で反射率を変化させる調整機構は、次の諸関係をすべて制御できる場合にのみ実現可能である。

(1) LD温度と、LDの前方光出力/後方光出力の比との関係、(2) LD温度と、波長シフトとの関係、(3) 波長と、反射膜の反射率との関係、(4) 反射膜の構造と、反射率との関係

10

たとえばLDの波長を意図的に変えるようなすべての場合に、上記関係を制御することは不可能である。また、反射膜の膜厚構成をはじめ、全ての項目に厳格な管理が必要となるので、製造コスト増の原因となる。要は、現実的な見地に立つと、完全な温度依存性の制御は容易に実現できることではない。

【0006】

また、反射膜により一部透過光をモニタに用い、他の大部分の反射光を出力に用いる調整機構では、その反射膜の下地となるPDの中央付近に、p部電極や電極パッドへの配線などが配置されるため、反射膜もその凹凸または段差形状を引き継ぐことになる。このため、段差部において反射膜の反射率や反射方向が変わり、その部分の光が光ファイバ側へ出力されない。この結果、LD出射光の強度分布(強度の位置分布)が正常であっても、反射光の強度分布は大きく乱れ、ノイズが大きくなり、光信号として適用が難しくなる。

20

【0007】

上記反射光の強度分布の乱れを回避するために、LDの出射光の広がりに対し、受光面を十分大きくする対策をとると、次の問題を生じる。p型領域はZnをドーブして形成するが、そのドーブ量や活性化率には限界があり、また厚みも比較的薄いため電流が横方向に広がる際の電気抵抗が無視できないほど大きい。このため、駆動電圧を高くしなければならず、また容量が大きくなりすぎて周波数応答特性が劣化する。上記の電気抵抗を下げるために、p型領域のエピタキシャル膜の膜厚を厚くするとエピタキシャル膜形成コストが増大する。また、p型領域の電気抵抗を下げるために、たとえば細かいメッシュ状のp型部電極を設けると、このメッシュ状電極に起因する容量が大きくなりすぎて周波数応答性が劣化する。また、メッシュ状電極の細かい凹凸が正常な反射の障害となり、反射光を光信号に使用しにくくなる。

30

【0008】

本発明の目的は、広い温度範囲で安定した出力特性を容易に実現できる半導体発光装置を提供することにある。

【課題を解決するための手段】

【0009】

本発明の半導体受光装置は、レーザ光を出射する半導体レーザ素子と、第1導電型の半導体基板の第1の面上に位置する第1導電型の半導体層、該第1導電型の半導体層上に位置してレーザ光を受光する第1導電型の受光層、その受光層の上に位置するキャップ層と、そのキャップ層から該受光層内にまで形成された第2導電型領域、キャップ層における該第2導電型領域とオーミック接触する第2の電極、前記第1の面の反対側の第2の面上に位置する透過性反射手段、および半導体基板とオーミック接触する第1の電極、を有する半導体受光素子とを備える。そして、半導体受光素子はエピダウン実装され、透過性反射手段が半導体レーザ素子から出射されたレーザ光で照射される配置として、該透過性反射手段で反射した反射光を出力光とし、該透過性反射手段を透過した透過光を半導体受光素子が受光して半導体レーザ素子の出力制御に用いる。ここで、第1の電極は、半導体基板の裏面(第2の面)または第1の面に、いずれの場合でもオーミック接触状態で設けることができる。

40

50

【0010】

また、本発明の別の半導体受光装置は、レーザ光を出射する半導体レーザ素子と、第1導電型の半導体基板の第1の面上に位置する第1導電型の半導体層、該第1導電型の半導体層上に位置してレーザ光を受光する第1導電型の受光層、その受光層の上に位置するキャップ層と、そのキャップ層から該受光層内にまで形成された第2導電型領域、キャップ層における該第2導電型領域とオーミック接触する第2の電極、第1導電型の半導体層とオーミック接触する第1の電極、および第1の面の反対側の第2の面上に位置する透過性反射手段、を有する半導体受光素子とを備える。そして、半導体受光素子はエピダウン実装され、透過性反射手段が半導体レーザ素子から出射されたレーザ光で照射される配置として、該透過性反射手段で反射した反射光を出力光とし、該透過性反射手段を透過した透過光を半導体受光素子が受光して半導体レーザ素子の出力制御に用いる。ここで、第1の電極は、第1導電型の半導体層上の受光層が形成されていない領域に、オーミック接触状態で形成される。受光層は、第1導電型の半導体層上に、第1の電極形成分の領域等をあけて形成される。

10

【0011】

上記の2種類の本発明の半導体受光装置において、透過性反射手段とは、100%ではない多くの光を反射し、残りの光を透過させる手段をさし、HR膜、各種グレーティング、偏光分離素子、均一微小孔分布反射膜等が対象に含まれる。

【0012】

上記の2種類の本発明の構成によれば、LDの一つの端面から放出されるレーザ光を、PDの半導体基板の平坦な裏面を下地として形成された透過性反射手段で、その大部分を反射して光ファイバへと出力し、透過した残りの光をPD内で受光して電気信号、すなわちモニタ電流に変換する。また、下地の段差のために配置が困難であった透過性反射手段の種類であっても、上記構成では使用することが可能となる。この結果、透過性反射手段の下地の段差による反射光の乱れがなく、また従来使用が困難であった透過性反射手段を用いて、半導体レーザ素子からの強度分布（照射面での分布）とほぼ相似の強度分布、または相似の強度分布ではなくてもビーム断面において乱れない滑らかな強度分布の光を光ファイバに出力することができる。また、LDの温度によって前方光出力/後方光出力の特性が変化ことに起因する制御精度の劣化を回避することができる。この結果、温度変化の影響を受けない高精度な光出力制御ができ、かつ強度分布に乱れやノイズのない光出力が可能な半導体発光装置を得ることができる。

