(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 7 月 1 日(01.07.2010)

PCT

(10) 国際公開番号
WO 2010/073539 A1

(51) 国際特許分類:
H01L 33/36 (2010.01)

(21) 国際出願番号: PCT/JP2009/006886

(22) 国際出願日: 2009 年 12 月 15 日(15.12.2009)

(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 2008-329977 2008 年 12 月 25 日(25.12.2008) 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１３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): 岡部健彦 (OKABE, Takehiko) [JP/JP]; 〒2900067 千葉県市原市八幡海岸通５番の１　昭和電工株式会社内 Chiba (JP). 平岩大介(HIRAIWA, Daisuke) [JP/JP]; 〒2900067 千葉県市原市八幡海岸通５番の１　昭和電工株式会社内 Chiba (JP). 大庭玲美(OHBA, Remi) [JP/JP]; 〒2900067 千葉県市原市八幡海岸通５番の１　昭和電工株式会社内 Chiba (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, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, ZA, ZM, ZW.

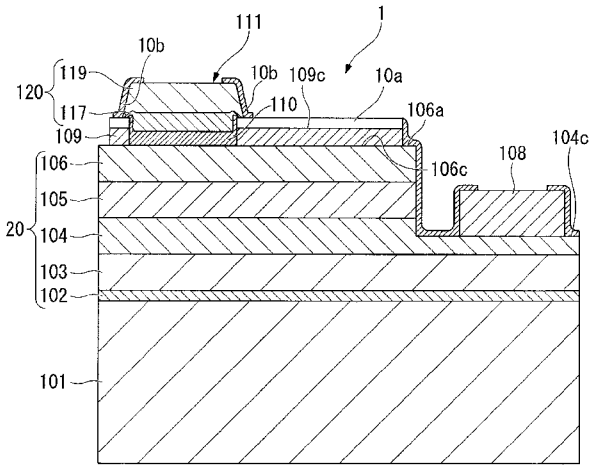
(84) 指定国 (表示のない限り、全ての種類の広域保護が可能): ARIPO (BW, GH, GM, KE, LS, MW, MZ, NA, SD, SL, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), ユーラシア (AM, AZ, BY, KG, KZ, MD, RU, TJ, TM), ヨーロッパ (AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, LV, MC, MK, MT, NL, NO, PL, PT, RO, SE, SI, SK, SM, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

[続葉有]

(54) **Title**: SEMICONDUCTOR LIGHT EMITTING ELEMENT, METHOD FOR MANUFACTURING SEMICONDUCTOR LIGHT EMITTING ELEMENT, AND LAMP

(54) 発明の名称 : 半導体発光素子及び半導体発光素子の製造方法、ランプ

[図1]



(57) **Abstract**: A semiconductor light emitting element (1) is provided with: a substrate (101); a multilayer semiconductor layer (20) formed on the substrate (101) and including a light emitting layer; a first electrode (111) formed on an upper surface (106c) of the multilayer semiconductor layer (20); and a second electrode (108) formed on a partially cut away exposed surface (104c) of the multilayer semiconductor layer (20). The first electrode (111) is provided with: a transparent electrode (109) having a hole section (109a) from which the upper surface (106c) of the multilayer semiconductor layer (20) is exposed; a bonding layer (110) formed on a bottom surface (109b) and an inner wall (109d) of the hole section (109a); and a bonding pad electrode (120) formed so as to cover the bonding layer (110).

(57) 要約:

[続葉有]

WO 2010/073539 A1

添付公開書類:

— 国際調査報告（条約第 21 条(3)）

本発明の半導体発光素子（１）は、基板（１０１）と、前記基板（１０１）上に形成された、発光層を含む積層半導体層（２０）と、積層半導体層（２０）の上面（１０６ｃ）に形成された第１の電極（１１１）と、積層半導体層（２０）の一部が切り欠けられてなる露出面（１０４ｃ）上に形成された第２の電極（１０８）とを具備する半導体発光素子であって、第１の電極（１１１）が、積層半導体層（２０）の上面（１０６ｃ）が露出される穴部（１０９ａ）を有する透明電極（１０９）と、穴部（１０９ａ）の底面（１０９ｂ）上および内壁（１０９ｄ）上に形成された接合層（１１０）と、接合層（１１０）を覆うように形成されたボンディングパッド電極（１２０）とを備える。

明　細　書

発明の名称 ：

半導体発光素子及び半導体発光素子の製造方法、ランプ

技術分野

[0001] 本発明は、半導体発光素子及び半導体発光素子の製造方法、ランプに関するものであり、特に、電極の接合性に優れているとともに光取り出し性に優れた半導体発光素子及びその製造方法、これを備えたランプに関するものである。

本願は、２００８年１２月２５日に、日本に出願された特願２００８－３２９９７７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] 近年、短波長光発光素子用の半導体材料として、ＧａＮ系化合物半導体が注目を集めている。一般に、ＧａＮ系化合物半導体は、サファイア単結晶や種々の酸化物、ＩＩＩ－Ｖ族化合物などからなる基板上に、有機金属気相化学反応法（ＭＯＣＶＤ法）や分子線エピタキシー法（ＭＢＥ法）等の薄膜形成手段を用いて形成される。

[0003] ＧａＮ系化合物半導体からなる薄膜は、薄膜の面内方向への電流拡散が小さいという特性がある。さらに、ｐ型のＧａＮ系化合物半導体は、ｎ型のＧａＮ系化合物半導体に比べて抵抗率が高いという特性がある。そのため、ｐ型のＧａＮ系化合物半導体の表面に金属からなるｐ型電極を積層しただけでは、ｐ型半導体層の面内方向への電流の広がりがほとんど無い。したがって、例えば、ＧａＮ系化合物半導体を用いた半導体発光素子として、ｎ型半導体層、発光層、ｐ型半導体層からなるＬＥＤ構造を有する積層半導体層を形成し、最上部のｐ型半導体層上にｐ型電極を形成した場合、発光層のうちｐ型電極の直下に位置する部分に配置された発光層しか発光しない。

[0004] ｐ型電極の直下で発生した発光を半導体発光素子の外部に取り出す方法としては、ｐ型電極として透明なものを用い、ｐ型電極の直下で発生した光を

ｐ型電極に透過させて半導体発光素子の外部に光を取り出す方法が挙げられる。透明なｐ型電極としては、ＩＴＯ等の金属酸化物を用いる方法や、数１０ｎｍ程度の金属薄膜を用いる方法が知られている。

例えば、特許文献１には、数１０ｎｍ程度の金属薄膜を用いる方法が開示されている。しかし、ＩＴＯ等の金属酸化物からなる透明電極や、数１０ｎｍ程度の金属薄膜からなるオーミック電極は、電極自体の強度が低いという問題があった。

[0005] また、電極自体の強度を向上させるために、ＩＴＯ等の金属酸化物からなる透明電極や、数１０ｎｍ程度の金属薄膜からなるｐ型電極上に、ある程度の厚みを有する金属材料からなるボンディングパッド電極を配置した例がある。しかし、ボンディングパッド電極は、透明ではなく光を遮るものであるため、半導体発光素子の外部に光を取り出せないという問題があった。

[0006] この問題を解消するために、例えば、特許文献２には、Ａｇ、ＡＩ等の反射膜からなるボンディングパッド電極をｐ型電極上に積層する方法が開示されている。ボンディングパッド電極を反射膜から構成することにより、ｐ型電極を透過した光をボンディングパッド電極によって発光素子内に反射させて、ボンディングパッド電極の形成領域以外の箇所から光を外部に取り出すことができるものとなる。

先行技術文献

特許文献

[0007] 特許文献1：特許第２８０３７４２号公報

特許文献2：特開２００６－６６９０３号公報

発明の概要

発明が解決しようとする課題

[0008] しかしながら、ＩＴＯ等の金属酸化物からなる透明電極上に、Ａｇ、ＡＩ等の反射膜からなるボンディングパッド電極を設けた場合、ボンディングパッド電極にボンディングワイヤを接合する時の引張応力によって、透明電極

からボンディングパッド電極が剥がれてしまう場合があった。そして、透明電極からボンディングパッド電極が剥離することにより、これを用いたランプを製造する場合における歩留まりを低下させてしまう問題があった。

[0009] 本発明は、上記事情を鑑みてなされたものであって、電極の接合性に優れている半導体発光素子、およびその製造方法、これを用いた光取り出し性に優れ、歩留まりよく製造できる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

[0010] 上記の目的を達成するために、本発明は以下の構成を採用した。

（１）基板と、

前記基板上に形成された、発光層を含む積層半導体層と、

前記積層半導体層の上面に形成された第１の電極と、

前記積層半導体層の一部が切り欠けられてなる露出面上に形成された第２の電極とを具備する半導体発光素子であって、

前記第１の電極が、前記積層半導体層の上面が露出される穴部を有する透明電極と、前記穴部の底面上および内壁上に形成された接合層と、前記接合層を覆うように形成されたボンディングパッド電極とを備えている半導体発光素子。

[0011] （２）前記積層半導体層と前記接合層との接合抵抗率が、前記透明電極と前記接合層との接合抵抗率よりも大きい（１）に記載の半導体発光素子。

[0012] （３）前記接合層が、Ａｌ、Ｔｉ、Ｖ、Ｃｒ、Ｍｎ、Ｃｏ、Ｚｎ、Ｇｅ、Ｚｒ、Ｎｂ、Ｍｏ、Ｒｕ、Ｈｆ、Ｔａ、Ｗ、Ｒｅ、Ｒｈ、Ｉｒ、Ｎｉからなる群より選ばれた少なくとも一種の元素からなり（made of）、最大厚みが１０Å以上４００Å以下の範囲の薄膜である（１）または（２）に記載の半導体発光素子。

[0013] （４）前記ボンディングパッド電極が、Ａｕ、Ａｌまたはこれらの金属の何れかを含む合金からなるボンディング層を含む（１）～（３）のいずれかに記載の半導体発光素子。

（５）前記ボンディングパッド電極が、前記接合層を覆うように形成された

金属反射層と、前記金属反射層を覆うように形成されたボンディング層とからなり、前記金属反射層が、Ａｇ、Ａｌ、Ｒｕ、Ｒｈ、Ｐｄ、Ｏｓ、Ｉｒ、Ｐｔ、Ｔｉからなる群より選ばれた何れかまたはこれら金属の何れかを含む合金からなる（４）に記載の半導体発光素子。

[0014] （６）前記透明電極が、Ｉｎ、Ｚｎ、Ａｌ、Ｇａ、Ｔｉ、Ｂｉ、Ｍｇ、Ｗ、Ｃｅ、Ｓｎ、Ｎｉからなる群より選ばれたいずれか一種を含む導電性の酸化物、硫化亜鉛または硫化クロムからなる透明な導電性材料から構成される（１）～（５）のいずれかに記載の半導体発光素子。

（７）前記積層半導体層が、窒化ガリウム系半導体を主体として構成されている（１）～（６）のいずれかに記載の半導体発光素子。

[0015] （８）前記積層半導体層が、前記基板側からｎ型半導体層、発光層、ｐ型半導体層の順に積層されてなり、前記発光層が多重量子井戸構造である（１）～（７）のいずれかに記載の半導体発光素子。

[0016] （９）（１）～（８）のいずれか１項に記載の半導体発光素子と、

前記半導体発光素子が配置されるとともに前記半導体発光素子の第１の電極とワイヤボンディングされる第１フレームと、

前記半導体発光素子の第２の電極とワイヤボンディングされる第２フレームと、前記半導体発光素子を取り囲んで形成されるモールドとを備えたランプ。

[0017] （１０）基板と、前記基板上に形成された発光層を含む積層半導体層と、前記積層半導体層の上面に形成された第１の電極と、前記積層半導体層の一部が切り欠けられてなる露出面上に形成された第２の電極とを具備する半導体発光素子の製造方法であって、

前記第１の電極を製造する工程が、前記積層半導体層の上面に透明電極を形成する工程と、

前記透明電極に、前記積層半導体層の上面が露出される穴部を形成する工程と、

前記穴部の底面上および内壁上に接合層を形成する工程と、

前記接合層を覆うようにボンディングパッド電極を形成する工程とを備える半導体発光素子の製造方法。

（１１）（９）に記載のランプが組み込まれている電子機器。

（１２）（１１）に記載の電子機器が組み込まれている機械装置。

発明の効果

[0018] 本発明の半導体発光素子においては、透明電極の穴部内に接合層が埋め込まれるように形成されることにより透明電極および積層半導体層と接合層との間で高い接合力が得られる。また、ボンディングパッド電極が接合層を覆うように形成されていることにより接合層とボンディングパッド電極との間で高い接合力が得られる。従って、透明電極および積層半導体層とボンディングパッド電極との間で十分に高い接合力が得られ、優れた接合性を有する第１の電極を備えた半導体発光素子が得られる。

[0019] また、本発明のランプは、優れた接合性を有する電極を備えた本発明の半導体発光素子を備えたものであるので、歩留まりよく製造できる。

[0020] また、本発明の半導体発光素子の製造方法は、第１の電極を製造する工程が、積層半導体層の上面に透明電極を形成する工程と、前記透明電極に、前記積層半導体層の上面が露出される穴部を形成する工程と、前記穴部の底面上および内壁上に接合層を形成する工程と、前記接合層を覆うようにボンディングパッド電極を形成する工程とを備えているので、接合性に優れた第１の電極を有する本発明の半導体発光素子を容易に製造できる。

図面の簡単な説明

[0021] [図1]図１は本発明の半導体発光素子の一例を示した図であって、半導体発光素子の断面模式図である。

[図2]図２は図１に示す半導体発光素子の平面模式図である。

[図3]図３は図１に示す半導体発光素子を構成する積層半導体層の拡大断面模式図である。

[図4]図４は図１に示す半導体発光素子を構成するｐ型電極の拡大断面模式図である。

[図5A]図５Ａは、ｐ型電極を製造する工程を説明するための工程図であり、ｐ型電極の製造される領域の一部のみを拡大して示した拡大断面図である。

[図5B]図５Ｂは、ｐ型電極を製造する工程を説明するための工程図であり、ｐ型電極の製造される領域の一部のみを拡大して示した拡大断面図である。

[図5C]図５Ｃは、ｐ型電極を製造する工程を説明するための工程図であり、ｐ型電極の製造される領域の一部のみを拡大して示した拡大断面図である。

[図5D]図５Ｄは、ｐ型電極を製造する工程を説明するための工程図であり、ｐ型電極の製造される領域の一部のみを拡大して示した拡大断面図である。

[図5E]図５Ｅは、ｐ型電極を製造する工程を説明するための工程図であり、ｐ型電極の製造される領域の一部のみを拡大して示した拡大断面図である。

[図6A]図６Ａは、図５Ｂに示すマスクの製造工程について説明するための工程図であり、１つのｐ型電極の形成される領域のみを示した拡大断面図である。

[図6B]図６Ｂは、図５Ｂに示すマスクの製造工程について説明するための工程図であり、１つのｐ型電極の形成される領域のみを示した拡大断面図である。

[図6C]図６Ｃは、図５Ｂに示すマスクの製造工程について説明するための工程図であり、１つのｐ型電極の形成される領域のみを示した拡大断面図である。

[図6D]図６Ｄは、図５Ｂに示すマスクの製造工程について説明するための工程図であり、１つのｐ型電極の形成される領域のみを示した拡大断面図である。

[図7]図７は、本発明の半導体発光素子の他の例を示した図であって、半導体発光素子を構成するｐ型電極の拡大断面模式図である。

[図8]図８は、本発明の半導体発光素子の他の例を示した図であって、半導体発光素子の断面模式図である。

[図9A]図９Ａは、ｐ型電極を製造する工程を説明するための工程図であり、ｐ型電極の製造される領域の一部のみを拡大して示した拡大断面図である。

[図9B]図９Ｂは、ｐ型電極を製造する工程を説明するための工程図であり、ｐ型電極の製造される領域の一部のみを拡大して示した拡大断面図である。

[図9C]図９Ｃは、ｐ型電極を製造する工程を説明するための工程図であり、ｐ型電極の製造される領域の一部のみを拡大して示した拡大断面図である。

[図9D]図９Ｄは、ｐ型電極を製造する工程を説明するための工程図であり、ｐ型電極の製造される領域の一部のみを拡大して示した拡大断面図である。

[図9E]図９Ｅは、ｐ型電極を製造する工程を説明するための工程図であり、ｐ型電極の製造される領域の一部のみを拡大して示した拡大断面図である。

[図10]図１０は、本発明のランプの一例を示す断面概略図である。

[図11]図１１は、本発明の半導体発光素子の効果を説明するための図であって、ｐ型電極の拡大断面模式図である。

発明を実施するための形態

[0022] 以下、本発明を、図面を用いて詳細に説明する。なお、以下の説明において参照する図面に図示される各部の大きさや厚さや寸法等は、実際の半導体発光素子等の寸法関係とは異なっている場合がある。

[0023] （実施形態１：半導体発光素子）

図１～図４は、本発明の半導体発光素子の一例を示した図であって、図１は半導体発光素子の断面模式図であり、図２は図１に示す半導体発光素子の平面模式図であり、図３は図１に示す半導体発光素子を構成する積層半導体層の拡大断面模式図であり、図４は図１に示す半導体発光素子を構成するｐ型電極の拡大断面模式図である。

本実施形態の半導体発光素子１は、図１に示すように、基板１０１と、基板１０１上に形成された積層半導体層２０と、積層半導体層２０の上面１０６ｃに形成されたｐ型電極１１１（第１の電極）と、積層半導体層２０の一部が切り欠けられてなる露出面１０４ｃ上に形成されたｎ型電極１０８（第２の電極）とを備えている。

[0024] 図１に示すように、積層半導体層２０は、基板１０１側から、ｎ型半導体層１０４、発光層１０５、ｐ型半導体層１０６がこの順に積層されているも

のである。そして、本実施形態の半導体発光素子１では、ｐ型電極１１１とｎ型電極１０８との間に電圧を印加して電流を通じることで、発光層１０５から発光が得られる構成とされている。また、本実施形態の半導体発光素子１は、ｐ型電極１１１の形成された側から光を取り出すフェイスアップマウント型の発光素子である。

[0025] ＜基板＞

基板１０１としては、ＩＩＩ族窒化物半導体結晶が表面にエピタキシャル成長される基板であれば、特に限定されず、各種の基板を選択して用いることができる。例えば、サファイア、ＳｉＣ、シリコン、酸化亜鉛、酸化マグネシウム、酸化マンガン、酸化ジルコニウム、酸化マンガン亜鉛鉄、酸化マグネシウムアルミニウム、ホウ化ジルコニウム、酸化ガリウム、酸化インジウム、酸化リチウムガリウム、酸化リチウムアルミニウム、酸化ネオジウムガリウム、酸化ランタンストロンチウムアルミニウムタンタル、酸化ストロンチウムチタン、酸化チタン、ハフニウム、タングステン、モリブデン等からなる基板を用いることができる。上記基板の中でも、特に、ｃ面を主面とするサファイア基板を用いることが好ましい。

なお、上記基板の内、高温でアンモニアに接触することで化学的な変性を引き起こす酸化物基板や金属基板等を用いた場合、アンモニアを使用せずにバッファ層１０２を成膜することができ、好ましい。

