

(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2010-157604

(P2010-157604A)

(43) 公開日 平成22年7月15日(2010.7.15)

(51) Int.Cl. F I テーマコード (参考)
H O 1 L 33/32 (2010.01) H O 1 L 33/00 C 5 F O 4 1

審査請求 未請求 請求項の数 8 O L (全 11 頁)

(21) 出願番号	特願2008-334869 (P2008-334869)	(71) 出願人	000002004
(22) 出願日	平成20年12月26日 (2008.12.26)		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	桜井 哲朗
			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 AA05 AA11 CA05 CA40 CA62

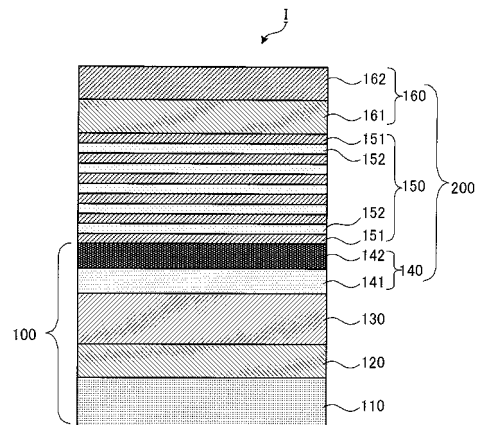
(54) 【発明の名称】 半導体発光素子の製造方法

(57) 【要約】

【課題】半導体層を構成する材料と異なる材料からなる基板を用い、この上にⅢⅤ族化合物半導体層を成膜する工程を有し、得られる半導体発光層の発光波長分布を小さくすることが可能な半導体発光素子の製造方法を提供する。

【解決手段】ⅢⅤ族化合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、基板上に少なくとも1つの化合物半導体層を成膜し、反り量Hが $50\mu\text{m}$ H $250\mu\text{m}$ の範囲である化合物半導体基板を形成する化合物半導体基板形成工程と、形成された前記化合物半導体基板上に複数のⅢⅤ族化合物半導体層からなる発光層を形成する発光層形成工程と、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1



【特許請求の範囲】

【請求項 1】

ⅢⅢⅢ族化合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、
基板上に少なくとも1つの化合物半導体層を成膜し、反り量Hが $50\mu\text{m} < H < 250\mu\text{m}$ の範囲である化合物半導体基板を形成する化合物半導体基板形成工程と、
形成された前記化合物半導体基板上に複数のⅢⅢⅢ族化合物半導体層からなる発光層を形成する発光層形成工程と、
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ⅢⅢⅢ族化合物半導体層が、少なくともⅢⅢⅢ族窒化物を含む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。

10

【請求項 3】

前記基板の直径Dが、 $50\text{mm} < D < 155\text{mm}$ の範囲から選ばれ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】

前記基板の厚さdが、 $0.4\text{mm} < d < 1.5\text{mm}$ の範囲から選ばれ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】

前記基板の反り量Hが、 $-10\mu\text{m} < H < 10\mu\text{m}$ の範囲から選ばれ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。

20

【請求項 6】

前記化合物半導体基板の反り量Hが、 $100\mu\text{m} < H < 115\mu\text{m}$ の範囲から選ばれ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】

前記基板は、ⅢⅢⅢ族化合物半導体層と異なる材料から構成され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】

前記基板は、サファイアから構成され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。

30

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

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族化合物半導体層を有する半導体発光素子の製造方法に関する。

【背景技術】

【0002】

一般に、ⅢⅢⅢ-V族化合物半導体層等の化合物半導体層を有する半導体発光素子は、サファイア単結晶等からなる基板上に化合物半導体層を成膜し、さらに正極や負極等を設けた後、基板の被研削面を研削及び研磨し、その後、適当な形状に切断することにより発光素子チップとして調製される（特許文献 1 参照）。

40

【0003】

【特許文献 1】特開 2008 - 177525 号公報

【発明の開示】

【発明が解決しようとする課題】

【0004】

ところで、半導体層を構成する化合物半導体とは異なる材料からなる基板を用い、この基板上に化合物半導体層を成膜すると、得られる化合物半導体発光層の波長分布の標準偏差（本明細書中、発光波長分布（nm）とも言う。）が大きくなるという問題がある。特に、MOCVD（有機金属化学気相成長法：ORGANIC METAL CHEM

