(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
2011 年 12 月 29 日(29.12.2011)

PCT

(10) 国際公開番号
WO 2011/162332 A1

(51) 国際特許分類:
H01L 33/32 (2010.01) *H01L 33/20* (2010.01)
H01L 21/205 (2006.01)

(21) 国際出願番号: PCT/JP2011/064402

(22) 国際出願日: 2011 年 6 月 23 日(23.06.2011)

(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 2010-145352 2010 年 6 月 25 日(25.06.2010) 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): 酒井　浩光 (SAKAI Hiromitsu) [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, TH, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, ZA, ZM, ZW.

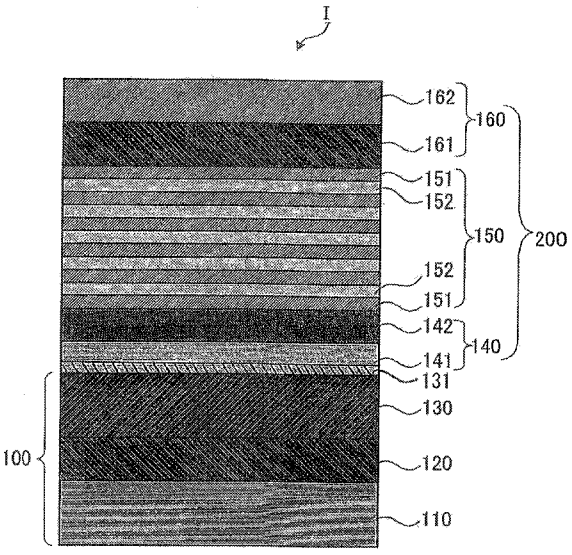
(84) 指定国 (表示のない限り、全ての種類の広域保護が可能): ARIPO (BW, GH, GM, KE, LR, LS, MW, MZ, NA, SD, SL, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), ユーラシア (AM, AZ, BY, KG, KZ, MD, RU, TJ, TM), ヨーロッパ (AL, AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, LV, MC, MK, MT, NL, NO, PL, PT, RO, RS, SE, SI, SK, SM,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

[続葉有]

(54) Title: METHOD FOR MANUFACTURING SEMICONDUCTOR LIGHT EMITTING ELEMENT, SEMICONDUCTOR LIGHT EMITTING ELEMENT, ELECTRONIC DEVICE, AND MACHINE DEVICE

(54) 発明の名称 : 半導体発光素子の製造方法、半導体発光素子、電子機器及び機械装置

[図1]



(57) Abstract: Disclosed is a method for manufacturing a semiconductor light emitting element, which comprises a step wherein a compound semiconductor substrate that is obtained by forming at least one compound semiconductor layer on a substrate and has a warping amount (H) within the range of 50 μm ≤ H ≤ 250 μm is used and a regrowth layer of the compound semiconductor layer is laminated on the compound semiconductor substrate, and which is capable of reducing the emission wavelength distribution (σ) of a semiconductor light emitting layer to be obtained. Specifically disclosed is a method for manufacturing a semiconductor light emitting element that comprises an n-type semiconductor layer, a light emitting layer and a p-type semiconductor layer, each of said layers being formed from a compound semiconductor. The method for manufacturing a semiconductor light emitting element is characterized by comprising a step wherein a compound semiconductor substrate that is obtained by forming at least one compound semiconductor layer on a substrate and has a warping amount (H) within the range of 50 μm ≤ H ≤ 250 μm is prepared and a regrowth layer of the compound semiconductor layer is laminated on the compound semiconductor layer of the compound semiconductor substrate within a metal-organic chemical vapor deposition apparatus.

(57) 要約:

[続葉有]

WO 2011/162332 A1

添付公開書類:

— 国際調査報告（条約第 21 条(3)）

基板上に少なくとも１つの化合物半導体層が成膜された化合物半導体基板の反り量Ｈが５０μｍ≦Ｈ≦２５０μｍの範囲である化合物半導体基板を用い、この上に前記化合物半導体層の再成長層を積層する工程を有し、得られる半導体発光層の発光波長分布σ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。化合物半導体からなるｎ型半導体層と発光層とｐ型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が成膜された化合物半導体基板の反り量Ｈが５０μｍ≦Ｈ≦２５０μｍの範囲である化合物半導体基板を準備し、有機金属化学気相成長装置内において、前記化合物半導体基板の化合物半導体層上に、前記化合物半導体層の再成長層を積層する工程を具備してなることを特徴とする半導体発光素子の製造方法を採用する。

明　細　書

発明の名称 ：

半導体発光素子の製造方法、半導体発光素子、電子機器及び機械装置

技術分野

[0001] 本発明は、半導体発光素子の製造方法、半導体発光素子、電子機器及び機械装置に関し、より詳しくは、ＩＩＩ族化合物半導体層を有する半導体発光素子の製造方法、半導体発光素子、電子機器及び機械装置に関する。

本願は、２０１０年６月２５日に、日本に出願された特願２０１０－１４５３５２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] 一般に、ＩＩＩ－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）。

先行技術文献

特許文献

[0003] 特許文献1：特開２００８－１７７５２５号公報

発明の概要

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σ（本明細書中、発光波長分布σ（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　ＣＨＥＭＩＣＡＬ　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いう問題があった。

[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、この上に少なくとも１つの化合物半導体層が成膜された化合物半導体基板を用い、前記化合物半導体基板の反り量Ｈが５０μｍ≦Ｈ≦２５０μｍの範囲である化合物半導体基板を選択的に準備し、有機金属化学気相成長装置内において、前記化合物半導体基板の化合物半導体層上に、前記化合物半導体層の再成長層を積層する工程を有することで、得られる化合物半導体発光層の発光波長分布σ（（波長分布標準偏差））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が成膜された化合物半導体基板の反り量Ｈが５０μｍ≦Ｈ≦２５０μｍの範囲である化合物半導体基板を準備し、有機金属化学気相成長装置内において、前記化合物半導体基板の化合物半導体層上に、前記化合物半導体層の再成長層と前記化合物半導体層の組成の異なるｎ型半導体層と発光層とｐ型半導体層とを順次積層する工程とを具備してなることを特徴とする半導体素子の製造方法が提供される。

[0007] 即ち、本発明は、以下の発明を提供する。

〔１〕 化合物半導体からなるｎ型半導体層と発光層とｐ型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が成膜された化合物半導体基板の反り量Ｈが５０μｍ≦Ｈ≦２５０μ

ｍの範囲である化合物半導体基板を準備し、有機金属化学気相成長装置内において、前記化合物半導体基板の化合物半導体層上に、前記化合物半導体層の再成長層を積層する工程を具備してなることを特徴とする半導体発光素子の製造方法。

〔２〕　前記化合物半導体が、ＩＩＩ族窒化物化合物半導体である前項１に記載の半導体発光素子の製造方法。

〔３〕　前記再成長層を０．２μｍ～５μｍの膜厚で形成することを特徴とする前項１又は２に記載の半導体発光素子の製造方法。

〔４〕　前記再成長層を積層する際の基板温度を、７００℃～１２００℃とすることを特徴とする前項１乃至３の何れか一項に記載の半導体発光素子の製造方法。

〔５〕　前記再成長層を積層する際の成長圧力を、１５ｋＰａ～１００ｋＰａとすることを特徴とする前項１乃至４の何れか一項に記載の半導体発光素子の製造方法。

〔６〕　前記再成長層を積層する際の基板温度を７００℃～１２００℃の範囲とする工程と、前記再成長層を積層する際の成長圧力を１５ｋＰａ～１００ｋＰａの範囲とする工程とを含み、基板温度と成長圧力を制御することを特徴とする前項１乃至３の何れか一項に記載の半導体発光素子の製造方法。

〔７〕　前記再成長層を積層する前に、前記有機金属化学気相成長装置内において窒素とアンモニアを含む雰囲気中で、圧力１５ｋＰａ～１００ｋＰａ、前記基板温度５００℃～１０００℃の条件下で熱処理を行うことを特徴とする前項１乃至６の何れか一項に記載の半導体発光素子の製造方法。

〔８〕　基板上に少なくとも１つの化合物半導体層が成膜された化合物半導体基板が、基板上にバッファ層と下地層が少なくとも成膜された化合物半導体基板であることを特徴とする前項１乃至７の何れか一項に記載の半導体発光素子の製造方法。

