

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特 許 公 報(B2)

(11) 特許番号

特許第4330476号
(P4330476)

(45) 発行日 平成21年9月16日(2009.9.16)

(24) 登録日 平成21年6月26日(2009.6.26)

(51) Int.Cl.

F I

H O 1 L 33/00 (2006.01)

H O 1 L 33/00 1 8 6

H O 1 L 33/00 2 1 0

請求項の数 10 (全 17 頁)

(21) 出願番号 特願2004-95217 (P2004-95217)
 (22) 出願日 平成16年3月29日(2004.3.29)
 (65) 公開番号 特開2005-302747 (P2005-302747A)
 (43) 公開日 平成17年10月27日(2005.10.27)
 審査請求日 平成19年3月19日(2007.3.19)

(73) 特許権者 000002303
 スタンレー電気株式会社
 東京都目黒区中目黒2丁目9番13号
 (74) 代理人 100091340
 弁理士 高橋 敬四郎
 (74) 代理人 100105887
 弁理士 来山 幹雄
 (72) 発明者 堀尾 直史
 東京都目黒区中目黒2-9-13 スタン
 レー電気株式会社内
 (72) 発明者 土谷 正彦
 東京都目黒区中目黒2-9-13 スタン
 レー電気株式会社内

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 半導体発光素子

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項1】

n型の窒化物半導体からなる第1の層、及び該第1の層の上に配置されたp型の窒化物半導体からなる第2の層を含み、該第1の層と第2の層との間に発光領域を画定し、該第1の層の表面の一部の第1の領域において、該第2の層が除去されて該第1の層が現われている発光積層構造と、

前記第2の層の表面上に配置され、該第2の層に電氣的に接続されたp側電極と、

前記p側電極を覆う絶縁膜と、

前記第1の領域において、前記第1の層に電氣的に接続されたn側電極と、

前記絶縁膜の上に、前記p側電極と重なるように配置され、前記n側電極まで至り、該n側電極に電氣的に接続され、銀を含む合金または銀で形成された反射膜とを有する半導体発光素子。

【請求項2】

前記p側電極が、Pt、Rh及びPdからなる群より選択された1つの金属で形成されており、その厚さが1nm～15nmである請求項1に記載の半導体発光素子。

【請求項3】

n型の窒化物半導体からなる第1の層、及び該第1の層の上に配置されたp型の窒化物半導体からなる第2の層を含み、該第1の層と第2の層との間に発光領域を画定し、該第1の層の表面の一部の第1の領域において、該第2の層が除去されて該第1の層が現われている発光積層構造と、

10

20

前記第 2 の層の表面上に配置され、該第 2 の層に電氣的に接続され、前記発光領域で発生した光を透過させる p 側電極と、

前記 p 側電極を覆う絶縁膜と、

前記第 1 の領域において、前記第 1 の層に電氣的に接続された n 側電極と、

前記絶縁膜の上に、前記 p 側電極と重なるように配置され、前記 n 側電極まで至り、該 n 側電極に電氣的に接続され、前記発光領域で発生した光を反射する反射膜とを有する半導体発光素子。

【請求項 4】

前記絶縁膜が、酸化シリコン、酸化チタン、酸化タンタル、アルミナ、酸化ジルコニウム、酸化ハフニウム、及び絶縁性高分子材料からなる群より選択された少なくとも 1 つの材料で形成されている請求項 1 ~ 3 のいずれかに記載の半導体発光素子。

10

【請求項 5】

さらに、前記反射膜を覆う絶縁性の保護膜を有する請求項 1 ~ 4 のいずれかに記載の半導体発光素子。

【請求項 6】

さらに、前記反射膜と前記保護膜との間に、Ti、Ni、Al、W、及びMoからなる群より選択された少なくとも 1 つの金属からなる中間層が配置されている請求項 5 に記載の半導体発光素子。

【請求項 7】

さらに、前記 p 側電極の表面の一部の領域上に配置されたフリップチップボンディング用の p 側パッドと、

20

前記 n 側電極の表面の一部の領域上に配置されたフリップチップボンディング用の n 側パッドと

を有する請求項 1 ~ 6 のいずれかに記載の半導体発光素子。

【請求項 8】

さらに、前記 p 側電極の表面の一部の領域上に配置されたフリップチップボンディング用の p 側パッドと、

前記反射膜のうち、前記第 2 の層と重なる部分の表面上に配置されたフリップチップボンディング用の n 側パッドと

を有する請求項 1 ~ 6 のいずれかに記載の半導体発光素子。

30

【請求項 9】

前記反射膜が、前記発光領域で発光し該反射膜に向かって進行する光を散乱させるような平面形状を有し、

さらに、前記反射膜で散乱された光が入射することにより蛍光を発生する蛍光体を有する請求項 1 ~ 6 のいずれかに記載の半導体発光素子。

【請求項 10】

前記 p 側電極、前記絶縁膜、及び前記反射膜が、多層反射膜を構成している請求項 1 ~ 9 に記載の半導体発光素子。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

40

【0001】

本発明は、半導体発光素子に関し、特に窒化物半導体を用い、特に基板の同一面側に正電極及び負電極が配置される半導体発光素子に関する。

【背景技術】

【0002】

図 15 (A) に、下記特許文献 1 に開示された半導体発光素子の断面図を示す。サファイア基板 200 の上に、パッファ層 201 を介して n 型 GaN からなる n 型コンタクト層 202、n 型 AlGaIn からなる n 型クラッド層 203、InGaIn からなる発光層 204、p 型 AlGaIn からなる p 型クラッド層 205、p 型 GaN からなる p 型コンタクト

50

層 206 がこの順番に積層されている。一部の領域において、p 型コンタクト層 206 から n 型コンタクト層 202 の表層部までエッチングされ、n 型コンタクト層 202 の一部が表出している。

【0003】

p 型コンタクト層 206 の上に、p 側オーミック電極 207 が形成され、n 型コンタクト層 202 の表出した領域上に、n 側オーミック電極 208 が形成されている。これらの積層構造を、透光性の絶縁膜 210 が覆う。絶縁膜 210 に、n 側オーミック電極 208 の表面を露出させる開口 210a 及び p 側オーミック電極 207 の表面の一部を露出させる開口 210b が形成されている。

【0004】

絶縁膜 210 を介して p 型オーミック電極 207 を覆うように、反射膜 211 が形成されている。反射膜 211 の表面の一部の領域上に p 側パッド 213 が形成され、n 側オーミック電極 208 の上に、n 側パッド 212 が形成されている。

【0005】

反射膜 211 は、Al、Ag または Rh で形成され、発光層 204 で発生した光を、基板 200 側に向けて反射する。基板 200 を通して光が取り出される。光の取り出し効率を高めるために、反射膜 211 の反射率を高めることが望ましい。紫外光から可視光の波長域において Ag が非常に高い反射率を示す。ところが、Ag は、電気化学的マイグレーションを生じやすい金属である。竹本正、佐藤良平著「高信頼度マイクロソルダリング技術」(工業調査会)によると、Ag のマイグレーション発生機構は下記のように説明されている。

