

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特 許 公 報(B2)

(11) 特許番号

特許第6299478号
(P6299478)

(45) 発行日 平成30年3月28日(2018.3.28)

(24) 登録日 平成30年3月9日(2018.3.9)

(51) Int.Cl.

H01L 33/50 (2010.01)

F I

H01L 33/50

請求項の数 16 (全 19 頁)

(21) 出願番号 特願2014-128490 (P2014-128490)
 (22) 出願日 平成26年6月23日(2014.6.23)
 (65) 公開番号 特開2015-29079 (P2015-29079A)
 (43) 公開日 平成27年2月12日(2015.2.12)
 審査請求日 平成29年2月10日(2017.2.10)
 (31) 優先権主張番号 特願2013-134358 (P2013-134358)
 (32) 優先日 平成25年6月26日(2013.6.26)
 (33) 優先権主張国 日本国(JP)

(73) 特許権者 000226057
 日亜化学工業株式会社
 徳島県阿南市上中町岡491番地100
 (74) 代理人 100100158
 弁理士 鮫島 睦
 (74) 代理人 100138863
 弁理士 言上 恵一
 (74) 代理人 100145403
 弁理士 山尾 憲人
 (72) 発明者 市川 将嗣
 徳島県阿南市上中町岡491番地100
 日亜化学工業株式会社内
 (72) 発明者 島津 武仁
 宮城県仙台市青葉区片平二丁目1番1号
 国立大学法人東北大学内

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 発光装置およびその製造方法

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項1】

半導体層と一対の電極を含み、該一対の電極が設けられた面とは反対側の面を光出射面とする発光素子、および光学部材を備える発光装置であって、

前記光学部材が、前記発光素子の光出射面に、金属膜を介在して接合され、

前記金属膜は、厚さが、成膜速度換算で0.05nm以上、かつ当該金属膜を形成する金属原子の原子径の2倍以下であることを特徴とする発光装置。

【請求項2】

前記金属膜の厚さが、成膜速度換算で当該金属膜を形成する金属原子の原子径の2倍未満であることを特徴とする請求項1に記載の発光装置。

【請求項3】

前記金属膜の厚さが、成膜速度換算で当該金属膜を形成する金属原子の原子径以下であることを特徴とする請求項1又は2に記載の発光装置。

【請求項4】

前記金属膜は、互いに分離された複数の金属部からなることを特徴とする請求項1～3のいずれか1つに記載の発光装置。

【請求項5】

前記発光素子は、前記半導体層、または前記半導体層を積層した基板が、前記金属膜又は金属部を介して前記光学部材に接合されることを特徴とする請求項1～4のいずれか1つに記載の発光装置。

【請求項 6】

前記金属膜又は金属部は、Al, Ti, Auから選択される1種または2種以上の合金からなることを特徴とする請求項1～5のいずれか1つに記載の発光装置。

【請求項 7】

前記発光素子と前記光学部材間の一部は、表面活性化接合により接合されていることを特徴とする請求項1～6のいずれか1つに記載の発光装置。

【請求項 8】

前記金属膜は、Alを含むことを特徴とする請求項1～7のいずれか1つに記載の発光装置。

【請求項 9】

前記金属膜は、Auを含み、

前記光学部材は、前記発光素子からの光を500～600nmにピーク波長を有する光に変換する波長変換部材であることを特徴とする請求項1～8のいずれか1つに記載の発光装置。

【請求項 10】

前記発光素子の光出射面とは反対側の面に、反射層を有することを特徴とする請求項1～9のいずれか1つに記載の発光装置。

【請求項 11】

半導体層と一対の電極を含み、該一対の電極が設けられた面とは反対側の面を光出射面とする発光素子と前記光出射面に接合された光学部材とを備えた発光装置の製造方法であって、

前記光学部材および前記発光素子の少なくとも一方の接合面に、金属膜を、成膜速度換算で0.05nm以上、かつ当該金属膜を形成する金属原子の原子径以下の厚さに成膜する金属膜成膜工程と、

前記接合面同士を接合する接合工程と、を不活性ガス雰囲気で行うことを特徴とする発光装置の製造方法。

【請求項 12】

前記金属膜成膜工程の前に、前記発光素子および前記光学部材のそれぞれの接合面の算術平均粗さRaを1nm以下にする接合面平滑化工程を行うことを特徴とする請求項11に記載の発光装置の製造方法。

【請求項 13】

前記金属膜成膜工程において、前記金属膜を、成膜速度換算で0.05nm以上、かつ当該金属膜を形成する金属原子の原子径未満の厚さに成膜することを特徴とする請求項11又は12に記載の発光装置の製造方法。

【請求項 14】

前記金属膜成膜工程における前記金属膜は、成膜速度換算で0.05nm以上、かつ当該金属膜を形成する金属原子の原子径の半分以下の厚さに成膜することを特徴とする請求項11又は12に記載の発光装置の製造方法。

【請求項 15】

前記接合工程の前に、前記発光素子の接合面及び/又は前記光学部材の接合面を活性化する接合面活性化工程を含む請求項11～14のいずれかに記載の発光装置の製造方法。

【請求項 16】

前記接合面活性化工程において、前記接合面をキャリアガスのイオン又はプラズマに曝すことにより活性化する、請求項15に記載の発光装置の製造方法。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、半導体発光素子が搭載された発光装置、およびその製造方法に関する。

【背景技術】

【0002】

10

20

30

40

50

発光ダイオード（LED）やレーザーダイオード（LD）等の半導体発光素子を搭載した発光装置は、波長等の所望の光学特性の光を取り出すために、波長変換部材やレンズ等の光学部材を半導体発光素子に接触させて備えることがある。このような発光装置において、例えば波長変換部材として、YAG系蛍光体のような複合酸化物や窒化物、あるいは前記の蛍光体を粉末状に粉砕して添加した透光性樹脂が適用される。

【0003】

半導体発光素子は、当該半導体発光素子を構成する窒化物系半導体やこの窒化物系半導体を形成するためのサファイア等からなる基板が高屈折率材料であるのに対して、透光性樹脂は一般に屈折率が低く、また熱膨張率が高い。そのため、このような透光性樹脂で形成された光学部材を備えた発光装置は、半導体発光素子から出射した光が光学部材との界面で反射し易く光の取出し効率が低下し、また、熱膨張率の差により光学部材と半導体発光素子が剥離する虞がある。さらに樹脂は熱伝導率が低いため、放熱性に劣る。一方、セラミックのような無機材料は、樹脂と比較して、熱膨張率が半導体発光素子に近く、熱伝導率が高く、また高屈折率の材料を選択することができる。しかし、無機材料で形成された光学部材は、発光装置において、通常、予め板状に成形されたものを半導体発光素子に貼り合わせて設けられ、そのために半導体発光素子との間に透光性樹脂からなる接着剤の層が介在されることになる。

10

【0004】

そこで、無機材料で形成された光学部材を、半導体発光素子に、接着剤によらずに接合する方法が開発されている。例えば特許文献1には、半導体発光素子の形成前の基板の裏面にGaN等で核生成層を形成し、この核生成層をセラミックに熱圧着した発光装置が開示されている。しかしながら、特許文献1に記載された接合方法は、200～500程度の高温で圧着するために、半導体発光素子を劣化させることになり、あるいは低温での圧着では強固に接合されずに剥離する虞がある。

20

【0005】

また、高温での処理を要しない接合方法として、本願発明者により、表面活性化接合で、YAGのような無機材料からなる波長変換部材を半導体発光素子のサファイア基板に接合した発光装置が開発されている（特許文献2参照）。

【0006】

一方、半導体素子（半導体装置）において、当該半導体素子を形成したウェハを別のウェハ等に接合するために、低温での接合方法が開発されている。例えば特許文献3～5および非特許文献1には、原子拡散接合により、室温でウェハ等の2つの部材を強固に接合する技術が開示されている。

30

【先行技術文献】

【特許文献】

【0007】

【特許文献1】特開2006-352085号公報

【特許文献2】国際公開第2011/126000号

【特許文献3】特開2010-46696号公報

【特許文献4】特開2011-235300号公報

【特許文献5】特開2012-223792号公報

40

【非特許文献】

【0008】

【非特許文献1】T. Shimatsu, M. Uomoto, "Atomic diffusion bonding of wafers with thin nanocrystalline metal films", Journal of Vacuum Science & Technology B Volume 28, Issue 4, p.706, 2010