20

30

【0013】

上記本発明の別の半導体受光装置では、さらに、半導体受光素子がフリップチップ実装される構成となる。この場合、フリップチップ実装を可能にするために、半導体受光素子は横型受光素子を対象にする。この構成によれば、電極は半導体基板の裏面に配置されず、エピ側に設けられるため、半導体基板の裏面はすべて平坦な面となり、半導体基板の裏面全体を平坦な、透過性反射手段の下地として利用することができる。このため、PDへの透過性反射手段の配置精度や、そのPDやLDの配置精度などを緩和することができる。

【0014】

上記の透過性反射手段を透過性反射膜とし、その透過性反射膜に、反射率が波長1000nm以上1700nm以下の光に対して、50%~90%であるものを用いることができる。この構成により、使用性に優れた透過性反射膜、たとえばHR膜を用いることにより、上記の利点を備えた、波長1000nm~1700nm帯通信用途の発光装置を実現することができる。

40

【0015】

上記の半導体基板をInP基板とし、受光層をInGaAs層またはInGaAsP層とすることができる。これにより、温度変化に対して高い安定性を有する出力制御ができ、また駆動電圧の増加を生じない、波長1000nm~1700nm帯通信用途の発光装置を実現することができる。

50

【0016】

上記の透過性反射手段を、シリコン膜と酸化ケイ素膜との多層膜、およびアルミナ系多層膜のいずれかで形成することができる。これにより、実績のある既存の材料供給システムを用いて必要とされる反射率を確実に得ることが可能となる。また、上記の透過性反射膜が、誘電体多層膜により形成されるものを用いることができる。この構成により、波長に対応した反射率の制御を容易に行うことが可能となる。

【0017】

上記の第1の電極およびその電極の電極パッドを、レーザ光が照射されない領域に設けた構成をとることができる。第1の電極を半導体基板裏面(第1の面)に設けることから、この場合には、半導体受光素子が縦型受光素子である半導体発光装置を対象とする。この構成により、レーザ光が照射される領域の透過性反射手段の下地範囲を、確実にすべて平坦にすることができる。この結果、さらに乱れのない均一性に富んだ反射光(出力光)を得ることが可能となる。上記のような半導体基板端部への電極の配置は、半導体基板がn型の場合にとくに好都合である。半導体基板をn型にする際に導入するn型不純物は、p型不純物に比べて容易に高濃度にする事ができる。このため、電極が端に位置しても電流の広がり抵抗を小さく抑制することができ、駆動電圧を高くする必要がないからである。このため消費電力を低く抑えることができる。

10

【0018】

上記の第1の電極およびその電極の電極パッドを、半導体基板の第2の面(裏面)の四隅に設けることができる。この構成によれば、通常、n型(第1導電型)である半導体基板には不純物を高濃度に導入できるため、半導体基板における電流広がり抵抗の増加は小さく、したがって駆動電圧増加を防ぐことができる。上記の半導体受光素子も縦型受光素子である。

20

【0019】

上記の第1の電極をリング状に設け、リング状電極のいずれかの位置に電極パッドを設けることができる。この構成により、半導体基板における電流広がり抵抗増加を防止でき、かつワイヤボンディングが1箇所ですむので、製造コストを低減することができる。上記の半導体受光素子も縦型受光素子である。

【0020】

上記の第1の電極を、層状に、波長1000nm以上1700nm以下の光に対する透過率が60%以上の材料で形成し、透過性反射手段をその層状の電極上に設けた構成としてもよい。この構成により、電流の広がり抵抗を防止することができる。また、レーザ光が照射される領域に電極を配置できるので、電極面積を大きくでき、電極の接触抵抗の増加に起因する駆動電圧の増加を抑制することができる。

30

【0021】

上記の半導体受光素子において、半導体基板の厚みが100 μ m以上400 μ m以下であり、半導体基板のn型キャリア濃度が1E18以上で1E19以下であり、レーザ光が照射される領域の長径が、50 μ mより大きく500 μ mより短い構成とすることができる。ここで長径は、レーザ光スポットの領域の最大差し渡し径をさす。この構成により、レーザ光の大きさや形状の制約なく、均一に光ファイバ側へと光出力を反射光として送ることができる。また、上記サイズ範囲にあれば、半導体基板における高濃度不純物のために電流広がり抵抗増加はなく、このため駆動電圧増加を避けることができる。

40

【0022】

また、半導体レーザのレーザ光の出射の方向と、半導体受光素子の透過性反射手段とのなす角度が30°より大きく、75°より小さくなるように配置することができる。一般に、上記角度が小さくなるほど、受光素子に照射され、または光ファイバ側に出射される、レーザービームの断面形状が、扁平度の高い楕円となる。実際には、光ファイバと受光素子との間にレンズを設けて光を絞って光ファイバ側に出射するが、上記角度が30°以下では、扁平度が大きすぎてロスを多く生じてしまう。また、上記角度が75°以上では受光素子からの距離を極端に大きくしないとレーザ素子と光ファイバとを配置できなくな

50

る。また配置したとしても装置全体が大きくなりすぎ、使用環境を考えると現実的ではない。

【0023】

本発明の半導体受光素子は、第1導電型の半導体基板の第1の面上に位置する第1導電型の半導体層と、第1導電型の半導体層上に位置し、レーザ光を受光する第1導電型の受光層と、その受光層の上に位置するキャップ層と、そのキャップ層から受光層内にまで形成された第2導電型領域と、キャップ層における第2導電型領域とオーミック接触する第2の電極と、第1の面の反対側の第2の面上に位置する透過性反射手段と、半導体基板とオーミック接触する第1の電極とを備える。この構成により、エピダウン実装され、上記本発明の半導体発光装置における作用効果をもたらすことができる。

