

(12) 特許協力条約に基づいて公開された国際出願

(19) 世界知的所有権機関
国際事務局



(43) 国際公開日
2010 年 8 月 19 日(19.08.2010)

PCT

(10) 国際公開番号
WO 2010/092741 A1

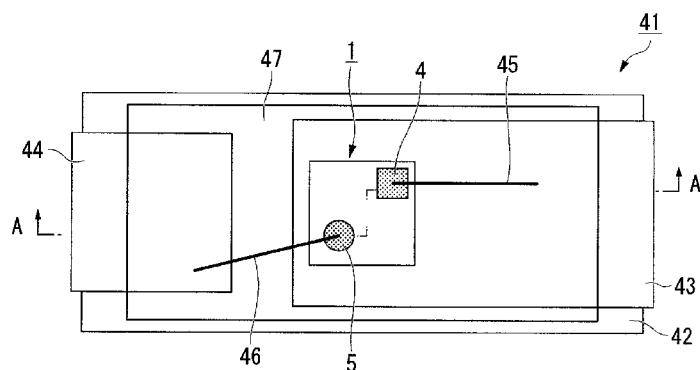
- (51) 国際特許分類:
H01L 33/36 (2010.01) H01L 33/20 (2010.01)
H01L 33/10 (2010.01)
- (21) 国際出願番号: PCT/JP2010/000193
- (22) 国際出願日: 2010 年 1 月 15 日(15.01.2010)
- (25) 国際出願の言語: 日本語
- (26) 国際公開の言語: 日本語
- (30) 優先権データ:
特願 2009-028576 2009 年 2 月 10 日(10.02.2009) JP
- (71) 出願人 (米国を除く全ての指定国について): 昭和電工株式会社(SHOWA DENKO K.K.) [JP/JP]; 〒1058518 東京都港区芝大門一丁目 1 3 番 9 号 Tokyo (JP).
- (72) 発明者; および
- (75) 発明者/出願人 (米国についてのみ): 竹内良一(TAKEUCHI, Ryouichi) [JP/JP]; 〒3691893 埼玉県秩父市下影森 1 5 0 5 番地 昭和電工株式会社内 Saitama (JP). 鍋倉互(NABEKURA, Wataru) [JP/JP]; 〒3691893 埼玉県秩父市下影森 1 5 0 5 番地 昭和電工株式会社内 Saitama (JP).
- (74) 代理人: 志賀正武, 外(SHIGA, Masatake et al.); 〒1006620 東京都千代田区丸の内一丁目 9 番 2 号 Tokyo (JP).
- (81) 指定国 (表示のない限り、全ての種類の国内保護が可能): AE, AG, AL, AM, AO, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CL, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IS, KE, KG, KM, KN, KP, KR, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LT, LU, LY, MA, MD, ME, MG, MK, MN, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PE, PG, PH, PL, PT, RO, RS, RU, SC, SD, SE, SG, SK, SL, SM, ST, SV, SY, TH, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, ZA, ZM, ZW.
- (84) 指定国 (表示のない限り、全ての種類の広域保護が可能): ARIPO (BW, GH, GM, KE, LS, MW, MZ, NA, SD, SL, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), ユーラシア (AM, AZ, BY, KG, KZ, MD, RU, TJ, TM), ヨーロッパ (AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, LV, MC, MK, MT, NL, NO, PL, PT, RO, SE, SI, SK, SM, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

[続葉有]

(54) Title: LIGHT-EMITTING DIODE, AND LIGHT-EMITTING DIODE LAMP

(54) 発明の名称: 発光ダイオード及び発光ダイオードランプ

[図1]



(57) Abstract: Disclosed is a light-emitting diode which comprises a light-emitting part containing a light-emitting layer which is composed of a material represented by the following composition formula: $(\text{Al}_x\text{Ga}_{1-x})_y\text{In}_{1-y}\text{P}$ (wherein $0 \leq x \leq 1$ and $0 < y \leq 1$). In the light-emitting diode, a compound semiconductor layer containing the light-emitting part is joined with a transparent substrate. A main light extraction surface of the light-emitting diode is provided with a first electrode and a second electrode which has a polarity different from that of the first electrode. The second electrode is formed on the opposite side of the first electrode with respect to the light-emitting layer lying therebetween, on the compound semiconductor layer. The lateral surface of the transparent substrate comprises a first lateral surface portion which is on the side closer to the light-emitting layer and generally perpendicular to the light-emitting surface of the light-emitting layer, and a second lateral surface portion which is on the side farther from the light-emitting layer and inclined to the light-emitting surface. By forming a third electrode on the back surface of the transparent substrate, a high luminance light-emitting diode having high light extraction efficiency and high productivity for the mounting process can be provided.

(57) 要約:

[続葉有]



WO 2010/092741 A1



添付公開書類:

— 国際調査報告 (条約第 21 条(3))

組成式 $(\text{Al}_x\text{Ga}_{1-x})_y\text{In}_{1-y}\text{P}$ ($0 \leq x \leq 1$, $0 < y \leq 1$) から成る発光層を含む発光部を有し、該発光部を含む化合物半導体層を透明基板と接合された発光ダイオードである。発光ダイオードの主たる光取り出し面に第 1 の電極と、第 1 の電極と極性の異なる第 2 の電極とを有する。第 2 の電極は発光層を挟んで第 1 の電極とは反対側の化合物半導体層上に形成されている。透明基板の側面は、発光層に近い側では発光層の発光面に対して略垂直である第 1 の側面と、発光層に遠い側では発光面に対して傾斜している第 2 の側面を有している発光ダイオードに対し、第 3 の電極を透明基板裏面に形成することによって、光の取り出し効率が高く、実装工程の生産性が高い高輝度発光ダイオードを提供する。

明 細 書

発明の名称：発光ダイオード及び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発光ダイオードランプに関するものである。

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 $(\text{Al}_x\text{Ga}_{1-x})_y\text{In}_{1-y}\text{P}$ ； $0 \leq x \leq 1$ ， $0 < y \leq 1$ ）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、 $(\text{Al}_x\text{Ga}_{1-x})_y\text{In}_{1-y}\text{P}$ （ $0 \leq x \leq 1$ ， $0 < y \leq 1$ ）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、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た研究が進められている。すなわち、GaAsのような不透明な基板材料を除去した後、発光を透過できると共に従来に増してより機械強度に優れた透明な材料からなる支持体層を改めて接合させた、いわゆる接合型LEDを構成する技術が開示されている（例えば、特許文献1～5参照）。

[0004] また、高輝度の可視LEDを得るために、素子形状による光取り出し効率を向上させる方法が用いられている。その例として、側面形状によって高輝度化を向上させた技術が開示されている（例えば、特許文献6～7参照）。さらに、接合基板界面の高抵抗層を利用して、静電耐性を向上させた技術が開示されている（例えば、特許文献8参照）。

先行技術文献

特許文献

[0005] 特許文献1：日本国特許第3230638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2007-173551号公報

特許文献7：米国特許第6229160号公報

特許文献8：特開2007-19057号公報

発明の概要

発明が解決しようとする課題

[0006] このように、透明基板接合型LEDやチップ形状の最適化等により、高輝度LEDの提供が可能となったが、製造技術的には、実装工程における生産性の向上や輝度品質の安定化等が求められていた。また、静電耐性の向上などの実装工程に関連したニーズがあった。

[0007] ところで、発光ダイオードの表面及び裏面に電極を形成する構造の素子においては、多くの実装技術に関連した提案がされている。しかしながら、光取り出し面に2つの電極を有する構造の高輝度素子では、電気的特性を含めて構造が複雑であり、静電耐圧の安定化や実装技術についての検討が不十分であった。

[0008] 例えば、特許文献6に開示されているように、高輝度化の為、基板の側面において、発光層に近い側では発光層の発光面に対して略垂直である第1の側面と、発光層に遠い側では発光面に対して傾斜している第2の側面とにより高輝度化する技術が開示されている。

しかしながら、パッケージと接続する基板の底面の面積が小さく、発光面の面積が大きく形成されているため、第1または第2の電極にワイヤーをワイヤボンディングする際にチップが転倒しやすいという問題があった。このため、発光ダイオード素子とパッケージとの間で安定した接続強度を得るには、ダイボンド剤の選定や接続条件の管理などの制約が大きいという問題が

あった。

[0009] 一方、特許文献 8 に記載された発光ダイオードでは、発光部と導電性の基板との間に高抵抗層を設けることにより、静電耐性の向上が図られている。しかしながら、パッケージと電氣的に接触するため、銀ペーストなどの導電性のペーストを用いる必要がある。これらの導電性ペーストは光の吸収が大きいため、透明基板接続型 LED の場合に発光の妨げになるという問題があった。特に、導電性ペーストである銀ペースト等を過剰に使用すると透明基板の側面を覆ってしまうため、著しく輝度が低下するという問題があった。反対に、導電性ペーストの使用量が少なすぎる場合には、接着強度が不足して LED チップが安定しないという問題があった。