【0006】

水分の存在下で電界を印加すると、陽極で Ag が溶解し、陰極で水素 (H_2) が発生する。陽極近傍で Ag^+ イオンと OH^- イオンとが反応して、水酸化銀 $AgOH$ が生成される。化学的に不安定な水酸化銀 $AgOH$ が分解してコロイド状の酸化銀 Ag_2O が生成される。酸化銀がさらに反応して Ag^+ イオンが生成される。上記反応を繰り返しながら、 Ag_2O と Ag^+ イオンとが陰極へ移動し、Ag を析出し、陽極に銀が樹枝状に成長する。

【0007】

銀のマイグレーションが生ずると、樹枝状成長した銀により、陽極と陰極とが短絡され、リーク電流が増大してしまう。下記特許文献 2 及び 3 に、銀のマイグレーションを抑制する発明が開示されている。

【0008】

図 15 (B) に、特許文献 2 に開示された半導体発光素子の断面図を示す。サファイア基板 220 の上に、AlN バッファ層 221、n 型 GaN 層 222、InGa_xN 発光層 223、p 型 GaN 層 224 がこの順番に積層されている。p 型 GaN 層 224 及び発光層 223 が部分的にエッチングされ、n 型 GaN 層 222 の一部が露出している。p 型 GaN 層の表面に、Ag 層 225 が形成され、この Ag 層 225 が酸化シリコン膜 227 で覆われている。

【0009】

酸化シリコン膜 227 に、Ag 層 225 の上面の一部を露出させるビアホールが形成されている。酸化シリコン膜 227 の上に、Au 層 228 が形成されている。Au 層 228 は、酸化シリコン膜 227 に形成されたビアホール内を経由して Ag 層 225 に接続されている。

【0010】

n 型 GaN 層 222 の露出した表面上に、V 層と Al 層との積層構造を有する n 側オーミック電極 226 が形成されている。Ag 層 225 が酸化シリコン膜 227 で覆われているため、Ag のマイグレーションを抑制することができる。

【0011】

図 15 (C) に、特許文献 3 に記載された半導体発光素子の断面図を示す。サファイア

10

20

30

40

50

基板 230 の上に、AlN バッファ層 231、n 型 GaN 層 232、n 型 GaN クラッド層 233、発光層 234、p 型 GaN クラッド層 235、p 型 GaN コンタクト層 236 がこの順番に積層されている。p 型 GaN コンタクト層 236 から n 型 GaN クラッド層 233 までの積層が部分的にエッチングされ、n 型 GaN 層 232 の一部が露出している。

【0012】

p 型 GaN コンタクト層 236 の表面の一部に Ag 層 237 が形成されている。Ag 層 237 は、バナジウム (V) 層 238 及び Al 層 239 で覆われている。Ag 層 237 が、V 層 238 及び Al 層 239 で覆われているため、Ag のマイグレーションを抑制することができる。

10

【0013】

【特許文献 1】特開 2003 - 224297 号公報

【特許文献 2】特開 2003 - 168823 号公報

【特許文献 3】特開平 11 - 220171 号公報

【発明の開示】

【発明が解決しようとする課題】

【0014】

上述の特許文献 2 及び 3 に開示されたように、反射膜及び電極として用いられている Ag 層を、絶縁膜や、他の金属膜で覆うことにより、Ag のマイグレーションが抑制される。しかし、マイグレーション抑制効果は十分ではない。Ag のマイグレーションをより効果的に抑制することができる半導体発光素子が望まれる。

20

【0015】

本発明の目的は、マイグレーションし易い金属を用いた半導体発光素子において、マイグレーションを抑制し、信頼性の向上を図ることができる半導体発光素子を提供することである。

【課題を解決するための手段】

【0016】

本発明の一観点によると、

n 型の窒化物半導体からなる第 1 の層、及び該第 1 の層の上に配置された p 型の窒化物半導体からなる第 2 の層を含み、該第 1 の層と第 2 の層との間に発光領域を画定し、該第 1 の層の表面の一部の第 1 の領域において、該第 2 の層が除去されて該第 1 の層が現われている発光積層構造と、

30

前記第 2 の層の表面上に配置され、該第 2 の層に電氣的に接続された p 側電極と、

前記 p 側電極を覆う絶縁膜と、

前記第 1 の領域において、前記第 1 の層に電氣的に接続された n 側電極と、

前記絶縁膜の上に、前記 p 側電極と重なるように配置され、前記 n 側電極まで至り、該 n 側電極に電氣的に接続され、銀を含む合金または銀で形成された反射膜とを有する半導体発光素子が提供される。

【0017】

反射膜を電氣的にフローティングの状態にしてもよい。

40

【発明の効果】

【0018】

反射膜が n 側電極、すなわち陰極に接続される。このため、反射膜を構成する金属のイオン化を抑制し、マイグレーションの発生を抑制することができる。

【発明を実施するための最良の形態】

【0019】

図 1 (A) に、第 1 の実施例による半導体発光素子の断面図を示し、図 1 (B) に、その平面図を示す。図 1 (B) の一点鎖線 A1 - A1 における断面が図 1 (A) に対応する。サファイアからなる下地基板 1 の上に、初期核形成層 2、n 型コンタクト層 3、n 型クラッド層 4、発光層 5、p 型クラッド層 6、p 型コンタクト層 7 がこの順番に積層されて

50

いる。これらの層は、 $\text{In}_x\text{Al}_y\text{Ga}_z\text{N}$ ($x + y + z = 1$) 等の窒化物化合物半導体で形成されている。

【0020】

基板面内の一部の第1の領域25において、p型コンタクト層7からn型コンタクト層3の表層部までの各層がエッチングされ、n型コンタクト層3の一部が表出している。

【0021】

p型コンタクト層7の上に、p側オーミック電極10が形成されている。p側オーミック電極10は白金(Pt)で形成され、その厚さは約5nmである。第1の領域25内のn型コンタクト層3の表面上に、n側オーミック電極11が形成されている。n側オーミック電極11は、厚さ約3nmのAl層と厚さ約100nmのロジウム(Rh)層との2層構造を有する。p側オーミック電極10及びn側オーミック電極11は、それぞれp型コンタクト層7及びn型コンタクト層3にオーミック接触する。

【0022】

p側オーミック電極10及びn側オーミック電極11の上に、Ti、Ni、W、Mo等からなる厚さ0.3~3nmの接着層(図示せず)が形成されている。接着層は、その上に堆積される絶縁膜15の密着性を高めることができる。