10

【0024】

また、本発明の別の半導体受光素子は、第1導電型の半導体基板の第1の面上に位置する第1導電型の半導体層と、第1導電型の半導体層上に位置し、レーザ光を受光する第1導電型の受光層と、その受光層の上に位置するキャップ層と、そのキャップ層から受光層内にまで形成された第2導電型領域と、キャップ層における第2導電型領域とオーミック接触する第2の電極と、第1導電型の半導体層とオーミック接触する第1の電極と、第1の面の反対側の第2の面上に位置する透過性反射手段とを備える。この構成により、上記エピダウン実装の半導体発光素子における作用効果に加えて、フリップチップ実装のため、第1の電極(n部電極)が裏面に配置されないので、平坦な広い裏面(第2の面)を利用することができる。

20

【発明を実施するための最良の形態】

【0025】

(実施の形態1)

図1～図3は、本発明の実施の形態1における半導体発光装置を示す図である。図1を参照して、LDおよびPDは、各々外部との電氣的接続を保つために、複数のリード端子と配線で接続されるが、図示を省略する。LD30およびPD10は、ステム40上に搭載されている。外部からLD30にLD駆動電流を流すことによりLD30の片端から放出されたレーザ光15は、所定の角度でPD10の反射面に照射される。照射されたレーザ光15の大部分はPD10の透過性反射膜で反射され、出力光15aとしてレンズ51を通り、光ファイバ50へと出力される。透過性反射膜を反射しないで透過する光は、PD10内の受光層で受光され、電気信号に変換され、モニタ電流として外部へ取り出される。このモニタ電流に応じて、LD駆動電流を調節することにより、LD出力が調整され、光ファイバへと導入される光出力の制御を行っている。LD30のもう一方の端面には、ほぼ100%の光を反射できるように反射膜(図示せず)を配置してある。上記のLD30から放出される光の波長は1200nmとした。

30

【0026】

図2に示すように、PD10は、n型InP基板1上に、順次、n型InPバッファ層2、InGaAs受光層3、InPキャップ層4がエピタキシャル成長され、受光部のInGaAs層3およびInPキャップ層4がp型領域8とされている。InPキャップ層4のp型領域にはp型部電極7が配置され、InPキャップ層4をパッシベーション膜5が被覆している。また、パッシベーション膜5とInPキャップ層4との間に、p型領域8を形成するために用いた拡散マスクパターン6が介在している。

40

【0027】

上記PD10は、エピダウン実装(エピタキシャル膜側を下側にして実装)されている点に特徴がある。すなわちパッシベーション膜5およびp型部電極7の下に配線および接着層8が挿入され、ステムに搭載されている。n型InP基板1はその裏面に透過性反射膜21が配置され、LDからのレーザ光15が照射され、大部分は出力光15aとして反射され、部分的に透過光15bとして取り込まれ、受光層3のpn接合で電流(モニタ電流)に変換される。レーザ光15が照射されない領域のn型InP基板裏面に、n型部電極13b、その電極パッド13aおよびワイヤ16が配置される。上記の構造によれば、

50

レーザ光 15 が照射される透過性反射膜 21 は平坦部にのみ配置されるので、下地に段差がない。このため出力光は、平坦に配置された透過性反射膜 21 からのみ反射する反射光 15 a で構成されるので、乱れのない出力光となり光通信に好適な光となる。

【0028】

上記のレーザ光 15 a の出射の方向と、半導体受光素子の透過性反射膜 21 とのなす角度が 30° より大きく、 75° より小さくなるように配置するのがよい。一般に、上記角度が小さくなるほど、光ファイバ側に出射されるレーザービームの断面形状が、扁平度の高い楕円となる。実際には、光ファイバと受光素子との間にレンズを設けて光を絞って光ファイバ側に出射するが、上記角度が 30° 以下では、扁平度が大きすぎてロスを多く生じてしまう。また、上記角度が 75° 以上では受光素子からの距離を極端に大きくしない

10

【0029】

上記のように、n型部電極 13 b が n 型 InP 基板 1 の端に位置することを可能にするのは、n 型 InP 基板 1 における n 型不純物の濃度を比較的高濃度にしやすく、n 型 InP 基板 1 の電気抵抗が低いためである。n 型 InP 基板 1 の低抵抗により、n 型部電極 13 b が n 型 InP 基板の端に位置しても、電流の広がり抵抗を抑えることができ、駆動電圧を高める必要がない。

【0030】

次に上記の半導体発光素子の製造方法について説明する。まず半導体基板には、たとえば、厚み $400\ \mu\text{m}$ で、 5×10^{18} 個/cm³ の S のドープにより n 型化している InP 基板 1 を用いる。InP 基板 1 上に、たとえば 2×10^{17} 個/cm³ の Si により n 型化している InP バッファ層 2、 1×10^{15} 個/cm³ 程度に n 型不純物濃度を下げた InGaAs 受光層 3 およびノンドープの InP キャップ層 4 を順に設ける。次いで、InP キャップ層 4 の上に形成した拡散マスクパターン 6 を用いて、所定の範囲の InP キャップ層 4 および InGaAs 受光層 3 に、Zn を外部より導入し、拡散させて、受光部に p 型領域 8 を形成する。p 型領域 8 の InP キャップ層中のキャリア濃度は、たとえば 3×10^{18} 個/cm³ とする。