[0010] 本発明は、上記事情を鑑みてなされたものであり、光取り出し面に 2 つの電極と傾斜側面とを有する発光ダイオードにおいて、高い光の取り出し効率を維持しつつ、実装工程の生産性を向上すると共に逆電圧が印加した際に逆方向電流が発光層を流れることがない発光ダイオード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

[0011] すなわち、本発明は以下に関する。

(1) p n 接合型の発光部を含む化合物半導体層と透明基板とが接合された発光ダイオードであって、発光ダイオードの主たる光取り出し面に設けられた第 1 及び第 2 の電極と、前記透明基板の前記化合物半導体層との接合面と反対側に設けられた第 3 の電極とを備えることを特徴とする発光ダイオード。

(2) 前記第 3 の電極がショットキー電極であ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 3 の電極が、前記光取り出し面の発光に対する反射率が 90 % 以上の反射層を有す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) 前記反射層が、銀、金、アルミニウム、白金、又はこれらを 1 以上

含む金合であることを特徴とする前項（３）に記載の発光ダイオード。

（５） 前記第３の電極が、前記透明基板と接する面と前記反射層との間に酸化膜を有することを特徴とする前項（３）又は（４）に記載の発光ダイオード。

（６） 前記酸化膜が、透明導電膜であることを特徴とする前項（５）に記載の発光ダイオード。

（７） 前記透明導電膜が、インジウム・錫の酸化物からなる透明導電膜（ITO）であることを特徴とする前項（６）に記載の発光ダイオード。

（８） 前記第３の電極が、前記透明基板と接する面と反対側に、接続層を有す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） 前記接続層が、融点４００℃未満の共晶金属であることを特徴とする前項（８）に記載の発光ダイオード。

（１０） 前記第３の電極が、前記反射層と前記接続層との間に融点２０００℃以上の高融点バリア金属を備えていることを特徴とする前項（８）又は（９）に記載の発光ダイオード。

（１１） 前記高融点バリア金属が、タングステン、モリブデン、チタン、白金、クロム、タンタルからなる群から選択された少なくともいずれか１つを含むことを特徴とする前項（１０）に記載の発光ダイオード。

（１２） 前記発光部が、組成式 $(Al_xGa_{1-x})_yIn_{1-y}P$ ($0 \leq x \leq 1$, $0 < y \leq 1$) から成る発光層を含む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） 前記第１及び第２の電極がオーミック電極であることを特徴とする前項（１）乃至（１２）のいずれか一項に記載の発光ダイオード。

（１４） 前記透明基板の材質がGaP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。

（１５） 前記透明基板の側面が、前記化合物半導体層に近い側において前記光取り出し面に対して略垂直である垂直面と、前記化合物半導体層に遠い

側において前記光取り出し面に対して内側に傾斜した傾斜面とを有することを特徴とする前項（１）乃至（１４）のいずれか一項に記載の発光ダイオード。

（１６） 前記化合物半導体層と前記透明基板との間に、当該透明基板よりも高い抵抗を有する高抵抗層が設けられていることを特徴とする前項（１）乃至（１５）のいずれか一項に記載の発光ダイオード。

（１７） 前項（１）乃至（１６）のいずれか一項に記載の発光ダイオードを備え、前記発光ダイオードの前記発光部の上方に設けられた前記第１又は第２の電極と前記第３の電極とが、略同電位に接続されていることを特徴とする発光ダイオードランプ。

発明の効果

[0012] 本発明の発光ダイオードによれば、主たる光取り出し面に設けられた第１及び第２の電極に加えて、透明基板の化合物半導体層との接合面と反対側に設けられた第３の電極を備えた構成となっている。この第３の電極は、高輝度化、導通性、実装工程の安定化が可能な積層構造を有する新機能電極である。したがって、高い光の取り出し効率を維持しつつ、実装工程の生産性を向上すると共に逆電圧が印加した際に逆方向電流が発光層を流れることがない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ランプによれば、上記発光ダイオードを備え、この発光ダイオードの発光部の上方に設けられた第１又は第２の電極と第３の電極とが、略同電位に接続されている。このため、逆電圧が印加した際に逆方向電流が発光層を流れることがない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

[0014] [図１]本発明の一実施形態である発光ダイオードを用いた発光ダイオードランプの平面図である。

[図２]本発明の一実施形態である発光ダイオードを用いた発光ダイオードランプの、図１中に示すＡ－Ａ'線に沿った断面模式図である。

[図3] 本発明の一実施形態である発光ダイオードの平面図である。

[図4] 本発明の一実施形態である発光ダイオードの、図3中に示すB-B'線に沿った断面模式図である。

[図5] 本発明の一実施形態である発光ダイオードの第3の電極を説明するための断面模式図である。

[図6] 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7] 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。

発明を実施するための形態

[0015] 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について、これを用いた発光ダイオードランプとともに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。

[0016] 図1及び図2は、本発明を適用した一実施形態である発光ダイオードを用いた発光ダイオードランプを説明するための図であり、図1は平面図、図2は図1中に示すA-A'線に沿った断面図である。

[0017] 図1及び図2に示すように、本実施形態の発光ダイオード1を用いた発光ダイオードランプ41は、マウント基板42の表面に1以上の発光ダイオード1が実装されている。より具体的には、マウント基板42の表面には、n電極端子43とp電極端子44とが設けられている。また、発光ダイオード1の第1の電極であるn型オーミック電極4とマウント基板42のn電極端子43とが金線45を用いて接続されている（ワイヤボンディング）。一方、発光ダイオード1の第2の電極であるp型オーミック電極5とマウント基板42のp電極端子44とが金線46を用いて接続されている。さらに、図2に示すように、発光ダイオード1のn型及びp型オーミック電極4、5が設けられた面と反対側の面には、第3の電極6が設けられており、この第3

の電極 6 によって発光ダイオード 1 が n 電極端子 4 3 上に接続されてマウント基板 4 2 に固定されている。ここで、n 型オーミック電極 4 と第 3 の電極 6 とは、n 極電極端子 4 3 によって等電位又は略等電位となるように電氣的に接続されている。そして、マウント基板 4 2 の発光ダイオード 1 が実装された表面は、一般的なエポキシ樹脂 4 7 によって封止されている。

[0018] 図 3 及び図 4 は、本発明を適用した一実施形態である発光ダイオードを説明するための図であり、図 3 は平面図、図 4 は図 3 中に示す B-B' 線に沿った断面図である。図 3 及び図 4 に示すように、本実施形態の発光ダイオード 1 は、pn 接合型の発光部 7 を含む化合物半導体層 2 と透明基板 3 とが接合された発光ダイオードである。そして、発光ダイオード 1 は、主たる光取り出し面に設けられた n 型オーミック電極（第 1 の電極）4 及び p 型オーミック電極（第 2 の電極）5 と、透明基板 3 の化合物半導体層 2 との接合面と反対側に設けられた第 3 の電極 6 とを備えて概略構成されている。なお、本実施形態における主たる光取り出し面とは、発光部 7 において、透明基板 3 を貼り付けた面の反対側の面である。

[0019] 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。発光部 7 は、 $(Al_xGa_{1-x})_yIn_{1-y}P$ ($0 \leq x \leq 1$, $0 < y \leq 1$) から成る発光層 10 を含む化合物半導体積層構造体である。発光部 7 は、具体的には、例えば、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 $5 \sim 15 \mu\text{m}$ の p 型 GaP 層 8 上に、少なくとも p 型の下部クラッド層 9、発光層 10、n 型の上部クラッド層 11 が順次積層されて構成されている。

[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 $(Al_xGa_{1-x})_yIn_{1-y}P$ ($0 \leq x \leq 1$, $0 < y \leq 1$) から構成することができる。層厚は、 $0.1 \sim 2 \mu\text{m}$ 、キャリア濃度は、 $3 \times 10^{17} \text{ cm}^{-3}$ 未満が好ましい。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（b a r r i e r）層及び井戸（w e l l）層を構成する（ $A l_x G a_{1-x}$ ） $_Y I n_{1-Y} P$ （ $0 \leq X \leq 1$ ， $0 < Y \leq 1$ ）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、上述の発光層10と、放射再結合をもたらすキャリア（担体；c a r r i e r）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（c l a d）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：D H）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（ $A l_x G a_{1-x}$ ） $_Y I n_{1-Y} P$ （ $0 \leq X \leq 1$ ， $0 < Y \leq 1$ ）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] 下部クラッド層9としては、例えば、Mgをドーブした、キャリア濃度 $1 \times 10^{17} \sim 1 \times 10^{18} \text{ cm}^{-3}$ 、層厚 $0.5 \sim 2 \mu\text{m}$ のp型の（ $A l_x G a_{1-x}$ ） $_Y I n_{1-Y} P$ （ $0 \leq X \leq 1$ ， $0 < Y \leq 1$ ）からなる半導体材料を用いることが望ましい。一方、上部クラッド層11としては、例えば、Siをドーブしたキャリア濃度 $2 \times 10^{17} \sim 2 \times 10^{18} \text{ cm}^{-3}$ 、層厚 $0.5 \sim 5 \mu\text{m}$ のn型の（ $A l_x G a_{1-x}$ ） $_Y I n_{1-Y} P$ （ $0 \leq X \leq 1$ ， $0 < Y \leq 1$ ）からなる半導体材料を用いることが望ましい。