〔９〕　基板上に少なくとも１つの化合物半導体層が成膜された化合物半導体基板が、基板上にバッファ層と下地層と第一ｎ型半導体層が少なくとも成

膜された化合物半導体基板であることを特徴とする前項１乃至７の何れか一項に記載の半導体発光素子の製造方法。

〔１０〕　前記基板が、基板の一面において、（０００１）Ｃ面からなる平面と、前記Ｃ面に非平行の表面からなる複数の凸部とからなる主面を有するものであるとともに、前記凸部の基部幅d_1が０．０５～１．５μｍ、高さｈが０．０５～１μｍとされていることを特徴とする前項１乃至９の何れか一項に記載の半導体発光素子の製造方法。

〔１１〕　前項１乃至１０の何れか一項に記載の半導体発光素子の製造方法を用いて製造された半導体発光素子。

〔１２〕　前項１１に記載の半導体発光素子が組み込まれていることを特徴とする電子機器。

〔１３〕　前項１２に記載の電子機器が組み込まれていることを特徴とする機械装置。

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、基板上に少なくとも１つの化合物半導体層が成膜された化合物半導体基板の反り量Ｈが５０μｍ≦Ｈ≦２５０μｍの範囲である化合物半導体基板を用い、これに前記化合物半導体層の再成長層を積層することにより、反りの大きな化合物半導体基板を原料基板として使用した時であっても、発光層（ｎ型半導体層と発光層とｐ型半導体層）を形成した際の同一基板内で得られる半導体発光層の発光波長分布σを小さくすることが可能である。

さらに、前記再成長層を０．２μｍ～５μｍの膜厚で形成することで、発光波長分布σをより小さくすることできる。また、前記再成長層を積層する際の基板温度を、７００℃～１２００℃下とすることにより、基板ウエーハあたりの取得されるＬＥＤチップ製品の合格品の取得量を高めることができる。

また、前記再成長層を積層する際の成長圧力を、１５ｋＰａ～１００ｋＰａとすることでも半導体発光素子Ｉの青色光波長分布σが３．１ｎｍ以下と

なり、基板ウエーハあたりの取得されるＬＥＤチップ製品の合格品取得率を高めることができる。

図面の簡単な説明

[0009] [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。

発明を実施するための形態

[0010] 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。

[0011] （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（ＩＩＩ族窒化物半導体ともいう。）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。

[0012] 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（バッファ層）１２０の上に、下地層１３０、下地層１３０の再成長層１３１、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（例えば、ＩＩＩ族窒化物化合物半導体）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、さらに中間層１２０上にＩＩＩ族窒化物化合物半導体からなる下地層１３０を成膜したものを少なくとも１層を成膜した化合物半導体基板を原料基板として取り扱う。なお、本明細書中、基板１１０上に、少なくとも中間層１２０を含み、さらに中間層１２０上にＩＩＩ族窒化物化合物半導体からなる下地層１３０を成膜したものを含み、またさらに下地層１３０上にｎ型半導体層１４０を成膜したものの中から選ばれる、少なくとも１層を成膜した化合物半導体基板（明細書中、テンプレート基板とも言う。）を原料基板として取り扱ってもよい。ここで、少なくとも１層を成膜した化合物半導体基板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。

また、本発明では、化合物半導体層の再成長層としては、前記原料基板の一面に形成された化合物半導体層の再成長層を指す。

[0013] また、本実施の形態では、ＩＩＩ族窒化物化合物半導体からなる下地層１３０上の再成長層１３１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上に少なくとも１つの化合物半導体層（ＩＩＩ族窒化物化合物半導体）として中間層１２０と下地層１３０が形成されたテンプレート基板の当該化合物半導体層の合計の厚さは、５μｍ以上、好ましくは８μｍ以上が良い。また、これらの合計の厚さは、１５μｍ以下、好ましくは１３μｍ以下が良い。

前述した化合物半導体層（中間層１２０、下地層１３０）の合計の厚さが

過度に薄いと、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。

また、本実施の形態では、さらにテンプレート基板上に形成した下地層１３０の再成長層１３１、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族窒化物化合物半導体）の合計の厚さは、６μｍ以上、好ましくは８μｍ以上が良い。また、これらの半導体層の合計の厚さは、１５μｍ以下、好ましくは１４μｍ以下が良い。

[0014]（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、酸化ハフニウム、酸化タングステン、酸化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。

また、ＩＩＩ族窒化物化合物半導体を形成する基板１１０の一面（表面）には、（０００１）Ｃ面からなる平面と、前記Ｃ面に非平行の表面からなる複数の凸部とからなる主面を有するものであるとともに、前記凸部の基部幅d_1が０．０５～１．５μｍ、高さｈが０．０５～１μｍとされた加工を施し

た基板１１０を用いるのが好ましい。このような加工基板としては、例えば、WO/2009/154215号公報に記載の方法に準じて形成した加工基板１１０を用いることができる。すなわち、本発明において好ましく用いることができる加工基板１１０は、その凸部の形状として、基部幅d_1が０．０５～１．５μｍ、高さｈが０．０５～１μｍの範囲で且つ基部幅d_1の１／４以上とされており、隣接する凸部１２間の間隔d_2が基部幅d_1の０．５～５倍とされている。ここで、凸部１２の基部幅d_1とは、凸部１２の底辺（基部１２ａ）における最大幅の長さのことをいう。また、隣接する凸部１２の間隔d_2とは、最も近接した凸部１２の基部１２ａの縁の間の距離をいう。

一例として、サファイア基板の一面に湾曲したお椀状（半球状）の凸部を設けることができる。

[0015]（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。

[0016]（下地層１３０）

下地層１３０に用いる材料としては、Ｇａを含むＩＩＩ族窒化物化合物半導体（ＧａＮ系化合物半導体）が用いられ、特に、ＡｌＧａＮ、又はＧａＮを好適に用いることができる。下地層１３０の膜厚は０．１μｍ以上、好ましくは０．５μｍ以上、さらに好ましくは１μｍ以上である。

[0017]（再成長層１３１）

下地層１３０上には、下地層１３０の再成長層１３１が形成されていることが好ましい。下地層１３０上に再成長層１３１が形成されていることにより、その後の有機金属化学気相成長装置の成長室内で下地層１３０の成長を再開することによる、化合物半導体基板の反りを制御することができる。また、再成長層１３１を形成することにより、下地層１３０（再成長層１３１）表面の平坦性を向上させることができる。そのため、再成長層１３１上に結晶性の高いｎ型コンタクト層１４１を形成することが可能となり、半導体発光素子の出力を向上させる効果がより顕著となる。

[0018] また、下地層１３０と再成長層１３１は、同一の材料からなることが好ましい。再成長層１３１の膜厚は、０．２μｍ～５μｍの範囲内であることが好ましい。再成長層１３１がこの範囲内の膜厚で形成されていることにより、その後の有機金属化学気相成長装置の成長室内で下地層１３０の成長を再開することによる、化合物半導体基板の反りを制御することができる。

[0019] 再成長層１３１の膜厚が０．２μｍ未満であると、再成長層１３１の表面の平坦性が高くならず好ましくない。また、再成長層１３１の膜厚が５μｍを超えると、その後の有機金属化学気相成長装置の成長室内に、再成長層１３１を形成した後に残される不純物や堆積物の量が多くなる。そのため、不純物や堆積物に起因するｎ型半導体層１４０、発光層１５０、およびｐ型半導体層１６０の不良が生じやすくなる。また、再成長層１３１の成膜処理時間が長くなるため、半導体発光素子の生産性が低下し、好ましくない。

[0020] 一方、本発明では、再成長層１３１は、後述するｎ型コンタクト層１４１上にｎ型コンタクト層１４１と同一材料からなる再成長層１３１として形成してもよい。ｎ型コンタクト層１４１上にｎ型コンタクト層１４１と同一材

料からなる再成長層１３１が形成されていることにより、その後の有機金属化学気相成長装置の成長室内でｎ型コンタクト層１４１の成長を再開することによる、化合物半導体基板の反りを制御することができる。また、再成長層１３１を形成することにより、ｎ型コンタクト層１４１（再成長層１３１）表面の平坦性を向上させることができる。そのため、再成長層１３１上に結晶性の高いｎ型クラッド層１４２を形成することが可能となり、半導体発光素子の出力を向上させる効果がより顕著となる。

[0021] ｎ型コンタクト層１４１とその再成長層１３１は、同一の材料からなることが好ましい。

また、再成長層１３１の膜厚は、０．２μｍ～５μｍの範囲内であることが好ましい。

再成長層１３１がこの範囲内の膜厚で形成されていることにより、その後の有機金属化学気相成長装置の成長室内でｎ型コンタクト層１４１の成長を再開することによる、化合物半導体基板の反りを制御することができる。