[0026] ＜積層半導体層＞

本実施形態の半導体発光素子１の積層半導体層２０は、ＩＩＩ族窒化物半導体からなり、図１に示すように、基板１０１上に、バッファ層１０２、下地層１０３、ｎ型半導体層１０４、発光層１０５及びｐ型半導体層１０６の各層がこの順で積層されてなるものである。ｎ型半導体層１０４、発光層１０５及びｐ型半導体層１０６の各層は、図３に示すように、それぞれ複数の半導体層から構成されている。

[0027] ＜バッファ層＞

バッファ層１０２は、基板１０１と下地層１０３との格子定数の違いを緩

和し、基板１０１の（０００１）Ｃ面上にＣ軸配向した単結晶層の形成を容易にする働きがある。なお、本発明においては、バッファ層１０２を形成することが好ましいが、バッファ層１０２がなくても良い。

バッファ層１０２の厚みは、例えば、０．０１～０．５μｍとすることができる。バッファ層１０２の厚みが０．０１μｍ未満であると、バッファ層１０２による基板１０１と下地層１０３との格子定数の違い緩和する効果が十分に得られない場合がある。また、バッファ層１０２の厚みが０．５μｍを超えると、バッファ層１０２としての機能には変化が無いのにも関わらず、バッファ層１０２の成膜処理時間が長くなり、生産性が低下する虞がある。

[0028] バッファ層１０２は、ＩＩＩ族窒化物半導体からなり、多結晶のＡｌｘＧａ１－ｘＮ（０≦ｘ≦１）や、単結晶のＡｌｘＧａ１－ｘＮ（０≦ｘ≦１）からなることが好ましい。バッファ層１０２をなすＩＩＩ族窒化物半導体の結晶は、多結晶構造を有してもよいし、単結晶構造を有してもよい。ＩＩＩ族窒化物半導体の結晶は、成長条件を制御することにより、上方向だけでなく、面内方向にも成長して単結晶構造を形成する。このため、バッファ層１０２の成膜条件を制御することにより、単結晶構造のＩＩＩ族窒化物半導体の結晶からなるバッファ層１０２とすることができる。このような単結晶構造を有するバッファ層１０２を基板１０１上に成膜した場合、バッファ層１０２のバッファ機能が有効に作用するため、その上に成膜されたＩＩＩ族窒化物半導体は良好な配向性及び結晶性を有する結晶膜となる。

また、バッファ層１０２は、ＩＩＩ族窒化物半導体からなる六方晶系の結晶構造を持ってもよい。また、バッファ層１０２をなすＩＩＩ族窒化物半導体の結晶は、成膜条件をコントロールすることにより、六角柱を基本とした集合組織からなる柱状結晶（多結晶）とすることも可能である。なお、ここでの集合組織からなる柱状結晶とは、隣接する結晶粒との間に結晶粒界を形成して隔てられており、それ自体は縦断面形状として柱状になっている結晶のことをいう。

[0029] また、バッファ層１０２は、ＭＯＣＶＤ法で形成することができるが、スパッタ法により形成してもよい。バッファ層１０２をスパッタ法により形成した場合、バッファ層１０２の形成時における基板１０１の温度を低く抑えることが可能なので、高温で分解してしまう性質を持つ材料からなる基板１０１を用いた場合でも、基板１０１にダメージを与えることなく基板１０１上への各層の成膜が可能となり、好ましい。

[0030] ＜下地層＞

バッファ層１０２の上に単結晶の下地層１０３を積層すると、より一層結晶性の良い下地層１０３が積層できる。下地層１０３としては、ＡｌｘＧａｙＩｎｚＮ（０≦ｘ≦１、０≦ｙ≦１、０≦ｚ≦１、ｘ＋ｙ＋ｚ＝１）が挙げられるが、ＡｌｘＧａ１－ｘＮ（０≦ｘ＜１）を用いると結晶性の良い下地層１０３を形成できるため好ましい。

下地層１０３の膜厚は０．１μｍ以上が好ましく、より好ましくは０．５μｍ以上であり、１μｍ以上が最も好ましい。この膜厚以上にした方が結晶性の良好なＡｌｘＧａ１－ｘＮ層が得られやすい。

下地層１０３の結晶性を良くするためには、下地層１０３は不純物をドーピングしない方が望ましい。しかし、ｐ型あるいはｎ型の導電性が必要な場合は、アクセプター不純物あるいはドナー不純物を添加することが出来る。

[0031] ＜ｎ型半導体層＞

図３に示すように、ｎ型半導体層１０４は、ｎコンタクト層１０４ａとｎクラッド層１０４ｂとから構成されるのが好ましい。なお、ｎコンタクト層１０４ａはｎクラッド層１０４ｂを兼ねることも可能である。

ｎコンタクト層１０４ａは、ｎ型電極１０８を設けるための層である。ｎコンタクト層１０４ａとしては、ＡｌｘＧａ１－ｘＮ層（０≦ｘ＜１、好ましくは０≦ｘ≦０．５、さらに好ましくは０≦ｘ≦０．１）から構成されることが好ましい。

[0032] また、ｎコンタクト層１０４ａには、ｎ型不純物がドープされていることが好ましく、ｎ型不純物を１×１０^{17}～１×１０^{20}／ｃｍ^{3}、好ましくは１×

10^{18}～1×10^{19}／cm^3の濃度で含有すると、ｎ型電極１０８との良好なオーミック接触の維持の点で有利である。ｎ型不純物としては、特に限定されないが、例えば、Ｓｉ、ＧｅおよびＳｎ等が挙げられ、好ましくはＳｉおよびＧｅが挙げられる。

ｎコンタクト層１０４ａの膜厚は、０．５～５μｍとされることが好ましく、１～３μｍの範囲に設定することがより好ましい。ｎコンタクト層１０４ａの膜厚が上記範囲にあると、半導体の結晶性が良好に維持される。

[0033] ｎクラッド層１０４ｂは、発光層１０５へのキャリアの注入とキャリアの閉じ込めを行なう層である。ｎクラッド層１０４ｂは、ＡｌＧａＮ、ＧａＮ、ＧａＩｎＮなどで形成することが可能である。また、これらの構造のヘテロ接合や複数回積層した超格子構造としてもよい。ｎクラッド層１０４ｂをＧａＩｎＮで形成する場合には、発光層１０５のＧａＩｎＮのバンドギャップよりも大きくすることが望ましいことは言うまでもない。

ｎクラッド層１０４ｂの膜厚は、特に限定されないが、好ましくは０．００５～０．５μｍであり、より好ましくは０．００５～０．１μｍである。ｎクラッド層１０４ｂのｎ型ドープ濃度は1×10^{17}～1×10^{20}／cm^3であることが好ましく、より好ましくは1×10^{18}～1×10^{19}／cm^3である。ドープ濃度がこの範囲であると、良好な結晶性の維持および素子の動作電圧低減の点で有利である。

[0034] なお、ｎクラッド層１０４ｂが、超格子構造を含む層である場合には、１００オングストローム以下の膜厚を有するＩＩＩ族窒化物半導体からなるｎ側第１層と、該ｎ側第１層と組成が異なるとともに１００オングストローム以下の膜厚を有するＩＩＩ族窒化物半導体からなるｎ側第２層とが積層された構造を含んでも良い。また、ｎクラッド層１０４ｂは、ｎ側第１層とｎ側第２層とが交互に繰返し積層された構造を含んでもよい。また、好ましくは、前記ｎ側第１層又はｎ側第２層の何れかが、活性層（発光層１０５）に接する構成とする。

[0035] ｎ側第１層及びｎ側第２層は、例えばＡｌを含むＡｌＧａＮ系（単にＡｌ

ＧａＮと記載することがある）、Ｉｎを含むＧａＩｎＮ系（単にＧａＩｎＮと記載することがある）、ＧａＮの組成とすることができる。また、ｎ側第１層及びｎ側第２層は、ＧａＩｎＮ／ＧａＮの交互構造、ＡｌＧａＮ／ＧａＮの交互構造、ＧａＩｎＮ／ＡｌＧａＮの交互構造、組成の異なるＧａＩｎＮ／ＧａＩｎＮの交互構造（ここでの「組成の異なる」との説明は、各元素組成比が異なることを指す。以下同様である。）、組成の異なるＡｌＧａＮ／ＡｌＧａＮの交互構造であってもよい。

[0036] ｎ側第１層及びｎ側第２層の超格子層は、それぞれ６０オングストローム以下であることが好ましく、それぞれ４０オングストローム以下であることがより好ましく、それぞれ１０オンストローム～４０オングストロームの範囲であることが最も好ましい。超格子層を形成するｎ側第１層とｎ側第２層の膜厚が１００オングストロームを超えると、結晶欠陥が入りやすくなり、好ましくない。

[0037] また、ｎ側第１層及びｎ側第２層は、それぞれドープした構造であってもよく、ドープ構造／未ドープ構造の組み合わせであってもよい。ドープされる不純物としては、上記材料組成に対して従来公知のものを、何ら制限無く適用できる。例えば、ｎクラッド層１０４ｂとして、ＧａＩｎＮ／ＧａＮの交互構造又は組成の異なるＧａＩｎＮ／ＧａＩｎＮの交互構造のものを用いた場合には、不純物としてＳｉが好適である。なお、上記の超格子構造を構成するｎ側第１層及びｎ側第２層は、組成が同じ材料に、ドーピングを適宜ＯＮ、ＯＦＦしながら施すことにより、作製されてもよい。

[0038] ＜発光層＞

発光層１０５は、図３に示すように、多重量子井戸構造を有している。図３に示す発光層１０５の多重量子井戸構造では、Ｇａ１－ｙＩｎｙＮ（０＜ｙ＜０．４）を井戸層１０５ｂとし、井戸層１０５ｂよりバンドギャップエネルギーが大きいＡｌｚＧａ１－ｚＮ（０≦ｚ＜０．３）を障壁層１０５ａとしている。井戸層１０５ｂおよび障壁層１０５ａには、不純物がドープされていてもよいし、されていなくてもよい。井戸層１０５ｂの膜厚は、量子

効果の得られる程度の膜厚、例えば１～１０ｎｍとすることができ、発光出力の点で好ましくは２～６ｎｍとされる。なお、発光層１０５は、多重量子井戸構造であってもよいが、単一量子井戸構造であってもよい。

[0039] ＜ｐ型半導体層＞

図３に示すように、ｐ型半導体層１０６は、ｐクラッド層１０６ａとｐコンタクト層１０６ｂとから構成されている。なお、ｐコンタクト層１０６ｂがｐクラッド層１０６ａを兼ねることも可能である。

ｐクラッド層１０６ａは、発光層１０５へのキャリアの閉じ込めとキャリアの注入を行なう層である。ｐクラッド層１０６ａとしては、発光層１０５のバンドギャップエネルギーより大きくなる組成であり、発光層１０５へのキャリアの閉じ込めができるものであれば特に限定されないが、好ましくは、ＡｌｘＧａ１－ｘＮ（０＜ｘ≦０．４）のものが挙げられる。ｐクラッド層１０６ａが、このようなＡｌＧａＮからなることが、発光層１０５へのキャリアの閉じ込めの点で好ましい。

[0040] ｐクラッド層１０６ａの膜厚は、特に限定されないが、好ましくは１～４００ｎｍであり、より好ましくは５～１００ｎｍである。

また、ｐクラッド層１０６ａのｐ型ドープ濃度は、１×１０^{18}～１×１０^{21}／$ｃｍ^{3}$が好ましく、より好ましくは１×１０^{19}～１×１０^{20}／$ｃｍ^{3}$である。ｐ型ドープ濃度が上記範囲であると、結晶性を低下させることなく良好なｐ型結晶が得られる。

[0041] また、ｐクラッド層１０６ａは、超格子構造を含む層であってもよい。ｐクラッド層１０６ａを、超格子構造を含む層とする場合には、１００オングストローム以下の膜厚を有するＩＩＩ族窒化物半導体からなるｐ側第１層と、該ｐ側第１層と組成が異なるとともに１００オングストローム以下の膜厚を有するＩＩＩ族窒化物半導体からなるｐ側第２層とが積層された構造を含むものとすることができ、ｐ側第１層とｐ側第２層とが交互に繰返し積層された構造を含んだものであっても良い。

[0042] ｐ側第１層及びｐ側第２層は、それぞれ異なる組成、例えば、ＡｌＧａＮ

、ＧａＩｎＮ又はＧａＮの内の何れの組成であっても良い、また、ＧａＩｎＮ／ＧａＮの交互構造、ＡｌＧａＮ／ＧａＮの交互構造、又はＧａＩｎＮ／ＡｌＧａＮの交互構造であっても良い。

本発明においては、ｐ側第１層及びｐ側第２層は、ＡｌＧａＮ／ＡｌＧａＮ又はＡｌＧａＮ／ＧａＮの交互構造であることが好ましい。

[0043] 上記ｐ側第１層及びｐ側第２層の超格子層は、それぞれ６０オングストローム以下であることが好ましく、それぞれ４０オングストローム以下であることがより好ましく、それぞれ１０オングストローム～４０オングストロームの範囲であることが最も好ましい。超格子層を形成するｐ側第１層とｐ側第２層の膜厚が１００オングストローム超だと、結晶欠陥等を多く含む層となり、好ましくない。

[0044] 上記ｐ側第１層及びｐ側第２層は、それぞれドープした構造であっても良く、また、ドープ構造／未ドープ構造の組み合わせであっても良い。ドープされる不純物としては、上記材料組成に対して従来公知のものを何ら制限無く適用できる。例えば、ｐクラッド層として、ＡｌＧａＮ／ＧａＮの交互構造又は組成の異なるＡｌＧａＮ／ＡｌＧａＮの交互構造のものを用いた場合には、不純物としてＭｇが好適である。また、上述のような超格子構造を構成するｐ側第１層及びｐ側第２層は、組成が同じ材料に、ドーピングを適宜ＯＮ、ＯＦＦしながら施すことにより、作製されてもよい。

[0045] ｐコンタクト層１０６ｂは、正極であるｐ型電極１１１を設けるための層である。ｐコンタクト層１０６ｂは、ＡｌｘＧａ１－ｘＮ（０≦ｘ≦０．４）からなることが好ましい。Ａｌ組成が上記範囲であると、良好な結晶性の維持およびｐ型電極１１１との良好なオーミック接触の点で好ましい。

ｐコンタクト層１０６ｂは、ｐ型不純物（ドーパント）を1×10^{18}～1×10^{21}／cm^3の濃度、好ましくは5×10^{19}～5×10^{20}／cm^3の濃度で含有していると、良好なオーミック接触の維持、クラック発生の防止、良好な結晶性の維持の点で好ましい。ｐ型不純物としては、特に限定されないが、例えば好ましくはＭｇが挙げられる。

ｐコンタクト層１０６ｂの膜厚は、特に限定されないが、０．０１～０．５μｍが好ましく、より好ましくは０．０５～０．２μｍである。ｐコンタクト層１０６ｂの膜厚がこの範囲であることが、発光出力の点で好ましい。

[0046] ＜ｐ型電極＞

ｐ型電極１１１は、図４に示すように、透明電極１０９と、接合層１１０と、ボンディングパッド電極１２０とを備えている。

図４に示すように、透明電極１０９には、積層半導体層２０の上面１０６ｃが露出される穴部１０９ａが設けられている。また、図１に示すように、透明電極１０９の上面１０９ｃにおける穴部１０９ａの形成されていない領域には、透明電極１０９を覆うように透明保護膜１０ａが形成されている。言い換えると、穴部１０９ａの形成されている領域は、透明保護膜１０ａの一部が開口されてなる開口部１０ｄとされている。

そして、開口部１０ｄから露出された穴部１０９ａの底面１０９ｂ上および内壁１０９ｄ上には、穴部１０９ａおよび開口部１０ｄを覆うように接合層１１０が形成されている。

[0047] また、本実施形態の半導体発光素子１においては、積層半導体層２０と接合層１１０との接合抵抗率が、透明電極１０９と接合層１１０との接合抵抗率よりも大きい。このことにより、透明電極１０９と接合層１１０とがオーミック接触され、接合層１１０と積層半導体層２０の上面１０６ｃとがオーミック接触されない場合もある。この場合、本実施形態の半導体発光素子１においては、透明電極１０９の穴部１０９ａの内壁１０９ｄの近傍に位置する発光層１０５に十分な量の電流が供給され、穴部１０９ａの内壁１０９ｄの近傍に位置する発光層１０５において強い発光が得られ、穴部１０９ａの内壁１０９ｄから外側に向かって放射状に発光層１０５からの発光が弱くなる発光分布が形成される。また、本実施形態の半導体発光素子１においては、平面視で透明電極１０９の穴部１０９ａの内側に位置する発光層１０５に供給される電流の量がわずかとなり、平面視で透明電極１０９の穴部１０９ａの内側に位置する発光層１０５からの発光が小さくなる場合もある。

[0048] また、接合層１１０上には接合層１１０を覆うように、ボンディングパッド電極１２０が形成されている。図４に示すように、接合層１１０の外縁部およびボンディングパッド電極１２０（金属反射層１１７およびボンディング層１１９）の外縁部は、透明保護膜１０ａ上に配置されている。また、ボンディングパッド電極１２０は、外側に向けて膜厚が漸次薄くなる傾斜面１１９ｃを外周部１２０ｄに備えている。また、本実施形態の半導体発光素子１においては、図４に示すように、ボンディングパッド電極１２０の外縁部が、縁部保護膜１０ｂに覆われている。

[0049] 「透明電極」

透明電極１０９は、図１に示すように、ｐ型半導体層１０６の上面１０６ｃに設けられており、図４に示すように、積層半導体層２０の上面１０６ｃが露出される穴部１０９ａを有している。透明電極１０９の穴部１０９ａの平面形状は、円形状、多角形状など任意の形状とすることができ、特に限定されないが、ボンディング作業のしやすいものとするために、図２に示すように、円形状であることが好ましい。

[0050] また、透明電極１０９は、図２に示すように、平面視したときに、ｐ型半導体層１０６の上面１０６ｃのほぼ全面を覆うように形成されているが、このような形状に限定されるわけでなく、隙間を開けて格子状や樹形状に形成してもよい。

また、透明電極１０９の穴部１０９ａは、ｐ型半導体層１０６の上面１０６ｃ上のどこに形成してもよい。例えば、ｎ型電極１０８から最も遠い位置に形成してもよいし、半導体発光素子１の中心に形成してもよい。しかし、あまりにもｎ型電極１０８に近接した位置に形成すると、穴部１０９ａ上に形成されるボンディングパッド電極１２０にワイヤをボンディングした際に、ワイヤ間、ボール間のショートを生じてしまうため好ましくない。

[0051] 透明電極１０９は、ｐ型半導体層１０６との接触抵抗が小さいものであることが好ましい。また、透明電極１０９は、発光層１０５からの光をｐ型電極１１１の形成された側に効率よく取り出すために、光透過性に優れたもの

であることが好ましい。さらにまた、透明電極１０９は、ｐ型半導体層１０６の全面に渡って均一に電流を拡散させるために、優れた導電性を有していることが好ましい。

[0052] 以上のことから、透明電極１０９を構成する材料としては、Ｉｎ、Ｚｎ、Ａｌ、Ｇａ、Ｔｉ、Ｂｉ、Ｍｇ、Ｗ、Ｃｅ、Ｓｎ、Ｎｉからなる群より選ばれたいずれか一種を含む導電性の酸化物、硫化亜鉛または硫化クロムからなる透明な導電性材料を用いることが好ましい。