[0023] 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（b a n d）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。同様に、発光層10として、例えば $A l_x G a_{(1-x)} A s$ を用いた場合にも適用することができる。

[0024] また、発光部7の構成層の上方には、オーミック（O h m i c）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ることができる。

[0025] 透明基板 3 は、図 4 に示すように、化合物半導体層 2 の p 型 GaP 層 8 側に接合されている。この透明基板 3 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。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 族半導体結晶体などから構成することができる。

[0026] 透明基板 3 は、発光部 7 を機械的に十分な強度で支持するために、例えば約 $50\text{ }\mu\text{m}$ 以上の厚みとすることが好ましい。また、化合物半導体層 2 へ接合した後に透明基板 3 への機械的な加工を施し易くするため、約 $300\text{ }\mu\text{m}$ の厚さを超えないものとするのが好ましい。すなわち、 $(\text{Al}_x\text{Ga}_{1-x})_y\text{In}_{1-y}\text{P}$ ($0 \leq x \leq 1$, $0 < y \leq 1$) から成る発光層 10 を備えた本実施形態の発光ダイオード 1 において、透明基板 3 は、約 $50\text{ }\mu\text{m}$ 以上約 $300\text{ }\mu\text{m}$ 以下の厚さを有する n 型 GaP 基板から構成するのが最適である。

[0027] また、図 4 に示すように、透明基板 3 の側面は、化合物半導体層 2 に近い側において主たる光取り出し面に対して略垂直である垂直面 3a とされており、化合物半導体層 2 に遠い側において主たる光取り出し面に対して内側に傾斜した傾斜面 3b とされている。これにより、発光層 10 から透明基板 3 側に放出された光を効率よく外部に取り出すことができる。また、発光層 10 から透明基板 3 側に放出された光のうち、一部は垂直面 3a で反射され傾斜面 3b で取り出すことができる。一方、傾斜面 3b で反射された光は垂直面 3a で取り出すことができる。このように、垂直面 3a と傾斜面 3b との相乗効果により、光の取り出し効率を高めることができる。

[0028] また、本実施形態では、図 4 に示すように、傾斜面 3b と発光面に平行な

面とのなす角度 α を、55度～80度の範囲内とすることが好ましい。このような範囲とすることで、透明基板3の底部で反射された光を効率よく外部に取り出すことができる。

また、垂直面3aの幅（厚さ方向）を、30 μm ～100 μm の範囲内とすることが好ましい。垂直面3aの幅を上記範囲内にすることで、透明基板3の底部で反射された光を垂直面3aにおいて効率よく発光面に戻すことができ、さらには、主たる光取り出し面から放出させることが可能となる。このため、発光ダイオード1の発光効率を高めることができる。

[0029] また、透明基板3の傾斜面3bは、粗面化されることが好ましい。傾斜面3bが粗面化されることにより、この傾斜面3bでの光取り出し効率を上げる効果が得られる。すなわち、傾斜面3bを粗面化することにより、傾斜面3bでの全反射を抑制して、光取り出し効率を上げることができる。

[0030] 化合物半導体層2と透明基板3との接合界面は、高抵抗層となる場合がある。すなわち、化合物半導体層2と透明基板3との間には、図示略の高抵抗層が設けられている場合がある。この高抵抗層は、透明基板3よりも高い抵抗値を示し、高抵抗層が設けられている場合には化合物半導体層2のp型GaP層8側から透明基板3側への逆方向の電流を低減する機能を有している。また、透明基板3側からp型GaP層8側へと不用意に印加される逆方向の電圧に対して耐電圧性を発揮する接合構造を構成しているが、その降伏電圧は、pn接合型の発光部7の逆方向電圧より低値となる様に構成することが好ましい。

[0031] n型オーミック電極4およびp型オーミック電極5は、発光ダイオード1の主たる光取り出し面に設けられた低抵抗のオーミック接触電極である。ここで、n型オーミック電極4は、上部クラッド層11の上方に設けられており、例えば、AuGe、Ni合金/Pt/Auからなる合金を用いることができる。一方、p型オーミック電極5は、図4に示すように、露出させたp型GaP層8の表面にAuBe/Auからなる合金を用いることができる。

[0032] ここで、本実施形態の発光ダイオード1では、発光部7がp型GaP層8

を含む構成とし、第2の電極としてp型オーミック電極5を、p型GaP層8上に形成することが好ましい。このような構成とすることにより、作動電圧を下げる効果が得られる。また、p型オーミック電極5をp型GaP層8上に形成することにより、良好なオーミックコンタクトが得られるため、作動電圧を下げるができる。

[0033] なお、本実施形態では、第1の電極の極性をn型とし、第2の電極の極性をp型とするのが好ましい。このような構成とすることにより、発光ダイオード1の高輝度化を達成することができる。一方、第1の電極をp型とすると、電流拡散が悪くなり、輝度の低下を招く。これに対して、第1の電極をn型とすることにより、電流拡散が良くなり、発光ダイオード1の高輝度化を達成することができる。

[0034] 本実施形態の発光ダイオード1では、図3に示すように、n型オーミック電極4とp型オーミック電極5とが対角の位置となるように配置することが好ましい。また、p型オーミック電極5の周囲を、化合物半導体層2で囲んだ構成とすることが最も好ましい。このような構成とすることにより、作動電圧を下げる効果が得られる。また、p型オーミック電極5の四方をn型オーミック電極4で囲むことにより、電流が四方に流れやすくなり、その結果作動電圧が低下する。

[0035] また、本実施形態の発光ダイオード1では、図3に示すように、n型オーミック電極4を、ハニカム、格子形状など網目とすることが好ましい。このような構成とすることにより、信頼性を向上させる効果が得られる。また、格子状とすることにより、発光層10に均一に電流を注入することができ、その結果、信頼性を向上させる効果が得られる。なお、本実施形態の発光ダイオード1では、n型オーミック電極4を、パッド形状の電極（パッド電極）と幅10 μ m以下の線状の電極（線状電極）とで構成することが好ましい。このような構成とすることにより、高輝度化をはかることができる。さらに、線状電極の幅を狭くすることにより、光取り出し面の開口面積を上げることができ、高輝度化を達成することができる。

[0036] 図5は、本実施形態の発光ダイオード1の第3の電極6を説明するための断面図である。図4及び図5に示すように、第3の電極6は、透明基板3の底面に形成されており、高輝度化、導通性、実装工程の安定化が可能な積層構造を有している。具体的には、第3の電極6は、透明基板3の底面側から、少なくとも、反射層13、バリア層14、接続層15が積層されて概略構成されている。また、第3の電極6は、オーミック電極であってもショットキー電極であっても良いが、第3の電極6が透明基板3の底面にオーミック電極を形成すると、発光層10からの光を吸収してしまうため、ショットキー電極であることが好ましい。第3の電極6の厚さは特に限定されるものではないが、0.2～5 μm の範囲が好ましく、1～3 μm の範囲がより好ましく、1.5～2.5 μm の範囲が特に好ましい。ここで、第3の電極6の厚さが0.2 μm 未満であると高度な膜厚制御技術が必要であるために好ましくない。また、第3の電極6の厚さが5 μm を超えるとパターン形成しにくく、高コストであるために好ましくない。一方、第3の電極6の厚さが上記範囲であると、品質の安定性とコストの両立が可能であるために好ましい。

[0037] 反射層13は、発光ダイオード1の高輝度化、すなわち発光層10から透明基板3側に放出された光を効率よく外部に取り出すために設けられている。この反射層13は、光取り出し面の発光に対する反射率が90%以上であることが好ましい。また、反射層13として、反射率の高い金属を適用することができる。具体的には、例えば、銀、金、アルミニウム、白金およびこれらの金属の合金が挙げられる。反射層13の厚さは特に限定されるものではないが、0.02～2 μm の範囲が好ましく、0.05～1 μm の範囲がより好ましく、0.05～0.5 μm の範囲が特に好ましい。ここで、反射層13の厚さが0.02 μm 未満であると金属によっては、透過し反射率が低下する可能性があるために好ましくない。また、反射層13の厚さが2 μm を超えると応力の増加および高いコストであるために好ましくない。一方、反射層13の厚さが上記範囲であると、高反射率で、低コストであるため

に好ましい。

[0038] また、図5に示すように、第3の電極6は、透明基板3と反射層13とが接する面に、酸化膜16が挿入されていることが好ましい。酸化膜16は、反射層13を構成する金属と透明基板3を構成する半導体基板との間の拡散・反応を防止するために設けられている。この酸化膜16を透明基板3と反射層13とが接する面に挿入することによって、反射層13の反射率の低下を抑制することができる。