一方、ｎ型コンタクト層１４１の膜厚が０．２μｍ未満であると、再成長層１３１の表面の平坦性が高くならず好ましくない。また、再成長層１３１の膜厚が５μｍを超えると、その後の有機金属化学気相成長装置の成長室内に、再成長層１３１を形成した後に残される不純物や堆積物の量が多くなる。そのため、不純物や堆積物に起因するｎ型半導体層１４０、発光層１５０、およびｐ型半導体層１６０の不良が生じやすくなる。また、再成長層１３１の成膜処理時間が長くなるため、半導体発光素子の生産性が低下し、好ましくない。

[0022] （ｎ型半導体層１４０）

ｎ型半導体層１４０は、ｎ型コンタクト層１４１（第一ｎ型半導体層１４１とも言う。）及びｎ型クラッド層１４２（第二ｎ型半導体層１４２とも言う。）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系化合物半導体が好ましく用いられる。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６μｍ以上、好ましくは８μｍ以上、さらに好ましくは９μｍ以上が良い。また、これらの半導体層の合計の厚さは、１５μｍ以下、好ましくは１４μｍ以下が良い。

（ｎ型コンタクト層１４１）

[0023] ｎ型コンタクト層１４１は、ｎ型電極１７を設けるための層であり、図２に示すように、ｎ型電極１９０を設けるための露出面１４３が形成されている。

ｎ型コンタクト層１４１の膜厚は、０．５～５μｍであることが好ましく、２μｍ～４μｍの範囲であることがより好ましい。ｎ型コンタクト層１４１の膜厚が上記範囲内であると、半導体の結晶性が良好に維持される。

[0024] ｎ型コンタクト層１４１は、$Al_xGa_{1-x}N$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く、ｎ型不純物（不純物）がドープされている。ｎ型コンタクト層１４１にｎ型不純物が1×10^{17}～1×10^{20}／cm^3、好ましくは1×10^{18}～1×10^{19}／cm^3の濃度で含有されている場合、ｎ型電極１９０との良好なオーミック接触の維持の点で好ましい。ｎ型コンタクト層１４１に用いられるｎ型不純物としては、特に限定されないが、例えば、Ｓｉ、Ｇｅ、Ｓｎ等が挙げられ、ＳｉおよびＧｅが好ましく、Ｓｉが最も好ましい。なお、本実施形態ではｎ型不純物（不純物）として5×10^{18}／cm^3程度のＳｉが含有されている。

[0025]（ｎ型クラッド層１４２）

ｎ型クラッド層１４２は、ｎ型コンタクト層１４１と発光層１５０との間に設けられている。ｎ型クラッド層１４２は、発光層１５０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り、ｎ型コンタクト層１４１と発光層１５０との結晶格子の不整合を緩和する発光層１５０のバッファ層としても機能する。ｎ型クラッド層１４２は、ＡｌＧＮ、ＧａＮ、ＧａＩｎＮ等によって形成することが可能である。なお、本明細書中、各元素の組成比を省略してＡｌＧａＮ、ＧａＩｎＮと記述する場合がある。ｎ型クラッド層１

２ｂをＧａＩｎＮで形成する場合には、発光層１５０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型クラッド層１４２は、単層または超格子構造のどちらの構造であっても構わない。

ｎ型クラッド層１４２が単層からなるものである場合、ｎ型クラッド層１４２の膜厚は、５ｎｍ～５００ｎｍであることが好ましく、より好ましくは５ｎｍ～１００ｎｍである。

本実施形態においては、ｎ型クラッド層１４２は、単層であってもよいが、組成の異なる２つの薄膜層を繰り返し成長させて１０ペア数（２０層）～４０ペア数（８０層）からなる超格子構造であることが好ましい。ｎ型クラッド層１４２が超格子構造からなるものである場合、薄膜層の積層数が２０層以上であると、ｎ型コンタクト層１４１と発光層１５０との結晶格子の不整合をより効果的に緩和することができ、半導体発光素子Ｉの出力を向上させる効果がより顕著となる。しかし、薄膜層の積層数が８０層を超えると、超格子構造が乱れやすくなる場合もあり、発光層１５０に悪影響を来たす恐れが生じる。さらに、ｎ型クラッド層１４２の成膜処理時間が長くなり、生産性が低下する問題がある。

[0026] また、ｎ型クラッド層１４２が超格子構造からなる場合は、ＩＩＩ族窒化物半導体からなるｎ側第一層と、該ｎ側第一層と組成が異なるＩＩＩ族窒化物半導体からなるｎ側第二層とが積層された構成であることが好ましく、ｎ側第一層とｎ側第二層とが交互に繰返し複数積層された構造を含むものであることがより好ましい。

この場合、ｎ型クラッド層１４２の超格子構造を構成するｎ側第一層およびｎ側第二層は、ＧａＩｎＮ／ＧａＮの交互構造、ＡＩＧａＮ／ＧａＮの交互構造、ＧａＩｎＮ／ＡＩＧａＮの交互構造、組成の異なるＧａＩｎＮ／ＧａＩｎＮの交互構造（本発明における“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）、組成の異なるＡＩＧａＮ／ＡＩＧａＮの交互構造とすることができ、ＧａＩｎＮ／ＧａＮの交互構造又は組成の異なるＧ

ａＩｎＮ／ＧａＩｎＮの交互構造であることが好ましい。

また、ｎ側第一層およびｎ側第二層の膜厚は、それぞれ１００オングストローム以下であることが好ましく、６０オングストローム以下であることがより好ましく、４０オングストローム以下であることがさらに好ましく、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ｎ側第一層および/またはｎ側第二層の膜厚が１００オングストローム超であると、結晶欠陥が入りやすくなるため好ましくない。

[0027]（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。

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$Al_cGa_{1-c}N$（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。中でも、ＧａＮが好適である。障壁層１３ａの膜厚は、２０オングストローム以上１００オングストローム未満の範囲であることが好ましい。障壁層１３ａの膜厚が薄すぎると、障壁層１５１上面の平坦化を阻害し、発光効率の低下やエージング特性の低下を引き起こす。また、障壁層１５１の膜厚が厚すぎると、駆動電圧の上昇や発光の低下を引き起こす。このため、障壁層１３ａの膜厚は７０オングストローム以下であることがより好ましい。

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、１５オングストローム以上５０オングストローム以下の範囲であることが好ましい。

[0028]（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から構成される。また、ｐ型コンタクト層１６２がｐ型クラッド層１６１を兼ねることも可能である。

[0029]（ｐ型クラッド層１６１）

本実施形態におけるｐ型クラッド層１６１は、発光層１５０の上に形成されている。ｐ型クラッド層１６１は、発光層１５０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型クラッド層１６１としては、発光層１５０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１５０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、$Al_xGa_{1-x}N$（０≦ｘ≦０．４）からなるものであることが好ましい。ｐ型クラッド層１６１が、このようなＡｌＧａＮからなるものである場合、発光層１５０へのキャリアの閉じ込めの点で好ましい。

ｐ型クラッド層１６１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。ｐ型クラッド層１６１のｐ型ドープ濃度は、１×１０^{18}～１×１０^{21}／$ｃｍ^3$であることが好ましく、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。また、ｐ型クラッド層１６１は、薄膜を複数回積層してなる超格子構造であってもよい。

ｐ型クラッド層１６１が超格子構造を含むものである場合には、ＩＩＩ族窒化物半導体からなるｐ側第一層と、該ｐ側第一層と組成が異なるＩＩＩ族窒化物半導体からなるｐ側第二層とが積層されたものとすることができる。

ｐ型クラッド層１６１が超格子構造を含むものである場合、ｐ側第一層とｐ側第二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。

[0030] ｐ型クラッド層１６１の超格子構造を構成するｐ側第一層およびｐ側第二層は、それぞれ異なる組成、例えば、ＡｌＧａＮ、ＧａＩｎＮ又はＧａＮのうちの何れの組成であっても良く、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側第一層およびｐ側第二層は、ＡｌＧａＮ／ＡｌＧａＮ又はＡｌＧａＮ／ＧａＮの交互構造であることが好ましい。

ｐ側第一層およびｐ側第二層の膜厚は、それぞれ１００オングストローム以下であることが好ましく、６０オングストローム以下であることがより好ましく、４０オングストローム以下であることがさらに好ましく、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側第一層とｐ側第二層の膜厚が１００オングストローム超であると、結晶欠陥が入りやすくなるため好ましくない。

ｐ側第一層およびｐ側第二層は、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の交互構造を有する超格子構造を用いた場合には、不純物としてＭｇが好適である。また、超格子構造を構成するｐ側第一層およびｐ側第二は、ＧａＩｎＮやＡｌＧａＮ、ＧａＮで代表される組成が同じであって、ドープ構造／未ドープ構造を組み合わせたものであってもよい。

