

(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2015-149389

(P2015-149389A)

(43) 公開日 平成27年8月20日 (2015. 8. 20)

(51) Int. Cl.	F I	テーマコード (参考)
HO 1 L 33/14 (2010.01)	HO 1 L 33/00 1 5 0	5 F 1 4 1
HO 1 L 33/42 (2010.01)	HO 1 L 33/00 2 2 2	5 F 2 4 1

審査請求 未請求 請求項の数 18 O L (全 18 頁)

(21) 出願番号	特願2014-21230 (P2014-21230)	(71) 出願人	302062931 ルネサスエレクトロニクス株式会社 神奈川県川崎市中原区下沼部1753番地
(22) 出願日	平成26年2月6日 (2014. 2. 6)	(74) 代理人	100080001 弁理士 筒井 大和
		(74) 代理人	100113642 弁理士 菅田 篤志
		(74) 代理人	100117008 弁理士 筒井 章子
		(74) 代理人	100147430 弁理士 坂次 哲也
		(72) 発明者	野津 俊介 神奈川県川崎市中原区下沼部1753番地 ルネサスエレクトロニクス株式会社内

最終頁に続く

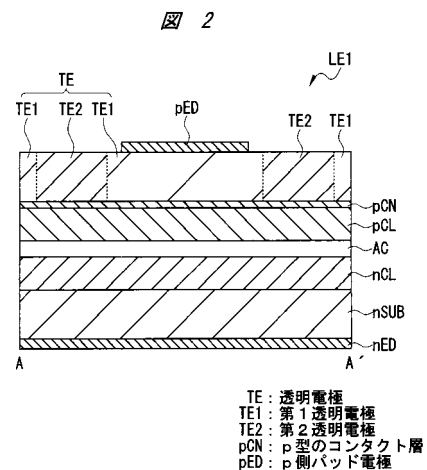
(54) 【発明の名称】 半導体発光素子およびその製造方法

(57) 【要約】

【課題】 発光効率が高く、かつ、素子抵抗が低い半導体発光素子を提供する。

【解決手段】 透明電極 TE を第 1 透明電極 TE 1 と、10 wt % 以下の濃度の金属原子を含む第 2 透明電極 TE 2 と、から構成する。平面視において p 側パッド電極 pED と重なる領域に第 1 透明電極 TE 1 を設け、平面視において p 側パッド電極 pED と重なる領域以外の領域に第 2 透明電極 TE 2 を設ける。第 2 透明電極 TE 2 と p 型のコンタクト層 pCN との接触抵抗が第 1 透明電極 TE 1 と p 型のコンタクト層 pCN との接触抵抗よりも低いことから、p 側パッド電極 pED から注入された電流は第 2 透明電極 TE 2 へ拡散して、平面視において p 側パッド電極 pED と重なる領域以外の領域の活性層 AC に効率よく注入するので、発光効率が高くなる。また、第 2 透明電極 TE 2 と p 型のコンタクト層 pCN との接触抵抗は低いので、素子抵抗が低減する。

【選択図】 図 2



【特許請求の範囲】

【請求項 1】

第 1 面、および前記第 1 面とは反対側の第 2 面を有する基板と、
 前記基板の前記第 1 面上に形成された半導体層と、
 前記半導体層の第 1 領域上に形成された第 1 透明電極と、
 前記半導体層の前記第 1 領域以外の第 2 領域上に形成され、金属原子を含む第 2 透明電極と、
 前記第 1 透明電極上に形成され、前記第 1 透明電極の一部と電氣的に接続する第 1 電極と、
 前記基板の第 2 面上に形成された第 2 電極と、
 を有し、
 前記第 2 透明電極と前記半導体層との接触抵抗が、 $1 \times 10^{-4} \text{ cm}^2$ 以下である、半導体発光素子。

10

【請求項 2】

請求項 1 記載の半導体発光素子において、
 前記第 2 透明電極が含む前記金属原子の濃度は、 $1 \text{ wt} \% \sim 10 \text{ wt} \%$ である、半導体発光素子。

【請求項 3】

請求項 1 記載の半導体発光素子において、
 前記第 2 透明電極が含む前記金属原子の濃度は、 $1 \text{ wt} \% \sim 3 \text{ wt} \%$ である、半導体発光素子。

20

【請求項 4】

請求項 1 ~ 3 のいずれか 1 項に記載の半導体発光素子において、
 前記金属原子は、Ti、Au、または Al である、半導体発光素子。

【請求項 5】

請求項 1 記載の半導体発光素子において、
 前記第 1 および第 2 透明電極の厚さは、 $0.1 \mu\text{m} \sim 10 \mu\text{m}$ である、半導体発光素子。

【請求項 6】

請求項 1 記載の半導体発光素子において、
 前記第 2 透明電極の平面視における形状は、前記第 1 電極の周囲を連続的に囲む形状、複数の円形を互いに離して配置した形状、または複数の多角形を互いに離して配置した形状である、半導体発光素子。

30

【請求項 7】

請求項 1 記載の半導体発光素子において、
 前記第 1 透明電極と前記半導体層との接触抵抗が、 $1 \times 10^{-2} \text{ cm}^2 \sim 5 \times 10^{-2} \text{ cm}^2$ である、半導体発光素子。

【請求項 8】

請求項 1 記載の半導体発光素子において、
 前記第 1 透明電極と前記半導体層との間で、かつ、平面視において前記第 1 電極と重なる領域に絶縁膜が形成されている、半導体発光素子。

40

【請求項 9】

請求項 1 記載の半導体発光素子において、
 前記半導体層は、AlGaAs 系材料、AlGaInAs 系材料、AlGaInP 系材料、AlGaInPAs 系材料、または AlGaInN 系材料からなる、半導体発光素子。

【請求項 10】

(a) 基板の第 1 面上に半導体層を形成する工程、
 (b) 前記半導体層の第 1 領域上に第 1 透明電極を形成し、前記半導体層の前記第 1 領域以外の第 2 領域上に第 2 透明電極を形成する工程、

50

(c) 前記第1透明電極上に前記第1透明電極の一部と接続する第1電極を形成する工程、

(d) 前記基板の前記第1面とは反対側の第2面上に第2電極を形成する工程、
を有し、

前記(b)工程は、

(b1) 前記半導体層上に第3透明電極を形成する工程、

(b2) 前記第2領域の前記第3透明電極上に金属膜を形成する工程、

(b3) 前記(b2)工程の後、熱処理を行い、前記金属膜から前記第2領域の前記第3透明電極へ金属原子を拡散させて、前記第2領域に前記金属原子を含む前記第3透明電極からなる前記第2透明電極を形成し、前記第1領域に前記金属原子を含まない前記第3透明電極からなる前記第1透明電極を形成する工程、

