

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 公開特許公報(A)

(11) 特許出願公開番号

特開2010-103424

(P2010-103424A)

(43) 公開日 平成22年5月6日(2010.5.6)

(51) Int.Cl.
H01L 33/32 (2010.01)F I
H01L 33/00テーマコード (参考)
5F041

審査請求 未請求 請求項の数 11 O L (全 13 頁)

(21) 出願番号 特願2008-275683 (P2008-275683)
(22) 出願日 平成20年10月27日 (2008.10.27)(71) 出願人 000002004
昭和電工株式会社
東京都港区芝大門1丁目13番9号
(74) 代理人 100104880
弁理士 古部 次郎
(74) 代理人 100118201
弁理士 千田 武
(74) 代理人 100107216
弁理士 伊與田 幸穂
(72) 発明者 菅野 進
千葉県市原市八幡海岸通5-1 昭和電工
株式会社内
Fターム(参考) 5F041 AA03 CA04 CA05 CA40 CA65
CA74 CA76 CA88

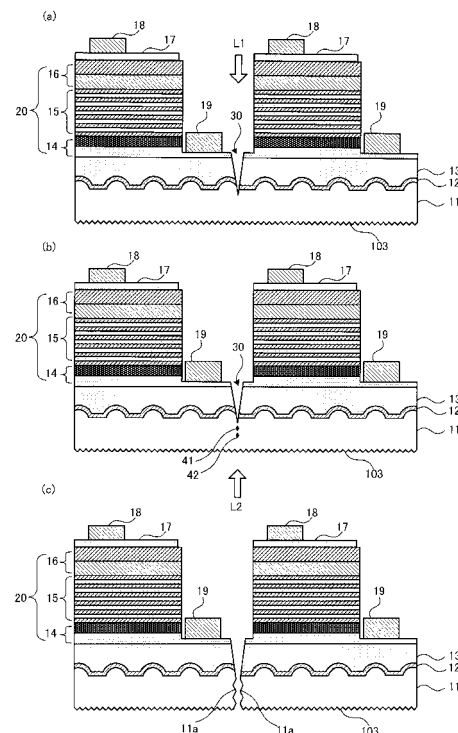
(54) 【発明の名称】 半導体発光素子の製造方法

(57) 【要約】

【課題】光取り出し効率に優れた半導体発光素子を高収率で製造可能な半導体発光素子の製造方法を提供する。

【解決手段】基板11と基板11上に成膜されたIII族窒化物半導体の積層構造からなるIII族窒化物半導体層とを有するウェーハの基板11の被研削面103を研削する研削工程と、研削工程により研削された基板11の被研削面103の表面粗さRaを3nm~25nmに調整する研磨工程と、研磨工程により表面粗さRaを調整した基板11の被研削面103側から、基板11を分割するための切断予定ラインに沿ってレーザL2を照射することにより、基板11の内部に加工変質部分41、42を設けるレーザ加工工程と、レーザ加工工程により加工変質部分41、42を設けた基板11を加工変質部分41、42及び切断予定ラインに沿って分割する分割工程と、を有することを特徴とする半導体発光素子の製造方法。

【選択図】 図6



【特許請求の範囲】

【請求項 1】

ⅢⅢⅢ族窒化物半導体層を有する半導体発光素子の製造方法であって、
基板と当該基板上に成膜されたⅢⅢⅢ族窒化物半導体の積層構造からなるⅢⅢⅢ族窒化物半導体層とを有するウェーハの当該基板の被研削面を研削する研削工程と、

前記研削工程により研削された前記基板の前記被研削面の表面粗さ R_a を $3\text{ nm} \sim 25\text{ nm}$ に調整する研磨工程と、

前記研磨工程により前記表面粗さ R_a を調整した前記基板の前記被研削面側から、当該基板を分割するための切断予定ラインに沿ってレーザを照射することにより、当該基板の内部に加工変質部分を設けるレーザ加工工程と、

前記レーザ加工工程により前記加工変質部分を設けた前記基板を当該加工変質部分及び前記切断予定ラインに沿って分割する分割工程と、

を有することを特徴とする半導体発光素子の製造方法。

【請求項 2】

前記レーザ加工工程は、前記基板の厚さ方向に断続的に複数の前記加工変質部分を設けることを特徴とする請求項 1 に記載の半導体発光素子の製造方法。

【請求項 3】

前記レーザ加工工程は、前記基板の内部の前記被研削面側から厚さ方向で $(2/3)$ 部の範囲に前記加工変質部分を設けることを特徴とする請求項 1 又は 2 に記載の半導体発光素子の製造方法。

【請求項 4】

前記レーザ加工工程は、前記基板に対して前記レーザをパルス照射することを特徴とする請求項 1 乃至 3 のいずれか 1 項に記載の半導体発光素子の製造方法。

【請求項 5】

前記分割工程において、前記基板を分割することにより当該基板の分割面を粗面とすることを特徴とする請求項 1 乃至 4 のいずれか 1 項に記載の半導体発光素子の製造方法。

【請求項 6】

前記基板上に成膜された前記ⅢⅢⅢ族窒化物半導体層側から前記切断予定ラインに沿ってレーザを照射することにより当該基板に割溝を形成する割溝形成工程をさらに有することを特徴とする請求項 1 乃至 5 のいずれか 1 項に記載の半導体発光素子の製造方法。

【請求項 7】

前記基板の表面に予め複数の凸部を形成する基板加工工程をさらに有することを特徴とする請求項 1 乃至 6 のいずれか 1 項に記載の半導体発光素子の製造方法。

【請求項 8】

前記凸部を形成した前記基板の前記表面にⅢⅢⅢ族窒化物半導体からなるバッファ層をスパッタリングにより形成するバッファ層形成工程をさらに有することを特徴とする請求項 1 乃至 7 のいずれか 1 項に記載の半導体発光素子の製造方法。