20

【0031】

このあと p 型領域 8 に接して p 型部電極 7 を設け、p 型部電極 7 を除いた部分を保護膜 (パッシベーション膜) 5 で被覆する。このあと、半導体基板 1 を PD の厚みがたとえば $200\ \mu\text{m}$ になるまで減厚し、次いで、AuGeNi からなる n 型部電極 13 b を設け、その上に Au の電極パッド 13 a を設ける。そのあと電極パッド 13 a から外部へとボンディングワイヤ 16 で電氣的に接続する。なお、図 2 および図 3 に示すように、n 型部電極 13 b およびその上の電極パッド 13 a は、レーザ光 15 の照射を受けない場所に設ける。次いで、n 型部電極の位置しない半導体基板裏面の領域に透過性反射膜 21 を設けた。透過性反射膜 21 は、たとえば Si と SiO₂ との多層膜により形成し、たとえば、波長 $1310\ \text{nm}$ の光に対して 70% となるようにする。次いで、p 型部電極 7 とステムが導通するように導電性接着剤 28 を用いてステムに搭載する。p 型部電極 7 は接着剤およびステムを介在させて外部へとボンディングワイヤで電氣的に接続する。

30

40

【0032】

図 3 に示すように、n 型部電極はレーザ光 15 の照射範囲 A から十分離れた場所に設けることができるため、レーザ光が照射される部分の透過性反射膜 21 は平坦な下地面上に形成されている。この結果、透過性反射膜による反射光は、正常な強度分布を示し、光通信の光として好適な光を出力することができる。

【0033】

上記したように、n 型部電極を半導体基板の端部に配置しても、電流広がり抵抗が大きくなるのは、InP では n 型不純物を容易に高濃度に行うことができ、比抵抗を小さくできるためである。この結果、上記のように n 型 InP 基板の端に n 型部電極を設け、平坦な部分にのみ透過性反射膜を形成することが許容される。

50

【0034】

(実施の形態2)

図4は、本発明の実施の形態2の半導体発光装置における受光素子PD10を示す図である。n型部電極13bおよびワイヤボンディング用の電極パッド13aをPD10の半導体基板1の裏面の4隅に設け、各電極パッド13aからボンディングワイヤ16により外部へ導通した点に特徴を有する。図面中の参照番号の意味は図2および図3と同様である。透過性反射膜21は、n型部電極13bやその電極パッド13aのない、平坦な領域にのみ配置することができる。この結果、正常な強度分布を有する光出力を光ファイバに出力することができる。

【0035】

半導体InPは、n型不純物を高濃度に導入することができ、その結果、電気抵抗を容易に低くすることができる。このため、上記のようにn型InP基板1の裏面の四隅にn型部電極13bを設け、PDの半導体基板の厚みを極端に小さくしたり、またPDのレーザー照射部分Aを極端に大きくした場合でも、電気抵抗が低いために、n型部での電流広がり抵抗はなく、駆動電圧の上昇なく光出力の制御を容易に行うことが可能となる。四隅のn型部電極13bを設けることにより、1つの隅に設ける場合よりも、上記の電流広がり抵抗をより小さく抑えることが可能となる。

【0036】

(実施の形態3)

図5は、本発明の実施の形態3の半導体発光装置における受光素子PD10を示す図である。本実施の形態では、n型部電極13bをレーザー照射領域Aを囲むようにリング状に配置した点に特徴を有する。図面中の参照番号の意味は図2および図3と同様である。この構造により、実施の形態2(図4)におけるPDと同様の効果に加えて、ワイヤボンディングのための電極パッド13aを一つとすることができる。このため、ワイヤボンディングのコストを低減することができる。図5では円形のリング状の例を示したが、角形であってもよいし、また周囲の一箇所が途切れた形状であってもよいことはいうまでもない。

【0037】

(実施の形態4)

図6および図7は、本発明の実施の形態4の半導体発光装置における受光素子PD10を示す図である。本実施の形態では、n型部電極13bを、レーザー光が透過する材質で層状に形成してInP基板1の裏面を被覆し、その上に透過性反射膜21を配置した点に特徴を有する。図面中の参照番号の意味は図2および図3と同様である。この構造により、半導体基板1の裏面の広い範囲にn型部電極13bを設けた上で、上記の実施の形態1~3における発光装置と同様に、高精度の光出力制御を行うことができる。

【0038】

このため、実施の形態1~3の発光装置におけるPD10よりもさらにn型部電極13bの接触抵抗を下げるができる。また、n型部(n型半導体基板/n型バッファ層/n型受光層など)での電流の広がり抵抗を抑止することができる。このような光通信の波長域の光に透明なn型部電極は、ZnOやITO(Indium Tin Oxide)により形成することができる。

【0039】

(実施の形態5)

図8および図9は、本発明の実施の形態5の半導体発光装置における受光素子PD10を示す図である。本実施の形態では、受光素子PD10は、キャリアが半導体基板面に沿うように移動する横型受光素子をエピダウン実装、すなわちフリップチップ実装する点に特徴を有する。実施の形態1~4におけるPDは、キャリアが半導体基板の厚み方向に移動する縦型受光素子である。図面中の参照番号の意味は図2および図3と同様である。上記のように、本実施の形態では横型素子をエピダウン実装(フリップチップ実装)するため、n型部電極13bおよびp型部電極7の両方とも、InP基板1の裏面に配置される

10

20

30

40

50

ことはない。また、電極パッドもボンディングワイヤも、I n P基板1の裏面に配置されない。

【0040】

上記の構造のために、I n P基板1の裏面全体にわたって透過性反射膜21を配置しても、下地に段差を有する箇所がない。このため、P Dへの透過性反射膜の配置精度や、そのP DやL Dの配置精度などを緩和することができ、半導体発光装置の製造が容易となる。