を有し、

前記第2透明電極と前記半導体層との接触抵抗が $1 \times 10^{-4} \text{ cm}^2$ 以下である、半導体発光素子の製造方法。

【請求項11】

請求項10記載の半導体発光素子の製造方法において、

前記第2透明電極が含む前記金属原子の濃度は、1wt%～10wt%である、半導体発光素子の製造方法。

【請求項12】

請求項10記載の半導体発光素子の製造方法において、

前記第2透明電極が含む前記金属原子の濃度は、1wt%～3wt%である、半導体発光素子の製造方法。

【請求項13】

請求項10～12のいずれか1項に記載の半導体発光素子の製造方法において、

前記金属原子は、Ti、Au、またはAlである、半導体発光素子の製造方法。

【請求項14】

請求項10記載の半導体発光素子の製造方法において、

前記第3透明電極の厚さは、 $0.1 \mu\text{m} \sim 10 \mu\text{m}$ である、半導体発光素子の製造方法。

【請求項15】

請求項10記載の半導体発光素子の製造方法において、

前記第2透明電極の平面視における形状は、前記第1電極の周囲を連続的に囲む形状、複数の円形を互いに離して配置した形状、または複数の多角形を互いに離して配置した形状である、半導体発光素子の製造方法。

【請求項16】

請求項10記載の半導体発光素子の製造方法において、

前記第1透明電極と前記半導体層との接触抵抗が、 $1 \times 10^{-2} \text{ cm}^2 \sim 5 \times 10^{-2} \text{ cm}^2$ である、半導体発光素子の製造方法。

【請求項17】

請求項10記載の半導体発光素子の製造方法において、

前記(a)工程と前記(b)工程との間に、さらに

(e) 前記第1領域の全部または一部に絶縁膜を形成する工程、
を含む、半導体発光素子の製造方法。

【請求項18】

請求項10記載の半導体発光素子の製造方法において、

前記半導体層は、AlGaAs系材料、AlGaInAs系材料、AlGaInP系材料、AlGaInPAs系材料、またはAlGaInN系材料からなる、半導体発光素子の製造方法。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

10

20

30

40

50

【 0 0 0 1 】

本発明は半導体発光素子およびその製造技術に関し、例えば透明電極を有する半導体発光素子およびその製造に好適に利用できるものである。

【 背景技術 】

【 0 0 0 2 】

例えば特開 2 0 0 8 - 1 0 5 4 6 号公報 (特許文献 1) に、半導体基板と、発光層形成部と、光取り出し面を構成するウインドウ層と、第 1 の光透過性層と、導電性を有する第 2 の光透過性層と、が順次積層された半導体発光素子が記載されている。この半導体発光素子では、第 1 の光透過性層が、第 2 の光透過性層の構成原子がウインドウ層側に拡散することを阻止する拡散防止膜として機能する。

10

【 先行技術文献 】

【 特許文献 】

【 0 0 0 3 】

【 特許文献 1 】 特開 2 0 0 8 - 1 0 5 4 6 号公報

【 発明の概要 】

【 発明が解決しようとする課題 】

【 0 0 0 4 】

フォトプラ用光源として、透明電極を有する半導体発光素子が用いられている。この半導体発光素子は、例えば n 型の基板の第 1 面上に半導体層および透明電極が順次積層された構造を有しており、透明電極上に透明電極の一部と電氣的に接続された p 側パッド電極、および n 型の基板の第 1 面とは反対側の第 2 面と電氣的に接続された n 側電極が設けられている。上記半導体層は、例えば n 型の基板側から順次積層された n 型のクラッド層、活性層、p 型のクラッド層、および p 型のコンタクト層から構成される。しかしながら、p 側パッド電極の直下の半導体層で発光した光は、p 側パッド電極に遮断されて半導体発光素子の外部へ十分に取り出すことができず、高い発光効率が得られないという課題がある。

20

【 0 0 0 5 】

その他の課題と新規な特徴は、本明細書の記述および添付図面から明らかになるであろう。

【 課題を解決するための手段 】

30

【 0 0 0 6 】

一実施の形態による半導体発光素子は、基板と、基板の第 1 面上に形成された半導体層と、半導体層の第 1 領域上に形成された第 1 透明電極と、半導体層の第 1 領域以外の第 2 領域上に形成された第 2 透明電極と、第 1 透明電極上に形成され、第 1 透明電極の一部と電氣的に接続する第 1 電極と、基板の第 2 面上に形成された第 2 電極と、を有する。第 2 透明電極は 1 0 w t % 以下の濃度の金属原子を含み、第 2 透明電極と半導体層との接触抵抗が $1 \times 10^{-4} \cdot \text{cm}^2$ 以下である。

【 発明の効果 】

【 0 0 0 7 】

一実施の形態によれば、発光効率が高く、かつ、素子抵抗が低い半導体発光素子を提供することができる。

40

【 図面の簡単な説明 】

【 0 0 0 8 】

【 図 1 】 実施の形態 1 による半導体発光素子の要部平面図である。

【 図 2 】 実施の形態 1 による半導体発光素子の要部断面図 (図 1 の A - A ' 線に沿った半導体発光素子の要部断面図) である。

【 図 3 】 実施の形態 1 による製造工程中の半導体発光素子の要部断面図である。

【 図 4 】 図 3 に続く、製造工程中の図 3 と同じ箇所の半導体発光素子の要部断面図である。

【 図 5 】 図 4 に続く、製造工程中の図 3 と同じ箇所の半導体発光素子の要部断面図である。

50

。【図6】図5に続く、製造工程中の図3と同じ箇所の半導体発光素子の要部断面図である。

。【図7】(a)、(b)、(c)、および(d)は、それぞれ第2透明電極の平面視における形状を説明する要部平面図である。

【図8】実施の形態1の変形例による半導体発光素子の要部断面図である。

【図9】実施の形態2による半導体発光素子の要部平面図である。

【図10】実施の形態2による半導体発光素子の要部断面図(図9のA-A'線に沿った半導体発光素子の要部断面図)である。

【発明を実施するための形態】

10

【0009】

以下の実施の形態において、便宜上その必要があるときは、複数のセクションまたは実施の形態に分割して説明するが、特に明示した場合を除き、それらはお互いに無関係なものではなく、一方は他方の一部または全部の変形例、詳細、補足説明等の関係にある。

【0010】

また、以下の実施の形態において、要素の数等(個数、数値、量、範囲等を含む)に言及する場合、特に明示した場合および原理的に明らかに特定の数に限定される場合等を除き、その特定の数に限定されるものではなく、特定の数以上でも以下でもよい。

【0011】

また、以下の実施の形態において、その構成要素(要素ステップ等も含む)は、特に明示した場合および原理的に明らかに必須であると考えられる場合等を除き、必ずしも必須のものではないことは言うまでもない。

20

【0012】

また、「Aからなる」、「Aよりなる」、「Aを有する」、「Aを含む」と言うときは、特にその要素のみである旨明示した場合等を除き、それ以外の要素を排除するものではないことは言うまでもない。同様に、以下の実施の形態において、構成要素等の形状、位置関係等に言及するときは、特に明示した場合および原理的に明らかにそうでないと考えられる場合等を除き、実質的にその形状等に近似または類似するもの等を含むものとする。このことは、上記数値および範囲についても同様である。