[0031]（ｐ型コンタクト層１６２）

ｐ型コンタクト層１６２は、正極（ｐ型電極）１８０を設けるための層である。ｐ型コンタクト層１６２は、$Al_xGa_{1-x}N$（０≦ｘ≦０．４）からなるものであることが、良好な結晶性の維持およびｐオーミック電極との良好なオーミック接触の点で好ましい。また、ｐ型コンタクト層１６２がｐ型

不純物（不純物）を１×１０^{18}～１×１０^{21}／ｃｍ^{3}を５×１０^{19}～５×１０^{20}／ｃｍ^{3}の濃度で含有しているものである場合、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Ｍｇを用いることが特に好ましい。

また、ｐ型コンタクト層１６２はｐ型コンタクト下層と、ｐ型コンタクト上層とが積層してなり、ｐ型コンタクト下層にＭｇが１×１０^{19}／ｃｍ^{3}～１×１０^{20}／ｃｍ^{3}程度の濃度で含有され、ｐ型コンタクト上層にＭｇが２×１０^{20}／ｃｍ^{3}～５×１０^{20}／ｃｍ^{3}程度の濃度で含有されることが特に好ましい。これにより、透光性電極１５と接する部分（ｐ型コンタクト上層）は高濃度でＭｇが含有され、かつ、その表面は平坦に形成される。そのため、半導体発光素子Ｉの発光出力をより向上させることが可能となる。

また、ｐ型コンタクト層１６２の膜厚は、特に限定されないが、１０～５００ｎｍであることが好ましく、より好ましくは５０～２００ｎｍである。ｐ型コンタクト層１６２の膜厚がこの範囲であると、発光出力の点で好ましい。

[0032]（透明正極１７０）

透明正極１７０は、ｐ型半導体層１６０の上に積層されるものであり、ｐ型半導体層１１６０との接触抵抗が小さいものであることが好ましい。また、透明正極１７０は、発光層１５０からの光を効率良く半導体発光素子Ｉの外部に取り出すために、光透過性に優れたものであることが好ましい。また、透明正極１７０は、ｐ型半導体層１６０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。

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。

[0033]（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、各種組成や構造が周知であり、これら周知の組成や構造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。例えば、従来公知のＡｕ、ＡＩ、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の範囲内で設けることが好ましい。

[0034]（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。

[0035]（保護膜層）

図示しない保護膜層は、必要に応じて透明正極１７０の上面および側面と、ｎ型半導体層１４０の露出面１４３、発光層１５０およびｐ型半導体層１６０の側面、負極ボンディングパッド１９０（ｎ型電極）および正極ボンディングパッド１８０の側面や周辺部を覆うよう形成される。保護膜層を形成することにより、半導体発光素子Ｉの内部への水分等の浸入を防止でき、半

導体発光素子Ｉの劣化を抑制することができる。

保護膜層としては、絶縁性を有し、３００～５５０ｎｍの範囲の波長において８０％以上の透過率を有する材料を用いることが好ましく、例えば、酸化シリコン（SiO_2）、酸化アルミニウム（Al_2O_3）、酸化ニオブ（Nb_2O_5）、酸化タンタル（Ta_2O_5）、窒化シリコン（Si_3N_4）、窒化アルミニウム（ＡｌＮ）等を用いることができる。このうちSiO_2、Al_2O_3は、ＣＶＤ成膜で緻密な膜が容易に作製でき、より好ましい。

[0036] 以下、半導体発光素子Ｉの製造方法について、図面を適宜参照しながら詳細に説明する。

なお、以下の説明において参照する図面は、本発明を説明するためのものであり、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Ｉの寸法関係とは異なっている。

[0037] （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。

本実施の形態における半導体発光素子Ｉの製造方法は、ＩＩＩ族窒化物の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が成膜された化合物半導体基板を用い、その反り量Ｈが５０μｍ≦Ｈ≦２５０μｍの範囲である化合物半導体基板を準備し、有機金属化学気相成長装置内において、前記化合物半導体基板の化合物半導体層上に、前記化合物半導体層の再成長層と前記化合物半導体層の組成の異なるｎ型半導体層と発光層とｐ型半導体層とを順次積層する工程とを具備してなる半導体素子の製造方法を提供する。

[0038] ここで用いられる原料基板としては、基板１１０（例えば、サファイア基板）に少なくとも１つの化合物半導体層が成膜された化合物半導体基板（総称して化合物半導体基板と言う。）を用いることができ、当該化合物半導体層には限定されない。

例えば、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用いられる少なくとも１つの化合物半導体層（例えば、ＩＩＩ族窒化物化合物半導体）が成膜された化合物半導体基板は、所定の直径Ｄと厚さｄとを有する基板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（バッファ層１２０）を成膜した化合物半導体基板を用いることができる。

[0039] また、本実施の形態では、さらに中間層１２０上にＩＩＩ族窒化物化合物半導体からなる下地層１３０を成膜した化合物半導体基板を用いることができる。

また、本実施の形態では、さらに下地層１３０上にｎ型半導体層１４０、例えば、ｎ型コンタクト層１４１（第一ｎ型半導体層１４１）を成膜した化合物半導体基板を用いることができる。

[0040] （再成長層１３１の積層工程）

例えば、図２では、１つの化合物半導体層が成膜された化合物半導体基板として、基板１１０上に中間層１２０と下地層１３０を成膜した化合物半導体基板を準備し、前記化合物半導体層の再成長層とｎ型半導体層と発光層とｐ型半導体層を順次積層した構造を示している。

ここで、化合物半導体層の再成長層としては、前記原料基板の一面（最上層）に形成された化合物半導体層からなる再成長層を指す。

また、本実施の形態では、再成長層を積層する前に、有機金属化学気相成長装置内において窒素とアンモニアを含む雰囲気中で、圧力１５ｋＰａ～１００ｋＰａ、前記基板温度５００℃～１０００℃の条件下で熱処理（サーマルクリーニング）を行うことが好ましい。

熱処理の雰囲気は、窒素とアンモニアを含む雰囲気に代えて、例えば、窒素のみの雰囲気としてもよい。なお、水素のみの雰囲気では再成長層１３１が分解されて結晶性の悪化を招くため好ましくない。また、このときのＭＯＣＶＤ装置の成長室内の圧力は、１５～１００ｋＰａとすることが好ましい。

[0041] このような条件で熱処理を行うことにより、下地層１３０までの各層の形成された基板１００の表面が汚染されていたとしても、再成長層１３１を形成する前に汚染物質を除去することができる。これにより、再成長層１３１の結晶性を向上させることができる。そのため、再成長層１３１上に形成されるｎ型コンタクト層１４１の結晶性がより一層良好なものとなる。

なお、このような条件で熱処理を行わず、下地層１３０の表面が汚染されたままである場合、再成長層１３１上に形成されるｎ型コンタクト層１４１の結晶性が低下する。そのため、逆方向電流（ＩＲ）が低くならず、静電気放電（ＥＳＤ）耐圧が不足し、半導体発光素子Ｉの信頼性が低下する。

[0042] 再成長層を積層する際の基板温度は、好ましくは７００℃～１２００℃の範囲に設定するとよく、より好ましくは９００℃～１２００℃の範囲に設定するのが良い。

基板温度が７００℃未満の場合、再成長層の結晶性が悪化する。一方、基板温度が１２００℃を超える場合、表面荒れを生じてしまい、その後に積層するｎ型半導体層、発光層、ｐ型半導体層の結晶性を悪化させてしまう虞があり、好ましくない。

また、再成長層を積層する際の成長圧力は、１５ｋＰａ～１００ｋＰａの範囲に設定するとよい。成長圧力が１５ｋＰａ未満である場合、再成長層の結晶性が悪くなる。一方、成長圧力が１００ｋＰａを超える場合、装置上の制約もあり好ましくない。また成長圧力が１００ｋＰａを超える場合には、再成長層の成長速度を早くすることができず、生産性が低下してしまう。

[0043] また、前述のＩＩＩ族窒化物からなる中間層１２０を形成する基板１１０の一面（表面）には、（０００１）Ｃ面からなる平面と、前記Ｃ面に非平行の表面からなる複数の凸部とからなる主面を有するものであるとともに、前記凸部の基部幅d_1が０．０５～１．５μｍ、高さｈが０．０５～１μｍとされた加工を施した基板１１０を用いるのが好ましい。

前記化合物半導体層の再成長層と前記化合物半導体層の組成の異なるｎ型半導体層と発光層とｐ型半導体層とを順次積層された半導体発光素子は、透

明正極１７０と正極ボンディングパッド１８０と負極ボンディングパッド１９０等が形成され、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されて半導体発光素子チップが製造される。

