

PCT

- 國際調查報告（條約第 21 條(3)）

WO 2010/125792 A1



パッケージ内においてLEDチップからの発光のロスを低減すると共に、パッケージからの光取り出し効率を向上することが可能な高輝度の発光ダイオードを提供する。そのような発光ダイオードは、化合物半導体層（２）と透明基板（４）とが、接続層（３）を介して接合されており、化合物半導体層（２）の底面と接続層（３）の上面との間には、第１の反射面（３a）が設けられ、接続層（３）の底面と透明基板（４）の上面との間には、第２の反射面（３b）が設けられていることを特徴とする発光ダイオード（１）である。

明 細 書

発明の名称：

発光ダイオード及びその製造方法、並びに発光ダイオードランプ

技術分野

[0001] 本発明は、発光ダイオード及びその製造方法、並びに発光ダイオードランプに関するものである。

本願は、2009年5月1日に、日本に出願された特願2009-112268号に基づき優先権を主張し、その内容をここに援用する。

背景技術

[0002] 従来から、赤色、橙色、黄色或いは黄緑色の可視光を発する高輝度発光ダイオード（英略称：LED）として、燐化アルミニウム・ガリウム・インジウム（組成式 $(Al_xGa_{1-x})_yIn_{1-y}P$ ； $0 \leq x \leq 1$ ， $0 < y \leq 1$ ）から成る発光層を備えた化合物半導体LEDが知られている。この様なLEDにあって、 $(Al_xGa_{1-x})_yIn_{1-y}P$ （ $0 \leq x \leq 1$ ， $0 < y \leq 1$ ）から成る発光層を備えた発光部は、一般に発光層から出射される発光に対し光学的に不透明であり、また機械的にもそれ程強度のない砒化ガリウム（GaAs）等の基板材料上に形成されている。

[0003] このため、最近では、より高輝度の可視LEDを得るために、また、更なる素子の機械的強度の向上を目的として、発光光に対して不透明な基板材料を除去して、然る後、発光光を透過または反射し、尚且つ機械強度的に優れた材料からなる支持体層（基板）を改めて接合させて、接合型LEDを構成する技術が開示されている（例えば、特許文献1～7参照）。

[0004] また、LEDを用いたパッケージ技術に於いては、高出力用、多色用として複数のLEDチップを同一パッケージに入れるLEDランプ製品が普及している。

先行技術文献

特許文献

[0005] 特許文献1：特開2001-339100号公報

特許文献2：特開平6-302857号公報

特許文献3：特開2002-246640号公報

特許文献4：日本国特許第2588849号公報

特許文献5：特開2001-57441号公報

特許文献6：特開2007-81010号公報

特許文献7：特開2006-32952号公報

発明の概要

発明が解決しようとする課題

[0006] 上述したように、基板接合技術の開発により、支持体層として適用できる基板の自由度が増え、コスト面、機械強度など大きなメリットを有するSi、Ge、金属、セラミック、GaP基板などの適用が提案されている。

[0007] しかしながら、これらの基板、特に、不透明基板は、光吸収についての改善が不十分であるという問題があった。具体的には、同一のパッケージ内に複数のLEDチップを搭載する製品においては、隣接するチップの基板によって発光をロスすることになり、パッケージの外へ光を取り出す効率が低下してしまうという問題があった。特に、フルカラーや高出力用パッケージは、複数のLEDチップを隣接して配置する為、発光ダイオードチップの基板が隣接チップの発光を吸収してしまい、パッケージ全体の発光効率の低下やパッケージから取り出される発光が不均一になるという課題があった。

[0008] 本発明は、上記事情を鑑みてなされたものであり、パッケージ内においてLEDチップからの発光のロスを低減すると共に、パッケージからの光取り出し効率を向上することが可能な高輝度の発光ダイオード及びその製造方法、並びに発光ダイオードランプを提供することを目的とする。

課題を解決するための手段

[0009] すなわち、本発明は以下に関する。

(1) 発光層を有する発光部を少なくとも含む化合物半導体層と、接続層と、透明基板と、を備え、前記化合物半導体層と前記透明基板とが、前記接

続層を介して接合されており、前記化合物半導体層の底面と前記接続層の上面との間には、第1の反射面が設けられ、前記接続層の底面と前記透明基板の上面との間には、第2の反射面が設けられていることを特徴とする発光ダイオード。

(2) 前記透明基板の底面には、第3の反射面が設けられていることを特徴とする前項1に記載の発光ダイオード。

(3) 前記第1の反射面が、発光部からの発光の波長帯において反射率90%以上であり、前記第2及び第3の反射面が、外部光の波長帯において反射率90%以上であることを特徴とする前項1又は2に記載の発光ダイオード。

(4) 前記化合物半導体層の上面側に第1の電極が設けられ、前記透明基板の底面側に第2の電極が設けられており、前記透明基板の底面と前記第2の電極との間に、前記第3の反射面が設けられていることを特徴とする前項1乃至3のいずれか一項に記載の発光ダイオード。

(5) 前記接続層が、銀、金、銅、アルミニウムの少なくとも1つを含む金属から構成されていることを特徴とする前項1乃至4のいずれか一項に記載の発光ダイオード。

(6) 前記第2の電極が、銀、金、銅、アルミニウムの少なくとも1つを含む金属から構成されていることを特徴とする前項5に記載の発光ダイオード。

(7) 前記透明基板が、半導体であることを特徴とする前項1乃至6のいずれか一項に記載の発光ダイオード。

(8) 前記透明基板が、GaP又はSiCであることを特徴とする前項1乃至7のいずれか一項に記載の発光ダイオード。

(9) 前記発光層が、AlGaInP又はAlGaAs層を含むことを特徴とする前項1乃至8のいずれか一項に記載の発光ダイオード。

(10) 前記化合物半導体層と前記接続層との間に透明導電膜が設けられており、前記化合物半導体層と前記透明導電膜とがオーミック接触している

ことを特徴とする前項 1 乃至 9 のいずれか一項に記載の発光ダイオード。

(11) 前記接続層と前記透明基板との間に透明導電膜が設けられており、前記透明導電膜と前記透明基板とがオーミック接触していることを特徴とする前項 1 乃至 10 のいずれか一項に記載の発光ダイオード。

(12) 前記透明基板と前記第 2 の電極との間に透明導電膜が設けられており、前記透明導電膜と前記透明基板とがオーミック接触していることを特徴とする前項 1 乃至 11 のいずれか一項に記載の発光ダイオード。

(13) 前記透明導電膜が、酸化インジウム錫又は酸化インジウム亜鉛であることを特徴とする前項 10 に記載の発光ダイオード。

(14) 前記透明導電膜が、酸化インジウム錫又は酸化インジウム亜鉛であることを特徴とする前項 12 に記載の発光ダイオード。

(15) 前記透明基板の厚さが、 $50\mu\text{m}$ 以上 $350\mu\text{m}$ 以下であることを特徴とする前項 1 乃至 13 のいずれか一項に記載の発光ダイオード。

(16) 半導体基板上に発光層を有する発光部を含む化合物半導体層を形成する工程と、前記化合物半導体層の成長面に第 1 の金属膜を形成する工程と、透明基板の一方の表面に第 2 の金属膜を形成する工程と、前記第 1 及び第 2 の金属膜を接合して接続層を形成する工程と、前記半導体基板を除去する工程と、を備えることを特徴とする発光ダイオードの製造方法。

(17) 前記透明基板の一方の表面に第 2 の金属膜を形成すると同時に、前記透明基板の他方の表面に第 3 の金属膜を形成することを特徴とする前項 16 に記載の発光ダイオードの製造方法。

(18) 前記化合物半導体層の成長面に第 1 の金属膜を形成する工程が、前記化合物半導体層の成長面を平坦化して平坦面を形成し、前記平坦面上に透明導電膜を形成した後に熱処理をし、熱処理をした後の前記透明導電膜上に第 1 の金属膜を形成する工程であり、透明基板の一方及び他方の表面に第 2 及び第 3 の金属膜を形成する工程が、前記透明基板の一方及び他方の表面を平坦化して平坦面を形成し、前記平坦面上に透明導電膜をそれぞれ形成した後に熱処理をし、熱処理をした後の前記透明導電膜上に第 2 及び第 3 の金

属膜をそれぞれ形成する工程であることを特徴とする前項 17 に記載の発光ダイオードの製造方法。

(19) 前記第 1 及び第 2 の金属膜が、銀、金、銅、アルミニウムの少なくとも 1 つを含む金属から構成されており、前記第 1 及び第 2 の金属膜を接合して接続層を形成する工程が、50℃未満の接合温度で前記第 1 及び第 2 の金属膜を接合する常温金属接合工程であることを特徴とする前項 16 乃至 18 のいずれか一項に記載の発光ダイオードの製造方法。

(20) 発光ダイオードが 2 以上搭載されている発光ダイオードランプであって、前項 1 乃至 14 のいずれか一項に記載の発光ダイオードが少なくとも 1 以上搭載されていることを特徴とする発光ダイオードランプ。

(21) 搭載された発光ダイオードが金属層によりダイボンドされていることを特徴とする前項 20 に記載の発光ダイオードランプ。

発明の効果

[0010] 本発明の発光ダイオードは、化合物半導体層と光吸収の少ない透明基板とを接続層を介して接合しており、化合物半導体層の底面と接続層の上面との間には第 1 の反射面が設けられた構成となっている。この第 1 の反射面によって、発光部からの発光を反射することができるため、パッケージ内において LED チップからの発光のロスを低減することができる。

[0011] また、透明基板の上面及び底面に設けられた第 2 の反射面によって、例えばパッケージ内で隣接する LED チップからの発光等の外部光を反射することができるため、透明基板内での光の吸収を低減することができる。したがって、パッケージからの光取り出し効率を向上することができる。