【0013】

また、以下の実施の形態で用いる図面においては、平面図であっても図面を見易くするためにハッチングを付す場合もある。また、以下の実施の形態を説明するための全図において、同一機能を有するものは原則として同一の符号を付し、その繰り返しの説明は省略する。以下、本実施の形態を図面に基づいて詳細に説明する。

30

【0014】

(課題の詳細な説明)

前記特許文献1に透明電極(前記特許文献1では第1の光透過性層および第2の光透過性層に該当する)を有する半導体発光素子が記載されている。この半導体発光素子では、第1の光透過性層および第2の光透過性層を貫通する複数の貫通孔が設けられている。そして、これら複数の貫通孔を通して、ウインドウ層に対してオーミック接触をなす島状の複数のコンタクト電極が、パッド電極の直下の領域を除く第1の光透過性層および第2の光透過性層に形成されている。パッド電極から注入された電流は、第1の光透過性層、第2の光透過性層、および複数のコンタクト電極を通り、ウインドウ層およびその下層の活性層へ注入される。

40

【0015】

ところで、透明電極を有する半導体発光素子には、一般に以下に示す解決すべき課題がある。

【0016】

(1)透明電極と半導体層との接触抵抗が高いため、素子抵抗が高い。

【0017】

50

(2) パッド電極の直下の活性層で発光した光は、パッド電極に遮断されて外部発光に寄与しないため、発光効率が悪い。

【0018】

前記特許文献1では、上記(1)の課題に対して、複数のコンタクト電極をウインドウ層に接触させることにより、低い接触抵抗を得ている。また、前記特許文献1では、上記(2)の課題に対して、複数のコンタクト電極を用いてパッド電極の直下の領域を除く第1の光透過性層および第2の光透過性層に電流を分散注入させることにより、発光効率の低下を防いでいる。しかしながら、複数のコンタクト電極が活性層で発光した光を遮断するため、光取り出し効率が低下して、高い発光効率を得られない。

【0019】

(実施の形態1)
半導体発光素子

実施の形態1による半導体発光素子の構造を図1および図2を用いて説明する。図1は、半導体発光素子の要部平面図である。図2は、半導体発光素子の要部断面図(図1のA-A'線に沿った半導体発光素子の要部断面図)である。

【0020】

図1および図2に示すように、半導体発光素子LE1は、n型の基板nSUBの第1面(表面、主面)上に、n型のクラッド層nCL、活性層(発光層)AC、p型のクラッド層pCL、p型のコンタクト層pCN、および透明電極TEが順次積層された構造を有している。

【0021】

さらに、透明電極TE上に、透明電極TEの一部と電氣的に接続するp側パッド電極(p側電極、パッド電極、第1電極)pEDが形成され、n型の基板nSUBの第1面とは反対側の第2面(裏面)の全面と電氣的に接続するn側電極(第2電極)nEDが形成されている。p側パッド電極pEDは、平面視において半導体発光素子LE1の中央部に配置しており、p側パッド電極pEDの平面視における形状(以下、平面形状と言う)は単一の円形である。

【0022】

n型の基板nSUBは、例えばGaAs(ガリウム砒素)からなり、n型のクラッド層nCLは、例えばSi(珪素)が添加されたAlGaAs(アルミニウムガリウム砒素)からなる。活性層ACは、例えばAlGaAsからなる。p型のクラッド層pCLは、例えばAlGaAsからなる。p型のコンタクト層pCNは、例えばC(炭素)が添加されたGaAsからなる。

【0023】

半導体発光素子LE1では、p側パッド電極pEDから注入された電流が、透明電極TEで拡散されてp型のコンタクト層pCN、p型のクラッド層pCL、および活性層ACに注入され、p型のクラッド層pCLと活性層ACとの接合面で発光した光が、p側パッド電極pEDの側から取り出される。

【0024】

実施の形態1による半導体発光素子LE1では、透明電極TEの構成が主要な特徴となっており、その詳細および効果等について以降の説明で明らかにする。

【0025】

透明電極TEは、例えば酸化インジウムスズ(Indium Tin Oxide; 以下、ITOと言う)膜であり、その厚さは、例えば0.1μm~10μm程度である。そして、この透明電極TEは、第1領域に形成された第1透明電極TE1と、第1領域以外の第2領域に形成された第2透明電極TE2と、から構成される。

【0026】

第2透明電極TE2内には、10wt%以下の濃度の金属原子、例えばTi(チタン)が拡散している。第2透明電極TE2がTiを含むことにより、第2透明電極TE2とp型のコンタクト層pCNとの接触抵抗が、第1透明電極TE1とp型のコンタクト層pC

10

20

30

40

50

Nとの接触抵抗よりも低くなっている。第1透明電極TE1とp型のコンタクト層pCNとの接触抵抗は、例えば $1 \times 10^{-2} \cdot \text{cm}^2 \sim 5 \times 10^{-2} \cdot \text{cm}^2$ の範囲である。これに対して、第2透明電極TE2とp型のコンタクト層pCNとの接触抵抗は、例えば $1 \times 10^{-4} \cdot \text{cm}^2$ 以下である。

【0027】

半導体発光素子LE1では、平面視においてp側パッド電極pEDと重なる領域に第1透明電極TE1が形成されており、平面視においてp側パッド電極pEDと重なる領域以外の領域に第2透明電極TE2が形成されている。具体的には、平面視においてp側パッド電極pEDの周縁から外側に所定の距離を有する位置から、半導体発光素子LE1の周縁までの間に、p側パッド電極pEDの周囲を連続的に囲む第2透明電極TE2を形成している。

10

【0028】

言い換えると、平面視において第2透明電極TE2は四角形の外形（外側の輪郭）と円形の内形（内側の輪郭）とで囲まれた形状であり、外形を構成する四角形よりも内形を構成する円形の方が小さく、p側パッド電極pEDは内形を構成する円形に平面視において内包されている。また、平面視においてp側パッド電極pEDは第2透明電極TE2と重なっておらず、第2透明電極TE2で囲まれた閉領域内にp側パッド電極pEDが配置されている。

【0029】

なお、図1および図2では、半導体発光素子LE1の周縁部に第2透明電極TE2を形成していない半導体発光素子LE1の構造を例示しているが、半導体発光素子LE1の周縁部に第2透明電極TE2を形成してもよい。

20

【0030】

第2透明電極TE2とp型のコンタクト層pCNとの接触抵抗が、第1透明電極TE1とp型のコンタクト層pCNとの接触抵抗よりも約2桁以上低いことから、p側パッド電極pEDから注入された電流は、第2透明電極TE2を拡散してp型のコンタクト層pCNへ注入される。すなわち、p側パッド電極pEDから注入された電流は、平面視においてp側パッド電極pEDと重なる領域以外の領域の活性層ACに効率よく注入される。その結果、p型のクラッド層pCLと活性層ACとの接合面で発光した光を効率よく取り出すことができ、高い発光効率を得られる。