[0044] 本発明において使用される基板１１０の直径Ｄは、通常、５０ｍｍ（約２インチ）～１５０ｍｍ（約６インチ）の範囲から選択される。特に、本発明では、基板１１０の直径Ｄは、５０ｍｍ（約２インチ）～２００ｍｍ（約８インチ）の範囲から好ましく選択される。また、基板１１０の厚さｄは、通常、０．４ｍｍ～２．０ｍｍ、好ましくは０．４ｍｍ～１．５ｍｍ、さらに好ましくは０．６ｍｍ～１．３ｍｍの範囲から選択される。

[0045] 本発明で使用される原料基板（化合物半導体基板１００）は、その反り量Ｈが、５０μｍ≦Ｈ≦２５０μｍの範囲にあるものを準備する。また、本発明では、化合物半導体基板１００の反り量Ｈは、８０μｍ≦Ｈ≦２００μｍの範囲であることが好ましく、８０μｍ≦Ｈ≦１５０μｍの範囲であることがさらに好ましく、８０μｍ≦Ｈ≦１２０μｍの範囲であることが特に好ましい。

[0046] ここで、化合物半導体基板１００の反り（反り量Ｈ）とは、化合物半導体層を上部として化合物半導体基板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。本発明においては、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。

[0047] 本発明で使用される原料基板（化合物半導体基板１００）は、基板１１０の反り量Ｈが－３０μｍ≦Ｈ≦３０μｍ、－３０μｍ≦Ｈ＜０、または０＜Ｈ≦３０μｍの範囲から任意に選ばれる。なお、基板１１０の反りＨとは、化合物半導体基板１００の反り量について説明したと同様な方法で定義される。

そして、このような基板１１０を用い、その一面（表面）に、（０００１

）Ｃ面からなる平面と、前記Ｃ面に非平行の表面からなる複数の凸部とからなる主面を有するものであるとともに、前記凸部の基部幅d_1が０．０５～１．５μｍ、高さｈが０．０５～１μｍとされた加工を施し、少なくとも１つの化合物半導体層を基板１１０上に形成する。図２の例では、中間層１２０と下地層１３０を基板１１０上に成膜した化合物半導体基板を原料基板として用いている。

[0048] 本発明で使用される原料基板（化合物半導体基板１００）に使用される基板１１０の反り量Ｈは、好ましくは－１０μｍ≦Ｈ≦１０μｍ、－１０μｍ≦Ｈ＜０、または０＜Ｈ≦１０μｍの範囲からさらに好ましく選ばれる。

本発明で使用される化合物半導体基板１００の反り量Ｈは、基板１１０自体の反り量のほか、基板１１０上に形成される少なくとも１つの化合物半導体層の厚みや結晶性、組成により影響を受ける。従って、本発明では、原料基板とする化合物半導体基板１００は、その反り量Ｈが、５０μｍ≦Ｈ≦２５０μｍの範囲にあるものを準備する。

[0049] 本発明では、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法によりさらに前記化合物半導体基板の化合物半導体層上に、前記化合物半導体層の再成長層と前記化合物半導体層の組成の異なるｎ型半導体層と発光層及びｐ型半導体層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σを３．５ｎｍ以下にすることができる。

また、本発明では、前記化合物半導体層の再成長層を積層する基板温度と成長圧力等の成長条件を制御することで化合物半導体層２００の発光波長分布σを３．５ｎｍ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５０μｍより小さくなると、再成長層を積層した後の化合物半導体層２００からの発光波長分σが３．５ｎｍ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２５０μｍより大きくなると、再成長層を基板全体により均一の厚みで形成するのが難しく、また再成長

層を積層した後の化合物半導体層２００からの発光波長分布σが３．５ｎｍより大きくなる傾向がある。

[0050] ＭＯＣＶＤ法では、キャリアガスとして水素（H_2）又は窒素（N_2）、ＩＩ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ガス（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。

[0051] 尚、窒化ガリウム系化合物半導体は、Ａｌ、Ｇａ、Ｉｎ以外にも、他のＩＩ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。

尚、化合物半導体層２００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。

[0052] 本実施の形態では、上述な方法により、化合物半導体基板１００上に、当該化合物半導体層からなる再成長層１３１を形成し、発光層１５０を含む化合物半導体層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９００μｍから約１２０μｍ迄減少する。さらに、本実施の形態では、研削工程に続き、研磨工程を経て、所定の基板１１０の厚みを得る。

次いで、基板１１０の厚さが調整されたウェーハは、例えば、３５０μｍ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。

[0053] ［ランプ］

本発明のランプは、本発明の半導体発光素子の製造方法から得られる半導体発光素子が用いられてなるものである。

本発明のランプとしては、例えば、本発明の半導体発光素子と蛍光体とを組み合わせてなるものを挙げることができる。本発明の半導体発光素子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、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が知られており、本発明のランプにおいてもこのような技術を何ら制限されることなく採用することが可能である。

[0054] 本発明のランプの一例としては、砲弾型のものであり、光源として半導体発光素子Ｉが用いられている（図示省略）。半導体発光素子Ｉの正極ボンディングパッドがワイヤーで２本のフレームの内の一方に接着され、発光素子Ｉの負極ボンディングパッドがワイヤーで他方のフレームに接合されることにより、半導体発光素子Ｉが実装されている。また、半導体発光素子Ｉの周辺は、透明な樹脂からなるモールドで封止されている。

本発明のランプは、本発明の半導体発光素子Ｉが用いられてなるものであるので、優れた発光特性を備えたものとなる。なお、本発明のランプは、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。

また、本発明の半導体発光素子から作製したランプは、種々の機械装置類や機器類に組み込むことできる。例えば、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等の機械装置類に用いることができる。

実施例

[0055] 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σ）の評価方法は以下の通りである。

[0056] （１）化合物半導体基板１００の反り量Ｈ

化合物半導体基板１００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バウチャックに吸着し、垂直より手前方向に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１ｍｍを除いた（インサイド値１ｍｍ）範囲とした。

（２）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σ）

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

[0057] （実施例１）

以下に示す方法により、図１に示す半導体発光素子Ｉを製造した。

反り量Ｈとして１１０μｍを有する直径４インチの大きさの原料基板１００（化合物半導体基板１００）を準備し、これを有機金属化学気相成長装置

（ＭＯＣＶＤ炉）内に移して、当該原料基板１００の表面に、当該原料基板１００の上部半導体層であるＧａＮ下地層１３０と同一な組成を有する再成長層１３１を成長温度１１００℃、成長圧力４０ｋＰａ、膜厚０．６μｍの条件下で成膜した。再成長層１３１の成膜は、公知なＭＯＣＶＤ法によって行なった。但し、この時、原料基板１００は、前記再成長層１３１を形成する前に、窒素とアンモニアを含む雰囲気中で、圧力９５ｋＰａ、基板温度９５０℃の条件下で熱処理（サーマルクリニング）を行なった。

なお、原料基板１００で使用された基板１１０は、サファイアからなる板厚９００μｍの基板であって、半導体層を形成する一面において、サファイア基板の（０００１）Ｃ面上に、基部幅１．０μｍ、高さ１．０μｍの凸部形状を、隣接する凸部間の間隔１．８μｍで形成した。この複数の凸部形状を有する加工基板は、WO/2009/154215号公報に記載の方法に準じて製造した。

[0058] また、複数の凸部形状で加工した基板表面には、スパッタ成膜装置内でＡｌＮからなるバッファ層１２０（中間層１２０）を膜厚５０ｎｍで形成した。さらに、バッファ層１２０の表面には、ＭＯＣＶＤ炉内で膜厚９μｍのＧａＮからなる下地層１３０を形成した。

その後、ＧａＮ下地層と同等な組成を有する再成長層１３１上に、公知なＭＯＣＶＤ法によって所定の膜厚を有するｎ型コンタクト層１４１、ｎ型クラッド層１４２、発光層１５０、ｐ型クラッド層１６１及びｐ型コンタクト層１６２を順次形成した。

続いて、ｐ型半導体層１６０上にＩＴＯからなる透明正極１７０、正極ボンディングパッド１８０、負極ボンディングパッド１９０、保護膜層をこの技術分野でよく知られた慣用の手段（WO/2009/154215号公報参照）で設けた。なお、正極ボンディングパッド１８０は、透明正極１７０側から２００ｎｍのＡｌからなる金属反射層と８０ｎｍのＴｉからなるバリア層と１１００ｎｍのＡｕからなるボンディング層とからなる３層構造とした。