さらに、透明基板の底面には第 3 の反射面が設けられた構成とすることにより、パッケージからの光取り出し効率をより向上することができる。

[0012] 本発明の発光ダイオードによれば、パッケージ内において LED チップからの発光のロスを低減すると共に、パッケージからの光取り出し効率を向上することが可能な高輝度の発光ダイオードを提供することができる。

[0013] 本発明の発光ダイオードの製造方法は、半導体基板上に発光層を有する発

光部を含む化合物半導体層を形成し、この化合物半導体層の成長面に第1の金属膜を形成し、透明基板の一方及び他方の表面に第2の金属膜を形成した後、第1及び第2の金属膜を接合して接続層を形成する構成となっている。第1及び第2の金属膜を接合して接続層を形成することにより、上記発光ダイオードを確実に製造することができる。

また、第2の金属膜の形成と同時に第3の金属膜を形成することができるため、光取り出し効率の高い上記発光ダイオードを簡単に製造することができる。

- [0014] 本発明の発光ダイオードランプによれば、発光ダイオードが2以上搭載されている発光ダイオードランプにおいて、上記発光ダイオードが少なくとも1以上搭載された構成を有している。上記発光ダイオードに設けられた第2及び第3の反射面が、パッケージ内で隣接するLEDチップからの発光を反射するため、パッケージ内においてLEDチップからの発光のロスを低減することができる。したがって、パッケージからの光取り出し効率を向上することが可能な発光ダイオードランプを提供することができる。

図面の簡単な説明

- [0015] [図1A]本発明の一実施形態である発光ダイオードを示す図であって、平面図を示す。
- [図1B]本発明の一実施形態である発光ダイオードを示す図であって、図1A中に示すA-A'線に沿った断面図である。
- [図2]本発明の一実施形態である発光ダイオードに用いるエピウェーハの断面模式図である。
- [図3]本発明の一実施形態である発光ダイオードに用いる接合ウェーハの断面模式図である。
- [図4A]本発明の一実施形態である発光ダイオードランプを説明するための図であって、平面図を示す。
- [図4B]本発明の一実施形態である発光ダイオードランプを説明するための図であって、図4A中に示すC-C'線に沿った断面図である。

発明を実施するための形態

[0016] 以下、本発明を適用した一実施形態である発光ダイオード及び発光ダイオードランプについて図面を用いて詳細に説明する。なお、以下の説明で用いる図面は、特徴をわかりやすくするために、便宜上特徴となる部分を拡大して示している場合があり、各構成要素の寸法比率などが実際と同じであるとは限らない。

[0017] <発光ダイオード>

先ず、本発明を適用した一実施形態である発光ダイオードの構成について説明する。

図1A及び図1Bに示すように、本実施形態の発光ダイオード(LED)1は、化合物半導体層2と接続層3と透明基板4とを備えており、化合物半導体層2と透明基板4とが接続層3を介して接合されて概略構成されている。また、化合物半導体層2の上面側には、第1の電極5が設けられており、透明基板4の底面側に第2の電極6が設けられている。

[0018] 化合物半導体層2は、pn接合型の発光部7を含むものであれば特に限定されるものではない。具体的には、化合物半導体層2は、例えば、図1Bに示すように、Mgをドーピングしたキャリア濃度 $1 \times 10^{18} \sim 8 \times 10^{18} \text{ cm}^{-3}$ 、層厚 $1 \sim 15 \mu\text{m}$ のp型GaP層8上に、発光部7が積層されて構成されている。なお、p型GaP層8は、省略することも、あるいは他の透明層で代用することも可能である。

[0019] 発光部7は、具体的には、例えば、下部クラッド層9、発光層10、上部クラッド層11、が順次積層された化合物半導体の積層体である。この発光部7としては、例えば、赤色光源である $(\text{Al}_x\text{Ga}_{1-x})_y\text{In}_{1-y}\text{P}$ ($0 \leq x \leq 1$, $0 < y \leq 1$) から成る発光層10を含む化合物半導体を用いることができる。また、赤および赤外発光の光源である $\text{Al}_x\text{Ga}_{(1-x)}\text{As}$ ($0 \leq x \leq 1$) からなる発光層10を含む化合物半導体を用いることができる。

[0020] 発光層10は、アンドープ、n形又はp形のいずれかの伝導型の $(\text{Al}_x\text{Ga}_{1-x})_y\text{In}_{1-y}\text{P}$ ($0 \leq x \leq 1$, $0 < y \leq 1$) から構成することができ

る。この発光層 10 は、ダブルヘテロ構造、単一（single）量子井戸（英略称：SQW）構造、あるいは多重（multi）量子井戸（英略称：MQW）構造のどちらであっても良いが、単色性に優れる発光を得るためには MQW 構造とすることが好ましい。また、量子井戸（英略称：QW）構造をなす障壁（barrier）層及び井戸（well）層を構成する $(Al_xGa_{1-x})_yIn_{1-y}P$ ($0 \leq x \leq 1$, $0 < y \leq 1$) の組成は、所望の発光波長を帰結する量子準位が井戸層内に形成される様に決定することができる。

[0021] 発光部 7 は、上記発光層 10 と、放射再結合をもたらすキャリア（担体；carrier）及び発光を発光層 10 に「閉じ込める」ために、発光層 10 の下側及び上側に対峙して配置した下部クラッド（clad）層 9 及び上部クラッド層 11 を含む、所謂、ダブルヘテロ（英略称：DH）構造とすることが高強度の発光を得る上で好ましい。下部クラッド層 9 及び上部クラッド層 11 は、発光層 10 を構成する $(Al_xGa_{1-x})_yIn_{1-y}P$ ($0 \leq x \leq 1$, $0 < y \leq 1$) よりも禁止帯幅が広い半導体材料から構成するのが好ましい。

[0022] また、発光層 10 と下部クラッド層 9 及び上部クラッド層 11 との間に、両層間におけるバンド（band）不連続性を緩やかに変化させるための中間層を設けても良い。この場合、中間層は、発光層 10 と下部クラッド層 9 及び上部クラッド層 11 との中間の禁止帯幅を有する半導体材料から構成するのが望ましい。

[0023] また、発光部 7 の上方には、オーミック（Ohmic）電極の接触抵抗を下げるためのコンタクト層、素子駆動電流を発光部の全般に平面的に拡散させるための電流拡散層、逆に素子駆動電流の通流する領域を制限するための電流阻止層や電流狭窄層など公知の層構造を設けてもよい。さらに、発光部 7 は、上面側（及び底面側）の極性が p 型、n 型のどちらであってもよい。

[0024] p 型 GaP 層 8 は、例えば、Mg をドーブしたキャリア濃度 $1 \times 10^{18} \sim 8 \times 10^{18} \text{ cm}^{-3}$ 、層厚 $1 \sim 15 \mu\text{m}$ の半導体層である。p 型 GaP 層 8 は、化合物半導体層 2 において接続層 3 側に配置されており、この p 型 GaP

層 8 の底面が接続層 3 の上面との接続面とされている。また、p 型 GaP 層 8 の底面は、鏡面研磨された平滑面であることが好ましい。具体的には、表面粗さが、例えば 0.1 ~ 10 nm の範囲であることが好ましい。

[0025] 接続層 3 は、図 1 B に示すように、化合物半導体層 2 と透明基板 4 との間に配置されており、化合物半導体層 2 側に設けられた第 1 の金属膜 3 A と透明基板 4 側に設けられた第 2 の金属膜 3 B とが接合されて構成されている。接続層 3 は、化合物半導体層 2 と透明基板 4 とを接合する機能を有している。また、接続層 3 は、高輝度化のために反射率の高い反射構造を有しており、化合物半導体層 2 側及び透明基板 4 側から入射された光を反射させる機能を有している。接続層 3 の材質としては、電気抵抗が低い材料が好ましく、発光部のストレスを考慮すると低温で接続できる材質であることが望ましい。

[0026] 第 1 の金属膜 3 A は、発光ダイオード 1 の高輝度化を目的として、主に発光部 7（発光層 10）から透明基板 4 側に放出された光（以下、内部光という）を反射して効率よく外部に取り出すために設けられている。この第 1 の金属膜 3 A の材質としては、特に限定されるものではないが、内部光の波長帯において反射率が 90% 以上の材料を用いることができる。その中でも、可視光領域の全域において反射率が 90% である銀、アルミニウム、又はこれらの合金を用いることが特に好ましい。

[0027] 一方、可視光領域の一部の波長帯において反射率が 90% 以上となる材料としては、例えば、金、銅を例示することができる。ここで、金は、約 550 nm より長い波長で反射率が高くなり、約 590 nm で反射率が 90% を超える。また、銅は、約 600 nm より長い波長で反射率が高くなり、約 610 nm で反射率が 90% を超える。このように、第 1 の金属膜 3 A の材質は、発光部 7 からの発光の波長帯に応じて適宜選択することができる。

[0028] 第 2 の金属膜 3 B は、本実施形態の発光ダイオード 1 が発光ダイオードランプ等のパッケージに用いられた場合に、そのパッケージの高輝度化を目的として、上記パッケージ内において発光ダイオード 1 に隣接する他の発光ダ

イオード等から発光された光（以下、外部光という）が透明基板 4 の内部に入射された際に、この外部光を反射して効率よく透明基板 4 の外部に取り出すために設けられている。

[0029] 第 2 の金属膜 3 B の材質としては、特に限定されるものではないが、外部光の波長帯において反射率が 90% 以上の材料を用いることができる。その中でも、可視光領域の全域において反射率が 90% である銀、アルミニウム、又はこれらの合金を用いることが特に好ましい。