50

ICAL VAPOUR DEPOSITION)により化合物半導体層を形成する場合にこのような傾向が大きい。

これは、主として、基板と化合物半導体との熱膨張係数の差により、基板に反りが生じることによる原因があると考えられる。基板に反りが生じると、MOCVDにより化合物半導体層を成膜する場合、基板上に温度分布が生じ、例えば、In（インジウム）等の元素の分布が不均一になってしまう。これにより、当該化合物半導体層から発光素子を製造する際に、同一基板内で所望しない波長を有する発光素子が出来てしまい、同一基板からの製品の収得率を低下するとう問題があった。

【0005】

本発明の目的は、化合物半導体層を構成する材料と異なる材料からなる基板を用い、この上にIII族化合物半導体層を成膜する工程を有し、得られる化合物半導体発光層の発光波長分布を小さくすることを可能とする、化合物半導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】

【0006】

かくして本発明によれば、III族化合物半導体層を有する半導体発光素子（化合物半導体発光素子とも言う。）の製造方法であって、基板上に少なくとも1つの化合物半導体層を成膜し、反り量Hが $50\mu\text{m} < H < 250\mu\text{m}$ の範囲である化合物半導体基板を形成する化合物半導体基板形成工程と、形成された化合物半導体基板上に複数のIII族化合物半導体層からなる発光層を形成する発光層形成工程と、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。

【0007】

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、基板上に成膜されるIII族化合物半導体層が、少なくともIII族窒化物を含むことが好ましい。

また、基板の直径Dが、 $50\text{mm} \sim 155\text{mm}$ の範囲から選ばれることが好ましい。

さらに、基板の厚さdが、 $0.4\text{mm} \sim 1.5\text{mm}$ の範囲から選ばれることが好ましい。

またさらに、基板の反り量Hが、 $-10\mu\text{m} < H < 10\mu\text{m}$ の範囲から選ばれることが好ましい。

次に、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、化合物半導体基板の反り量Hが、 $100\mu\text{m} < H < 115\mu\text{m}$ の範囲から選ばれることが好ましい。

また、基板は、III族化合物半導体層と異なる材料から構成されることが好ましい。

さらに、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、サファイアから構成されることが好ましい。

【発明の効果】

【0008】

本発明によれば、半導体発光素子の製造方法において、反り量Hが $50\mu\text{m} < H < 250\mu\text{m}$ の範囲である化合物半導体基板を用い、これに発光層を形成することにより、同一基板内で得られる半導体発光層の発光波長分布を小さくすることが可能である。

【発明を実施するための最良の形態】

【0009】

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。

【0010】

（半導体発光素子）

本実施の形態において製造される半導体発光素子は、通常、所定の基板と基板上に成膜された化合物半導体層とを有している。化合物半導体層を構成する化合物半導体としては、例えば、III-V族化合物半導体、II-VI族化合物半導体、IV-IV族化合物

10

20

30

40

50

半導体等が挙げられる。本実施の形態では、Ⅲ-Ⅴ族化合物半導体が好ましく、中でも、Ⅲ族窒化物化合物半導体が好ましい。以下に、Ⅲ族窒化物化合物半導体を有する半導体発光層を例に挙げて説明する。

【0011】

図1は、本実施の形態において製造される半導体発光素子の層構造の一例を説明する図である。図1に示すように、半導体発光素子Iは、基板110上に形成された中間層120の上に、下地層130、n型半導体層140、発光層150、p型半導体層160が順次積層されて構成されている。なお、化合物半導体層(Ⅲ族化合物半導体層)200は、n型半導体層140、発光層150及びp型半導体層160をまとめて総称する。

さらに、p型半導体層160上に透明正極170(図2参照)が積層され、その上に正極ボンディングパッド180が形成されるとともに、n型半導体層140のn型コンタクト層141に形成された露出領域143に負極ボンディングパッド190が積層されている。

ここで、本実施の形態では、基板110上に、少なくとも中間層120を含み、さらにⅢ族化合物半導体からなる下地層130及びn型半導体層140から選ばれる少なくとも1層を成膜したものを化合物半導体基板100と称し、発光機能を有さない半導体層積層基板として取り扱う。