負極ボンディングパッド１９０は、所望の領域にｎ型コンタクト層１４１

の露出面１４３側からＴｉ／Ａｕの二層構造として形成した。

[0059] 以上、このようにして実施例１の半導体発光素子Ｉを複数基板上に形成した発光素子基板ウエーハを得た。さらに、この技術分野でよく知られた慣用の手段（WO/2009/154215号公報参照）により、発光素子基板ウエーハの裏面を研削及び研磨してミラー状の面とし、これを３５０μｍ角の正方形のチップに切断し、ＬＥＤチップとした。

なお、実施例１で行なった本発明に係る主要な製造条件を表１にまとめて記載する。ここで製造された半導体発光素子Ｉの青色光波長分布σ（波長分布標準偏差）は、２．２ｎｍであって、発光素子基板ウエーハあたりの製品合格品取得率は高かった。

[0060]（実施例２）

実施例１の原料基板１００を反り量Ｈが１２０μｍを有する原料基板１００に替え、当該再成長層１３１の成長温度を１２００℃に、また成長圧力を２０ｋＰａに替えた以外は、実施例１の製造条件と同じにしてＬＥＤチップを製造した。主要な製造条件を表１にまとめた。ここで製造された半導体発光素子Ｉの青色光波長分布σ（波長分布標準偏差）は、１．９ｎｍであって、発光素子基板ウエーハあたりの製品合格品取得率は高かった。

[0061]（実施例３）

実施例１の原料基板１００を反り量Ｈが１００μｍを有する原料基板１００に替え、当該再成長層１３１の成長温度を１０００℃に、また成長圧力を６０ｋＰａに替えた以外は、実施例１の製造条件と同じにしてＬＥＤチップを製造した。主要な製造条件を表１にまとめた。ここで製造された半導体発光素子Ｉの青色光波長分布σ（波長分布標準偏差）は、２．７ｎｍであって、発光素子基板ウエーハあたりの製品合格品取得率は高かった。

[0062]（実施例４）

実施例１の原料基板１００を反り量Ｈが９５μｍを有する原料基板１００に替え、当該再成長層１３１の成長温度を９００℃に、また成長圧力を８０ｋＰａに替えた以外は、実施例１の製造条件と同じにしてＬＥＤチップを製

造した。主要な製造条件を表１にまとめた。ここで製造された半導体発光素子Ｉの青色光波長分布σ（波長分布標準偏差）は、３．１ｎｍであって、発光素子基板ウエーハあたりの製品合格品取得率は高かった。

[0063]（実施例５）

実施例１の原料基板１００を反り量Ｈが１３０μｍ、上部半導体層の厚みを８μｍ、上部半導体層の組成をｎ型コンタクト層とする原料基板１００に替え、当該再成長層１３１をｎ型コンタクト層と同じ組成とし、再成長層１３１の厚みを２μｍ、また成長圧力を２０ｋＰａに替えた以外は、実施例１の製造条件と同じにしてＬＥＤチップを製造した。主要な製造条件を表１にまとめた。ここで製造された半導体発光素子Ｉの青色光波長分布σ（波長分布標準偏差）は、２．７ｎｍであって、発光素子基板ウエーハあたりの製品合格品取得率は高かった。

[0064]（実施例６）

実施例５の原料基板１００を反り量Ｈが１２０μｍ、上部半導体層の厚みを９μｍに替え、当該再成長層１３１の厚みを１μｍ、成長圧力を４０ｋＰａに替えた以外は、実施例５の製造条件と同じにしてＬＥＤチップを製造した。主要な製造条件を表１にまとめた。

ここで製造された半導体発光素子Ｉの青色光波長分布σ（波長分布標準偏差）は、２．０ｎｍであって、発光素子基板ウエーハあたりの製品合格品取得率は高かった。

[0065]（実施例７）

実施例５の原料基板１００を反り量Ｈが１００μｍ、上部半導体層の厚みを１０μｍに替え、当該再成長層１３１の厚みを０．４μｍ、成長圧力を８０ｋＰａに替えた以外は、実施例５の製造条件と同じにしてＬＥＤチップを製造した。主要な製造条件を表１にまとめた。ここで製造された半導体発光素子Ｉの青色光波長分布σ（波長分布標準偏差）は、２．６ｎｍであって、発光素子基板ウエーハあたりの製品合格品取得率は高かった。

[0066]（実施例８）

実施例５の原料基板１００を反り量Ｈが９０μｍ、上部半導体層の厚みを１０μｍに替え、当該再成長層１３１の厚みを０．２μｍ、成長圧力を１００ｋＰａに替えた以外は、実施例５の製造条件と同じにしてＬＥＤチップを製造した。主要な製造条件を表１にまとめた。ここで製造された半導体発光素子Ｉの青色光波長分布σ（波長分布標準偏差）は、２．９ｎｍであって、発光素子基板ウエーハあたりの製品合格品取得率は高かった。

[0067]（実施例９）

実施例５の原料基板１００を反り量Ｈが５０μｍ、上部半導体層の厚みを５μｍに替え、当該再成長層１３１の厚みを０．６μｍ、成長圧力を８０ｋＰａに替え、また原料基板１００は再成長層１３１を形成する前に熱処理（サーマルクリニング）を実施しなかったこと以外は、実施例５の製造条件と同じにしてＬＥＤチップを製造した。主要な製造条件を表１にまとめた。ここで製造された半導体発光素子Ｉの青色光波長分布σ（波長分布標準偏差）は、２．３ｎｍであって、発光素子基板ウエーハあたりの製品合格品取得率は高かった。

[0068]（実施例１０）

実施例５の原料基板１００を反り量Ｈが８０μｍ、上部半導体層の厚みを５μｍに替え、基板１１０の板厚を７００μｍに替え、さらに当該再成長層１３１の厚みを０．６μｍ、成長圧力を６０ｋＰａに替えた以外は、実施例５の製造条件と同じにしてＬＥＤチップを製造した。主要な製造条件を表１にまとめた。ここで製造された半導体発光素子Ｉの青色光波長分布σ（波長分布標準偏差）は、２．９ｎｍであって、発光素子基板ウエーハあたりの製品合格品取得率は高かった。

[0069]（実施例１１）

実施例１の原料基板１００を反り量Ｈが１３０μｍ、上部半導体層の厚みを８μｍに替え、基板１１０の直径を６インチとその板厚を１３００μｍに替えた以外は、実施例１の製造条件と同じにしてＬＥＤチップを製造した。主要な製造条件を表１にまとめた。ここで製造された半導体発光素子Ｉの青

色光波長分布σ（波長分布標準偏差）は、２．１ｎｍであって、発光素子基板ウエーハあたりの製品合格品取得率は高かった。

[0070]（比較例１）

実施例５の原料基板１００を反り量Ｈが１４０μｍ、上部半導体層の厚みを１０μｍに替え、当該再成長層１３１の形成を行なわず、また熱処理（サーマルクリニング）も実施しなかったこと以外は、実施例５の製造条件と同じにしてＬＥＤチップを製造した。主要な製造条件を表１にまとめた。ここで製造された半導体発光素子Ｉの青色光波長分布σ（波長分布標準偏差）は、４．７ｎｍであって、発光素子基板ウエーハあたりの製品合格品取得率は極力低かった。

[0071]（比較例２）

実施例１の原料基板１００を用いた再成長層形成工程を経ずに、比較例２では、直径４インチ、板厚９００μｍを有する基板１１０を用い、下地層１３０～ｐ型半導体層１６０を１つのＭＯＣＶＤ炉で一貫成長させたこと以外は、実施例１の製造条件と同じにしてＬＥＤチップを製造した。主要な製造条件を表１にまとめた。ここで製造された半導体発光素子Ｉの青色光波長分布σ（波長分布標準偏差）は、４．７ｎｍであって、発光素子基板ウエーハあたりの製品合格品取得率は極力低かった。

[0072] このように、実施例１～実施例１１並びに比較例１～比較例２の各製造条件及び波長分布標準偏差σを対比してみると、以下の特徴が見られた。

即ち、基板上に少なくとも１つの化合物半導体層が成膜された化合物半導体基板の反り量Ｈが５０μｍ≦Ｈ≦２５０μｍの範囲である、ＧａＮ下地層を上部半導体層とする化合物半導体基板やｎ型コンタクト層を上部半導体層とする化合物半導体基板は、有機金属化学気相成長装置内において、前記化合物半導体基板の化合物半導体層上に、前記化合物半導体層の再成長層を積層することで、半導体発光素子Ｉの青色光波長分布σ（波長分布標準偏差）が３．１ｎｍ以下であって、発光素子基板ウエーハあたりの製品合格品取得率の高い結果が得られた。