[0030] 一方、可視光領域の一部の波長帯において反射率が 90% 以上となる材料としては、例えば、金、銅を例示することができる。ここで、金は、約 550 nm より長い波長で反射率が高くなり、約 590 nm で反射率が 90% を超える。また、銅は、約 600 nm より長い波長で反射率が高くなり、約 610 nm で反射率が 90% を超える。このように、第 2 の金属膜 3 B の材質は、外部光の波長帯に応じて適宜選択することができる。

[0031] 第 1 及び第 2 の金属膜 3 A, 3 B の材質は、それぞれ異なっても良いが、同一であることが好ましい。第 1 及び第 2 の金属膜 3 A, 3 B の材質が同一である場合、接続層 3 は、第 1 の金属膜 3 A と第 2 の金属膜 3 B とが常温金属接合法（J. Vac. Sci. Technol. A 16(4), Jul/Aug 1998 P2125 Metal bonding during sputter film deposition T. Shimatsu et al.）により接合された構造とすることができる。

[0032] 一方、第 1 及び第 2 の金属膜 3 A, 3 B の材質が異なる場合、接続層 3 は、第 1 の金属膜 3 A と第 2 の金属膜 3 B とが、AuSn、AuGe 等の共晶金属による接合や、高温・高圧による接合など公知の接合技術により接合された構造とすることができる。なお、これらの加熱を伴う接合技術を適用する場合は、第 1 及び第 2 の金属膜 3 A, 3 B と、化合物半導体層 2 及び透明基板 4 との間に拡散や反応が生じないように、チタン、クロム、タングステン等の公知の高融点バリア金属層（図示略）を挿入することが好ましい。

[0033] 透明基板 4 は、図 1 B に示すように、化合物半導体層 2 の p 型 GaP 層 8 側に接続層 3 を介して接合されている。この透明基板 4 は、発光部 7 を機械

的に支持するのに十分な強度を有し、且つ、発光部 7 から出射される発光を透過できる禁止帯幅が広く、導電性の光学的に透明な材料から構成することが好ましい。このような透明基板 4 としては、例えば、燐化ガリウム (GaP)、砒化アルミニウム・ガリウム (AlGaAs)、窒化ガリウム (GaN) 等の III-V 族化合物半導体結晶体、硫化亜鉛 (ZnS) やセレン化亜鉛 (ZnSe) 等の II-VI 族化合物半導体結晶体、或いは六方晶或いは立方晶の炭化珪素 (SiC) 等の IV 族半導体結晶体、ガラス基板、サファイア基板などを用いることができる。特に、透明度、加工性、機械強度、低コストの特性を兼ね備えた SiC、GaP が、最も好適な半導体材料である。SiC は、熱伝導、機械強度は優れている。また、GaP は、透過できる波長が、緑より長波長側であるが、加工しやすい半導体材料であるという利点がある。一方、ガラス、サファイア基板等も利用することが可能であるが、絶縁性であり、熱伝導で半導体材料より特性がおとるため、低電流用途に制限される。

[0034] 透明基板 4 の厚さは、薄い方が望ましいが、ハンドリング時の割れ、反りが発生しないように、材質の強度に合わせて適宜最適化することができる。具体的には、透明基板 4 として最も好適な材料である GaP を用いる場合、 $100\mu\text{m}$ よりも薄いと割れやすくなるために好ましくない。一方、 $350\mu\text{m}$ よりも厚いと切断しにくくなり、コストアップにつながるために好ましくない。これに対して透明基板 4 として SiC を用いる場合、同様の理由により、 $50\sim 150\mu\text{m}$ が良好な範囲である。

[0035] 第 1 の電極 5 は、化合物半導体層 2 の上面側に設けられた低抵抗のオーミック接触電極である。一方、第 2 の電極 6 は、基板 3 の底面側に設けられた低抵抗のオーミック接触電極である。本実施形態では、第 1 の電極 5 の極性が n 型かつ第 2 の電極 6 の極性が p 型の場合について説明するが、第 1 の電極 5 の極性が p 型かつ第 2 の電極 6 の極性が n 型であってもよい。

[0036] 第 1 の電極 5 は、例えば、AuGe、AuSi 等を用いて形成することができる。また、第 1 の電極 5 の表面材質には、ワイヤボンディングによる実

装に対応する為に金を用いるのが一般的である。なお、発光部 7 に電流を均一に拡散させるため、発光部 7 に対して第 1 の電極 5 の形状や配置を工夫することが好ましい。第 1 の電極 5 の形状や配置については、特に制約はなく、公知の技術を適用することができる。

[0037] 第 2 の電極 6 (第 3 の金属膜) としては、特に限定されるものではないが、外部光の波長帯において反射率が 90% 以上の材料を用いることができる。その中でも、可視光領域の全域において反射率が 90% である銀、アルミニウム、又はこれらの合金を用いることが特に好ましい。一方、可視光領域の一部の波長帯において反射率が 90% 以上となる材料としては、例えば、金、銅を例示することができる。ここで、金は、約 550 nm より長い波長で反射率が高くなり、約 590 nm で反射率が 90% を超える。また、銅は、約 600 nm より長い波長で反射率が高くなり、約 610 nm で反射率が 90% を超える。このように、第 2 の電極 6 の材質は、外部光の波長帯に応じて適宜選択することができる。

[0038] また、第 2 の電極 6 は、単層構造であっても、上記金属からなる複数の金属膜からなる積層構造であってもよい。上記積層構造としては、具体的には、透明基板 4 側から銀、タングステン (W)、金の金属膜からなる 3 層構造を例示することができる。3 層構造の第 2 の電極 6 によれば、第 3 の反射面 6 a に反射率の高い銀を配置することができる。そして、中間の層にタングステンを用いることにより、銀と金との相互拡散を防止することができると共に、表面側には化学的に安定な金を配置することができる。

[0039] 本実施形態の発光ダイオード 1 には、半導体層と金属層との界面に光吸収の小さい透明導電膜 12 が設けられている。この透明導電膜 12 は、透明基板 4 が半導体基板である場合に、接続層 3 及び第 2 の電極 6 を構成する金属と透明基板 4 を構成する半導体基板との間の拡散・反応を防止することができる。これにより、後述する第 1 の反射面 3 a、第 2 の反射面 3 b 及び第 3 の反射面 6 a の反射率の低下を抑制することができる。また、透明導電膜 12 としては、例えば、酸化インジウム錫 (ITO)、酸化インジウム亜鉛 (

I Z O) 等を用いることが好ましい。

[0040] 透明導電膜 1 2 は、透明基板 4 が半導体基板である場合に、接続層 3 及び第 2 の電極 6 を構成する金属と透明基板 4 を構成する半導体基板との界面で直接オーミック接触が形成されることが好ましい。具体的には、化合物半導体層 2 を構成する p 型 G a P 層 8 と接続層 3 を構成する第 1 の金属膜 3 A との間に透明導電膜 1 2 A が設けられており、化合物半導体層 2 と透明導電膜 1 2 A とがオーミック接触している。また、接続層 3 を構成する第 2 の金属膜 3 B と透明基板 4 との間に透明導電膜 1 2 B が設けられており、透明導電膜 1 2 B と透明基板 4 とがオーミック接触している。さらに、透明基板 4 と第 2 の電極 6 との間に透明導電膜 1 2 C が設けられており、透明導電膜 1 2 C と透明基板 4 とがオーミック接触している。

[0041] 本実施形態の発光ダイオード 1 は、高輝度化のために内部光を反射する反射面と、この発光ダイオード 1 が発光ダイオードランプ等のパッケージに用いられた場合に、そのパッケージの高輝度化のために外部光を反射する反射面とを併せ持つことを特徴としている。すなわち、化合物半導体層 2 を構成する p 型 G a P 層 8 の底面と接続層 3 を構成する第 1 の金属膜 3 A の上面との間には、内部光を反射するための第 1 の反射面 3 a が設けられている。また、接続層 3 を構成する第 2 の金属膜 3 B の底面と透明基板 4 の上面との間には、外部光を反射するための第 2 の反射面 3 b が設けられている。さらに、透明基板 4 の底面と第 2 の電極 6 との間には、外部光を反射するための第 3 の反射面 6 a が設けられている。

[0042] より具体的には、図 1 B に示すように、p 型 G a P 層 8 (透明導電膜 1 2 A が設けられている場合は、透明導電膜 1 2 A) と第 1 の金属膜 3 A との界面である第 1 の金属膜 3 A の上面が第 1 の反射面 3 a とされている。また、第 2 の金属膜 3 B と透明基板 4 (透明導電膜 1 2 B が設けられている場合は、透明導電膜 1 2 B) との界面である第 2 の金属膜 3 B の底面が第 2 の反射面 3 b とされている。さらに、透明基板 4 (透明導電膜 1 2 C が設けられている場合は、透明導電膜 1 2 C) と第 2 の電極 6 との界面である第 2 の電極

6の上面が第3の反射面6aとされている。

[0043] 第1の反射面3aは、第1の金属膜3Aの材質が内部光の波長帯において反射率90%以上の材料を用いているため、内部光の波長帯において反射率90%以上とされている。また、第2の反射面3bは、第2の金属膜3Bの材質が外部光の波長帯において反射率90%以上の材料を用いているため、外部光の波長帯において反射率90%以上とされている。さらに、第3の反射面6aは、第2の電極6（第3の金属膜）の材質が外部光の波長帯において反射率90%以上の材料を用いているため、外部光の波長帯において反射率90%以上とされている。

[0044] 本実施形態の発光ダイオード1によれば、図1Bに示すように、第1の反射面3aが設けられているため、主に発光部7（発光層10）から透明基板4側に放出された内部光を反射して効率よく外部に取り出すことができる。これにより、発光ダイオード1の高輝度化を達成することができる。