【請求項 9】

前記基板は、サファイア又はシリコンカーバイドから選ばれることを特徴とする請求項 1 乃至 8 のいずれか 1 項に記載の半導体発光素子の製造方法。

【請求項 10】

前記ウェーハの前記ⅢⅢⅢ族窒化物半導体層は、それぞれⅢⅢⅢ族窒化物化合物半導体を含む n 型半導体層、発光層、 p 型半導体層が積層されることを特徴とする請求項 1 乃至 9 のいずれか 1 項に記載の半導体発光素子の製造方法。

【請求項 11】

前記基板は、最大径が約 100 mm 以上であることを特徴とする請求項 1 乃至 10 のいずれか 1 項に記載の半導体発光素子の製造方法。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

10

20

30

40

50

本発明は、半導体発光素子の製造方法に関し、より詳しくは、ⅢⅢⅢ族窒化物半導体を含む半導体発光素子の製造方法に関する。

【背景技術】

【0002】

近年、半導体発光素子用の材料としてⅢⅢⅢ族窒化物半導体が注目を集めている。ⅢⅢⅢ族窒化物半導体は、サファイア等の基板の上に、有機金属化学気相成長法（MOCVD法）や分子線エピタキシー法（MBE法）等によって成膜される。

このようなⅢⅢⅢ族窒化物半導体を用いた半導体発光素子の光取り出し効率を改善する方法として、発光素子とその外部の媒体との屈折率の違いによって生じる発光素子の内部への光の閉じ込めを低減させる方法が挙げられる。

10

【0003】

例えば、特許文献1には、基板の表面に凹凸を加工し、基板とは異なる屈折率を有する層を凹凸に埋め込んで成長させ、これら凹凸状の屈折率界面を形成した後、その上に、発光層を含む半導体結晶層が積層された素子構造を形成することにより、発光層に生じた横方向の光を外界に向かわせる新規な構造が付与された発光素子が記載されている。

また、特許文献2には、基板裏面に凹凸を設け、光を基板側面に向けて反射させることによって、基板側面からの光の取り出し効率を上げた透光性電極を有する窒化物系化合物半導体発光素子が記載されている。

【0004】

一方、特許文献3には、化合物半導体発光素子ウェーハは、基板上に多数の化合物半導体発光素子が分離帯域を介して規則的に且つ連続的に配列され、このウェーハを保護膜が形成された面の分離帯域にレーザ法で割溝を形成する方法を経てこのウェーハをサファイア基板側から押し割って、個々のチップ状の化合物半導体発光素子が分離される。

20

さらに、特許文献4には、ウェーハを個々の素子に分割する方法として、半導体層が積層されたウェーハの基板内部に集光点を合わせてレーザ光を照射することにより改質領域を形成し、この改質領域によって切断起点領域を形成し、切断起点領域に沿ってウェーハを切断する方法が提案されている。この場合、基板内の所定の位置に改質領域を形成するために、レーザ光の焦光点を正確に合わせることが必要となる。

【0005】

また、半導体層の膜厚が5 μm以上の場合、半導体層膜厚が厚くなるほど、半導体層と基板の熱膨張係数の違いに起因して、基板の薄板化後のウェーハの反りも大きくなることが知られている（特許文献4参照）。このようなウェーハの反りは、基板裏面の表面粗さ（Ra）を調整することにより、ある程度調整が可能であり、基板の平坦性を保つために有効とされている。

30

【0006】

【特許文献1】特開2002-280611号公報

【特許文献2】特開2002-368261号公報

【特許文献3】特開2005-109432号公報

【特許文献4】特開2005-333122号公報

【発明の開示】

40

【発明が解決しようとする課題】

【0007】

しかしながら、例えば、基板の裏面側からレーザ光を照射する場合、上述したように、基板の平坦性を保つために、また、半導体素子の光取り出し効率を改善するために基板の裏面に形成された凹凸によって裏面の表面粗さ（Ra）が過度に大きくなると、レーザ光の焦光点を正確に合わせることが困難となる。そのため、ウェーハの基板内部に正確に改質領域を形成することができず、その結果、チップの不良品が多く発生するという問題がある。

【0008】

本発明の目的は、光取り出し効率に優れた半導体発光素子を高収率で製造が可能な半導

50

体発光素子の製造方法を提供することにある。

【課題を解決するための手段】

【0009】

本発明によれば、ⅢⅢⅢ族窒化物半導体層を有する半導体発光素子の製造方法であって、基板と基板上に成膜されたⅢⅢⅢ族窒化物半導体の積層構造からなるⅢⅢⅢ族窒化物半導体層とを有するウェーハの基板の被研削面を研削する研削工程と、研削工程により研削された基板の被研削面の表面粗さ R_a を $3\text{ nm} \sim 25\text{ nm}$ に調整する研磨工程と、研磨工程により表面粗さ R_a を調整した基板の被研削面側から、基板を分割するための切断予定ラインに沿ってレーザを照射することにより、基板の内部に加工変質部分を設けるレーザ加工工程と、レーザ加工工程により加工変質部分を設けた基板を加工変質部分及び切断予定ラインに沿って分割する分割工程と、を有することを特徴とする半導体発光素子の製造方法が提供される。