【0023】

p側オーミック電極10、n側オーミック電極11を覆うように、基板上に絶縁膜15が形成されている。絶縁膜15は、例えば酸化シリコンで形成され、その厚さは約300nmである。絶縁膜15に、開口15a及び15bが形成されている。開口15aの底面にp側オーミック電極10の表面の一部が露出し、開口15bの底面にn側オーミック電極11の表面の一部が露出する。

【0024】

絶縁膜15の上に反射膜16が形成されている。反射膜16は、p側オーミック電極10と重なる領域から、第1の領域25内のn側オーミック電極11上まで延在し、開口15bの底面に露出したn側オーミック電極11に電氣的に接続される。反射膜16は銀(Ag)で形成され、その厚さは約200nmである。

【0025】

絶縁膜15と反射膜16との間に、Ti、Ni、Al、W、Mo等からなる厚さ0.3~3nmの接着層(図示せず)が挿入されている。この接着層は、絶縁膜15と反射膜16との密着性を高める。反射膜16の上にも、同様の接着層(図示せず)が形成されている。この接着層は、その上に形成される保護膜17の密着性を高める。上側の接着層の厚さは、例えば10nmとする。

【0026】

開口15aの底面に露出したp側オーミック電極10の上にp側パッド電極20が形成され、開口15bの底面に露出したn側オーミック電極11の上にn側パッド電極21が形成されている。p側パッド電極20及びn側パッド電極21は、 $\text{Ti/Pt/Au}/(\text{Pt/Au})_n$ の多層構造を有する。ここでnは、Pt層とAu層との2層の繰り返し回数を示す。最も下に配置されたTi層の厚さは例えば3nmであり、Pt層とAu層との各々の厚さは例えば100nmである。繰り返し回数nは、例えば2である。なお、繰り返し回数nは、成膜の手間及び材料の使用量の観点から、1~5とすることが好ましい。なお、フリップチップボンディングを行う場合には、n側パッド電極21の基板側から3層目のAu層の厚さを100nm~1000nmとし、n側パッド電極21の上面の高さを、p側パッド電極20の上面の高さに揃えることが好ましい。

【0027】

p側パッド電極20及びn側パッド電極21の上に、Ti、Ni、Al、W、Mo等からなる厚さ0.3~3nmの接着層(図示せず)が形成されている。この接着層は、その上に形成される保護膜17の密着性を高める。

【0028】

反射膜16、パッド電極20、21を覆うように、保護膜17が形成されている。保護

10

20

30

40

50

膜 17 は酸化シリコンで形成され、その厚さは 100 ~ 300 nm、望ましくは約 200 nm である。保護膜 17 に、開口 17a 及び 17b が形成されている。開口 17a 及び 17b の底面に、それぞれ p 側パッド電極 20 及び n 側パッド電極 21 の上面が露出する。

【0029】

図 1 (B) に示したように、1つの半導体発光素子の平面形状は、例えば一辺が 300 μm の正方形である。第 1 の領域 25 は、この正方形の一つの頂点を含み、その頂点の近傍の領域で構成される。その形状は、例えば一つの頂点を中心とした中心角 90° の扇形である。p 側オーミック電極 10 は、第 1 の領域 25 を除く領域に配置され、半導体発光素子の表面の大部分を占める。p 側パッド電極 20 は、第 1 の領域 25 に含まれる頂点とは反対側の頂点の近傍に配置されている。反射膜 16 は、p 側パッド電極 20 が配置された領域を除き、半導体発光素子の表面の大部分を占める。

10

【0030】

次に、第 1 の実施例による半導体発光素子の製造方法について説明する。サファイアからなる下地基板 1 上の初期核形成層 2 から p 型コンタクト層 7 までの各層は、例えば有機金属気相エピタキシャル成長 (MOVPE) または分子線エピタキシャル成長 (MBE) 等により形成される。p 型コンタクト層 7 まで形成した後、基板表面を洗浄し、電子ビーム蒸着及びリフトオフ法を用いて p 側オーミック電極 10 及びその上の接着層を形成する。

【0031】

第 1 の領域 25 に対応する開口が形成されたレジストパターンをマスクとして用い、反応性イオンエッチングにより、n 型コンタクト層 3 の表層部までエッチングし、n 型コンタクト層 3 の一部を露出させる。エッチング後、マスクとして用いたレジストパターンを除去する。n 型コンタクト層 3 の露出した表面上に、電子ビーム蒸着及びリフトオフ法を用いて n 側オーミック電極 11 を形成する。

20

【0032】

なお、n 型コンタクト層 3 の表面の一部を露出させた後に、p 側オーミック電極 10 及び n 側オーミック電極 11 を形成してもよい。

【0033】

スパッタリングにより絶縁膜 15 を形成する。絶縁膜 15 に、開口 15a 及び 15b を形成する。なお、リフトオフ法を用いて開口 15a 及び 15b を形成してもよい。電子ビーム蒸着とリフトオフ法を用いて、下側の接着層、反射膜 16 及び上側の接着層を形成する。反射膜 16 と、開口 15a の底面に露出した p 側オーミック電極 10 とが短絡されないように、反射膜 16 の縁を開口 15a の縁から 1 μm 以上、望ましくは 5 μm 程度後退させておく。また、開口 15b の底面に露出した n 側オーミック電極 11 に電氣的に接続されるように、反射膜 16 と開口 15b との重なり幅を 3 ~ 5 μm 程度確保しておく。これにより、反射膜 16 は、p 側オーミック電極 10 には接続されず、n 側オーミック電極 11 に電氣的に接続されることになる。

30

【0034】

電子ビーム蒸着とリフトオフ法を用いて、p 側パッド電極 20、n 側パッド電極 21、及びその上の接着層を形成する。p 側パッド電極 20 は、その外周が開口 15a の縁よりもやや内側に配置されるように形成することが好ましい。なお、p 側パッド電極 20 が反射膜 16 に接触しなければ、p 側パッド電極 20 の外周近傍が絶縁膜 15 に重なってもよい。

40

【0035】

スパッタリングにより保護膜 17 を形成する。その後、保護膜 17 に開口 17a 及び 17b を形成する。なお、リフトオフ法を用いて開口 17a 及び 17b を形成してもよい。開口 17a の底面に p 側パッド電極 20 の表面が露出し、開口 17b の底面に n 側パッド電極 21 の表面が露出する。

【0036】

下地基板 1 の裏面を研削及び研磨し、下地基板 1 の厚さを約 100 μm まで薄くする。

50

なお、下地基板 1 の厚さを $60\ \mu\text{m} \sim 210\ \mu\text{m}$ としてもよい。スクライビング及びブレーキングを行い、発光素子単位に分離する。分離された発光素子は、種々の形態で利用される。例えば、サブマウント基板にフリップチップボンディングされる。その他に、下地基板 1 を透明接着剤で導光板に貼り付け、p 側パッド電極 20 及び n 側パッド電極 21 を、導光板に設けられた配線に金線で接続してもよい。