【実施例】

【0041】

次に、本発明の半導体発光装置について、出力光(P Dからの反射光)の強度分布(位置分布)を測定した試験結果を説明する。図10は、試験の概要を示す図である。L D30から放出されたレーザ光15、およびP D10で反射された出力光15aとについて、光強度分布(位置分布)検出器71により光強度分布を測定した。半導体発光装置内の部品であるP D10について、本発明の実施の形態1に従うP Dを用いた(本発明例)。また、比較のために、従来P Dを作製して試験に供した(比較例)。本発明例と比較例とは、P DおよびP Dの相違に起因する部分の相違を除いて、その他の部分について共通にした。

【0042】

(本発明例)

本発明例の半導体発光装置におけるP Dは、図2および図3に示す構造(実施の形態1)を有する。その製造は、実施の形態1で説明した方法にしたがった。ステムに搭載したP Dチップの大きさは $400\mu\text{m}$ とし、レーザ光照射側の半導体基板の裏面側のn型部電極の大きさは直径 $100\mu\text{m}$ 円とした。これに対して、P Dに照射されるL Dのレーザ光の領域Aはおよそ直径 $200\mu\text{m}$ の円状とした(図11参照)。したがって、n型部電極はレーザ光照射範囲から十分離れた場所に設けることができ、レーザ光が照射される部分の透過性反射膜は平坦な下地面上に形成された。

【0043】

P Dの裏面を被覆する透過性反射膜は、反射率約70%を得るようにした。したがって約70%を光ファイバへと反射し、残りの約30%をP D内へと取り込み、電気信号に変換してモニタ電流を得る。

【0044】

(比較例)

図12および図13に比較例の半導体発光装置におけるP Dの構造を示す。この比較例の半導体発光装置におけるP D110の構造について、その製造方法を述べながら説明する。まず厚み $400\mu\text{m}$ で、 $5E18$ 個/ cm^3 のSのドーピングによりn型化しているI n P基板101を用いた。I n P基板101上に $2E17$ 個/ cm^3 のS iによりn型化しているI n Pパッファ層102、不純物濃度を $1E15$ 個/ cm^3 程度に下げたI n G a A s受光層103およびノンドープのI n Pキャップ層104を順に設けた。I n Pキャップ層104の上に形成した拡散マスクパターン106を用いて、所定の範囲のI n Pキャップ層104およびI n G a A s受光層103に、Z nを外部より拡散させ、受光部にp型領域108を形成した。p型領域108のI n Pキャップ層104中のキャリア濃度は、 $3E18$ 個/ cm^3 とした。

【0045】

このあとp型部電極107bを所定の場所に設け、p型部電極107bを除いた部分を保護膜105aで被覆し、次いで、p型部電極107bから電極パッド107aへの配線電極107cおよび電極パッド107aを設けた。次に電極パッド107aから外部へボンディングワイヤ116で電氣的に接続する。その後、電極パッド107aを除いた部分に透過性反射膜121を設けた。透過性反射膜121はS iとS i O₂との多層膜により形成し、波長 1300nm の光に対して70%となるようにした。また、I n P基板101をP D110の厚みが $200\mu\text{m}$ になるまで減厚したのち、I n P基板101の裏面に

A u G e N i からなる n 型部電極 1 1 3 を設けた。

【 0 0 4 6 】

上記の方法で製作した P D 1 1 0 を反射膜側（エピ膜側）が上になるように、ステム上に導電性接着剤を用いて搭載した（基板ダウン実装）。n 型部電極 1 1 3 は、接着剤およびステムを介在させて外部へとボンディングワイヤにより電氣的に接続した。

【 0 0 4 7 】

上記のように搭載した P D チップの大きさは $400\ \mu\text{m}$ であり、レーザ光照射側のエピ膜側において上記の拡散マスクパターン 1 0 6 は直径 $150\ \mu\text{m}$ の開孔円を有し、p 型部電極 1 0 7 b の大きさは直径 $100\ \mu\text{m}$ 円である。これに対して、P D に照射される L D のレーザ光の領域 A はおよそ直径 $200\ \mu\text{m}$ の円状である（図 1 4 参照）。したがって、p 型部電極 1 0 7 b および拡散マスクパターン 1 0 6 の開孔円といった凹凸がある下地の上の透過性反射膜 1 2 1 にレーザ光 1 1 5 は照射される。

10

【 0 0 4 8 】

（試験結果）

上記のように製作した半導体発光装置について、L D から放出されるレーザ光の強度分布および P D から光ファイバへ反射される光の強度分布を測定した。図 1 5 および図 1 6 に本発明例における測定結果を、また図 1 7 および図 1 8 に比較例における測定結果を示す。図 1 5 および図 1 7 に示すように、L D からの放出光の強度分布はほぼ同じである。しかし、比較例の場合、光ファイバへと反射される光の分布は、図 1 8 に示すように、照射光の強度分布と比較して大きく乱れており、またノイズも大きい。また、反射光の強度分布の不規則な部分は、拡散マスクパターンの開孔円の縁や p 型部電極が位置しており、透過性反射膜に凹凸がついた箇所である。透過性反射膜の凹凸箇所では、その反射面が局部的に傾いたり、または透過性反射膜の多層膜の構造が局部的に乱れるため、光が光ファイバに均一に向かわず、乱れるからである。また、この比較例の半導体発光装置を光通信に適用したが、光出力分布やノイズの状態が不安定であり、光出力制御の精度が大きく劣化した。

20

【 0 0 4 9 】

一方、本発明例では、図 1 6 に示すように、ほぼ L D の放出光の強度分布に相似した分布で光ファイバへと反射される。これは、図 2 において破線で示す光の経路のイメージのように、反射面がほぼ平坦であり、したがって反射膜の多層構造の乱れがないことに起因する。本発明例の半導体発光装置を光通信に適用したが、とくに問題なく光通信の発光装置として用いることができた。

