

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特 許 公 報(B2)

(11) 特許番号

特許第3974667号

(P3974667)

(45) 発行日 平成19年9月12日(2007.9.12)

(24) 登録日 平成19年6月22日(2007.6.22)

(51) Int. Cl. F I  
 HO 1 L 33/00 (2006.01) HO 1 L 33/00 C

請求項の数 4 (全 10 頁)

(21) 出願番号	特願平7-213676	(73) 特許権者	000116024
(22) 出願日	平成7年8月22日(1995.8.22)		ローム株式会社
(65) 公開番号	特開平8-116090		京都府京都市右京区西院溝崎町2 1 番地
(43) 公開日	平成8年5月7日(1996.5.7)	(74) 代理人	100098464
審査請求日	平成14年1月23日(2002.1.23)		弁理士 河村 洸
審査番号	不服2004-22586(P2004-22586/J1)	(72) 発明者	尺田 幸男
審査請求日	平成16年11月4日(2004.11.4)		京都市右京区西院溝崎町2 1 番地 ローム株式会社内
(31) 優先権主張番号	特願平6-196852		
(32) 優先日	平成6年8月22日(1994.8.22)		
(33) 優先権主張国	日本国(JP)		
		合議体	
		審判長	向後 晋一
		審判官	小牧 修
		審判官	吉田 禎治

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 半導体発光素子の製法

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項 1】

(a) G a A s、G a P、I n P および S i よりなる群から選ばれた少なくとも1種の半導体で、かつ、結晶面が(111)面の半導体単結晶基板上に400~700の低温でチッ化ガリウム系化合物半導体層からなる低温バッファ層を形成したのちに700~1200の高温でチッ化ガリウム系化合物半導体層をMOCVD法により成膜する工程、  
 (b) 前記半導体単結晶基板および前記低温バッファ層を研磨により除去する工程、および

(c) 該半導体結晶基板および前記低温バッファ層を除去して残余した前記チッ化ガリウム系化合物半導体層を新たな基板として、少なくともn型層およびp型層を含むチッ化ガリウム系化合物半導体単結晶層をさらに成長する工程  
 を有する半導体発光素子の製法。

10

【請求項 2】

前記(c)工程のチッ化ガリウム系化合物半導体単結晶層の成長前に400~700の低温でチッ化ガリウム系化合物半導体からなる低温バッファ層を成膜し、さらに700~1200の高温でチッ化ガリウム系化合物半導体からなる高温バッファ層を成膜し、そのうち前記チッ化ガリウム系化合物半導体単結晶層を成長する請求項1記載の半導体発光素子の製法。

【請求項 3】

前記少なくともn型層およびp型層を含むチッ化ガリウム系化合物半導体単結晶層がn

20

型クラッド層、活性層、p型クラッド層のサンドイッチ構造を有し、該サンドイッチ構造の各層は該活性層のバンドギャップエネルギーが該n型およびp型クラッド層のバンドギャップエネルギーより小さい半導体材料で構成し、かつ、該n型クラッド層、p型クラッド層、前記高温バッファ層および前記チツ化ガリウム系化合物半導体層基板を同一組成の半導体材料で形成する請求項2記載の半導体発光素子の製法。

【請求項4】

前記チツ化ガリウム系化合物半導体単結晶層が形成された半導体ウェハを劈開によりチップ化する請求項1または3記載の半導体発光素子の製法。

【発明の詳細な説明】

【0001】

10

【発明の属する技術分野】

本発明は半導体発光素子の製法に関する。さらに詳しくは、青色発光に好適なチツ化ガリウム系化合物半導体を用いた半導体発光素子の製法に関する。

【0002】

ここにチツ化ガリウム系化合物半導体とは、III族元素のGaとV族元素のNとの化合物またはIII族元素のGaの一部がAl、Inなど他のIII族元素と置換したものおよび/またはV族元素のNの一部がP、Asなど他のV族元素と置換した化合物からなる半導体をいう。

【0003】

また、半導体発光素子とは、pn接合またはpinなどダブルヘテロ接合を有する発光ダイオード(以下、LEDという)、スーパーミネセントダイオード(SLD)または半導体レーザダイオード(LD)などの光を発生する半導体素子をいう。

20

【0004】

【従来の技術】

従来青色のLEDは赤色や緑色に比べて輝度が小さく実用化に難点があったが、近年チツ化ガリウム系化合物半導体を用い、Mgをドーパントした低抵抗のp型半導体層がえられたことにより、輝度が向上し脚光をあびている。

【0005】

従来のチツ化ガリウム系のLEDは、たとえば図5に示されるような構造になっている。このLEDを製造するには、まずサファイア( $Al_2O_3$ 、単結晶)基板21に400~700の低温で有機金属化合物気相成長法(以下、MOCVD法という)によりキャリアガス $H_2$ とともに有機金属化合物ガスであるトリメチルガリウム(以下、TMGという)、トリメチルアルミニウム(以下、TMAという)、トリメチルインジウム(以下、TMIという)およびアンモニア( $NH_3$ )を供給し、 $Al_xGa_yIn_{1-x-y}$ ( $0 < x < 1$ 、 $0 < y < 1$ 、 $x + y < 1$ )からなる低温バッファ層22を0.01~0.2 $\mu m$ 程度形成し、ついで700~1200の高温で同じガスを供給し同じ組成のn型の $Al_xGa_yIn_{1-x-y}N$ からなる高温バッファ層23を2~4 $\mu m$ 程度形成する。

