

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特 許 公 報(B2)

(11) 特許番号

特許第5152133号
(P5152133)

(45) 発行日 平成25年2月27日(2013.2.27)

(24) 登録日 平成24年12月14日(2012.12.14)

(51) Int. Cl. F I
 HO 1 L 33/36 (2010.01) HO 1 L 33/00 2 0 0
 HO 1 L 33/32 (2010.01) HO 1 L 33/00 1 8 6

請求項の数 10 (全 20 頁)

(21) 出願番号	特願2009-217231 (P2009-217231)	(73) 特許権者	000241463
(22) 出願日	平成21年9月18日 (2009.9.18)		豊田合成株式会社
(65) 公開番号	特開2011-66304 (P2011-66304A)		愛知県清須市春日長畑1番地
(43) 公開日	平成23年3月31日 (2011.3.31)	(74) 代理人	100071526
審査請求日	平成23年9月27日 (2011.9.27)		弁理士 平田 忠雄
		(74) 代理人	100142550
			弁理士 重泉 達志
		(72) 発明者	矢羽田 孝輔
			愛知県西春日井郡春日町大字落合字長畑1番地 豊田合成株式会社内
		(72) 発明者	中條 直樹
			愛知県西春日井郡春日町大字落合字長畑1番地 豊田合成株式会社内

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 発光素子

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項1】

第1導電型の第1半導体層と、発光層と、前記第1導電型とは異なる第2導電型の第2半導体層とを含む窒化物化合物半導体からなる半導体積層構造と、

前記半導体積層構造上に設けられる絶縁層と、

前記絶縁層、前記発光層及び前記第2半導体層の内部を上下方向に延びる第1上下導通部と、前記絶縁層の内部を平面方向に延びる第1平面導通部とを有し、前記第1半導体層と電氣的に接続される第1配線と、

前記絶縁層の内部を上下方向に延びる第2上下導通部と、前記絶縁層の内部を平面方向に延びる第2平面導通部とを有し、前記第2半導体層と電氣的に接続される第2配線と、を備える発光素子。

【請求項2】

前記絶縁層上に設けられ、前記第1配線と電氣的に接続される第1接合電極と、

前記絶縁層上に設けられ、前記第2配線と電氣的に接続される第2接合電極と、を備える請求項1に記載の発光素子。

【請求項3】

前記絶縁層は、前記発光層が発した光を反射する反射層を内部に含む請求項2に記載の発光素子。

【請求項4】

前記第1平面導通部と前記第2平面導通部とは同一平面に設けられる請求項3に記載の

発光素子。

【請求項 5】

前記第 1 平面導通部と前記第 2 平面導通部とは異なる平面に設けられる請求項 3 に記載の発光素子。

【請求項 6】

前記第 1 接合電極と前記第 2 接合電極とは同一平面に設けられる請求項 4 又は 5 に記載の発光素子。

【請求項 7】

前記第 1 半導体層とオーミック接触する第 1 オーミック電極と、
前記第 2 半導体層とオーミック接触する透明導電層と、
前記透明導電層とオーミック接触する第 2 オーミック電極と、備え、
前記第 1 配線は、前記第 1 オーミック電極に電氣的に接続され、
前記第 2 配線は、前記第 2 オーミック電極に電氣的に接続される請求項 6 に記載の発光素子。

10

【請求項 8】

前記第 1 オーミック電極を構成する材料と前記第 2 オーミック電極を構成する材料とが同一である請求項 7 に記載の発光素子。

【請求項 9】

前記第 1 配線を構成する材料と前記第 2 配線を構成する材料とが同一である請求項 8 に記載の発光素子。

20

【請求項 10】

前記第 1 接合電極及び前記第 2 接合電極はそれぞれ、平面視にて、切込みを有する請求項 9 に記載の発光素子。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、フリップチップ型の発光素子に関する。

【背景技術】

【0002】

従来、半導体層上に形成された拡散電極と、当該拡散電極表面を被覆するパッシベーション膜であって一部に開口部を有するパッシベーション膜と、上面にはんだ層を有する接合電極とを備え、拡散電極表面には、パッシベーション膜の開口部の底部に開口部より大径で、かつ、その表面が拡散電極の表面より平坦なバッファ電極が形成され、バッファ電極へ接合電極が接続する半導体発光素子が知られている（例えば、特許文献 1 参照）。

30

【0003】

特許文献 1 に記載の半導体発光素子は、拡散電極の表面にバッファ電極が形成され、このバッファ電極上においてパッシベーション膜にバッファ電極よりも小さな開口部が形成されており、バッファ電極の表面が平坦であるので、バッファ電極とパッシベーション膜との間の密着性を確保することができ、開口部をエッチングする際に、バッファ電極とパッシベーション膜との界面から横方向へのエッチングの進行を抑制することができる。

40

【先行技術文献】

【特許文献】

【0004】

【特許文献 1】特開 2008 - 288548 号公報

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0005】

しかし、特許文献 1 に記載の半導体発光素子は、オーミック電極としての p 電極及び n 電極と接合電極とを電氣的に接続させるために、p 電極及び n 電極の直上に設けたビアを介して p 電極及び n 電極と接合電極とを電氣的に接続させるので、接合電極の配置の自由

50

度を向上させるには限界がある。特に、p電極及びn電極の配置を複雑な配置にしたり、複雑な形状にした場合には、接合電極の配置も複雑になりやすい。

【0006】

したがって、本発明の目的は、オーミック電極の配置又は形状が複雑であっても、接合電極の配置及び形状の設計の自由度が高い発光素子を提供することにある。

【課題を解決するための手段】

【0007】

本発明は、上記目的を達成するため、第1導電型の第1半導体層と、発光層と、前記第1導電型とは異なる第2導電型の第2半導体層とを含む窒化物化合物半導体からなる半導体積層構造と、前記半導体積層構造上に設けられる絶縁層と、前記絶縁層、前記発光層及び前記第2半導体層の内部を上下方向に延びる第1上下導通部と、前記絶縁層の内部を平面方向に延びる第1平面導通部とを有し、前記第1半導体層と電氣的に接続される第1配線と、前記絶縁層の内部を上下方向に延びる第2上下導通部と、前記絶縁層の内部を平面方向に延びる第2平面導通部とを有し、前記第2半導体層と電氣的に接続される第2配線と、を備える発光素子が提供される。

10

【0008】

上記発光素子において、前記絶縁層上に設けられ、前記第1配線と電氣的に接続される第1接合電極と、前記絶縁層上に設けられ、前記第2配線と電氣的に接続される第2接合電極と、を備えてもよい。

【0009】

上記発光素子において、前記絶縁層は、前記発光層が発した光を反射する反射層を内部に含んでもよい。

20

【0010】

上記発光素子において、前記第1平面導通部と前記第2平面導通部とは同一平面に設けられてもよい。

【0011】

上記発光素子において、前記第1平面導通部と前記第2平面導通部とは異なる平面に設けられてもよい。

【0012】

上記発光素子において、前記第1接合電極と前記第2接合電極とは同一平面に設けられてもよい。

30

【0013】

上記発光素子において、前記第1半導体層とオーミック接触する第1オーミック電極と、前記第2半導体層とオーミック接触する透明導電層と、前記透明導電層とオーミック接触する第2オーミック電極と、備え、前記第1配線は、前記第1オーミック電極に電氣的に接続され、前記第2配線は、前記第2オーミック電極に電氣的に接続されてもよい。

