

(19) 日本国特許庁 (JP)

(12) 特 許 公 報 (B2)

(11) 特許番号

特許第6162890号
(P6162890)

(45) 発行日 平成29年7月12日 (2017. 7. 12)

(24) 登録日 平成29年6月23日 (2017. 6. 23)

(51) Int. Cl. F I
 H O 1 L 33/20 (2010. 01) H O 1 L 33/20
 H O 1 L 33/14 (2010. 01) H O 1 L 33/14

請求項の数 17 (全 13 頁)

(21) 出願番号	特願2016-516928 (P2016-516928)	(73) 特許権者	516080851
(86) (22) 出願日	平成27年5月27日 (2015. 5. 27)		マイクロ メサ テクノロジー カンパニー
(65) 公表番号	特表2016-536779 (P2016-536779A)		リミテッド
(43) 公表日	平成28年11月24日 (2016. 11. 24)		サモア国 アピア ピー. オー. ボックス
(86) 国際出願番号	PCT/CN2015/079957		603 セルタス チャンバース
(87) 国際公開番号	W02015/180651	(74) 代理人	100116872
(87) 国際公開日	平成27年12月3日 (2015. 12. 3)		弁理士 藤田 和子
審査請求日	平成28年3月24日 (2016. 3. 24)	(72) 発明者	チャン ペイユ
(31) 優先権主張番号	14/290, 999		台湾 タイナン シティ 710 ヨンカ
(32) 優先日	平成26年5月30日 (2014. 5. 30)		ン ディストリクト チョンファ ロード
(33) 優先権主張国	米国 (US)		ナンバー 1-130
		審査官	佐藤 俊彦
			最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 マイクロ発光ダイオード

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項 1】

第 1 型半導体層と、

前記第 1 型半導体層に設けられる第 2 型半導体層と、

前記第 2 型半導体層に設けられており、少なくとも前記第 2 型半導体層の一部を露出するための少なくとも 1 つの開口を有し、前記開口の縁部と前記第 2 型半導体層の側面との間に、1 マイクロメートル (μm) 以上の第 1 の最短経路を有する第 1 の誘電体層と、

少なくとも前記第 1 の誘電体層の一部に設けられており、前記第 1 の誘電体層の前記開口を介して前記第 2 型半導体層の露出部に電氣的に接続される第 1 の電極と、

を備え、

前記第 1 型半導体層は抵抗率 (resistivity) ρ_1 と厚さ t_1 を有し、前記第 2 型半導体層は抵抗率 ρ_2 と厚さ t_2 を有し、且つ

【数 1】

$$\sqrt{\frac{t_2}{\rho_2}} < \sqrt{\frac{t_1}{\rho_1}}$$

であるマイクロ発光ダイオード。

【請求項 2】

前記第 1 の誘電体層の前記開口の側面と前記第 2 型半導体層の側面との間に、1 マイクロメートル (μm) 以上の幾何加重平均距離を有する請求項 1 に記載のマイクロ発光ダイ

オード。

【請求項 3】

前記第 1 型半導体層は n 型半導体層であり、前記第 2 型半導体層は p 型半導体層である請求項 1 に記載のマイクロ発光ダイオード。

【請求項 4】

前記第 1 型半導体層の電流拡散長は、前記第 2 型半導体層の電流拡散長より 20 倍以上大きい請求項 1 に記載のマイクロ発光ダイオード。

【請求項 5】

前記第 1 型半導体層に設けられており、少なくとも前記第 1 型半導体層の一部を露出するための少なくとも 1 つの開口を有し、前記開口の縁部と前記第 1 型半導体層の側面との間に、1 マイクロメートル (μm) 以上の第 2 の最短経路を有する第 2 の誘電体層と、

10

前記第 2 の誘電体層の一部に設けられており、前記第 2 の誘電体層の前記開口を介して前記第 1 型半導体層の前記露出部に電氣的に接続される第 2 の電極と、

を更に備える請求項 1 に記載のマイクロ発光ダイオード。

【請求項 6】

前記第 1 の誘電体層の前記開口の数は、1 個～1000 個にある請求項 1 に記載のマイクロ発光ダイオード。

【請求項 7】

前記第 1 の誘電体層に垂直な方向から見る場合の前記第 1 の誘電体層の前記開口の面積は、前記第 1 の誘電体層に垂直な方向から見る場合の前記第 1 の誘電体層の合計面積の 2.5 %～90 %にある請求項 1 に記載のマイクロ発光ダイオード。

20

【請求項 8】

前記第 1 の誘電体層は、少なくとも前記第 2 型半導体層の前記第 1 型半導体層から離れる主表面の一部を覆う請求項 1 に記載のマイクロ発光ダイオード。

【請求項 9】

前記第 1 の誘電体層は、少なくとも前記第 2 型半導体層の側面の一部を覆う請求項 8 に記載のマイクロ発光ダイオード。

【請求項 10】

前記第 1 型半導体層と前記第 2 型半導体層との間に設けられており、少なくとも側面の一部が前記第 1 の誘電体層により覆われるアクティブ層を更に備える請求項 9 に記載のマイクロ発光ダイオード。