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0009】

特許文献2に記載された表面活性化接合では、SiO₂等のSi系酸化物を接合するこ

50

とが困難であり、またサファイア同士の接合強度が強くないため、例えばガラスやサファイアでレンズを形成する場合には不向きである。特許文献 3 ～ 5 等に記載された原子拡散接合では、不活性ガス雰囲気、ウェハ等の 2 つの被接合部材の各接合面に Al 等の金属膜を成膜して、接合面同士を重ね合わせることで、それぞれの金属膜同士が金属の原子拡散により強固に接合される。したがって、発光装置に適用されると、半導体発光素子から発光した光が接合面の金属膜に反射、吸収されて、光の取出し効率が低下することになる。また、金属膜が半導体発光素子の側面に被覆されると短絡の虞がある。

【 0 0 1 0 】

本発明は前記問題点に鑑みてなされたものであり、光学部材を半導体発光素子（以下、発光素子と記す）に強固に接合して備え、光の取出し効率の高い発光装置、およびその製造方法を提供することが課題である。

10

【課題を解決するための手段】

【 0 0 1 1 】

本願発明者は、被接合部材の制限の比較的少ない原子拡散接合について研究した結果、金属膜が光の出射を妨げない程度に薄く形成されても、光学部材と発光素子を接合し得ることに想到した。すなわち本発明に係る発光装置は、半導体層を有する発光素子および光学部材を備え、前記光学部材が前記発光素子の光出射面に金属膜を介在して接合され、前記金属膜が、厚さが成膜速度換算で 0 . 0 5 n m 以上かつ当該金属膜を形成する金属原子の原子径の 2 倍以下であることを特徴とする。

【 0 0 1 2 】

20

本発明に係る発光装置の製造方法は、半導体層を有する発光素子の光出射面に光学部材が接合された発光装置を製造するものである。本発明に係る発光装置の製造方法は、前記光学部材および前記発光素子の少なくとも一方の接合面に、金属膜を成膜速度換算で 0 . 0 5 n m 以上かつ当該金属膜を形成する金属原子の原子径以下の厚さに成膜する金属膜成膜工程と、前記接合面同士を接合する接合工程とを不活性ガス雰囲気で行うことを特徴とする。

【発明の効果】

【 0 0 1 3 】

30

本発明に係る発光装置によれば、接合面に、発光素子の発光した光をほとんど反射、吸収しない程度の極めて薄い金属膜を成膜することにより、光の取出し効率を低下させずに、光学部材を強固に接合して備えることができる。本発明に係る発光装置の製造方法によれば、前記の発光装置を容易に製造することができる。

【図面の簡単な説明】

【 0 0 1 4 】

【図 1】本発明に係る発光装置の構造を説明する模式図であり、(a) は断面図、(b) は接合の機構を説明するためのモデルで (a) の破線枠の拡大図である。

【図 2】本発明の実施形態に係る発光装置の製造方法を説明する模式図であり、(a) は個片化前の発光素子の断面図、(b) は金属膜成膜工程における断面図、(c) は接合工程における断面図である。

40

【図 3】発光素子と光学部材の接合状態を示すための発光装置を模擬したサンプルの像であり、(a) ～ (c) は本発明の実施例の単色光観察像、(d)、(e) は参考例の超音波顕微鏡像である。

【図 4】発光素子と光学部材の接合状態を示すための本発明に係る発光装置を模擬したサンプルの入射角 0 ° における分光透過率曲線である。

【図 5】(a) ～ (g) は、発光素子と光学部材の接合状態を示すための本発明に係る発光装置を模擬したサンプルの外観写真である。

【図 6】発光素子と光学部材の接合状態を示すための本発明に係る発光装置を模擬したサンプルの分光透過率曲線であり、(a) は入射角 0 °、(b) は入射角 5 0 ° である。

50

【発明を実施するための形態】

【0015】

本発明に係る発光装置は、電極を設けた側と反対側の面を光の主な出射面（以下、光出射面）とするフリップチップ実装（フェイスダウン実装）対応の発光素子と、この発光素子の前記光出射面である基板表面（裏面）に、波長変換部材等の光学部材を接合して備える。以下、本発明の実施形態に係る発光装置およびその製造方法について、図面を参照して説明する。

【0016】

〔発光装置〕

図1(a)に示すように、本発明の一実施形態に係る発光装置10は、一对の電極51, 52を下に向けて搭載された発光素子1と、発光素子1の上面の基板2に接合された平板状の波長変換部材（光学部材）7を備え、光を主に上方へ放射する。発光装置10は、発光素子1を載置し、電極51, 52に接続する配線基板（図示せず）をさらに備えてもよいし、あるいは発光素子1が電極51, 52にバンプ（図示せず）を接続されて、外部に電氣的に接続されるようにしてもよい。また、図1(b)に示すように、発光装置10は、発光素子1（基板2）と波長変換部材7との界面に、金属原子8aが当該界面に沿って連なって形成された金属膜8を備える。以下、発光装置10を構成する要素について、詳細に説明する。

【0017】

（発光素子）

発光素子1は、電圧を印加することで自ら発光する半導体素子（半導体発光素子）であり、例えば発光ダイオード（LED）である。図1に示す発光装置10においては、発光素子1は、基板2を上に向けてフェイスダウン実装されているが、その製造時には基板2が下になる（図2(a)参照）。すなわち図1(a)を上下逆にして説明すると、発光素子1は、透光性の基板2上に半導体構造体3が形成され、その上に、n側の電極としてn側パッド電極51が、p側の電極として全面電極41、カバー電極42およびp側パッド電極52がそれぞれ設けられ、さらにパッド電極51, 52を露出させる開口部を備えた保護膜6が上面に設けられている。本発明に係る発光装置10において、平面視における発光素子1の形状、ならびにパッド電極51, 52の形状、位置および個数は特に規定されない。

【0018】

発光素子1の基板2は、半導体構造体3（活性層32）が発光した光を透過し、後記するように窒化物半導体をエピタキシャル成長させることができる基板材料であればよく、大きさや厚さ等は特に限定されない。このような基板材料としては、C面、R面、A面のいずれかを主面とするサファイア、（111）面を主面とするスピネル（ $MgAl_2O_4$ ）のような絶縁性基板、また炭化ケイ素（SiC）、ZnS、ZnO、Si、GaAs、GaN、ダイヤモンド、および窒化物半導体と格子接合するニオブ酸リチウム、ガリウム酸ネオジウム等の酸化物基板が挙げられる。

【0019】

窒化物半導体の成長時等の、発光素子1の製造段階においては、多数の発光素子1が1枚の基板2（ウェハ）に形成されるので、基板2は基台としてある程度の強度を要し、十分な厚さとする必要がある。一方、発光素子1を構成する半導体構造体3やパッド電極51, 52等が形成された後は、分割し易いように、裏面から基板2を研削（バックグラインド）する等して薄肉化されることが好ましい。このとき、波長変換部材7との接合面となる基板2の裏面は、算術平均粗さRaが1nm以下になるように平滑化されることが好ましい。

【0020】

発光素子1の半導体構造体3は、n型半導体層31、活性層32、p型半導体層33を順次、エピタキシャル成長させて積層してなり、これらの各層としては、特に限定されるものではないが、例えば $In_xAl_{1-y}Ga_{1-x-y}N$ （ $0 < x, 0 < y, x + y < 1$ ）等の窒

化ガリウム系化合物半導体が好適に用いられる。n型半導体層31、活性層32、およびp型半導体層33は、それぞれ単層構造でもよいが、組成および膜厚の異なる層の積層構造、超格子構造等であってもよい。特に発光層である活性層32は、量子効果が生ずる薄膜を積層した単一量子井戸または多重量子井戸構造であることが好ましく、さらに井戸層がInを含む窒化物半導体であることが好ましい。また、基板2上に、任意に基板2との格子定数の不整合を緩和させるためのバッファ層等の下地層（図示せず）を介してn型半導体層31を形成してもよい。

【0021】

発光素子1は、上側（図1においては下側）にn型半導体層31とp型半導体層33のそれぞれに接続する電極が形成されるため、半導体構造体3は、平面視における一部の領域には活性層32およびp型半導体層33が積層されずにn型半導体層31のみとして、その上にn側パッド電極51を接続できるようにする。このような半導体構造体3は、基板2上にn型半導体層31、活性層32、p型半導体層33を順次、成長させて積層した後、フォトリソグラフィおよびエッチングにより、n側パッド電極51が形成される領域（n側コンタクト領域）においてn型半導体層31が露出するようにp型半導体層33および活性層32を除去して形成される。さらに半導体構造体3は、平面視における周縁部でも、n側コンタクト領域と同様にp型半導体層33および活性層32が除去されていることが好ましい。半導体構造体3は、このような形状とすることで、発光素子1の製造において、当該発光素子1が面方向に連結した状態（図2（a）参照）で、個片化（スクライプまたはダイシング）を容易にするための溝が形成される。