【0037】

n 型クラッド層 4、発光層 5、及び p 型クラッド層 6 の積層構造に順方向電圧を印加することにより、発光層 5 で発光が生ずる。発光層 5 で発生した光は、下地基板 1 を透過して外部に放射される。発光層 5 で発生し、p 型クラッド層 6 の方へ伝搬する光は、p 側オーミック電極 10 及び絶縁膜 15 を透過し、反射膜 16 で下地基板 1 側へ反射され、下地基板 1 を透過して外部に放射される。

10

【0038】

水分の存在下で電界を印加したときに、陽極で Ag が溶解することが、Ag のマイグレーションの原因になっていると考えられる。上記第 1 の実施例では、Ag で形成された反射膜 16 が陰極 (n 側オーミック電極 11) に接続されているため、Ag の溶解が生じない。このため、Ag のマイグレーションを抑制することができる。

【0039】

図 2 に、上記第 1 の実施例による半導体発光素子の寿命評価試験の結果を示す。横軸は経過時間を単位「時間」で表し、縦軸は発光出力を相対目盛で表す。比較例として、図 1 (A) に示した p 側オーミック電極 10 を Ag で形成し、p 側オーミック電極 10 が反射膜を兼ねる構造の半導体発光素子の寿命評価試験の結果も示す。図中の黒四角記号が第 1 の実施例による半導体発光素子の発光出力の経時変化を示し、黒丸記号が比較例の半導体発光素子の発光出力の経時変化を示す。なお、寿命評価試験では、半導体発光素子をサブマウント基板にフリップチップボンディングし、大気中で発光させて発光出力を測定した。発光波長は $405\ \text{nm}$ であった。

20

【0040】

比較例による半導体発光素子の発光出力は、数十時間で急激に低下しているが、実施例による半導体発光素子の発光出力は、1000 時間経過してもほとんど低下していない。このように、Ag からなる反射膜 16 を陰極に接続することにより、半導体発光素子の長寿命化を図ることができる。

30

【0041】

上記第 1 の実施例では、p 側オーミック電極 10 を Pt で形成したが、発光層 5 の発光波長域の光を透過させ、p 型コンタクト層 7 とオーミック接触が得られる他の導電材料で形成してもよい。使用可能な材料として、例えばロジウム (Rh)、パラジウム (Pd) 等が挙げられる。その他に、Pt 層と Rh 層との 2 層構造、または Ni 層と Au 層との 2 層構造にしてもよい。Ni 層と Au 層との 2 層構造とする場合には、オーミック接触を得るために、成膜後に熱処理を行う必要がある。また、Au と Ni の酸化物とで構成された透光性酸化膜を用いることもできる。この場合には、成膜後に、酸化性雰囲気中で熱処理を行う必要がある。

【0042】

また、上記第 1 の実施例では、n 側オーミック電極 11 を Al 層と Rh 層との 2 層構造 (Al/Rh 構造) としたが、n 型コンタクト層 3 とオーミック接触可能な他の構成としてもよい。例えば、Al/Pt 構造、Al/Ir 構造、Al/Pd 構造、Ti/Al 構造、V/Al 構造としてもよい。Ti/Al 構造、または V/Al 構造を採用する場合には、オーミック接触を得るために、成膜後に熱処理を行う必要がある。

40

【0043】

上記第 1 の実施例では、絶縁膜 15 を酸化シリコンで形成したが、発光層 5 の発光波長域の光を透過させる他の絶縁材料で形成してもよい。例えば、絶縁膜 15 の材料として、酸化チタン (TiO_2)、酸化タンタル (Ta_2O_5)、アルミナ (Al_2O_3)、酸化ジルコニウム (ZrO_2)、酸化ハフニウム (HfO_2) 等の酸化物、ポリイミド等の

50

耐熱性有機高分子材料等を用いることができる。

【0044】

上記実施例ではp側パッド電極20をTi/Pt/Au/(Pt/Au)_nの多層構造としたが、その他にTi/Rh/Au/(Pt/Au)_nの多層構造、またはNi/Rh/Au/(Pt/Au)_nの多層構造としてもよい。

最下層のTi層またはNi層の厚さは、例えば0.3~1nmとする。その上のRh層、Pt層、Au層の各々の厚さは100nmとする。また、繰り返し回数nは1~5とする。このような多層構造とすることにより、p側パッド電極20に反射膜としての機能を持たせ、光の取り出し効率を高めることができる。

【0045】

上記実施例では反射膜16をAgで形成したが、Agを主成分として含む合金で形成してもよい。反射膜16の厚さは、発光層5で発生した光を透過させないために、80nm以上とすることが好ましい。また、反射膜16を、Ag以外のマイグレーションの生じやすい金属で形成する場合にも、マイグレーション抑制効果が得られるであろう。特に、反射膜16を、p側オーミック電極10よりもマイグレーションの生じやすい金属で形成する場合に有効である。

【0046】

上記実施例では、保護膜17を酸化シリコンで形成したが、その他の絶縁材料、例えば酸化チタン(TiO₂)、酸化タンタル(Ta₂O₅)、アルミナ(Al₂O₃)、酸化ジルコニウム(ZrO₂)、酸化ハフニウム(HfO₂)等の酸化物、ポリイミド等の耐熱性有機高分子材料等で形成してもよい。

【0047】

反射膜16の表面上に、Agよりもイオン化傾向の大きなAl等の金属からなる導電層を形成してもよい。イオン化傾向の差を利用した異種金属接合を併用することにより、電極間に通電しない状態においても、反射膜16の電気腐食を抑制することができる。

【0048】

上記第1の実施例では、p側オーミック電極10、絶縁膜15、及び反射膜16が多層反射膜を構成している。反射率は、これらの膜の厚さに依存する。金属薄膜及び誘電体膜で構成される多層膜の反射率を高くする好適条件を、実験により求めることは困難である。このため、シミュレーションにより、多層反射膜の反射率の膜厚依存性を評価した。以下、シミュレーションによる評価結果について説明する。

【0049】

図3に、シミュレーションに用いた多層反射膜のモデルを示す。GaNからなるコンタクト層7の上に、Ptからなるp側オーミック電極10、Tiからなる接着層10a、SiO₂からなる絶縁膜15、Tiからなる接着層16a、Agからなる反射膜16がこの順番に積層されている。コンタクト層7から反射膜16へ進む波長460nmの光の反射率をシミュレーションにより求めた。

【0050】

図4に、p側オーミック電極10の厚さと反射率との関係を示す。横軸はp側オーミック電極10の厚さを単位「nm」で表し、縦軸は反射率を単位「%」で表す。接着層10a、絶縁膜15、接着層16a、及び反射膜16の厚さは、それぞれ0.3nm、285nm、0.3nm、及び200nmとした。p側オーミック電極10の厚さが7nm以下の領域では反射率はほとんど膜厚の影響を受けず、厚さ7nm以上の領域では、膜厚の増加に伴って反射率が低下している。