30

【 0 0 5 0 】

上記比較例の半導体発光装置の構造であっても、レーザ照射範囲に応じて p 型部電極や発光素子の大きさを大きくすれば比較的乱れの小さい反射光を得ることは可能である。しかし、その場合、p 型部電極から p 型部電極に囲まれた受光部への距離が長くなるので、その間の電気抵抗が大きくなって駆動電圧を極端に高くしなければならない場合を生じる。また、p 型部電極の面積や電極パッドまでの配線の距離が大きくなり、そのために素子の容量が増えて周波数応答特性への影響を無視できなくなる。本発明例の半導体発光装置では、上記の問題を排除しながらノイズの少ない安定した光出力を得ることができる。

40

【 0 0 5 1 】

上記に本発明の実施の形態および実施例について説明したが、最後に本発明の半導体発光装置を包括的に述べれば次のようになる。すなわち、本発明の半導体発光装置は、L D と、P D とを備え、P D がエピダウン実装され、P D の半導体基板の裏面に位置する透過性反射手段に L D からの光が照射される構造であれば、どのようなものであってもよい。透過性反射手段は、H R 膜に限定されず、各種グレーティング、偏光分離素子、均一微小孔分布反射膜など、L D からの光の一部を透過し、残りを反射するものであれば、何であっててもよい。この場合、グレーティングなどにおいて、反射の概念は厳密なものではなく、たとえば入射角と反射角とが同じである必要はなく、回折光のように入射角と相違する反射角で反射するものであってもよい。その意味で、「透過性反射手段からの反射」は「

50

透過性反射手段からの反射、回折、放射または放散」と読み替えるのが妥当である。

【0052】

上記の透過性反射手段においては、透過性反射膜（HR膜）の場合には、下地の段差がなくなり、信号に好適な滑らかな強度分布の光を反射することができた。しかし、透過性反射膜ではない他の透過性反射手段、たとえばグレーティング類では、下地に段差があったのでは使用ができなかったものを、上記本発明の構成では使用可能になるという意味での効果が大きい。このため、光出力の波長分布をより狭い範囲にすることなどの効果を、上記透過性反射膜の効果に加えて得ることができる。

【0053】

上記において、本発明の実施の形態および実施例について説明を行ったが、上記に開示された本発明の実施の形態および実施例は、あくまで例示であって、本発明の範囲はこれら発明の実施の形態に限定されない。本発明の範囲は、特許請求の範囲の記載によって示され、さらに特許請求の範囲の記載と均等の意味および範囲内でのすべての変更を含むものである。

【図面の簡単な説明】

【0054】

【図1】本発明の実施の形態1における半導体発光装置を示す図である。

【図2】図1におけるPDの断面図である。

【図3】図1のPDの平面図である。

【図4】本発明の実施の形態2の半導体発光装置のPDの平面図である。

【図5】本発明の実施の形態3の半導体発光装置のPDの平面図である。

【図6】本発明の実施の形態4の半導体発光装置のPDの断面図である。

【図7】図6のPDの平面図である。

【図8】本発明の実施の形態5の半導体発光装置のPDの断面図である。

【図9】図8のPDの平面図である。

【図10】実施例における半導体発光装置の試験方法の概要を示す図である。

【図11】実施例における本発明例の半導体発光装置のPDの平面図である。

【図12】実施例における比較例の半導体発光装置のPDの断面図である。

【図13】図12のPDの平面図である。

【図14】実施例における比較例の半導体発光装置のPDの平面図である。

【図15】本発明例におけるLD放出光の強度分布を示す図である。

【図16】本発明例におけるPD反射光の強度分布を示す図である。

【図17】比較例におけるLD放出光の強度分布を示す図である。

【図18】比較例におけるPD反射光の強度分布を示す図である。

【符号の説明】

【0055】

1 InP基板、2 InPバッファ層、3 InGaAs受光層、4 InPキャップ層、5 保護膜、6 拡散マスクパターン、7 p型部電極、8 p型領域、10 PD、13a 電極パッド、13b n型部電極、13c 配線電極、15 LD放出光（レーザ光）、15a 反射光（出力光）、15b 透過光（モニタ用光）、16 ボンディングワイヤ、21 透過性反射膜、28 導電性接着剤、30 LD、40 ステム、50 光ファイバ、51 レンズ、71 光強度分布検出器、A レーザ光照射領域。