【0014】

上記発光素子において、前記第1オーミック電極を構成する材料と前記第2オーミック電極を構成する材料とが同一であってもよい。

【0015】

上記発光素子において、前記第1配線を構成する材料と前記第2配線を構成する材料とが同一であってもよい。

40

【0016】

上記発光素子において、前記第1接合電極及び前記第2接合電極はそれぞれ、平面視にて、切込みを有してもよい。

【発明の効果】

【0017】

本発明に係る発光素子によれば、オーミック電極の配置又は形状が複雑であっても、接合電極の配置及び形状の設計の自由度が高い発光素子を提供できる。

【図面の簡単な説明】

50

【 0 0 1 8 】

【図 1 A】図 1 A は、本発明の第 1 の実施の形態に係る発光素子の平面図である。

【図 1 B】図 1 B は、本発明の第 1 の実施の形態に係る発光素子の縦断面図である。

【図 1 C】図 1 C は、本発明の第 1 の実施の形態に係る発光素子の縦断面図である。

【図 2 A】図 2 A は、本発明の第 1 の実施の形態に係る発光素子の製造工程の概要図である。

【図 2 B】図 2 B は、本発明の第 1 の実施の形態に係る発光素子の製造工程の概要図である。

【図 2 C】図 2 C は、本発明の第 1 の実施の形態に係る発光素子の製造工程の概要図である。

10

【図 3】図 3 は、本発明の第 2 の実施の形態に係る発光素子の平面図である。

【図 4】図 4 は、本発明の第 3 の実施の形態に係る発光素子の平面図である。

【図 5】図 5 は、p 電極の面積率と発光素子の全放射束との関係を示す図である。

【図 6】図 6 は、n 電極の面積率と全放射束との関係を示す図である。

【図 7】図 7 は、電流密度と外部量子効率との関係を示す図である。

【図 8】図 8 (a) は発光素子 1 の発光時の状態を示す図であり、図 8 (b) は発光素子 1 の p 電極及び n 電極の数を変えた変形例 1 に係る発光素子の発光時の状態を示す図であり、図 8 (c) は、発光素子 1 の p 電極及び n 電極の数を変えた変形例 2 に係る発光素子の発光時の状態を示す図である。

【図 9 A】図 9 A は、発光素子への投入電流に対する光度の予測値と実測値との比較を示す図である。

20

【図 9 B】図 9 B は、発光素子への投入電流に対する順方向電圧の予測値と実測値との比較を示す図である。

【図 1 0 A】図 1 0 A は、発光素子の変形例 1 への投入電流に対する光度の予測値と実測値との比較を示す図である。

【図 1 0 B】図 1 0 B は、発光素子の変形例 1 への投入電流に対する順方向電圧の予測値と実測値との比較を示す図である。

【図 1 1 A】図 1 1 A は、発光素子の変形例 2 への投入電流に対する光度の予測値と実測値との比較を示す図である。

【図 1 1 B】図 1 1 B は、発光素子の変形例 2 への投入電流に対する順方向電圧の予測値と実測値との比較を示す図である。

30

【発明を実施するための形態】

【 0 0 1 9 】

[第 1 の実施の形態]

図 1 A は、本発明の第 1 の実施の形態に係る発光素子の上面の概要を示し、図 1 B 及び図 1 C は、本発明の第 1 の実施の形態に係る発光素子の縦断面の概要を示す。具体的に図 1 B は、図 1 A の A - A 線における発光素子の縦断面の概要を示し、図 1 C は、図 1 A の B - B 線における発光素子の縦断面の概要を示す。

【 0 0 2 0 】

(発光素子 1 の構成)

本発明の第 1 の実施の形態に係る発光素子 1 は、図 1 B 及び図 1 C に示すように、一例として、C 面 (0 0 0 1) を有するサファイア基板 1 0 と、サファイア基板 1 0 上に設けられるパツファ層 2 0 と、パツファ層 2 0 上に設けられる n 側コンタクト層 2 2 と、n 側コンタクト層 2 2 上に設けられる n 側クラッド層 2 4 と、n 側クラッド層 2 4 上に設けられる発光層 2 5 と、発光層 2 5 上に設けられる p 側クラッド層 2 6 と、p 側クラッド層 2 6 上に設けられる p 側コンタクト層 2 8 とを含む半導体積層構造を備える。

40

【 0 0 2 1 】

また、発光素子 1 は、p 側コンタクト層 2 8 上に設けられる透明導電層 3 0 と、透明導電層 3 0 上の一部の領域に設けられる複数の p 電極 4 0 と、を備えている。さらに、発光素子 1 は、p 側コンタクト層 2 8 から少なくとも n 側コンタクト層 2 2 の表面まで複数の

50

ビアが形成され、当該ビアによって露出した n 側コンタクト層 22 に設けられる複数の n 電極 42 と、当該ビアの内面及び透明導電層 30 上に設けられる下部絶縁層 50 と、下部絶縁層 50 の内部に設けられる反射層 60 とを備える。尚、反射層 60 は、 p 電極 40 及び n 電極 42 の上方を除く部分に設けられている。

【0022】

さらに、透明導電層 30 に接する下部絶縁層 50 は、上下方向に延びるビア 50a を各 p 電極 40 上に有するとともに、上下方向に延びるビア 50b を各 n 電極 42 上に有する。また、発光素子 1 は、下部絶縁層 50 上に p 配線 70 と n 配線 72 とを備える。 p 配線 70 は、下部絶縁層 50 上を平面方向に延びる第 2 平面導通部 700 と、ビア 50a を介して各 p 電極 40 に電氣的に接続する複数の第 2 上下導通部 702 とを有する。また、 n 配線 72 は、下部絶縁層 50 上を平面方向に延びる第 1 平面導通部 720 と、下部絶縁層 50 のビア 50b 及び半導体積層構造に形成されたビアを介して各 n 電極 42 に電氣的に接続する複数の第 1 上下導通部 722 とを有する。さらに、発光素子 1 は、 p 配線 70 及び n 配線 72 並びに透明導電層 30 に接し、下部絶縁層 50 上に設けられる上部絶縁層 80 と、上部絶縁層 80 に設けられた p 側用の開口 80a を介して p 配線 70 に電氣的に接続する p 側接合電極 90 と、上部絶縁層 80 に設けられた n 側用の開口 80b を介して n 配線 72 に電氣的に接続する n 側接合電極 92 とを備える。

【0023】

本実施形態においては、 p 配線 70 の第 2 平面導通部 700、及び n 配線 72 の第 1 平面導通部 720 は、透明導電層 30 に接する下部絶縁層 50 の表面にそれぞれ形成されることにより、同一平面上に設けられる。また、本実施形態においては、 p 側接合電極 90 及び n 側接合電極 92 は、上部絶縁層 80 の表面に形成されることにより、同一平面上に設けられる。

【0024】

(半導体積層構造)

ここで、バッファ層 20 と、 n 側コンタクト層 22 と、 n 側クラッド層 24 と、発光層 25 と、 p 側クラッド層 26 と、 p 側コンタクト層 28 とはそれぞれ、III 族窒化物化合物半導体からなる層である。III 族窒化物化合物半導体は、例えば、 $Al_xGa_yIn_{1-x-y}N$ (ただし、 $0 < x < 1$ 、 $0 < y < 1$ 、 $0 < x + y < 1$) の四元系の III 族窒化物化合物半導体を用いることができる。

【0025】

本実施形態においては、バッファ層 20 は、 AlN から形成される。そして、 n 側コンタクト層 22 と n 側クラッド層 24 とは、所定量の n 型ドーパント (例えば、 Si) をそれぞれドーピングした $n-GaN$ からそれぞれ形成される。また、発光層 25 は、複数の井戸層と複数の障壁層とを含んで形成される多重量子井戸構造を有する。発光層 25 は、例えば、 GaN 、 $InGaN$ 、 $AlGaN$ 等から形成される。さらに、 p 側クラッド層 26 と p 側コンタクト層 28 とは、所定量の p 型ドーパント (例えば、 Mg) をドーピングした $p-GaN$ からそれぞれ形成される。

【0026】

(透明導電層 30、 p 電極 40、 n 電極 42)

透明導電層 30 は導電性酸化物から形成される。例えば、透明導電層 30 は、ITO (Indium Tin Oxide) から形成することができる。また、 p 電極 40 を構成する材料と n 電極 42 を構成する材料とは同一である。なお、 p 電極 40 及び n 電極 42 を多層から形成する場合、それぞれの層構成は同一である。例えば、 p 電極 40 及び n 電極 42 は、 Ni 又は Cr と、 Au と、 Al とを含む金属材料から形成される。特に n 側コンタクト層 22 が n 型の GaN から形成される場合、 n 電極 42 は、 n 側コンタクト層 22 の側から接触層としての Ni 層を含んで形成することができ、又は n 側コンタクト層 22 の側から接触層としての Cr 層を含んで形成することができる。また、特に透明導電層 30 が酸化物半導体から形成される場合、 p 電極 40 は、透明導電層 30 の側から接触層としての Ni 層を含んで形成することができ、又は透明導電層 30 の側から接触層としての Cr 層を含ん