30

【請求項 11】

前記第 1 の誘電体層は、少なくとも前記第 1 型半導体層の側面の一部に覆う請求項 10 に記載のマイクロ発光ダイオード。

【請求項 12】

少なくとも前記第 1 型半導体層と前記第 2 型半導体層の一部が前記第 1 の電極と第 2 の電極との間に位置するように、少なくとも前記第 1 型半導体層の一部に設けられる第 2 の電極を更に備える請求項 1 に記載のマイクロ発光ダイオード。

【請求項 13】

前記第 1 型半導体層と前記第 2 型半導体層との間に設けられるアクティブ層を更に備える、

40

前記第 1 型半導体層、前記アクティブ層、前記第 2 型半導体層、及び前記開口を有する前記第 1 の誘電体層は、少なくとも 2 つの平面を有する塊体のような、組み合わせである請求項 1 に記載のマイクロ発光ダイオード。

【請求項 14】

前記第 1 型半導体層、前記アクティブ層、前記第 2 型半導体層及び前記開口を有する前記第 1 の誘電体層からなる前記組み合わせは、円柱体、多面体又は台形である請求項 13 に記載のマイクロ発光ダイオード。

【請求項 15】

前記第 1 の誘電体層の前記開口の数は、1 個、2 個又は 3 個である請求項 1 に記載のマ

50

イクロ発光ダイオード。

【請求項 16】

前記第 1 の誘電体層の複数の開口は、同じ形状を有する請求項 1 に記載のマイクロ発光ダイオード。

【請求項 17】

前記第 1 の誘電体層の複数の開口は、異なる形状を有する請求項 1 に記載のマイクロ発光ダイオード。

【発明の詳細な説明】

10

【技術分野】

【0001】

本発明は、マイクロ発光ダイオードに関する。

【背景技術】

【0002】

近年、発光ダイオード (light-emitting-diode; LED) は、既に一般照明用及び商業照明用に広く使用されている。発光ダイオードは、光源として使用される場合、例えば、低エネルギー消費、長寿命、よりコンパクト及び高速スイッチングのような多くのメリットを有する。そのため、発光ダイオード光源は、白熱電灯のような従来の照明に取って代わる。

20

【0003】

発光ダイオードにおいて、電子と正孔とが半導体のバンドギャップで再結合すると、再結合によるエネルギーは、光子として放出され、発光する。このような再結合メカニズムを、放射再結合と呼ぶ。しかしながら、電子と正孔とが半導体の欠陥バンドギャップで再結合する場合、再結合によるエネルギーは、光子ではなく、熱として放出され、発光ダイオードの発光効率が低下する。このような再結合メカニズムを非放射再結合と呼ぶ。発光ダイオードの側面に、一般的に、表面エネルギー状態及び欠陥エネルギー状態が大量にある。そのため、発光ダイオードの側面に近接する電子及び正孔は、非放射再結合の形態でこれらの表面エネルギー状態及び欠陥エネルギー状態を通過する。このような非放射再結合の発生するエネルギーとしては、熱エネルギーが光エネルギーを取って代わり、発光ダイオードの発光効率が大幅に低下する。また、発光ダイオードのサイズがマイクロ化される場合、電子及び正孔が更にマイクロ発光ダイオードの側面に拡散しやすいため、この現象による問題もより厳しくなる。

30

【0004】

また、電子及び正孔が更にマイクロ発光ダイオードの側面に拡散しやすいので、マイクロ発光ダイオードの発光領域における電流密度は、低下して不安定になる。マイクロ発光ダイオードの発光領域において、この低下して不安定になる電流密度により、マイクロ発光ダイオードの発光効率も低下してしまう。

【0005】

なお、一般的には、発光ダイオードの側面にエッチング又は（且つ）切断プロセスによって結晶欠陥が大量に存在し、これらの結晶欠陥により漏れ電流が発生することがある。発光ダイオードのサイズがマイクロ化された後、マイクロ発光ダイオードにおける結晶欠陥を有する結晶の比率が向上し、更に、マイクロ発光ダイオードの全電流における漏れ電流の比率がそれにつれて向上し、マイクロ発光ダイオードの発光効率が低下する。

40

【0006】

また、発光ダイオードのサイズがマイクロ化された後、マイクロ発光ダイオードは、プロセスが変化する許容値が低下するため、その歩留まりもそれにつれて低下する。また、例えば、マイクロ発光ダイオードに対する転移工程、制御工程、操作工程及び処理工程のような、マイクロ発光ダイオードに対する工程もますます困難になる。

【発明の概要】

50

【0007】

本発明の一実施形態によると、第1型半導体層と、第1型半導体層に設けられる第2型半導体層と、第2型半導体層に設けられており、少なくとも第2型半導体層の一部を露出するための少なくとも1つの開口を有し、開口の縁部と第2型半導体層の側面との間に、1マイクロメートル以上の第1の最短経路を有する第1の誘電体層と、少なくとも第1の誘電体層の一部に設けられており、第1の誘電体層の開口を介して第2型半導体層の露出部に電氣的に接続される第1の電極と、を備えるマイクロ発光ダイオードを提供する。