[0045] また、本実施形態の発光ダイオード1によれば、透明基板4の上面及び底面に、それぞれ第2の反射面3b及び第3の反射面6aが設けられている。このため、主に発光部7から発光された内部光以外の外部光が透明基板4の内部に入射された際に、その外部光を第2の反射面3bと第3の反射面6aとによって効率よく透明基板4の外部に取り出すことができる。これにより、本実施形態の発光ダイオード1が発光ダイオードランプ等のパッケージに用いられた場合に、そのパッケージの高輝度化を達成することができる。

[0046] 接続層13は、図1Bに示すように、発光ダイオード1とp型端子24とを接続（ダイボンド）するために、第2の電極6の底面側に設けられている。接続層13の材質としては、公知の金属材料を利用することができる。具体的には、例えば、Agペーストを用いることができる。また、接続層13としては、電気抵抗が低く、低温で接続できる材質、すなわち低融点の金属を用いることができる。この低融点金属としては、In、Snメタルおよび公知の半田材料を適用することが可能であるが、化学的に安定で、融点の低いAu系の共晶金属材料を用いることが好ましい。このAu系の共晶金属材

料としては、例えばAuSn、AuGe、AuSi等が挙げられる。また、低融点金属としてAu系の共晶金属材料を用いる場合には、低融点金属の前後にAu層を形成することが好ましい。このようにAu層形成することにより、溶融後に組成が変わることで融点が高くなり、実装工程での耐熱性を向上させることができる。

[0047] <発光ダイオードの製造方法>

次に、本実施形態の発光ダイオード1の製造方法について説明する。本実施形態の発光ダイオード1の製造方法は、半導体基板上に発光層を有する発光部を含む化合物半導体層を形成する工程と、化合物半導体層の成長面に第1の金属膜を形成する工程と、透明基板の一方及び他方の表面に第2及び第3の金属膜を形成する工程と、第1及び第2の金属膜を接合して接続層を形成する工程と、半導体基板を除去する工程と、を備えている。

[0048] 先ず、図2に示すように、化合物半導体層2を作製する。化合物半導体層2は、例えばGaAs単結晶等からなる半導体基板15上に、Siをドーピングしたn型のGaAsからなる緩衝層16、エッチングストップ層（図示略）、Siをドーピングしたn型のAlGaInPからなるコンタクト層17、n型の上部クラッド層11、発光層10、p型の下部クラッド層9、Mgドーピングしたp型GaP層8を順次積層して作製する。ここで、緩衝層（buffer）16は、半導体基板15と発光部7の構成層との格子ミスマッチを緩和するために設けられている。また、エッチングストップ層は、選択エッチングに利用するために設けられている。

[0049] 具体的には、上記の化合物半導体層2を構成する各層は、例えば、トリメチルアルミニウム（ $(\text{CH}_3)_3\text{Al}$ ）、トリメチルガリウム（ $(\text{CH}_3)_3\text{Ga}$ ）およびトリメチルインジウム（ $(\text{CH}_3)_3\text{In}$ ）をIII族構成元素の原料として用いた減圧有機金属化学気相堆積法（MOCVD法）によりGaAs基板15上にエピタキシャル成長させて積層することができる。Mgのドーピング原料としては、例えばビスシクロペンタジエニルマグネシウム（ $\text{bis}-(\text{C}_5\text{H}_5)_2\text{Mg}$ ）等を用いることができる。また、Siのドーピン

グ原料としては、例えばジシラン (Si_2H_6) 等を用いることができる。また、Ⅴ族構成元素の原料としては、ホスフィン (PH_3) またはアルシン (AsH_3) 等を用いることができる。また、各層の成長温度としては、p型GaP層8には750℃を適用することができ、その他の各層では730℃を適用することができる。さらに、各層のキャリア濃度及び層厚は、適宜選択することができる。

[0050] 次に、化合物半導体層2のエピタキシャル成長面を平坦化して平坦面を形成する。具体的には、p型GaP層8の表面から例えば約1 μm の深さに至る領域を研磨し、表面粗さが0.1～10 nm程度の鏡面に加工する。次に、形成した平坦面の上に、透明導電膜12Aとして、例えばITO膜を形成した後に約400～650℃の熱処理を施して、オーミックコンタクトを形成する。また、透明導電膜の代わりに、合金によるオーミックコンタクト電極を部分的に形成することもできるが、電極部の反射率が低いため、透明導電膜の構造より、光学特性が劣る。

[0051] 次に、透明基板4の一方及び他方の表面を平坦化して平坦面を形成する。次いで、この平坦面上に透明導電膜12B、12Cをそれぞれ形成した後に熱処理を施して、オーミックコンタクトを形成する。

[0052] 次に、化合物半導体層2と透明基板4とを接合する。具体的には、化合物半導体層2上に形成された透明導電膜12A上に第1の金属膜3Aを形成し、透明基板4の一方の面上に形成された透明導電膜12B上に第2の金属膜3Bを形成する。次いで、これらの第1及び第2の金属膜3A、3Bを常温金属接合法 (J. Vac. Sci. Technol. A 16(4), Jul/Aug 1998 P2125 Metal bonding during sputter film deposition T. Shimatsu et al.) により接合して接合層3を形成する。これにより、図3に示すように、化合物半導体層2と透明基板4とを接合することができる。

[0053] 常温金属接合法による化合物半導体層2と透明基板4との接合は、先ず、化合物半導体層2及び透明基板4を接合装置内に搬入し、 $3 \times 10^{-5} \text{Pa}$ まで装置内を真空に排気する。次いで、化合物半導体層2に形成された透明導

電膜 1 2 A 及び透明基板 4 に形成された透明導電膜 1 2 B の各接合面に、第 1 及び第 2 の金属膜 3 A, 3 B として反射率 9 8 % の銀をスパッタ法等により約 0. 2 μ m の厚さで成膜し、そのまま常温接合する。この際、1 0 0 °C 未満、望ましくは 5 0 °C 未満の接合温度で第 1 及び第 2 の金属膜 3 A, 3 B を接合することが好ましい。

[0054] 本実施形態の発光ダイオードの製造方法では、化合物半導体層 2 と透明基板 4 との接合技術として常温金属接合法を用いることが特に好ましい。第 1 及び第 2 の反射面 3 a, 3 b を構成する第 1 及び第 2 の金属膜 3 A, 3 B を反射率の高いミラー材料を用いて常温金属接合することにより、簡単な工程で、加熱による応力、反射率の低下等の制約を受けることなく接合することができる。なお、常温金属接合は、上述したように、真空中で、金属をスパッタし、クリーンな表面を貼り合わせて接合する技術であるが、本発明では、化合物半導体に対する表面平坦化に成功し、更に、高反射率の銀、アルミニウム、金でも金属接合できる条件を見出した。

[0055] なお、化合物半導体層 2 と透明基板 4 との接続方法は、上述の接続層 3 を用いた常温金属接合方法に制限されるものではなく、拡散接合、接着剤、共晶金属接合など公知の技術を利用でき、接合方法の適合した構造を適宜選択することができる。

[0056] 次に、透明基板 4 と接合した化合物半導体層 2 から、GaAs からなる半導体基板 1 5 及び緩衝層 1 6 をアンモニア系エッチャントによって選択的に除去する。

[0057] 次に、第 1 の電極 5 を形成する。第 1 の電極 5 の形成は、露出したコンタクト層 1 7 の表面に n 型オーミック電極を形成する。具体的には、例えば、AuGe、Ni 合金/Pt/Au を任意の厚さとなるように真空蒸着法により積層した後、一般的なフォトリソグラフィー手段によってパターニングを行って、第 1 の電極 5 を任意の形状に形成する。

[0058] 次に、第 2 の電極 6 を形成する。第 2 の電極 6 の形成は、透明基板 4 の他方の面に形成したオーミックコンタクトである透明導電膜 1 2 C の上に、第

3の金属膜を形成する。具体的には、例えば、第3の金属膜として銀をスパッタにより厚さ0.1 μm で形成する。その後、タングステン(W)を0.1 μm 、金を0.5 μm の厚さで成膜し、3層構造の第2の電極6を形成する。

[0059] 次に、発光ダイオード1をチップ形状に切断する。具体的には、先ず、チップに切断する前に、切断領域の発光部7をエッチングにより除去する。以上のようにして、本実施形態の発光ダイオード1を製造することができる。

[0060] <発光ダイオードランプ>

次に、本発明を適用した一実施形態である発光ダイオードランプの構成について説明する。図4A及び図4Bに示すように、本実施形態の発光ダイオードランプ(LEDランプ)21は、マウント基板22の表面に3つの発光ダイオード1, 21, 31が搭載されて概略構成されている。より具体的には、発光ダイオード1は、上述したようにGaAs基板を用いたAlGaInP発光層10を有する赤色発光のダイオードである。また、発光ダイオード21, 31は、発光ダイオード1と同じ赤色発光のダイオードを用いてもよい。これにより、単色のLEDランプとすることができる。一方、発光ダイオード21, 31に、サファイア基板を用いたGaInN発光層を有する青色及び緑色発光のダイオードを用いることにより、フルカラー用のLEDランプとすることができる。

[0061] また、マウント基板22の表面には、複数のn電極端子23及びp電極端子24が設けられており、発光ダイオード1は、マウント基板22のp電極端子24上に銀(Ag)ペースト(金属層)で固定、支持(ダイボンド)されており、第2の電極6とp電極端子24とが接続されている。そして、発光ダイオード1の第1の電極5とマウント基板22のn電極端子23とが金線25を用いて接続されている(ワイヤボンディング)。同様に、発光ダイオード21, 31は、p電極端子24上に銀(Ag)ペーストで固定、支持(マウント)されており、図示略の第1及び第2の電極がn電極端子23及びp電極端子24にそれぞれ接続されている。そして、マウント基板22の