[0073] また、実施例１～実施例４に示したように、反り量Ｈが５０μｍ≦Ｈ≦２５０μｍの範囲であるＧａＮ下地層を上部半導体層とする化合物半導体基板を用いて、その化合物半導体層の再成長層を有機金属化学気相成長装置内で別途積層する場合、再成長層を積層する際の基板温度を、７００℃～１２００℃とすることで、半導体発光素子Ｉの青色光波長分布σ（波長分布標準偏差）が３．１ｎｍ以下となり、発光素子基板ウエーハあたりの製品合格品取得率が大きく向上した。

[0074] また、前記再成長層を積層する際の成長圧力を、１５ｋＰａ～１００ｋＰａの範囲に設定することで、半導体発光素子Ｉの青色光波長分布σ（波長分布標準偏差）が３．１ｎｍ以下となり、発光素子基板ウエーハあたりの製品合格品取得率は大きく向上した。

さらに、再成長層を積層する際の基板温度を、７００℃～１２００℃の範囲とし、前記再成長層を積層する際の成長圧力を、１５ｋＰａ～１００ｋＰａの範囲で制御することで半導体発光素子Ｉの青色光波長分布σ（波長分布標準偏差）が３．１ｎｍ以下となり、発光素子基板ウエーハあたりの製品合格品取得率は大きく向上する。

[0075] すなわち、反り量Ｈが５０μｍ≦Ｈ≦２５０μｍの範囲内においても、反り量Ｈの大きな原料基板１００を用いる場合には、再成長工程における反りを抑制する為に成長圧力を下げて基板温度を上げることで、半導体発光素子Ｉの青色光波長分布σ（波長分布標準偏差）が３．１ｎｍ以下となり、発光素子基板ウエーハあたりの製品合格品取得率が大きく向上することを見出した。

[0076]

[表1]

	基板110		原料基板100			サーマルクリーニング			再成長層131				波長分布標準偏差σ(nm)
	直径(inch)	板厚(μm)	上部半導体層の厚み(μm)	反り量H(μm)	上部半導体層	工程有無	圧力(kPa)	温度(℃)	半導体層	厚み(um)	成長温度(℃)	成長圧力(kPa)	
実施例1	4	900	9	110	GaN下地層	有り	95	950	GaN下地層	0.6	1100	40	2.2
実施例2	4	900	9	120	GaN下地層	有り	95	950	GaN下地層	0.6	1200	20	1.9
実施例3	4	900	9	100	GaN下地層	有り	95	950	GaN下地層	0.6	1000	60	2.7
実施例4	4	900	9	95	GaN下地層	有り	95	950	GaN下地層	0.6	900	80	3.1
実施例5	4	900	8	130	N型コンタクト層	有り	95	950	N型コンタクト層	2	1100	20	2.7
実施例6	4	900	9	120	N型コンタクト層	有り	95	950	N型コンタクト層	1	1100	40	2
実施例7	4	900	10	100	N型コンタクト層	有り	95	950	N型コンタクト層	0.4	1100	80	2.6
実施例8	4	900	10	90	N型コンタクト層	有り	95	950	N型コンタクト層	0.2	1100	100	2.9
実施例9	4	900	5	50	N型コンタクト層	なし	—	—	N型コンタクト層	0.8	1100	80	2.3
実施例10	4	700	5	80	N型コンタクト層	有り	95	950	N型コンタクト層	0.6	1100	60	2.9
実施例11	6	1300	8	130	GaN下地層	有り	95	950	GaN下地層	0.6	1100	40	2.1
比較例1	4	900	10	140	N型コンタクト層	なし	—	—	再成長層なし				4.7
比較例2	4	900	なし（下地層～発光層の一貫成長）			なし			なし（下地層～発光層の一貫成長）				4.7

符号の説明

[0077] １００…化合物半導体基板、１１０…基板、１２０…中間層、１３０…下地層、１３１…再成長層、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族化合物半導体層）、Ｉ…半導体発光素子

請求の範囲

[請求項1] 化合物半導体からなるｎ型半導体層と発光層とｐ型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が成膜された化合物半導体基板の反り量Ｈが５０μｍ≦Ｈ≦２５０μｍの範囲である化合物半導体基板を準備し、有機金属化学気相成長装置内において、前記化合物半導体基板の化合物半導体層上に、前記化合物半導体層の再成長層を積層する工程を具備してな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] 前記化合物半導体が、ＩＩＩ族窒化物化合物半導体である請求項１に記載の半導体発光素子の製造方法。

[請求項3] 前記再成長層を０．２μｍ～５μｍの膜厚で形成す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4] 前記再成長層を積層する際の基板温度を、７００℃～１２００℃とす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5] 前記再成長層を積層する際の成長圧力を、１５ｋＰａ～１００ｋＰａとす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6] 前記再成長層を積層する際の基板温度を７００℃～１２００℃の範囲とする工程と、前記再成長層を積層する際の成長圧力を１５ｋＰａ～１００ｋＰａの範囲とする工程とを含み、基板温度と成長圧力を制御す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7] 前記再成長層を積層する前に、前記有機金属化学気相成長装置内において窒素とアンモニアを含む雰囲気中で、圧力１５ｋＰａ～１００ｋＰａ、前記基板温度５００℃～１０００℃の条件下で熱処理を行う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8] 基板上に少なくとも１つの化合物半導体層が成膜された化合物半導

体基板が、基板上にバッファ層と下地層が少なくとも成膜された化合物半導体基板であ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9] 基板上に少なくとも１つの化合物半導体層が成膜された化合物半導体基板が、基板上にバッファ層と下地層と第一ｎ型半導体層が少なくとも成膜された化合物半導体基板であ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。

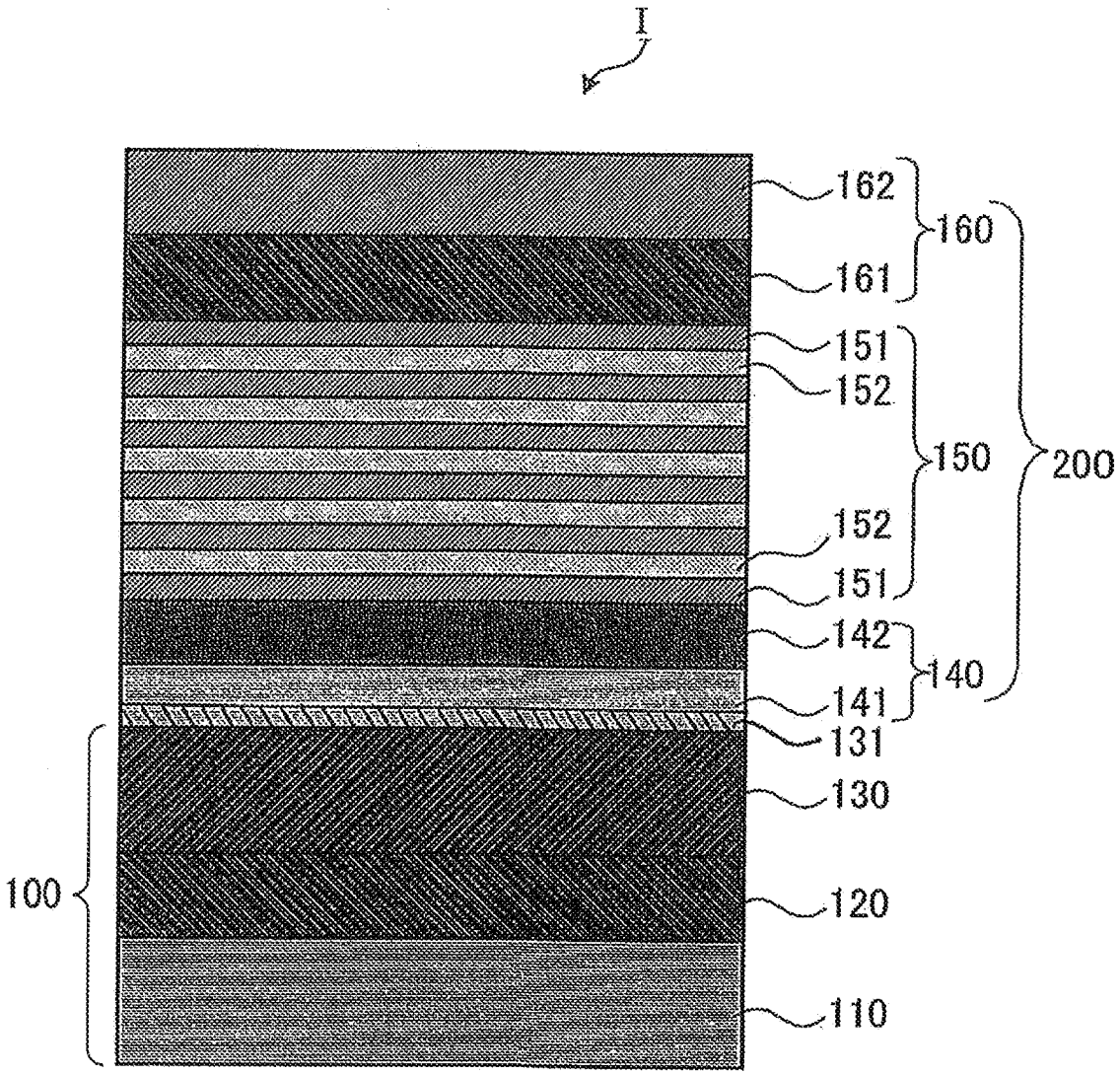
[請求項10] 前記基板が、基板の一面において、（０００１）Ｃ面からなる平面と、前記Ｃ面に非平行の表面からなる複数の凸部とからなる主面を有するものであるとともに、前記凸部の基部幅d_1が０．０５～１．５μｍ、高さｈが０．０５～１μｍとされていることを特徴とする請求項１に記載の半導体発光素子の製造方法。