【0012】

ここで、Ⅲ族化合物半導体からなる下地層130上に成膜されたn型半導体層140は、n型コンタクト層141及びn型クラッド層142を有する。発光層150は、障壁層151及び井戸層152が交互に積層された構造を有する。p型半導体層160は、p型クラッド層161及びp型コンタクト層162が積層されている。

本実施の形態では、基板110上に成膜された化合物半導体層(中間層120、下地層130、n型半導体層140、発光層150及びp型半導体層160を含めたⅢ族化合物半導体層)の合計の厚さは、5 μ m以上、好ましくは8 μ m以上、さらに好ましくは9 μ m以上である。また、これらの合計の厚さは、15 μ m以下、好ましくは14 μ m以下、さらに好ましくは13 μ m以下である。

前述した化合物半導体層(Ⅲ族化合物半導体層)の合計の厚さが過度に薄いと、特に、下地層130及びn型半導体層140の膜厚が薄いと、その後に積層する発光層150及びp型半導体層160の結晶性が悪くなるため、半導体発光素子Iを形成した場合は発光強度が弱くなる傾向がある。

【0013】

(基板110)

基板110は、Ⅲ族窒化物化合物半導体とは異なる材料から構成され、基板110上にⅢ族窒化物半導体結晶がエピタキシャル成長される。基板110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: 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: SiC)が好ましい。

また、基板110の表面は半導体層を積層する側の面(表面)とその反対側の面(裏面)の表面粗さRa(算術平均粗さ)が異なっている方が好ましい。特に、表面粗さRaの関係は表面 裏面となっている基板を用いると良い。

【0014】

(中間層120)

前述したように、本実施の形態では、基板110はⅢ族窒化物化合物半導体とは異なる材料から構成される。このため、後述するように化合物半導体層200を有機金属化学気相成長法(MOCVD)により成膜する際に、バッファ機能を発揮する中間層120

10

20

30

40

50

を基板 110 上に設けることが好ましい。特に、中間層 120 が単結晶構造であることは、バッファ機能の面から好ましい。単結晶構造を有する中間層 120 を基板 110 上に成膜した場合、中間層 120 のバッファ機能が有効に作用し、中間層 120 上に成膜される下地層 130 と化合物半導体層 200 は、良好な配向性及び結晶性を持つ結晶膜となる。

中間層 120 は、Al を含有することが好ましく、III 族窒化物である AlN を含むことが特に好ましい。中間層 120 を構成する材料としては、一般式 $AlGaInN$ で表される III 族窒化物化合物半導体であれば特に限定されない。さらに、V 族として、As や P が含有されても良い。中間層 120 が、Al を含む組成の場合、GaAlN とすることが好ましく、Al の組成が 50% 以上であることが好ましい。

【0015】

10

(下地層 130)

下地層 130 に用いる材料としては、Ga を含む III 族窒化物 (GaN 系化合物半導体) が用いられ、特に、AlGa_xN、又は GaN を好適に用いることができる。下地層 130 の膜厚は 0.1 μm 以上、好ましくは 0.5 μm 以上、さらに好ましくは 1 μm 以上である。

【0016】

(n 型半導体層 140)

n 型半導体層 140 は、n 型コンタクト層 141 及び n 型クラッド層 142 から構成される。n 型コンタクト層 141 としては、下地層 130 と同様に GaN 系化合物半導体を用いられる。また、下地層 130 及び n 型コンタクト層 141 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 μm ~ 20 μm、好ましくは 0.5 μm ~ 15 μm、さらに好ましくは 1 μm ~ 12 μm の範囲に設定することが好ましい。

20

【0017】

n 型クラッド層 142 は、AlGaN、Ga_xN、GaInN 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。GaInN とする場合には、後述する発光層 150 を構成する井戸層 152 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。n 型クラッド層 142 の膜厚は、好ましくは 5 nm ~ 500 nm、より好ましくは 5 nm ~ 100 nm の範囲である。

【0018】

30

(発光層 150)

発光層 150 は、窒化ガリウム系化合物半導体からなる障壁層 151 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 152 とが交互に繰り返して積層され、且つ、n 型半導体層 140 側及び p 型半導体層 160 側に障壁層 151 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 150 は、6 層の障壁層 151 と 5 層の井戸層 152 とが交互に繰り返して積層され、発光層 150 の最上層及び最下層に障壁層 151 が配され、各障壁層 151 間に井戸層 152 が配される構成とされている。