[0039] 酸化膜16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（IZO）等の透明導電膜、酸化ケイ素（SiO₂）、窒化ケイ素（SiN）などの絶縁膜、電氣的接触を確保するため一部金属膜とした膜など公知の材料及びそれらの組み合わせを適用することができるが、発光層10から透明基板3側に放出された光を効率よく外部に取り出すために透明導電膜を用いることが好ましく、ITO膜を用いることがより好ましい。酸化膜16の厚さは特に限定されるものではないが、0.02～1μmの範囲が好ましく、0.05～0.5μmの範囲がより好ましく、0.1～0.2μmの範囲が特に好ましい。ここで、酸化膜16の厚さが0.02μm未満であると相互拡散の防止が不十分であるために好ましくない。また、酸化膜16の厚さが1μmを超えると膜の応力が増大し、クラックが発生しやすいために好ましくない。一方、酸化膜16の厚さが上記範囲であると、安定した品質の膜となるために好ましい。

[0040] バリア層14は、図5に示すように、反射層13と接続層15との間に設けられている。このバリア層14は、反射層13を構成する金属と接続層15を構成する金属とが相互に拡散することを抑制して反射層13の反射率の低下を防止する機能を有している。また、バリア層14は、融点2000℃以上の高融点バリア金属から構成されている。この高融点バリア金属としては、例えば、タングステン、モリブデン、チタン、白金、クロム、タンタル等の高融点金属を適用することができ、これらの金属から少なくともいずれか1つを含むことが好ましい。バリア層14の厚さは特に限定されるもので

はないが、 $0.05 \sim 0.5 \mu\text{m}$ の範囲が好ましく、 $0.08 \sim 0.2 \mu\text{m}$ の範囲がより好ましく、 $0.1 \sim 0.15 \mu\text{m}$ の範囲が特に好ましい。ここで、バリア層14の厚さが $0.05 \mu\text{m}$ 未満であると、バリア機能が不十分となるために好ましくない。また、バリア層14の厚さが $0.5 \mu\text{m}$ を超えると、応力の増大やプロセス温度が高くなるために好ましくない。一方、バリア層14の厚さが上記範囲であると、安定した品質を容易に形成できるために好ましい。

[0041] 接続層15は、図5に示すように、透明基板3と第3の電極6を構成する酸化膜16とが接する面と反対側、すなわち、マウント基板42の表面のn電極端子43と対向する側に設けられている。この接続層15は、発光ダイオード1を実装する際に溶融してマウント基板42との接続を行う機能を有している。また、接続層15は、低融点の金属からなる層（低融点金属層）15bから構成されている。この低融点金属層15b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、融点が高い共晶金属の適用が好ましい。融点の低い共晶金属としては、例えば、AuSn、AuGe、AuSi等が挙げられる。特にAu系は、品質が安定しているので望ましい。また、前後にAu層を形成すれば、溶融後、組成が変わり、融点が高くなるため、実装工程での耐熱性が向上するため、特に望ましい組み合わせである。

[0042] ところで、従来の発光ダイオードでは、マウント基板との実装に銀（Ag）ペーストが用いられていた。この銀ペーストは反射率が高いため、銀ペーストを用いて発光ダイオードをマウント基板に実装した場合には高輝度の発光ダイオードランプが得られるという利点があった。しかしながら、銀ペーストは接続強度が小さいため、確実に接合するために使用量が多くなるという問題があった。特に、本実施形態の発光ダイオード1のように傾斜面3bを有する透明基板3を接合する場合には、安定した接続を得るために多量の銀ペーストが必要であり、この銀ペーストが透明基板3の傾斜面3bを覆ってしまうため、結果として発光ダイオードの輝度を低下させてしまっていた。

。

[0043] これに対して、本実施形態の発光ダイオードでは、マウント基板との実装に第3の電極6を構成する接続層15を用いることができる。この接続層15は、上述したように低融点金属層15bとして共晶金属が用いられているため、共晶金属ダイボンドによって少量で強固な接続を実現することができる。このため、透明基板3の傾斜面3bを接続層15で覆うこともなく、また、第3の電極6を構成する反射層13が高輝度化の機能を分担しているため、発光ダイオード1の高輝度化及び接続強度の向上を両立することができる。

[0044] 接続層15（低融点金属層15b）の融点としては、下限値が150℃以上であることが好ましく、200℃以上であることがより好ましく、250℃以上であることが特に好ましい。また、上限値は、400℃未満であることが好ましく、350℃未満であることがより好ましく、300℃未満であることが特に好ましい。ここで、融点が150℃未満であると、発光ダイオード1以外の部品の実装に用いられている半田付けの際に溶融してしまうために好ましくない。一方、融点が400℃以上であると、パッケージ材料が変質する場合があるために好ましくない。

[0045] 接続層15は、図5に示すように、バリア層14と低融点金属層15bとの間に金（Au）からなる層15aを設けても良い。この金からなる層（金層）15aを設けることにより、低融点金属層15bからなる層の酸化を防止することができるため、発光ダイオード1をマウント基板42に実装するダイボンド工程の安定性を向上することができる。

[0046] 接続層15の厚さは特に限定されるものではないが、0.2～3μmの範囲が好ましく、0.5～2μmの範囲がより好ましく、0.8～1.5μmの範囲が特に好ましい。ここで、接続層15の厚さが0.2μm未満であると接合強度不足が発生しやすくなるために好ましくない。また、接続層15の厚さが3μmを超えるとコスト面で不利になるために好ましくない。一方、接続層15の厚さが上記範囲であると、安定した接続強度が得られるため

に好ましい。

[0047] 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、この発光ダイオード1を用いた発光ダイオードランプ41の製造方法と併せて説明する。図6は、本実施形態の発光ダイオード1に用いるエピウェーハの断面図である。また、図7は、本実施形態の発光ダイオード1に用いる接合ウェーハの断面図である。

[0048] (化合物半導体層の形成工程)

まず、図6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17上に、Siをドーピングしたn型のGaAsからなる緩衝層18、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19、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)18は、半導体基板17と発光部7の構成層との格子ミスマッチの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17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°Cを適用することができ、その他の各層では730°C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] (透明基板の接合工程)

次に、化合物半導体層 2 と透明基板 3 とを接合する。化合物半導体層 2 と透明基板 3 との接合は、先ず、化合物半導体層 2 を構成する p 型 GaP 層 8 の表面を研磨して、鏡面加工する。次に、この p 型 GaP 層 8 の鏡面研磨した表面に貼付する透明基板 3 を用意する。なお、この透明基板 3 の表面は、p 型 GaP 層 8 に接合させる以前に鏡面に研磨する。

次に、一般の半導体材料貼付装置に、化合物半導体層 2 と透明基板 3 とを搬入し、真空中で鏡面研磨した双方の表面に電子を衝突させて中性（ニュートラル）化した Ar ビームを照射する。その後、真空を維持した貼付装置内で双方の表面を重ね合わせて荷重をかけることで、室温で接合することができる（図 7 参照）。

[0051] (第 1 及び第 2 の電極の形成工程)

次に、第 1 の電極である n 型オーミック電極 4 及び第 2 の電極である p 型オーミック電極 5 を形成する。n 型オーミック電極 4 及び p 型オーミック電極 5 の形成は、先ず、透明基板 3 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 17 及び緩衝層 18 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。次に、露出したコンタクト層 19 の表面に n 型オーミック電極 4 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を利用してパターニングを行って n 型オーミック電極 4 の形状を形成する。

[0052] 次に、コンタクト層 19、上部クラッド層 11、発光層 10、下部クラッド層 9 を選択的に除去して p 型 GaP 層 8 を露出させ、この露出した p 型 GaP 層 8 の表面に p 型オーミック電極 5 を形成する。具体的には、例えば、AuBe/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を利用してパターニングを行って p 型オーミック電極 5 の形状を形成する。その後、例えば 450℃、10 分間の条件

で熱処理を行って合金化することにより、低抵抗の n 型オーミック電極 4 及び p 型オーミック電極 5 を形成することができる。

[0053] (第 3 の電極の形成工程)

次に、透明基板 3 の化合物半導体層 2 との接合面と反対側に第 3 の電極 6 を形成する。

第 3 の電極 6 の形成は、具体的には、例えば透明基板 3 の表面にスパッタ法によって酸化膜 16 として透明導電膜である ITO 膜を 0.1 μm 成膜した後に、銀合金膜を 0.1 μm を成膜して反射層 13 を形成する。次に、この反射層 13 の上にバリア層 14 として例えばタングステンを 0.1 μm 成膜する。次に、このバリア層 14 の上に Au を 0.5 μm 、AuSn (共晶：融点 283°C) を 1 μm 、Au を 0.1 μm 順次成膜して接続層 15 を形成する。そして、通常の写真リソグラフィ法により、任意の形状にパターンニングして第 3 の電極 6 を形成した。なお、透明基板 3 と第 3 の電極 6 とは、光吸収の少ないショットキー接触である。

[0054] (透明基板の加工工程)