【0051】

図5に、反射膜16の厚さと反射率との関係を示す。横軸は反射膜16の厚さを単位「nm」で表し、縦軸は反射率を単位「%」で表す。p側オーミック電極10、接着層10a、絶縁膜15、及び接着層16aの厚さは、それぞれ5nm、0.3nm、285nm、及び0.3nmとした。反射膜16が厚くなるに従って反射率が大きくなり、膜厚が80nm付近で反射率が飽和することがわかる。この結果から、反射膜16の厚さを80nm

10

20

30

40

50

m以上にすることが好ましいことがわかる。

【0052】

図6に、絶縁膜15の厚さと反射率との関係を示す。横軸は絶縁膜15の厚さを単位「nm」で表し、縦軸は反射率を単位「%」で表す。接着層10a、接着層16a、及び反射膜16の厚さは、それぞれ0.3nm、0.3nm、及び200nmとした。図中の3本の曲線は、p側オーミック電極10の厚さが3nm、5nm、及び8nmの場合の反射率を示す。反射率は、絶縁膜15の厚さの変動に従って周期的に変動する。絶縁膜15の厚さが約130nm、286nm、及び440nmの近傍で反射率が極大値を示している。

【0053】

反射率が極小値を示す位置における反射率は、p側オーミック電極10が厚くなるに従って低下することがわかる。絶縁膜15の厚さが変動した時の反射率の低下を抑制するために、p側オーミック電極10を薄くすることが好ましい。ところが、薄くしすぎると、p型コンタクト層7に均一にキャリアを注入するという電極本来の目的を達成できなくなる。高反射率及びキャリアの均一な注入の両方の要請を満たすために、p側オーミック電極10の厚さを1nm～15nmとすることが好ましく、3nm～8nmとすることがより好ましい。また、p側オーミック電極10の厚さを1～5nmと薄くし、その上に、PtまたはRhからなるメッシュ状の補助電極を設けてもよい。このメッシュを構成する1本の電極の幅を、例えば2～5μmとし、電極の間隔を、例えば10～15nmとすればよい。

【0054】

シミュレーションからは、絶縁膜15の厚さが約286nmときに反射率が極大値を示すことがわかったが、実際に評価用試料を作製して反射率を測定したところ、絶縁膜15の厚さが300nm近傍で反射率が極大値を示した。実験で得られた絶縁膜15の最適膜厚が、シミュレーションで得られた絶縁膜15の最適膜厚からずれたのは、シミュレーションで使用した各膜の光学特性と、実際に形成された各膜の光学特性とが正確には一致しないためと考えられる。絶縁性の確保及びエッチング時間等の観点から、絶縁膜15の厚さを100～600nmとすることが好ましく、200～400nmとすることがより好ましい。

【0055】

図7及び図8に、絶縁膜15の厚さと反射率との関係を、種々の波長について示す。横軸は絶縁膜15の厚さを単位「nm」で表し、縦軸は反射率を単位「%」で表す。p側オーミック電極10、接着層10a、接着層16a、及び反射膜16の厚さは、それぞれ5nm、0.3nm、0.3nm、及び200nmとした。図7及び図8に示した複数の曲線の各々に付した数値は、反射すべき光の波長を示す。

【0056】

反射すべき光の波長が変わると、反射率が極大値を示す絶縁膜15の厚さが変化する。絶縁膜15は、発光層で発生する光の波長に応じて、反射率が極大値を示す近傍の厚さとすることが好ましい。

【0057】

以上、シミュレーションを行うことにより、反射率を大きくするための膜厚の条件を求めたが、実際には、各膜の成膜方法により、膜の屈折率や消衰係数がいくらか異なる。また、反射率は、膜の表面粗さにも影響される。このため、各膜の最適膜厚は、シミュレーションで得られた最適膜厚を参考にして、膜厚の異なる複数の評価用試料を作製し、実際に反射率を測定することによって決定することが好ましい。シミュレーション結果は、評価用試料の各膜の厚さを決定する尺度になる。

【0058】

次に、実際に評価用試料を作製し、その反射率を測定した結果について説明する。評価用試料では、図3のp側コンタクト層7として、厚さ320μmのサファイア基板を用いた。p側オーミック電極10を、厚さ5nm、8nm、及び10nmのPt膜とし、接着

10

20

30

40

50

層 1 0 a 及び 1 6 a を厚さ 0 . 3 n m の T i 膜とし、絶縁膜 1 5 を厚さ 3 1 3 n m の S i O₂ 膜とし、反射膜 1 6 を厚さ 2 0 0 n m の A g 膜とした。

【 0 0 5 9 】

サファイア基板の上に厚さ 4 ~ 8 μ m 程度の G a N 膜を形成すると、基板に反りが発生する。基板に反りが発生すると、反射率を測定するための入射光の入射角を正確に調整できなくなる。このため、測定用試料では、G a N 層を形成しないサファイア基板を用いた。

【 0 0 6 0 】

図 9 に、反射率の測定結果を示す。横軸は波長を単位「n m」で表し、縦軸は反射率を単位「%」で表す。作製した試料においては、波長が 3 5 0 ~ 3 6 0 n m、及び 5 1 0 ~ 5 2 0 n m のときに、反射率が極大値を示した。種々の試料を作製して反射率を測定することにより、サファイア基板上に形成した多層反射膜の反射率と、G a N 層上に形成した多層反射膜の反射率との関係を得ることができる。この関係を利用して、絶縁膜 1 5 の好ましい膜厚を予測することができる。

10

【 0 0 6 1 】

次に、図 1 0 及び図 1 1 を参照して、第 2 の実施例による半導体発光素子について説明する。

【 0 0 6 2 】

図 1 0 に、第 2 の実施例による半導体発光素子の平面図を示す。図 1 (B) に示した第 1 の実施例では、反射膜 1 6 が無地の膜であり、p 側オーミック電極 1 0 の大部分の領域と重なっていた。第 2 の実施例では、反射膜 1 6 の代わりに、格子状の反射パターン 1 6 a が配置されている。その他の基本構成は、第 1 の実施例による半導体発光素子の構成と同様である。図 1 0 では、p 側パッド電極 2 0 及び n 側パッド電極 2 1 が、相互に対向する一対の辺の中央よりやや内側に配置されている場合が示されているが、図 1 (B) に示した第 1 の実施例の場合のように、矩形の頂点近傍に配置してもよい。

20

【 0 0 6 3 】

第 2 の実施例による半導体発光素子においては、発光層で発生した光が支持基板を通して外部に放射されると共に、反射パターン 1 6 a の開口部を通して支持基板と反対側にも放射される。さらに、反射パターン 1 6 a で散乱され、半導体発光素子の側方にも光が放射される。