10

20

30

40

50

で形成することができる。具体的に p 電極 4 0 及び n 電極 4 2 はそれぞれ、透明導電層 3 0 側及び n 側コンタクト層 2 2 側から、Ni 層と Au 層と Al 層とを含んで形成することができる。

【0027】

また、本実施形態において複数の p 電極 4 0 は、透明導電層 3 0 上に規則的に配置される。同様に複数の n 電極 4 2 は、発光素子 1 の厚さ方向において、複数の p 電極 4 0 が設けられる平面とは異なる平面上（例えば、露出した n 側コンタクト層 2 2 の表面）に規則的に配置される。具体的に、複数の p 電極 4 0 は、図 1 A に破線で示すように、平面視にて、発光素子 1 の一辺を第 1 の軸に設定すると共に、この一辺に直交する辺を第 2 の軸と仮定した場合に、第 1 の軸及び第 2 の軸に沿って周期的に配置される。本実施形態において、複数の p 電極 4 0 は、所定の格子間隔を有する格子の格子点に対応する位置に配置される。また、複数の n 電極 4 2 は、平面視にて各 p 電極 4 0 と重ならない位置に周期的に配置される。本実施形態においては、複数の n 電極 4 2 は、平面視にて 4 つの p 電極 4 0 が 4 つの角に配置されてなる正方形であって、最小の正方形の面心位置（すなわち、当該正方形の 2 本の対角線の交点）にそれぞれ配置される。すなわち、各 p 電極 4 0 と各 n 電極 4 2 は、第 1 の軸及び第 2 の軸について互い違いの位置に配置されている。

10

【0028】

なお、各 p 電極 4 0 及び各 n 電極 4 2 の平面視における形状は、略円状、略多角形状（例えば、三角形、四角形、五角形、六角形等）にすることができ、各電極の配置、発光素子 1 の平面視における全面積に占める発光領域の面積（以下、「発光面積」という）の割合の向上等を考慮して、各 p 電極 4 0 及び各 n 電極 4 2 の平面視におけるサイズを設定できる。例えば、p 電極 4 0 及び n 電極 4 2 の平面視における形状を略円状にした場合、p 電極 4 0 及び n 電極 4 2 の直径は、5 μ m 以上 50 μ m 以下にすることができる。特に、発光素子 1 の全面積に占める発光面積の割合を向上させることを目的として、n 電極 4 2 の直径は、例えば、5 μ m 以上 30 μ m 以下程度にすることができ、より発光面積を増大させるべく 5 μ m 以上 20 μ m 以下にすることもできる。

20

【0029】

（下部絶縁層 5 0、反射層 6 0）

下部絶縁層 5 0 は、発光層 2 5 が発する光を反射する反射層 6 0 を含んで形成される。下部絶縁層 5 0 は、例えば、絶縁材料である二酸化シリコン（SiO₂）から主として形成される。また、反射層 6 0 は、発光層 2 5 が発する光を反射する金属材料、例えば、Al から形成される。

30

【0030】

（p 配線 7 0、n 配線 7 2）

p 配線 7 0 及び n 配線 7 2 はそれぞれ、主として Ti、Au、Al を含んで形成することができる。例えば、p 配線 7 0 及び n 配線 7 2 はそれぞれ、下部絶縁層 5 0 に接する側から Ti 層、Au 層、Al 層をこの順に含んで形成することができる。

【0031】

また、p 配線 7 0 は、図 1 A に示すように、発光素子 1 の平面視にて、発光素子 1 の外周近傍であって、当該外周に沿って設けられる外周部 7 0 a を有する。さらに p 配線 7 0 は、外周部 7 0 a の一辺から当該一辺の対辺に向けて伸びる複数の p 側細線部 7 0 b を有する。複数の p 側細線部 7 0 b は、長手方向において上記対辺に接しない範囲でそれぞれ略同一の長さを有しており、幅方向において略等しい間隔をおいて配置される。

40

【0032】

また、n 配線 7 2 は、発光素子 1 の平面視にて、外周部 7 0 a の内側であって、複数の p 側細線部 7 0 b と垂直な方向に伸び、外周部 7 0 a の上記対辺近傍に配置される辺部 7 2 a と、辺部 7 2 a から上記一辺に向けて伸びる複数の n 側細線部 7 2 b とを有する。複数の n 側細線部 7 2 b はそれぞれ、外周部 7 0 a と p 側細線部 7 0 b との間、若しくは 2 本の p 側細線部 7 0 b の間に、平面視にて、最近接の外周部 7 0 a 及び最近接の p 側細線部 7 0 b からの距離が略同一になる位置に配置される。したがって、複数の p 側細線部 7

50

0 bと複数のn側細線部7 2 bとは、平面視にて、互い違いに配置される。

【0 0 3 3】

そして、図1 B及び図1 Cに示すように、平面方向において第1平面導通部7 0 0と第2平面導通部7 2 0との間に上部絶縁層8 0が配置されることにより、p配線7 0とn配線7 2とは電氣的に分離される。そして、化合物半導体層にオーミック接触するp電極4 0及びn電極4 2とは別に、下部絶縁層5 0と上部絶縁層8 0との間にp配線7 0及びn配線7 2とを設けることにより、オーミック電極機能と配線機能とを分離している。なお、上部絶縁層8 0は、透明導電層3 0に接する下部絶縁層5 0と同様の材料から形成することができ、下部絶縁層5 0と一体的に絶縁層をなしている。

【0 0 3 4】

(p側接合電極9 0及びn側接合電極9 2)

p側接合電極9 0及びn側接合電極9 2はそれぞれ、共晶材料、例えば、AuSnを含んで形成することができる。p側接合電極9 0及びn側接合電極9 2はそれぞれ、平面視にて略長形状に形成される。p側接合電極9 0及びn側接合電極9 2の平面視におけるサイズは、例えば、p側接合電極9 0の面積をn側接合電極9 2の面積より大きくすることができる。なお、p側接合電極9 0及びn側接合電極9 2の平面視における形状、及び面積は、発光素子1の特性評価時に用いる測定装置のプローブとの接触のさせ方、及び/又は発光素子1を実装する搭載基板等に応じて適宜変更することができる。

【0 0 3 5】

また、p側接合電極9 0及びn側接合電極9 2は、例えば、真空蒸着法(例えば、電子ビーム蒸着法、又は抵抗加熱蒸着法等)、スパッタ法、めっき法、スクリーン印刷法等により形成することができる。なお、p側接合電極9 0及びn側接合電極9 2は、AuSn以外の共晶材料からなる共晶はんだ又はSnAgCu等の鉛フリーはんだから形成することもできる。さらに、p側接合電極9 0及びn側接合電極9 2は、p配線7 0及びn配線7 2の側から、バリア層とはんだ層とを有して形成することができる。

【0 0 3 6】

具体的に、バリア層は、p配線7 0及びn配線7 2に接触する第1のバリア層と、第1のバリア層上に形成され、はんだ層を構成する材料の拡散を抑制する第2のバリア層とを含んで形成することができる。第1のバリア層は、p配線7 0を構成する材料及びn配線7 2を構成する材料に対してオーミック接触すると共に密着性が良好な材料から形成され、例えば、Tiから主として形成される。また、第2のバリア層は、はんだ層を構成する材料がp配線7 0及びn配線7 2側に拡散することを抑制することのできる材料から形成され、例えば、Niから主として形成される。なお、p側接合電極9 0を構成する材料と、n側接合電極9 2を構成する材料とを同一にすることができる。

【0 0 3 7】

以上のように構成された発光素子1は、青色領域の波長の光を発するフリップチップ型の発光ダイオード(LED)である。例えば、発光素子1は、順電圧が3 V程度で、順電流が350 mAの場合に、ピーク波長が455 nm程度の光を発する。また、発光素子1は平面視にて略四角形状に形成される。発光素子1の平面寸法は、例えば、縦寸法及び横寸法がそれぞれ略1000 μmである。