30

【0031】

また、第2透明電極TE2とp型のコンタクト層pCNとの接触抵抗が、例えば $1 \times 10^{-4} \cdot \text{cm}^2$ 以下の低い値となるので、素子抵抗を低減することができる。

【0032】

また、第2透明電極TE2内に拡散したTiの濃度は10wt%以下であるので、第2透明電極TE2の透過率は著しく低下せず、例えば95%以上の透過率を得られる。従って、第2透明電極TE2内に拡散したTiは、発光効率に影響を及ぼさない。

【0033】

前述の図1および図2では、平面視においてp側パッド電極pEDの周縁から外側に所定の距離を有する位置から、半導体発光素子LE1の周縁までの間に、p側パッド電極pEDの周囲を連続的に囲む第2透明電極TE2を記載している。しかし、平面視においてp側パッド電極pEDの周縁と重なる位置から半導体発光素子LE1の周縁までの間に、p側パッド電極pEDの周囲を連続的に囲む第2透明電極TE2を形成してもよい。

40

【0034】

ただし、平面視においてp側パッド電極pEDと第2透明電極TE2とが重なると、両者が重なった領域のp型のクラッド層pCLと活性層ACとの接合面で発光した光は、p側パッド電極pEDに遮断されて外部発光に寄与しない。このため、平面視においてp側パッド電極pEDと第2透明電極TE2とは重ならないことが望ましい。

【0035】

半導体発光素子の製造方法

50

実施の形態 1 による半導体発光素子の製造方法を図 3 ~ 図 6 を用いて工程順に説明する。図 3 ~ 図 6 は、製造工程中の半導体発光素子の要部断面図である。

【0036】

まず、図 3 に示すように、第 1 面と、第 1 面とは反対側の第 2 面と、を有する n 型の基板 n S U B を準備する。n 型の基板 n S U B は、この段階ではウエハと称する平面略円形状の半導体の薄板であり、例えば Si 濃度が $1 \times 10^{18} \text{ cm}^{-3}$ 程度の Ga A s 基板である。

【0037】

次に、n 型の基板 n S U B の第 1 面上に n 型のクラッド層 n C L、活性層 A C、p 型のクラッド層 p C L、および p 型のコンタクト層 p C N を順次積層する。n 型のクラッド層 n C L、活性層 A C、p 型のクラッド層 p C L、および p 型のコンタクト層 p C N は、例えば有機金属化学気相成長法 (Metal Organic Chemical Vapor Deposition; 以下、M O C V D 法と言う) を用いた結晶成長により形成される。

10

【0038】

n 型のクラッド層 n C L は、例えば Si が添加された A l G a A s からなる。この A l G a A s に添加された Si の濃度は、例えば $1 \times 10^{18} \text{ cm}^{-3}$ 程度であり、n 型のクラッド層 n C L の厚さは、例えば $0.6 \mu\text{m}$ 程度である。活性層 A C は、例えば A l G a A s からなり、その厚さは、例えば $0.3 \mu\text{m}$ 程度である。p 型のクラッド層 p C L は、例えば A l G a A s からなり、その厚さは、例えば $0.6 \mu\text{m}$ 程度である。p 型のコンタクト層 p C N は、例えば C が添加された G a A s からなる。この G a A s に添加された C の濃度は、例えば $5 \times 10^{18} \text{ cm}^{-3}$ 程度であり、p 型のコンタクト層 p C N の厚さは、例えば $0.03 \mu\text{m}$ 程度である。

20

【0039】

ここで、活性層 A C の組成は、光波長が赤色、橙色、黄色、黄緑色、または緑色などの所定の波長帯になるように適宜決められる。また、n 型のクラッド層 n C L および p 型のクラッド層 p C L の組成は、n 型のクラッド層 n C L および p 型のクラッド層 p C L のバンドギャップがそれぞれ活性層 A C のバンドギャップよりも広くなるように決められる。

【0040】

M O C V D 法において用いる原料としては、例えば T M G ($\text{C}_3\text{H}_9\text{Ga}$; Trimethyl gallium (トリメチルガリウム))、T M A ($\text{C}_3\text{H}_9\text{Al}$; Trimethyl aluminium (トリメチルアルミニウム))、または T M I ($\text{C}_3\text{H}_9\text{In}$; Trimethyl indium (トリメチルインジウム)) などの有機金属、あるいは A s H₃ (Arsine (アルシン)) などの水素化物ガスが挙げられる。Si の原料としては、例えば S i H₄ (Silane (シラン)) を用い、C の原料としては、例えば C B r₄ (四臭化炭素) を用いる。また、M O C V D 法における結晶成長の温度は、例えば $700 \sim 750$ 程度である。

30

【0041】

次に、p 型のコンタクト層 p C N 上に、透明電極 T E 0 を形成する。透明電極 T E 0 としては、主として I T O 膜を例示することができる。I T O 膜は、例えばスパッタリング法、蒸着法、プラズマ C V D (Chemical Vapor Deposition) 法、またはゾルゲル法などにより形成される。スパッタリング法により I T O 膜を形成する際には、透過率が高く、かつ、抵抗の低い (例えば $10^{-4} \cdot \text{cm}$ 程度) I T O 膜を得るために、成膜温度は、例えば $350 \sim 450$ 程度、堆積厚さは、例えば $0.1 \mu\text{m} \sim 10 \mu\text{m}$ 程度が望ましい。

40

【0042】

透明電極 T E 0 と p 型のコンタクト層 p C N との接触抵抗は、例えば $1 \times 10^{-2} \cdot \text{cm}^2 \sim 5 \times 10^{-2} \cdot \text{cm}^2$ の範囲である。

【0043】

次に、図 4 に示すように、後の工程で第 2 透明電極 T E 2 が形成される領域に、透明電極 T E 0 と接する金属膜 M F を形成する。ここでは、金属膜 M F は、後の工程で p 側パッド電極 p E D が形成される領域を囲むように形成される。金属膜 M F は、T i 膜または T

50

i を下層とする金属多層膜である。この金属多層膜は、例えばTiを下層としAu（金）を上層とする金属多層膜（Ti/Au膜）、またはTiを下層としAl（アルミニウム）を上層とする金属多層膜（Ti/Al膜）などであり、金属多層膜の上層を構成する金属層（例えばAuおよびAl）は、表面酸化を防止する機能を有する。金属膜MFは後述するように、Tiの拡散源となるので、Ti膜および金属多層膜の下層を構成するTi層の厚さは、例えば1nm～100nm程度が望ましい。