【0008】

開口により、第1の電極と第2型半導体層との接触界面が定義される。マイクロ発光ダイオードに順方向バイアス電圧が加えられる場合、電荷キャリアは、この第1の電極と第2型半導体層との間に位置する接触界面から第1型半導体層と第2型半導体層との接合へ流れる。第1の最短経路が1マイクロメートル(μm)以上であるため、マイクロ発光ダイオードの側面に拡散する電荷キャリア数が非常に少なく又はゼロに近い。またその原因で、マイクロ発光ダイオードの側面での非放射再結合が抑制されるので、マイクロ発光ダイオードの発光効率が向上する。

10

【0009】

また、開口により電流がマイクロ発光ダイオードに流れる面積が制限されるため、マイクロ発光ダイオードは、発光領域の電流密度が向上し均一になり、発光効率が向上する。

【0010】

なお、マイクロ発光ダイオードの側面に結晶欠陥が存在するかに関らず、マイクロ発光ダイオードの側面に拡散する電荷キャリア数が非常に少なく又はゼロに近いので、マイクロ発光ダイオードの漏れ電流は少なくなる。

20

【0011】

また、開口によりマイクロ発光ダイオードの発光領域のサイズがマイクロ発光ダイオードのサイズよりもちいさくなるため、マイクロ発光ダイオードのサイズを維持したまま、マイクロ発光ダイオードの歩留まりを許可される範囲内に制御するように、マイクロ発光ダイオードの発光領域をマイクロ化することができる。また、結晶欠陥の点から、大きいサイズのマイクロ発光ダイオードは、同時に極めて低い静電感度、極めて低い表面漏れ電流及び極めて低い側面漏れ電流を有する。

【図面の簡単な説明】

30

【0012】

【図1】本発明の第1の実施形態によるマイクロ発光ダイオード(micro-light-emitting-diode; micro-LED)を示す側面断面図である。

【図2】本発明の第2の実施形態によるマイクロ発光ダイオードを示す側面断面図である。

【図3】本発明の第3の実施形態によるマイクロ発光ダイオードを示す側面断面図である。

【図4】本発明の第4の実施形態によるマイクロ発光ダイオードを示す側面断面図である。

【図5】本発明の第5の実施形態によるマイクロ発光ダイオードを示す側面断面図である。

40

【図6】本発明の第6の実施形態によるマイクロ発光ダイオードを示す側面断面図である。

【図7】本発明の第7の実施形態によるマイクロ発光ダイオードを示す側面断面図である。

【図8】本発明の第8の実施形態によるマイクロ発光ダイオードを示す平面図であり、第1の電極又は第2の電極は図示されていない。

【図9】本発明の第9の実施形態によるマイクロ発光ダイオードを示す平面図であり、第1の電極又は第2の電極は図示されていない。

【図10】本発明の第10の実施形態によるマイクロ発光ダイオードを示す平面図であり

50

、第1の電極又は第2の電極は図示されていない。

【図11】本発明の第11の実施形態によるマイクロ発光ダイオードを示す平面図であり、第1の電極又は第2の電極は図示されていない。

【図12】本発明の第12の実施形態によるマイクロ発光ダイオードを示す平面図であり、第1の電極又は第2の電極は図示されていない。

【発明を実施するための形態】

【0013】

以下、図面で本発明の複数の実施形態を開示し、明らかに説明するために、多くの実務上の細部を下記で合わせて説明する。しかしながら、理解すべきなのは、これらの実務上の細部が、本発明を限定するためのものではない。つまり、本発明の実施形態の一部において、これらの実務上の細部は、必要としないものである。また、図面を簡略化するために、ある従来慣用の構造及び素子は、図面において簡単に模式的に示される。

【0014】

図1は、本発明の第1の実施形態によるマイクロ発光ダイオード(micro-light emitting diode; micro-LED) 100を示す側面断面図である。マイクロ発光ダイオード100は、第1型半導体層110と、アクティブ層115と、第2型半導体層120と、第1の誘電体層130と、第1の電極140と、を備える。第2型半導体層120が第1型半導体層110に設けられる。アクティブ層115が第1型半導体層110と第2型半導体層120との間に設けられる。第1の誘電体層130が第2型半導体層120に設けられる。第1の誘電体層130は、少なくとも第2型半導体層120の一部を露出するための少なくとも1つの開口O1を有する。第1の誘電体層130の開口O1の縁部と第2型半導体層120の側面122との間に、1マイクロメートル(μm)以上の第1の最短経路D1を有する。第1の電極140は、少なくとも第1の誘電体層130の一部に設けられており、第1の誘電体層130の開口O1を介して第2型半導体層120の露出部に電氣的に接続される。

【0015】

図1に示すように、開口O1により、第1の電極140と第2型半導体層120との接触界面が定義される。マイクロ発光ダイオード100に順方向バイアス電圧が加えられる場合、電荷キャリアは、この第1の電極140と第2型半導体層120との間に位置する接触界面からアクティブ層115へ流れる。第1の最短経路D1が1マイクロメートル(μm)以上であるため、側面122又は(且つ)アクティブ層115の側面117に拡散する電荷キャリアの数は、非常に少なく、又はゼロに近い。また、その原因で、側面117に発生する非放射再結合が抑制され、マイクロ発光ダイオード100の発光効率が向上する。