また、導電性の酸化物としては、ＩＴＯ（酸化インジウム錫（In_2O_3－SnO_2））、ＩＺＯ（酸化インジウム亜鉛（In_2O_3－ＺｎＯ））、ＡＺＯ（酸化アルミニウム亜鉛（ＺｎＯ－Al_2O_3））、ＧＺＯ（酸化ガリウム亜鉛（ＺｎＯ－Ga_2O_3））、フッ素ドープ酸化錫、酸化チタン等を用いることが好ましい。

[0053] 透明電極１０９は、結晶化された構造のものを使用することが、接合層１１０との接着性や透光性の点において好ましい。特に六方晶構造又はビックスバイト構造を有するIn_2O_3結晶を含む透明電極（例えば、ＩＴＯやＩＺＯ等）を好ましく使用することができる。

透明電極１０９が、結晶化されたＩＺＯからなる場合、ビックスバイト結晶構造のIn_2O_3結晶を含むＩＺＯであってもよいし、六方晶構造のIn_2O_3結晶を含むＩＺＯであってもよい。特に、六方晶構造のIn_2O_3結晶を含むＩＺＯがよい。結晶化したＩＺＯ膜は、アモルファス状態のＩＺＯ膜に比べて、接合層１１０やｐ型半導体層１０６との密着性が良いため、非常に好ましい。

[0054] また、ＩＺＯ膜としては、比抵抗が最も低くなる組成を使用することが好ましい。例えば、ＩＺＯ中のＺｎＯ濃度は１～２０質量%であることが好ましく、５～１５質量%の範囲であることが更に好ましい。１０質量%であると特に好ましい。

また、ＩＺＯ膜の膜厚は、低比抵抗、高光透過率を得ることができる３５ｎｍ～１００００ｎｍ（１０μｍ）の範囲であることが好ましい。さらに、

生産コストの観点から、ＩＺＯ膜の膜厚は１０００ｎｍ（１μｍ）以下であることが好ましい。

[0055] 「接合層」

接合層１１０は、積層半導体層２０および透明電極１０９に対するボンディングパッド電極１２０の接合強度を高めるために、積層半導体層２０および透明電極１０９とボンディングパッド電極１２０との間に積層される。

図４に示すように、接合層１１０は、透明電極１０９の穴部１０９ａ内および透明保護膜１０ａの開口部１０ｄ内に、埋め込まれるように形成されている。本実施形態においては、接合層１１０が、穴部１０９ａの底面１０９ｂ（積層半導体層２０の上面１０６ｃ）上および内壁１０９ｄ上と透明保護膜１０ａの端部１０ｃとを覆うように連続して形成されていることにより、積層半導体層２０および透明電極１０９と接合層１１０との高い接合力が得られるようになっている。

[0056] また、接合層１１０の厚みは、穴部１０９ａ内および透明保護膜１０ａの開口部１０ｄの内壁面上では略均一とされている。そして、開口部１０ｄの外側では、接合層１１０の厚みは、外側に向けて膜厚が漸次薄くなっており、接合層１１０の外周部１１０ｄには、傾斜面１１０ｃが形成されている。

[0057] また、接合層１１０は、透光性を有していることが好ましい。接合層１１０が透光性を有しているものである場合、ボンディングパッド電極１２０に照射される発光層１０５からの光を損失なく透過させることができる。より詳細には、接合層１１０が透光性を有している場合、発光層１０５からの発光の一部は、透明電極１０９及び接合層１１０を透過して、接合層１１０とボンディングパッド電極１２０との界面においてボンディングパッド電極１２０（本実施形態においては金属反射層１１７）によって反射されるものとなる。ボンディングパッド電極１２０によって反射された光は、再度、積層半導体層２０の内部に導入されて、透過と反射を繰り返した後に、ボンディングパッド電極１２０の形成領域以外の箇所から半導体発光素子１の外部に取り出される。したがって、接合層１１０が透光性を有しているものである

場合、発光層１０５からの光をより一層効率よく半導体発光素子１の外部に取り出すことができる。

[0058] 接合層１１０は、積層半導体層２０との接合抵抗率が、透明電極１０９との接合抵抗率よりも大きくなる材料からなる。具体的には、接合層１１０は、Ａｌ、Ｔｉ、Ｖ、Ｃｒ、Ｍｎ、Ｃｏ、Ｚｎ、Ｇｅ、Ｚｒ、Ｎｂ、Ｍｏ、Ｒｕ、Ｈｆ、Ｔａ、Ｗ、Ｒｅ、Ｒｈ、Ｉｒ、Ｎｉからなる群より選ばれた少なくとも一種の元素からなることが好ましい。例えば、透明電極１０９をＩＺＯから形成し、積層半導体層２０の上面１０６ｃをｐ－ＧａＮ（Ｍｇドーピング）からなるｐコンタクト層１０６ｂとし、接合層１１０を上記の材料から形成することにより、接合層１１０と積層半導体層２０との接合抵抗率が、接合層１１０と透明電極１０９との接合抵抗率よりも大きいものとなり、しかも積層半導体層２０および透明電極１０９に対するボンディングパッド電極１２０の接合強度および透光性に優れたものとなる。

[0059] また、接合層１１０は、Ｃｒ、Ｔｉ、Ｗ、Ｍｏ、Ｚｒ、Ｈｆ、Ｃｏ、Ｒｈ、Ｉｒ、Ｎｉからなる群より選ばれた少なくとも一種の元素からなることがより好ましく、Ｃｒ、Ｔｉ、Ｗ、Ｍｏ、Ｒｈ、Ｃｏ、Ｎｉからなる群より選ばれた少なくとも一種の元素からなることがさらに好ましい。特に、接合層１１０の材料として、Ｃｒ、Ｔｉ、Ｍｏ、Ｎｉ、Ｃｏ等の金属を用いることにより、積層半導体層２０および透明電極１０９に対するボンディングパッド電極１２０の接合強度を格段に高めることができる。

また、接合層１１０の材料としては、例えば、透明電極１０９がＩＺＯやＩＴＯ等の金属酸化物等からなり、ボンディングパッド電極１２０がＡｇ、Ａｌ等からなる場合には、金属酸化物に対してもＡｇ、Ａｌに対しても優れた接合性が得られるＣｒを用いることが特に好ましい。

[0060] また、接合層１１０は、最大厚みが１０Å以上４００Å以下の範囲の薄膜であることが好ましい。接合層１１０の最大厚みを上記範囲とすることにより、発光層１０５からの光を遮ることなく効果的に透過させることができる優れた透光性を有するものとすることができる。なお、上記の最大厚みが１

０Å未満になると、接合層１１０の強度が低下し、これにより積層半導体層２０および透明電極１０９に対するボンディングパッド電極１２０の接合強度が低下するので好ましくない。

[0061] 「ボンディングパッド電極」

ボンディングパッド電極１２０は、金属反射層１１７とボンディング層１１９とが、透明電極１０９側から順に積層された積層体からなる。なお、ボンディングパッド電極１２０は、ボンディング層１１９のみからなる単層構造や金属反射層１１７のみからなる単層構造であってもよいし、金属反射層１１７とボンディング層１１９との間にバリア層を挿入して、三層構造としたものであってもよい。なお、接合層１１０、金属反射層１１７、ボンディング層１１９、バリア層を構成する金属元素においては、同一の金属元素を含んでいてもよいし、それぞれ異なる金属元素の組み合わせであってもよい。

[0062] 本実施形態において、ボンディングパッド電極１２０の反射率は、金属反射層１１７を構成する材料によって大きく変わるが、反射率６０%以上であることが望ましく、反射率８０%以上であることがより望ましく、反射率９０%以上であればなお良い。反射率は、分光光度計等で比較的容易に測定することが可能である。しかし、ボンディングパッド電極１２０そのものは面積が小さいために反射率を測定することは難しい。そこで、例えばボンディングパッド電極を形成するチャンバ内に、透明なガラス製の面積の大きい「ダミー基板」を入れ、ボンディングパッド電極を形成すると同時に、ダミー基板上に同じボンディングパッド電極を作成し、ダミー基板上に形成されたボンディングパッド電極の反射率を測定するなどの方法を用いて測定することができる。

[0063] ボンディングパッド電極１２０の面積は、大きいほどボンディング作業を容易に行うことができるため好ましい。しかし、ボンディングパッド電極１２０の面積が大きいと、平面視でボンディングパッド電極１２０と重なり合う発光層１０５は、ボンディングパッド電極１２０から供給される電流の量

がわずかとなり、発光層１０５における発光量がわずかとなる。したがって、ボンディングパッド電極１２０の面積が大きいと、発光層１０５からの発光量が不十分となる恐れがある。具体的に例えば、ボンディングパッド電極１２０の面積が透明電極１０９上の面積の半分を超える場合、平面視でボンディングパッド電極１２０と重なり合う発光層１０５の発光量が少ないため、出力が著しく低下する。逆に、ボンディングパッド電極１２０の面積が小さすぎると、ボンディング作業がしにくくなり、製品の歩留まりが低下する。したがって、ボンディングパッド電極１２０の面積は、ボンディングボールの直径よりもわずかに大きい程度の大きさであることが好ましく、具体的には、上面の直径が１００μｍ程度であって、透明保護膜１０ａ側に近づくほど直径の大きくなる略円柱状の形状であることが好ましい。

[0064] ＜金属反射層＞

金属反射層１１７は接合層１１０を覆うように形成されている。金属反射層１１７の外周部には、外側に向けて膜厚が漸次薄くなるような傾斜面１１７ｃが形成されている。したがって、金属反射層１１７は、接合層１１０の傾斜面１１０ｃの透明保護膜１０ａ側の最先端部、すなわち接合層１１０を平面視したときの輪郭線を形づくる境界部上を完全に覆うように形成されている。言い換えると、金属反射層１１７は、平面視したときに接合層１１０を覆って、更に接合層１１０の外側にまで張り出すように形成されており、接合層１１０のいかなる部分も金属反射層１１７の下から露出しないようにされている。

[0065] 図１に示す金属反射層１１７は、反射率の高い金属からなり、Ｒｕ、Ｒｈ、Ｐｄ、Ｏｓ、Ｉｒ、Ｐｔ等の白金族金属、Ａｌ、Ａｇ、Ｔｉおよびこれらの金属の少なくも一種を含む合金で構成されることが好ましい。金属反射層１１７を上記の材料から形成することにより、発光層１０５からの光を効果的に反射させることができる。上記の材料の中でも、Ａｌ、Ａｇ、Ｐｔおよびこれらの金属の少なくも一種を含む合金は、入手のし易さ、取り扱いの容易さなどの点で優れている。また、Ｒｈ、Ｐｄ、Ｉｒ、Ｐｔおよびこれらの

金属の少なくも一種を含む合金は、光の反射性の点から金属反射層１１７として好適に使用される。

[0066] また、金属反射層１１７は、接合層１１０よりも最大膜厚が厚くなるように形成されることが好ましい。金属反射層１１７を接合層１１０よりも最大膜厚の厚いものとすることで、金属反射層１１７によって、より確実にかつ完全に接合層１１０が覆われたものとなる。

また、金属反射層１１７は、最大厚さが２０～３０００ｎｍであることが望ましい。金属反射層１１７の厚みが上記範囲よりも薄いと、充分に反射の効果が得らない場合がある。また、金属反射層１１７の厚みが上記範囲よりも厚い場合、特に利点は生じず、工程時間の長時間化と材料の無駄を生じるのみである。金属反射層１１７の厚みは、更に望ましくは、５０～１０００ｎｍであり、最も望ましいのは１００～５００ｎｍである。

[0067] ＜ボンディング層＞

ボンディング層１１９は、金属反射層１１７を覆うように形成されている。また、ボンディング層１１９の外周部（すなわちボンディングパッド電極１２０の外周部１２０ｄ）には、外側に向けて膜厚が漸次薄くなるような傾斜面１１９ｃが形成されている。したがって、ボンディング層１１９は、金属反射層１１７の傾斜面１１７ｃの透明保護膜１０ａ側の最先端部、すなわち金属反射層１１７を平面視したときの輪郭線を形づくる境界部上を完全に覆うように形成されている。つまり、ボンディング層１１９は、平面視したときに金属反射層１１７を覆って、更に金属反射層１１７の外側にまで張り出すように形成されており、金属反射層１１７のいかなる部分もボンディング層１１９の下から露出しないようにされている。

[0068] 図１に示すボンディング層１１９は、Ａｕ、ＡＩまたはこれらの金属の少なくも一種を含む合金からなることが好ましい。ＡｕおよびＡＩはボンディングボールとして使用されることが多い金ボールとの密着性の良い金属であるので、ボンディング層１１９として、Ａｕ、ＡＩまたはこれらの金属の少なくも一種を含む合金を用いることにより、ボンディングワイヤとの密着性

に優れたボンディング層１１９とすることができる。中でも、特に望ましいのはＡｕである。

[0069] また、ボンディング層１１９の最大厚みは、接合層１１０および金属反射層１１７に比較して、厚くなるように形成することが好ましい。ボンディング層１１９を接合層１１０および金属反射層１１７に比較して最大膜厚の厚いものとすることで、ボンディング層１１９によって、より確実にかつ完全に金属反射層１１７が覆われたものとなる。

また、ボンディング層１１９の最大厚みは、５０ｎｍ以上２０００ｎｍ以下の範囲のであることが好ましく、更に望ましくは１００ｎｍ以上１５００ｎｍ以下である。ボンディング層１１９の最大厚みが薄すぎるとボンディングボールとの密着性が不十分となる場合がある。また、ボンディング層１１９の最大厚みを上記範囲よりも厚くしても特に利点は生ぜず、コスト増大を招くのみである。

[0070] ＜バリア層＞

バリア層は、金属反射層１１７とボンディング層１１９との間に配置され、ボンディングパッド電極１２０全体の強度を強化するものである。バリア層は、比較的強固な金属材料から形成されるか、または、充分に厚い膜厚を有するものとされる。バリア層の材料としては、Ｔｉ、ＣｒまたはＡｌなどを用いることできるが、強度に優れたＴｉを用いることが望ましい。また、バリア層の最大厚さは２０～３０００ｎｍであることが望ましい。バリア層の厚みが薄すぎると充分な強度強化の効果が得られない場合がある。また、バリア層の厚みが厚すぎても特に利点は生ぜず、コスト増大を招くのみである。バリア層の厚みは、更に望ましくは、５０～１０００ｎｍであり、最も望ましいのは１００～５００ｎｍである。

[0071] なお、金属反射層１１７が、機械的に強固なものである場合には、敢えてバリア層を形成する必要はない。例えば、金属反射層１１７がＡｌまたはＰｔからなる場合には、バリア層は必ずしも必要ではない。

[0072] 「透明保護膜」

透明保護膜１０ａは、透明電極１０９および接合層１１０を保護するものである。透明保護膜１０ａは、図１および図２に示すように、透明電極１０９の上面１０９ｃにおける穴部１０９ａの形成されていない領域を覆うように形成されており、穴部１０９ａの形成されている領域が開口部１０ｄとされている。本実施形態においては、図４に示すように、接合層１１０が開口部１０ｄの内壁面に接して形成されているとともに、接合層１１０の外縁部が透明保護膜１０ａ上に接して配置されており、透明保護膜１０ａによって、接合層１１０の透明保護膜１０ａに接している部分における空気または水分の接触が防止されている。

また、本実施形態においては、図４に示すように、ボンディングパッド電極１２０を構成する金属反射層１１７およびボンディング層１１９の外縁部が、透明保護膜１０ａ上に接して配置されており、透明保護膜１０ａとボンディングパッド電極１２０とによって、積層半導体層２０および透明電極１０９に接していない接合層１１０の外面全面を取り囲んでおり、接合層１１０と空気または水分との接触が効果的に防止されている。

[0073] 透明保護膜１０ａは、透明で、透明電極１０９、接合層１１０、ボンディングパッド電極１２０の各層との密着性に優れた材料から形成されることが好ましく、具体的にはSiO_2から形成されることが好ましい。

透明保護膜１０ａの厚みは、２０～５００ｎｍとすることが好ましく５０～３００ｎｍとすることがより好ましい。透明保護膜１０ａの厚みが上記範囲未満であると、透明電極１０９および接合層１１０を保護する効果が十分に得られない恐れがある。また、透明保護膜１０ａの厚みが上記範囲を超えると、透明性が低下して、光の取り出し性に支障を来たす場合がある。また、透明保護膜１０ａの厚みが上記範囲を超えると、開口部１０ｄの深さと穴部１０９ａの深さとを合わせた深さが深くなり、穴部１０９ａや開口部１０ｄの内壁面と接合層１１０との密着性に支障を来たす恐れが生じる。

[0074] 「縁部保護膜」

縁部保護膜１０ｂは、接合層１１０と空気または水分との接触を防止する

とともに、半導体発光素子１からのボンディングパッド電極１２０の剥離を防止してボンディングパッド電極１２０の接合力を向上させるものである。縁部保護膜１０ｂは、図１および図２に示すように、平面視したときにボンディングパッド電極１２０の中央部を露出させる略ドーナッツ状の形状とされている。また、縁部保護膜１０ｂは、図２および図４に示すように、平面視したときに、ボンディングパッド電極１２０の外縁部（輪郭線）と透明保護膜１０ａとの継ぎ目となる部分に跨って配置されており、ボンディングパッド電極１２０の外縁部を覆っている。したがって、本実施形態においては、図４に示すように、ボンディングパッド電極１２０の外縁部は、透明保護膜１０ａと縁部保護膜１０ｂとの間に挟みこまれている。

[0075] 縁部保護膜１０ｂは、ボンディングパッド電極１２０と透明保護膜１０ａとの境界部分を中心として面積を広くするほど、縁部保護膜１０ｂを設けることによる効果が大きくなる。しかし、縁部保護膜１０ｂの面積を大きくすると、縁部保護膜１０ｂから露出されるボンディングパッド電極１２０の面積が小さくなって、ボンディング作業の作業性に支障をきたす恐れや、縁部保護膜１０ｂがボンディングパッド電極１２０の形成されていない領域の透明度を低下させて、光の取り出し性に支障を来たす恐れがある。したがって、縁部保護膜１０ｂは、ボンディングパッド電極１２０と透明保護膜１０ａとの境界部分を完全に覆い、かつ、ボンディングパッド電極１２０の頂部を完全に露出するものであることが好ましい。具体的には、縁部保護膜１０ｂは、ボンディングパッド電極１２０と縁部保護膜１０ｂとの境界部分を中心として５～１０μｍの幅を有するものであることが好ましい。

[0076] 縁部保護膜１０ｂは、透明で、透明保護膜１０ａおよびボンディングパッド電極１２０との密着性に優れた材料から形成されることが好ましく、透明保護膜１０ａと同じ材料で形成されることがより好ましい。具体的には、透明保護膜１０ａおよび縁部保護膜１０ｂをSiO_2から形成することができる。縁部保護膜１０ｂと透明保護膜１０ａとが同じ材料で形成されている場合、縁部保護膜１０ｂと透明保護膜１０ａとの密着性が非常に良好なものとな

るので、縁部保護膜１０ｂを設けることによる効果をより一層向上させることができる。

[0077] ＜ｎ型電極＞

ｎ型電極１０８は、図１に示すように、ｎ型半導体層１０４の露出面１０４ｃに形成されている。ｎ型半導体層１０４の露出面１０４ｃは、エッチング等の手段によって発光層１０５およびｐ半導体層１０６の一部を切り欠き除去して形成されたものである。