【0044】

金属膜MFは、例えば以下の製造工程で形成することができる。まず、透明電極TE0上に、リソグラフィ法によりレジストパターンを形成する。このレジストパターンは、後の工程で第2透明電極TE2が形成される領域以外の領域の透明電極TE0上に形成される。続いて、透明電極TE0上に、真空蒸着法またはスパッタリング法により、Ti膜またはTiを下層とする金属多層膜を堆積する。続いて、上記レジストパターンを除去することにより、後の工程で第2透明電極TE2が形成される領域以外の領域のTi膜またはTiを下層とする金属多層膜を除去する。これにより、後の工程で第2透明電極TE2が形成される領域の透明電極TE0上に、Ti膜またはTiを下層とする金属多層膜からなる金属膜MFを形成する。

10

【0045】

次に、図5に示すように、窒素雰囲気中で熱処理を行い、金属膜MFを構成するTiの一部が、金属膜MFと透明電極TE0との接合面から透明電極TE0とp型のコンタクト層pCNとの接合面までの間の透明電極TE0に拡散して、Tiを含む第2透明電極TE2が形成される。上記熱処理の温度は、例えば500～600程度であり、熱処理の時間は、例えば20分程度である。

20

【0046】

第2透明電極TE2に含まれるTiの濃度が高くなるに従い、第2透明電極TE2とp型のコンタクト層pCNとの接触抵抗は低下するが、同時に、第2透明電極TE2の透過率は低下する。そこで、実施の形態1では、第2透明電極TE2とp型のコンタクト層pCNとの接触抵抗が $1 \times 10^{-4} \text{ } \cdot \text{cm}^2$ 以下で、かつ、第2透明電極TE2の透過率が95%以上となるように、第2透明電極TE2に含まれるTiの濃度を設定した。上記条件を満たす第2透明電極TE2に含まれるTiの濃度として、例えば1wt%～10wt%が適切な範囲と考えられ、さらに、1wt%～3wt%が最も好適な範囲と考えられる。

30

【0047】

また、第2透明電極TE2に含まれるTiの濃度分布は、第2透明電極TE2とp型のコンタクト層pCNとの接触抵抗が $1 \times 10^{-4} \text{ } \cdot \text{cm}^2$ 以下であり、かつ、第2透明電極TE2の透過率が95%以上であれば、平面方向および垂直方向に対して、均一でも不均一でもよい。

【0048】

次に、第2透明電極TE2上に残存する金属膜MFを、例えばウェットエッチング法により除去する。第2透明電極TE2上に金属膜MFを残しておくと、金属膜MFが光の取り出しを阻害するので、金属膜MFは除去することが望ましい。ただし、第2透明電極TE2上に残存する金属膜MFの厚さが、例えば2nm以下であれば、光の取り出しに影響を及ぼさないので、第2透明電極TE2上に金属膜MFを除去せずに、残してもよい。

40

【0049】

これにより、p型のコンタクト層pCN上に、Tiを含まない透明電極TE0からなる第1透明電極TE1と、Tiを含む透明電極TE0からなる第2透明電極TE2と、が形成される。

【0050】

次に、図6に示すように、第1透明電極TE1と電氣的に接続するp側パッド電極pED、およびn型の基板nSUBと電氣的に接続するn側電極nEDを形成する。

【0051】

50

p側パッド電極 pEDは、例えばTiおよびAlを下から順に積層した金属多層膜(Ti/Al膜)、TiおよびAuを下から順に積層した金属多層膜(Ti/Au膜)、またはTi、Pt(白金)、およびAuを下から順に積層した金属多層膜(Ti/Pt/Au膜)などである。p側パッド電極 pEDは、このような金属多層膜を、第1透明電極TE1に、例えばマスクを用いた真空蒸着法またはスパッタリング法で堆積することによって形成される。

【0052】

p側パッド電極 pEDの平面形状は、単一の円形(前述の図1参照)である。また、p側パッド電極 pEDの直径は、p側パッド電極 pEDと、p側パッド電極 pEDに接続される導電性部材とのボンディングが安定して行えるように100 μ m以上が望ましい。一方で、p側パッド電極 pEDの直下の活性層ACで発光した光は、p側パッド電極 pEDに遮断されて外部発光に寄与しないため、p側パッド電極 pEDの直径は150 μ m以下が望ましい。

10

【0053】

n側電極 nEDは、例えばAuGe(金ゲルマニウム)、Ni(ニッケル)、およびAuをn型の基板nSUBの第2面側から順に積層した金属多層膜(AuGe/Ni/Au膜)などである。n側電極 nEDは、このような金属多層膜を、n型の基板nSUBの第2面の全面に、例えば真空蒸着法またはスパッタリング法で堆積することによって形成される。

【0054】

次に、n型の基板nSUBを複数のチップに個片化して、個々の半導体発光素子LE1を形成する。n型の基板nSUBの分割は、例えばダイシング法またはスクライブ・プレーキング法を用いて行う。チップの平面形状は四角形からなり、その1辺のサイズは、例えば200 μ m~400 μ mである。

20

【0055】

実施の形態1では、AlGaAs系の化合物半導体材料を用いた半導体発光素子LE1を例示しているが、これに限定されるものではない。例えばAlGaInAs(アルミニウムガリウムインジウム砒素)系、AlGaInP(アルミニウムガリウムインジウムリン)系、AlGaInPAs(アルミニウムガリウムインジウムリン砒素)系、AlGaInN(アルミニウムガリウムインジウム窒素)系などの化合物半導体材料を用いてもよい。これら化合物半導体材料を用いた半導体発光素子においても、AlGaAs系の化合物半導体材料を用いた半導体発光素子LE1と同様の効果を得ることができる。

30

【0056】

また、実施の形態1では、透明電極TEにITO膜を用いたが、これに限定されるものではない。例えばITO膜に代えて、錫酸化物またはニッケル酸化物などの透光性を有する導電材料を用いてもよい。

【0057】

また、実施の形態1では、第2透明電極TE2内に拡散する金属原子として、Tiを用いたが、これに限定されるものではない。例えばAuまたはAlを用いてもよい。

【0058】

また、実施の形態1では、高い発光効率を得るために、平面視においてp側パッド電極 pEDと第2透明電極TE2とが重ならないように、第2透明電極TE2を形成した。しかし製造工程における合わせズレ等を考慮して、平面視において第2透明電極TE2の一部がp側パッド電極 pEDと重なる態様を除外するものではない。

40

【0059】

また、実施の形態1では、第2透明電極TE2を、平面視においてp側パッド電極 pEDが形成された領域以外のほぼ全領域を囲むように形成しているが、これに限定されるものではない。

【0060】

第2透明電極TE2の平面視における他の形状を図7を用いて説明する。図7(a)、

50

(b)、(c)、および(d)は、それぞれ第2透明電極TE2の平面視における形状を説明する要部平面図である。

【0061】

図7(a)に示すように、第2透明電極TE2の平面視における形状を、所定の幅を有してp側パッド電極PEDの周囲を連続的に囲む環状の形状としてもよい。例えば第2透明電極TE2の平面視における形状を、第1直径を有する第1円形から、第1直径よりも小さい第2直径を有し、第1円形と中心が同じである第2円形を除いた環状の形状とすることができる。平面視において第2円形内にp側パッド電極PEDが配置される。