【0016】

また、開口O1により、マイクロ発光ダイオード100に流れる電流の面積が制限されるため、マイクロ発光ダイオード100は、発光領域の電流密度が向上し均一になり、発光効率が向上する。

【0017】

なお、側面122又は(且つ)側面117に結晶欠陥が存在するかに問わず、側面122又は(且つ)アクティブ層115の側面117に拡散する電荷キャリアの数が非常に少なく又はゼロに近いので、マイクロ発光ダイオード100の漏れ電流は少なくなる。

【0018】

また、開口O1により、マイクロ発光ダイオード100の発光領域のサイズがマイクロ発光ダイオード100のよりも小さくなるため、マイクロ発光ダイオード100のサイズを維持したまま、マイクロ発光ダイオード100の歩留まりを許可される範囲内に制御するように、マイクロ発光ダイオード100の発光領域をマイクロ化することができる。例としては、2マイクロメートル×2マイクロメートルのサイズの開口を有するサイズが20マイクロメートル(μm)×20マイクロメートル(μm)であるマイクロ発光ダイオード100は、サイズが2マイクロメートル(μm)×2マイクロメートル(μm)である

別のマイクロ発光ダイオード１００と同様な光学特性を表現することができる。また、結晶欠陥の点から、大きいサイズのマイクロ発光ダイオード１００は、同時に極めて低い静電感度、極めて低い表面漏れ電流及び極めて低い側面漏れ電流も有する。

【００１９】

ある実施形態において、マイクロ発光ダイオード１００は、サイズが１００マイクロメートル（ μm ）＊１００マイクロメートル（ μm ）又は０．０１平方ミリメートル（ mm^2 ）より小さい。

【００２０】

ある実施形態において、第１の誘電体層１３０の開口Ｏ１の側面と第２型半導体層１２０の側面１２２との間に、１マイクロメートル（ μm ）以上の幾何加重平均距離を有する。また、第１の誘電体層１３０に垂直な方向から見る場合の第１の誘電体層１３０の開口Ｏ１の面積は、第１の誘電体層１３０に垂直な方向から見る場合の第１の誘電体層１３０の合計面積の２．５％～９０％である。開口Ｏ１の面積の第１の誘電体層１３０の合計面積に対する比率が２．５％よりも小さくなると、開口Ｏ１は、サイズが小さすぎるので、複雑なリソグラフィプロセスによって完成する必要がある。開口Ｏ１の面積の第１の誘電体層１３０の合計面積に対する比率が９０％よりも大きくなると、第１の最短経路Ｄ１が１マイクロメートル（ μm ）より小さくなるので、電荷キャリアが側面１２２又は（且つ）側面１１７の位置に拡散する。

【００２１】

ある実施形態において、第２型半導体層１２０の電流拡散長は第１型半導体層１１０の電流拡散長より小さい。つまり、第１型半導体層１１０の電流拡散長は第２型半導体層１２０の電流拡散長より大きい。ある実施形態において、第１型半導体層１１０の電流拡散長は第２型半導体層１２０の電流拡散長より２０倍以上大きい。この配置では、第２型半導体層１２０における電荷キャリアは、更に、側面１２２又は（且つ）側面１１７の位置に拡散することはない。そのため、側面１１７に発生する非放射再結合が抑制され、マイクロ発光ダイオード１００の発光効率が向上する。

【００２２】

ダイオードにおける半導体層の電流拡散長は、下記の方程式によって推定することができる。

【数１】

$$L_s = \sqrt{\frac{tn_{ideal}KT}{\rho J_0 e}} \dots\dots\dots \text{方程式（１）}$$

ただし、 L_s はダイオードにおける半導体層の電流拡散長であり、 t は半導体層の厚さであり、 n_{ideal} はダイオードの理想係数であり、 K はボルツマン定数であり、 T は半導体層の温度であり、単位はケルビン温度目盛（絶対温度）であり、 ρ は半導体層の抵抗率（resistivity）であり、 J_0 は半導体層とダイオード電極との間の界面の電流密度であり、 e はプロトンの電量である。

【００２３】

上記方程式（１）によると、ダイオードにおける半導体層の電流拡散長は、

【数２】

$$\sqrt{\frac{t}{\rho}}$$

と正比例をなす。そのため、ある実施形態において、第１型半導体層１１０は抵抗率 ρ_1 と厚さ t_1 を有し、第２型半導体層１２０は抵抗率 ρ_2 と厚さ t_2 を有し、且つ

【数 3】

$$\sqrt{\frac{t_2}{\rho_2}} < \sqrt{\frac{t_1}{\rho_1}}$$

であり、第 2 型半導体層 120 の電流拡散長が第 1 型半導体層 110 の電流拡散長より小さくなるように制御される。ある実施形態において、第 1 型半導体層 110 は n 型半導体層であり、第 2 型半導体層 120 は p 型半導体層である。

【0024】

また、マイクロ発光ダイオードの電流－電圧関係図（I V curve）については、電流－電圧関係図の閾値電圧に近い位置に、順電流と順電圧との間にシャープな傾斜率を有する。このシャープな傾斜率により順電流が制御されにくいため、マイクロ発光ダイオードの発光強度が制御されにくくなる。