【0022】

p型半導体層33は、上に、全面電極41、カバー電極42、p側パッド電極52が順に積層される。全面電極41は、p型半導体層33に電流を面内均一に拡散するための電極であり、またフリップチップ実装をする発光素子1において、活性層32で発光した光を光取出し面である基板2の側へ反射するための反射層としても機能する。カバー電極42は、全面電極41と同様にp型半導体層33の全面に電流を拡散するとともに、全面電極41の上面および側面を被覆して、全面電極41をp側パッド電極52に接触しないように遮蔽し、全面電極41の材料、特にAgのマイグレーションを防止するためのバリア層として機能する。したがって、全面電極41は、p型半導体層33の上面におけるだけ多くの、より全面に近い領域に形成されるが、その端面を被覆するカバー電極42が設けられるように、平面視でカバー電極42よりも一回り小さく形成される。n側パッド電極51およびp側パッド電極52は、発光素子1の外部から電流を供給する端子である。これらの電極は、後記のそれぞれの材料を、例えば、スパッタリングや蒸着により、順次積層して形成することができる。

【0023】

全面電極41は、p型半導体層33と電氣的に良好に接続できるオーミック電極であることが好ましく、また、少なくとも活性層32で発光する光の波長に対して、良好な反射率を有することが好ましい。したがって、全面電極41は、光の反射率の高いAgやその合金からなる膜の単層膜、あるいは前記Ag等の膜を最下層とするNi、Ti等との多層膜を好適に用いることができる。より好ましくは、Agを最下層（p型半導体層33側）とするAg/Ni/Ti/Pt、Ag/Ni/Ti/Ru、Ag/Ni/Ru等の多層膜を用いることができ、この多層膜の膜厚は、例えば、それぞれ1000nm程度とすることができる。

【0024】

カバー電極42は、例えば、Ti、Au、W、Al、Cu等の金属、またはこれらの金属の合金であるAlCu合金、AlCuSi合金等の単層膜、あるいはこれらの金属または合金の多層膜を用いることができる。特に、Tiを最下層（全面電極41側）とするTi（最下層）/Au/W/Tiの多層膜を用いることが好ましい。

【0025】

p側パッド電極52がカバー電極42および全面電極41を介してp型半導体層33に

10

20

30

40

50

電氣的に接続するのに対して、 n 側パッド電極 51 は n 型半導体層 31 に直接に接続（接触）する。パッド電極 51, 52 は、一般的な半導体素子と同様に、 Au , Cu , Ni , Ti , Al , Pt , Cr , Rh 等の金属やこれらの合金のような金属電極材料の単層、または多層膜を用いることができる。パッド電極 51, 52 は、例えば、 Cu 単層または Cu/Ni 積層膜を下層とし、 Au または $AuSn$ 合金を上層とする多層膜とすることができる。また、 n 側パッド電極 51 は、 n 型半導体層 31 との良好な電氣的コンタクトを得るために、最下層に Ti , Al 、または $AlCuSi$ 合金、 $AlCu$ 合金等が適用されることが好ましく、具体的には、下から、 Ti/Au 、 $Ti/Ni/Au$ 、 $Al/Ti/Au$ 、 $Al/Ti/Pt/Au$ 、 $Ti/Pt/Au$ 、 $AlCuSi/Ti/Pt/Au$ 等の多層膜が挙げられる。

10

【0026】

保護膜 6 は、半導体構造体 3 の露出した表面（上面および端面）や、電極における外部との接続領域（開口部）を除く表面を被覆する。本実施形態で製造される発光素子 1 においては、保護膜 6 は、半導体構造体 3 の表面およびカバー電極 42 の上面、さらにパッド電極 51, 52 の周縁に形成される。保護膜 6 は、 Si , Ti , Ta , Nb , Zr , Mg 等の酸化物（ SiO_2 , TiO_2 , Ta_2O_5 , Nb_2O_5 , ZrO_2 , MgO ）、 Si 窒化物（例えば Si_3N_4 ）、 AlN 等の窒化物、あるいはフッ化マグネシウム（ MgF_2 ）等が適用できる。これらの材料は、スパッタリングや蒸着等の公知の方法によって成膜することができる。なお、発光素子 1 において、保護膜 6 は、パッド電極 51, 52 の前（下層）に形成されてもよい（図示せず）。

20

【0027】

本発明に係る発光装置に搭載される発光素子は、当該発光素子の基板側に光を出射するフェイスダウン実装のものであれば、構造は特に限定されない。例えば、発光素子 1 は、パッド電極 51, 52 上（図 1 における下）に、ピラー（柱状）電極を接続して、 n 側、 p 側の電極の接続面の高さ位置を揃えてもよく、あるいはバンプや共晶合金の層を設けてもよい。また、発光素子 1 は、 p 型半導体層 33 上の全面電極 41 に代えて誘電体の多層膜を反射膜として備えることもできる。このような発光素子は、 p 型半導体層の略全面に透明電極材料である導電性酸化膜を被覆し、その上に多数の孔を形成した多層膜を積層し、さらにその上に p 側パッド電極を形成して、多層膜の孔で導電性酸化膜に接続する（図示せず）。

30

【0028】

（波長変換部材）

波長変換部材 7 は、蛍光体として一般に用いられる酸化物、窒化物、酸窒化物等、あるいは前記の蛍光体と一体に焼結して形成されたガラス等の無機材料を適用することができ、発光素子 1 の発光色と組み合わせ、所望の色調の光が得られる蛍光体を選択する。蛍光体は、具体的には、 Y （イットリウム）、 Al （アルミニウム）、および Ga （ガリウム）を混合して Ce 等で賦活された YAG 系蛍光体や、 Eu , Ce 等のランタノイド系元素で主に賦活された、窒化物系蛍光体、酸窒化物系蛍光体等が適用される。また、波長変換部材 7 は、発光素子 1 との接合前において、接合面を、発光素子 1（基板 2）と同様に、算術平均粗さ Ra を 1 nm 以下に平滑化されていることが好ましい。

40

【0029】

図 1 (a) に示すように、本実施形態に係る発光装置 10 において、波長変換部材 7 は平板状で、平面視で発光素子 1 よりも一回り大きく形成されるが、形状はこれに限定されない。波長変換部材 7 は、例えば上面（接合面の反対側）が球面の凸レンズ状に成形されてもよい。あるいは、発光装置 10 は、波長変換部材 7 に代えて、蛍光体を有しない、 SiO_2 、サファイア、ガラス等の無機材料で形成されたレンズ等の光学部材を発光素子 1 に接合して備えてもよい（図示せず）。

【0030】

（金属膜）

金属膜 8 は、発光素子 1（基板 2）と波長変換部材 7 を接合するために両者の界面に設

50

けられる。金属膜 8 は、「膜」と称するが、正確には図 1 (b) に示すように、当該金属膜 8 を形成する金属原子 8 a が、基板 2 と波長変換部材 7 の界面に沿って連なっていて、金属原子 8 a の一部が重なり合うものの必ずしも連続した膜状に形成されていない。

【 0 0 3 1 】

具体的には、金属膜 8 は、成膜速度換算で金属原子の原子径の 2 倍以下の厚さであり極めて薄く、均一の膜厚とした場合でも、2 原子層以下の膜である。また、本実施形態では、例えば、サファイア又はガラスなどの金属とは異なる材料からなる異種基板の上に、形成された金属膜であることから、厚さが均一な 1 又は 2 原子層の膜にはならないこともある。しかしながら、本実施形態では、金属膜 8 は、連続した膜に成長する前の複数の微細な結晶（金属部）が分離した状態で点在していてもよい。すなわち、2 原子層以下のほぼ均一な膜厚を有する金属膜であっても、成膜速度換算で金属原子の原子径の 2 倍以下の厚さにより規定された点在する複数の微細な金属部からなる金属膜であっても、例えば、30 nm 程度の厚い金属膜と比較すると比表面積が極めて大きく、体拡散に比較して大きな表面拡散（原子拡散）を効果的に利用して拡散接合できる。