表面であって、これらの発光ダイオード 1, 2 1, 3 1 の周囲を覆うように、反射壁 2 6 が設けられており、この反射壁 2 6 の内側の空間はエポキシ樹脂等の一般的な封止材 2 7 によって封止されている。このようにして、本実施形態の発光ダイオードランプ 2 1 は、3 個の赤色の発光ダイオードが同一のパッケージ内に組み込まれた構成となっている。

[0062] 以上のような構成を有する発光ダイオードランプ 2 1 に対して、発光ダイオード 1, 2 1, 3 1 を同時に発光させた場合について説明する。

図 4 A、図 4 B に示すように、各発光ダイオード 1, 2 1, 3 1 の発光部からの上側への発光は、主たる光取り出し面からの発光である。したがって、発光ダイオードランプ 2 1 の外側へ直接取り出すことができる。また、各発光ダイオード 1, 2 1, 3 1 の発光部からの下側への発光は、発光ダイオードランプ 2 1 の外側へは直接取り出すことができない。ここで、発光ダイオード 1, 2 1, 3 1 は、化合物半導体層 2 の底面と接合層 3 の上面との間に第 1 の反射面 3 a が設けられている。このため、発光ダイオード 1 の内部光を第 1 の反射面 3 a が光取り出し面側へ反射するため、発光部 7 からの発光を発光ダイオードランプ 2 1 の外側へ効率よく取り出すことができる。したがって、高輝度な発光ダイオード 1 及び発光ダイオードランプ 2 1 を提供することができる。

[0063] また、各発光ダイオード 1, 2 1, 3 1 の発光部からの周方向への発光は、発光ダイオードランプ 2 1 の外側に直接取り出すことができない。ここで、発光ダイオードランプ 2 1 は、マウント基板 2 2 の表面に反射壁 2 6 が設けられている。このため、各発光ダイオードから周方向への発光は、この反射壁 2 6 によって上側へ反射することができる。したがって、発光ダイオードランプ 2 1 の光取り出し効率を向上することができる。

[0064] ところで、従来の発光ダイオードでは、化合物半導体層と接続された不透明基板または透明基板の上面及び底面には反射面が設けられていなかった。このため、各発光ダイオードの発光部から周方向への発光は、マウント基板 2 2 に設けられた反射壁 2 6 で反射する光以外に、隣接する発光ダイオード

の基板の側面に照射される場合に、この基板に吸収されてしまう場合があった。したがって、パッケージ全体の発光効率が低下してしまうという課題があった。

[0065] これに対して、本実施形態の発光ダイオードランプ 2 1 は、発光ダイオードが 2 以上搭載されており、透明基板 4 の上面及び底面に第 2 及び第 3 の反射面 3 b, 6 a が設けられた発光ダイオード 1 が少なくとも 1 以上搭載された構成を有している。このため、隣接する発光ダイオードからの周方向への発光が、発光ダイオード 1 の透明基板 4 の側面から照射された場合であっても、第 2 及び第 3 の反射面 3 b, 6 a によって反射されることになる。このように、透明基板 4 の上面及び底面に第 2 及び第 3 の反射面 3 b, 6 a が設けられた発光ダイオード 1 をパッケージ内に有しているため、パッケージ内において LED チップからの発光のロスを低減することができる。したがって、パッケージからの光取り出し効率を向上することが可能な高輝度の発光ダイオードランプ 2 1 を提供することができる。

[0066] 本実施形態の発光ダイオードランプ 2 1 では、搭載された発光ダイオードの発光波長が同じ構成を有しているが、搭載された発光ダイオードの発光波長が全て異なる場合であっても良い。また、本実施形態の発光ダイオードランプ 2 1 では、搭載された発光ダイオードのチップ高さが同じ構成を有しているが、搭載された発光ダイオードのチップ高さが全て異なる場合であっても良い。

実施例

[0067] 以下、本発明の効果を、実施例を用いて具体的に説明する。なお、本発明はこれらの実施例に限定されるものではない。

[0068] 本発明に係る発光ダイオード及び発光ダイオードランプを作製した例を具体的に説明する。また、本実施例で作製した発光ダイオードは、AlGaInP 発光部を有する赤色発光ダイオードである。

[0069] (発光ダイオードの作製)

実施例 1 及び比較例 1 の赤色の発光ダイオードは、先ず、Si をドーブル

たn型の(100)面から15°傾けた面を有するGaAs単結晶からなる半導体基板上に順次、積層した半導体層を備えたエピタキシャルウェーハを使用して作製した。積層した半導体層とは、Siをドーブしたn型のGaAsからなる緩衝層、Siをドーブしたn型の $(\text{Al}_{0.5}\text{Ga}_{0.5})_{0.5}\text{In}_{0.5}\text{P}$ からなる層(コンタクト層となる)、Siをドーブしたn型の $(\text{Al}_{0.7}\text{Ga}_{0.3})_{0.5}\text{In}_{0.5}\text{P}$ からなる上部クラッド層、アンドープの $(\text{Al}_{0.2}\text{Ga}_{0.8})_{0.5}\text{In}_{0.5}\text{P}/\text{Al}_{0.7}\text{Ga}_{0.3})_{0.5}\text{In}_{0.5}\text{P}$ の20対からなる発光層、およびMgをドーブしたp型の $(\text{Al}_{0.7}\text{Ga}_{0.3})_{0.5}\text{In}_{0.5}\text{P}$ からなる下部クラッド層および薄膜 $(\text{Al}_{0.5}\text{Ga}_{0.5})_{0.5}\text{In}_{0.5}\text{P}$ からなる中間層、Mgドーブしたp型GaP層である。

[0070] 上記の半導体層の各層は、トリメチルアルミニウム $((\text{CH}_3)_3\text{Al})$ 、トリメチルガリウム $((\text{CH}_3)_3\text{Ga})$ およびトリメチルインジウム $((\text{CH}_3)_3\text{In})$ をIII族構成元素の原料に用いた減圧有機金属化学気相堆積法(MOCVD法)によりGaAs基板上に積層して、エピタキシャルウェーハを形成した。Mgのドーピング原料にはビスシクロペンタジエニルマグネシウム $(\text{bis}-(\text{C}_5\text{H}_5)_2\text{Mg})$ を使用した。Siのドーピング原料にはジシラン (Si_2H_6) を使用した。また、V族構成元素の原料としては、ホスフィン (PH_3) またはアルシン (AsH_3) を用いた。GaP層は750°Cで成長させ、その他の半導体層は730°Cで成長させた。

[0071] GaAs緩衝層のキャリア濃度は約 $2 \times 10^{18} \text{ cm}^{-3}$ 、また、層厚は約0.2 μm とした。 $(\text{Al}_{0.5}\text{Ga}_{0.5})_{0.5}\text{In}_{0.5}\text{P}$ からなる層は、キャリア濃度は約 $2 \times 10^{18} \text{ cm}^{-3}$ 、層厚は、約1.5 μm とした。上部クラッド層のキャリア濃度は約 $8 \times 10^{17} \text{ cm}^{-3}$ 、また、層厚は約1 μm とした。発光層は、アンドープの0.8 μm とした。下部クラッド層のキャリア濃度は約 $2 \times 10^{17} \text{ cm}^{-3}$ とし、また、層厚は1 μm とした。p型GaP層のキャリア濃度は約 $3 \times 10^{18} \text{ cm}^{-3}$ とし、層厚は3 μm とした。

[0072] 次に、p型GaP層の表面から1 μm の深さに至る領域を研磨し、鏡面加工した。研磨後の表面の粗さは、0.18 nmであった。次に、p型GaP

層の鏡面研磨した表面に、ITO膜を形成した後に550℃で熱処理を施して、オーミックコンタクト形成した。

[0073] 次に、貼付用の透明基板としては、熱膨張係数が発光部と同等の単結晶p型GaPを用いた。この透明基板の表面及び裏面にITO膜を形成した後に熱処理を施して、オーミックコンタクト形成した。

[0074] 次に、エピタキシャルウェーハと透明基板とを接合装置内に搬入し、 3×10^{-5} Paまで装置内を真空に排気した。その後、エピタキシャルウェーハと透明基板の各接合面に、スパッタ法で反射率98%の銀を0.2 μm成膜して、そのまま常温接合を行った。

[0075] 次に、エピタキシャル積層用のGaAs半導体基板及び緩衝層をアンモニア系エッチャントにより選択的に除去した。

[0076] 次に、第1の電極として、コンタクト層の表面に、AuGe (Ge質量比12%)合金を厚さが0.15 μm、Ni合金を厚さが0.05 μm、Auを1 μmとなるように真空蒸着法によりn形オーミック電極を形成した。その後、一般的なフォトリソグラフィー手段を利用してパターニングを施し、450℃で3分間熱処理を行って合金化してn型オーミック電極の形状を形成した。

[0077] 次に、第2の電極として、透明基板の裏面のITO膜の上に、銀を0.2 μm、タングステン膜を0.1 μm、Auを0.5 μm、AuSnを1 μmとなるように蒸着により形成して、第2の電極とダイボンド用の接続層を形成した。

[0078] 次に、チップに切断する前に、切断領域の発光部をエッチングで除去した。その後、基板をダイシングソーで、0.3 mmピッチで切断をした。実施例1に用いる赤色の発光ダイオードチップ（以下、LEDチップと記す）を作製した。なお、Ag反射膜は、可視光（青、緑、赤）に対し、95%以上の反射率であった。

[0079] これに対して、比較例1に用いる赤色のLEDチップには、透明基板に代えてシリコン（Si）基板を用いた。

[0080] (発光ダイオードランプの作製)

上記の様にして作製した実施例 1 及び比較例 1 に用いる赤色の LED チップを用いて、図 4 A に示すような 3 個の赤色 LED チップを搭載する高出力の LED ランプ (発光ダイオードランプ) の組み立てをそれぞれ行った (実施例 1 及び比較例 1 の LED ランプ)。