ｎ型電極１０８は、図２に示すように、平面視したときに、円形状とされているが、このような形状に限定されるわけではなく、多角形状など任意の形状とすることができる。また、ｎ型電極１０８はボンディングパットを兼ねており、ボンディングワイヤを接続することができる構成とされている。なお、ｎ型電極１０８としては、周知の各種組成や構造を、この技術分野でよく知られた慣用の手段で設けることができる。

[0078] （半導体発光素子の製造方法）

次に、本発明の半導体発光素子の製造方法について説明する。本実施形態の半導体発光素子の製造方法は、図１に示す半導体発光素子１の製造方法である。

図１に示す半導体発光素子１を製造するには、まず、基板１０１上に積層半導体層２０を形成する。積層半導体層２０は、ＭＯＣＶＤ法で形成すると結晶性の良いものが得られるが、スパッタ法によっても条件を最適化することで、ＭＯＣＶＤ法よりも優れた結晶性を有するものが得られる。

[0079] 「積層半導体層の形成」

本実施形態において積層半導体層２０を形成するには、まず、サファイア基板等の基板１０１を用意し、基板１０１の前処理を施す。基板１０１の前処理としては、例えば、スパッタ装置のチャンバ内に基板１０１を配置し、バッファ層１０２を形成する前にスパッタするなどの方法によって行うことができる。具体的には、チャンバ内において、基板１０１をＡｒやN_2のプラズマ中に曝す事によって上面を洗浄する前処理を行なってもよい。Ａｒガス

やＮ$_2$ガスなどのプラズマを基板１０１に作用させることで、基板１０１の上面に付着した有機物や酸化物を除去することができる。

[0080] 次に、基板１０１の上面に、スパッタ法によって、バッファ層１０２を積層する。スパッタ法によって、単結晶構造を有するバッファ層１０２を形成する場合、チャンバ内の窒素原料と不活性ガスの流量に対する窒素流量の比を、窒素原料が５０％～１００％、望ましくは７５％となるようにすることが望ましい。

また、スパッタ法によって、柱状結晶（多結晶）有するバッファ層１０２を形成する場合、チャンバ内の窒素原料と不活性ガスの流量に対する窒素流量の比を、窒素原料が１％～５０％、望ましくは２５％となるようにすることが望ましい。なお、バッファ層１０２は、上述したスパッタ法だけでなく、ＭＯＣＶＤ法で形成することもできる。

[0081] バッファ層１０２を形成した後、バッファ層１０２の形成された基板１０１の上面に、単結晶の下地層１０３を形成する。下地層１０３は、スパッタ法を用いて成膜することが望ましい。スパッタ法を用いる場合には、ＭＯＣＶＤ法やＭＢＥ法等と比較して、装置を簡便な構成とすることが可能となる。下地層１０３をスパッタ法で成膜する際には、窒素等のＶ族原料をリアクタ内に流通させるリアクティブスパッタ法によって成膜する方法とすることが好ましい。

[0082] 下地層１０３の形成後、ｎコンタクト層１０４ａ及びｎクラッド層１０４ｂを積層してｎ型半導体層１０４を形成する。ｎコンタクト層１０４ａ及びｎクラッド層１０４ｂは、スパッタ法で形成してもよく、ＭＯＣＶＤ法で形成してもよい。

次に、発光層１０５を形成する。発光層１０５の形成は、スパッタ法、ＭＯＣＶＤ法のいずれの方法を用いてもよいが、特にＭＯＣＶＤ法を用いることが好ましい。具体的には、障壁層１０５ａと井戸層１０５ｂとを交互に繰り返して積層し、且つ、ｎ型半導体層１０４側及びｐ型半導体層１０６側に障壁層１０５ａが配される順で積層すればよい。

また、ｐ型半導体層１０６の形成は、スパッタ法、ＭＯＣＶＤ法のいずれの方法でもよく、ｐクラッド層１０６ａとｐコンタクト層１０６ｂとを順次積層すればよい。

[0083] 「電極の形成」

このようにして積層半導体層２０の形成を形成した後、ｎ型電極１０８とｐ型電極１１１とを形成する。

＜ｎ型電極形成工程＞

まず、公知のフォトリソグラフィーの手法によってパターニングし、所定の領域の積層半導体層２０の一部をエッチングしてｎコンタクト層１０４ａの一部を露出させる。次に、スパッタ法などにより、ｎコンタクト層１０４ａの露出面１０４ｃにｎ型電極１０８を形成する。

[0084] ＜ｐ型電極形成工程＞

次に、図５Ａ～図５Ｅを用いて、ｐ型電極１１１を製造する工程について説明する。図５Ａ～図５Ｅは、ｐ型電極を製造する工程を説明するための工程図であり、ｐ型電極１１１の製造される領域の一部のみを拡大して示した拡大断面図である。

図５Ａに示すように、本実施形態のｐ型電極１１１を製造するには、まず、積層半導体層２０のｐ型半導体層１０６上に透明電極１０９を形成する。透明電極１０９は、ｎ型電極１０８の形成されたｎコンタクト層１０４ａの露出面１０４ｃなど、透明電極１０９の形成される領域以外の領域を覆うマスクを形成した後、ｐ型半導体層１０６上にスパッタ法などの公知の方法を用いて形成し、その後、マスクを除去する方法などにより形成される。なお、透明電極１０９は、ｎ型電極１０８を形成した後に形成してもよいが、ｎ型電極１０８を形成するための積層半導体層２０のエッチングの前に形成してもよい。

[0085] 次に、図５Ａに示すように、透明電極１０９の上面１０９ｃに透明保護膜１０ａを形成し、透明保護膜１０ａ上にレジスト２１を塗布して乾燥させる。

次に、ボンディングパッド電極１２０を形成する部分に対応する部分のレジスト２１を除去することによって、透明保護膜１０ａの形成された透明電極１０９の上面１０９ｃに、底面に向かって断面積が徐々に広くなる内壁形状を有する開口部２３ａを備えた図５Ｂに示す逆テーパー型のマスク２３を形成する。逆テーパー型のマスク２３を形成する方法としては、ｎ型フォトレジストを用いる方法やイメージ反転型フォトレジストを用いる方法などが挙げられる。本実施形態では、図６Ａ～図６Ｄを用い、イメージ反転型フォトレジストを用いて図５Ｂに示すマスクを形成する方法を説明する。図６Ａ～図６Ｄは、図５Ｂに示すマスクの製造工程を説明するための工程図であり、１つのｐ型電極１１１の形成される領域のみを示した拡大断面図である。

[0086] 本実施形態では、レジスト２１として、イメージ反転型フォトレジストである不溶性のレジストを用いる。イメージ反転型フォトレジストとしては、例えば、ＡＺ５２００ＮＪ（製品名：ＡＺエレクトロニックマテリアルズ株式会社製）などが用いられる。

次に、図６Ａに示すように、レジスト２１上方の所定の位置をカバーするようにマスク２５を配置し、図６Ａにおいて矢印で示すように、マスク２５側からレジスト２１側へ所定の強さ及び波長の光を照射する。このことにより、光が照射された部分のレジスト２１を光反応させて、可溶部２２とする。この光反応は光の強さに応じて進行するので、光照射面側では光反応の進行が早く、透明電極１０９側では光反応の進行が遅くなる。そのため、図６Ａに示すように、可溶部２２は、断面視したときに、側面が下方に向かうほど内側に後退した逆テーパー形状（逆傾斜形状）となるように形成される。また、マスク２５でカバーされた部分のレジスト２１は、不溶性のレジスト（不溶部）２１として残され、断面視したときに側面が上方に向かうほど内側に後退したテーパー形状（傾斜形状）となるように形成される。

[0087] 次に、ホットプレートやオーブンなどの加熱装置を用いて、加熱することにより、図６Ｂに示すように、可溶部２２を熱反応させて、架橋高分子からなる硬化部（マスク）２３とする。

その後、図６Ｃに示すように、マスクを用いずに、不溶性のレジスト２１および架橋高分子からなる硬化部（マスク）２３の表面側に所定の強さ及び波長の光を照射することにより、図６Ａを用いて説明した光反応により可溶部２２に変換されなかった不溶性のレジスト２１を光反応させて、可溶部２２とする。

最後に、所定の現像液を用いて、図６Ｃに示す可溶部２２を溶解除去することにより、図６Ｄに示すように、側面が下方に向かうほど内側に後退した開口部２３ａを有する逆テーパー形状（逆傾斜形状）の架橋高分子からなるマスク２３が得られる。

[0088] 続いて、図５Ｂに示すマスク２３の開口部２３ａから露出する透明保護膜１０ａを、透明電極１０９の上面１０９ｃに垂直な方向からＲＩＥ（反応性イオンエッチング）することにより除去して、図５Ｃに示すように、開口部１０ｄを形成し、開口部１０ｄから透明電極１０９の上面１０９ｃを露出させる。ＲＩＥ（反応性イオンエッチング）は、直進性が高く、回り込みが少ないエッチング方法であるので、エッチング方向（図５Ａ～図５Ｅにおいては上方）から見てマスク２３の影となる領域の透明保護膜１０ａは、ほとんどエッチング除去されず、図５Ｃに示すように、透明保護膜１０ａの端部１０ｃが残される。

[0089] 次に、図５Ｃに示すように、透明保護膜１０ａの開口部１０ｄから露出する透明電極１０９をエッチングすることにより、透明電極１０９に穴部１０９ａを形成する。穴部１０９ａを形成することにより、透明電極１０９から現れた穴部１０９ａの内壁１０９ｄは、透明電極１０９の上面１０９ｃと比較して、接合層１１０との密着性に優れている。

ここでエッチングされる透明電極１０９が、例えば、アモルファス状態のＩＺＯ膜である場合、エッチング性に優れ、容易に特定形状の穴部１０９ａを形成することができる。アモルファス状態のＩＺＯ膜は、周知のエッチング液（例えば、ＩＴＯ－０７Ｎエッチング液（関東化学社製））を用いて容易に精度良くエッチングすることが可能である。また、アモルファス状態の

ＩＺＯ膜のエッチングは、ドライエッチング装置を用いて行なっても良い。このときのエッチングガスとしては、Cl_2、$SiCl_4$、BCl_3等を用いることができる。

[0090] また、アモルファス状態のＩＺＯ膜は、熱処理を行なうことにより、六方晶構造のIn_2O_3結晶を含むＩＺＯ膜や、ビックスバイト構造のIn_2O_3結晶を含むＩＺＯ膜にすることが好ましい。熱処理等によりアモルファス状態から上記の結晶を含む構造に転移させることで、アモルファスのＩＺＯ膜よりも接合層１１０との密着性および透光性の優れた透明電極１０９とすることができる。しかし、六方晶構造のIn_2O_3結晶を含むＩＺＯ膜はエッチングし難いので、上述のエッチング処理の後に熱処理することが好ましい。

[0091] アモルファス状態のＩＺＯ膜を結晶化させる場合、成膜条件や熱処理条件などが異なるとＩＺＯ膜中の結晶構造が異なる。ＩＺＯ膜を結晶化させるための熱処理は、O_2を含まない雰囲気で行なうことが望ましい。O_2を含まない雰囲気としては、N_2雰囲気などの不活性ガス雰囲気や、N_2などの不活性ガスとH_2の混合ガス雰囲気などを挙げることができ、N_2雰囲気、またはN_2とH_2の混合ガス雰囲気とすることが望ましい。なお、ＩＺＯ膜の熱処理をN_2雰囲気、またはN_2とH_2の混合ガス雰囲気中で行なうと、例えば、ＩＺＯ膜を六方晶構造のIn_2O_3結晶を含む膜に結晶化させるとともに、ＩＺＯ膜のシート抵抗を効果的に減少させることが可能である。

[0092] また、ＩＺＯ膜を結晶化させるための熱処理温度は、５００℃～１０００℃が好ましい。５００℃未満の温度で熱処理を行なった場合、ＩＺＯ膜を十分に結晶化できない恐れが生じ、ＩＺＯ膜の光透過率が十分に高いものとならない場合がある。また、１０００℃を超える温度で熱処理を行なった場合には、ＩＺＯ膜は結晶化されているが、ＩＺＯ膜の光透過率が十分に高いものとならない場合がある。また、１０００℃を超える温度で熱処理を行なった場合、ＩＺＯ膜の下にある半導体層を劣化させる恐れもある。

[0093] 次に、図５Ｄに示すように、スパッタ法により、穴部１０９ａの底面１０９ｂ上および内壁１０９ｄ上を覆うように接合層１１０を形成する。このと

き、スパッタ条件を制御したスパッタ法を用いることにより、接合層１１０のカバレッジ性を高くすることができる。これにより、接合層１１０は、穴部１０９ａの底面１０９ｂ上および内壁１０９ｄ上の全面と、透明保護膜１０ａの開口部１０ｄの内壁面上の全面と、透明保護膜１０ａの端部１０ｃの一部とを覆うように形成され、接合層１１０の外周部１１０ｄに、外側に向けて膜厚が漸次薄くなる傾斜面１１０ｃが形成される。

[0094] なお、接合層１１０を形成する前には、接合層１１０の形成される穴部１０９ａの底面１０９ｂ（積層半導体層２０の上面１０６ｃ）や内壁１０９ｄの表面を洗浄する前処理を施しても良い。ここでの洗浄の方法としてはプラズマなどに曝すドライプロセスによる方法や、薬液に接触させるウェットプロセスによる方法などが挙げられるが、工程の簡便さの観点よりドライプロセスによる方法を用いることが望ましい。

[0095] 次に、スパッタ法により、金属反射層１１７を形成する。このとき、接合層１１０の形成の場合と同様に、スパッタ条件を制御したスパッタ法を用いる。このことにより、金属反射層１１７のカバレッジ性を高くすることができ、接合層１１０を覆い、外側に向けて膜厚が漸次薄くなる傾斜面１１７ｃを外周部に有する金属反射層１１７が形成される。

[0096] 次に、スパッタ法により、ボンディング層１１９を形成する。このとき、スパッタ条件を制御したスパッタ法を用いる。このことにより、ボンディング層１１９のカバレッジ性を高くすることができ、マスク２３の開口部２３ａの内壁形状に沿って外周部の形状が形成され、金属反射層１１７を覆い、外側に向けて膜厚が漸次薄くなる傾斜面１１９ｃを外周部１２０ｄに有するボンディング層１１９（ボンディングパッド電極１２０）が形成される。

[0097] その後、レジスト剥離液に浸漬することにより、架橋高分子からなるマスク２３を剥離する。これにより、図５Ｅに示すように、金属反射層１１７とボンディング層１１９とからなるボンディングパッド電極１２０が形成される。

[0098] 本実施形態においては、底面に向かって断面積が徐々に広くなる内壁形状

を有する開口部２３ａを備えたマスク２３を形成し、接合層１１０、金属反射層１１７およびボンディング層１１９をカバレッジ性の高いスパッタ法により形成するので、スパッタ方向から見てマスク２３の影となる領域では、接合層１１０、金属反射層１１７およびボンディング層１１９を構成する各層の膜厚に応じて傾斜角度の異なる層が形成される。これにより、接合層１１０、金属反射層１１７およびボンディング層１１９の外周部にそれぞれ、外側に向けて膜厚が漸次薄くなる傾斜面１１０ｃ、１１７ｃ、１１９ｃが形成される。

[0099] 次に、従来から公知の方法を用いて、平面視したときに、ボンディングパッド電極１２０の中央部を露出させる略ドーナッツ状の形状であって、ボンディングパッド電極１２０の外縁部（輪郭線）と透明保護膜１０ａとの継ぎ目となる部分に跨ってボンディングパッド電極１２０の外縁部を覆う縁部保護膜１０ｂを形成する。

ここで、本実施形態においては、ボンディングパッド電極１２０において、外側に向けて膜厚が漸次薄くなる傾斜面１１９ｃが外周部１２０ｄに形成されているので、縁部保護膜１０ｂがボンディングパッド電極１２０の傾斜面１１９ｃに容易に均一な厚みで形成される。このことにより、ボンディングパッド電極１２０の外縁部（輪郭線）と透明保護膜１０ａとの継ぎ目となる部分上に、縁部保護膜１０ｂの形成されない部分が生じることが防止され、ボンディングパッド電極１２０の外縁部（輪郭線）と透明保護膜１０ａとの継ぎ目となる部分に跨る縁部保護膜１０ｂを、均一な膜厚で容易に密着させて形成できる。

このようにして、図１～図３に示すｐ型電極１１１を備える半導体発光素子１が形成される。

[0100] 本実施形態の半導体発光素子１においては、ｐ型電極１１１が、積層半導体層２０の上面１０６ｃが露出される穴部１０９ａを有する透明電極１０９と、穴部１０９の底面１０９ｂ上および内壁１０９ｄ上に形成された接合層１１０と、接合層１１０を覆うように形成されたボンディングパッド電極１

２０とを備え、積層半導体層２０と接合層１１０との接合抵抗率が、透明電極１０９と接合層１１０との接合抵抗率よりも大きいので、ボンディングパッド電極１２０からの電流が、接合層１１０を介して主に透明電極１０９の穴部１０９ａの内壁１０９ｄから透明電極１０９の面内方向に拡散して積層半導体層２０の上面に供給され、積層半導体層２０に供給される電流のうち、透明電極１０９を介して供給される量が、積層半導体層２０に接する接合層１１０から直接供給される量と比較して多い。

[0101] したがって、本実施形態の半導体発光素子１においては、平面視で透明電極１０９の穴部１０９ａの内側に位置する発光層１０５に供給される電流の量がわずかとなり、平面視で透明電極１０９の穴部１０９ｂの内側に位置する発光層１０５からの発光はわずかとなる。その結果、透明電極１０９の穴部１０９ａの底面１０９ｂ上および内壁１０９ｄ上に形成された接合層１１０を覆うボンディングパッド電極１２０が、透光性がなく光を遮るものであったとしても、発光層１０５で発光した光のうち、ボンディングパッド電極１２０に遮られて半導体発光素子１の外部に取り出せない光の割合が非常に少なくなり、光取り出し効率が高く光取り出し性に優れる。

[0102] しかも、本実施形態の半導体発光素子１においては、透明電極１０９の穴部１０９ａの底面１０９ｂ（積層半導体層２０の上面１０６ｃ）上および内壁１０９ｄ上に接合層１１０が形成されており、接合層１１０を覆うようにボンディングパッド電極１２０が形成されているので、接合層１１０によって、透明電極１０９および積層半導体層２０とボンディングパッド電極１２０との十分に高い接合力が得られ、優れた接合性を有するｐ型電極１１１を備える。

[0103] さらに、本実施形態の半導体発光素子１によれば、外側に向けて膜厚が漸次薄くなる傾斜面１１９ｃを外周部１２０ｄに有するボンディングパッド電極１２０が、接合層１１０を覆うように形成されているので、接合層１１０への外部からの空気や水分の侵入を効果的に防止することができ、優れた耐食性が得られる。

[0104] ここで、本実施形態の半導体発光素子１の効果を、例えば、図１１に示すｐ型電極を備えた半導体発光素子を例に挙げて説明する。なお、図１１においては、半導体発光素子に備えられたｐ型電極のみを示し、基板および積層半導体層の図示を省略している。図１１に示すｐ型電極２０１では、本実施形態の半導体発光素子１と異なり、縁部保護膜１０ｂが形成されていないし、透明電極１０９に穴部１０９ａが形成されておらず、接合層２１０、ボンディングパッド電極２２０を構成する金属反射層２１７およびボンディング層２１９の側面が透明電極１０９の上面１０９ｃに対してほぼ垂直に形成されている。