10

【0025】

そのため、ある実施形態において、開口 O1 を有する第 1 の誘電体層 130 は、短い電流拡散長を有する第 2 型半導体層 120 に設けられる。第 2 型半導体層 120 は、短い電流拡散長を有するので、高抵抗率及び小さな厚さを同時に有する。この配置では、マイクロ発光ダイオード 100 の直列抵抗値が向上するので、順電流と順電圧との間に緩やかな傾斜率を有する。この緩やかな傾斜率により、順電流が制御されやすいので、マイクロ発光ダイオード 100 の発光強度が制御されやすい。

20

【0026】

ある実施形態において、第 1 型半導体層 110 の材料としては、例えば、n 型ドープのシリコン基板上窒化ガリウム（Ga N : S i）であってよい。第 1 型半導体層 110 の厚さは、0.1 マイクロメートル（μ m）～50 マイクロメートル（μ m）の範囲にあってよい。第 1 型半導体層 110 のプロセスとして、例えば、エピタキシーによって形成されてよい。

【0027】

図 1 に示すマイクロ発光ダイオード 100 は、第 2 の電極 160 を更に備えてもよい。第 2 の電極 160 は、第 1 型半導体層 110、アクティブ層 115 及び第 2 型半導体層 120 が第 1 の電極 140 と第 2 の電極 160 との間に位置するように、少なくとも第 1 型半導体層 110 の一部に設けられる。第 2 の電極 160 が第 1 型半導体層 110 に電氣的に接続される。第 1 の電極 140 と第 2 の電極 160 の材料は、導電性の材料であり、つまり、酸化インジウムスズ（i n d i u m t i n o x i d e ; I T O）のような金属又は透明導電材料である。第 1 の電極 140 と第 2 の電極 160 は、例えば、物理気相成長（p h y s i c a l v a p o r d e p o s i t i o n ; P V D）又は化学気相成長（c h e m i c a l v a p o r d e p o s i t i o n ; C V D）によって形成されることができる。

30

【0028】

ある実施形態において、第 1 型半導体層 110 は、第 2 の電極 160 と第 1 型半導体層 110 との間の抵抗を低下させるために、更にオーム接触層を含んでもよい。ある実施形態において、オーム接触層と他の第 1 型半導体層 110 の材料は n 型ドープのシリコン基板上窒化ガリウムであり、オーム接触層のドープ濃度が他の第 1 型半導体層 110 のドープ濃度より高い。オーム接触層の厚さは、5 ナノメートル～2 マイクロメートルの範囲にある。他の第 1 型半導体層 110 の厚さは、0.1 マイクロメートル（μ m）～50 マイクロメートル（μ m）の範囲にある。

40

【0029】

ある実施形態において、第 2 型半導体層 120 の材料は、例えば、p 型ドープの窒化ガリウム（Ga N）又は p 型ドープのリン化アルミニウム・ガリウム・インジウム（A l G a I n P）であってよい。第 2 型半導体層 120 の厚さは、50 ナノメートル（n m）～20 マイクロメートル（μ m）の範囲にある。第 1 型半導体層のプロセスとしては、例えば、エピタキシーによって形成されてよい。

50

【0030】

同様に、第2型半導体層120は、第1の電極140と第2型半導体層120との間の抵抗を低下させるために、更にオーム接触層を含んでもよい。ある実施形態において、オーム接触層と他の第2型半導体層120の材料はp型ドーパの窒化ガリウム又はp型ドーパのリン化アルミニウム・ガリウム・インジウムであり、オーム接触層のドーパ濃度が他の第2型半導体層120のドーパ濃度より高い。又は、オーム接触層の材料は窒化インジウムガリウム(InGa_N)であり、他の第2型半導体層120の材料はp型ドーパの窒化ガリウム又はp型ドーパのリン化アルミニウム・ガリウム・インジウムである。オーム接触層の厚さは、5ナノメートル(nm)～2マイクロメートル(μm)の範囲にある。他の第2型半導体層120の厚さは、50ナノメートル(nm)～20マイクロメートル(μm)の範囲にある。

10

【0031】

ある実施形態において、アクティブ層115の材料は、例えば、ヘテロ接合構造又は量子井構造であってもよい。アクティブ層115の厚さは、50ナノメートル(nm)～5マイクロメートル(μm)の範囲にある。アクティブ層115のプロセスとしては、例えば、エピタキシーによって形成されてもよい。

【0032】

ある実施形態において、アクティブ層115は省略されてもよい。アクティブ層115が省略された場合、第2型半導体層120は、第1型半導体層110に設けられる。

【0033】

ある実施形態において、第1の誘電体層130の材料は、例えば、窒化ケイ素又は二酸化ケイ素のような誘電体材料であってよい。第1の誘電体層130の厚さは、10ナノメートル(nm)～5マイクロメートル(μm)の範囲にある。第1の誘電体層130のプロセスとしては、例えば、物理気相成長(PVD)によって形成されてもよい。