【 0 0 3 2 】

金属膜 8 は、例えば、基板 2 と波長変換部材 7 のそれぞれの表面（接合面）に付着させた当該金属膜 8 を形成する金属原子 8 a が、互いに接触することで、原子拡散により強固に結合して形成される。また、金属膜 8 は、基板 2 及び波長変換部材 7 の一方の表面（接合面）に付着させた金属膜により形成されていてもよい。その場合、一方の表面（接合面）に付着させた金属膜と他方の基板 2 又は波長変換部材 7 の表面とは、例えば、表面活性化接合により結合される。

表面活性化接合であっても、金属膜と他方の基板 2 又は波長変換部材 7 間は、基板 2 と波長変換部材 7 間より強固に接合する。金属膜 8 は、このような原子拡散を生じ易い金属からなり、基板 2 や波長変換部材 7 への密着性、ならびに発光素子 1 の発光する光の透過性（吸収の少なさ）に応じて、1 種または 2 種以上の合金が選択される。具体的には、Al, Au, Ag, Cu, Si, Ni, Pt, Ti, Ru, Ta が挙げられ、また、基板 2 と波長変換部材 7 とで異なる金属または合金を付着させてもよい。本発明に係る発光装置 10 においては、金属膜 8 は、Al, Ti, Au が好ましい。特に、Al, Ti は、表面エネルギーが比較的低いため、基板 2 や波長変換部材 7 の接合面に金属原子 8 a を面内均一に付着させ易い。金属膜 8 は、発光素子 1（半導体構造体 3）にダメージを与えないような 300 以下の低温（例えば常温）で、かつ成膜対象物（基板 2、波長変換部材 7）への密着性の高いスパッタリングで成膜して形成されることが好ましい。

【 0 0 3 3 】

発光装置 10 において、金属膜 8 は、発光素子 1 の光出射面である基板 2 と波長変換部材 7 の間に設けられるため、できるだけ光を吸収せずに透過させることが要求され、光の波長と金属の種類の組合せだけによらず、より厚さの薄いことが好ましい。例えば Al 膜で、厚さが 0.3 nm、Al 原子の原子径（直径、0.3 nm）相当を超えると青色光領域（波長 430 ~ 490 nm）の光の吸収が観察されるようになり、厚さ 0.6 nm で波長 400 nm 近傍の光の透過率が 98 % 程度になる。このことから、金属膜 8 は、当該金属膜 8 を形成する金属原子 8 a の原子径の 2 倍以下の厚さとする。しかしながら、本実施形態では、透過率の波長依存性を小さくするために、金属膜 8 の膜厚は、原子径の 2 倍未満が好ましく、原子径以下がさらに好ましい。すなわち、金属膜による吸収又は反射は波長が短くなると大きくなり、短波長領域において透過率の低下をもたらすが、金属膜 8 の膜厚を原子径の 2 倍未満にすると、青色及び紫外領域における透過率の低下を小さくでき、金属膜 8 の膜厚が原子径以下であると、青色及び紫外領域における透過率の低下をより小さくでき、透過率の波長依存性を実質的になくすることができる。このような厚さの金属膜 8 は、詳しくは製造方法にて説明するが、発光素子 1（基板 2）と波長変換部材 7 のそれぞれの接合面に、当該金属膜 8 を形成する金属を、その原子径以下の厚さに成膜して、互いに重ね合わせて一体とすることで形成される。このような厚さに金属を成膜するためには、その成膜速度に基づいて制御すればよく、すなわち金属膜 8 は、成膜速度換算で当

該金属膜 8 を形成する金属原子 8 a の原子径の 2 倍以下の厚さとする。一方、金属を成膜速度換算で 0.05 nm 未満の厚さに成膜する（付着させる）ことが困難であるため、金属膜 8 は、成膜速度換算で 0.05 nm 以上の厚さとし、厚さ（付着量）の面内均一性が得られ易いことから 0.1 nm 以上が好ましい。

【0034】

また、金属膜 8 が Au を含んでいると以下のような効果が得られる。

Au は、緑～黄色光領域（波長 500～600 nm）の光のうち 550 nm 以下の光を比較的多く吸収する。そこで、例えば、緑～黄色光領域（波長 500～600 nm）にピークを有する例えば YAG 蛍光体などを含む波長変換部材 7 と基板 2 とを Au を含有する金属膜 8 により接合すると、波長変換部材 7 で変換された光のうち 550 nm 以下の波長の光の一部（戻り光）が金属膜 8 に吸収される。その結果、発光装置の出射光において長波長域である赤色成分を相対的に増大させることができ、演色性を高くすることができる。

10

【0035】

また、発光装置 10 において、その製造方法によっては、発光素子 1 の側面にも、金属膜 8 または金属膜 8（金属原子 8 a）が酸化した金属酸化物 8 b が形成される（図 1（b）参照）。これは、金属膜 8 を形成する金属原子 8 a が、発光素子 1 の接合面すなわち基板 2 の裏面に成膜される際に、半導体構造体 3 を含めた発光素子 1 の側面にも付着することによる（図示省略）。金属膜 8 が例えば Au からなる場合には、Au は特に表面エネルギーが大きいために金属原子 8 a が広がって付着し難く、前記範囲の厚さでは島状になり、例えば発光素子 1 の側面に露出した n 型半導体層 31 から下面の p 側パッド電極 52 まで連続した膜を形成しないので、互いを短絡させることがない。

20

金属膜 8 を、例えば、成膜速度換算で原子径程度の厚さに形成しようとする、Au 以外の金属でも島状となる。したがって、Au 以外の金属で金属膜 8 を形成しても、例えば、n 型半導体層 31 と p 側パッド電極 52 間等の短絡防止効果は、金属膜 8 の膜厚を薄くした場合には得られる。

また、金属膜 8 が例えば Al, Ti のような大気中で自然酸化膜を形成する金属からなる場合には、波長変換部材 7 との接合後に発光素子 1 の側面が大気中に曝されることで、前記範囲の厚さの金属膜 8 とするべく付着させた金属原子 8 a では、側面におけるすべての金属原子 8 a が速やかに絶縁性の金属酸化物 8 b となる。したがって、発光装置 10 において、金属膜 8 がその形成の過程（後記の製造方法における金属膜成膜工程）で発光素子 1 の側面に成膜されても、発光素子 1 に短絡を生じることはない。さらに、金属膜 8 が Al, Ti からなる場合、その酸化物（ Al_2O_3 , TiO_2 ）は透明であるので、発光素子 1 の側面からの光の出射はほとんど妨げられない。

30

【0036】

（発光素子と波長変換部材の接合）

本発明に係る発光装置における、発光素子と波長変換部材の接合の機構について、説明する。

【0037】

原子拡散接合は、真空状態や不活性ガス雰囲気、2つの金属部材同士、または2つの被接合部材の各接合面に成膜された金属膜同士を接触させると、それぞれの金属原子が互いに結合することで強固に接合される現象である。そのために、通常、原子拡散接合においては、両方の接合面の全体に金属原子が付着しているように、片側（被接合部材の一方の接合面）あたりで少なくとも1原子層相当の金属膜を成膜するとされる。さらに被接合部材同士を接合面で重ね合わせたときに界面の空隙ができるだけ少ないように、被接合部材の接合面の平滑化だけでなく、金属膜が膜厚を面内均一に成膜され易い数 nm 以上の膜厚であることが好ましいといえる。

40

【0038】

しかしながら、本実施形態に係る発光装置 10 においては、発光素子 1（基板 2）と波長変換部材 7 の各接合面に、金属膜 8 が 1 原子層相当未満の厚さで成膜される。したがっ

50

て、上述したように、金属膜は、基板 2 の表面及び波長変換部材 7 の表面に金属からなる微結晶が点在した状態として形成され、基板 2 の接合面と波長変換部材 7 の接合面は、通常、基板 2 の表面の一部と波長変換部材 7 の表面の一部が露出した状態となる。本実施形態では、基板 2 の表面の一部が露出した接合面と波長変換部材 7 の一部が露出した接合面とが重ね合わせられる。このとき、金属原子 8 a , 8 a 同士だけでなく、金属原子 8 a と基板 2 または波長変換部材 7 、あるいは基板 2 と波長変換部材 7 が対向、接触する。ここで、金属膜 8 を成膜するスパッタリングにおいて、金属膜 8 (金属原子 8 a を付着させる時に、またはその前に行う表面のクリーニングで、基板 2 や波長変換部材 7 の表面が、Ar 等のキャリアガスのイオンやプラズマに曝されることにより活性化する。これにより、金属原子 8 a , 8 a 同士は原子拡散接合で接合され、一方、基板 2 や波長変換部材 7 の露出した表面は、金属原子 8 a と、または同じく波長変換部材 7 や基板 2 の露出した表面と、表面活性化接合で接合される。その結果、極めて付着量の少ない(薄い)金属膜 8 を介在することにより基板 2 と波長変換部材 7 とを接合した発光装置 10 では、発光素子 1 と波長変換部材 7 が、原子拡散接合と表面活性化接合により強固に接合される。