【0 0 3 8】

なお、サファイア基板1 0の上に設けられるバッファ層2 0からp側コンタクト層2 8までの各層は、例えば、有機金属化学気相成長法(Metal Organic Chemical Vapor Deposition: MOCVD)、分子線エピタキシー法(Molecular Beam Epitaxy: MBE)、ハライド気相エピタキシー法(Halide Vapor Phase Epitaxy: HVPE)等によって形成することができる。ここで、バッファ層2 0がAlNから形成されるものを例示したが、バッファ層2 0はGaNから形成することもできる。また、発光層3 0の量子井戸構造は、多重量子井戸構造でなく、単一量子井戸構造、歪量子井戸構造にすることもできる。

【0 0 3 9】

また、下部絶縁層5 0及び上部絶縁層8 0は、酸化チタン(TiO₂)、アルミナ(A

10

20

30

40

50

1₂O₃)、五酸化タンタル(Ta₂O₅)等の金属酸化物、若しくはポリイミド等の電気絶縁性を有する樹脂材料から形成することもできる。そして、反射層60は、Agから形成することもでき、Al又はAgを主成分として含む合金から形成することもできる。また、反射層60は、屈折率の異なる2つの材料の複数の層から形成される分布ブラッグ反射器(Distributed Bragg Reflector: DBR)であってもよい。

【0040】

さらに、発光素子1は、紫外領域、近紫外領域、又は緑色領域にピーク波長を有する光を発するLEDであってもよいが、LEDが発する光のピーク波長の領域はこれらに限定されない。なお、他の変形例においては、発光素子1の平面寸法はこれに限られない。例えば、発光素子1の平面寸法を縦寸法及び横寸法がそれぞれ300µmとなるよう設計することもでき、縦寸法と横寸法とが互いに異なるようにすることもできる。また、この構造を用いることによって、縦寸法、及び/又は横寸法が100µm程度になるような小型の発光素子1を形成することもできる。

10

【0041】

また、本実施形態においては、p配線70の第1平面導通部700とn配線72の第2平面導通部720とは同一平面上に設けたが、これらを異なる平面上に設けることもできる。例えば、透明導電層30に接する下部絶縁層50の厚さを変えることにより、p配線70が設けられる平面よりn配線72が設けられる平面を高くする、若しくは低くすることができる。これにより、平面視にて、第1平面導通部700と第2平面導通部720が重なるように配置することができ、素子の設計自由度が向上する。さらに、p電極40及びn電極42の平面視におけるサイズは上記例に限られない。そして、p電極40及びn電極42の配置も上記例に限られない。

20

【0042】

(発光素子1の製造工程)

図2Aから図2Cは、第1の実施の形態に係る発光素子の製造工程の一例を示す。具体的に、図2Aの(a)は、ビアを形成するためのエッチングが施される前の縦断面図である。図2Aの(b)は、ビアを形成するためのエッチングが施された後の縦断面図である。また、図2Aの(c)は、p電極及びn電極が形成された状態の縦断面図である。なお、図2Aから図2Cは、図1AのC-C線における断面から見た発光素子の製造工程の一例である。

30

【0043】

まず、サファイア基板10を準備して、このサファイア基板10の上に、n型半導体層と、発光層と、p型半導体層とを含む半導体積層構造を形成する。具体的には、サファイア基板10の上に、バッファ層20と、n側コンタクト層22と、n側クラッド層24と、発光層25と、p側クラッド層26と、p側コンタクト層28とをこの順にエピタキシャル成長してエピタキシャル成長基板を形成する(半導体積層構造形成工程)。続いて、p側コンタクト層28上の全面に透明導電層30を形成する(図2A(a)、透明導電層形成工程)。本実施形態において透明導電層30はITOから形成される。透明導電層30は、例えば、真空蒸着法を用いて形成される。なお、透明導電層30は、スパッタリング法、CVD法、又はゾルゲル法等により形成することもできる。

40

【0044】

続いて、フォトリソグラーフ技術を用いて形成する。そして、マスクが形成された部分を除く領域について、透明導電層30、及びp側コンタクト層28からn側コンタクト層22の表面までエッチングした後、マスクを除去する(ビア形成工程)。これにより、透明導電層30の表面からn側コンタクト層22までが除去されて形成されるビア5を有する透明導電層付基板が形成される(図2A(b))。なお、ビア形成工程においては、マスクが形成されていない部分のn側クラッド層24からp側コンタクト層28までを完全に除去することを目的として、n側コンタクト層22の一部までエッチングすることもできる。

【0045】

50

この後、p電極40を形成する領域と、ビア5とを除く領域にフォトレジストによりマスク200を形成する。そして、真空蒸着法を用いて、p電極40及びn電極42を形成する(図2A(c)、電極形成工程)。本実施形態において、p電極40を構成する材料と、n電極42を構成する材料とは同一材料である。すなわち、マスク200が形成されていない透明導電層30の表面と、ビア5により露出しているn側コンタクト層22の表面とに電極材料を同時に真空蒸着することにより同一材料からなるp電極40及びn電極42を形成する。なお、p電極40及びn電極42を形成した後、透明導電層30とp電極40との間、及びn側コンタクト層22とn電極42との間のオーミック接触と密着性を確保すべく、所定の温度、所定の雰囲気下で、所定の時間の熱処理を施すこともできる。また、p電極40を構成する材料とn電極42を構成する材料とを異なる材料にする

10

【0046】

図2B(a)は、第1絶縁層及び反射層を形成した後の縦断面図である。また、図2B(b)は、第2の絶縁層を形成した後の縦断面図である。さらに、図2B(c)は、ビアを形成した後の縦断面図である。

【0047】

まず、p電極40及びn電極42を覆う第1絶縁層52を形成する。第1絶縁層52は、真空蒸着法により形成する(第1絶縁層形成工程)。そして、第1絶縁層52の上であってp電極40及びn電極42の上方を除く所定の領域に、真空蒸着法及びフォトリソグラフィ技術を用いて反射層60を形成する(図2B(a)、反射層形成工程)。

20

【0048】

次に、反射層60の上側と、反射層60が形成されていない第1絶縁層52の上側とに、真空蒸着法を用いて第2絶縁層54を形成する(図2B(b)、第2の絶縁層形成工程)。これにより反射層60が第2絶縁層54により被覆される。そして、第1絶縁層52と第2絶縁層54とから、本実施形態に係る下部絶縁層50が構成される。

【0049】

続いて、下部絶縁層50におけるp電極40の上側部分の少なくとも一部と、n電極42の上側部分とを、フォトリソグラフィ技術及びエッチング技術を用いて除去する。ここで、n電極42上のビア50bの形成においては、n側クラッド層24、発光層25、p側クラッド層26、p側コンタクト層28、及び拡散電極30の側面に下部絶縁層50が残るようにビア50bを形成する。これにより、p電極40の上にビア50aを有すると共に、n電極42の上にビア50bを有するビア付基板が形成される(図2B(c)、ビア形成工程)。

30

【0050】

図2C(a)は、p配線及びn配線を形成した後の縦断面図である。また、図2C(b)は、上部の絶縁層を形成した後の縦断面図である。さらに、図2C(c)は、p側接合電極及びn側接合電極を形成した後の縦断面図である。

【0051】

続いて、真空蒸着法及びフォトリソグラフィ技術を用いて、p電極40上のビア50aの内側を充填する第2上下導通部702と、透明導電層30に接する下部絶縁層50の表面の一部に設けられる第2平面導通部700を有するp配線70、及び、n電極42上のビア50bの内側を充填する第1上下導通部722と、透明導電層30に接する下部絶縁層50の表面の一部であって、p配線70が設けられる領域とは異なる領域に設けられる第1平面導通部720とを有するn配線72を同時に形成する(図2C(a)、配線形成工程)。なお、p配線70とn配線72とをそれぞれ別材料から形成することもでき、この場合、p配線70とn配線72とは同時ではなく、別個独立に形成される。