20

【0034】

ある実施形態において、第1型半導体層110、アクティブ層115、第2型半導体層120及び開口O1を有する第1の誘電体層130は、少なくとも2つの平面を有する塊体のような組み合わせである。例としては、第1型半導体層110、アクティブ層115、第2型半導体層120、及び開口O1を有する第1の誘電体層130からなる組み合わせは、円柱体、多面体又は台形である。

30

【0035】

図2は、本発明の第2の実施形態によるマイクロ発光ダイオード100を示す側面断面図である。本実施形態において、図2に示す第1の電極140が少なくとも第1の誘電体層130の上面の一部に覆うが、これは、図1に示す第1の電極140が第1の誘電体層130の上面の全体に覆う第1の実施形態と異なるである。

【0036】

また、図2に示すマイクロ発光ダイオード100の他の細部が図1に示すマイクロ発光ダイオード100と同じであるため、ここで繰り返して説明しない。

【0037】

図3は、本発明の第3の実施形態によるマイクロ発光ダイオード100を示す側面断面図である。本実施形態は、マイクロ発光ダイオード100が第1の誘電体層130の代わりに第2の誘電体層150を備えることに第1の実施形態と異なっている。第2の誘電体層150が第1型半導体層110に設けられる。第2の誘電体層150は、少なくとも第1型半導体層110の一部を露出するための少なくとも1つの開口O2を有する。第2の誘電体層150の開口O2の縁部と第1型半導体層110の側面112との間に、1マイクロメートル(μm)以上の第2の最短経路D2を有する。第2の電極160は、少なくとも第2の誘電体層150の一部に設けられ、第2の誘電体層150の開口O2を介して第1型半導体層110の露出部に電氣的に接続される。

40

【0038】

同様に、開口O2の存在により、側面112に拡散し又は(且つ)側面117に拡散する

50

電荷キャリアの数が非常に少なく又はゼロに近いので、側面 1 1 7 に発生する非放射再結合が抑制される。第 1 型半導体層 1 1 0 の電流拡散長が第 2 型半導体層 1 2 0 の電流拡散長より 2 0 倍以上大きくならない場合、側面 1 1 7 に発生する非放射再結合を抑制するように、開口 O 2 を有する第 2 の誘電体層 1 5 0 は、開口 O 1 を有する第 1 の誘電体層 1 3 0 を取って代わってもよい。開口 O 2 を有する第 2 の誘電体層 1 5 0 の他の細部については、開口 O 1 を有する第 1 の誘電体層 1 3 0 と同じであるため、ここで繰り返して説明しない。

【0039】

また、図 3 に示すマイクロ発光ダイオード 1 0 0 の他の細部については、図 1 に示すマイクロ発光ダイオード 1 0 0 と同じであるため、ここで繰り返して説明しない。

10

【0040】

図 4 は、本発明の第 4 の実施形態によるマイクロ発光ダイオード 1 0 0 を示す側面断面図である。本実施形態は、図 4 に示すマイクロ発光ダイオード 1 0 0 が開口 O 1 を有する第 1 の誘電体層 1 3 0 と開口 O 2 を有する第 2 の誘電体層 1 5 0 を同時に含むことに、第 1 の実施形態又は第 3 の実施形態と異なっている。

【0041】

図 4 に示すマイクロ発光ダイオード 1 0 0 の他の細部については、図 1 と図 3 に示すマイクロ発光ダイオード 1 0 0 と同じであるため、ここで繰り返して説明しない。

【0042】

図 5 は、本発明の第 5 の実施形態によるマイクロ発光ダイオード 1 0 0 を示す側面断面図である。図 1 に示す第 1 の誘電体層 1 3 0 と同様に、図 5 に示す第 1 の誘電体層 1 3 0 は、少なくとも第 2 型半導体層 1 2 0 の第 1 型半導体層 1 1 0 から離れる主表面の一部に覆う。図 5 に示す第 1 の誘電体層 1 3 0 は、更に少なくとも第 2 型半導体層 1 2 0 の側面 1 2 2 に覆うことに、図 1 に示す第 1 の誘電体層 1 3 0 と異なっている。この配置によって、側面 1 2 2 は、第 1 の誘電体層 1 3 0 によって水蒸気又は機械的損傷を防止することができる。

20

【0043】

図 5 に示すマイクロ発光ダイオード 1 0 0 の他の細部については、図 1 に示すマイクロ発光ダイオード 1 0 0 と同じであるため、ここで繰り返して説明しない。

【0044】

30

図 6 は、本発明の第 6 の実施形態によるマイクロ発光ダイオード 1 0 0 を示す側面断面図である。図 6 に示す第 1 の誘電体層 1 3 0 は、更に少なくともアクティブ層 1 1 5 の側面 1 1 7 の一部及び第 1 型半導体層 1 1 0 の側面 1 1 2 の一部に覆うことに、図 5 に示す第 1 の誘電体層 1 3 0 と異なっている。この配置では、側面 1 1 7 又は（且つ）側面 1 1 2 は、第 1 の誘電体層 1 3 0 によって水蒸気又は機械的損傷を防止することができる。

【0045】

図 6 に示すマイクロ発光ダイオード 1 0 0 の他の細部については、図 5 に示すマイクロ発光ダイオード 1 0 0 と同じであるため、ここで繰り返して説明しない。