10

【0039】

また、発光素子 1 と波長変換部材 7 を重ね合わせたときに、それぞれの接合面の凹凸により、基板 2 、波長変換部材 7 の原子サイズや金属原子 8 a に対して間隙の広過ぎる領域が存在すると、その領域が接合されずにボイド(空隙)として界面に残存する。このような未接合の領域があると、発光素子 1 と波長変換部材 7 の接合強度が低下し、またボイドで光が反射して光の取出し効率を低下させる。したがって、発光素子 1 (基板 2)、波長変換部材 7 は、重ね合わせたときの間隙をできるだけ抑えるために、前記した通り、接合前、正確には金属膜を成膜する前に、それぞれの接合面の算術平均粗さ R a が 1 nm 以下に平滑化されていることが好ましい。

20

【0040】

〔発光装置の製造方法〕

本発明の実施形態に係る発光装置の製造方法を、搭載される発光素子の製造の一例も含めて、図 2 を参照して説明する。

【0041】

(発光素子の製造)

基板 2 上に、n 型半導体層 3 1、活性層 3 2、および p 型半導体層 3 3 を構成するそれぞれの窒化物半導体を順に成長させ、その後、必要に応じてアニールを行って、p 型半導体層 3 3 を低抵抗化する。

30

【0042】

なお、本発明に係る発光素子の製造方法において、半導体構造体 3 の形成方法としては、特に限定されないが、MOVPE(有機金属気相成長法)、MOCVD(有機金属化学気相成長法)、HVPE(ハイドライド気相成長法)、MBE(分子線エピタキシー法)等、窒化物半導体の成長方法として公知の方法を好適に用いることができる。特に、MOCVD は結晶性よく成長させることができるので好ましい。また、半導体構造体 3 の各層 3 1, 3 2, 3 3 は、種々の半導体の成長方法を使用目的により適宜選択して成長させることが好ましい。

40

【0043】

n 側パッド電極 5 1 を接続するためのコンタクト領域として、表面(上面)の一部に n 型半導体層 3 1 を露出させるため、p 型半導体層 3 3 および活性層 3 2 をエッチングする。同時に、発光素子 1 (チップ)の周縁となる領域(スクライブ領域)も前記 n 側コンタクト領域と同じ深さまでエッチングして、平面視格子状の溝を形成する。

【0044】

p 型半導体層 3 3 上に、全面電極 4 1 をスパッタ法およびリフトオフ法等にて形成する。さらに p 型半導体層 3 3 上に、カバー電極 4 2 を同様に、全面電極 4 1 よりも平面視で一回り大きく形成する。次に、露出させた n 型半導体層 3 1、およびカバー電極 4 2 の上のそれぞれの所定の領域に、n 側パッド電極 5 1、p 側パッド電極 5 2 を形成する。

50

【 0 0 4 5 】

全面（上面）に絶縁膜を成膜し、パッド電極 5 1 , 5 2 上におけるこの絶縁膜をエッチングにて除去してパッド電極 5 1 , 5 2 を露出させて保護膜 6 を形成し、発光素子 1 が面方向に連結したウェハが完成する（図 2（a）参照）。なお、図 2 に示す発光素子 1 においては、保護膜 6 を省略する。

【 0 0 4 6 】

（接合面平滑化工程）

ウェハ裏面の基板 2 を研削して（裏面研削、バックグラインド）、ダイシング等の分割可能な厚さに薄肉化し、さらに研磨して算術平均粗さ R_a が 1 nm 以下になるように平滑化する。この薄肉化したウェハを図 2（a）に破線で示すスクライブ領域に沿って分割し、1 個の発光素子 1（チップ）が完成する。また、波長変換部材 7 を所望の板厚に成形し、発光素子 1 との接合面を算術平均粗さ R_a が 1 nm 以下になるように平滑化する。

10

【 0 0 4 7 】

（金属膜成膜工程）

発光素子 1 のパッド電極 5 1 , 5 2 が形成された側を、粘着シート 9 1 に一定の間隔を空けて配列して貼り付けて固定する（図 2（b）参照）。図 2（b）に示すように、2 枚の平板（載置部）を水平にして並べて蝶番で接続した治具 9 2 のそれぞれの載置部に、粘着シート 9 1 上に固定された発光素子 1、波長変換部材 7 を、接合面を上にして載置、固定する。そして、発光素子 1 および波長変換部材 7 を、これらを載置した治具 9 2 と共に、スパッタ装置のロードロック室に搬入する。なお、粘着シート 9 1 は、半導体素子（半導体装置）の製造において、バックグラインド用、ダイシング用等として半導体素子（ウェハ、チップ）を保護するために使用されるものが適用される。また、スパッタ装置は、処理室（チャンバー）、ステージ（載置台）、電源、ロードロック室、排気系、搬送系、FAB（Fast Atom Beam）ガン等の一般的な設備の他に、治具 9 2 の一方の載置部を、蝶番を軸に 180° 回転させるためのロボットアームをロードロック室に備える。

20

【 0 0 4 8 】

スパッタ装置のロードロック室を排気し、不活性ガスを導入して、スパッタ装置の処理室の雰囲気に合わせて圧力を調整する。そして、発光素子 1 および波長変換部材 7 を治具 9 2 と共に処理室に搬入し、必要に応じてさらに圧力を調整する。不活性ガスは、スパッタリングで使用されるキャリアガス（導入ガス）であって、金属膜 8 に対して不活性なものを適用することができる。具体的には、Ar, Ne, Kr, Xe 等の希ガスや、N₂等が挙げられる。

30

【 0 0 4 9 】

金属膜 8 の材料の金属ターゲットに所定の電圧を印加してスパッタリングを行って、基板 2 および波長変換部材 7 の表面に金属膜を成膜する。この金属膜は、基板 2 および波長変換部材 7 の表面にそれぞれ成膜速度換算で 0.05 nm 以上、かつ当該金属原子の原子径以下、好ましくは、未満の当該金属原子の原子径未満に厚さに形成する。このとき、これらの表面が、Ar イオンに曝されることで活性化する。また、スパッタリングにおける成膜速度を予め算出しておき、成膜時間（電圧の引加時間）により、所望の膜厚（金属の付着量）に制御する。

40

【 0 0 5 0 】

（接合工程）

スパッタリングの完了後、発光素子 1 および波長変換部材 7 を治具 9 2 と共に処理室から搬出、ロードロック室に搬入する。そして、不活性ガス雰囲気を維持した状態で、ロボットアームにより、治具 9 2 の一方の載置部、ここでは波長変換部材 7 を固定した載置部を上下に回転させて波長変換部材 7 を発光素子 1 の上に重ね合わせる（図 2（c）参照）。これにより、発光素子 1 の基板 2 と波長変換部材 7 が接合されて、複数の発光装置 10 が 1 枚の波長変換部材 7 で連結された状態で完成する。なお、発光素子 1 と波長変換部材 7 を接合する際に、特に荷重は必要ではなく、互いの接合面のすべて、すなわち発光素子 1（基板 2）のそれぞれの上面の全体が波長変換部材 7 に密着すればよい。そして、ロー

50

ドロック室を大気圧に開放して、発光装置 10 を治具 9 2 と共にロードロック室から搬出する。発光装置 10 が大気に曝されることで、発光素子 1 の側面等に付着した金属膜（金属原子 8 a）が酸化して金属酸化物 8 b（図 1（b）参照）となる。

【0051】

最後に、波長変換部材 7 を切断して、発光装置 10 を 1 台ずつに分割する。また、必要に応じて、波長変換部材 7 の上面を例えば球面状に加工してもよい。なお、図 2 では、1 枚の波長変換部材 7 を、配列した複数の発光素子 1 と接合した後に切断したが、発光素子 1 と同様に、発光装置 10 の 1 台分ずつに形成された波長変換部材 7 を粘着シートに配列して固定し、治具 9 2 に載置して、接合することもできる。あるいは、波長変換部材 7 の板厚が薄い等、発光素子 1（ウェハ）のスクライプ領域で切断可能であれば、個片化前の発光素子 1 すなわちウェハを波長変換部材 7 と接合して、その後に波長変換部材 7 と共に切断して個片化してもよい。あるいは、発光装置 10 の 1 台分ずつの波長変換部材 7 を個片化前の発光素子 1（ウェハ）と接合して、その後にウェハを分割して個片化してもよい（図示せず）。