10

【0010】

ここで、本発明が適用される半導体発光素子の製造方法において、レーザ加工工程は、基板の厚さ方向に断続的に複数の加工変質部分を設けることが好ましい。

また、レーザ加工工程は、基板の内部の被研削面側から厚さ方向で $(2/3)$ 部の範囲に加工変質部分を設けることが好ましい。

さらに、レーザ加工工程は、基板に対してレーザをパルス照射することが好ましい。

【0011】

次に、本発明が適用される半導体発光素子の製造方法の分割工程において、基板を分割することにより基板の分割面を粗面とすることが好ましい。

20

また、基板上に成膜されたⅢⅢⅢ族窒化物半導体層側から切断予定ラインに沿ってレーザを照射することにより基板に割溝を形成する割溝形成工程をさらに有することが好ましい。

【0012】

また、本発明が適用される半導体発光素子の製造方法において、基板の表面に予め複数の凸部を形成する基板加工工程をさらに有することが好ましい。

さらに、凸部を形成した基板の表面にⅢⅢⅢ族窒化物半導体からなるバッファ層をスパッタリングにより形成するバッファ層形成工程をさらに有することが好ましい。

【0013】

30

また、本発明が適用される半導体発光素子の製造方法において、基板は、サファイア又はシリコンカーバイドから選ばれることが好ましい。

さらに、ウェーハのⅢⅢⅢ族窒化物半導体層は、それぞれⅢⅢⅢ族窒化物化合物半導体を含む n 型半導体層、発光層、 p 型半導体層が積層されることが好ましい。

また、本発明が適用される半導体発光素子の製造方法において、基板は最大径が約 100 mm 以上であることが好ましい。

【発明の効果】

【0014】

本発明によれば、光取り出し効率に優れた半導体発光素子を高収率で製造が可能である。

40

【発明を実施するための最良の形態】

【0015】

以下、本発明の実施の形態について詳細に説明する。尚、本発明は、以下の実施の形態に限定されるものではなく、その要旨の範囲内で種々変形して実施することが出来る。また、使用する図面は本実施の形態を説明するためのものであり、実際の大きさを表すものではない。

【0016】

(半導体発光素子Ⅰ)

図1は、ⅢⅢⅢ族窒化物半導体層を有する半導体発光素子の一例を示した断面図である。図1に示すように、半導体発光素子Ⅰは、表面に複数の凸部102が形成された基板1

50

1 と、基板 1 1 の複数の凸部 1 0 2 が形成された面上に成膜されたバッファ層 1 2 と、複数の凸部 1 0 2 を埋めるようにバッファ層 1 2 上に成膜された下地層 1 3 と、下地層 1 3 上に L E D 構造 2 0 が形成された構造を有している。

L E D 構造 2 0 は、n 型半導体層 1 4、発光層 1 5、p 型半導体層 1 6 が順次積層されている。L E D 構造 2 0 を構成する n 型半導体層 1 4 は、n 型コンタクト層 1 4 a 及び n 型クラッド層 1 4 b を有する。発光層 1 5 は、障壁層 1 5 a 及び井戸層 1 5 b が交互に積層された構造を有する。p 型半導体層 1 6 は、p 型クラッド層 1 6 a 及び p 型コンタクト層 1 6 b が積層されている。

さらに、p 型半導体層 1 6 上に透明正極 1 7 が積層され、その上に正極ボンディングパッド 1 8 が形成されるとともに、n 型半導体層 1 4 の n 型コンタクト層 1 4 a に形成された露出領域 1 4 d に負極 1 9 が積層されている。

10

【0017】

(基板 1 1)

基板 1 1 は、I I I 族窒化物化合物半導体とは異なる材料から構成される。基板 1 1 を構成する材料としては、例えば、サファイア、炭化ケイ素 (シリコンカーバイド: S i C)、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、モリブデン等が挙げられる。これらの中でも、サファイア、炭化ケイ素 (シリコンカーバイド: S i C) が好ましく、サファイアが特に好ましい。

20

【0018】

本実施の形態では、後述するように、基板 1 1 の被研削面 1 0 3 を所定の研削装置により研削し、その後、研磨装置により研磨することにより、基板 1 1 の厚さは、通常、1 7 0 μ m 以下であり、好ましくは 1 6 0 μ m 以下となるように調整されている。但し、基板 1 1 の厚さは、通常、7 0 μ m 以上である。

さらに、本実施の形態では、基板 1 1 の裏面である被研削面 1 0 3 の表面粗さ R a が、3 n m ~ 2 5 n m、好ましくは、5 n m ~ 2 0 n m になるように調整されている。

基板 1 1 の裏面を上述した範囲の表面粗さ R a を有する粗面として調整することにより、基板 1 1 の反りが低減し、基板 1 1 の平坦性を保つことができる。

30

また、被研削面 1 0 3 における光の乱反射により、半導体発光素子 I の光取り出し効率が増大する。

さらに、後述するように、基板 1 1 内部に改質領域を形成するために、基板 1 1 の被研削面 1 0 3 側からレーザ光を照射する際に、レーザ光の焦点を正確に合わせることが可能となる。

【0019】

(複数の凸部 1 0 2)

図 2 及び図 3 は、複数の凸部 1 0 2 が形成された基板 1 1 を説明する図である。図 2 に示すように、基板 1 1 に形成された複数の凸部 1 0 2 は、所定の最大径 d_1 と高さ h を有し、均一な大きさと均一な形状になるように形成されている。本実施の形態では、凸部 1 0 2 の形状は半球状である。尚、凸部 1 0 2 の形状は特に限定されない。

40

本実施の形態では、凸部 1 0 2 の最大径 d_1 は、0 . 5 μ m ~ 2 μ m の範囲である。凸部 1 0 2 の高さ h は、0 . 5 μ m ~ 2 μ m の範囲である。さらに、複数の凸部 1 0 2 は、基板 1 1 の表面に所定の間隔 d_2 を設けて配置されている。本実施の形態では、複数の凸部 1 0 2 の間隔 d_2 は、0 . 5 μ m ~ 2 μ m の範囲である。