【0046】

40

図 7 は、本発明の第 7 の実施形態によるマイクロ発光ダイオード 1 0 0 を示す側面断面図である。図 7 に示す第 1 の誘電体層 1 3 0 と第 2 の誘電体層 1 5 0 は、更に少なくとも側面 1 2 2 と側面 1 1 7 の一部、又は（且つ）側面 1 1 2 の一部に覆うことに、図 4 に示す第 1 の誘電体層 1 3 0 と第 2 の誘電体層 1 5 0 と異なっている。この配置では、側面 1 2 2 と側面 1 1 7、又は（且つ）側面 1 1 2 は、第 1 の誘電体層 1 3 0 と第 2 の誘電体層 1 5 0 によって水

蒸気又は機械的損傷を防止することができる。

【0047】

図 7 に示すマイクロ発光ダイオード 1 0 0 の他の細部については、図 4 に示すマイクロ発光ダイオード 1 0 0 と同じであるため、ここで繰り返して説明しない。

【0048】

50

図8は、本発明の第8の実施形態によるマイクロ発光ダイオード100を示す平面図であり、第1の電極140又は第2の電極160は図示されていない。図8に示すように、第1の誘電体層130又は第2の誘電体層150は、複数の開口O1又はO2を含む。開口O1又はO2の数は1個～1000個の範囲にある。開口O1又はO2は、アレイで配列され、同じ形状を有する。より具体的には、図8に示す開口O1又はO2の形状は円状である。

【0049】

図8に示すマイクロ発光ダイオード100の他の細部については、図1に示すマイクロ発光ダイオード100と同じであるため、ここで繰り返して説明しない。

【0050】

図9は、本発明の第9の実施形態によるマイクロ発光ダイオード100を示す平面図であり、第1の電極140又は第2の電極160は図示されていない。図9に示すマイクロ発光ダイオード100は、開口O1又はO2の形状が矩形であることに、図8に示すマイクロ発光ダイオード100と異なっている。

【0051】

図9に示すマイクロ発光ダイオード100の他の細部については、図8に示すマイクロ発光ダイオード100と同じであるため、ここで繰り返して説明しない。

【0052】

図10は、本発明の第10の実施形態による複数のマイクロ発光ダイオード100を示す平面図であり、第1の電極140又は第2の電極160は図示されていない。図10に示すように、マイクロ発光ダイオード100は、アレイで配列される。マイクロ発光ダイオード100は同じ形状を有するが、開口O1又はO2は異なる形状を有する。

【0053】

図10に示すマイクロ発光ダイオード100の他の細部については、図1に示すマイクロ発光ダイオード100と同じであるため、ここで繰り返して説明しない。

【0054】

図11は、本発明の第11の実施形態による複数のマイクロ発光ダイオード100を示す平面図であり、第1の電極140又は第2の電極160は図示されていない。図11に示すように、マイクロ発光ダイオード100は、アレイで配列される。マイクロ発光ダイオード100は異なる形状を有するが、開口O1又はO2は同じ形状を有する。

【0055】

図11に示すマイクロ発光ダイオード100の他の細部については、図10に示すマイクロ発光ダイオード100と同じであるため、ここで繰り返して説明しない。

【0056】

図12は、本発明の第12の実施形態による複数のマイクロ発光ダイオード100を示す平面図であり、第1の電極140又は第2の電極160は図示されていない。図12に示すように、マイクロ発光ダイオード100は、アレイで配列される。マイクロ発光ダイオード100は異なる形状を有し、且つ開口O1又はO2も異なる形状を有する。つまり、1つのマイクロ発光ダイオード100の開口O1又はO2の形状が別のマイクロ発光ダイオード100の開口O1又はO2の形状と異なる。また、複数のマイクロ発光ダイオード100の各々の開口O1又はO2も異なる形状を有し、つまり開口O1又はO2の形状が互いに異なる。図12に示すように、複数のマイクロ発光ダイオード100の各々の開口O1又はO2の数は1個、2個又は3個であり、且つ開口O1又はO2の形状は円状又は多角形であってよい。

【0057】

図12に示すマイクロ発光ダイオード100の他の細部については、図11に示すマイクロ発光ダイオード100と同じであるため、ここで繰り返して説明しない。

【0058】

本発明の実施形態を前述の通りに開示したが、これは、本発明を限定するものではなく、当業者であれば、本発明の思想と範囲から逸脱しない限り、多様の変更や修正を加えても

10

20

30

40

50

よく、したがって、本発明の保護範囲は、下記添付の特許請求の範囲で指定した内容を基準とするものである。

【符号の説明】

【0059】

100 マイクロ発光ダイオード 110 第1型半導体層 112、117、122、側面
115 アクティブ層 120 第2型半導体層 130 第1の誘電体層 140 第1の電
極 150 第2の誘電体層