【0062】

言い換えると、平面視において第2透明電極TE2は円形の外形(外側の輪郭)と円形の内形(外側の輪郭)とで囲まれた環状(ループ形状)の形状であり、外形を構成する円形よりも内形を構成する円形の方が小さく、p側パッド電極PEDは内形を構成する円形に平面視において内包されている。また、平面視においてp側パッド電極PEDは第2透明電極TE2と重なっておらず、第2透明電極TE2で囲まれた閉領域内にp側パッド電極PEDが配置されている。なお、環状は一般に円形を意味するが、円形に限定されるものではない。

10

【0063】

また、図7(b)に示すように、第2透明電極TE2の平面視における形状を、所定の幅を有してp側パッド電極PEDの周囲を連続的に囲み、角部を有する枠状の形状としてもよい。例えば第2透明電極TE2の平面視における形状を、第1四角形から、第1四角形を縮小した第2四角形と中心が同じである第2四角形を除いた枠状の形状とすることができる。平面視において第2四角形内にp側パッド電極PEDが配置される。

20

【0064】

言い換えると、平面視において第2透明電極TE2は四角形の外形と四角形の内形とで囲まれた枠状の形状であり、外形を構成する四角形よりも内形を構成する四角形の方が小さく、p側パッド電極PEDは内形を構成する四角形に平面視において内包されている。また、平面視においてp側パッド電極PEDは第2透明電極TE2と重なっておらず、第2透明電極TE2で囲まれた閉領域内にp側パッド電極PEDが配置されている。

【0065】

また、図7(c)に示すように、第2透明電極TE2の平面視における形状を、p側パッド電極PEDの周囲に、複数の円形を規則的にまたは不規則的に互いに離して配置した形状としてもよい。また、図7(d)に示すように、第2透明電極TE2の平面視における形状を、p側パッド電極PEDの周囲に、複数の多角形(代表的な形状としては四角形)を規則的または不規則的に互いに離して配置した形状としてもよい。

30

【0066】

また、実施の形態1では、p側パッド電極PEDの平面形状を単一の円形としているが、単一の多角形、複数の円形、または複数の多角形としてもよい。また、平面視においてp側パッド電極PEDを半導体発光素子LE1の中央部に配置しているが、フォトマスクなどへの組み込みを考慮して、平面視においてp側パッド電極PEDを半導体発光素子LE1の端部へ寄せて形成してもよい。

40

【0067】

また、実施の形態1では、n側電極nEDをn型の基板nSUBの第2面の全面に形成しているが、n型の基板nSUBをチップに個片化した際の不具合などを考慮して、n側電極nEDの平面形状を複数の円形または複数の多角形としてもよい。

【0068】

また、実施の形態1では、p型半導体側に、導電性部材をボンディングするためのp側パッド電極PEDを形成した構成の半導体発光素子LE1を例示したが、n型半導体側に、導電性部材をボンディングするためのn側パッド電極を形成した構成の半導体発光素子であってもよい。

【0069】

50

このように、実施の形態 1 によれば、p 側パッド電極 p E D から注入された電流は、平面視において p 側パッド電極 p E D と重なる領域以外の領域の活性層 A C に効率よく注入される。その結果、p 型のクラッド層 p C L と活性層 A C との接合面で発光した光を効率よく取り出せるので、高い発光効率を得られる。

【0070】

また、第 2 透明電極 T E 2 と p 型のコンタクト層 p C N との接触抵抗は、例えば $1 \times 10^{-4} \text{ cm}^2$ 以下の低い値であるので、素子抵抗を低減することができる。

【0071】

従って、発光効率が高く、かつ、素子抵抗が低い半導体発光素子 L E 1 を実現することができる。

【0072】

変形例

実施の形態 1 の変形例による半導体発光素子について図 8 を用いて説明する。図 8 は、半導体発光素子の要部断面図である。

【0073】

前述した半導体発光素子 L E 1 では、透明電極 T E を第 1 透明電極 T E 1 および第 2 透明電極 T E 2 により構成したが、変形例による半導体発光素子 L E 2 では、図 8 に示すように、透明電極 T E を全て第 2 透明電極 T E 2 により構成する。すなわち、p 型のコンタクト層 p C N 上に、T i を拡散した I T O 膜からなる第 2 透明電極 T E 2 のみを形成する。

【0074】

これにより、透明電極 T E と p 型のコンタクト層 p C N との接触抵抗が、例えば $1 \times 10^{-4} \text{ cm}^2$ 以下の低い値となるので、半導体発光素子 L E 2 は、半導体発光素子 L E 1 よりも素子抵抗を低減することができる。

【0075】

ただし、p 側パッド電極 p E D から注入された電流は、透明電極 T E の全体を拡散して p 型のコンタクト層 p C N へ注入される。すなわち、p 側パッド電極 p E D から注入された電流は、平面視において p 側パッド電極 p E D と重なる領域にも注入される。従って、半導体発光素子 L E 2 は、半導体発光素子 L E 1 と比べると、p 型のクラッド層 p C L と活性層 A C との接合面で発光した光を効率よく取り出せないで、発光効率は低下する。

【0076】

(実施の形態 2)

半導体発光素子

実施の形態 2 による半導体発光素子の構造を図 9 および図 10 を用いて説明する。図 9 は、半導体発光素子の要部平面図である。図 10 は、半導体発光素子の要部断面図(図 9 の A - A' 線に沿った半導体発光素子の要部断面図)である。

【0077】

実施の形態 2 による半導体発光素子 L E 3 が、前述した実施の形態 1 による半導体発光素子 L E 1 と相違する点は、p 型のコンタクト層 p C N と第 1 透明電極 T E 1 との間で、かつ、平面視において p 側パッド電極 p E D と重なる領域にブロック層 B L を形成したことである。ここでは、半導体発光素子 L E 3 に設けられたブロック層 B L の構成およびその効果について説明し、その他の構成などは前述した半導体発光素子 L E 1 と同様であるため、その説明を省略する。

【0078】

図 9 および図 10 に示すように、ブロック層 B L は、p 型のコンタクト層 p C N と第 1 透明電極 T E 1 との間で、かつ、平面視において p 側パッド電極 p E D と重なる領域に形成されている。ブロック層 B L の平面視における形状(以下、平面形状と言う)は単一の円形であり、ブロック層 B L の平面形状の寸法(直径)は、p 側パッド電極 p E D の平面形状の寸法(直径)よりも大きく、平面視において第 2 透明電極 T E 2 に達しない大きさである。すなわち、平面視において第 1 透明電極 T E 1 が形成された領域内にブロック層