次に、透明基板 3 の形状を加工する。透明基板 3 の加工は、先ず、第 3 の電極 6 を形成していない表面に V 字状の溝入れを行う。この際、V 字状の溝の第 3 の電極 6 側の内側面が発光面に平行な面とのなす角度 α を有する傾斜面 3b となる。次に、化合物半導体層 2 側から所定の間隔でダイシングを行ってチップ化する。なお、チップ化の際のダイシングによって透明基板 3 の垂直面 3a が形成される。

[0055] 傾斜面 3b の形成方法は、特に限定されるものではなく、ウェットエッチング、ドライエッチング、スクライプ法、レーザー加工などの従来からの方法を組み合わせて用いることができるが、形状の制御性及び生産性の高いダイシング法を適用することが最も好ましい。ダイシング法を適用することにより、製造歩留まりを向上することができる。

[0056] また、垂直面 3a の形成方法は、特に限定されるものではないが、スクライプ・ブレイク法又はダイシング法で形成するのが好ましい。スクライプ・

ブレーク法を採用することにより、製造コストを低下させることができる。すなわち、チップ分離の際に切りしろを設ける必要なく、数多くの発光ダイオードが製造できるため製造コストを下げるることができる。一方、ダイシング法では、垂直面 3 a からの光取り出し効率が上がり、高輝度化を達成することができる。

[0057] 最後に、ダイシングによる破碎層及び汚れを必要に応じて硫酸・過酸化水素混合液等でエッチング除去する。このようにして発光ダイオード 1 を製造する。

[0058] (発光ダイオードの実装工程)

次に、マウント基板 4 2 の表面に所定の数量の発光ダイオード 1 を実装する。発光ダイオード 1 の実装は、まず、マウント基板 4 2 と発光ダイオード 1 との位置合せを行い、マウント基板 4 2 の表面の所定の位置に発光ダイオード 1 を配置する。次に、第 3 の電極 6 を構成する接続層 1 5 とマウント基板 4 2 の表面に設けられた n 電極端子 4 3 とを共晶金属接合（共晶金属ダイボンド）する。これにより、発光ダイオード 1 がマウント基板 4 2 の表面に固定される。次に、発光ダイオード 1 の n 型オーミック電極 4 とマウント基板 4 2 の n 電極端子 4 3 とを金線 4 5 を用いて接続する（ワイヤボンディング）。次に、発光ダイオード 1 の p 型オーミック電極 5 とマウント基板 4 2 の p 電極端子 4 4 とを金線 4 6 を用いて接続する。最後に、マウント基板 4 2 の発光ダイオード 1 が実装された表面を、一般的なエポキシ樹脂 4 7 によって封止する。このようにして、発光ダイオード 1 を用いた発光ダイオードランプ 4 1 を製造する。

[0059] 以上のような構成を有する発光ダイオードランプ 4 1 に対して、n 電極端子 4 3 及び p 電極端子 4 4 に電圧を付加した場合について説明する。

まず、発光ダイオードランプ 4 1 に順方向の電圧が印加された場合について説明する。

順方向の電圧が印加された場合に順方向電流は、まず、陽極に接続された p 型電極端子 4 4 から金線 4 6 を経て p 型オーミック電極 5 へと流通する。次

に、p型オーミック電極5からp型GaP層8、下部クラッド層9、発光層10、上部クラッド層11、n型オーミック電極4へと順次流通する。次に、n型オーミック電極4から金線45を経て陰極に接続されたn型電極端子43に流通する。なお、発光ダイオード1に高抵抗層が設けられている場合には、順方向電流は、p型GaP層8からn型GaP基板からなる透明基板3へと流通しない。このように、順方向電流が流れる際に、発光層10から発光する。また、発光層10から発光した光は、主たる光取り出し面から放出される。一方、発光層10から透明基板3側へと放出された光は、透明基板3の形状及び第3の電極6を構成する反射層13の機能によって反射されるため、主たる光取り出し面から放出される。したがって、発光ダイオードランプ41（発光ダイオード1）の高輝度化を達成することができる（図2及び図4を参照）。

[0060] 次に、発光ダイオードランプ41に逆方向の電圧が印加された場合について説明する。

逆方向の電圧が印加された場合には、逆方向電流がn型電極端子43からp型電極端子44へと流れることになる。ところで、第3の電極6を有さない従来の発光ダイオードランプでは、不用意に逆方向の電圧が印加された際に発生する逆方向電流が、発光部の上方に設けられたn型オーミック電極を経由してpn接合部の逆方向電圧の高い発光部に流通してしまい、発光ダイオードの発光部が破壊してしまう虞があった。これに対して、本実施形態の発光ダイオード1を備えた発光ダイオードランプ41によれば、第3の電極6とn型オーミック電極4とが略等電位となるように接続されると共に、透明基板3側からp型GaP層8側への降伏電圧がpn接合型の発光部7の逆方向電圧より低値となる構成を有している。これにより、不用意に逆方向の電圧が印加された際に発生する逆方向電流を、発光部7の上方に設けられたn型オーミック電極を経由してpn接合部の逆方向電圧の高い発光部7に流通するよりもむしろ、第3の電極6を経由して降伏電圧の低い透明基板3とp型GaP層8との接合領域を流通させて、発光部7を経由させずにp型オー

ミック電極 5 へと逃がすことができる。従って、不用意な逆方向の過電流の通流に起因する発光ダイオード 1 の発光部 7 の破壊を回避することができる。

実施例

[0061] 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。

[0062] (実施例 1)

本実施例では、本発明に係る発光ダイオード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。なお、本実施例 1 では、 GaAs 基板上に設けたエピタキシャル積層構造体（化合物半導体層）と GaP 基板とを接合させて発光ダイオードを作製する場合を例にして、本発明を具体的に説明する。

[0063] 実施例 1 の発光ダイオードは、先ず、 Si をドーピングした 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 をドーピングした n 型の GaAs からなる緩衝層、 Si をドーピングした n 型の $(\text{Al}_{0.5}\text{Ga}_{0.5})_{0.5}\text{In}_{0.5}\text{P}$ からなるコンタクト層、 Si をドーピングした 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 をドーピングした 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 ドーピングした p 型 GaP 層である。

[0064] 本実施例では、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。

[0065] 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 $0.2 \mu\text{m}$ とした。コンタクト層は、 $(\text{Al}_{0.5}\text{Ga}_{0.5})_{0.5}\text{In}_{0.5}\text{P}$ から構成し、キャリア濃度は約 $2 \times 10^{18} \text{ cm}^{-3}$ 、層厚は、約 $1.5 \mu\text{m}$ 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 $1 \mu\text{m}$ とした。発光層は、アンドープの $0.8 \mu\text{m}$ 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 $1 \mu\text{m}$ 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 $9 \mu\text{m}$ とした。

[0066] 次に、p型GaP層は、表面から約 $1 \mu\text{m}$ の深さに至る領域を研磨し、鏡面加工した。

この鏡面加工によって、p型GaP層の表面の粗さを 0.18 nm とした。一方、上記のp型GaP層の鏡面研磨した表面に貼付するn型GaPからなる透明基板を用意した。この貼付用の透明基板には、キャリア濃度が約 $2 \times 10^{17} \text{ cm}^{-3}$ となる様にSiを添加し、面方位を (111) とした単結晶を用いた。また、透明基板の直径は50ミリメートル (mm) で、厚さは $250 \mu\text{m}$ であった。この透明基板の表面は、p型GaP層に接合させる以前に鏡面に研磨し、平方平均平方根値 (rms) にして 0.12 nm に仕上げておいた。

[0067] 次に、一般の半導体材料貼付装置に、上記の透明基板及びエピタキシャルウェーハを搬入し、 $3 \times 10^{-5} \text{ Pa}$ となるまで装置内を真空中に排気した。

[0068] 次に、透明基板、及びp型GaP層の双方の表面に、電子を衝突させて中性 (ニュートラル) 化したArビームを3分間に亘り照射した。その後、真空中に維持した貼付装置内で、透明基板及びp型GaP層の表面を重ね合わせ

、各々の表面での圧力が 50 g/cm^2 となる様に荷重を掛け、双方を室温で接合した。

[0069] 次に、上記接合ウェーハから、GaAs基板およびGaAs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。次に、コンタクト層の表面に第1の電極として、AuGe、Ni合金を厚さが $0.5\text{ }\mu\text{m}$ 、Ptを $0.2\text{ }\mu\text{m}$ 、Auを $1\text{ }\mu\text{m}$ 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ンニングを施し、n形オーミック電極の形状を形成した。

[0070] 次に、第2の電極としてp形オーミック電極を形成する領域のエピ層を選択的に除去し、p型GaP層を露出させた。この露出したp型GaP層の表面に、AuBeを $0.2\text{ }\mu\text{m}$ 、Auを $1\text{ }\mu\text{m}$ となるように真空蒸着法でp形オーミック電極を形成した。その後、 450°C で10分間熱処理を行って合金化し、低抵抗のp形およびn形オーミック電極を形成した。