30

【 0 0 6 4 】

図 1 1 に、第 2 の実施例による半導体発光素子を実装したランプの概略断面図を示す。凹部を有する金属製のフレーム 3 0 の凹部の底面に、図 1 0 に示した半導体発光素子 2 8 が、支持基板をフレーム側にして装着されている。フレーム 3 0 から陰極リード 3 1 が延びている。半導体発光素子 2 8 の n 側パッド電極 2 1 が、金線 3 5 を介してフレーム 3 0 に接続されている。p 側パッド電極 2 0 が金線 3 6 を介して陽極リード 3 2 に接続されている。

【 0 0 6 5 】

フレーム 3 0 の凹部は、蛍光体 3 7 で埋め込まれている。半導体発光素子 2 8 は、蛍光体 3 7 に被覆されることになる。フレーム 3 0、陰極リード 3 1、及び陽極リード 3 2 が、封止樹脂 3 8 でモールドされている。

40

【 0 0 6 6 】

半導体発光素子 2 8 の下方（支持基板側）に放射された光は、フレーム 3 0 で反射され、蛍光体 3 7 に入射する。また、半導体発光素子 2 8 の側方や上方（支持基板の反対側）に放射された光も蛍光体 3 7 に入射する。蛍光体 3 7 は、光を受けることにより蛍光を発生させる。この蛍光が、樹脂モールド 3 8 の外部に放射される。

【 0 0 6 7 】

半導体発光素子 2 8 の下方、側方、及び上方に光が放射されるため、色むらを軽減することができる。

【 0 0 6 8 】

50

第2の実施例では、反射パターン16aを格子状にしたが、開口部を有し、光を散乱させるその他のパターンにしてもよい。例えば、縞状パターン、ハニカム状パターン等にしてもよい。

【0069】

次に、図12(A)、図12(B)及び図13を参照して、第3の実施例による半導体発光素子について説明する。

【0070】

図12(A)に、第3の実施例による半導体発光素子の断面図を示し、図12(B)にその平面図を示す。図12(B)の一点鎖線A12-A12における断面図が図12(A)に相当する。以下、図1(A)及び(B)に示した第1の実施例による半導体発光素子との相違点について説明する。

10

【0071】

第1の実施例では、n側パッド電極21がn側オーミック電極11の上に配置されていたが、第2の実施例では、n側パッド電極21がp側オーミック電極10の上方に配置され、反射膜16に接触している。保護膜17に形成された開口17a及び17bの底面に、それぞれp側パッド電極20及びn側パッド電極21が露出している。

【0072】

図12(B)に示すように、n側オーミック電極11は、支持基板1の一つの辺の近傍に、その辺に沿って配置されている。p側パッド電極20は、n側オーミック電極11が沿う辺に対向する辺の一方の端部近傍に配置されている。反射膜16は、p側パッド電極20の配置されていない領域の大部分を占める。n側パッド電極21は、反射膜16とp側オーミック電極10との重なる領域のうち大部分を占める。

20

【0073】

図13に、第3の実施例による半導体発光素子を実装したランプの概略断面図を示す。第3の実施例による半導体発光素子50が、サブマウント基板43にフリップチップボンディングされている。半導体発光素子50のp側パッド電極20及びn側パッド電極21が、それぞれサブマウント基板43上の陽極配線44及び陰極配線45に接続されている。サブマウント基板43がステム40に固定されている。ステム40に、陽極リード42及び陰極リード41が固定されている。陽極配線44が金線46を介して陽極リード42に接続され、陰極配線45が金線47を介して陰極リード41に接続されている。

30

【0074】

半導体発光素子50及びサブマウント基板43は、封止樹脂48により封止されている。半導体発光素子50の発光層で発生した光は、図12(A)に示した反射膜16で反射され、支持基板1及び封止樹脂48を透過して外部に放射される。

【0075】

第3の実施例による半導体発光素子においては、第1の実施例による半導体発光素子に比べて、n側パッド電極21が素子表面の広い領域を占める。この広いn側パッド電極21を介して、素子内で発生した熱がサブマウント基板43に効率的に流れる。このため、良好な放熱特性を確保することができる。

【0076】

40

次に、図14(A)及び図14(B)を参照して、第4の実施例による半導体発光素子について説明する。

【0077】

図14(A)に、第4の実施例による半導体発光素子の断面図を示し、図14(B)に、その平面図を示す。図14(B)の一点鎖線A14-A14における断面図が図14(A)に相当する。第4の実施例においては、4つのn側オーミック電極11が、それぞれ正形状の支持基板1の4つの辺に沿うように配置されている。反射膜16が、4つのn側オーミック電極11に接続される。p側パッド電極20を内包するように、反射膜16に開口16aが形成されている。開口16aを形成することにより、反射膜16とp側パッド電極20との短絡が回避される。

50

【 0 0 7 8 】

第4の実施例では、4つのn側オーミック電極11が形成されているため、電極の接触面積を大きくすることができ、接触抵抗の低減を図ることが可能になる。また、4つのn側オーミック電極11を正方形の4つの辺に沿って配置することにより、基板面内における電流の偏りを少なくすることができる。

【 0 0 7 9 】

支持基板1の頂点近傍は、素子分離の際に欠け易い。このため、n側オーミック電極11は、支持基板1の頂点近傍まで延在させないことが好ましい。

【 0 0 8 0 】

また、第4の実施例では、n型クラッド層4からp型クラッド層7までの積層で構成されたメサ部の側面の全域が反射膜16で覆われている。このため、発光層5から側方に放射された光を効率的に支持基板1側に反射させることができ、光の取り出し効率を高めることができる。光の取り出し効率をより高めるために、メサ部の側面を傾斜させることが好ましい。例えば、メサ部の側面の傾斜角を60°以下にすることが好ましい。

10

【 0 0 8 1 】

以下、メサ部の側面を傾斜させる方法の一例について説明する。通常のレジストパターンを形成する時は、フォトマスクをレジスト膜に接触させて露光を行なう。メサ部の側面を傾斜させる場合には、フォトマスクをレジスト膜から僅かに浮かせて露光を行なう。レジスト膜とフォトマスクとの間に間隙が形成されるため、フォトマスクのパターンのエッジ部分がぼけて転写される。レジスト膜を現像すると、側面が傾斜したレジストパターン

20

【 0 0 8 2 】

このレジストパターンをエッチングマスクとして、窒化物半導体層をドライエッチングすると、レジストパターン自体も徐々にエッチングされるため、レジストパターンの側面の傾きに対応して、窒化物半導体のメサ部の側面が傾斜する。