[0105] 図１１に示すｐ型電極２０１では、外部の空気または水分が、透明保護膜１０ａと金属反射層２１７との間から容易に侵入し、接合層２１０へ到達する。空気または水分が接合層２１０へ到達すると、接合層２１０が劣化して半導体発光素子の素子寿命を短くするという問題を生じる。特に、接合層２１０がＣｒからなる場合には、接合層２１０へ到達した空気または水分によってＣｒが容易に酸化または水酸化反応し、接合層２１０が分解消失されるため、この問題が顕著となる。さらに、Ｃｒの酸化または水酸化反応は、図１１に示すｐ型電極２０１を備えた半導体発光素子にバイアスが印加されることにより加速されるので、簡単に接合層２１０が分解消失されてしまう恐れがある。

[0106] これに対し、本実施形態の半導体発光素子１においては、接合層１１０を覆うように形成され、外側に向けて膜厚が漸次薄くなる傾斜面１１９ｃが外周部１２０ｄに形成されているボンディングパッド電極１２０を備えているので、接合層１１０のいかなる部分もボンディングパッド電極１２０の下から露出しないようにされている。したがって、本実施形態の半導体発光素子１によれば、半導体発光素子１の外部の空気または水分が接合層１１０へ侵入することを効果的に防止でき、接合層１１０がＣｒからなる場合であっても、優れた耐食性と、接合層１１０による積層半導体層２０および透明電極１０９とボンディングパッド電極１２０との優れた接合性とが得られる。

[0107] また、本実施形態の半導体発光素子１において、接合層１１０を、Ａｌ、Ｔｉ、Ｖ、Ｃｒ、Ｍｎ、Ｃｏ、Ｚｎ、Ｇｅ、Ｚｒ、Ｎｂ、Ｍｏ、Ｒｕ、Ｈｆ、Ｔａ、Ｗ、Ｒｅ、Ｒｈ、Ｉｒ、Ｎｉからなる群より選ばれた少なくとも一種の元素からなり、最大厚みが１０Å以上４００Å以下の範囲である薄膜とした場合、積層半導体層２０および透明電極１０９とボンディングパッド電極１２０との間の接合性をより一層向上させることができる。

[0108] さらに、本実施形態の半導体発光素子１においては、透明電極１０９の上面１０９ｃにおける穴部１０９ａの形成されていない領域を覆うように透明保護膜１０ａが形成されており、接合層１１０の外縁部およびボンディングパッド電極１２０の外縁部が、透明保護膜１０ａ上に配置されているので、より一層優れた耐食性および接合性が得られる。

[0109] また、本実施形態の半導体発光素子１においては、ボンディングパッド電極１２０が、金属反射層１１７とボンディング層１１９とからなり、接合層１１０のいかなる部分も金属反射層１１７の下から露出しないようにされているとともに、金属反射層１１７のいかなる部分もボンディング層１１９の下から露出しないようにされており、金属反射層１１７およびボンディング層１１９により接合層１１０が二重に覆われている。さらに、本実施形態の半導体発光素子１においては、ボンディングパッド電極１２０の外縁部が、透明保護膜１０ａ上に配置されている。よって、本実施形態の半導体発光素子１においては、透明保護膜１０ａとボンディング層１１９との接合面と、透明保護膜１０ａと金属反射層１１７との接合面とを通過しなければ、半導体発光素子１の外部の空気または水分が接合層１１０へ侵入することはできない。したがって、本実施形態においては、半導体発光素子１の外部の空気または水分が接合層１１０へ侵入することを、より効果的に防止できる。

[0110] また、本実施形態の半導体発光素子１においては、ボンディングパッド電極１２０の外縁部を覆い、ボンディングパッド電極１２０上の一部を露出させる縁部保護膜１０ｂが形成されているので、より一層優れた耐食性および接合性が得られる。

しかも、本実施形態の半導体発光素子１によれば、外側に向けて膜厚が漸次薄くなる傾斜面１１９ｃを外周部１２０ｄに有するボンディングパッド電極１２０が、接合層１１０を覆うように形成されているので、ボンディングパッド電極１２０の外周部１２０ｄと、ボンディングパッド電極１２０の外周部１２０ｄの下面（本実施形態においては、透明保護膜１０ａ）との接触面積が十分に確保されたものとなり、優れた接合性が得られるとともに、ボンディングパッド電極１２０の外周部１２０ｄとその下面との間を介して、外部から接合層１１０へ空気や水分が侵入することを効果的に防止することができ、優れた耐食性が得られる。

[0111] また、本実施形態の半導体発光素子１の製造方法は、ｐ型電極１１１を製造する工程が、積層半導体層２０の上面１０６ｃに透明電極１０９を形成する工程と、透明電極１０９に、底面１０９ｂに積層半導体層２０の上面１０６ｃの露出された穴部１０９ａを形成する工程と、穴部１０９ａの底面１０９ｂ上および内壁１０９ｄ上に、積層半導体層２０との接合抵抗率が透明電極１０９との接合抵抗率よりも大きくなる材料からなる接合層１１０を形成する工程と、接合層１１０を覆うようにボンディングパッド電極１２０を形成する工程とを備えているので、ｐ型電極１１１の接合性に優れているとともに光取り出し性に優れた本実施形態の半導体発光素子１を容易に製造できる。

[0112] また、本実施形態の半導体発光素子１の製造方法は、透明保護膜１０ａの開口部１０ｄから露出する透明電極１０９の上面１０９ｃをエッチングすることにより穴部１０９ａを形成する工程と、穴部１０９ａの底面１０９ｂ上および内壁１０９ｄ上に接合層１１０を形成する工程とを備えているので、穴部１０９ａを形成することにより透明電極１０９から現れた穴部１０９ａの内壁１０９ｄに接して接合層１１０が形成されることになる。穴部１０９ａを形成することにより透明電極１０９から現れた穴部１０９ａの内壁１０９ｄは、透明電極１０９の上面１０９ｃと比較して、接合層１１０との密着性に優れているので、本実施形態の製造方法によれば、透明電極１０９の上

面１０９ｃに接合層１１０を形成する場合と比較して、接合層１１０の密着性に優れたｐ型電極１１１が得られる。

[0113] （実施形態２：半導体発光素子）

図７は、本発明の半導体発光素子の他の例を示した図であって、半導体発光素子を構成するｐ型電極の拡大断面模式図である。図７に示す本実施形態の半導体発光素子が、図１に示す半導体発光素子１と異なるところは、透明保護膜１０ａおよび縁部保護膜１０ｂが形成されていないことのみであり、それ以外は図１に示す半導体発光素子１と同様とされている。したがって、実施形態１と同じ部材には同じ符号付し、説明を省略する。

また、本実施形態の半導体発光素子を構成するｐ型電極１１２は、透明保護膜１０ａおよび縁部保護膜１０ｂを形成しないことを除き、図１に示すｐ型電極１１１と同様にして形成できる。

[0114] 図７に示す本実施形態の半導体発光素子のように、透明保護膜１０ａおよび縁部保護膜１０ｂを設けない場合でも、ｐ型電極１１２が、底面１０９ｂに積層半導体層２０の上面１０６ｃの露出された穴部１０９ａを有する透明電極１０９と、穴部１０９の底面１０９ｂ上および内壁１０９ｄ上に形成された接合層１１０と、接合層１１０を覆うように形成されたボンディングパッド電極１２０とを備え、積層半導体層２０と接合層１１０との接合抵抗率が、透明電極１０９と接合層１１０との接合抵抗率よりも大きいものであるので、ボンディングパッド電極１２０からの電流が、接合層１１０を介して主に透明電極１０９の穴部１０９ａの内壁１０９ｄから透明電極１０９の面内方向に拡散して積層半導体層２０の上面に供給されるものとなり、積層半導体層２０に供給される電流のうち、透明電極１０９を介して供給される量が、積層半導体層２０に接する接合層１１０から直接供給される量と比較して多いものとなる。

[0115] したがって、本実施形態の半導体発光素子においても、ボンディングパッド電極１２０が、透光性がなく光を遮るものであったとしても、発光層１０５で発光した光のうち、ボンディングパッド電極１２０に遮られて半導体発

光素子１の外部に取り出せない光の割合が非常に少ないものとなり、光取り出し効率が高く光取り出し性に優れたものとなる。

さらに、本実施形態の半導体発光素子においても、接合層１１０によって、透明電極１０９および積層半導体層２０とボンディングパッド電極１２０との十分に高い接合力が得られ、優れた接合性を有するｐ型電極１１１が備えられたものとなる。

[0116] さらに、本実施形態の半導体発光素子においても、外側に向けて膜厚が漸次薄くなる傾斜面１１９ｃを外周部１２０ｄに有するボンディングパッド電極１２０が、接合層１１０を覆うように形成されているので、接合層１１０への外部からの空気や水分の侵入を効果的に防止することができ、優れた耐食性が得られるものとなる。

[0117] （実施形態３：半導体発光素子）

図８は、本発明の半導体発光素子の他の例を示した図であって、半導体発光素子の断面模式図である。図８に示す本実施形態の半導体発光素子１ａが、図１に示す半導体発光素子１と異なるところは、透明保護膜１０ａが形成されておらず、平面視したときに、ボンディングパッド電極１２０の中央部の露出させる領域を除き、透明電極１０９の上面１０９ｃ全面に上面保護膜１０が設けられているところである。それ以外は図１に示す半導体発光素子１と同様とされている。したがって、実施形態１と同じ部材には同じ符号付し、説明を省略する。

上面保護膜１０は、図１に示す半導体発光素子１における透明保護膜１０ａと同様の材料からなる同様の厚みを有するものとすることができる。

[0118] 図８に示す半導体発光素子１ａを製造するには、まず、図１に示す半導体発光素子１と同様にして積層半導体層２０の形成を形成した後、ｎ型電極１０８を形成する。

その後、以下に示すようにしてｐ型電極１１１ａを製造する。図９Ａ～図９Ｅは、ｐ型電極を製造する工程を説明するための工程図であり、ｐ型電極１１１ａの製造される領域の一部のみを拡大して示した拡大断面図である。

図９Ａに示すように、本実施形態のｐ型電極１１１ａを製造するには、まず、図１に示す半導体発光素子１と同様にして、ｐ型半導体層１０６上に透明電極１０９を形成する。

[0119] 次に、図９Ａに示すように、透明保護膜１０ａ上にレジスト２１を塗布して乾燥させ、図１に示す半導体発光素子１と同様にして、透明電極１０９の上面１０９ｃに、底面に向かって断面積が徐々に広くなる内壁形状を有する開口部２３ａを備えた図９Ｂに示す逆テーパー型のマスク２３を形成する。

[0120] 続いて、図９Ｂに示すマスク２３の開口部２３ａから露出する透明電極１０９を、図１に示す半導体発光素子１と同様にしてエッチングすることにより、図９Ｃに示すように、透明電極１０９に穴部１０９ａを形成する。

[0121] 次に、図９Ｄに示すように、図１に示す半導体発光素子１と同様にして、接合層１１０、金属反射層１１７、ボンディング層１１９を形成する。その後、図１に示す半導体発光素子１と同様にして、マスク２３を剥離する。これにより、図９Ｅに示すように、金属反射層１１７とボンディング層１１９とからなるボンディングパッド電極１２０が形成される。本実施形態においても、図１に示す半導体発光素子１と同様に、接合層１１０、金属反射層１１７およびボンディング層１１９の外周部にそれぞれ、外側に向けて膜厚が漸次薄くなる傾斜面１１０ｃ、１１７ｃ、１１９ｃが形成される。

[0122] 次に、従来から公知の方法を用いて、平面視したときに、ボンディングパッド電極１２０の中央部を露出させる領域を除く、透明電極１０９の上面１０９ｃ全面に、上面保護膜１０を形成する。このようにして、図８に示すｐ型電極１１１ａを備える半導体発光素子１ａが形成される。

[0123] 本実施形態の半導体発光素子１ａにおいても、図１に示す半導体発光素子１と同様に、光取り出し効率が高く、光取り出し性に優れ、接合性および耐食性に優れる。

また、本実施形態の半導体発光素子１ａにおいては、平面視したときに、ボンディングパッド電極１２０の中央部を露出させる領域を除く、透明電極１０９の上面１０９ｃ全面に上面保護膜１０が設けられているので、非常に

優れた耐食性および接合性が得られる。

[0124] （実施形態４：ランプ）

図１０は、本発明のランプの一例を示す断面概略図である。図１０に示すように、本実施形態のランプ３は、砲弾型であり、半導体発光素子として図１に示す本発明の半導体発光素子１が実装されたものである。なお、ランプ３は、例えば、半導体発光素子１と蛍光体とを組み合わせてなるものであり、当業者周知の手段によって当業者周知の構成とすることができる。また、半導体発光素子１と蛍光体と組み合わせることによって発光色を変えることができることが知られているが、このような技術を本実施形態のランプにおいても何ら制限されることなく採用することが可能である。

[0125] 本実施形態のランプ３は、図１０に示すように、半導体発光素子１のｐ型電極１１１のボンディングパッド電極１２０にワイヤ３３で接合されたフレーム３１と、半導体発光素子１のｎ型電極１０８（ボンディングパッド）にワイヤ３４で接合された他方のフレーム３２と、半導体発光素子１の周辺を取り囲んで形成された透明な樹脂からなるモールド３５とを備えている。

[0126] また、本実施形態のランプ３は、半導体発光素子として、優れた接合性および耐食性を有する電極を備え、光取り出し性に優れた図１に示す半導体発光素子１を備えたものであるので、耐食性に優れ、発光効率が高く、歩留まりよく製造できる優れたものとなる。

[0127] 本実施形態のランプ３は、一般用途の砲弾型、携帯のバックライト用途のサイドビュー型、表示器に用いられるトップビュー型等いかなる用途にも用いることができる。

[0128] また、本発明の半導体発光素子から作製したランプ３は、前述のような優れた効果があるので、この技術によって作製したランプを組み込んだバックライト、携帯電話、ディスプレイ、各種パネル類、コンピュータ、ゲーム機、照明などの電子機器や、その電子機器を組み込んだ自動車などの機械装置類は、製品としての使用上の高い信頼性を与えることができる。特に、バックライト、携帯電話、ディスプレイ、ゲーム機、照明などの、バッテリ駆動

させる機器類において、高信頼性のある発光素子を具備した製品を提供することができ、好ましい。

実施例

[0129] 以下、本発明を実施例に基づいて具体的に説明する。しかし、本発明はこれらの実施例にのみ限定されるものではない。

（実施例１）＜半導体発光素子の作製＞

ｐ型電極１１１（透明電極１０９、接合層１１０、ボンディングパッド電極１２０（金属反射層１１７、バリア層、ボンディング層１１９））およびｎ型電極１０８が表１及び表２に示す構成である図１～図３に示す窒化ガリウム系化合物半導体からなる半導体発光素子を次のようにして製造した。

[0130]

[表1]

	p型電極												n型電極
	透明電極		接合層		ボンディングパッド電極								
					金属反射層		バリア層		ボンディング層				
	材質	厚み (nm)	材質	厚み (nm)	材質	厚み (nm)	材質	厚み (nm)	材質	厚み (nm)			
実施例 1	IZO	250	Cr	10	Pt	100	–	–	Au	1100			Ti/Pt/Au
実施例 2	IZO	250	Cr	10	Pt	100	–	–	Au	1100			P電極の接合層とボンディングパッド電極の構成と同じ
実施例 3	ITO	200	Cr	2	Rh	200	Ti	80	Au	200			同上
実施例 4	IZO	200	Cr	2	Al	200	Ti	80	Au	200			同上
実施例 5	IZO	200	Cr	2	Ag	200	Ti	80	Au	200			同上
実施例 6	IZO	200	Cr	2	Rh	200	Ti	80	Au	200			同上
実施例 7	IZO	200	Ni	2	Al	200	Ti	80	Au	200			同上
実施例 8	IZO	200	Co	2	Al	200	Ti	80	Au	200			同上
実施例 9	IZO	200	Cr	1	Al	200	Ti	80	Au	200			同上
実施例 10	IZO	200	Cr	5	Al	200	Ti	80	Au	200			同上

[表2]

	p型電極											n型電極
	透明電極		接合層		ボンディングパッド電極							
					金属反射層		バリア層		ボンディング層			
	材質	厚み (nm)	材質	厚み (nm)	材質	厚み (nm)	材質	厚み (nm)	材質	厚み (nm)		
実施例 11	IZO	250	Cr	40	Pt	100	–	–	Au	1100		同上
実施例 12	IZO	200	Ti	10	Rh	100	–	–	Au	1100		同上
実施例 13	IZO	200	Ti	10	Pt	100	–	–	Au	1100		同上
実施例 14	IZO	200	Ti	10	Ir	100	–	–	Au	1100		同上
実施例 15	ITO	200	Ti	2	Pt	200	–	–	Au	550		同上
実施例 16	ITO	200	Ti	2	Ir	200	–	–	Au	550		同上
実施例 17	ITO	200	Ni	40	–	–	–	–	Au	1100		同上
実施例 18	ITO	200	Ni	40	Pt	200	–	–	Au	550		同上
比較例 1	IZO	250	Cr	10	Pt	100	–	–	Au	1100		Ti/Pt/Au

[0131] 「積層半導体層の形成」

まず、サファイアからなる基板１０１上に、ＡｌＮからなるバッファ層１０２を介して、厚さ８μｍのアンドープＧａＮからなる下地層１０３を形成した。次に、厚さ２μｍのＳｉドープｎ型ＧａＮからなるｎコンタクト層１０４ａ、厚さ２５０ｎｍのｎ型$In_{0.1}Ga_{0.9}N$からなるｎクラッド層１０４ｂを形成した。その後、厚さ１６ｎｍのＳｉドープＧａＮ障壁層および厚さ２．５ｎｍの$In_{0.2}Ga_{0.8}N$井戸層を５回積層し、最後に障壁層を設けた多重量子井戸構造の発光層１０５を形成した。さらに、厚さ１０ｎｍのＭｇドープｐ型$Al_{0.07}Ga_{0.93}N$からなるｐクラッド層１０６ａ、厚さ１５０ｎｍのＭｇドープｐ型ＧａＮからなるｐコンタクト層１０６ｂを順に形成した。

なお、積層半導体層２０の形成は、ＭＯＣＶＤ法により、当該技術分野においてよく知られた通常の条件で行なった。

[0132] 「電極の形成」

このようにして積層半導体層２０を形成した後、フォトリソグラフィーの手法によってパターニングし、所定の領域の積層半導体層２０の一部をエッチングしてｎコンタクト層１０４ａの一部を露出させた。次に、スパッタ法により、ｎコンタクト層１０４ａの露出面１０４ｃに順次Ｔｉ／Ｐｔ／Ａｕからなるｎ型電極１０８を形成した。

[0133] その後、以下に示すようにｐ型電極１１１を形成した。まず、ｐ型ＧａＮコンタクト層１０６ｂ上に、厚さ２５０ｎｍのＩＺＯからなる透明電極１０９を形成し、透明電極１０９上に厚さ１００ｎｍのSiO_2からなる透明保護膜１０ａを形成した。