また、図 3 に示すように、複数の凸部 1 0 2 は、基板 1 1 の表面 1 0 1_s 上に碁盤目状に等間隔に配置されている。

本実施形態では、基板 1 1 上に均一な形状の複数の凸部 1 0 2 を形成することにより、基板 1 1 と下地層 1 3 との界面が凹凸形状となる。そのため、このような構造を有する基

50

板 1 1 の上に L E D 構造 2 0 を設けた半導体発光素子 I は、界面における光の乱反射により、光取り出し効率がさらに増大する。

【 0 0 2 0 】

(バッファ層 1 2)

バッファ層 1 2 は、後述するように半導体発光素子の L E D 構造を有する化合物半導体層を有機金属化学気相成長法 (M O C V D) により成膜する際に、バッファ機能を発揮する薄膜層として基板 1 1 上に設けられる。バッファ層 1 2 を設けることにより、バッファ層 1 2 上に成膜される下地層 1 3 とさらにこの上に成膜される L E D 構造 2 0 を有する化合物半導体層は、良好な配向性及び結晶性を有する結晶膜となる。

【 0 0 2 1 】

バッファ層 1 2 を構成する I I I 族窒化物半導体としては、A l を含有することが好ましく、I I I 族窒化物である A l N を含むことが特に好ましい。バッファ層 1 2 を構成する材料としては、一般式 A l G a I n N で表される I I I 族窒化物半導体であれば特に限定されない。さらに、V 族として、A s や P が含有されても良い。バッファ層 1 2 が、A l を含む組成の場合、A l G a N とすることが好ましく、A l の組成が 5 0 % 以上であることが好ましい。

本実施の形態では、バッファ層 1 2 の厚さは、0 . 0 1 μ m ~ 0 . 5 μ m である。バッファ層 1 2 の厚さが過度に薄いと、バッファ層 1 2 による基板 1 1 と下地層 1 3 との格子定数の違いを緩和する効果が十分に得られない場合がある。バッファ層 1 2 の厚さが過度に厚いと、成膜処理時間が長くなり、生産性が低下する傾向がある。

【 0 0 2 2 】

(下地層 1 3)

下地層 1 3 に用いる材料としては、G a を含む I I I 族窒化物 (G a N 系化合物半導体) が用いられ、特に、A l G a N、又は G a N を好適に用いることができる。本実施の形態における下地層 1 3 は、L E D 構造 2 0 を有する化合物半導体層の下地層として機能するものである。

本実施の形態では、下地層 1 3 の厚さは、0 . 1 μ m 以上、好ましく 0 . 5 μ m 以上、さらに好ましくは 1 μ m 以上である。但し、下地層 1 3 の厚さは、通常、1 0 . 0 μ m 以下である。

【 0 0 2 3 】

(L E D 構造 2 0)

前述したように、L E D 構造 2 0 を構成する n 型半導体層 1 4 は、n 型コンタクト層 1 4 a 及び n 型クラッド層 1 4 b を有する。発光層 1 5 は、障壁層 1 5 a 及び井戸層 1 5 b が交互に積層された構造を有する。p 型半導体層 1 6 は、p 型クラッド層 1 6 a 及び p 型コンタクト層 1 6 b が積層されている。

【 0 0 2 4 】

(n 型半導体層 1 4)

n 型半導体層 1 4 の n 型コンタクト層 1 4 a としては、下地層 1 3 と同様に G a N 系化合物半導体が用いられる。また、下地層 1 3 及び n 型コンタクト層 1 4 a を構成する窒化ガリウム系化合物半導体は同一組成であることが好ましく、これらの合計の膜厚を 0 . 1 μ m ~ 2 0 μ m、好ましくは 0 . 5 μ m ~ 1 5 μ m、さらに好ましくは 1 μ m ~ 1 2 μ m の範囲に設定することが好ましい。

【 0 0 2 5 】

n 型クラッド層 1 4 b は、A l G a N、G a N、G a I n N 等によって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。G a I n N とする場合には、発光層 1 5 の G a I n N のバンドギャップよりも大きくすることが望ましい。n 型クラッド層 1 4 b の膜厚は、好ましくは 5 n m ~ 5 0 0 n m、より好ましくは 5 n m ~ 1 0 0 n m の範囲である。

【 0 0 2 6 】

(発光層 1 5)

発光層 15 は、窒化ガリウム系化合物半導体からなる障壁層 15 a と、インジウムを含有する窒化ガリウム系化合物半導体からなる井戸層 15 b とが交互に繰り返して積層され、且つ、n 型半導体層 14 側及び p 型半導体層 16 側に障壁層 15 a が配される順で積層して形成される。本実施の形態では、発光層 15 は、6 層の障壁層 15 a と 5 層の井戸層 15 b とが交互に繰り返して積層され、発光層 15 の最上層及び最下層に障壁層 15 a が配され、各障壁層 15 a の間に井戸層 15 b が配される構成とされている。

【0027】

障壁層 15 a としては、例えば、インジウムを含有した窒化ガリウム系化合物半導体からなる井戸層 15 b よりもバンドギャップエネルギーが大きい $\text{Al}_c\text{Ga}_{1-c}\text{N}$ ($0 < c < 0.3$) 等の窒化ガリウム系化合物半導体を好適に用いることができる。

また、井戸層 15 b には、インジウムを含有する窒化ガリウム系化合物半導体として、例えば、 $\text{Ga}_s\text{In}_{1-s}\text{N}$ ($0 < s < 0.4$) 等の窒化ガリウムインジウムを用いることができる。