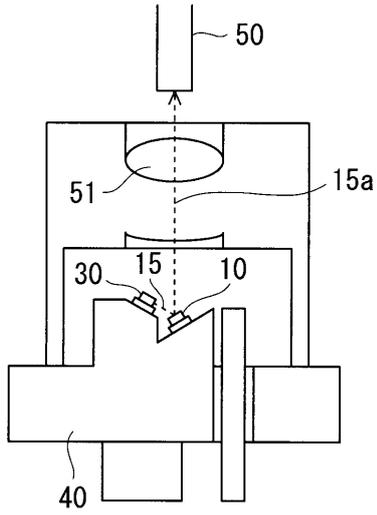
10

20

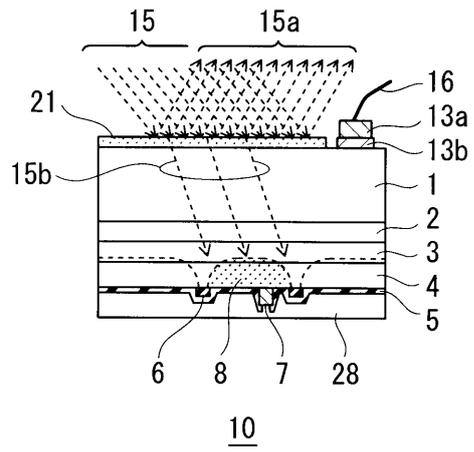
30

40

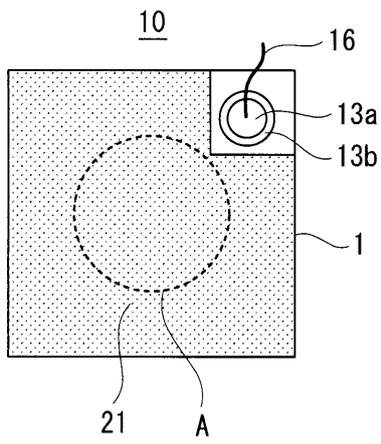
【 図 1 】



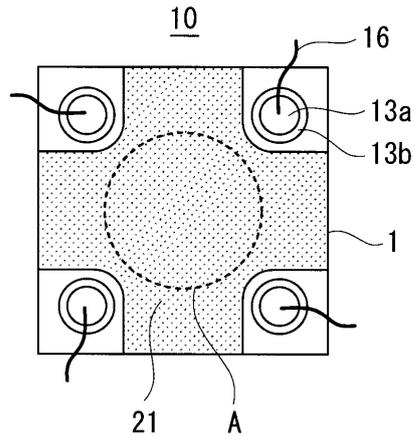
【 図 2 】



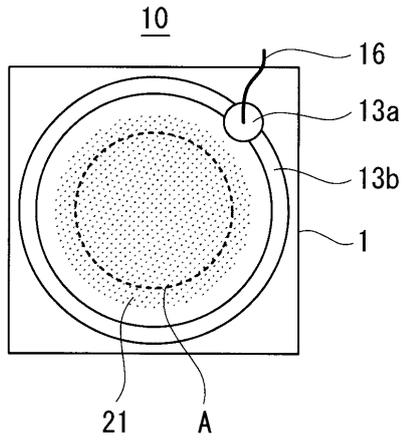
【 図 3 】



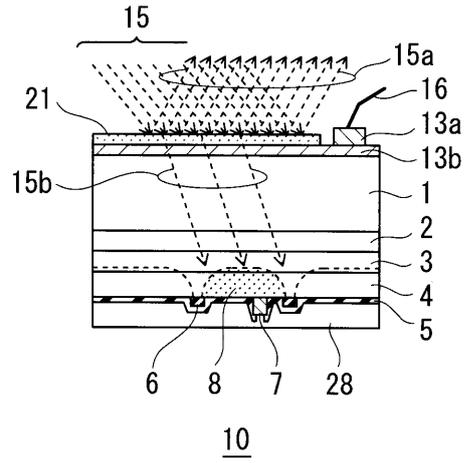
【 図 4 】



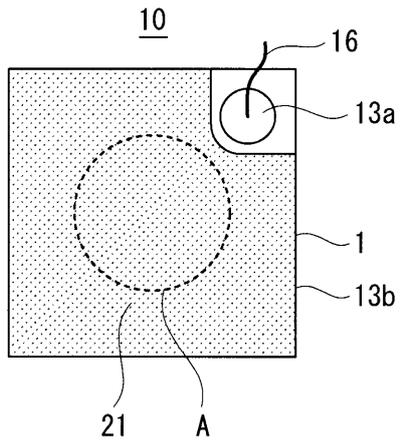
【 図 5 】



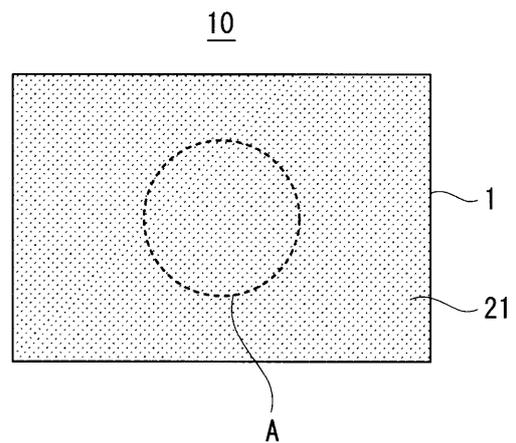
【 図 6 】



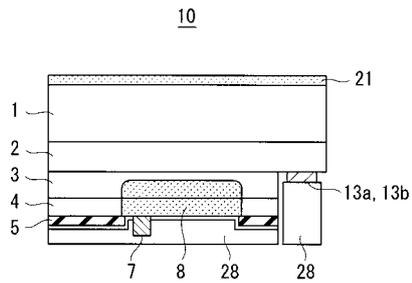
【 図 7 】



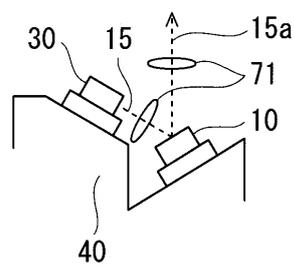
【 図 9 】



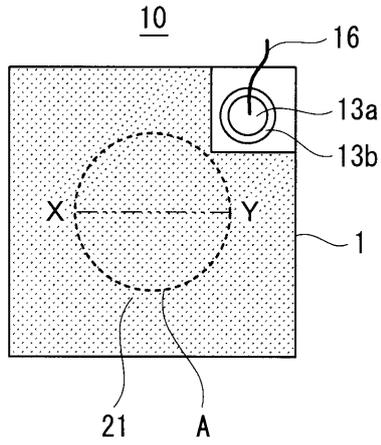