【0019】

障壁層 151 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 152 よりもバンドギャップエネルギーが大きい $Al_{1-c}Ga_cN$ ($0 < c < 0.3$) 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。

40

また、井戸層 152 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、 $Ga_{1-s}In_sN$ ($0 < s < 0.4$) 等の窒化ガリウムインジウムを用いることができる。

井戸層 152 の膜厚としては、特に限定されないが、量子効果の得られる程度の膜厚、即ち臨界膜厚領域であることが好ましい。例えば、井戸層 152 の膜厚は、1 nm ~ 10 nm の範囲であることが好ましく、2 nm ~ 6 nm の膜厚であればより好ましい。

【0020】

(p 型半導体層 160)

p 型半導体層 160 は、p 型クラッド層 161 及び p 型コンタクト層 162 から構成さ

50

れる。p型クラッド層161としては、好ましくは、 $Al_dGa_{1-d}N$ ($0 < d \leq 0.4$) のものが挙げられる。p型クラッド層161の膜厚は、好ましくは1nm~400nmであり、より好ましくは5nm~100nmである。

p型コンタクト層162としては、少なくとも $Al_eGa_{1-e}N$ ($0 \leq e < 0.5$) 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162の膜厚は、特に限定されないが、10nm~500nmが好ましく、より好ましくは50nm~200nmである。

【0021】

(透明正極170)

透明正極170を構成する材料としては、例えば、 $ITO(In_2O_3-SnO_2)$ 、 $AZO(ZnO-Al_2O_3)$ 、 $IZO(In_2O_3-ZnO)$ 、 $GZO(ZnO-Ga_2O_3)$ 等の従来公知の材料が挙げられる。また、透明正極170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170は、p型半導体層160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。

【0022】

(正極ボンディングパッド180)

透明正極170上に形成される電極としての正極ボンディングパッド180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180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180の厚さは、100nm~1000nmの範囲内であり、好ましくは300nm~500nmの範囲内である。

【0023】

(負極ボンディングパッド190)

図2に示すように、負極ボンディングパッド190は、基板110上に成膜された中間層120及び下地層130の上にさらに成膜された化合物半導体層200(n型半導体層140、発光層150及びp型半導体層160)において、n型半導体層140のn型コンタクト層141に接するように形成される。このため、負極ボンディングパッド190を形成する際は、p型半導体層160、発光層150及びn型半導体層140の一部を除去し、n型コンタクト層141の露出領域143を形成し、この上に負極ボンディングパッド190を形成する。

負極ボンディングパッド190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。

【0024】

(半導体発光素子の製造方法)

次に、半導体発光素子の製造方法について説明する。

図2は、本実施の形態が適用される製造方法により得られる半導体発光素子の一例を説明する図である。

本実施の形態において半導体発光素子Iは、所定の直径Dと厚さdとを有するサファイア製の基板110上に、V族元素を含むガスと金属材料とをプラズマで活性化して反応させることによりIII族窒化物からなる中間層120を成膜する。続いて、中間層120上に、下地層130、n型半導体層140を有する化合物半導体基板100(図1参照)を形成する(化合物半導体基板形成工程)。続いて、化合物半導体基板100上に、発光層150及びp型半導体層160を成膜する(発光層形成工程)。次いで、基板110を所定の厚さになる迄研削し、その後、適当な大きさに切断して形成される。

【0025】

本実施の形態では、使用する基板110の直径Dは、通常、50mm~155mmの範囲から選択される。また、基板110の厚さdは、通常、0.4mm~1.5mm、好ましくは0.4mm~1.2mmの範囲から選択される。

10

20

30

40

50

このとき、使用する基板 110 は、反り量 H が、 $-30\ \mu\text{m} \leq H \leq 30\ \mu\text{m}$ 、 $-30\ \mu\text{m} < H < 0$ 、または $0 < H \leq 30\ \mu\text{m}$ の範囲から選ばれることが好ましく、 $-10\ \mu\text{m} \leq H \leq 10\ \mu\text{m}$ 、 $-10\ \mu\text{m} < H < 0$ 、または $0 < H \leq 10\ \mu\text{m}$ の範囲から選ばれることがさらに好ましい。