40

【0052】

次に、p配線70及びn配線72、具体的には、第1平面導通部720及び第2平面導通部700を覆う上部絶縁層80を真空蒸着法により形成する(図2C(b)、上部絶縁

50

層形成工程)。上部絶縁層 80 は、透明導電層 30 に接する下部絶縁層 50 と同様の絶縁材料、例えば、 SiO_2 から形成することができる。続いて、上部絶縁層 80 の表面にフォトリソトによりマスクを設け、p 配線 70 の表面の一部を露出させるビア 80 a と、n 配線 72 の表面の一部を露出させるビア 80 b とを有する上部絶縁層 80 を形成する。そして、フォトリソグラフィ法及び真空蒸着法を用い、第 2 平面導通部 700 の表面の一部を露出させるビア 80 a を介して p 配線 70 に電氣的に接続する p 側接合電極 90 と、第 1 平面導通部 720 の表面の一部を露出させるビア 80 b を介して n 配線 72 に電氣的に接続する n 側接合電極 92 とを同時に形成する(図 2 C (c)、接合電極形成工程)。なお、p 側接合電極 90 と n 側接合電極 92 とをそれぞれ別材料から形成することもでき、この場合、p 側接合電極 90 と n 側接合電極 92 とは同時ではなく、別個独立に形成される。

10

【0053】

なお、接合電極形成工程においては、まず、第 2 平面導通部 700 の表面の一部を露出させるビア 80 a と第 1 平面導通部 720 の表面の一部を露出させるビア 80 b とにバリア層を同時に形成した後(バリア層形成工程)、形成したバリア層上にはんだ層を形成することにより(はんだ層形成工程)、p 側接合電極 90 及び n 側接合電極 92 を形成することもできる。また、p 側接合電極 90 と n 側接合電極 92 とはそれぞれ同時ではなく、別個独立に形成してもよい。これにより、図 2 C (c) に示す発光素子 1 が製造される。

【0054】

なお、n 電極 42、及び p 電極 40 はそれぞれ、スパッタリング法により形成することもできる。また、透明導電層 30 に接する下部絶縁層 50 及び上部絶縁層 80 は、化学気相成長法(Chemical Vapor Deposition : CVD)により形成することもできる。そして、以上の工程を経て形成された発光素子 1 は、導電性材料の配線パターンが予め形成されたセラミック等から構成される基板の所定の位置に、フリップチップボンディングにより実装される。そして、基板に実装された発光素子 1 を、エポキシ樹脂又はガラス等の封止材で一体として封止することにより、発光素子 1 を発光装置としてパッケージ化できる。

20

【0055】

(第 1 の実施の形態の効果)

本実施の形態に係る発光素子 1 は、化合物半導体にオーミック接触する電極(すなわち、p 電極 40 及び n 電極 42)と電極に電流を供給する配線(すなわち、p 配線 70 及び n 配線 72)とを、透明導電層 30 に接する下部絶縁層 50 により発光素子 1 の厚さ方向に分離して形成することができる。これにより、複数の p 電極 40 及び複数の n 電極 42 をそれぞれ独立して半導体層上に設けることができ、かつ、各 p 電極 40 上に位置するビア 50 a を介して各 p 電極 40 を p 配線 70 により相互に電氣的に接続させ、各 n 電極 42 上に位置するビア 50 b を介して複数の n 電極 42 を相互に電氣的に接続させることができる。したがって、本実施形態に係る発光素子 1 によれば、p 電極 40 及び n 電極 42 の形状及び配置によらず、p 側接合電極 90 と n 側接合電極 92 との形状及び配置を自由に設計できる。

30

【0056】

例えば、本実施形態に係る発光素子 1 においては、n 電極 42 の形状を微細な形状にすると共に、n 側コンタクト層 22 の表面に複数の n 電極 42 を分散させて配置することができるので、順方向電圧の増加を抑制して発光層 25 への電流の分散の均一化を図ることができ、発光素子 1 の発光面積を発光素子 1 の平面視における全面積の 70% 以上にするることができる。

40

【0057】

さらに、本実施形態に係る発光素子 1 においては、平面視にて、複数の n 電極 42 それぞれに最近接する複数の p 電極 40 までの距離を統一させることができる。これにより、p 電極 40 及び n 電極 42 の面積と、p 電極 40 と n 電極 42 との直線距離等とから、発光素子 1 の光度と順方向電圧とを精度良く予測することができるので、発光素子 1 の使用環境に応じて最適な電極設計をすることが可能になる。

50

【 0 0 5 8 】

[第 2 の実施の形態]

図 3 は、本発明の第 2 の実施の形態に係る発光素子の上面の概要を示す。

【 0 0 5 9 】

第 2 の実施の形態に係る発光素子 2 は、第 1 の実施の形態に係る発光素子 1 とは p 側接合電極 9 0 及び n 側接合電極 9 2 の形状が異なる点を除き、略同一の構成及び機能を有する。したがって、相違点を除き詳細な説明は省略する。

【 0 0 6 0 】

第 2 の実施の形態に係る発光素子 2 が備える p 側接合電極 9 0 は平面視にて p 側切込 9 0 a を有して形成され、n 側接合電極 9 2 は平面視にて n 側切込 9 2 a を有して形成される。例えば、p 側接合電極 9 0 は、複数の p 側切込 9 0 a を長手方向において互い違いに有することにより、蛇行した形状を有して形成される。同様に、n 側接合電極 9 2 は、複数の n 側切込 9 2 a を長手方向において互い違いに有することにより、蛇行した形状を有して形成される。発光素子 2 は、p 側切込 9 0 a を有する p 側接合電極 9 0 と n 側切込 9 2 a を有する n 側接合電極 9 2 とを備えるので、所定の基板等に発光素子 2 を搭載する場合に、p 側接合電極 9 0 及び n 側接合電極 9 2 の融解に伴う気泡を、p 側切込 9 0 a 及び n 側切込 9 2 a から外部へ逃がすことができる。

10

【 0 0 6 1 】

[第 3 の実施の形態]

図 4 は、本発明の第 3 の実施の形態に係る発光素子の上面の概要を示す。なお、図 4 においては、説明の便宜上、p 側接合電極及び n 側接合電極の図示を省略している。

20

【 0 0 6 2 】

第 3 の実施の形態に係る発光素子 3 は、第 1 の実施の形態に係る発光素子 1 とは p 配線及び n 配線の形状が異なる点を除き、略同一の構成及び機能を有する。したがって、相違点を除き詳細な説明は省略する。

【 0 0 6 3 】

第 3 の実施の形態において、p 配線 7 1 は、発光素子 3 の平面視にて、発光素子 3 の外周近傍に当該外周に沿って設けられる外周部 7 1 a を有する。さらに、p 配線 7 1 は、外周部 7 1 a の一辺の midpoint 付近から当該一辺の対辺に向けて伸び、発光素子 3 の一辺の 1 / 4 程度の長さを有する p 側連結部 7 1 b と、連結部 7 1 b の末端に接続され、外周部 7 1 a の上記一辺に平行な方向に伸び、上記一辺より短い中間部 7 1 c と、中間部 7 1 c の両端から上記一辺に垂直な方向であって上記一辺から遠ざかる方向に連結部 7 1 b の長さの 1 / 2 程度の長さを有して伸びる p 側端部 7 1 d とを有する。

30

【 0 0 6 4 】

また、n 配線 7 3 は、上記一辺に垂直な方向に沿って伸び、外周部 7 1 a の一辺の長さよりも短い長さであって外周部 7 1 a と p 側端部 7 1 d との間に設けられる辺部 7 3 a と、辺部 7 3 a の両端から上記一辺に水平な方向であって、発光素子 3 の中心側に伸びる n 側端部 7 3 b と、辺部 7 3 a の中心付近から上記一辺に水平な方向であって、発光素子 3 の中心側に伸びる n 側連結部 7 3 c と、n 側連結部 7 3 c の末端に接続され、発光素子 3 の中心付近を囲む形状を有して設けられる中心部 7 3 d とを有する。

40

【 0 0 6 5 】

複数の p 電極 4 0 は、p 配線 7 1 の直下に対応する透明導電層 3 0 上に所定の間隔をおいて配列する。同様に、複数の n 電極 4 2 は、n 配線 7 3 の直下に対応する n 側コンタクト層 2 2 上に所定の間隔をおいて配列する。

【 0 0 6 6 】

[全放射束、順方向電圧の予測]