【 図 8 】



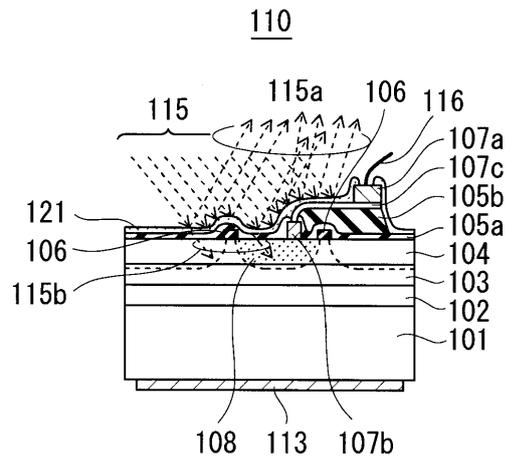
【 図 10 】



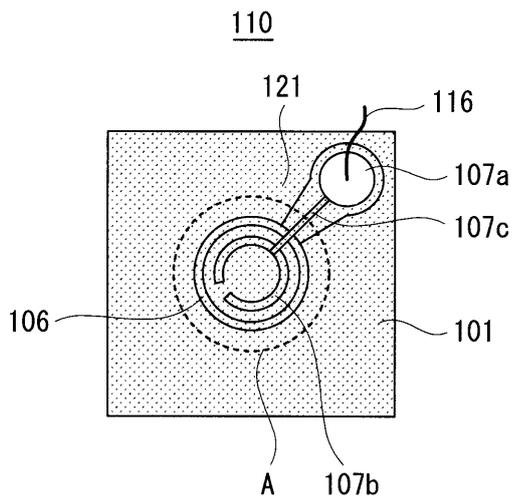
【図 1 1】



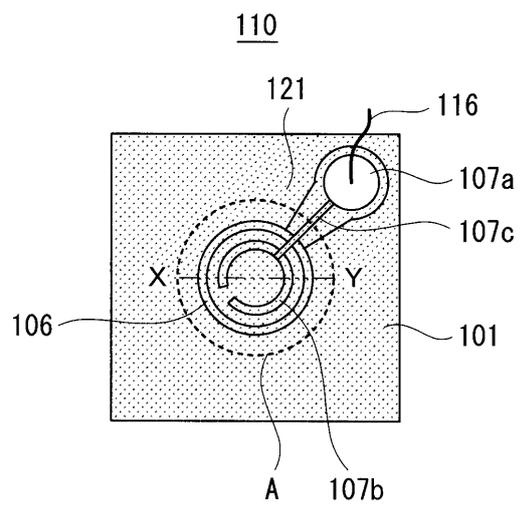
【図 1 2】



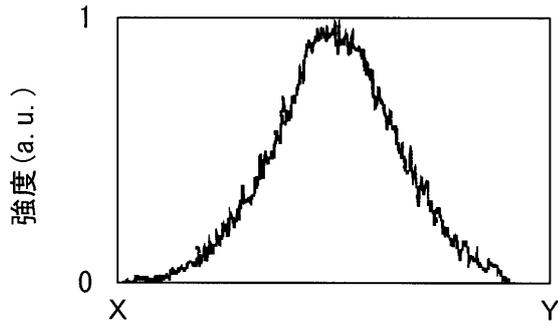
【図 1 3】



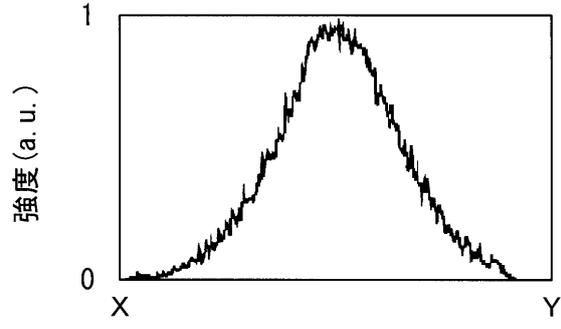
【図 1 4】



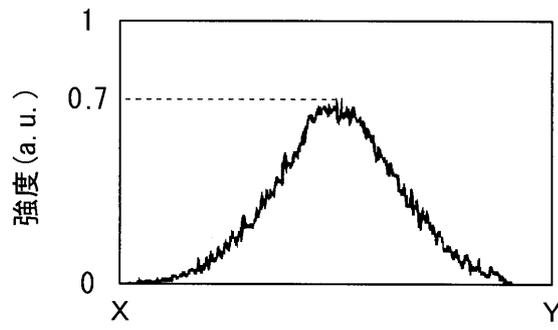
【図15】



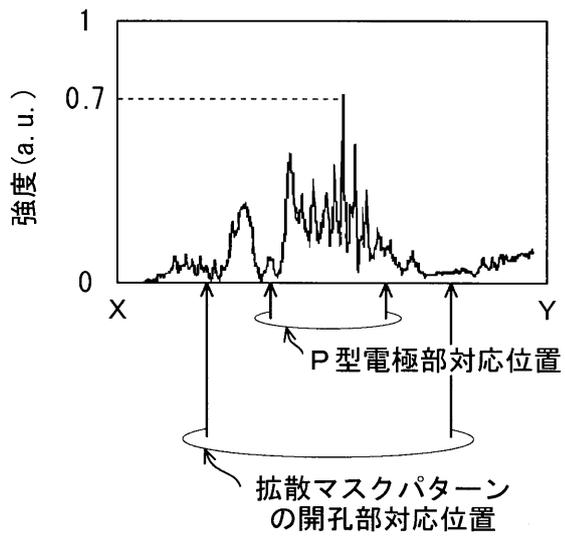
【図17】



【図16】



【図18】



フロントページの続き

(72)発明者 稲田 博史

大阪府大阪市此花区島屋一丁目1番3号 住友電気工業株式会社大阪製作所内

Fターム(参考) 5F049 MA02 MB07 NA20 NB01 PA09 QA03 SS04 SZ16

5F173 MA02 MB01 MC30 ME22 ME88 MF03 MF04 MF29