10

20

30

40

50

B Lは形成されている。

【0079】

ただし、ブロック層B Lの平面形状は、これに限定されるものではなく、例えばp側パッド電極p E Dの平面形状に合わせて、単一の多角形、複数の円形、または複数の多角形としてもよい。また、ブロック層B Lの平面形状の寸法は、p側パッド電極p E Dの平面形状の寸法と同じであってもよく、また、p側パッド電極p E Dの平面形状の寸法よりも小さくてもよい。

【0080】

ブロック層B Lは絶縁膜であり、例えばSiO₂（酸化シリコン）からなる。ブロック層B Lの厚さは、透明電極T Eが分断されることなく、ブロック層B Lおよびp型のコンタクト層p C Nを覆うように形成できる厚さであればよく、例えば透明電極T Eの厚さよりも薄いことが望ましい。

10

【0081】

ブロック層B Lは、p型のコンタクト層p C N上に、CVD法またはスパッタリング法により絶縁膜を形成した後、この絶縁膜をリソグラフィ法およびエッチング法により加工することにより、形成される。

【0082】

前述した実施の形態1による半導体発光素子L E 1では、第1透明電極T E 1とp型のコンタクト層p C Nとの接触抵抗を、第2透明電極T E 2とp型のコンタクト層p C Nとの接触抵抗よりも高くすることで、p側パッド電極p E Dから注入された電流を、平面視においてp側パッド電極p E Dと重なる領域の活性層A Cへ流れ難くしている。しかし、上記半導体発光装置L E 1では、微量ではあるが、平面視においてp側パッド電極p E Dと重なる領域の活性層A Cに電流が流れる。

20

【0083】

これに対して、実施の形態2による半導体発光素子L E 3では、平面視においてp側パッド電極p E Dと重なる領域の活性層A Cへの電流の流れを完全に防止することができる。その結果、半導体発光素子L E 3は、半導体発光素子L E 1と比べて、p型のクラッド層p C Lと活性層A Cとの接合面で発光した光を効率よく取り出せるので、高い発光効率が得られる。

【0084】

また、透明電極T Eとp型のコンタクト層p C Nとの接触面積は、ブロック層B Lを設けることで減少する。しかし、前述した実施の形態1による半導体発光素子L E 1と同様に、第2透明電極T E 2とp型のコンタクト層p C Nとの接触抵抗は、例えば $1 \times 10^{-4} \text{ cm}^2$ 以下と低い値であるので、素子抵抗を低減することができる。

30

【0085】

なお、前述した実施の形態1の変形例による半導体発光素子L E 2に、実施の形態2を適用することもできる。すなわち、前述の図8に示した半導体発光素子L E 2において、p型のコンタクト層p C Nと透明電極T E（第2透明電極T E 2）との間で、かつ、平面視においてp側パッド電極p E Dと重なる領域に、ブロック層B Lを形成してもよい。これにより、平面視においてp側パッド電極p E Dと重なる領域の活性層A Cへの電流の流れを完全に防止することができる。

40

【0086】

このように、実施の形態2によれば、発光効率が高く、かつ、素子抵抗が低い半導体発光素子L E 3を実現することができる。

【0087】

以上、本発明者によってなされた発明を実施の形態に基づき具体的に説明したが、本発明は前記実施の形態に限定されるものではなく、その要旨を逸脱しない範囲で種々変更可能であることはいうまでもない。

【0088】

例えば前記実施の形態では、フォトコプラ用光源（発光素子）に適用される半導体発光

50

素子について説明したが、実施の形態による半導体発光素子は、例えばLED (Light Emitting Diode) のバックライトまたはLED照明などにも適用することができる。

【0089】

本発明は少なくとも以下の実施の形態を含む。

【0090】

〔付記1〕

第1面、および前記第1面とは反対側の第2面を有する基板と、

前記基板の前記第1面上に形成された半導体層と、

前記半導体層上に形成され、金属原子を含む透明電極と、

前記透明電極上に形成され、前記透明電極の一部と電氣的に接続する第1電極と、

前記基板の第2面上に形成された第2電極と、

を有し、

前記透明電極と前記半導体層との接触抵抗が、 $1 \times 10^{-4} \text{ cm}^2$ 以下である、半導体発光素子。

【0091】

〔付記2〕

付記1記載の半導体発光素子において、

前記透明電極に拡散された前記金属原子の濃度は、1wt%～10wt%である、半導体発光素子。

【0092】

〔付記3〕

付記1記載の半導体発光素子において、

前記透明電極に拡散された前記金属原子の濃度は、1wt%～3wt%である、半導体発光素子。

【0093】

〔付記4〕

付記1～3のいずれか1項に記載の半導体発光素子において、

前記金属原子は、Ti、Au、またはAlである、半導体発光素子。

【0094】

〔付記5〕

付記1記載の半導体発光素子において、

前記透明電極の厚さは、 $0.1 \mu\text{m} \sim 10 \mu\text{m}$ である、半導体発光素子。

【0095】

〔付記6〕

付記1記載の半導体発光素子において、

前記透明電極と前記半導体層との間で、かつ、平面視において前記第1電極と重なる領域に絶縁膜が形成されている、半導体発光素子。

【0096】

〔付記7〕

付記1記載の半導体発光素子において、

前記半導体層は、AlGaAs系材料、AlGaInAs系材料、AlGaInP系材料、AlGaInPAs系材料、AlGaInN系材料からなる、半導体発光素子。

【符号の説明】

【0097】

AC 活性層 (発光層)

BL ブロック層

LE1, LE2, LE3 半導体発光素子

MF 金属膜

nCL n型のクラッド層

nED n側電極 (第2電極)

10

20

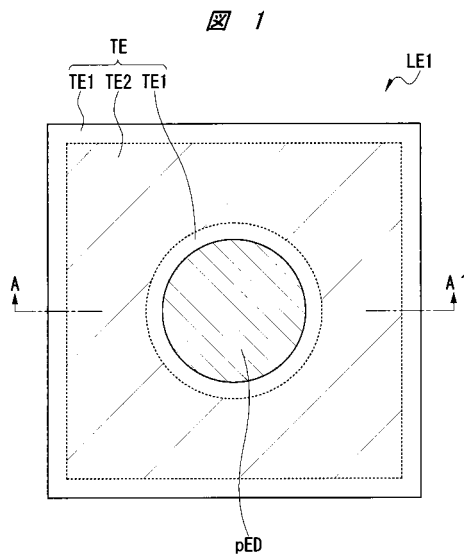
30

40

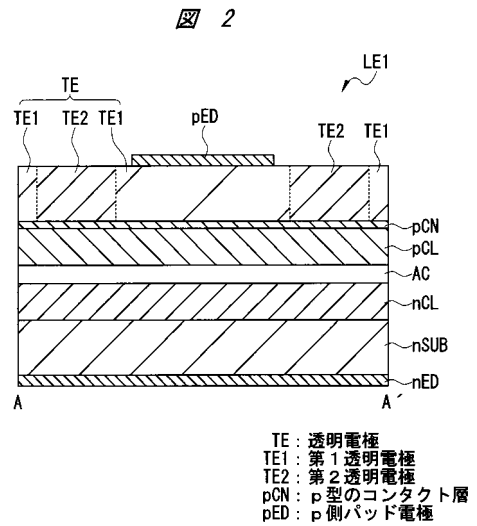
50

- n S U B n 型の基板
- p C L p 型のクラッド層
- p C N p 型のコンタクト層
- p E D p 側パッド電極 (p 側電極、パッド電極、第 1 電極)
- T E , T E 0 透明電極
- T E 1 第 1 透明電極
- T E 2 第 2 透明電極