[0071] 次に、透明基板の底面に第3の電極を形成した。第3の電極は、スパッタ法で、ITO膜を $0.1\text{ }\mu\text{m}$ 、銀合金膜を $0.1\text{ }\mu\text{m}$ の反射層を形成し、その上にタングステンを $0.1\text{ }\mu\text{m}$ のバリア層、次に、Auを $0.5\text{ }\mu\text{m}$ 、AuSn（共晶：融点 283°C ）を $1\text{ }\mu\text{m}$ 、Auを $0.1\text{ }\mu\text{m}$ の接続層を形成した。その後、通常フォトリソグラフィー法により、 $200\text{ }\mu\text{m}$ の正方形のパターンを形成した。この第3の電極と透明基板とは、光吸収の少ないショットキー接触とした。

[0072] 次に、ダイシングソーを用いて、透明基板の裏面から、第3の電極を形成していない領域を傾斜面の角度 α が 70° となると共に垂直面の厚さが $80\text{ }\mu\text{m}$ となるようにV字状の溝入れを行った。次に、化合物半導体層側からダイシングソーを用い $350\text{ }\mu\text{m}$ 間隔で切断し、チップ化した。ダイシングによる破碎層および汚れを硫酸・過酸化水素混合液でエッチング除去して、実施例1の発光ダイオードを作製した。

[0073] 上記の様に作製した実施例1の発光ダイオードチップを、マウント基板上に実装した発光ダイオードランプを100個実装した。この発光ダイオ

ードランプは、マウントは、共晶ダイボンダーで、加熱接続され支持（マウント）し、発光ダイオードの n 型オーミック電極とマウント基板の表面に設けた n 電極端子とを金線でワイヤボンディングし、p 型オーミック電極と p 電極端子とを金線でワイヤボンディングした後、一般的なエポキシ樹脂で封止して作製した。

[0074] マウント基板の表面に設けられた n 電極端子と p 電極端子とを介して n 型及び p 型オーミック電極間に電流を流したところ、主波長を 620 nm とする赤色光が出射された。順方向に 20 ミリアンペア（mA）の電流を通流した際の順方向電圧（V_f）は、化合物半導体層を構成する p 型 GaP 層と透明基板との接合界面での抵抗の低さ及び各オーミック電極の良好なオーミック特性を反映し、約 1.95 ボルト（V）となった。また、順方向電流を 20 mA とした際の発光強度は、発光効率の高い発光部の構成及び反射層を有する第 3 の電極の構成など外部への取り出し効率も向上させている事を反映して 800 mcd の高輝度となった。なお、発光ダイオードランプを 100 個実装した際に発光ダイオードの実装不良はなかった。

[0075] （実施例 2）

実施例 2 の発光ダイオードは、上記実施例 1 の発光ダイオードにおいて第 3 の電極の構成だけを変更したものである。

ここで、実施例 2 の発光ダイオードにおける第 3 の電極は、スパッタ法によって 0.2 μm の厚さのアルミニウム膜からなる反射層を形成し、その上に 0.2 μm の厚さのチタンからなるバリア層、次に、Au を 0.5 μm、AuSn（共晶：融点 283℃）を 1 μm、Au を 0.1 μm からなる接続層を形成した。その後、通常の写真リソグラフィ法により、200 μm の正方形のパターンを形成した。

[0076] 実施例 2 の発光ダイオードを実装した発光ダイオードランプ 100 個作製した。

マウント基板の表面に設けられた n 電極端子と p 電極端子とを介して n 型及び p 型オーミック電極間に電流を流したところ、主波長を 620 nm とす

る赤色光が出射された。また、順方向に20ミリアンペア（mA）の電流を通流した際の順方向電圧（V_f）は、約2.0ボルト（V）となった。また、順方向電流を20mAとした際の発光強度は、780mcdであった。なお、発光ダイオードランプを100個実装した際に発光ダイオードの実装不良はなかった。

[0077] （比較例1）

比較例1の発光ダイオードは、上記実施例1の発光ダイオードにおいて第3の電極を形成しない構成とした。また、比較例1の発光ダイオードをマウント基板に実装する際には、ダイボンドにAgペーストを用いた。なお、Agペーストの塗布量は、塗布後の厚さが約0.5μmであった。

[0078] 比較例1の発光ダイオードを実装した発光ダイオードランプ100個作製した。

マウント基板の表面に設けられたn電極端子とp電極端子とを介してn型及びp型オーミック電極間に電流を流したところ、主波長を620nmとする赤色光が出射された。また、順方向に20ミリアンペア（mA）の電流を通流した際の順方向電圧（V_f）は、約2.0ボルト（V）となった。また、順方向電流を20mAとした際の発光強度は、680mcdであった。なお、発光ダイオードランプを100個実装した際に発光ダイオードの実装不良は100個中2個であった。

[0079] （比較例2）

比較例2の発光ダイオードは、上記比較例1と同じ構成とした。また、比較例2の発光ダイオードをマウント基板に実装する際には、ダイボンドにAgペーストを用いた。なお、ダイボンドのAgペーストの量は、比較例1で用いた量の1.5倍として発光ダイオードランプ実装工程時の安定性を向上させた。

[0080] 比較例2の発光ダイオードを実装した発光ダイオードランプ100個作製した。

マウント基板の表面に設けられたn電極端子とp電極端子とを介してn型

及びp型オーミック電極間に電流を流したところ、主波長を620nmとする赤色光が出射された。また、順方向に20ミリアンペア（mA）の電流を通流した際の順方向電圧（V_f）は、約2.0ボルト（V）となった。また、順方向電流を20mAとした際の発光強度は、590mcdであった。なお、発光ダイオードランプを100個実装した際に発光ダイオードの実装不良はなかった。

[0081] （比較例3）

比較例3の発光ダイオードは、上記比較例1と同じ構成とした。また、比較例3の発光ダイオードをマウント基板に実装する際には、ダイボンドにAgペーストを用いた。なお、ダイボンドのAgペーストの量は、比較例1で用いた量の半分として発光ダイオードランプの輝度を向上させた。

[0082] 比較例3の発光ダイオードを実装した発光ダイオードランプ100個作製した。

マウント基板の表面に設けられたn電極端子とp電極端子とを介してn型及びp型オーミック電極間に電流を流したところ、主波長を620nmとする赤色光が出射された。また、順方向に20ミリアンペア（mA）の電流を通流した際の順方向電圧（V_f）は、約2.0ボルト（V）となった。また、順方向電流を20mAとした際の発光強度は、730mcdであった。なお、発光ダイオードランプを100個実装した際に発光ダイオードの実装不良は100個中6個であった。

産業上の利用可能性

[0083] 本発明の発光ダイオードは赤色、橙色、黄色或いは黄緑色等まで発光可能であり、しかも高輝度であるので各種の表示ランプとして利用できる。

符号の説明

- [0084] 1・・・発光ダイオード
2・・・化合物半導体層
3・・・透明基板
3a・・・垂直面

- 3 b . . . 傾斜面
- 4 . . . n 型オーミック電極（第 1 の電極）
- 5 . . . p 型オーミック電極（第 2 の電極）
- 6 . . . 第 3 の電極
- 7 . . . 発光部
- 8 . . . p 型 G a P 層
- 9 . . . 下部クラッド層
- 10 . . . 発光層
- 11 . . . 上部クラッド層
- 13 . . . 反射層
- 14 . . . バリア層
- 15 . . . 接続層
- 15 a . . . 金からなる層（金層）
- 15 b . . . 低融点の金属からなる層（低融点金属層）
- 16 . . . 酸化膜
- 17 . . . 半導体基板
- 18 . . . 緩衝層
- 19 . . . コンタクト層
- 41 . . . 発光ダイオードランプ
- 42 . . . マウント基板
- 43 . . . n 電極端子
- 44 . . . p 電極端子
- 45, 46 . . . 金線
- 47 . . . エポキシ樹脂
- α . . . 傾斜面と発光面に平行な面とのなす角度