本実施の形態では、特に、基板 110 の直径 D が $50\ \text{mm} \sim 51\ \text{mm}$ (約 2 インチ) 程度の場合や $100\ \text{mm} \sim 102\ \text{mm}$ (約 4 インチ) 程度の場合には、基板 110 の反り量 H が、 $-10\ \mu\text{m} \leq H < 0$ または $0 < H \leq 10\ \mu\text{m}$ の範囲から選ばれることが好ましい。

【0026】

ここで、基板 110 の反りとは、基板 110 を水平な基準面に置いた時の、基準面とウェーハ表面との距離の最大値と最小値の差と定義される。本願においては、基板 110 の反り量 H の測定は、レーザ光斜入射干渉計 (NIDEK 社製フラットネステスター FT-17) により SORI 値を測定することで行った。そして、反りの方向が凸形状の場合にはプラス値、凹形状の場合はマイナス値とした。

【0027】

本実施の形態では、前述した基板 110 上に III 族窒化物半導体結晶をエピタキシャル成長させる際、中間層 120 は、スパッタ法を用いて、プラズマで活性化して反応した原料を基板 110 上に成膜することが好ましい。ここで、V 族元素を窒素とし、中間層 120 を成膜する際のガス中における窒素のガス分率を $50\% \sim 99\%$ 以下の範囲とするとともに、中間層 120 を単結晶組織として形成する。これにより、短時間で良好な結晶性を有する中間層 120 を、特定の異方性を持つ配向膜として基板 110 上に成膜することができる。その結果、中間層 120 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。

【0028】

本実施の形態では、中間層 120 をスパッタ法によって形成した後、その上に、有機金属化学気相成長法 (MOCVD) によって、下地層 130、n 型半導体層 140 を順次成膜し化合物半導体基板 100 を形成する (化合物半導体基板形成工程)。

続いて、化合物半導体基板 100 上に、MOCVD 法により、発光層 150 及び p 型半導体層 160 を順次成膜する。

【0029】

本実施の形態では、化合物半導体基板形成工程において、前述のように少なくとも 1 つの化合物半導体層を成膜して得た化合物半導体基板 100 は、その反り量 H が、 $50\ \mu\text{m} \leq H \leq 250\ \mu\text{m}$ の範囲にあるように形成される。ここで、化合物半導体基板 100 の反り量 H は、 $80\ \mu\text{m} \leq H \leq 200\ \mu\text{m}$ の範囲であることが好ましく、 $80\ \mu\text{m} \leq H \leq 150\ \mu\text{m}$ の範囲であることがさらに好ましく、 $100\ \mu\text{m} \leq H \leq 120\ \mu\text{m}$ の範囲であることが特に好ましい。

【0030】

ここで、化合物半導体基板 100 の反りとは、基板 110 の反り量 H について説明したと同様に、化合物半導体基板 100 を水平な基準面に置いた時の、基準面と化合物半導体基板 100 表面との距離の最大値と最小値の差と定義される。化合物半導体基板 100 の反り量 H の測定は、レーザ光斜入射干渉計 (NIDEK 社製フラットネステスター FT-17) により SORI 値を測定することで行う。反りの方向が凸形状の場合にはプラス値、凹形状の場合はマイナス値とした。

【0031】

本実施の形態において、化合物半導体基板 100 の反り量 H が上記の範囲となることにより、例えば、MOCVD 法によりさらに発光層 150 及び p 型半導体層 160 を順次成膜して得られる化合物半導体層 200 の発光波長分布を $6\ \text{nm}$ 以下にすることができる。

化合物半導体基板 100 の反り量 H が $50\ \mu\text{m}$ より小さくなると、その上に形成された化合物半導体層 200 からの発光波長分が $6\ \text{nm}$ より大きくなる傾向にある。

また、化合物半導体基板 100 の反り量 H が $250\ \mu\text{m}$ より大きくなると、その上に形

10

20

30

40

50

成された化合物半導体層 200 からの発光波長分布 が 6 nm より大きくなる傾向がある。

【0032】

MOCVD 法では、キャリアガスとして水素 (H_2) 又は窒素 (N_2)、III 族原料である Ga 源としてトリメチルガリウム (TMG) 又はトリエチルガリウム (TEG)、Al 源としてトリメチルアルミニウム (TMA) 又はトリエチルアルミニウム (TEA)、In 源としてトリメチルインジウム (TMI) 又はトリエチルインジウム (TEI)、V 族原料である N 源としてアンモニア (NH_3)、ヒドラジン (N_2H_4) 等が用いられる。