【 0 0 8 3 】

上記実施例では、反射膜16をn側オーミック電極11に接続したが、反射膜16を、p側オーミック電極10及びn側オーミック電極11のいずれにも接続せず、電氣的にフローティング状態にしてもよい。フローティング状態の場合にも、図15(B)や図15(C)に示したように反射膜を陽極に接続する場合に比べて、マイグレーションを抑制す

30

【 0 0 8 4 】

以上実施例に沿って本発明を説明したが、本発明はこれらに制限されるものではない。例えば、種々の変更、改良、組み合わせ等が可能なことは当業者に自明であろう。

【図面の簡単な説明】

【 0 0 8 5 】

【図1(A)】第1の実施例による半導体発光素子の断面図である。

【図1(B)】第1の実施例による半導体発光素子の平面図である。

【図2】第1の実施例による半導体発光素子の寿命を、比較例による素子の寿命と比較して示すグラフである。

40

【図3】反射率のシミュレーションを行った積層構造のモデルを示す断面図である。

【図4】p側オーミック電極の厚さと反射率との関係を示すグラフである。

【図5】反射膜の厚さと反射率との関係を示すグラフである。

【図6】絶縁膜の厚さと反射率との関係を、p側オーミック電極の厚さごとに示すグラフである。

【図7】絶縁膜の厚さと反射率との関係を、波長ごとに示すグラフである。

【図8】絶縁膜の厚さと反射率との関係を、波長ごとに示すグラフである。

【図9】波長と反射率との関係を、p側オーミック電極の厚さごとに示すグラフである。

【図10】第2の実施例による半導体発光素子の平面図である。

【図11】第2の実施例による半導体発光素子を搭載したランプの概略断面図である。

50

【図 1 2 (A)】第 3 の実施例による半導体発光素子の断面図である。
 【図 1 2 (B)】第 3 の実施例による半導体発光素子の平面図である。
 【図 1 3】第 3 の実施例による半導体発光素子を搭載したランプの概略断面図である。
 【図 1 4 (A)】第 4 の実施例による半導体発光素子の断面図である。
 【図 1 4 (B)】第 4 の実施例による半導体発光素子の平面図である。
 【図 1 5 (A)】A g の反射膜を用いた従来の半導体発光素子の断面図である。
 【図 1 5 (B)】A g のマイグレーションを抑制する従来の半導体発光素子の断面図である。
 【図 1 5 (C)】A g のマイグレーションを抑制する従来の半導体発光素子の断面図である。

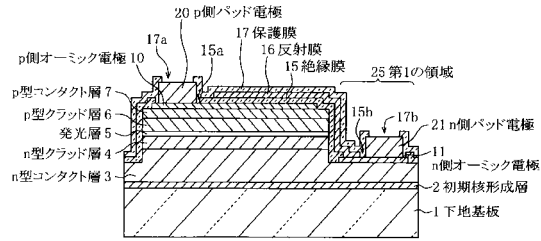
10

【符号の説明】

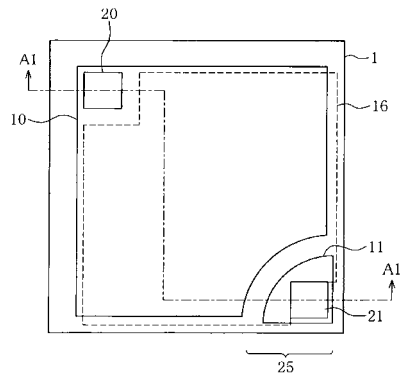
【 0 0 8 6 】

1	下地基板	
2	初期核形成層	
3	n 型コンタクト層	
4	n 型クラッド層	
5	発光層	
6	p 型クラッド層	
7	p 型コンタクト層	
1 0	p 側オーミック電極	20
1 0 a、1 6 a	接着層	
1 1	n 側オーミック電極	
1 5	絶縁膜	
1 6	反射膜	
1 6 a	反射パターン	
1 7	保護膜	
2 0	p 側パッド電極	
2 1	n 側パッド電極	
2 5	第 1 の領域	
2 8、5 0	半導体発光素子	30
3 0	フレーム	
3 1、4 1	陰極リード	
3 2、4 2	陽極リード	
3 5、3 6、4 6、4 7	金線	
3 7	蛍光体	
3 8、4 8	封止樹脂	
4 0	ステム	
4 3	サブマウント基板	
4 4	陽極配線	
4 5	陰極配線	40