【0052】

本発明に係る発光装置の製造において、スパッタ装置および治具は、前記の構造に限られず、不活性ガス雰囲気または真空状態を維持して、金属膜の成膜と、発光素子 1 と波長変換部材 7 の重ね合わせ（接合）を行うことができればよい。例えば、スパッタ装置がロードロック室を備えず、ロボットアームを処理室に備え、発光素子 1 等を直接に処理室に搬入する構造であってもよい。あるいは、スパッタ装置が処理室に複数のステージを備え、粘着シートに固定された発光素子 1 と波長変換部材 7 のみをロードロック室から処理室のそれぞれのステージ上に搬送し、成膜（スパッタリング）後に、ロードロック室の治具 9 2 上に搬送して接合してもよい（図示せず）。

【0053】

（接合面活性化工程）

本発明に係る発光装置の製造は、発光素子 1（基板 2）や波長変換部材 7 の接合面の表面活性化を、スパッタリング（金属膜成膜工程）時のキャリアガス（不活性ガス）のイオンやプラズマの照射だけでなく、スパッタリングの前にも行ってもよい。具体的には、スパッタ装置でのクリーニングとして、FAB ガンに所定の放電電圧を印加して Ar イオンを発生させ、さらに所定の加速電圧とビーム電圧を印加することにより、Ar イオンビームを発光素子 1（基板 2）および波長変換部材 7 の表面に照射して、表面をクリーニングしつつ、同時に活性化させる。あるいは、スパッタ装置によらない表面活性化の方法として、熱処理や、紫外線やオゾンの照射による光洗浄等が挙げられる。これらの表面活性化の工程は発光素子 1、波長変換部材 7 のいずれか一方のみにまたは両方に行ってもよく、発光素子 1 の基板 2、波長変換部材 7 を形成する材料の種類に応じて選択すればよい。

【0054】

本発明に係る発光装置 10 は、金属膜成膜工程において、発光素子 1（基板 2）または波長変換部材 7 の一方の接合面のみに金属膜 8 を成膜して、表面活性化接合で接合することもできる。この場合も、前記と同様に、不活性ガス雰囲気、接合面活性化工程、金属膜成膜工程、および接合工程を連続して行い、例えばスパッタ装置が、処理室にシャッター（遮蔽壁）を備える等、成膜する領域を限定できる仕様であればよい。また、発光素子 1、波長変換部材 7 のいずれに金属膜 8 を成膜してもよいが、SiO₂等の表面活性化接合では接合され難い材料で形成された方に金属膜 8 を成膜することが好ましい。このように、発光素子 1、波長変換部材 7 の一方のみに金属膜 8 を成膜する場合も、前記のスパッタ装置によらない表面活性化を別途行ってもよく、金属膜 8 を成膜する側、成膜しない側のいずれに対して行ってもよい。

【0055】

発光装置 10 は、発光素子 1 が基板 2 を備えない構成としてもよく、すなわち半導体構造体 3（n 型半導体層 31）に直接に（金属膜 8 を介在させて）波長変換部材 7 が接合されてもよい（図示せず）。このような発光装置は、前記接合面平滑化工程において、裏面

研削に代えて例えばＬＬＯ（レーザリフトオフ）で基板２を半導体構造体３から剥離し、露出した半導体構造体３の裏面を、必要に応じて平滑化して接合面とすることで、製造することができる。

【００５６】

なお、金属膜８は、発光素子１の発光する光を透過し易い金属を適用されて、必要な光量の光が取り出される程度に、連続した膜状に、さらに面内均一になるような膜厚に成膜されてもよい。このような金属膜８を備える場合には、発光装置１０は、前記したように、発光素子１を個片化前に波長変換部材７と接合する等、発光素子１の側面に金属膜８（金属原子８ａ）が被覆されないようにする。あるいは、発光素子１について、基板２にサファイア等の絶縁性材料を適用し、かつ製造時に、スクライプ領域の半導体構造体３（ n 型半導体層３１）を完全に除去して、半導体構造体３の側面全体を保護膜６で被覆することで、金属膜８で発光素子１の電極間が短絡しないようにする。このような膜厚の金属膜８が成膜されることにより、発光素子１（基板２）と波長変換部材７が、それぞれの材料を問わず接合され易い。

【００５７】

本発明に係る発光装置のモデルとして、発光素子の基板と光学部材をそれぞれ模擬したウェハ同士を接合したサンプルを作製して本発明の効果を確認した実施例を、具体的に説明する。なお、本発明はこの実施例に限定されるものではない。

【実施例１】

【００５８】

〔サンプルの作製〕

厚さ０．５ｍｍ、３インチの石英（ SiO_2 ）基板またはガラス基板２枚を、図２（ｂ）に示す構造の治具９２に固定して、ＤＣマグネトロンスパッタ装置にて金属膜を成膜して、金属膜を成膜した面同士を重ね合わせて接合した。石英基板、ガラス基板は共に、表面の算術平均粗さ R_a ：０．５ｎｍである。詳しくは、治具に固定した２枚のウェハをスパッタ装置のチャンバーに搬入して、排気し、 Ar ガスを導入して０．２Ｐａに調整した。そして、２枚のウェハのそれぞれに、スパッタリングにより表１に示す金属膜を成膜した。次に、チャンバー内の雰囲気を維持したまま、ウェハの一方を上下回転させて他方の上に重ね合わせた。このときの荷重はウェハ自身および治具の重量によるものである。

【００５９】

サンプルＮｏ．１～４は、本発明に係る発光装置のモデルの実施例であり、金属膜を、成膜速度０．１０ｎｍ／秒に基づいて成膜時間を調整することにより、表１に示す厚さとした。サンプルＮｏ．５，６は、一般的な原子拡散接合によるモデルの参考例である。また、サンプルＮｏ．６はそれぞれのウェハの側から、 Ti ， Al を順次成膜した。

【００６０】

〔評価〕

作製したサンプルについて、接合状態（未接合領域の有無）、接合強度、および光の透過率を評価した。接合状態は、２枚のウェハの界面の未接合領域に生じるボイド（空隙）や干渉縞の有無を観察した。接合強度は、せん断力で評価するシェア強度の測定と、ダイシングによるウェハ（チップ）の剥離状態にて評価した。

【００６１】

（接合状態）

サンプルＮｏ．１～３に可視光と単一スペクトル光（緑色光）をそれぞれ照射して、目視にてボイドの広さを観察した。金属膜の厚い参考例のサンプルＮｏ．５，６については、超音波顕微鏡にてボイドを観察した。図３（ａ）～（ｃ）にサンプルＮｏ．１～３の単色光観察像を、図３（ｄ）、（ｅ）にサンプルＮｏ．５，６の超音波顕微鏡像を、それぞれ示す。

【００６２】

（ダイシングテスト）

接合状態を観察したサンプルについて、幅０．１ｍｍのブレードで、下側のウェハの接

10

20

30

40

50

合面まで到達する（界面を切断する）深さのハーフカットを1mmピッチで縦横に行った。このようなダイシングで、切削抵抗により、未接合部や接合強度の弱い箇所のウェハ（チップ）が剥離するため、ダイシング後の外観を観察した。

【0063】

（シエア強度の測定）

サンプルNo. 1, 2, 3, 5, 6について、ウェハ中央のボイドのない領域を1mm角に切り出して試験片とした。この試験片を水平に載置して裏面で固定し、端面にセンサのツールを当て、2枚のウェハの界面からツールの先端を0.1mm上昇させて間隔を空けた状態で、ツールを上側のウェハの端面に当てて水平に押し込むように荷重をかけた。2枚のウェハが剥離したときの荷重をシエア強度として、10個の試験片の平均値を表1

10

【0064】

（光の透過率）

サンプルNo. 1, 2, 4について、光を入射角0°で照射して、透過光を分光光度計で測定し、得られた分光透過率曲線を図4に示す。

【0065】

【表1】

		No.1 (実施例)	No.2 (実施例)	No.3 (実施例)	No.4 (実施例)	No.5 (参考例)	No.6 (参考例)
サンプル 構造	ウェハ1	石英	石英	ガラス	石英	ガラス	石英
	金属膜1	Al(0.2)	Al(0.3)	Al(0.3)	Au(0.3)	Al(30)	Ti(1) Al(29)
	金属膜2	Al(0.2)	Al(0.3)	Al(0.3)	Au(0.3)	Al(30)	Al(29) Ti(1)
	ウェハ2	石英	石英	ガラス	石英	ガラス	石英
シエア強度(kg)		4.15	5.46	5.38	—	4.69	5.83