次に、イメージ反転型フォトレジストとしてＡＺ５２００ＮＪ（製品名：ＡＺエレクトロニックマテリアルズ株式会社製）を用いて、透明保護膜１０ａの形成された透明電極１０９の上面に、底面に向かって断面積が徐々に広くなる内壁形状を有する開口部２３ａを備えた逆テーパー型のマスク２３を形成した。

[0134] 続いて、マスク２３の開口部２３ａから露出する透明保護膜１０ａを、透明電極１０９の上面１０９ｃに垂直な方向からＲＩＥ（反応性イオンエッチング）することにより除去して、開口部１０ｄを形成し、開口部１０ｄから透明電極１０９の上面１０９ｃを露出させた。

次に、マスク２３の開口部２３ａから露出する透明電極１０９を、ドライエッチングすることにより、穴部１０９ａを形成した。その後、窒素雰囲気中、６５０℃の温度で熱処理を行ない、アモルファス状態のＩＺＯ膜を結晶化させた。

[0135] 次に、スパッタ法により、透明電極１０９の穴部１０９ａの底面１０９ｂ上および内壁１０９ｄ上を覆うように、最大膜厚１０ｎｍのＣｒからなる接合層１１０を形成した。次に、スパッタ法により、接合層１１０を覆い、外側に向けて膜厚が漸次薄くなる傾斜面１１７ｃを外周部に有する最大膜厚１００ｎｍのＰｔからなる金属反射層１１７を形成した。続いて、スパッタ法により、マスク２３の開口部２３ａの内壁形状に沿って外周部の形状が形成され、金属反射層１１７を覆い、外側に向けて膜厚が漸次薄くなる傾斜面１１９ｃを外周部１２０ｄに有する最大膜厚１１００ｎｍのＡｕからなるボンディング層１１９を形成した。このことにより、金属反射層１１７とボンディング層１１９とからなるボンディングパッド電極１２０を形成した。

[0136] その後、レジスト剥離液に浸漬することにより、マスク２３を剥離した。次に、平面視したときに、ボンディングパッド電極１２０の中央部を露出させる略ドーナッツ状の形状であって、ボンディングパッド電極１２０の外縁部（輪郭線）と透明保護膜１０ａとの継ぎ目となる部分に跨ってボンディングパッド電極１２０の外縁部を覆う幅５μｍ、最大厚さ２５０ｎｍのSiO_2からなる縁部保護膜１０ｂを形成した。このようにして、図１～図３に示すｐ型電極１１１を備える実施例１の半導体発光素子１を得た。

[0137] （実施例２～１８）

ｐ型電極（透明電極、接合層、ボンディングパッド電極（金属反射層、バリア層、ボンディング層））およびｎ型電極を表１及び表２に示す構成のも

のとしたこと以外は、実施例１の半導体発光素子１と同様である実施例２～１８の半導体発光素子を製造した。

[0138] （比較例１）

縁部保護膜１０ｂが形成されていないことと、透明電極１０９に穴部１０９ａが形成されていないことと、接合層２１０、ボンディングパッド電極２２０を構成する金属反射層２１７およびボンディング層２１９の側面が透明電極１０９の上面１０９ｃに対してほぼ垂直に形成されていること以外は、実施例１の半導体発光素子１と同様である図１１に示す半導体発光素子を製造した。

[0139] ＜半導体発光素子の評価＞

実施例１～１８および比較例１の半導体発光素子について、プローブ針による通電で電流印加値２０ｍＡにおける順方向電圧を測定した。その結果を表３に示す。

表３に示すように、実施例１～１８の順方向電圧は３．０Ｖまたは３．１Ｖであり、比較例１の順方向電圧は３．０Ｖであった。

[0140]

[表3]

	順方向電圧(V)	発光出力(mW)	ボンディングパッド電極の反射率(%)	ボンディング不良数(10万個中の不良数)	高温高湿度試験での不良数(100個中の不良数)	耐食性試験
実施例1	3.0	20	80	0	2	良好
実施例2	3.0	21	80	2	5	良好
実施例3	3.0	22	85	0	0	良好
実施例4	3.1	22	85	1	5	良好
実施例5	3.1	22.5	85	2	5	良好
実施例6	3.1	22	85	0	0	良好
実施例7	3.0	22	85	2	6	良好
実施例8	3.0	22	85	3	7	良好
実施例9	3.0	23	90	5	10	良好
実施例10	3.0	21	75	0	2	良好
実施例11	3.0	20.5	70	0	0	良好
実施例12	3.0	20.5	70	0	0	良好
実施例13	3.0	20.5	70	0	0	良好
実施例14	3.0	20.5	70	0	0	良好
実施例15	3.0	21	75	0	0	良好
実施例16	3.0	21	75	0	0	良好
実施例17	3.0	19	55	0	0	良好
実施例18	3.0	20.5	70	0	0	良好
比較例1	3.0	21	80	50	65	不良

[0141] その後、実施例１～１８および比較例１の半導体発光素子をＴＯ－１８缶パッケージに実装してテスターによって印加電流２０ｍＡにおける発光出力を計測した。その結果を表３に示す。

表３に示すように、実施例１～１８の発光出力は１９．５～２３ｍWの範囲であり、比較例１の発光出力は、２１ｍWであった。

[0142] また、実施例１～１８および比較例１における発光面の発光分布を調べた。その結果、実施例１～１８では、均一に発光していた。これに対し、比較例１では、発光層のうちｐ型電極の周辺に位置する部分に配置された発光層

しか発光していなかった。

[0143] 更に、実施例１～１８および比較例１において作製したボンディングパッド電極の反射率を測定した。反射率の測定は、ボンディングパッド電極を形成する時にチャンバに入れたガラス製のダミー基板に形成されたボンディングパッド電極と同じ薄膜について、分光光度計を用いて４６０ｎｍの波長領域で測定した。その結果を表３に示す。

[0144] また、実施例１～１８および比較例１の半導体発光素子（チップ）について、ボンディングテストを行った。その結果を表３に示す。

表３に示すように、実施例１、３、６、１０～１８では、１００，０００チップ中、パッド剥れ（ボンディング不良数）は０であった。また、その他の実施例についてもボンディング不良数は５以下であり、非常に少なかった。これに対し、比較例１では、１００，０００チップ中、ボンディング不良数は５０であった。

[0145] ＜チップの高温高湿度試験＞

実施例１～１８および比較例１の半導体発光素子（チップ）を高温高湿器（いすゞ製作所、μ－ＳＥＲＩＥＳ）内に入れ、温度８５℃、相対湿度８５ＲＨ%の環境下で１００個のチップに対して発光試験（チップへの通電量５ｍＡ、２０００時間）を行った。その結果を表３に示す。

表３に示すように、実施例３、６、１１～１８では、不良数が０であった。また、その他の実施例についても不良数は１０以下であり、非常に少なかった。これに対し、比較例１では、不良数は６５であった。

[0146] ＜耐食性試験＞

電流印加値２０ｍＡ、順方向電圧３．０～３．１Ｖで発光させた状態で、実施例１～１８および比較例１の半導体発光素子を水槽の水中に沈めた。

実施例１～１８では、半導体発光素子を水槽の水中に沈めた状態のまま１０分間保持した後、水中から引き上げて、再び発光特性を測定した。その結果、実施例１～１８では、水中に沈める前と水中に沈める後とで発光特性はほとんど変わらず良好であった。

これに対し、比較例１では、半導体発光素子を水槽の水中に沈めた状態のまま数秒間保持しただけで光らなくなった（不良）。

産業上の利用可能性

[0147] 本発明は、半導体発光素子並びにその製造方法及びランプに関するものであって、特に、接合性及び耐食性を向上させた電極を備えた半導体発光素子並びにその製造方法及びランプを製造・利用する産業において利用可能性がある。

符号の説明

[0148] １、１ａ…半導体発光素子、３…ランプ、１０ａ…透明保護膜、１０ｂ…縁部保護膜、１０ｃ…端部、１０ｄ…開口部、２０…積層半導体層、２１…レジスト、２２…可溶部、２３、２５…マスク、２３ａ…開口部、３１、３２…フレーム、３３、３４…ワイヤ、３５…モールド、１０１…基板、１０２…バッファ層、１０３…下地層、１０４…ｎ型半導体層、１０４ａ…ｎコンタクト層、１０４ｂ…ｎクラッド層、１０４ｃ…露出面、１０５…発光層、１０５ａ…障壁層、１０５ｂ…井戸層、１０６…ｐ型半導体層、１０６ａ…ｐクラッド層、１０６ｂ…ｐコンタクト層、１０６ｃ…上面、１０８…ｎ型電極（第２の電極）、１０９…透明電極、１０９ａ…穴部、１０９ｂ…底面、１０９ｃ…上面、１０９ｄ…内壁、１１０…接合層、１１０ｃ…傾斜面、１１０ｄ…外周部、１１１、１１２…ｐ型電極（第１の電極）、１１７…金属反射層、１１７ｃ…傾斜面、１１９…ボンディング層、１１９ｃ…傾斜面、１２０…ボンディングパッド電極、１２０ｄ…外周部。

請求の範囲

[請求項1] 基板と、

前記基板上に形成された、発光層を含む積層半導体層と、

前記積層半導体層の上面に形成された第１の電極と、

前記積層半導体層の一部が切り欠けられてなる露出面上に形成された第２の電極とを具備する半導体発光素子であって、

前記第１の電極が、前記積層半導体層の上面が露出される穴部を有する透明電極と、前記穴部の底面上および内壁上に形成された接合層と、前記接合層を覆うように形成されたボンディングパッド電極とを備えている半導体発光素子。

[請求項2] 前記積層半導体層と前記接合層との接合抵抗率が、前記透明電極と前記接合層との接合抵抗率よりも大きい請求項１に記載の半導体発光素子。

[請求項3] 前記接合層が、Ａｌ、Ｔｉ、Ｖ、Ｃｒ、Ｍｎ、Ｃｏ、Ｚｎ、Ｇｅ、Ｚｒ、Ｎｂ、Ｍｏ、Ｒｕ、Ｈｆ、Ｔａ、Ｗ、Ｒｅ、Ｒｈ、Ｉｒ、Ｎｉからなる群より選ばれた少なくとも一種の元素からなり、最大厚みが１０Å以上４００Å以下の範囲の薄膜である請求項１に記載の半導体発光素子。

[請求項4] 前記ボンディングパッド電極が、Ａｕ、Ａｌまたはこれらの金属の何れかを含む合金からなるボンディング層を含む請求項１に記載の半導体発光素子。

[請求項5] 前記ボンディングパッド電極が、前記接合層を覆うように形成された金属反射層と、前記金属反射層を覆うように形成されたボンディング層とからなり、

前記金属反射層が、Ａｇ、Ａｌ、Ｒｕ、Ｒｈ、Ｐｄ、Ｏｓ、Ｉｒ、Ｐｔ、Ｔｉからなる群より選ばれた何れかまたはこれら金属の何れかを含む合金からなる請求項４に記載の半導体発光素子。

[請求項6] 前記透明電極が、Ｉｎ、Ｚｎ、Ａｌ、Ｇａ、Ｔｉ、Ｂｉ、Ｍｇ、Ｗ

、Ｃｅ、Ｓｎ、Ｎｉからなる群より選ばれたいずれか一種を含む導電性の酸化物、硫化亜鉛または硫化クロムからなる透明な導電性材料から構成される請求項１に記載の半導体発光素子。

[請求項7] 前記積層半導体層が、窒化ガリウム系半導体を主体として構成されている請求項１に記載の半導体発光素子。

[請求項8] 前記積層半導体層が、前記基板側からｎ型半導体層、発光層、ｐ型半導体層の順に積層されてなり、前記発光層が多重量子井戸構造である請求項１に記載の半導体発光素子。

[請求項9] 請求項１～８のいずれか１項に記載の半導体発光素子と、

前記半導体発光素子が配置されるとともに前記半導体発光素子の第１の電極とワイヤボンディングされる第１フレームと、

前記半導体発光素子の第２の電極とワイヤボンディングされる第２フレームと、前記半導体発光素子を取り囲んで形成されるモールドとを備えたランプ。

[請求項10] 基板と、前記基板上に形成された発光層を含む積層半導体層と、前記積層半導体層の上面に形成された第１の電極と、前記積層半導体層の一部が切り欠けられてなる露出面上に形成された第２の電極とを具備する半導体発光素子の製造方法であって、

前記第１の電極を製造する工程が、前記積層半導体層の上面に透明電極を形成する工程と、

前記透明電極に、前記積層半導体層の上面が露出される穴部を形成する工程と、

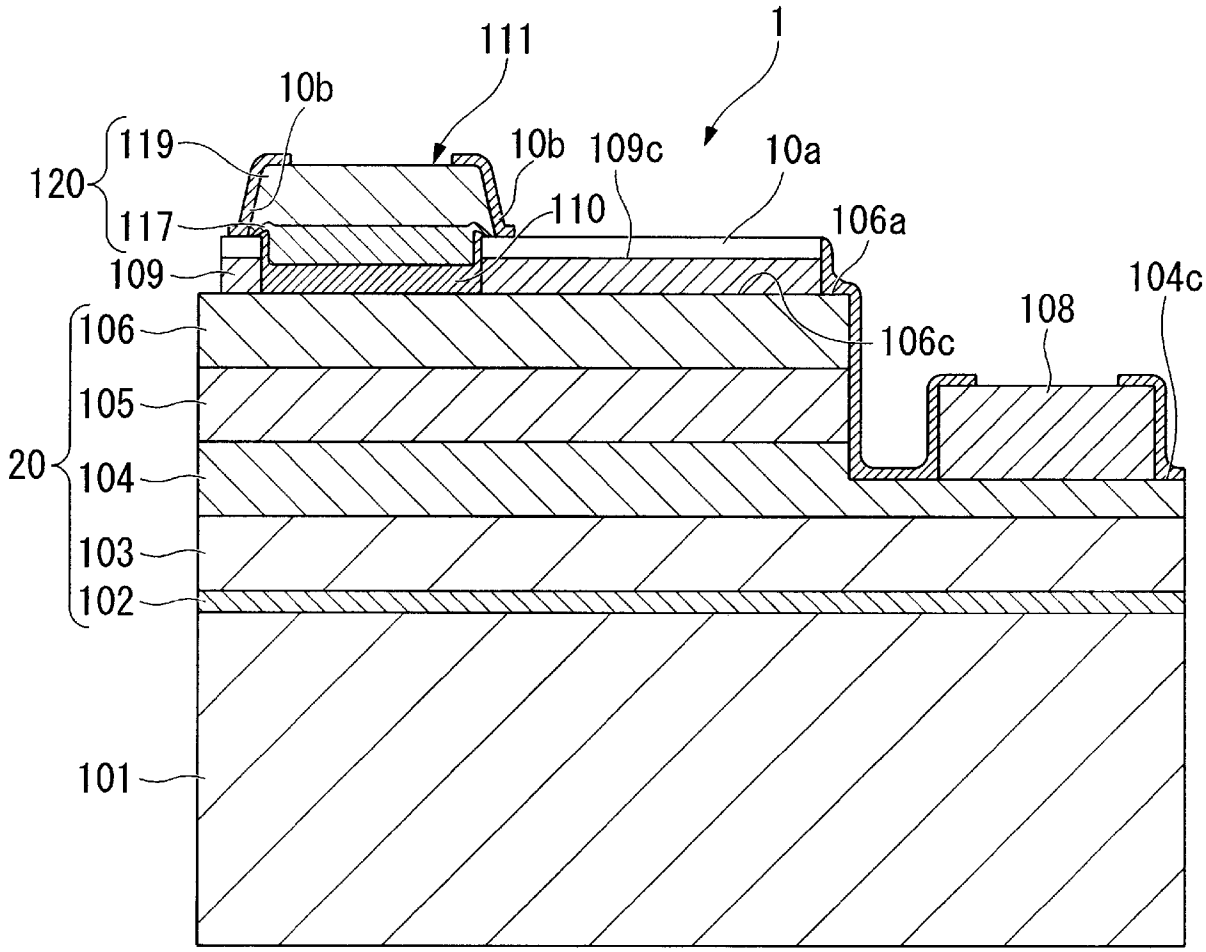
前記穴部の底面上および内壁上に接合層を形成する工程と、

前記接合層を覆うようにボンディングパッド電極を形成する工程とを備える半導体発光素子の製造方法。

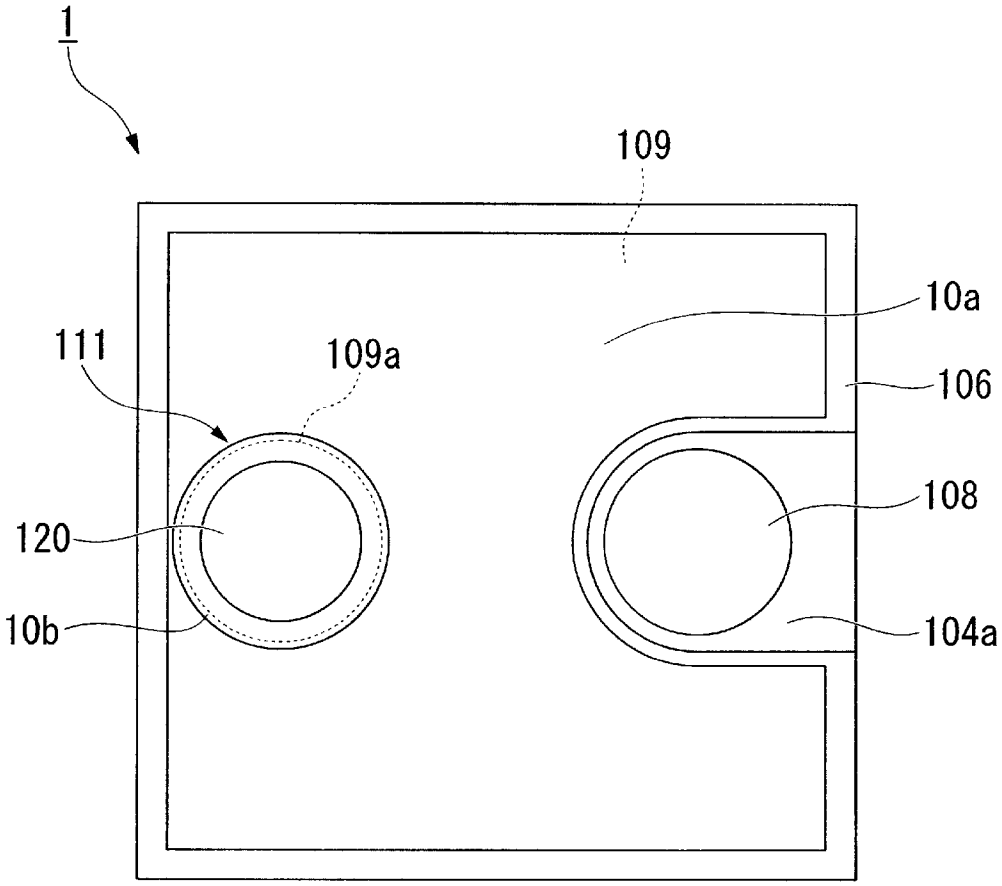
[請求項11] 請求項９に記載のランプが組み込まれている電子機器。

[請求項12] 請求項１１記載の電子機器が組み込まれている機械装置。

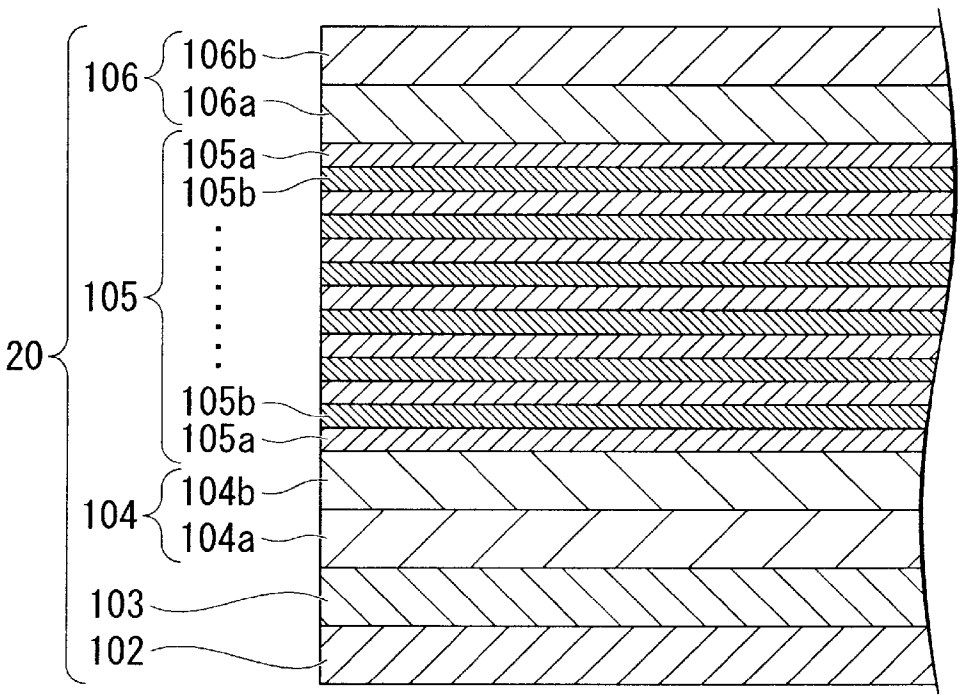
[図1]