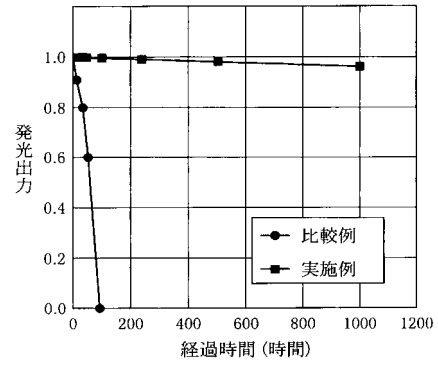
【図 1 (A)】



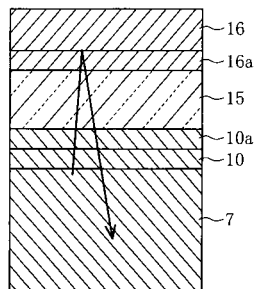
【図 1 (B)】



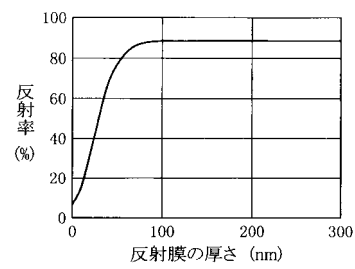
【図 2】



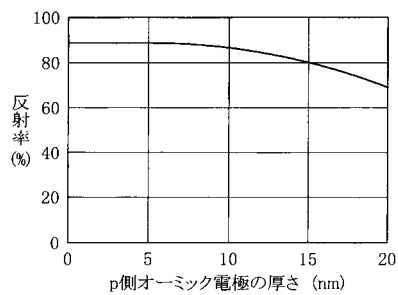
【図 3】



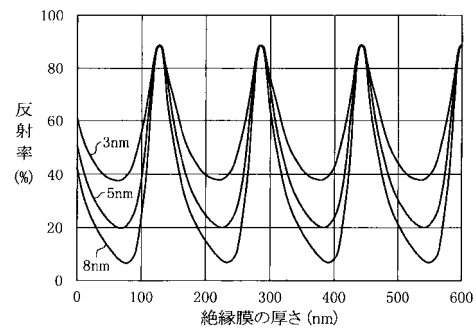
【図 5】



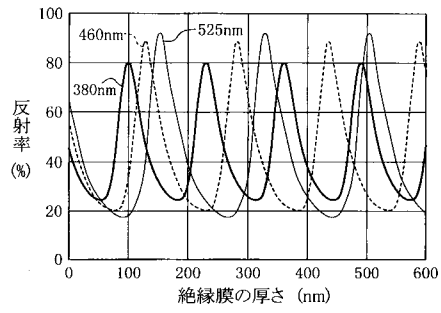
【図 4】



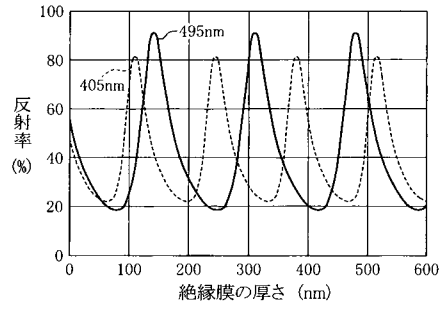
【図 6】



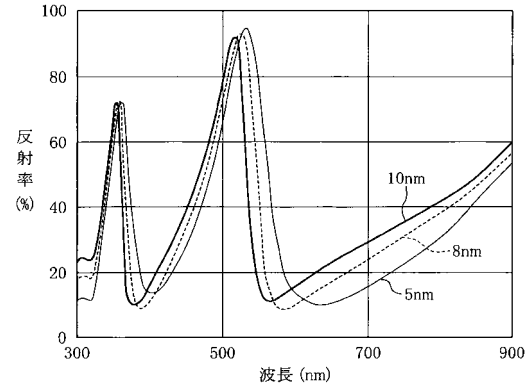
【図 7】



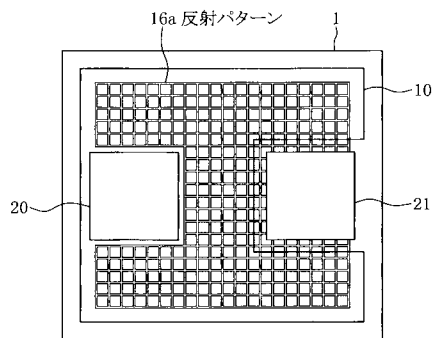
【図 8】



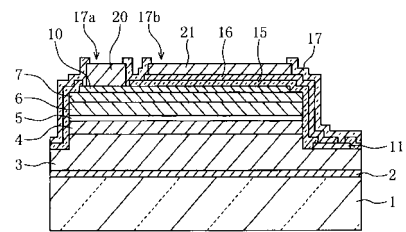
【図 9】



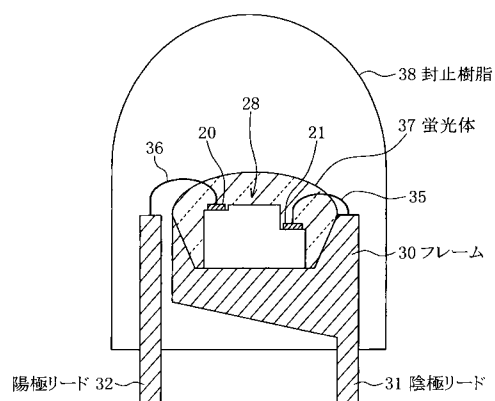
【図 10】



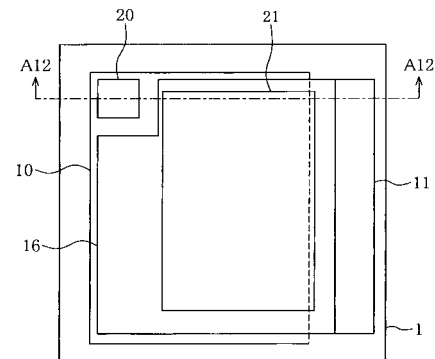
【図 12 (A)】



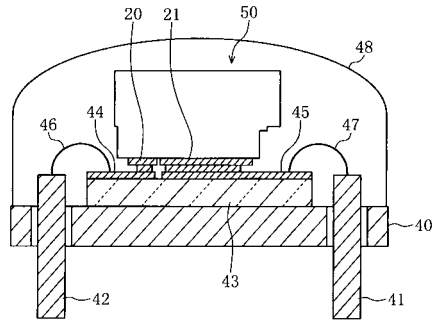
【図 11】



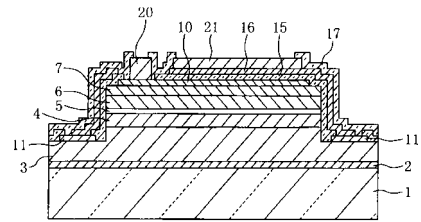
【図 12 (B)】



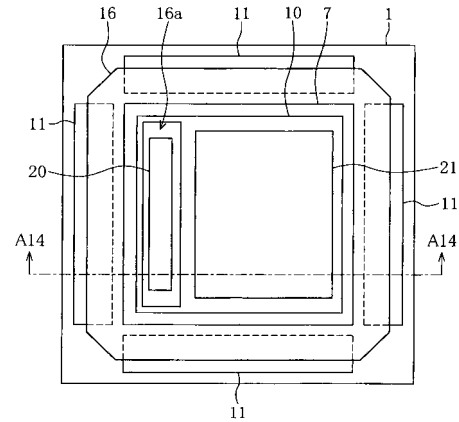
【 図 1 3 】



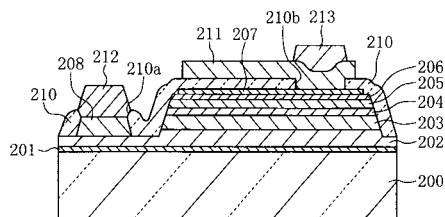
【 図 1 4 (A) 】



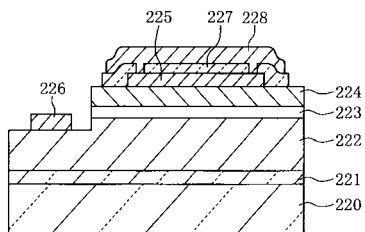
【 図 1 4 (B) 】



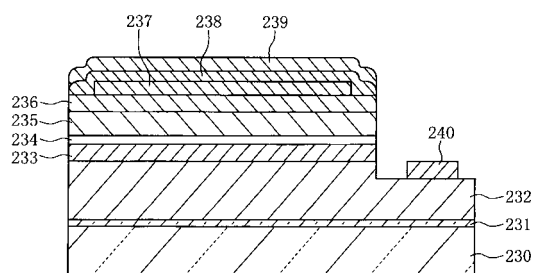
【図 15 (A)】



【 図 1 5 (B) 】



【 図 1 5 (C) 】



フロントページの続き

(72)発明者 田村 一志
東京都目黒区中目黒 2 - 9 - 13 スタンレー電気株式会社内

審査官 小林 謙仁

(56)参考文献 特開平 11 - 087771 (JP, A)
特開平 11 - 340514 (JP, A)
特開 2001 - 339101 (JP, A)
特開平 11 - 191641 (JP, A)
特開平 10 - 135519 (JP, A)
特開 2002 - 246647 (JP, A)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)
H01L 33/00