20

()内の数値は膜厚(単位:nm)

【0066】

サンプルNo. 1～6のすべてについて、2枚のウェハが接合されたことが確認された。図3(a)～(c)の白く見える領域、および図3(d)、(e)の黒く見える領域がボイドである。十分な厚さのAl膜を成膜して接合した参考例のサンプルNo. 5は、周縁に僅かにボイドが観察され、同様の参考例のサンプルNo. 6はほとんどボイドが観察されず、いずれも原子拡散接合で良好に接合された。また、これらのサンプルをダイシングした結果、ボイドが観察された領域で、接合面での剥離によるチップ（切断されたウェハ）の飛びが見られ、それ以外の領域でのチップの飛びはバルク破壊によるものであった。ただしサンプルNo. 5では、一部に界面での剥離が観察され、これはウェハとAl膜との剥離と推測される。これに対して、ウェハ表面にTi膜を介在させてAl膜を成膜したサンプルNo. 6は、Al膜の密着性に優れるため、すべてバルク破壊によるものであった。そのため、サンプルNo. 6は、特にシエア強度が高かった。

30

40

【0067】

一方、各ウェハの片側に厚さ0.3nmのAl膜を成膜して接合したサンプルNo. 2, 3は、ボイドが観察されたがほとんどが周縁で、またウェハに占める面積は狭く、干渉縞も観察されず、シエア強度もサンプルNo. 5, 6と比較して十分に高かった。また、ボイドがない領域のダイシングでのチップの飛びは、バルク破壊と界面での剥離の両方が観察された。ただ、シエア強度が高いことから、接合した界面（Al膜-Al膜間）ではなく、サンプルNo. 5と同様にウェハとAl膜との剥離と推測される。また、ウェハの材料（石英、ガラス）による接合の違いはほとんどないといえる。

【0068】

これに対して、各ウェハの片側に厚さ0.2nmのAl膜を成膜して接合したサンプル

50

No. 1は、内部側にもある程度大きなボイドが観察されたが、ウェハに占める面積は小さく、十分な領域で接合された。これは、Al膜が薄い(少ない)ことで、ウェハ表面(接合面)の凹凸の比較的粗い領域やパーティクルの付着、あるいはウェハの平坦性から、間隙が広がった領域が接合し難かったと推測される。しかしながら、シェア強度は、サンプルNo. 2よりは劣るものの十分に高く、サンプルNo. 2と同様に、ダイシングでのチップの飛びはバルク破壊と界面での剥離の両方が観察された。そして、表面活性化接合が困難な石英(SiO_2)であっても、このような1原子層に満たない厚さの金属膜で十分に強固に接合されることが確認された。

【0069】

合計で厚さ60nmの金属膜が形成されたサンプルNo. 5, 6は、目視で光の透過が観察されない(不透明である)のに対して、サンプルNo. 1~4は、目視にて光を透過することが確認された。さらに図4に示すように、各ウェハにAl膜を成膜して接合したサンプルNo. 1, 2は、波長500nm近傍から波長が短くなるにしたがい、透過率の漸減が観察された。しかし、各ウェハの片側に成膜したAl膜の厚さが0.3nmのサンプルNo. 2は、青色光領域(波長430~490nm)で透過率98%以上であり、発光装置として十分に適用可能である。一方、厚さ0.3nmのAu膜を成膜して接合したサンプルNo. 4は、緑~黄色光領域(波長500~600nm)で透過率が低下したが、青色光領域では同じ厚さのAl膜を成膜したサンプルNo. 2よりも透過率が高いことから、発光素子の仕様に応じて金属の種類を選択することが好ましいといえる。

【実施例2】

【0070】

〔サンプルの作製〕

厚さ0.85mm、4インチ、表面の算術平均粗さRa: 0.18nmのサファイア基板2枚を、実施例1と同様に、DCマグネトロンスパッタ装置にて表2に示す金属膜を成膜して、金属膜を成膜した面同士を重ね合わせて接合した。なお、サンプルNo. 12, 13は、1枚のウェハ(サファイア基板)上にシャッターを設けることでもう1枚のみにAl膜を成膜した。また、サンプルNo. 13は、スパッタリング前(シャッターを設ける前)に、2枚のウェハのそれぞれの表面に、FABガンによりArイオンを発生させて10秒間照射した(表2に「Ar⁺」で示す)。

【0071】

【表2】

		No.7 (実施例)	No.8 (実施例)	No.9 (実施例)	No.10 (実施例)	No.11 (実施例)	No.12 (実施例)	No.13 (実施例)
サンプル 構造	ウェハ1	サファイア	サファイア	サファイア	サファイア	サファイア	サファイア	サファイア
	金属膜1	Al(0.3)	Al(0.2)	Al(0.15)	Al(0.1)	Al(0.05)	Al(0.1)	Al(0.1)
	金属膜2	Al(0.3)	Al(0.2)	Al(0.15)	Al(0.1)	Al(0.05)	-(0)	Ar ⁺ (0)
	ウェハ2	サファイア	サファイア	サファイア	サファイア	サファイア	サファイア	サファイア

()内の数値は膜厚(単位:nm)

【0072】

〔評価〕

作製したサンプルについて、実施例1のサンプルNo. 1~3と同様に、可視光を照射して接合状態(未接合領域の有無)を観察した。図5(a)~(g)にサンプルNo. 7~13の外観写真を示す。また、サンプルに、光を入射角0°、50°で照射して、透過光を分光光度計で測定した。サンプルNo. 7~10の分光透過率曲線を図6に示す。なお、図6(b)(入射角50°)には、サファイア基板のみの参照データ(Ref.)を併記する。

【0073】

図5に示すように、サンプルの一部にボイドが観察されたが、干渉縞はなく、サンプル

No. 7 ~ 13 のすべてについて良好に接合された。特に、実施例 1 において同じ厚さの Al 膜を成膜したサンプル No. 2, 3 とサンプル No. 7 (図 3 (b)、(c) と図 5 (a))、およびサンプル No. 1 とサンプル No. 8 (図 3 (a) と図 5 (b)) をそれぞれ比較すると、サンプル No. 7, 8 の方がウェハ径が大きいにもかかわらずボイドが少なかった。これは、ウェハの表面粗さが小さく平滑性に優れていることによると推測される。

【0074】

また、図 5 (f) に示すサンプル No. 12 は、ウェハの一方には Al 膜を成膜しなかったが、図 5 (g) に示す、一方に Ar イオン照射のみを行ったサンプル No. 13 と同様に接合された。これは、もう一方のウェハに Al 膜を成膜しているときに、Ar イオンに曝されて、表面が活性化したことによると推測される。また、図 5 (e) に示す 2 枚のウェハのそれぞれに厚さ 0.05 nm の Al 膜を成膜したサンプル No. 11 のみ、周縁以外にもボイドが観察されたのは、成膜時間が極めて短い (0.5 秒間) ために Al 膜の膜厚の面内ばらつきを生じたことによると推測される。

【0075】

図 6 に示すように、厚さがウェハ 2 枚の合計で Al 原子の原子径相当である 0.3 nm となる Al 膜を成膜したサンプル No. 9、さらにそれよりも薄い Al 膜のサンプル No. 10 は、実質的に光の吸収が見られなかった。なお、サンプル No. 11 ~ 13 は、サンプル No. 10 と分光透過率曲線にほとんど差が見られなかったため、分光透過率曲線の図示を省略する。これに対して、合計で Al 原子の原子径を超える厚さとなる Al 膜を成膜したサンプル No. 7, 8 については、青色光領域で透過率の低下が観察されたが、入射角 0° においては、実施例 1 のサンプル No. 2 と同様に青色光領域で 98% 以上であり、発光装置として十分に適用可能である。

【0076】

以上、本発明に係る発光装置およびその製造方法について、本発明を実施するための形態について説明したが、本発明は前記実施形態に限定されるものではなく、これらの記載に基づいて種々変更、改変等したのも本発明の趣旨に含まれることはいうまでもない。