1
111
10b
10b
109c
10a
119
120
117
110
106a
109
104c
108
106
106c
105
20
104
103
102
101

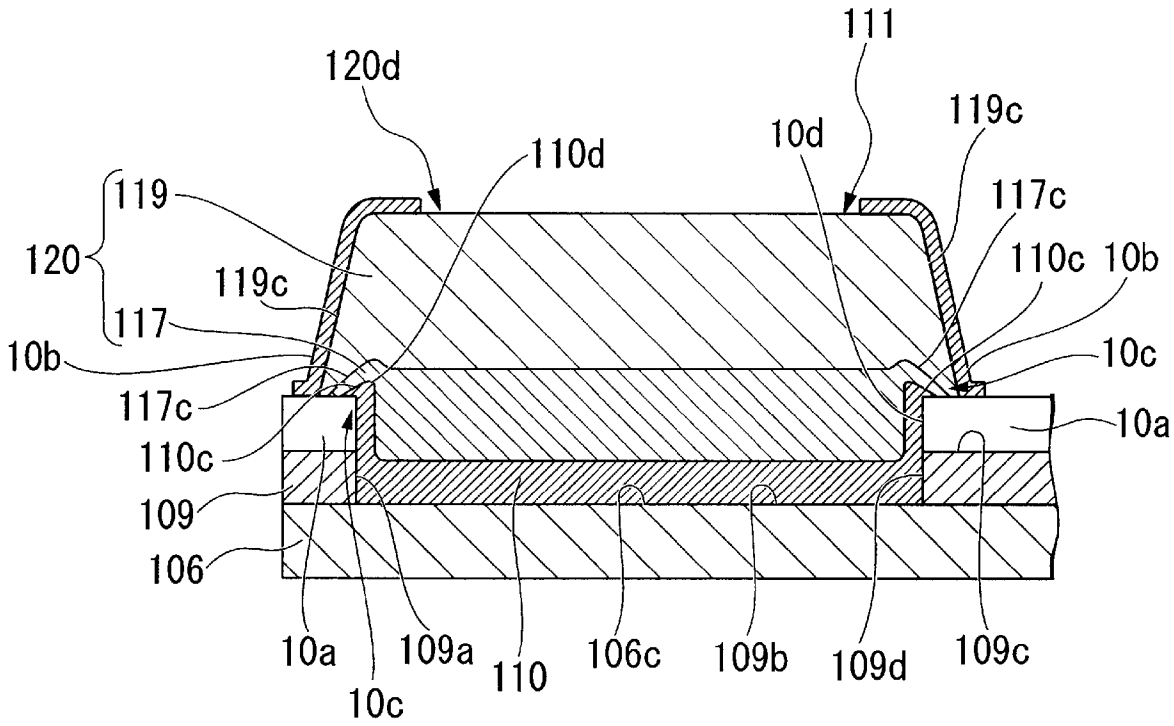
[図2]


1
109
10a
111
109a
106
108
120
10b
104a

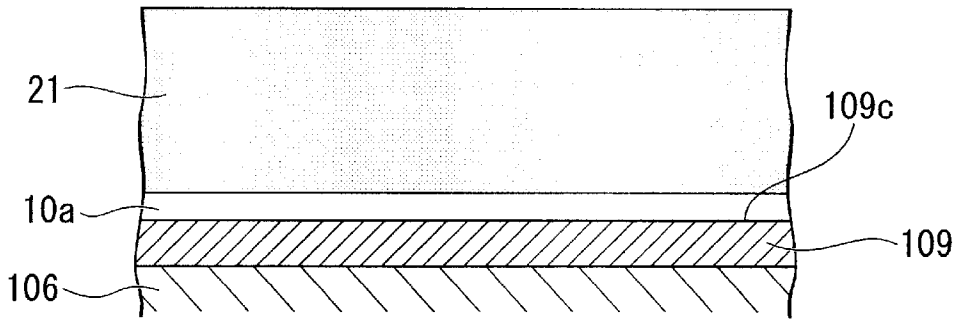
[図3]


106
106b
106a
105a
105b
105
105b
105a
104
104b
104a
20
103
102

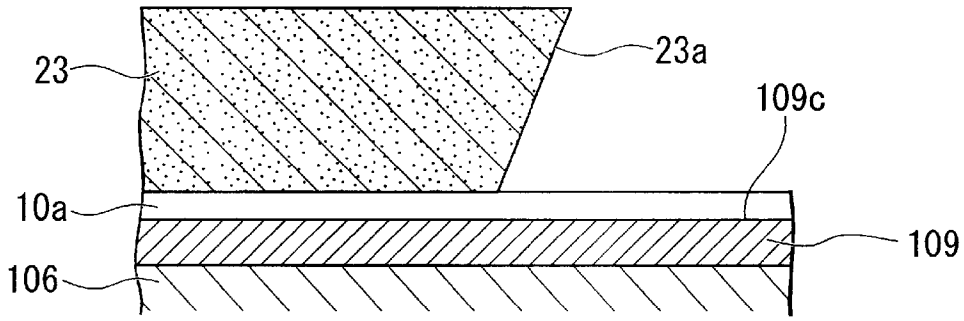
[図4]


111
120d
119c
10d
110d
119
117c
120
110c
10b
119c
117
10c
10b
117c
10a
110c
109
106
10a
109a
110
106c
109b
109d
109c
10c

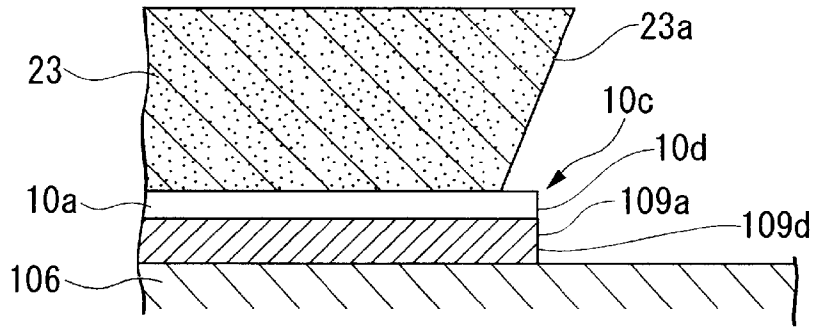
[図5A]


21
109c
10a
109
106

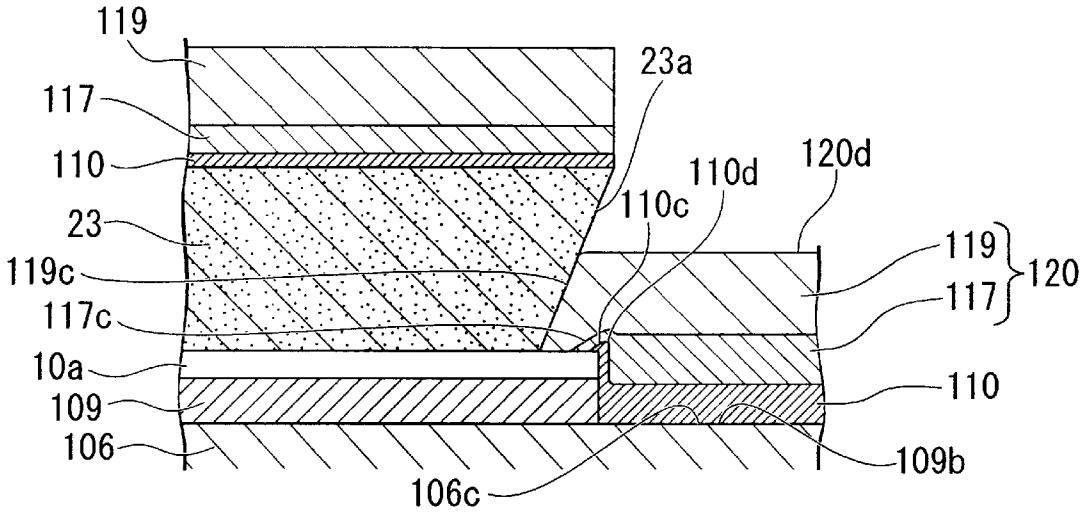
[図5B]


23
23a
109c
10a
109
106

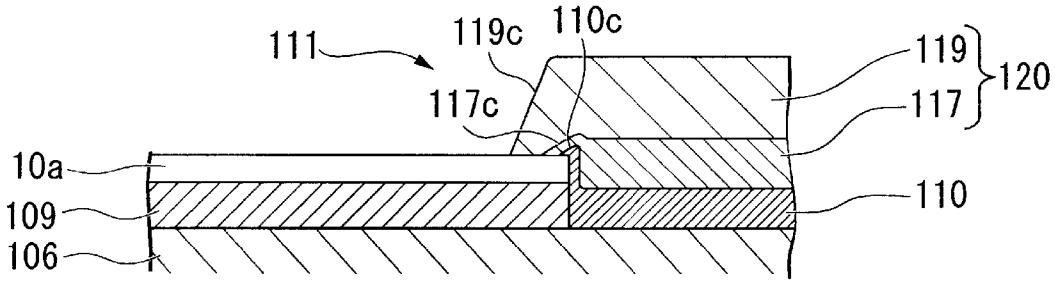
[図5C]


23
23a
10c
10d
10a
109a
109d
106

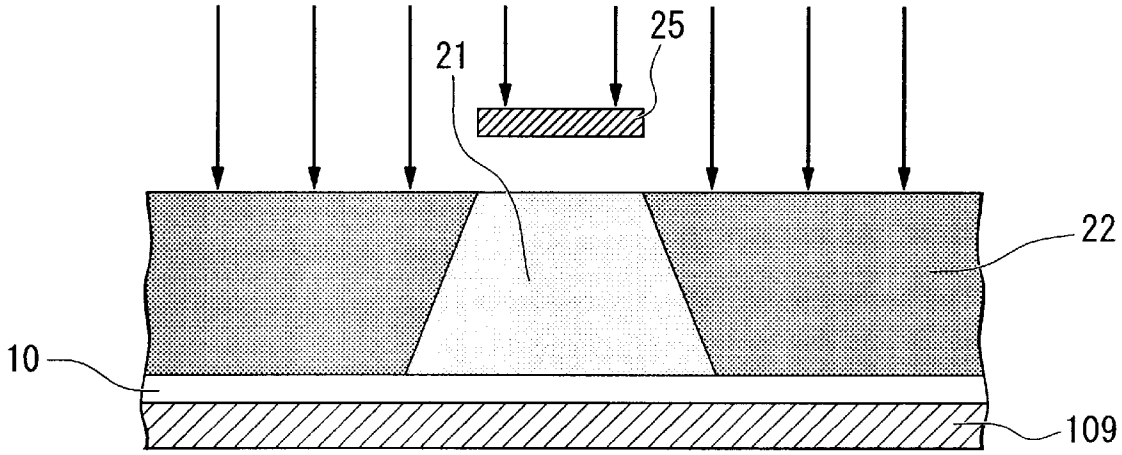
[図5D]


119
23a
117
110
110d
120d
110c
23
119
120
119c
117
117c
10a
110
109
109b
106
106c

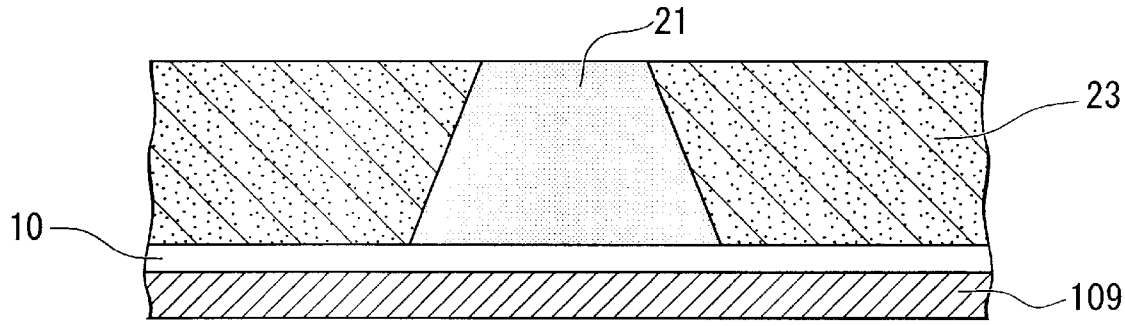
[図5E]


111
119c
110c
119
120
117c
117
10a
110
109
106

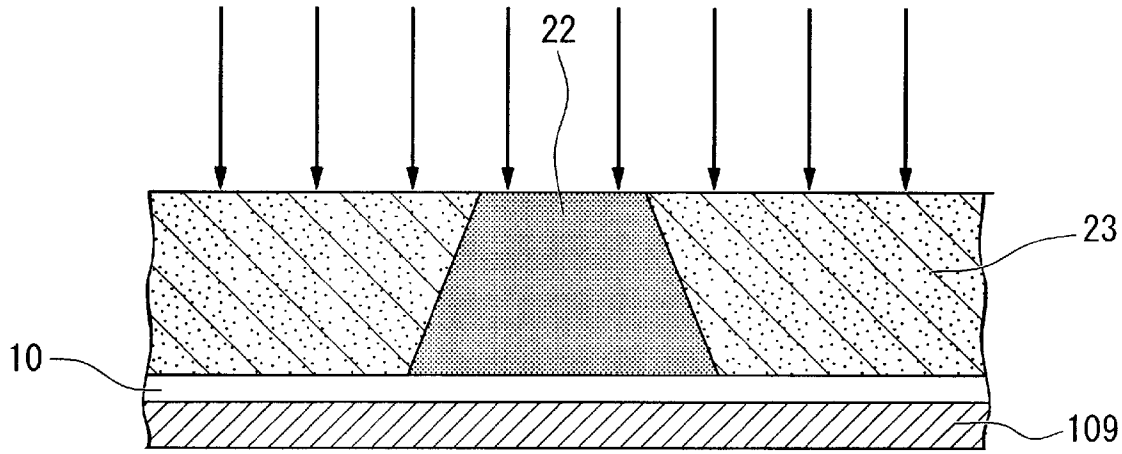
[図6A]



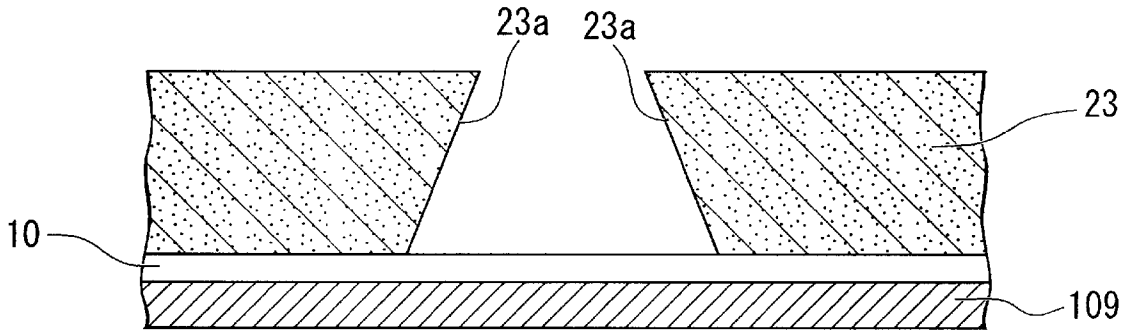
[図6B]



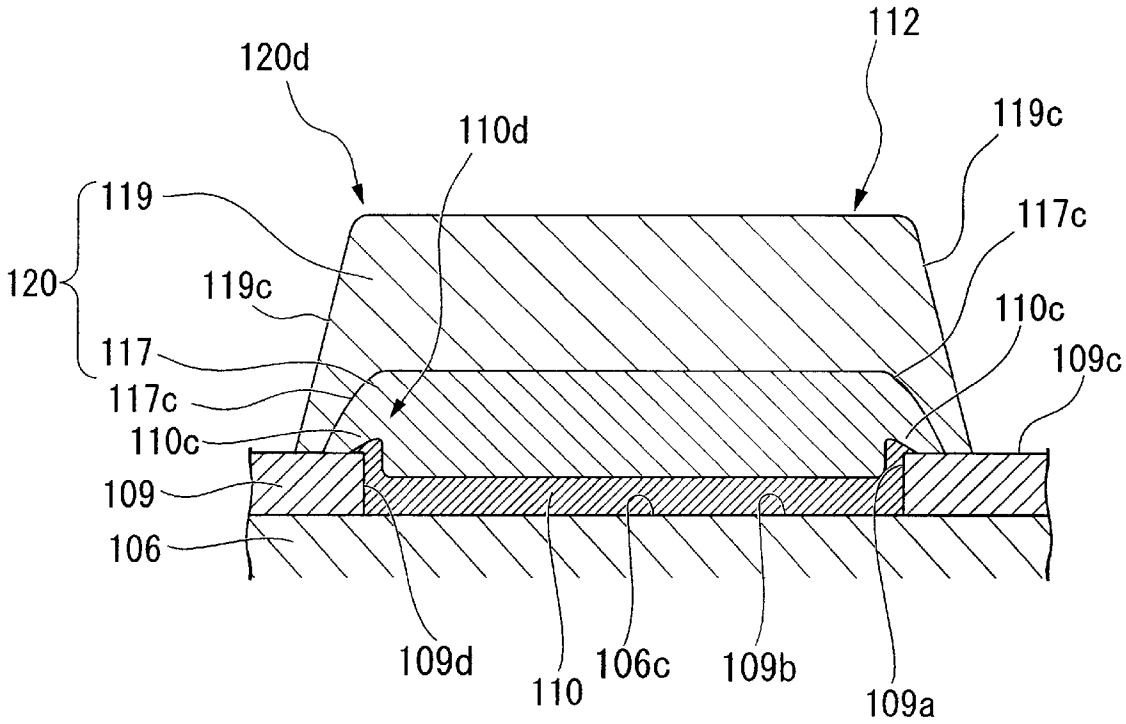
[図6C]