ドーパントとしては、n 型には Si 原料としてモノシラン (SiH_4) 又はジシラン (Si_2H_6)、Ge 原料としてゲルマングス (GeH_4)、テトラメチルゲルマニウム ($(CH_3)_4Ge$)、テトラエチルゲルマニウム ($(C_2H_5)_4Ge$) 等の有機ゲルマニウム化合物を利用できる。

【0033】

尚、窒化ガリウム系化合物半導体は、Al、Ga、In 以外にも、他の III 族元素が含有された構成とすることができ、必要に応じて Ge、Si、Mg、Ca、Zn、Be 等のドーパント元素を含有することができる。さらに、意図的に添加した元素に限らず、成膜条件等に依存して必然的に含まれる不純物、並びに原料、反応管材質に含まれる微量不純物を含む場合もある。

【0034】

尚、化合物半導体層の内、下地層 130 を MOCVD 法によって形成した後、n 型コンタクト層 141 及び n 型クラッド層 142 の各層をスパッタ法で成膜し、続いて、その上に発光層 150 を MOCVD 法で形成し、そして、p 型半導体層 160 を構成する p 型クラッド層 161 及び p 型コンタクト層 162 の各層を反応性スパッタ法で形成してもよい。

【0035】

前述した直径 D 及び厚さ d を有する基板 110 上に中間層 120、下地層 130 及び化合物半導体層 200 を成膜した後、化合物半導体層 200 の p 型半導体層 160 上に透明正極 170 が積層され、その上に正極ボンディングパッド 180 が形成される。さらに、n 型半導体層 140 の n 型コンタクト層 141 に形成された露出領域 143 に負極ボンディングパッド 190 が設けられたウェーハが形成される。

その後、基板 110 の被研削面を、所定の厚さになるまで研削及び研磨する。本実施の形態では、約 20 分間程度の研削工程により、ウェーハの基板 110 が研削され、基板 110 の厚さは、例えば、約 900 μm から約 120 μm 迄減少する。さらに、本実施の形態では、研削工程に続き、約 15 分間の研磨工程により、基板 110 の厚さは、約 120 μm から約 80 μm 迄に研磨される。

次いで、基板 110 の厚さが調整されたウェーハは、例えば、350 μm 角の正方形に切断することにより、基板 110 上に中間層 120、下地層 130 及び化合物半導体層 200 が成膜された半導体発光素子が形成される。

【実施例】

【0036】

以下、実施例に基づき本発明を更に詳細に説明する。但し、本発明は、その要旨を超えない限り、以下の実施例に限定されるものではない。

実施例において使用したサファイア基板の反り量 H と化合物半導体ウェーハから得られた発光波長の分布 (発光波長分布) の評価方法は以下の通りである。

【0037】

(1) 化合物半導体基板の反り量 H

化合物半導体基板の反り量 H は、レーザ光斜入射干渉計 (株式会社ニデック社製: フラットネステスター FT-17) により測定した SORI 値により評価した。SORI 値は、化合物半導体基板をフラットネステスターのパウチャックに吸着し、垂直より手前方向

10

20

30

40

50

に 8 度傾斜した状態で測定した。測定はサファイア基板の外周 1 mm を除いた（インサイド値 1 mm）範囲とした。

【 0 0 3 8 】

（ 2 ）サファイア基板の反り量 H

サファイア基板の反り量 H は、化合物半導体基板の場合と同様な手法を用いて測定した。

【 0 0 3 9 】

（ 3 ）化合物半導体ウェーハから得られた発光波長の分布（発光波長分布）

発光波長分布の測定は、本発明において限定されないが、好ましくは PL マップ（ACCENT 社製：RPM - ）を用いて測定することができる。

10

【 0 0 4 0 】

（実施例 1 ～ 10）

表 1 に示す直径 D と厚さ d とを有するサファイア製の基板 110 を使用し、図 2 に示すように、この基板 110 上に、スパッタ法により AlN からなる中間層 120 を 0.05 μm 成膜し、その上に、有機金属化学気相成長法（MOCVD）によって、厚さ 8 μm のアンドープ GaN からなる下地層 130 及び厚さ 2 μm の Si ドープ GaN からなる n 型コンタクト層 141 を成膜した化合物半導体基板 100 を作成した。