【符号の説明】

【0077】

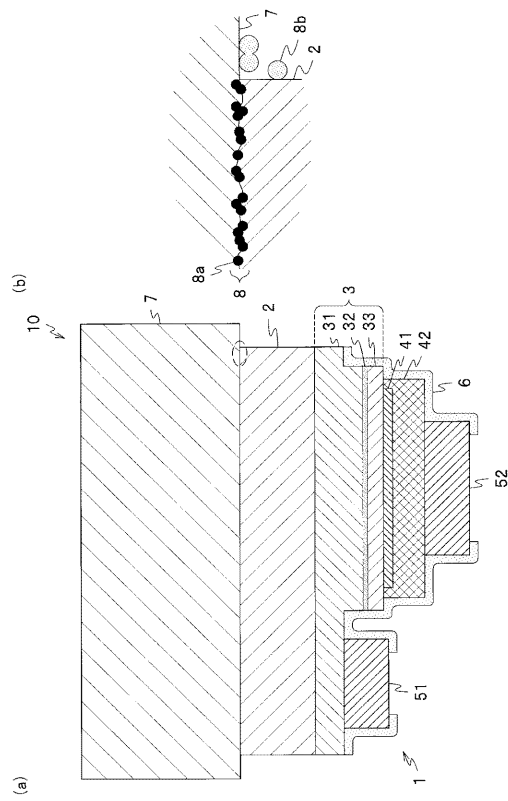
- | | |
|----|---------------|
| 10 | 発光装置 |
| 1 | 発光素子 |
| 2 | 基板 |
| 3 | 半導体構造体 |
| 7 | 波長変換部材 (光学部材) |
| 8 | 金属膜 |

10

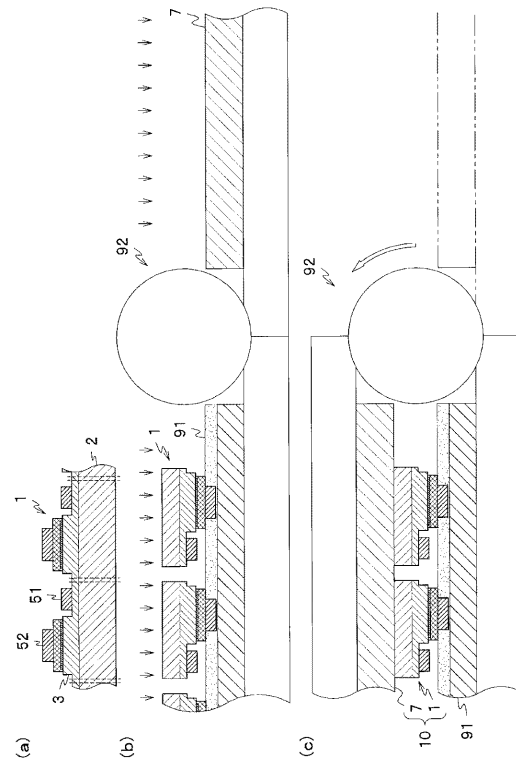
20

30

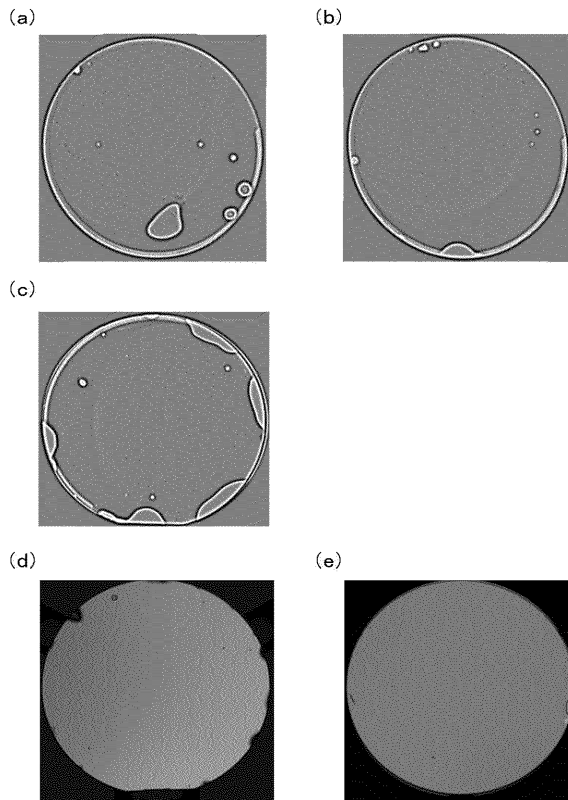
【図 1】



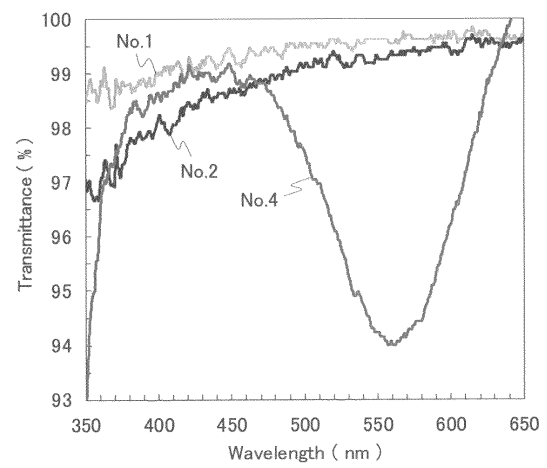
【図 2】



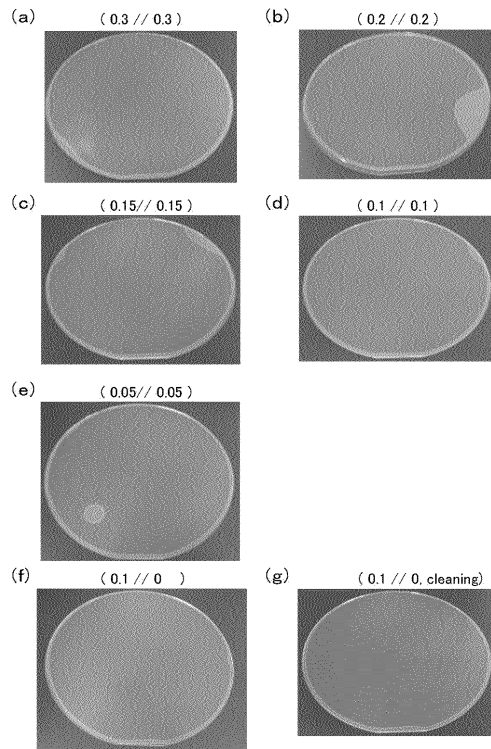
【図 3】



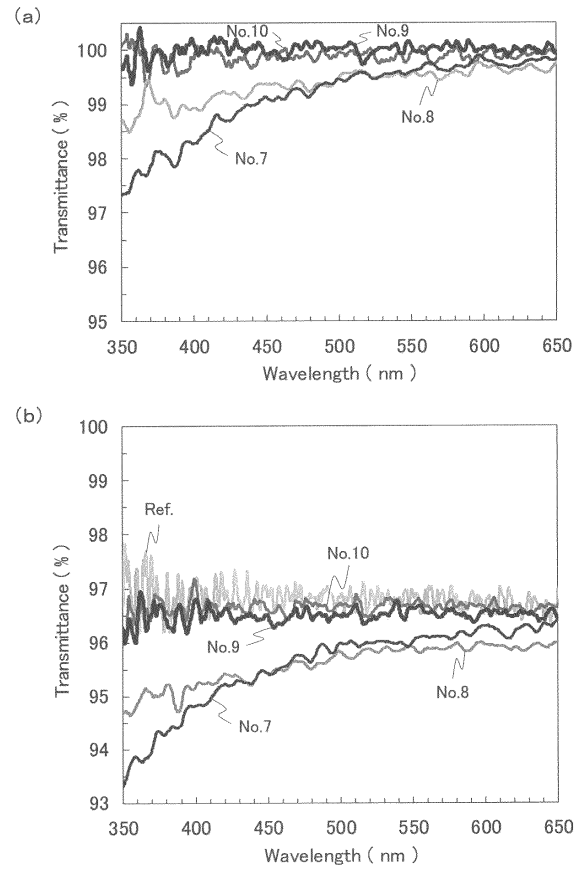
【図 4】



【図 5】



【図 6】



フロントページの続き

審査官 村井 友和

(56)参考文献 特開 2 0 0 2 - 1 4 1 5 5 6 (J P , A)
特開 2 0 1 2 - 2 2 3 7 9 2 (J P , A)
特開 2 0 0 5 - 1 0 4 8 1 0 (J P , A)
特開 2 0 0 8 - 2 0 7 2 2 1 (J P , A)
特開平 0 6 - 2 9 6 0 4 0 (J P , A)
米国特許出願公開第 2 0 0 7 / 0 0 1 0 0 3 5 (U S , A 1)

(58)調査した分野(Int.Cl. , D B 名)
H 0 1 L 3 3 / 0 0 - 3 3 / 6 4