図 5 は、p 電極の面積率と発光素子の全放射束との関係を示し、図 6 は、n 電極の面積率と全放射束との関係を示す。また、図 7 は、電流密度と外部量子効率との関係を示す。

【 0 0 6 7 】

第 1 の実施の形態に示す発光素子 1 において、複数の p 電極 4 0 の面積の合計が発光素

50

子 1 の平面視における全面積に占める割合（以下、「p 電極面積率」という）を様々に変えた場合の発光素子 1 の全放射束と（図 5 参照）、複数の n 電極 4 2 の面積の合計が発光素子 1 の平面視における全面積に占める割合（以下、「n 電極面積率」という）を様々に変えた場合の発光素子 1 の全放射束（図 6 参照）とを測定した。

【 0 0 6 8 】

図 5 及び図 6 を参照すると分かるように、p 電極面積率、n 電極面積率の増加に伴い、発光素子 1 の全放射束が直線的に低下した。また、図 7 を参照すると分かるように、電流密度の二次関数に従って外部量子効率が変動することが示された。

【 0 0 6 9 】

以上のことから、p 電極面積率、n 電極面積率、外部量子効率、発光波長、投入電流値に基づいて、発光素子 1 の全放射束を精度良く予測できること、p 電極面積率、及び / 又は n 電極面積率を調整することにより所望の全放射束の発光素子 1 が得られることが示された。また、所望の順方向電圧の発光素子 1 を得ることもできるとの知見も得た。すなわち、p 電極 4 0 の接触抵抗、p 電極 4 0 と n 電極 4 2 との間の抵抗、n 電極 4 2 の接触抵抗、並びに p 配線 7 0 及び n 配線 7 2 の抵抗から、発光素子 1 の順方向電圧を予測することができるとの知見が得られた。

【 0 0 7 0 】

図 8 (a) は、第 1 の実施の形態に係る発光素子 1 の発光時の状態を示す図であり、図 8 (b) は、発光素子 1 の p 電極及び n 電極の数を変えた変形例 1 に係る発光素子の発光時の状態を示す図であり、図 8 (c) は、発光素子 1 の p 電極及び n 電極の数を変えた変形例 2 に係る発光素子の発光時の状態を示す図である。

【 0 0 7 1 】

図 9 A は、発光素子 1 への投入電流に対する光度の予測値と実測値との比較を示し、図 9 B は、発光素子 1 への投入電流に対する順方向電圧の予測値と実測値との比較を示す。

【 0 0 7 2 】

発光素子 1 に 3 5 0 m A の電流を注入した場合（但し、発光波長は 4 5 6 n m ）、光度は 3 4 4 m W であり、順方向電圧は 3 . 1 4 V であると予測された。実際に測定したところ、3 5 0 m A の電流を注入した場合における光度は 3 5 3 . 3 m W で、順方向電圧は 3 . 1 3 V であり、予測とよく一致していた。その他の電流値についても、図 9 A 及び図 9 B に示すように、予測と実測とはよく一致していた。なお、図 9 B において投入電流が 1 0 0 0 m A の場合に予測と実測とが多少ずれているが、このずれは大電流を投入したことによって発生した熱の影響であると考えられる。

【 0 0 7 3 】

図 1 0 A は、発光素子 1 の変形例 1 への投入電流に対する光度の予測値と実測値との比較を示し、図 1 0 B は、発光素子 1 の変形例 1 への投入電流に対する順方向電圧の予測値と実測値との比較を示す。

【 0 0 7 4 】

発光素子 1 の変形例 1 に 3 5 0 m A の電流を注入した場合（但し、発光波長は 4 5 5 . 7 n m ）、光度は 3 3 5 m W であり、順方向電圧は 3 . 0 8 V であると予測された。実際に測定したところ、3 5 0 m A の電流を注入した場合における光度は 3 4 4 . 6 m W で、順方向電圧は 3 . 0 6 V であり、予測とよく一致していた。その他の電流値についても、図 1 0 A 及び図 1 0 B に示すように、予測と実測とはよく一致していた。なお、図 1 0 B において投入電流が 1 0 0 0 m A の場合に予測と実測とが多少ずれているが、このずれは大電流を投入したことによって発生した熱の影響であると考えられる。

【 0 0 7 5 】

図 1 1 A は、発光素子 1 の変形例 2 への投入電流に対する光度の予測値と実測値との比較を示し、図 1 1 B は、発光素子 1 の変形例 2 への投入電流に対する順方向電圧の予測値と実測値との比較を示す。

【 0 0 7 6 】

発光素子 1 の変形例 2 に 3 5 0 m A の電流を注入した場合（但し、発光波長は 4 5 5 .

10

20

30

40

50

4 nm)、光度は352 mWであり、順方向電圧は3.29 Vであると予測された。実際に測定したところ、350 mAの電流を注入した場合における光度は362 mWで、順方向電圧は3.21 Vであり、予測とよく一致していた。その他の電流値についても、図11A及び図11Bに示すように、予測と実測とはよく一致していた。

【0077】

以上、本発明の実施の形態を説明したが、上記に記載した実施の形態は特許請求の範囲に係る発明を限定するものではない。また、実施の形態の中で説明した特徴の組合せの全てが発明の課題を解決するための手段に必須であるとは限らない点に留意すべきである。

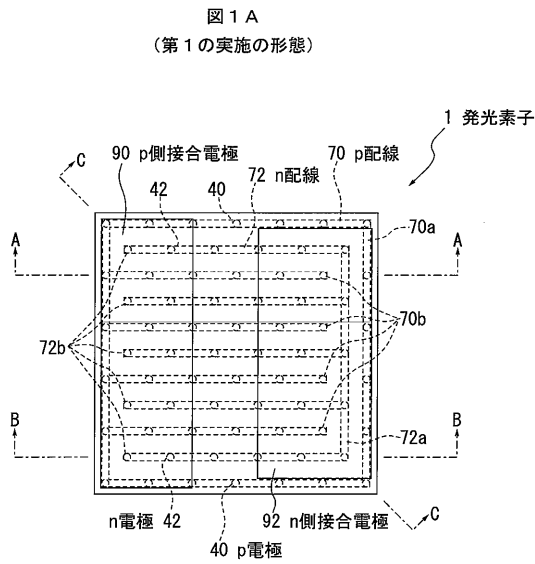
【符号の説明】

【0078】

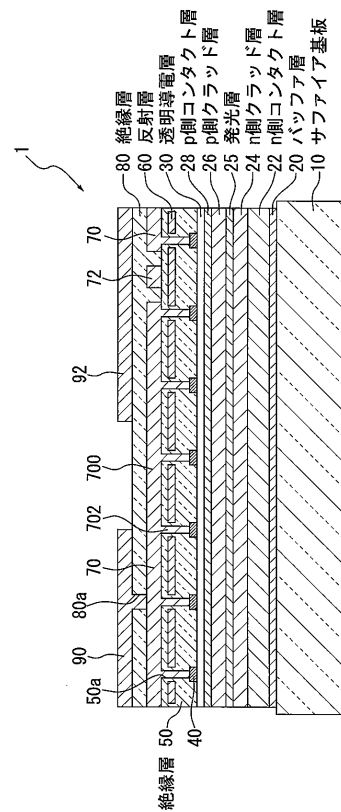
1、2、3	発光素子	
5	ビア	
10	サファイア基板	
20	バッファ層	
22	n側コンタクト層	
24	n側クラッド層	
25	発光層	
26	p側クラッド層	
28	p側コンタクト層	
30	透明導電層	20
40	p電極	
42	n電極	
50	絶縁層	
50a、50b	ビア	
52	第1絶縁層	
54	第2絶縁層	
60	反射層	
70	p配線	
70a	外周部	
70b	p側細線部	30
71	p配線	
71a	外周部	
71b	p側連結部	
71c	中間部	
71d	p側端部	
72	n配線	
72a	辺部	
72b	n側細線部	
73	n配線	
73a	辺部	40
73b	n側端部	
73c	n側連結部	
73d	中心部	
80	絶縁層	
80a、80b	ビア	
90	p側接合電極	
92	n側接合電極	
90a	p側切込	
92a	n側切込	
200	マスク	50