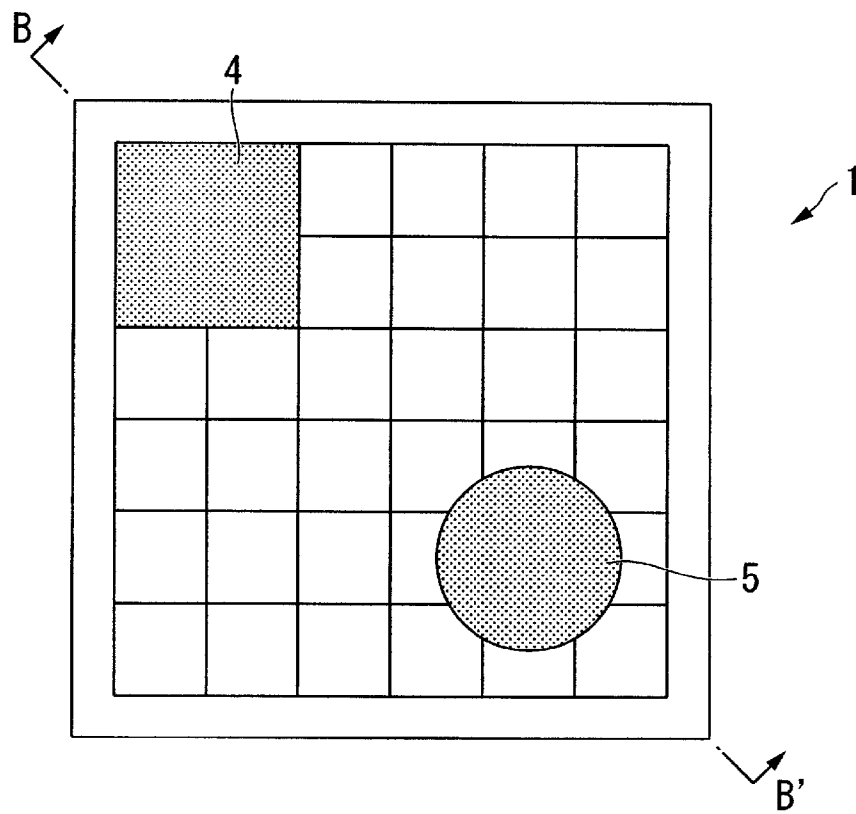
請求の範囲

- [請求項1] p n接合型の発光部を含む化合物半導体層と透明基板とが接合された発光ダイオードであって、
- 発光ダイオードの主たる光取り出し面に設けられた第1及び第2の電極と、前記透明基板の前記化合物半導体層との接合面と反対側に設けられた第3の電極とを備えることを特徴とする発光ダイオード。
- [請求項2] 前記第3の電極がショットキー電極であ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3の電極が、前記光取り出し面の発光に対する反射率が90%以上の反射層を有す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] 前記反射層が、銀、金、アルミニウム、白金、又はこれらを1以上含む金合であることを特徴とする請求項3に記載の発光ダイオード。
- [請求項5] 前記第3の電極が、前記透明基板と接する面と前記反射層との間に酸化膜を有することを特徴とする請求項3又は4に記載の発光ダイオード。
- [請求項6] 前記酸化膜が、透明導電膜であることを特徴とする請求項5に記載の発光ダイオード。
- [請求項7] 前記透明導電膜が、インジウム・錫の酸化物からなる透明導電膜（ITO）であることを特徴とする請求項6に記載の発光ダイオード。
- [請求項8] 前記第3の電極が、前記透明基板と接する面と反対側に、接続層を有することを特徴とする請求項1乃至7のいずれか一項に記載の発光ダイオード。
- [請求項9] 前記接続層が、融点400℃未満の共晶金属であることを特徴とする請求項8に記載の発光ダイオード。
- [請求項10] 前記第3の電極が、前記反射層と前記接続層との間に融点2000℃以上の高融点バリア金属を備えていることを特徴とする請求項8又は9に記載の発光ダイオード。

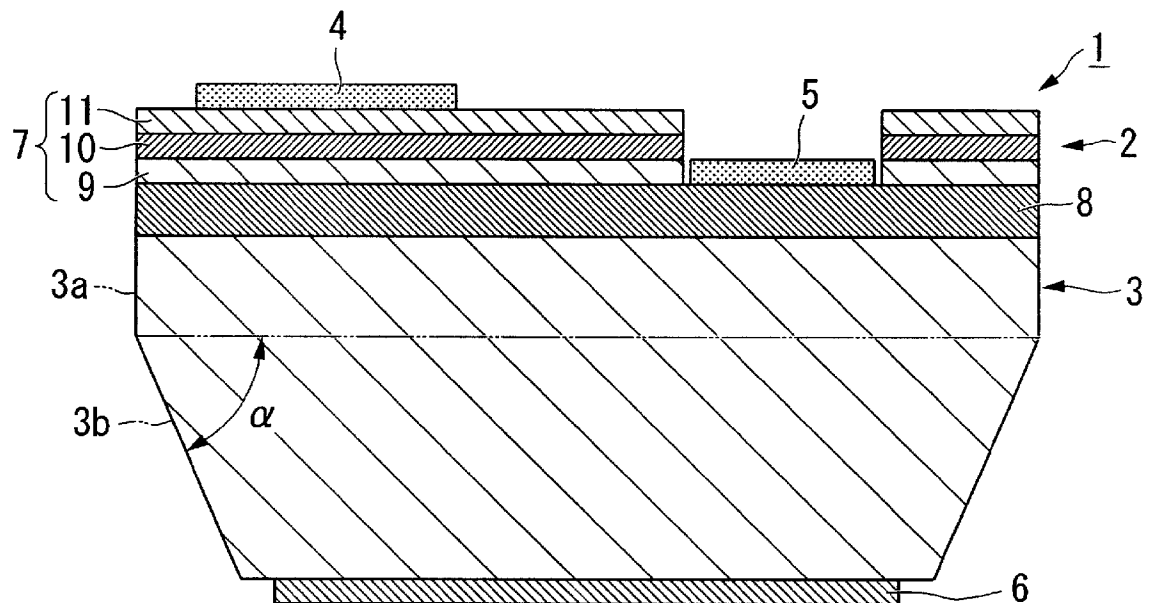
- [請求項11] 前記高融点バリア金属が、タングステン、モリブデン、チタン、白金、クロム、タンタルからなる群から選択された少なくともいずれか1つを含むことを特徴とする請求項10に記載の発光ダイオード。
- [請求項12] 前記発光部が、組成式 $(\text{Al}_x\text{Ga}_{1-x})_y\text{In}_{1-y}\text{P}$ ($0 \leq x \leq 1$, $0 < y \leq 1$) から成る発光層を含むことを特徴とする請求項1乃至11のいずれか一項に記載の発光ダイオード。
- [請求項13] 前記第1及び第2の電極がオーミック電極であることを特徴とする請求項1乃至12のいずれか一項に記載の発光ダイオード。
- [請求項14] 前記透明基板の材質がGaPであることを特徴とする請求項1乃至13のいずれか一項に記載の発光ダイオード。
- [請求項15] 前記透明基板の側面が、前記化合物半導体層に近い側において前記光取り出し面に対して略垂直である垂直面と、前記化合物半導体層に遠い側において前記光取り出し面に対して内側に傾斜した傾斜面とを有することを特徴とする請求項1乃至14のいずれか一項に記載の発光ダイオード。
- [請求項16] 前記化合物半導体層と前記透明基板との間に、当該透明基板よりも高い抵抗を有する高抵抗層が設けられていることを特徴とする請求項1乃至15のいずれか一項に記載の発光ダイオード。
- [請求項17] 請求項1乃至16のいずれか一項に記載の発光ダイオードを備え、
前記発光ダイオードの前記発光部の上方に設けられた前記第1又は第2の電極と前記第3の電極とが、略同電位に接続されていることを特徴とする発光ダイオードランプ。

A cross-sectional view of a semiconductor device 41. The device features a substrate 42 with a top layer 43. A central region contains a structure 44, which includes a layer 45 and a layer 46. A layer 47 is positioned above the central region. A layer 48 is located below the central region. A layer 49 is positioned above the layer 47. A layer 50 is located below the layer 48. A layer 51 is positioned above the layer 49. A layer 52 is located below the layer 50. A layer 53 is positioned above the layer 51. A layer 54 is located below the layer 52. A layer 55 is positioned above the layer 53. A layer 56 is located below the layer 54. A layer 57 is positioned above the layer 55. A layer 58 is located below the layer 56. A layer 59 is positioned above the layer 57. A layer 60 is located below the layer 58. A layer 61 is positioned above the layer 59. A layer 62 is located below the layer 60. A layer 63 is positioned above the layer 61. A layer 64 is located below the layer 62. A layer 65 is positioned above the layer 63. A layer 66 is located below the layer 64. A layer 67 is positioned above the layer 65. A layer 68 is located below the layer 66. A layer 69 is positioned above the layer 67. A layer 70 is located below the layer 68. A layer 71 is positioned above the layer 69. A layer 72 is located below the layer 70. A layer 73 is positioned above the layer 71. A layer 74 is located below the layer 72. A layer 75 is positioned above the layer 73. A layer 76 is located below the layer 74. A layer 77 is positioned above the layer 75. A layer 78 is located below the layer 76. A layer 79 is positioned above the layer 77. A layer 80 is located below the layer 78. A layer 81 is positioned above the layer 79. A layer 82 is located below the layer 80. A layer 83 is positioned above the layer 81. A layer 84 is located below the layer 82. A layer 85 is positioned above the layer 83. A layer 86 is located below the layer 84. A layer 87 is positioned above the layer 85. A layer 88 is located below the layer 86. A layer 89 is positioned above the layer 87. A layer 90 is located below the layer 88. A layer 91 is positioned above the layer 89. A layer 92 is located below the layer 90. A layer 93 is positioned above the layer 91. A layer 94 is located below the layer 92. A layer 95 is positioned above the layer 93. A layer 96 is located below the layer 94. A layer 97 is positioned above the layer 95. A layer 98 is located below the layer 96. A layer 99 is positioned above the layer 97. A layer 100 is located below the layer 98.