【0028】

(p 型半導体層 16)

p 型半導体層 16 は、p 型クラッド層 16 a 及び p 型コンタクト層 16 b から構成される。p 型クラッド層 16 a としては、好ましくは、 $\text{Al}_d\text{Ga}_{1-d}\text{N}$ ($0 < d < 0.4$) のものが挙げられる。p 型クラッド層 16 a の膜厚は、好ましくは $1\text{ nm} \sim 400\text{ nm}$ であり、より好ましくは $5\text{ nm} \sim 100\text{ nm}$ である。

p 型コンタクト層 16 b としては、少なくとも $\text{Al}_e\text{Ga}_{1-e}\text{N}$ ($0 < e < 0.5$) を含んでなる窒化ガリウム系化合物半導体層が挙げられる。p 型コンタクト層 16 b の膜厚は、特に限定されないが、 $10\text{ nm} \sim 500\text{ nm}$ が好ましく、より好ましくは $50\text{ nm} \sim 200\text{ nm}$ である。

【0029】

(透明正極 17)

透明正極 17 を構成する材料としては、例えば、 ITO ($\text{In}_2\text{O}_3 - \text{SnO}_2$)、 AZO ($\text{ZnO} - \text{Al}_2\text{O}_3$)、 IZO ($\text{In}_2\text{O}_3 - \text{ZnO}$)、 GZO ($\text{ZnO} - \text{Ga}_2\text{O}_3$) 等の従来公知の材料が挙げられる。また、透明正極 17 の構造は特に限定されず、従来公知の構造を採用することができる。透明正極 17 は、p 型半導体層 16 上のほぼ全面を覆うように形成しても良く、格子状や樹形状に形成しても良い。

【0030】

(正極ボンディングパッド 18)

透明正極 17 上に形成される電極としての正極ボンディングパッド 18 は、例えば、従来公知の Au 、 Al 、 Ni 、 Cu 等の材料から構成される。正極ボンディングパッド 18 の構造は特に限定されず、従来公知の構造を採用することができる。

正極ボンディングパッド 18 の厚さは、 $100\text{ nm} \sim 1000\text{ nm}$ の範囲内であり、好ましくは $300\text{ nm} \sim 500\text{ nm}$ の範囲内である。

【0031】

(負極 19)

図 1 に示すように、負極 19 は、基板 11 上に成膜されたバッファ層 12 及び下地層 13 の上にさらに成膜された LED 構造 20 (n 型半導体層 14、発光層 15 及び p 型半導体層 16) において、n 型半導体層 14 の n 型コンタクト層 14 a に接するように形成される。このため、負極 19 を形成する際は、p 型半導体層 16、発光層 15 及び n 型半導体層 14 の一部を除去し、n 型コンタクト層 14 a の露出領域 14 d を形成し、この上に負極 19 を形成する。

負極 19 の材料としては、各種組成および構造の負極が周知であり、これら周知の負極を何ら制限無く用いることができ、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。

【0032】

(半導体発光素子の製造方法)

10

20

30

40

50

次に、本実施の形態が適用される半導体発光素子の製造方法について説明する。

図4、図5、図6は、半導体発光素子の製造工程を説明する図である。

図4(a)に示すように、先ず、サファイア板10を準備する。サファイア板10の最大径は、通常、約50mm以上、好ましくは約100mm以上の範囲であり、約50mm～約200mmの範囲がより好ましい。厚さは、0.4mm～2mmの範囲が好ましい。

本実施の形態では、(1)最大径約50mmと厚さ0.7mmを有するサファイア板10、(2)最大径約100mmと厚さ1mmを有するサファイア板10、(3)最大径約150mmと厚さ1.3mmを有するサファイア板10を使用する。

【0033】

次に、図4(b)に示すように、サファイア板10の表面に均一な形状を有する複数の凸部102が形成された基板11を加工する(基板加工工程)。基板11の加工では、基板11上における凸部102の平面配置を規定するマスクを形成するパターニングと、パターニングによって形成されたマスクを使って基板11をエッチングして凸部102を形成するエッチングとを行なう。パターニングは、一般的なフォトリソグラフィ法で行なうことができる。エッチングは、ドライエッチング法を用いることが好ましい。

【0034】

尚、凸部102を形成する方法としては、上述したエッチング法に限定されない。例えば、サファイア板10に凸部102となる材料を、スパッタ法、蒸着法、CVD法等により積層させることにより凸部を形成してもよい。この場合、凸部102となる材料としては、サファイア板10とほぼ同等の屈折率を有する材料を用いることが好ましく、例えば、 Al_2O_3 、 SiN 、 SiO_2 等を用いることができる。

【0035】

続いて、図4(c)に示すように、基板11の表面101s上にIII族窒化物半導体からなるバッファ層12を形成する(バッファ層形成工程)。本実施の形態では、バッファ層12は、III族窒化物半導体をスパッタリングすることにより形成することが好ましい。スパッタリングによりバッファ層12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。

【0036】

また、スパッタ法によって、柱状結晶(多結晶)を有するバッファ層12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。これにより、V族元素を窒素とし、バッファ層12を成膜する際のガス中における窒素のガス分率を50%～99%以下の範囲とするとともに、バッファ層12を単結晶組織として形成する。その結果、短時間で良好な結晶性を有するバッファ層12を、特定の異方性を持つ配向膜として基板11上に成膜することができ、さらに、バッファ層12上に、結晶性の良好なIII族窒化物半導体を効率良く成長させることが可能となる。

【0037】

次に、図4(d)に示すように、本実施形態では、バッファ層12を形成工程の後、バッファ層12が形成された基板11の上面上に、凸部102を埋めるようにして、MOCVD法によりIII族窒化物半導体からなる下地層13を成膜する。尚、本実施の形態では、下地層13の最大厚さHは、凸部102の高さhの2倍以上であることが好ましい。