- 7 0 0 第 2 平面導通部
- 7 0 2 第 2 上下導通部
- 7 2 0 第 1 平面導通部
- 7 2 2 第 1 上下導通部

【 図 1 A 】

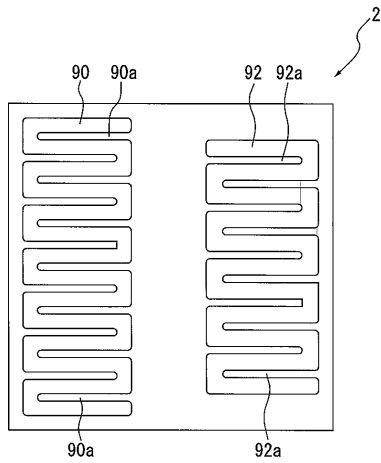


【 図 1 B 】



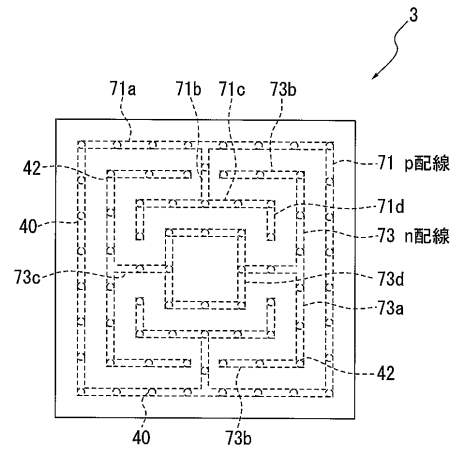
【 図 3 】

図 3
(第 2 の実施の形態)



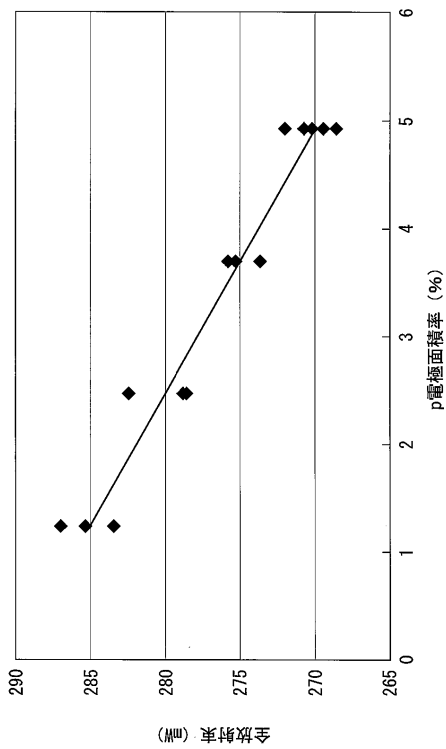
【 図 4 】

図 4
(第 3 の実施の形態)