さらに、化合物半導体基板 100 の上に、MOCVD によって厚さ 250 nm の $\text{In}_{0.1}\text{Ga}_{0.9}\text{N}$ からなる n 型クラッド層 142 を形成した後、厚さ 16 nm の Si ドープ GaN からなる障壁層 151 および厚さ 2.5 nm の $\text{In}_{0.2}\text{Ga}_{0.8}\text{N}$ からなる井戸層 152 を 5 回積層し、最後に障壁層 151 を設けた多重量子井戸構造の発光層 150 を形成した。

20

【 0 0 4 1 】

さらに、厚さ 10 nm の Mg ドープ $\text{Al}_{0.07}\text{Ga}_{0.93}\text{N}$ からなる p 型クラッド層 161、厚さ 150 nm の Mg ドープ GaN からなる p 型コンタクト層 162 を順に形成した。

尚、窒化ガリウム系化合物半導体層の積層は、MOCVD 法により、当該技術分野においてよく知られた通常条件で行なった。

その後、前述の PL マップ（ACCENT 社製：RPM - ）により波長分布を測定し、表 1 に記載の結果を得た。

30

次に、GaN からなる p 型コンタクト層 162 上に、厚さ 250 nm の IZO からなる透明正極 170 を形成した後、 SiO_2 からなる保護膜を形成する等、当該技術分野においてよく知られた通常条件で発光素子用のチップを製造した。

【 0 0 4 2 】

【表 1】

実施例	基 板				化合物 半導体 基板	化合物 半導体 発光層
	基板直径 D(mm)	基板厚さ d(mm)	D/d ($\times 10^{-2}$)	反り量 H(μm)	反り量 H(μm)	波長分布 $\sigma(\text{nm})$
1	50.8	0.42	1.21	-5.2	80	2.1
2	100	0.69	1.44	-6.5	225	4.8
3	100	0.73	1.37	-7.1	190	3.2
4	100	0.91	1.10	-8.7	110	1.8
5	100	0.91	1.10	-5.4	113	1.8
6	100	0.91	1.10	4.2	122	2.6
7	100	0.91	1.10	2.3	120	2.2
8	100	0.91	1.10	-7.6	85	>2.5
9	100	0.91	1.10	-6.5	60	5.7
10	150	1.10	1.36	-2.4	180	2.5

10

20

【0043】

表 1 に示す結果から、反り量 H が $50\mu\text{m} < H < 250\mu\text{m}$ の範囲である化合物半導体基板を使用して形成された化合物半導体発光層（実施例 1 ～ 10）は、発光波長の波長分布が 6nm 以下の良好な数値を示すことが分かる。

【図面の簡単な説明】

30

【0044】

【図 1】本実施の形態において製造される半導体発光素子の層構造の一例を説明する図である。

【図 2】本実施の形態が適用される製造方法により得られる半導体発光素子の一例を説明する図である。

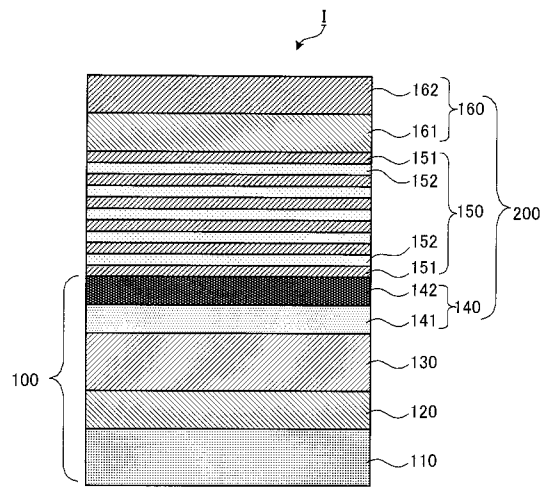
【符号の説明】

【0045】

100 ... 化合物半導体基板、110 ... 基板、120 ... 中間層、130 ... 下地層、140 ... n 型半導体層、150 ... 発光層、160 ... p 型半導体層、170 ... 透明正極、180 ... 正極ボンディングパッド、190 ... 負極ボンディングパッド、200 ... 化合物半導体層（III-V 族化合物半導体層）、I ... 半導体発光素子

40

【図 1】



【図 2】