【0038】

次に、図5(a)に示すように、成膜した下地層13上に、MOCVD法により、n型半導体層14、発光層15、及びp型半導体層16を順次積層し、半導体発光素子ウェーハ10を形成する。

【0039】

下地層13、及びn型半導体層14、発光層15、p型半導体層16をMOCVD法で積層する場合に使用するキャリアガスとしては、例えば、水素(H_2)、窒素(N_2)；III族原料であるGa源としてトリメチルガリウム(TMG)、トリエチルガリウム(

10

20

30

40

50

T E G) ; A l 源としてトリメチルアルミニウム (T M A) 、トリエチルアルミニウム (T E A) ; I n 源としてトリメチルインジウム (T M I) 、トリエチルインジウム (T E I) ; V 族原料である N 源としてアンモニア (N H ₃) 、ヒドラジン (N ₂ H ₄) 等が用いられる。また、ドーパントとしては、n 型には S i 原料としてモノシラン (S i H ₄) 、ジシラン (S i ₂ H ₆) ; G e 原料としてゲルマングス (G e H ₄) 、テトラメチルゲルマニウム ((C H ₃) ₄ G e) 、テトラエチルゲルマニウム ((C ₂ H ₅) ₄ G e) 等の有機ゲルマニウム化合物 ; p 型には M g 原料としてシクロペンタジエニルマグネシウム (C p ₂ M g) を利用できる。

【 0 0 4 0 】

本実施の形態において、基板 1 1 に下地層 1 3 を形成することにより、この上に成膜される I I I 族窒化物半導体からなる n 型半導体層 1 4 、発光層 1 5 、p 型半導体層 1 6 からなる L E D 構造 2 0 の結晶の結晶性が良好となる。その結果、内部量子効率に優れ、リークの少ない半導体発光素子 I が得られる。

尚、L E D 構造 2 0 の内、下地層 1 3 を M O C V D 法によって形成した後、n 型コンタクト層 1 4 a 及び n 型クラッド層 1 4 b の各層をスパッタ法で形成し、その上の発光層 1 5 を M O C V D 法で形成し、そして、p 型半導体層 1 6 を構成する p 型クラッド層 1 6 a 及び p 型コンタクト層 1 6 b の各層を反応性スパッタ法で形成してもよい。

【 0 0 4 1 】

次に、図 5 (b) に示すように、基板 1 1 上にバッファ層 1 2 、下地層 1 3 及び L E D 構造 2 0 を成膜した後、L E D 構造 2 0 の p 型半導体層 1 6 上に透明正極 1 7 を積層し、その上に正極ボンディングパッド 1 8 を形成する。続いて、L E D 構造 2 0 の所定の位置をエッチング除去することにより、n 型半導体層 1 4 を露出させて複数の露出領域 1 4 d を形成し、露出領域 1 4 d の各々に正極ボンディングパッド 1 8 と対になるように複数の負極 1 9 を形成する。

【 0 0 4 2 】

負極 1 9 を形成する際は、まず、基板 1 1 上に形成された p 型半導体層 1 6 、発光層 1 5 及び n 型半導体層 1 4 の一部をドライエッチング等の方法によって除去し、n 型コンタクト層 1 4 a の露出領域 1 4 d を形成する。そして、この露出領域 1 4 d 上に、例えば、露出領域 1 4 d 表面側から順に、N i 、A l 、T i 、A u の各材料を従来公知の方法で積層することにより、詳細な図示を省略する 4 層構造の負極 1 9 を形成することができる。

【 0 0 4 3 】

続いて、図 5 (c) に示すように、基板 1 1 が所定の厚さになるまで基板 1 1 の被研削面 1 0 3 を、研削及び研磨する (研削工程・研磨工程) 。本実施の形態では、約 2 0 分間程度の研削工程により、基板 1 1 を研削し、基板 1 1 の厚さを、例えば、約 1 0 0 0 μ m から約 1 2 0 μ m 迄減少させる。さらに、本実施の形態では、研削工程に続き、約 1 5 分間の研磨工程により、基板 1 1 の厚さを、約 1 2 0 μ m から約 8 0 μ m 迄に研磨する。

ここで、本実施の形態では、研削工程及び研磨工程により、基板 1 1 の厚さを調整するとともに、基板 1 1 の裏面である被研削面 1 0 3 の表面粗さ R a を、3 n m ~ 2 5 n m 、好ましくは、5 n m ~ 2 0 n m になるように調整する。

【 0 0 4 4 】

被研削面 1 0 3 の表面粗さ R a を上述した範囲に調整する方法は特に限定されないが、例えば、基板 1 1 の被研削面 1 0 3 を研削・研磨する際に、被研削面 1 0 3 と所定の研削・研磨装置の研削定盤の被研削面 1 0 3 とが摺り合わされる部分に研削材または研磨材を供給する。研削材または研磨材の種類は特に限定されず、市販のスラリー型の研削材または研磨材を使用することができる。

【 0 0 4 5 】

また、本実施の形態において、表面粗さ R a のその測定方法は特に限定されないが、例えば、A F M (原子間力顕微鏡 ; A t o m i c F o r c e M i c r o s c o p e) 、S E M (走査型電子顕微鏡 ; S c a n n i n g E l e c t r o n M i c r o s c o p e) 等による視野角解析による公知の方法で、算術平均粗さ R a として求めることができ