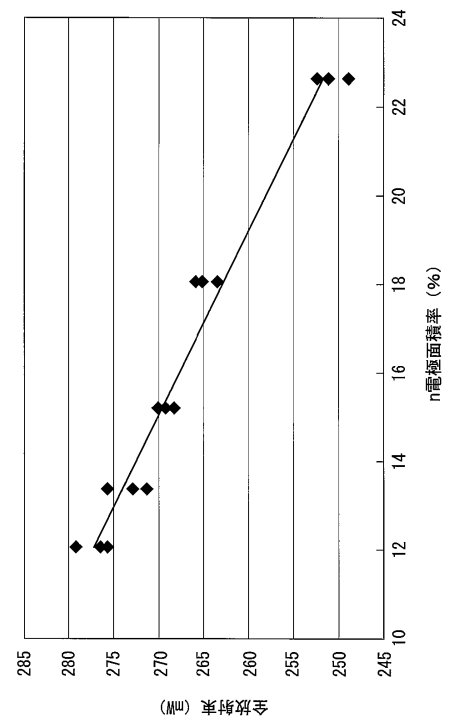
【 図 5 】

図 5



【 図 6 】

図 6



【 図 7 】

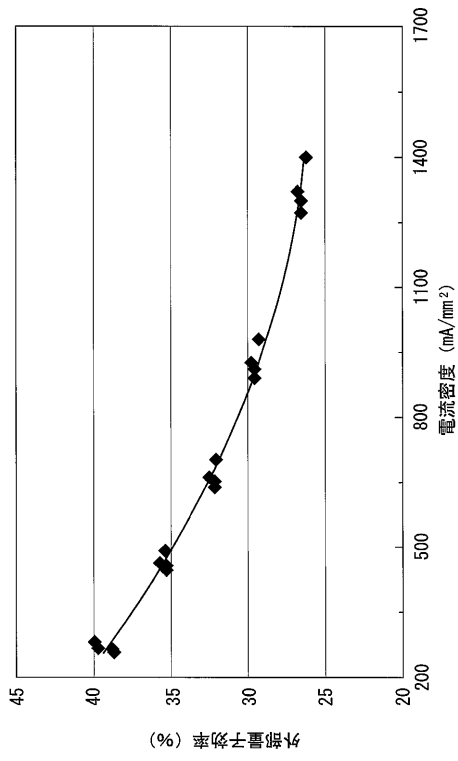


図 7

【 図 9 A 】

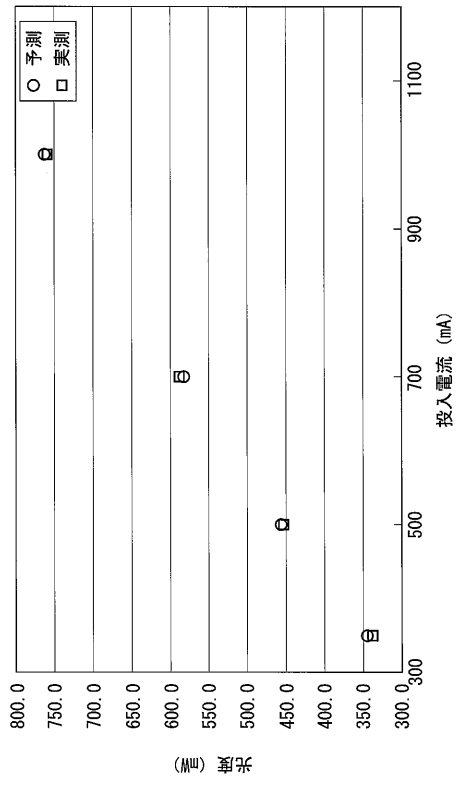


図 9A

【 図 9 B 】

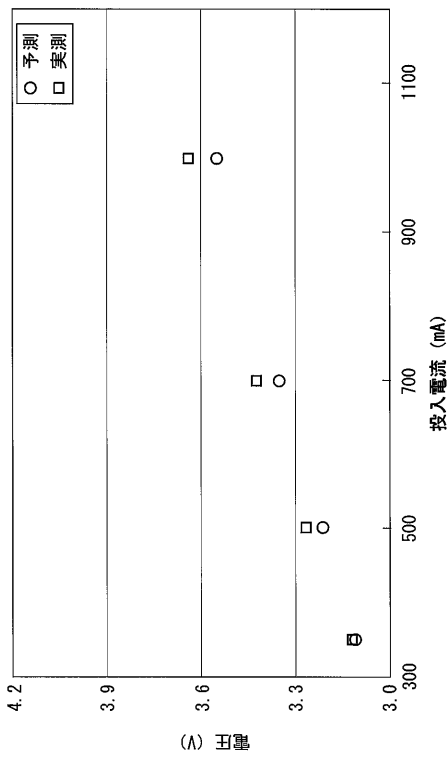


図 9B

【 図 10 A 】

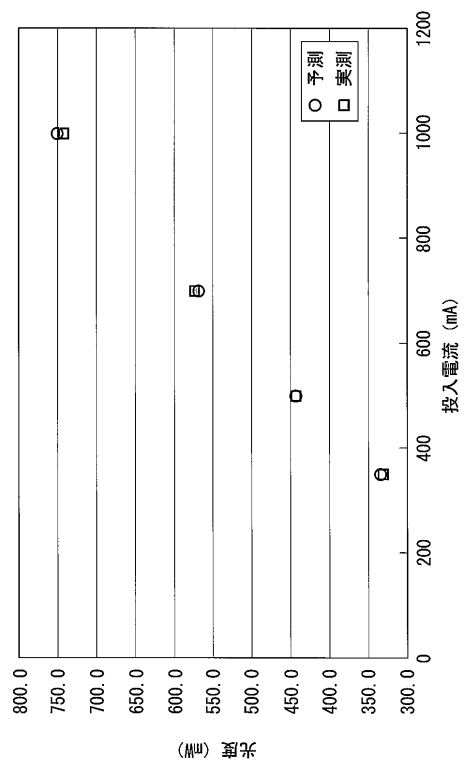
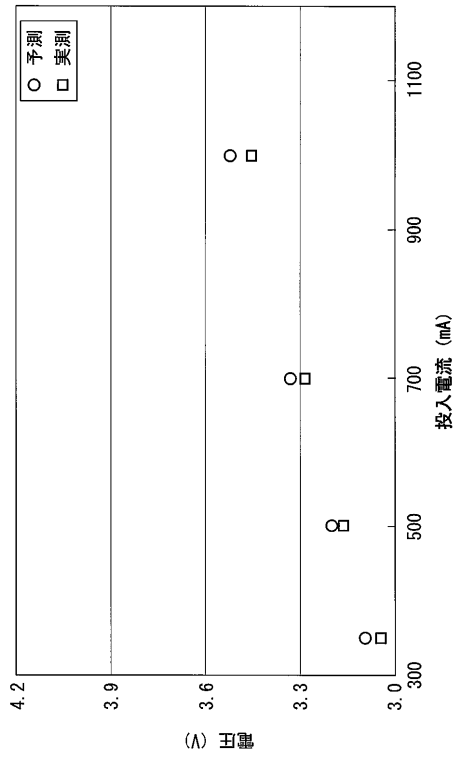
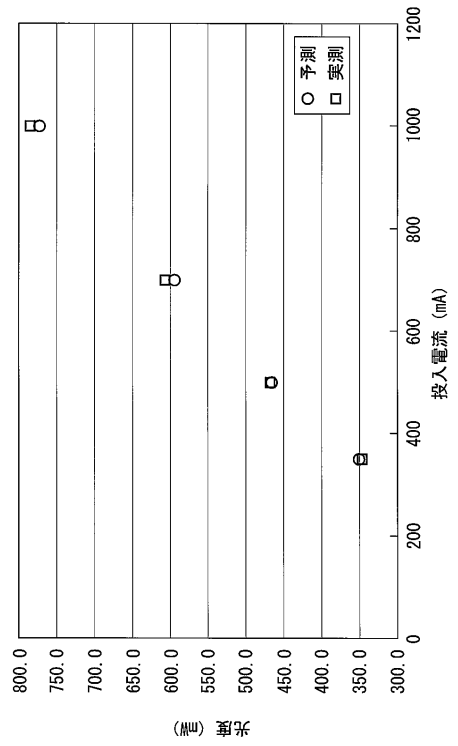


図 10A

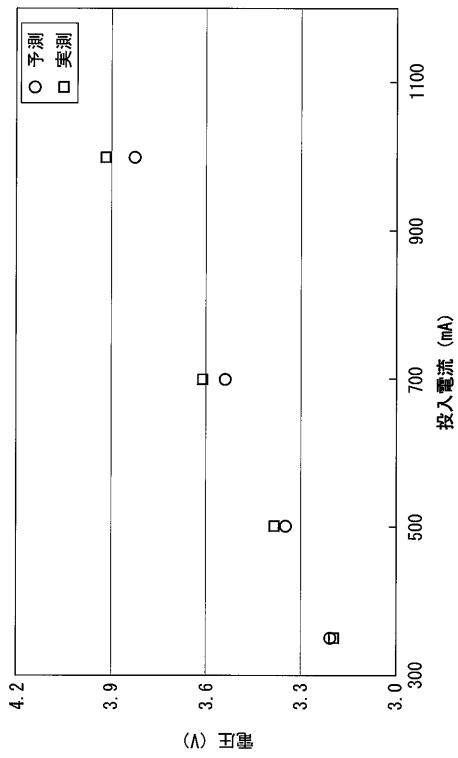
【 図 1 0 B 】



【 図 1 1 A 】

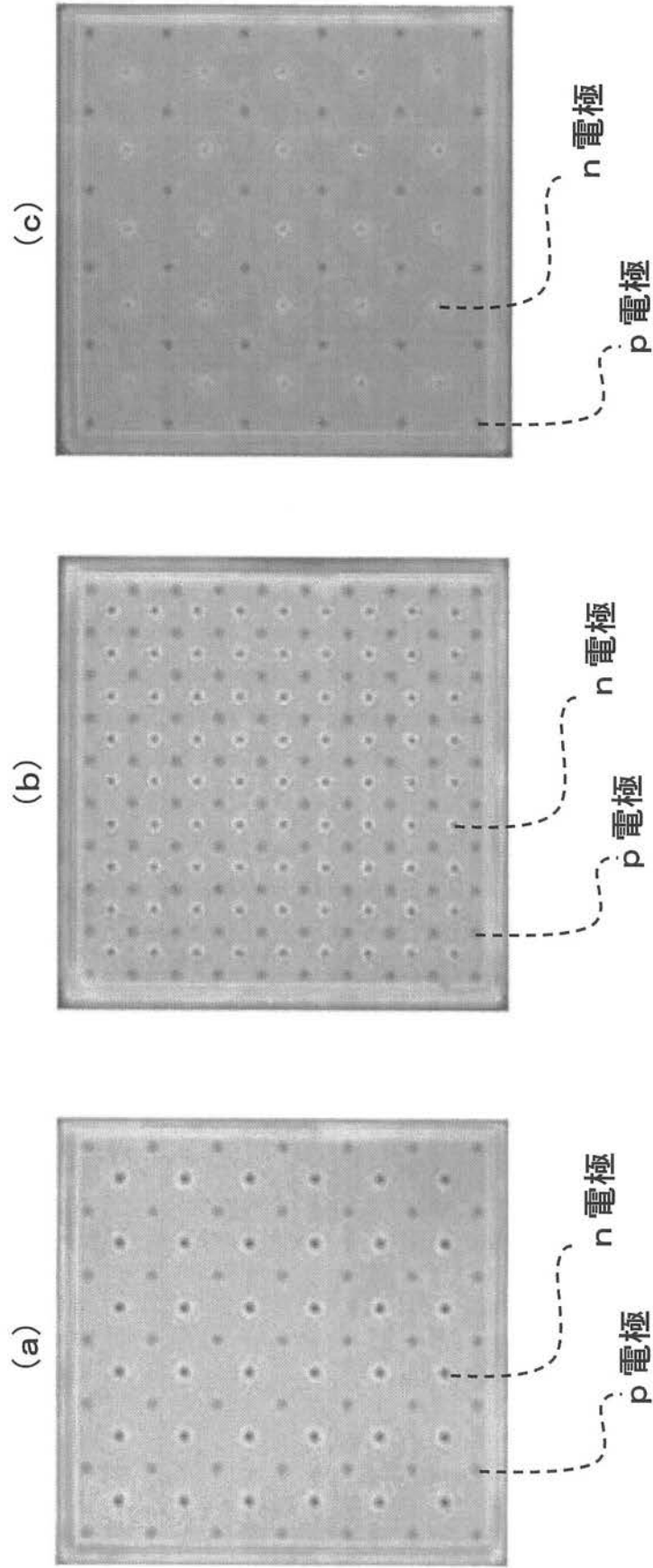


【 図 1 1 B 】



【 図 8 】

図 8



フロントページの続き

(72)発明者 神谷 真央

愛知県西春日井郡春日町大字落合字長畑 1 番地 豊田合成株式会社内

審査官 百瀬 正之

(56)参考文献 特開2008 - 288548 (JP, A)

特表2007 - 527123 (JP, A)

特開2004 - 47988 (JP, A)

特開2008 - 282930 (JP, A)

特開2008 - 198998 (JP, A)

特開2008 - 4729 (JP, A)

特開2009 - 164423 (JP, A)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

H01L 33/00 - 33/64