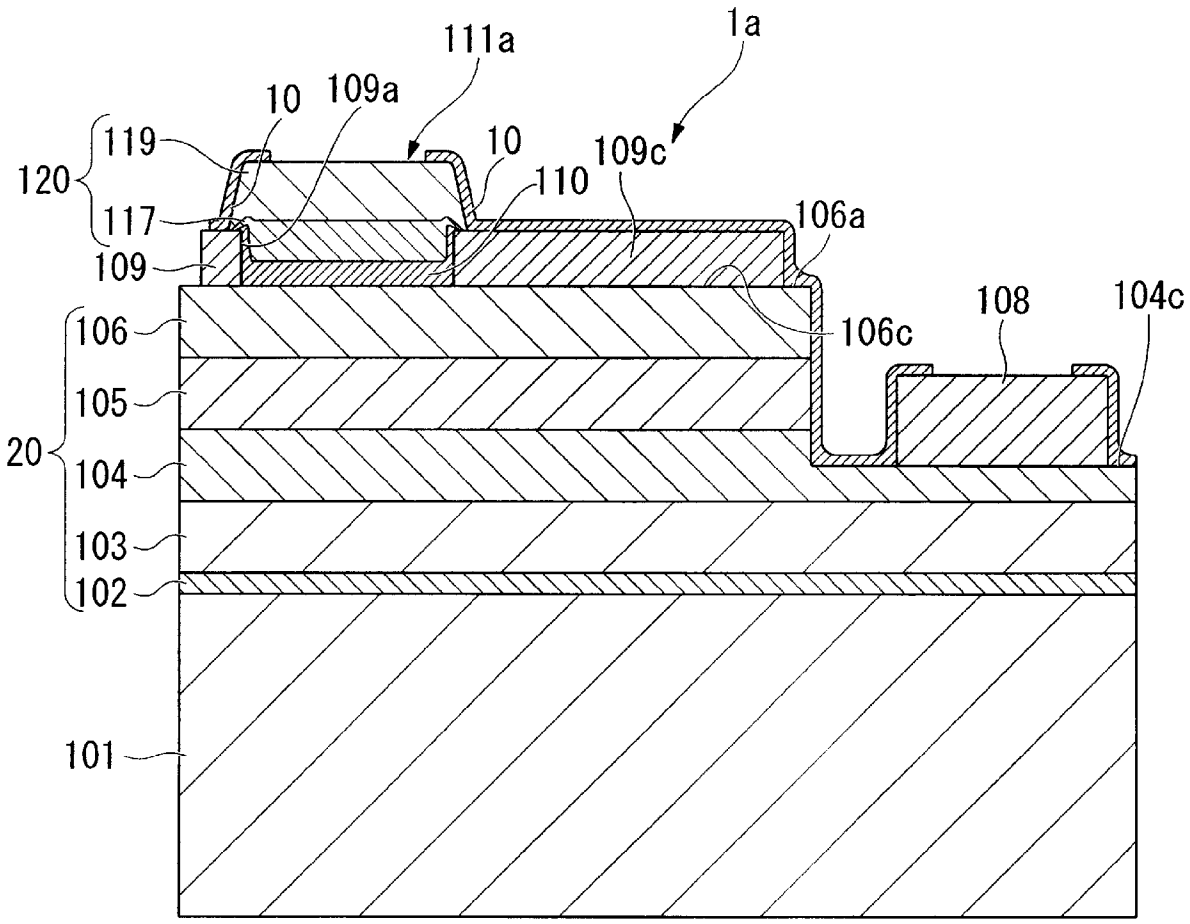
[図6D]



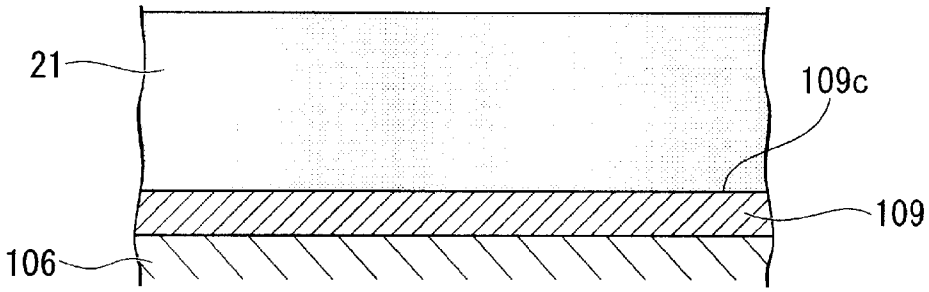
[図7]


112
120d
110d
119c
119
117c
120
119c
110c
117
109c
117c
110c
109
106
109d
110
106c
109b
109a

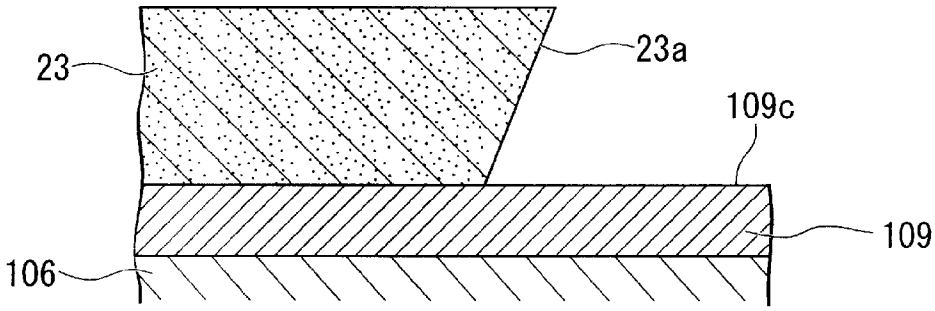
[図8]


111a
1a
10
109a
119
120
117
109
10
110
109c
106a
106
106c
108
104c
105
20
104
103
102
101

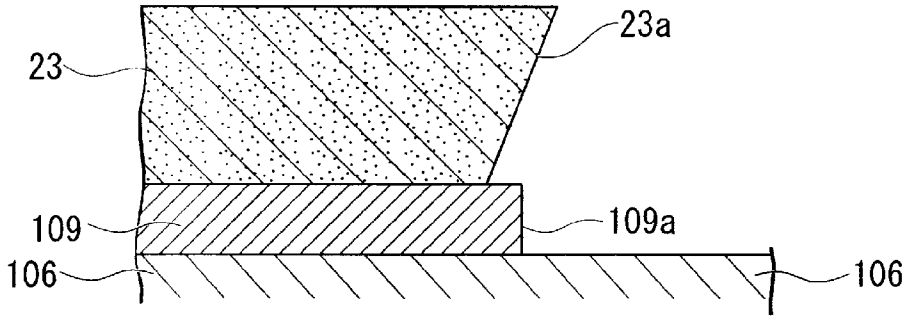
[図9A]



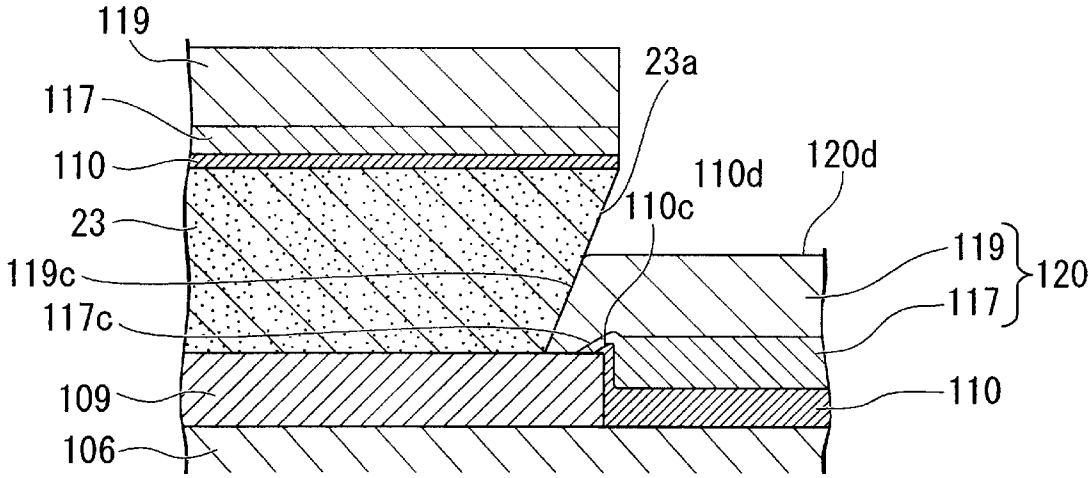
[図9B]



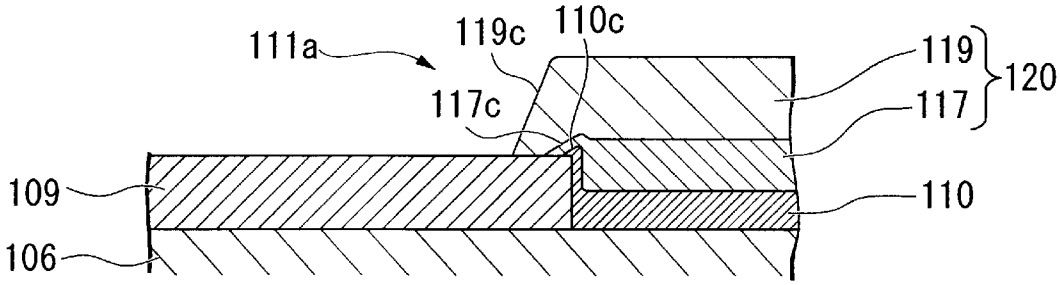
[図9C]



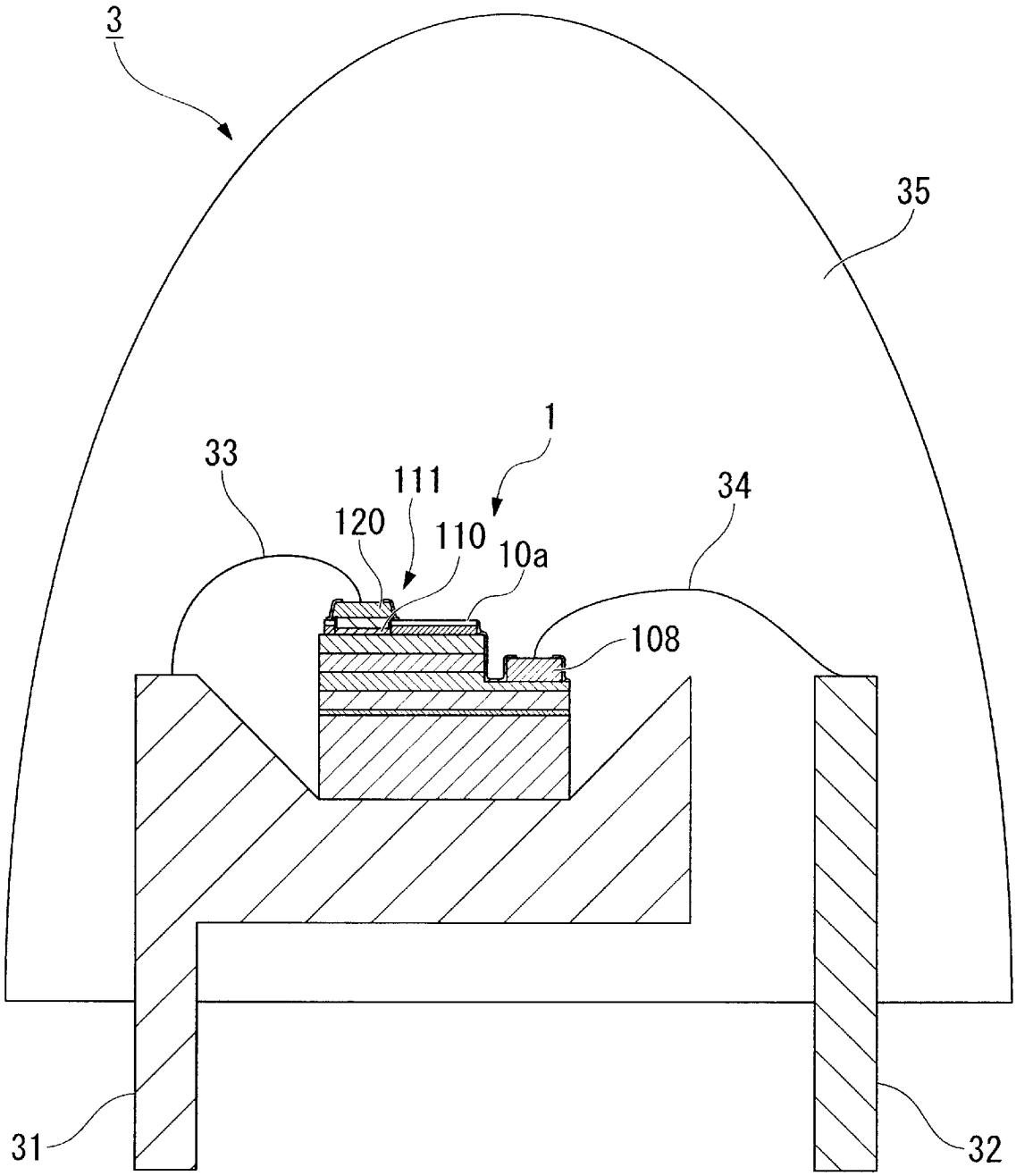
[図9D]


119
117
110
23
119c
117c
109
106
23a
110d
110c
120d
119
117
120
110

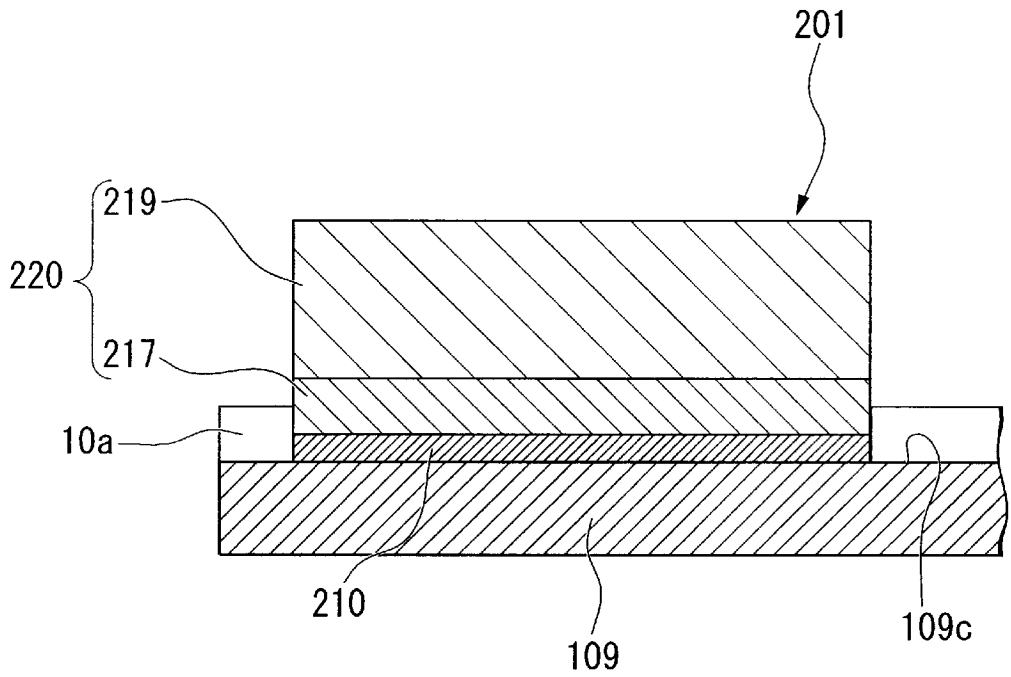
[図9E]


111a
119c
110c
117c
109
106
119
117
120
110

[図10]



[図11]



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.
PCT/JP2009/006886

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER
H01L33/36(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 2005-011857 A (Nichia Chemical Industries, Ltd.), 13 January 2005 (13.01.2005), paragraphs [0012] to [0025]; fig. 3 (Family: none)	1-7,10 8,9,11,12
X Y	JP 10-242518 A (Sanyo Electric Co., Ltd.), 11 September 1998 (11.09.1998), paragraphs [0016] to [0022]; fig. 2 (Family: none)	1,3,4,7,10 8,9,11,12
Y	JP 2006-013034 A (Toyoda Gosei Co., Ltd.), 12 January 2006 (12.01.2006), paragraph [0017] (Family: none)	8

☒ 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	Date of mailing of the international search report
26 January, 2010 (26.01.10)	09 February, 2010 (09.02.10)
Name and mailing address of the ISA/ Japanese Patent Office Facsimile No.	Authorized officer Telephone No.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.
PCT/JP2009/006886

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 2006-173506 A (Matsushita Electric Industrial Co., Ltd.), 29 June 2006 (29.06.2006), paragraph [0005]; fig. 6 (Family: none)	9,11,12
A	JP 2004-186543 A (Hitachi Cable, Ltd.), 02 July 2004 (02.07.2004), fig. 1 (Family: none)	1-12
A	JP 2003-101071 A (Hitachi Cable, Ltd.), 04 April 2003 (04.04.2003), fig. 4 (Family: none)	1-12
A	JP 10-242516 A (Sharp Corp.), 11 September 1998 (11.09.1998), fig. 5 (Family: none)	1-12

国際調査報告

国際出願番号　ＰＣＴ／ＪＰ２００９／００６８８６

Ａ．　発明の属する分野の分類（国際特許分類（ＩＰＣ））

Int.Cl.　H01L33/36(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（ＩＰＣ））

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	１９２２－１９９６年
日本国公開実用新案公報	１９７１－２０１０年
日本国実用新案登録公報	１９９６－２０１０年
日本国登録実用新案公報	１９９４－２０１０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 2005-011857 A (日亜化学工業株式会社) 2005.01.13, 段落[0012]-[0025],図３ (ファミリーなし)	1-7,10 8,9,11,12
X Y	JP 10-242518 A (三洋電機株式会社) 1998.09.11, 段落[0016]-[0022],図２ (ファミリーなし)	1,3,4,7,10 8,9,11,12

☑　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 ２６．０１．２０１０	国際調査報告の発送日 ０９．０２．２０１０
国際調査機関の名称及びあて先 日本国特許庁（ＩＳＡ／ＪＰ） 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）　２Ｋ　３４９７ 小林　和幸 電話番号　０３－３５８１－１１０１　内線　３２５５

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 2006-013034 A (豊田合成株式会社) 2006.01.12, 段落[0017] (ファミリーなし)	8
Y	JP 2006-173506 A (松下電器産業株式会社) 2006.06.29, 段落[0005],図６ (ファミリーなし)	9,11,12
A	JP 2004-186543 A (日立電線株式会社) 2004.07.02, 図１ (ファミリーなし)	1-12
A	JP 2003-101071 A (日立電線株式会社) 2003.04.04, 図４ (ファミリーなし)	1-12
A	JP 10-242516 A (シャープ株式会社) 1998.09.11, 図５ (ファミリーなし)	1-12