[0081] (発光特性の評価結果)

実施例 1 及び比較例 1 の LED ランプにおいて、LED を 3 個同時に発光させて、発光特性の評価を行った。表 1 に発光特性の評価結果を示す。

[0082] [表1]

	項目	LED-1	LED-2	LED-3
実施例	発光効率 (lm/W)	70		
	VF (V)	2	2	2
	IF (mA)	20	20	20
	ドミナント波長 (nm)	625	625	625
	透明基板	GaP	GaP	GaP
比較例	発光効率 (lm/W)	65		
	VF (V)	2	2	2
	IF (mA)	20	20	20
	ドミナント波長 (nm)	625	625	625
	不透明基板	Si	Si	Si
効果	発光効率向上	108%		

[0083] 表 1 に示すように、透明基板である GaP 基板の代わりに、不透明基板である Si 基板を用いて作製した LED チップを搭載した比較例 1 の LED ランプでは、ドミナント波長が 625 nm、発光効率が 65 lm/W であった。

これに対して、実施例 1 の LED ランプでは、ドミナント波長 625 nm、発光効率が 70 lm/W であり、高い発光効率が得られることを確認した。

。

産業上の利用可能性

- [0084] 本発明の発光ダイオードは、パッケージ内の光吸収を減らし、従来にない高輝度で、高効率の発光ダイオードであり、各種の表示ランプ、照明器具等に利用することができる。

符号の説明

- [0085] 1, 2 1, 3 2 . . . 発光ダイオード
2 . . . 化合物半導体層
3 . . . 接続層
3 A . . . 第1の金属膜
3 B . . . 第2の金属膜
3 a . . . 第1の反射面
3 b . . . 第2の反射面
4 . . . 透明基板
5 . . . 第1の電極
6 . . . 第2の電極（第3の金属膜）
6 a . . . 第3の反射面
7 . . . 発光部
8 . . . p型GaP層
9 . . . 下部クラッド層
10 . . . 発光層
11 . . . 上部クラッド層
12, 12 A, 12 B, 12 C . . . 透明導電膜
13 . . . 接続層
15 . . . 半導体基板
16 . . . 緩衝層
17 . . . コンタクト層
21 . . . 発光ダイオードランプ

２２・・・マウント基板

２３・・・ｎ電極端子

２４・・・ｐ電極端子

２５・・・金線

２６・・・反射壁

２７・・・封止材

請求の範囲

- [請求項1] 発光層を有する発光部を少なくとも含む化合物半導体層と、接続層と、透明基板と、を備え、
前記化合物半導体層と前記透明基板とが、前記接続層を介して接合されており、
前記化合物半導体層の底面と前記接続層の上面との間には、第1の反射面が設けられ、
前記接続層の底面と前記透明基板の上面との間には、第2の反射面が設けられていることを特徴とする発光ダイオード。
- [請求項2] 前記透明基板の底面には、第3の反射面が設けられていることを特徴とする請求項1に記載の発光ダイオード。
- [請求項3] 前記第1の反射面が、発光部からの発光の波長帯において反射率90%以上であり、
前記第2及び第3の反射面が、外部光の波長帯において反射率90%以上であることを特徴とする請求項1又は2に記載の発光ダイオード。
- [請求項4] 前記化合物半導体層の上面側に第1の電極が設けられ、
前記透明基板の底面側に第2の電極が設けられており、
前記透明基板の底面と前記第2の電極との間に、前記第3の反射面が設けられていることを特徴とする請求項1又は2に記載の発光ダイオード。
- [請求項5] 前記接続層が、銀、金、銅、アルミニウムの少なくとも1つを含む金属から構成されていることを特徴とする請求項1又は2に記載の発光ダイオード。
- [請求項6] 前記第2の電極が、銀、金、銅、アルミニウムの少なくとも1つを含む金属から構成されていることを特徴とする請求項4に記載の発光ダイオード。
- [請求項7] 前記透明基板が、半導体であることを特徴とする請求項1又は2に

記載の発光ダイオード。

[請求項8] 前記透明基板が、GaP又はSiCであることを特徴とする請求項7に記載の発光ダイオード。

[請求項9] 前記発光層が、AlGaInP又はAlGaAs層を含むことを特徴とする請求項1又は2に記載の発光ダイオード。

[請求項10] 前記化合物半導体層と前記接続層との間に透明導電膜が設けられており、

前記化合物半導体層と前記透明導電膜とがオーミック接触していることを特徴とする請求項1又は2に記載の発光ダイオード。

[請求項11] 前記接続層と前記透明基板との間に透明導電膜が設けられており、前記透明導電膜と前記透明基板とがオーミック接触していることを特徴とする請求項1又は2に記載の発光ダイオード。

[請求項12] 前記透明基板と前記第2の電極との間に透明導電膜が設けられており、

前記透明導電膜と前記透明基板とがオーミック接触していることを特徴とする請求項4に記載の発光ダイオード。

[請求項13] 前記透明導電膜が、酸化インジウム錫又は酸化インジウム亜鉛であることを特徴とする請求項10に記載の発光ダイオード。

[請求項14] 前記透明導電膜が、酸化インジウム錫又は酸化インジウム亜鉛であることを特徴とする請求項12に記載の発光ダイオード。

[請求項15] 前記透明基板の厚さが、50 μm 以上350 μm 以下であることを特徴とする請求項1又は2に記載の発光ダイオード。

[請求項16] 半導体基板上に発光層を有する発光部を含む化合物半導体層を形成する工程と、

前記化合物半導体層の成長面に第1の金属膜を形成する工程と、

透明基板の一方の表面に第2の金属膜を形成する工程と、

前記第1及び第2の金属膜を接合して接続層を形成する工程と、

前記半導体基板を除去する工程と、を備えることを特徴とする発光

ダイオードの製造方法。

[請求項17] 前記透明基板の一方の表面に第2の金属膜を形成すると同時に、前記透明基板の他方の表面に第3の金属膜を形成することを特徴とする請求項16に記載の発光ダイオードの製造方法。

[請求項18] 前記化合物半導体層の成長面に第1の金属膜を形成する工程が、前記化合物半導体層の成長面を平坦化して平坦面を形成し、前記平坦面上に透明導電膜を形成した後に熱処理をし、熱処理をした後の前記透明導電膜上に第1の金属膜を形成する工程であり、

透明基板の一方及び他方の表面に第2及び第3の金属膜を形成する工程が、前記透明基板の一方及び他方の表面を平坦化して平坦面を形成し、前記平坦面上に透明導電膜をそれぞれ形成した後に熱処理をし、熱処理をした後の前記透明導電膜上に第2及び第3の金属膜をそれぞれ形成する工程であることを特徴とする請求項17に記載の発光ダイオードの製造方法。

[請求項19] 前記第1及び第2の金属膜が、銀、金、銅、アルミニウムの少なくとも1つを含む金属から構成されており、

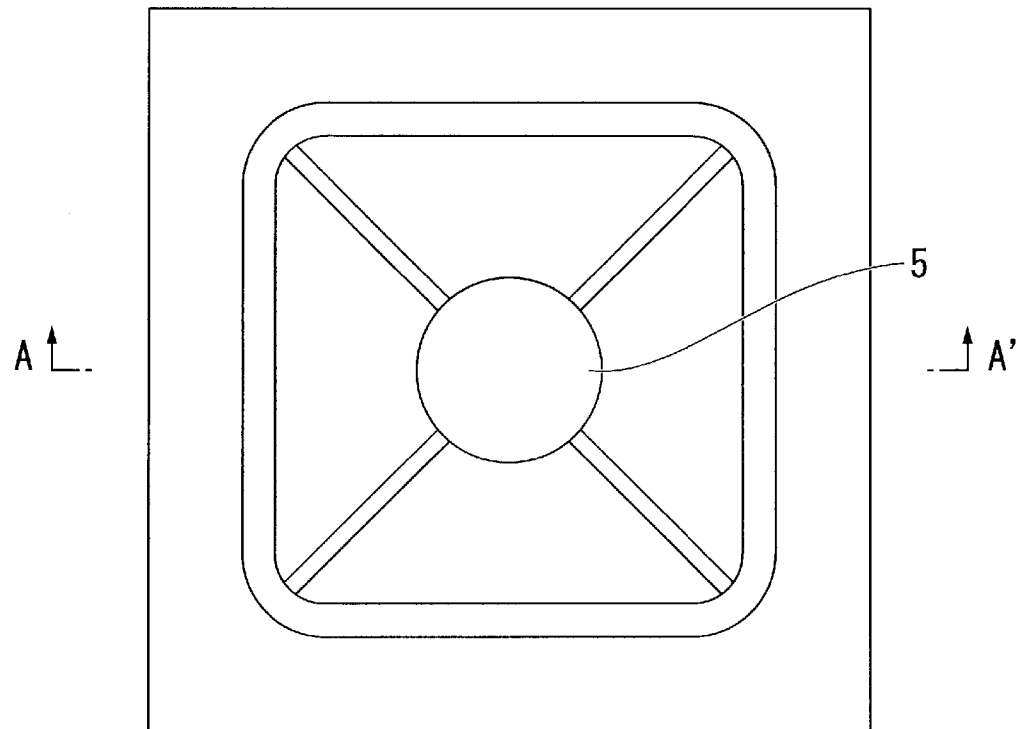
前記第1及び第2の金属膜を接合して接続層を形成する工程が、50℃未満の接合温度で前記第1及び第2の金属膜を接合する常温金属接合工程であることを特徴とする請求項16乃至18のいずれか一項に記載の発光ダイオードの製造方法。