【 図 1 】

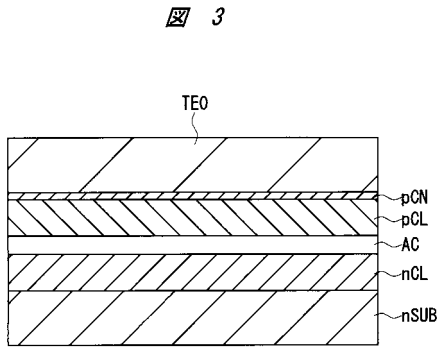


【 図 2 】

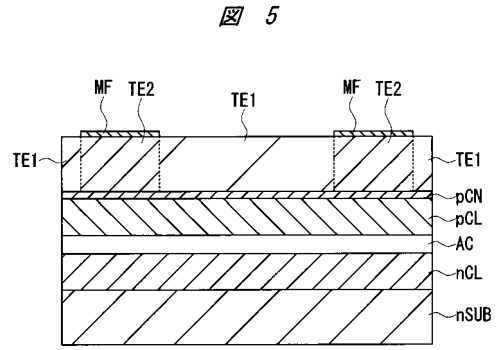


- TE : 透明電極
- TE1 : 第 1 透明電極
- TE2 : 第 2 透明電極
- pCN : p 型のコンタクト層
- pED : p 側パッド電極

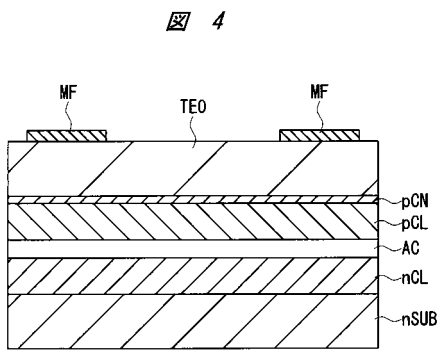
【 図 3 】



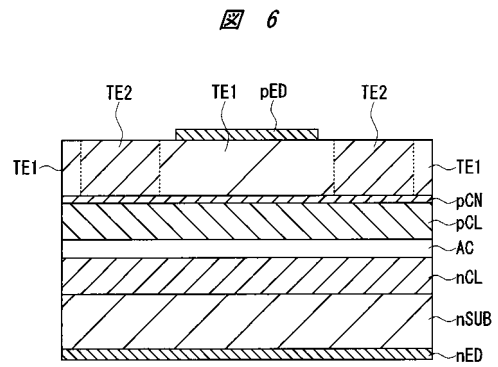
【 図 5 】



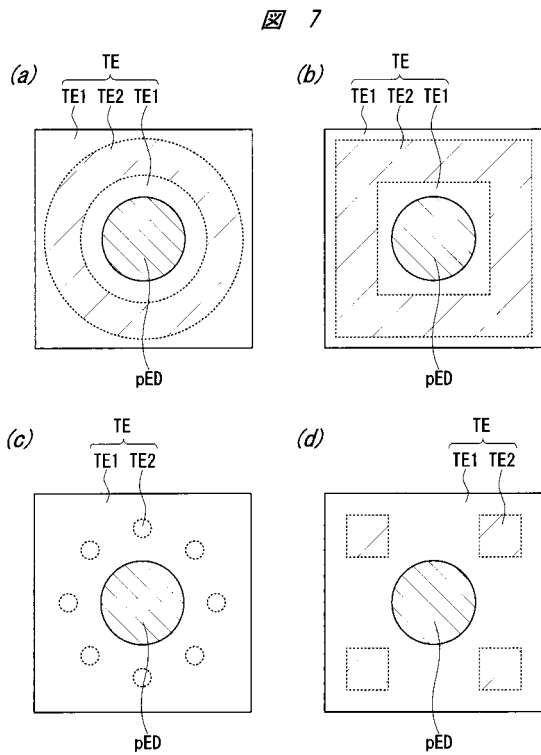
【 図 4 】



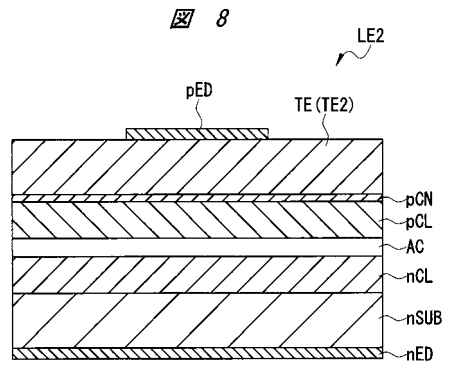
【 図 6 】



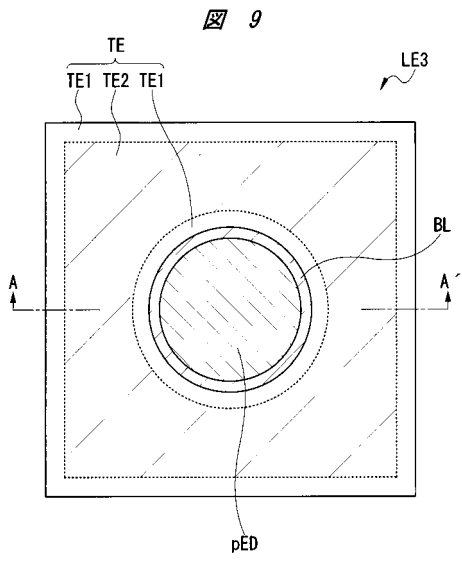
【 図 7 】



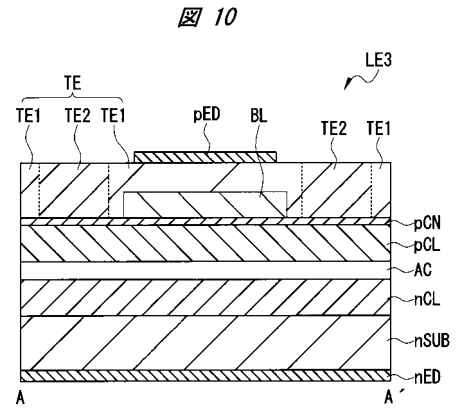
【 図 8 】



【 図 9 】



【 図 10 】



フロントページの続き

Fターム(参考) 5F141 AA03 AA22 CA04 CA12 CA36 CA65 CA88 CA91
5F241 AA03 AA22 CA04 CA12 CA36 CA65 CA88 CA91