10

20

30

40

50

る。

【 0 0 4 6 】

次に、図 6 (a) に示すように、LED 構造 2 0 側から n 型コンタクト層 1 4 a の露出領域 1 4 d にレーザ L 1 を照射し割溝 3 0 を形成する (割溝形成工程) 。割溝 3 0 は、後述するように、基板 1 1 を分割するための切断予定ラインに沿ってレーザ L 1 を照射することにより形成する。割溝 3 0 の幅は特に制限されない。本実施の形態では、割溝 3 0 の深さは、通常、基板 1 1 の表面から $6 \mu\text{m}$ 以上であり、 $10 \mu\text{m}$ 以上であることが好ましく、 $20 \mu\text{m}$ 以上であることがさらに好ましい。割溝 3 0 の深さが過度に小さいと、切断面が斜めに割れ、不良チップが生成する傾向がある。

【 0 0 4 7 】

割溝 3 0 の断面形状は矩形、U 字状、V 字状等の形状が採用され、好ましくは、V 字状または U 字状であり、V 字状が特に好ましい。割溝 3 0 の断面形状が V 字状の場合、チップ状に分割する際、V 字状の最先端付近からクラックが発生し、不良率が低下する傾向がある。尚、割溝 3 0 の断面形状は、ビーム径および焦点位置等のレーザ光学系の制御によりコントロール可能である。

【 0 0 4 8 】

続いて、図 6 (b) に示すように、前述した研磨工程により表面粗さ R_a を調整した基板 1 1 の被研削面 1 0 3 側から、基板 1 1 を分割するための切断予定ラインに沿ってレーザ L 2 を照射することにより基板 1 1 の内部に加工変質部分 (内部クラック) 4 1 , 4 2 を設ける (レーザ加工工程) 。本実施の形態では、レーザ加工工程において、基板 1 1 の内部の被研削面側から厚さ方向で (2 / 3) 部の範囲に、断続的に 2 個の加工変質部分 4 1 , 4 2 を設けている。

また、加工変質部分 4 1 , 4 2 は、基板 1 1 に設けた割溝 3 0 と基板 1 1 の厚さ方向に略同一の直線上に形成している。

【 0 0 4 9 】

本実施の形態において加工変質部分 4 1 , 4 2 とは、例えば、サファイア製の基板 1 1 の内部にレーザ L 2 の焦点点を合わせて照射することにより、基板 1 1 のレーザ L 2 が照射された部分が溶融・再固化した改質領域や多光子吸収による改質領域等を言う。この場合、レーザ照射による溶融・再固化に伴い生じる微小なクラックの発生も含まれる。

【 0 0 5 0 】

具体的には、例えば、ステルスレーザ加工機 (図示せず) を用い、エキシマ励起のパルスレーザを照射しながら、基板 1 1 を分割するための切断予定ラインに沿ってレーザ L 2 を照射する。この際、基板 1 1 上に照射するレーザ L 2 の焦点を変化させることにより、基板 1 1 の厚さ方向において複数箇所 (図 6 (b) では 2 箇所) に設けることが可能となる。

【 0 0 5 1 】

使用するレーザとしては、例えば、CO₂レーザ、YAG (イットリウム・アルミニウム・ガーネット) レーザ等が挙げられる。本実施の形態では、パルス照射のレーザを用いることが最も好ましい。本実施の形態では、レーザ L 2 の波長としては、 266 nm 又は 355 nm を使用している。また、基板 1 1 の切断予定ラインに沿ってレーザ L 2 を間欠的に照射 (パルス照射) することにより、基板 1 1 の内部に効果的にダメージを付与し、この部分を揮散あるいは強度的に弱い材質へと変換させることができる。この場合、パルス周期を、 $10 \sim 40 \text{ Hz}$ の範囲とすることが好ましい。

【 0 0 5 2 】

次に、図 6 (c) に示すように、基板 1 1 を加工変質部分 4 1 , 4 2 に沿って切断し、複数のチップに分割する (分割工程) 。具体的には、例えば、ブレーカ装置 (図示せず) を用い、割溝 3 0 及び加工変質部分 4 1 , 4 2 に沿うようにブレード (図示せず) を押し当てることにより、加工変質部分 4 1 , 4 2 に沿って基板 1 1 を押し割り、複数のチップに分割する。

【 0 0 5 3 】

本実施形態では、分割工程において、割溝 30 及び加工変質部分 41, 42 に沿って基板 11 を個々の発光素子単位のチップに切断することで、加工変質部分 41, 42 を起点として、基板 11 に亀裂を生じさせつつ、半導体発光素子ウェーハ I₀ (図 5 (a) 参照) を個々のチップ状態の半導体発光素子 I に分割することができる。

このとき、分割後の基板 11 の分割面 (端面 11a) には、加工変質部分 41, 42 の少なくとも一部が残存する領域と、基板 11 を切断した際に分割面 (端面 11a) に生じる亀裂痕が不規則に残存する領域とが存在し、分割面 (端面 11a) のほぼ全体が粗面となる。

このように、基板 11 の分割面 (端面 11a) を粗面として形成することにより、分割面 (端面 11a) の表面積が増加し、入射した光を効率良く外部に出射できる基板 11 とすることができ、光取り出し効率に優れた半導体発光素子 I を製造することが可能となる。

【0054】

本実施の形態において III 族窒化物半導体発光素子は、通常、基板 11 上に LED 構造 20 を成膜し、次いで、基板 11 の被研削面 103 を研削・研磨処理によって所定の厚さに調整し、その後、適当な大きさに切断し、所定の厚さの基板 11 を有する半導体発光素子チップとして得られる。

【0055】

本実施の形態においては、半導体層と基板の熱膨張係数の違いに起因して、基板の薄板化後のウェーハの反りにも影響してくる。特に、発光層を含む半導体層の膜厚が 5 μm 以上の場合には半導体層膜厚が厚くなるほど反りが大きくなり、その後のレーザ加工工程に悪い影響を及ぼす。