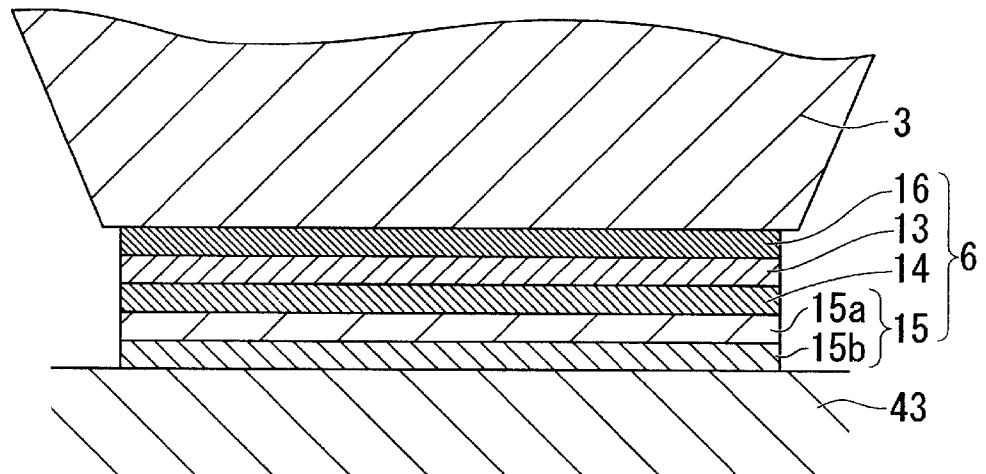
[図3]



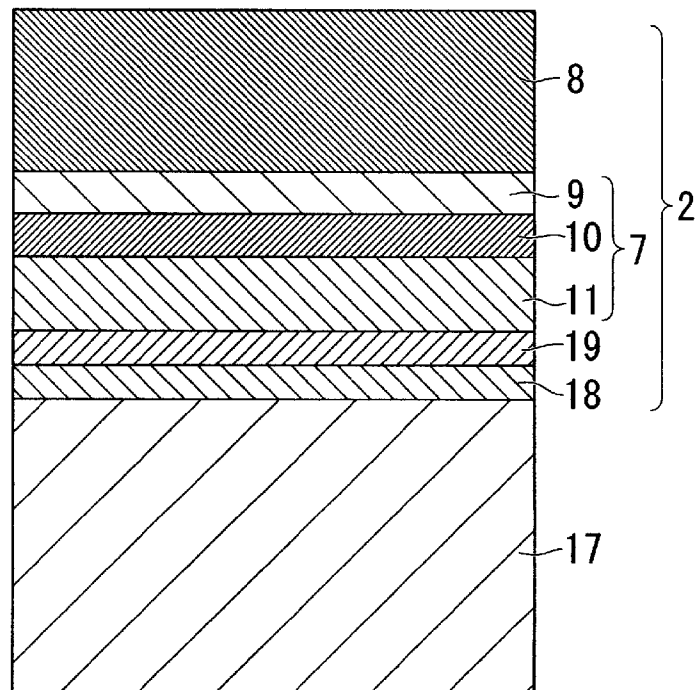
[図4]



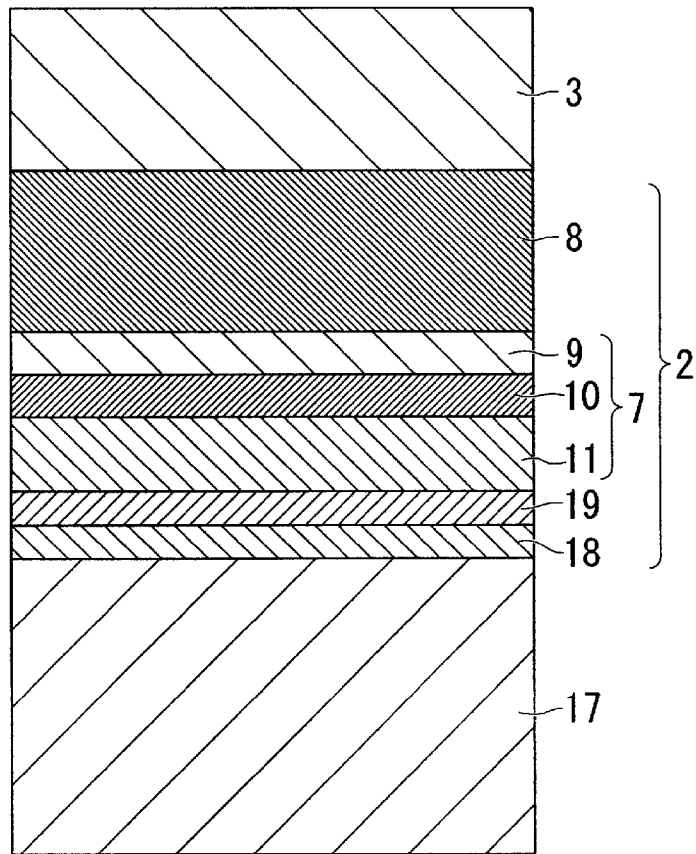
[図5]



[図6]



[図7]



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2010/000193

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

H01L33/36(2010.01)i, H01L33/10(2010.01)i, H01L33/20(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

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 Y	JP 2009-021349 A (Rohm Co., Ltd.), 29 January 2009 (29.01.2009), paragraphs [0061] to [0070]; fig. 7 (Family: none)	1-4, 13 5-12, 14-16
X Y	JP 2007-208221 A (Hitachi Cable, Ltd.), 16 August 2007 (16.08.2007), paragraphs [0015] to [0019]; fig. 1 (Family: none)	1, 3, 4, 13, 17 5-12, 14-16
Y	JP 2008-300621 A (Nichia Chemical Industries, Ltd.), 11 December 2008 (11.12.2008), paragraph [0046] (Family: none)	5-7

☒ 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
25 February, 2010 (25.02.10)Date of mailing of the international search report
09 March, 2010 (09.03.10)Name and mailing address of the ISA/
Japanese Patent Office

Authorized officer

Facsimile No.

Telephone No.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2010/000193

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 2008-282930 A (Toyoda Gosei Co., Ltd.), 20 November 2008 (20.11.2008), paragraphs [0047] to [0048], [0056] (Family: none)	8-11
Y	JP 2006-253298 A (Toshiba Corp.), 21 September 2006 (21.09.2006), paragraphs [0022] to [0034], [0047]; fig. 3, 4, 13 & US 2006/0202219 A1	12, 14, 15
Y	JP 2006-191103 A (Samsung Electro-Mechanics Co., Ltd.), 20 July 2006 (20.07.2006), fig. 5 & US 2006/0145170 A1 & KR 10-2006-0079737 A	12, 14, 15
Y	JP 2006-253361 A (Oki Data Corp.), 21 September 2006 (21.09.2006), paragraph [0004] (Family: none)	16
A	JP 2003-338637 A (Toshiba Corp.), 28 November 2003 (28.11.2003), fig. 12 & US 2006/0145171 A1 & US 7038245 B2 & EP 1345276 A2 & TW 236772 B & CN 1445869 A	1-17

A. 発明の属する分野の分類（国際特許分類（I P C））

Int.Cl. H01L33/36(2010.01)i, H01L33/10(2010.01)i, H01L33/20(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

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 Y	JP 2009-021349 A（ローム株式会社）2009.01.29, 段落[0061]-[0070], 図7 (ファミリーなし)	1-4, 13 5-12, 14-16
X Y	JP 2007-208221 A（日立電線株式会社）2007.08.16, 段落[0015]-[0019], 図1 (ファミリーなし)	1, 3, 4, 13, 17 5-12, 14-16

☒ 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

2 5 . 0 2 . 2 0 1 0

国際調査報告の発送日

0 9 . 0 3 . 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100-8915

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）

小林 和幸

2 K

3 4 9 7

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
Y	JP 2008-300621 A (日亜化学工業株式会社) 2008. 12. 11, 段落[0046] (ファミリーなし)	5-7
Y	JP 2008-282930 A (豊田合成株式会社) 2008. 11. 20, 段落[0047]-[0048], [0056] (ファミリーなし)	8-11
Y	JP 2006-253298 A (株式会社東芝) 2006. 09. 21, 段落[0022]-[0034], [0047], 図 3, 4, 13 & US 2006/0202219 A1	12, 14, 15
Y	JP 2006-191103 A (三星電機株式会社) 2006. 07. 20, 図 5 & US 2006/0145170 A1 & KR 10-2006-0079737 A	12, 14, 15
Y	JP 2006-253361 A (株式会社沖データ) 2006. 09. 21, 段落[0004] (ファミリーなし)	16
A	JP 2003-338637 A (株式会社東芝) 2003. 11. 28, 図 12 & US 2006/0145171 A1 & US 7038245 B2 & EP 1345276 A2 & TW 236772 B & CN 1445869 A	1-17