[請求項20] 発光ダイオードが2以上搭載されている発光ダイオードランプであって、

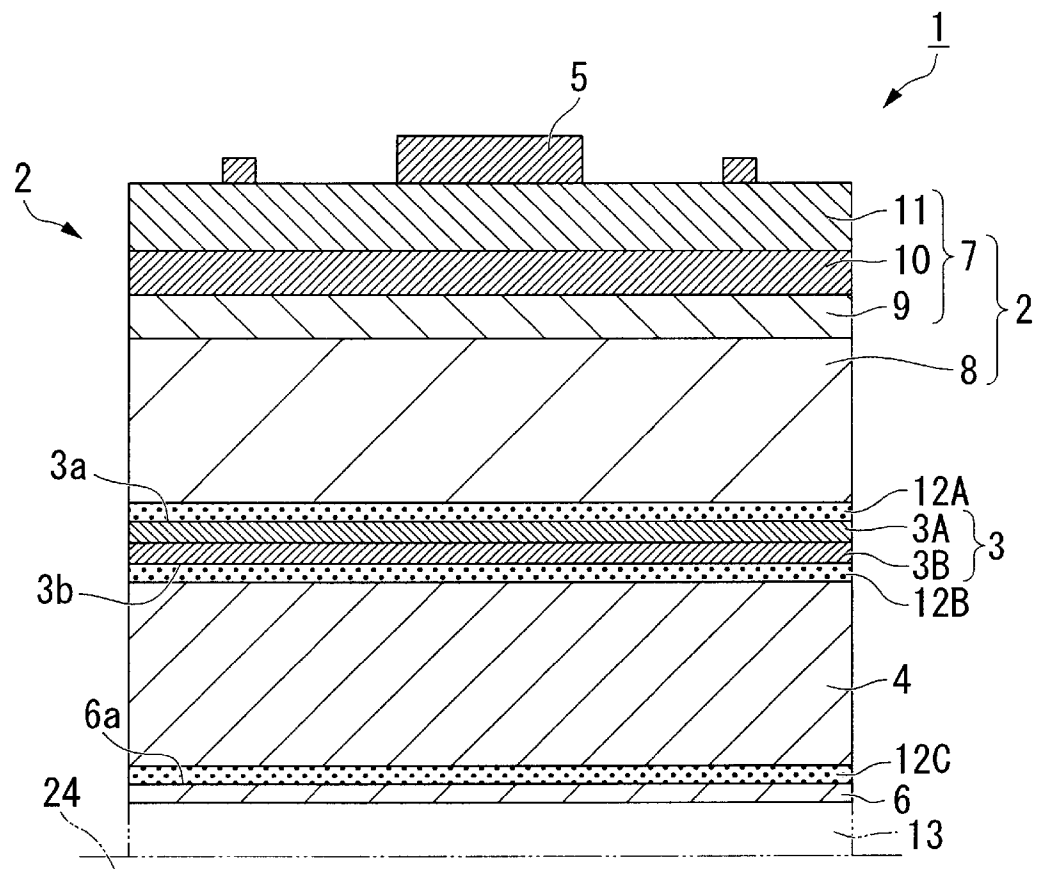
請求項1又は2に記載の発光ダイオードが少なくとも1以上搭載されていることを特徴とする発光ダイオードランプ。

[請求項21] 搭載された発光ダイオードが金属層によりダイボンドされていることを特徴とする請求項20に記載の発光ダイオードランプ。

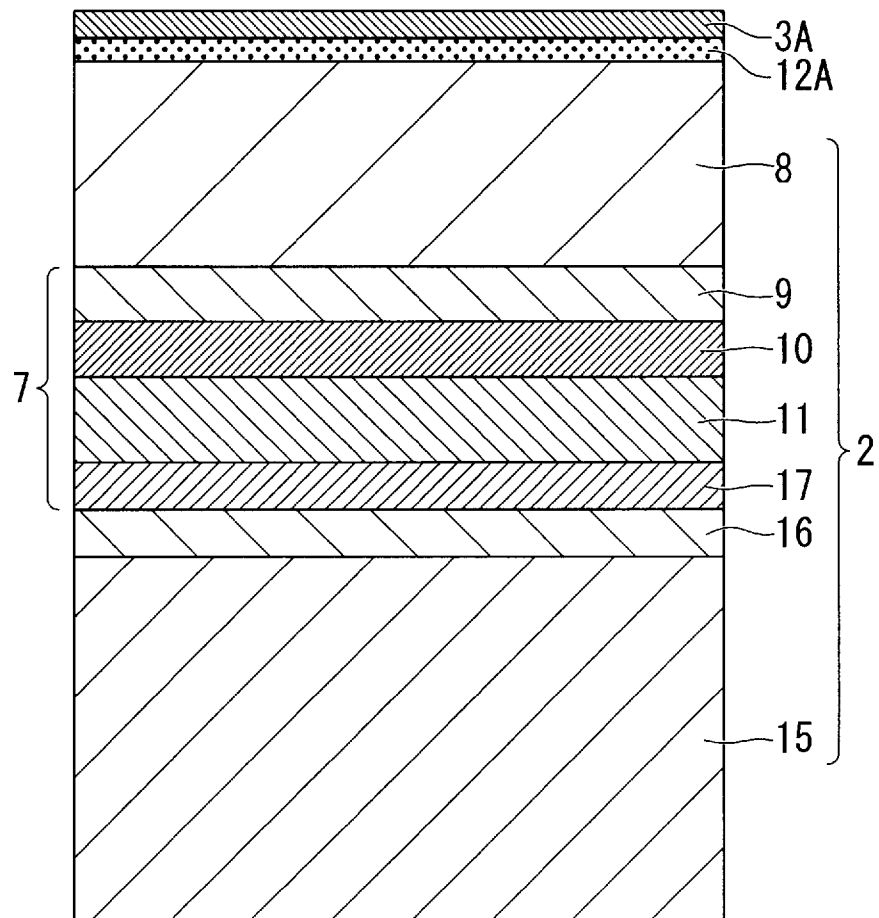
[図1A]



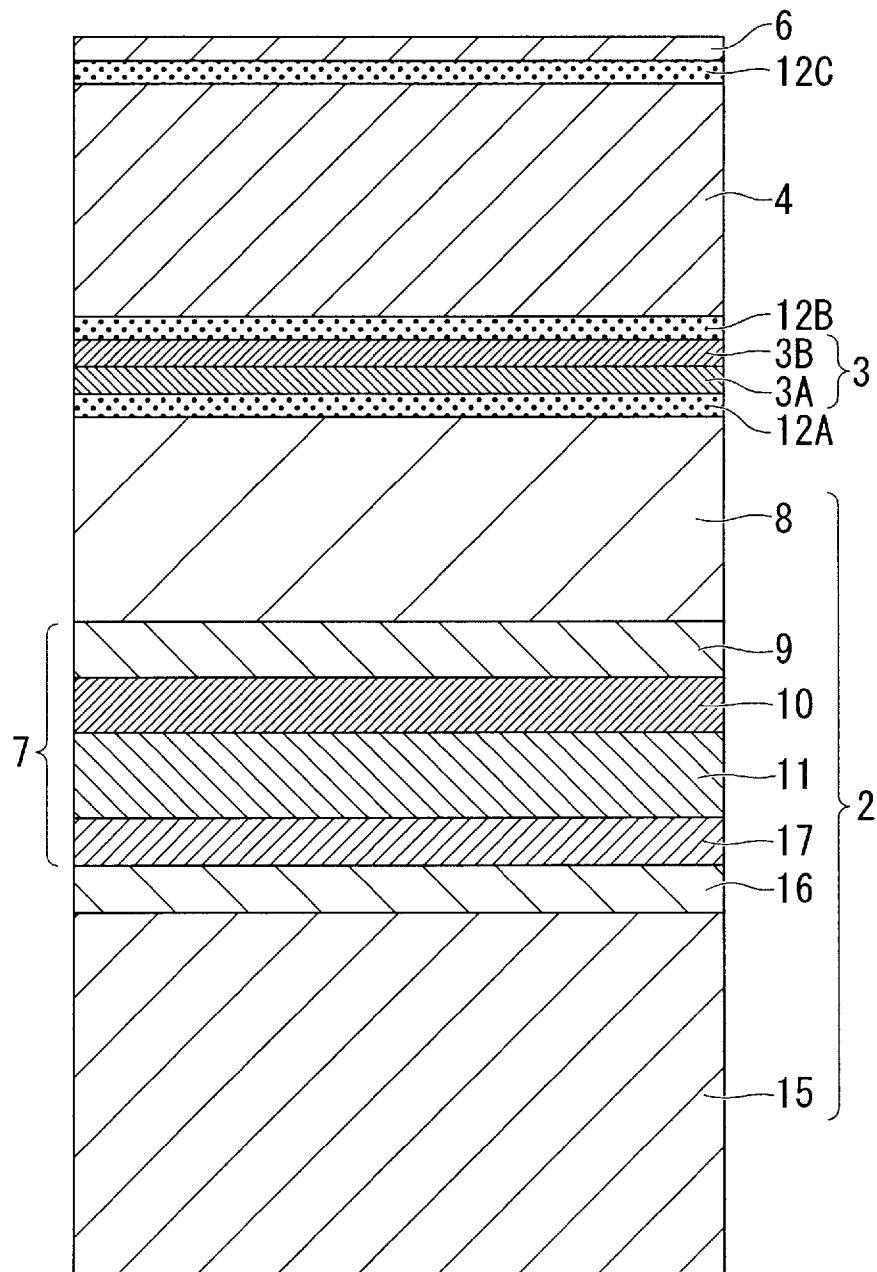
[図1B]