しかしながら、本実施の形態が適用される半導体発光素子の製造方法によれば、研磨工程において、研削工程で研削された基板の被研削面の表面粗さ R_a を 3 nm ~ 25 nm に調整することにより、レーザ加工工程における基板の平坦性を保つことができる。

このような効果は、基板、例えば、サファイア基板の最大径が、大きいものほど格別となる。本実施の形態では、最大径が、約 50 mm < 約 100 mm < 約 150 mm の順で、特に効果的であった。

【0056】

上述したように、本実施の形態が適用される半導体発光素子 I は、例えば、これと蛍光体とを組み合わせるランプとして使用することができる。半導体発光素子 I と蛍光体とを組み合わせたランプは、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、従来より、III 族窒化物半導体発光素子と蛍光体と組み合わせることによって発光色を変える技術を採用することが可能である。ランプの例としては、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。

【図面の簡単な説明】

【0057】

【図 1】 III 族窒化物半導体層を有する半導体発光素子の一例を示した断面図である。

【図 2】 複数の凸部が形成された基板を説明する図である。

【図 3】 複数の凸部が形成された基板を説明する図である。

【図 4】 半導体発光素子の製造工程を説明する図である。

【図 5】 半導体発光素子の製造工程を説明する図である。

【図 6】 半導体発光素子の製造工程を説明する図である。

【符号の説明】

【0058】

10 ... サファイア板、11 ... 基板、11a ... 分割面 (端面)、12 ... バッファ層、13 ... 下地層、14 ... n 型半導体層、15 ... 発光層、16 ... p 型半導体層、17 ... 透明正極、18 ... 正極ボンディングパッド、19 ... 負極、20 ... LED 構造、30 ... 割溝、41, 42 ... 加工変質部分 (内部クラック)、102 ... 凸部、103 ... 被研削面、I ... 半導体発光素

10

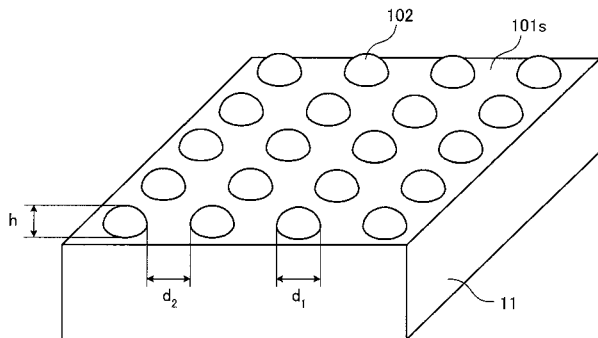
20

30

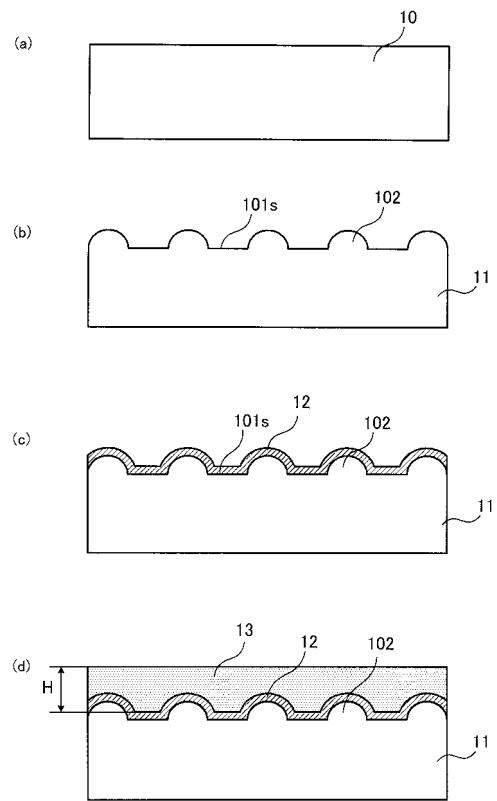
40

50

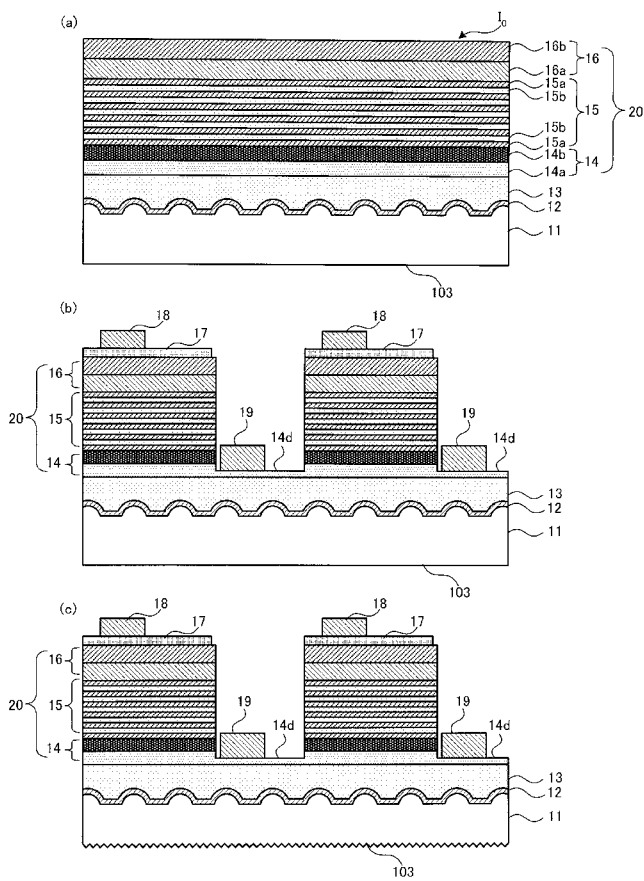
【図 3】



【図 4】



【図 5】



【図 6】