【図1】

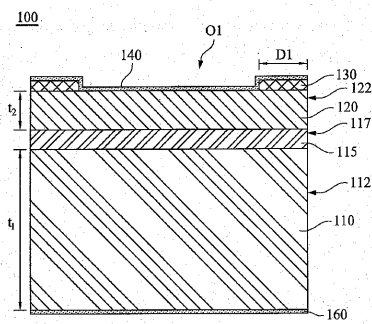


Fig. 1

【図3】

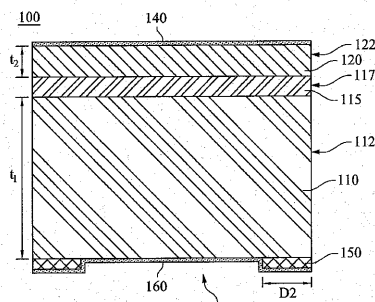


Fig. 3

【図2】

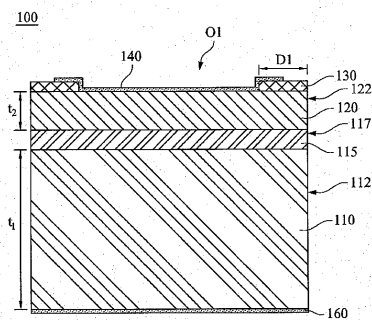


Fig. 2

【図4】

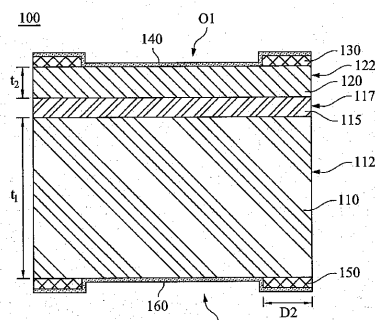


Fig. 4

【図 5】

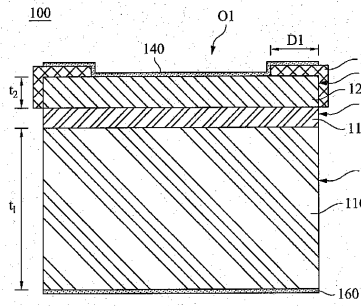
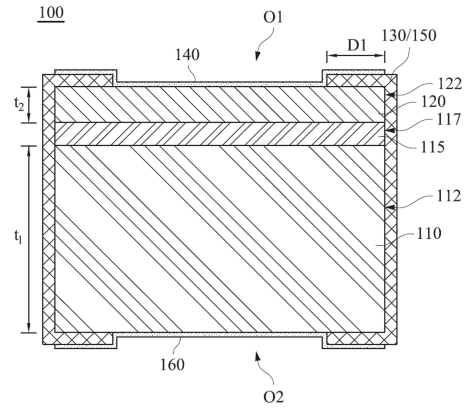


Fig. 5

【図 7】



【図 6】

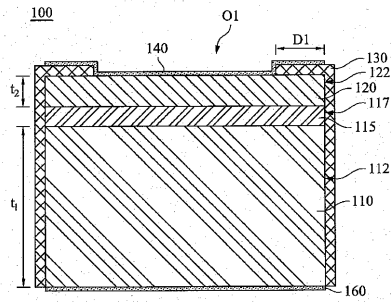


Fig. 6

【図 8】

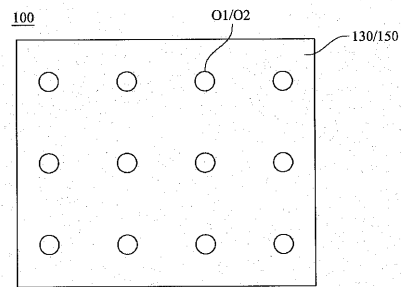


Fig. 8

【図 9】

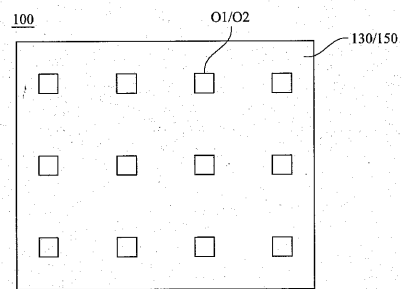


Fig. 9

【図 12】

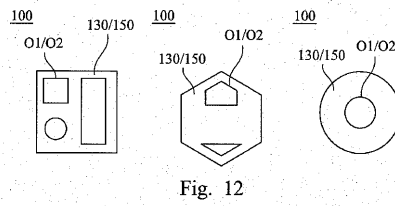


Fig. 12

【図 10】

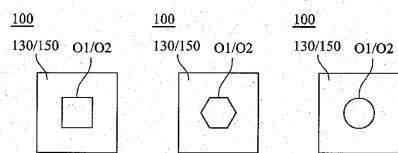


Fig. 10

【図 11】

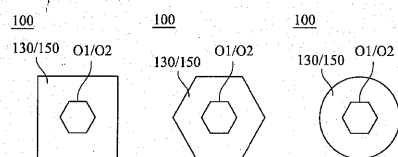


Fig. 11

フロントページの続き

- (56)参考文献 特開2013-110374 (JP, A)
特開平07-111339 (JP, A)
特開2007-266577 (JP, A)
特開2010-225771 (JP, A)
特開2001-156329 (JP, A)
特開2009-238964 (JP, A)
国際公開第2013/074370 (WO, A1)
特開2013-008818 (JP, A)
特表2011-517851 (JP, A)
特表2012-502482 (JP, A)

- (58)調査した分野(Int.Cl., DB名)
H01L 33/00-33/64