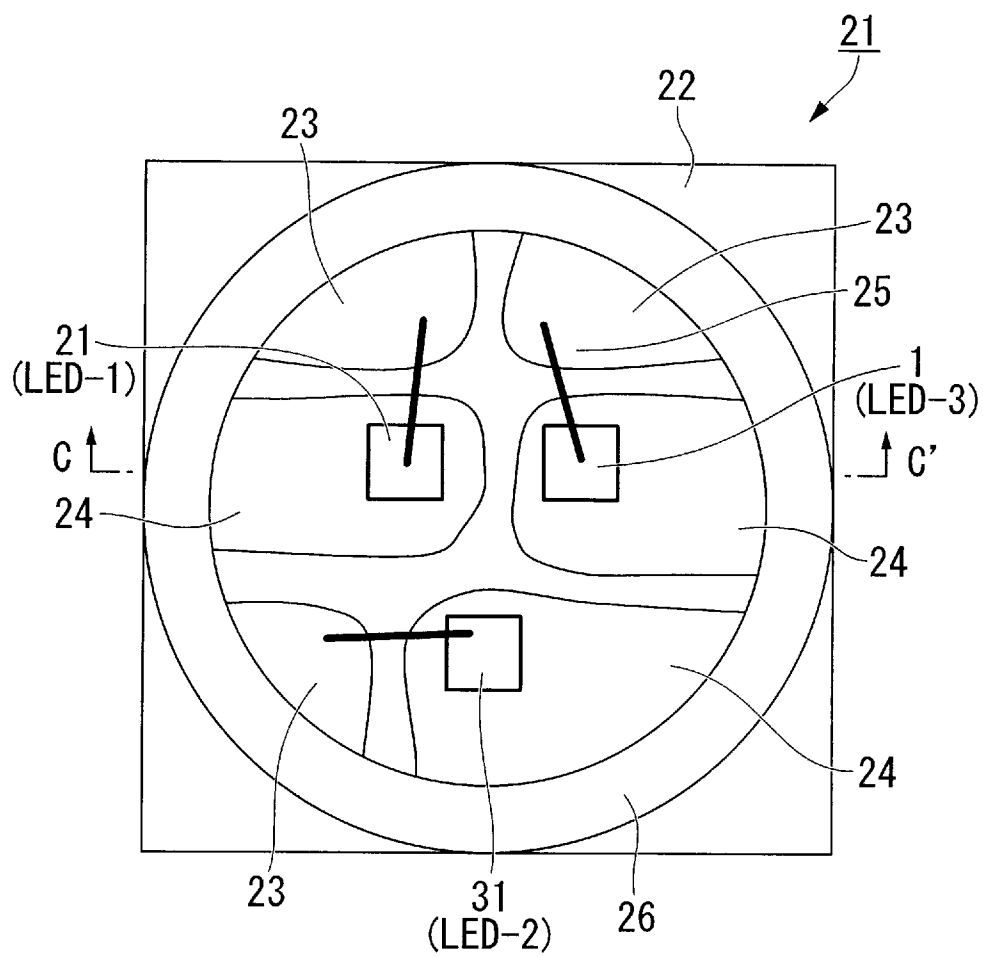
[図2]



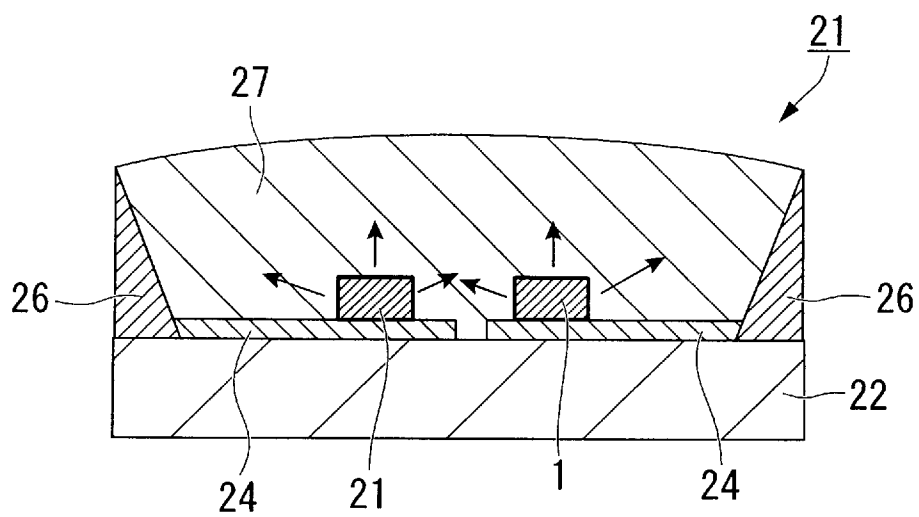
[図3]



[図4A]



[図4B]



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2010/002983

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

H01L33/10(2010.01)i, H01L33/48(2010.01)i

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)

H01L33/00-33/64

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Jitsuyo Shinan Koho	1922-1996	Jitsuyo Shinan Toroku Koho	1996-2010
Kokai Jitsuyo Shinan Koho	1971-2010	Toroku Jitsuyo Shinan Koho	1994-2010

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used)

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X	JP 2006-74036 A (Epistar Corp.), 16 March 2006 (16.03.2006),	1, 5, 7, 8, 15, 10, 21
Y	paragraphs [0012] to [0021]; fig. 3 & DE 102005040522 A & TW 241728 B & KR 10-2006-0048984 A	9, 16, 19
X	JP 2005-203788 A (Epistar Corp.), 28 July 2005 (28.07.2005),	1-4, 6-8, 10, 15, 20, 21
Y	paragraphs [0009] to [0012]; fig. 2 & US 2005/0167659 A1 & DE 102004061949 A & TW 270991 B	5, 9, 11-14, 16-19
Y	JP 2005-277218 A (Shin-Etsu Handotai Co., Ltd.), 06 October 2005 (06.10.2005), paragraph [0053]; fig. 7 (Family: none)	16-19

☒ Further documents are listed in the continuation of Box C.☐ See patent family annex.

* Special categories of cited documents:

"A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance

"E" earlier application or patent but published on or after the international filing date

"L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)

"O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means

"P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

"T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention

"X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone

"Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art

"&" document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search
01 June, 2010 (01.06.10)Date of mailing of the international search report
15 June, 2010 (15.06.10)Name and mailing address of the ISA/
Japanese Patent Office

Authorized officer

Facsimile No.

Telephone No.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2010/002983

C (Continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
Y	JP 2007-53383 A (Samsung Electronics Co., Ltd.), 01 March 2007 (01.03.2007), paragraph [0011] & US 2007/0040162 A1 & KR 10-2005-0089769 A & CN 1949551 A	11-14

A. 発明の属する分野の分類（国際特許分類（I P C））
Int.Cl. H01L33/10(2010.01)i, H01L33/48(2010.01)i

B. 調査を行った分野

調査を行った最小限資料（国際特許分類（I P C））

Int.Cl. H01L33/00-33/64

最小限資料以外の資料で調査を行った分野に含まれるもの

日本国実用新案公報	1 9 2 2－1 9 9 6 年
日本国公開実用新案公報	1 9 7 1－2 0 1 0 年
日本国実用新案登録公報	1 9 9 6－2 0 1 0 年
日本国登録実用新案公報	1 9 9 4－2 0 1 0 年

国際調査で使用した電子データベース（データベースの名称、調査に使用した用語）

C. 関連すると認められる文献

引用文献の カテゴリー*	引用文献名 及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	関連する 請求項の番号
X	JP 2006-74036 A（晶元光電股▲ふん▼有限公司） 2006.03.16, 段落 0012-0021, 図 3	1, 5, 7, 8, 15, 10, 21
Y	& DE 102005040522 A & TW 241728 B & KR 10-2006-0048984 A	9, 16, 19

☒ C 欄の続きにも文献が列挙されている。

☐ パテントファミリーに関する別紙を参照。

* 引用文献のカテゴリー

「A」特に関連のある文献ではなく、一般的技術水準を示すもの

「E」国際出願日前の出願または特許であるが、国際出願日以後に公表されたもの

「L」優先権主張に疑義を提起する文献又は他の文献の発行日若しくは他の特別な理由を確立するために引用する文献（理由を付す）

「O」口頭による開示、使用、展示等に言及する文献

「P」国際出願日前で、かつ優先権の主張の基礎となる出願

の日の後に公表された文献

「T」国際出願日又は優先日後に公表された文献であって出願と矛盾するものではなく、発明の原理又は理論の理解のために引用するもの

「X」特に関連のある文献であって、当該文献のみで発明の新規性又は進歩性がないと考えられるもの

「Y」特に関連のある文献であって、当該文献と他の 1 以上の文献との、当業者にとって自明である組合せによって進歩性がないと考えられるもの

「&」同一パテントファミリー文献

国際調査を完了した日

0 1 . 0 6 . 2 0 1 0

国際調査報告の発送日

1 5 . 0 6 . 2 0 1 0

国際調査機関の名称及びあて先

日本国特許庁（I S A / J P）

郵便番号 1 0 0 - 8 9 1 5

東京都千代田区霞が関三丁目 4 番 3 号

特許庁審査官（権限のある職員）

角地 雅信

2 K

3 9 1 2

電話番号 0 3 - 3 5 8 1 - 1 1 0 1 内線 3 2 5 5

C (続き) . 関連すると認められる文献		
引用文献の カテゴリー*	引用文献名 及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	関連する 請求項の番号
X	JP 2005-203788 A (晶元光電股▲ふん▼有限公司) 2005.07.28, 段落 0009-0012, 図 2	1-4, 6-8, 10, 1 5, 20, 21
Y	& US 2005/0167659 A1 & DE 102004061949 A & TW 270991 B	5, 9, 11-14, 16 -19
Y	JP 2005-277218 A (信越半導体株式会社) 2005.10.06, 段落 0053, 図 7 ファミリーなし	16-19
Y	JP 2007-53383 A (三星電子株式会社) 2007.03.01, 段落 0011 & US 2007/0040162 A1 & KR 10-2005-0089769 A & CN 1949551 A	11-14