[請求項11] 請求項１に記載の半導体発光素子の製造方法を用いて製造された半導体発光素子。

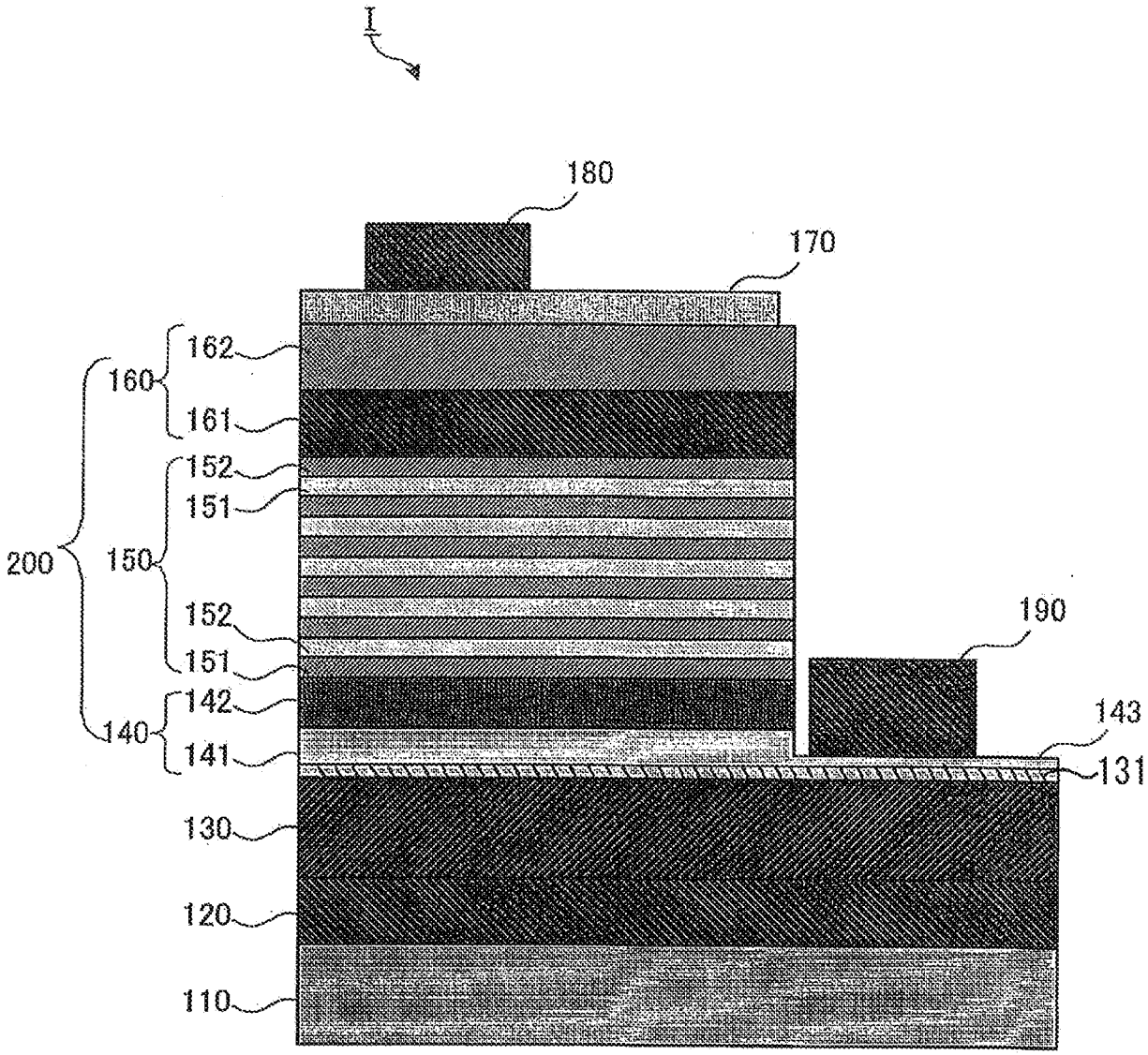
[請求項12] 請求項１１に記載の半導体発光素子が組み込まれていることを特徴とする電子機器。

[請求項13] 請求項１２に記載の電子機器が組み込まれていることを特徴とする機械装置。

[図1]


I
162
160
161
151
152
150
200
152
151
142
140
141
131
130
100
120
110

[図2]


I
180
170
162
160
161
152
151
200
150
152
151
190
142
140
143
141
131
130
120
110

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.
PCT/JP2011/064402

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER
H01L33/32(2010.01)i, *H01L21/205*(2006.01)i, *H01L33/20*(2010.01)i

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)
H01L21/205, 21/31, 21/365, 21/469, 21/86, 31/00-31/02, 31/0232, 31/0248, 31/0264, 31/08-31/10, 31/107-31/108, 31/111, 33/00-33/64, 51/42, H01S5/00-5/50

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	1996-2011
Kokai Jitsuyo Shinan Koho	1971-2011	Toroku Jitsuyo Shinan Koho	1994-2011

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.
A	WO 2010/032423 A1 (Showa Denko Kabushiki Kaisha), 25 March 2010 (25.03.2010), abstract; paragraph [0133] (Family: none)	1-13
A	JP 2003-63897 A (Sony Corp.), 05 March 2003 (05.03.2003), abstract; paragraph [0040] & US 2003/0045103 A1 & TW 567540 B	1-13
A	JP 2002-212000 A (NGK Insulators, Ltd.), 31 July 2002 (31.07.2002), abstract; paragraphs [0035] to [0037] (Family: none)	1-13

☒ 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
08 July, 2011 (08.07.11)	19 July, 2011 (19.07.11)
Name and mailing address of the ISA/ Japanese Patent Office Facsimile No.	Authorized officer Telephone No.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.
PCT/JP2011/064402

C (Continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	Tatsuya OHORI, "Present prospects of HEMT on Si technology", Oyo Butsuri, vol.64, no.2, The Japan Society of Applied Physics, 10 February 1995 (10.02.1995), pages 119 to 125	1-13

国際調査報告

国際出願番号　ＰＣＴ／ＪＰ２０１１／０６４４０２

Ａ．　発明の属する分野の分類（国際特許分類（ＩＰＣ））

Int.Cl.　H01L33/32(2010.01)i, H01L21/205(2006.01)i, H01L33/20(2010.01)i

Ｂ．　調査を行った分野

調査を行った最小限資料（国際特許分類（ＩＰＣ））

Int.Cl.　H01L21/205, 21/31, 21/365, 21/469, 21/86, 31/00-31/02, 31/0232, 31/0248, 31/0264, 31/08-31/10, 31/107-31/108, 31/111, 33/00-33/64, 51/42, H01S5/00-5/50

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	１９７１－２０１１年
日本国実用新案登録公報	１９９６－２０１１年
日本国登録実用新案公報	１９９４－２０１１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
A	WO 2010/032423 A1 (昭和電工株式会社) 2010.03.25, 要約、[0133] (ファミリーなし)	1-13
A	JP 2003-63897 A (ソニー株式会社) 2003.03.05, 要約、【００４０】 & US 2003/0045103 A1 & TW 567540 B	1-13
A	JP 2002-212000 A (日本碍子株式会社) 2002.07.31, 要約、【００３５】～【００３７】 (ファミリーなし)	1-13

☑　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 ０８．０７．２０１１	国際調査報告の発送日 １９．０７．２０１１
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　３８１１ 杉田　翠 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
A	大堀達也，シリコン基板上HEMT素子，応用物理，第64巻第2号，社団法人応用物理学会，1995.02.10，第119-125頁	1-13