30

【0006】

ついで前述と同じ比率のガスを供給して同じ組成のn型の $Al_xGa_yIn_{1-x-y}N$ 層24を0.1~0.3 $\mu m$ 程度形成し、ダブルヘテロ接合形成のためのn型クラッド層を形成する。これらのn型層を形成するには、チツ化ガリウム系化合物半導体のばあい、n型不純物をドーブしなくてもn型になるという性質を利用している。

40

【0007】

つぎに、クラッド層の組成よりAlの量を減らしInの量を多くしてバンドギャップエネルギーがクラッド層のそれより小さくなる材料 $Al_pGa_qIn_{1-p-q}N$ ( $0 < p < 1$ 、 $0 < q < 1$ 、 $p + q < 1$ 、 $p < x$ 、 $1 - p - q > 1 - x - y$ )からなる活性層25を形成する。

【0008】

ついで、n型クラッド層の形成と同じ原料ガスにさらにp型不純物としてのMgまたはZnのためのビスシクロペンタジエニルマグネシウム(以下、 $Cp_2Mg$ という)またはジ

50

メチル亜鉛（以下、DMZnという）の有機金属化合物ガスを加えて反応管に導入し、p型 $Al_x Ga_y In_{1-x-y} N$ からなるp型クラッド層26を形成する。

【0009】

さらにキャップ層27とするため、前述と同様のガスを供給してp型の $Al_x Ga_y In_{1-x-y} N$ 層を気相成長させる。

【0010】

そののち、 $SiO_2$ などの保護膜を半導体の成長層表面全面に設け、400～800、20～60分間程度のアニールを行い、p型 $Al_x Ga_y In_{1-x-y} N$ からなるp型クラッド層26の活性化を図る。ついで保護膜を除去したのちn型の電極を形成するため、レジストを塗布しパターニングして、図5に示されるように、成長した各半導体層の一部を塩素プラズマなどによるドライエッチングを行ってn型 $Al_x Ga_y In_{1-x-y} N$ 層23を露出させる。ついでAu、Alなどの金属膜をスパッタリングなどにより形成して両電極28、29を形成し、ダイシングすることによりLEDチップを形成している。

10

【0011】

【発明が解決しようとする課題】

従来のチツ化ガリウム系化合物半導体を用いた半導体発光素子は裏面側がサファイア基板で絶縁体であるため、裏面側の電極をとるためにエッチングなどの複雑なプロセスが必要となる。

【0012】

また、サファイア基板は高温に耐えることができ、比較的種々の結晶面に合わせることができるため有利に用いられているが、サファイア基板とチツ化ガリウム系半導体結晶との格子定数はそれぞれ4.758と3.189で相当異なり、さらに熱膨張係数も異なるため、図6のAに示されるように、サファイア基板と接するバッファ層に転位や結晶欠陥が発生し、その結晶欠陥が動作層であるチツ化ガリウム系化合物半導体単結晶層にも進展し動作領域が狭くなるとともに、半導体層の光学的品質も低下するという問題がある。

20

【0013】

さらに、サファイア基板を劈開することはできず、前述の構造では劈開により半導体発光素子チップを製造することができないため、半導体レーザのように端面が精度のよい平行な2つの鏡面を必要とするデバイスには不向きであるという問題がある。

【0014】

本発明はこのような問題を解決し、格子定数の不整合や熱膨張係数の相違に基づく結晶欠陥や転位の発生を極力抑えた半導体発光素子の製法を提供することを目的とする。

30

【0015】

本発明のさらに他の目的は半導体レーザのように端面に平行な2つの鏡面を必要とする半導体発光素子にもチツ化ガリウム系化合物半導体を用いて劈開により端面の鏡面をうるることができる半導体発光素子の製法を提供することを目的とする。

【0016】

【課題を解決するための手段】

本発明の半導体発光素子の製法は、(a)  $GaAs$ 、 $GaP$ 、 $InP$ および $Si$ よりなる群から選ばれた少なくとも1種の半導体で、かつ、結晶面が(111)面の半導体単結晶基板上に400～700の低温でチツ化ガリウム系化合物半導体層からなる低温バッファ層を形成したのちに700～1200の高温でチツ化ガリウム系化合物半導体層をMOCVD法により成膜する工程、(b)前記半導体単結晶基板および前記低温バッファ層を研磨により除去する工程、および(c)該半導体結晶基板および前記低温バッファ層を除去して残余した前記チツ化ガリウム系化合物半導体層を新たな基板として、少なくともn型層およびp型層を含むチツ化ガリウム系化合物半導体単結晶層をさらに成長する工程を有する。

40

【0018】

前記(a)工程で、前記低温バッファ層を形成したのちに700～1200の高温でチツ化ガリウム系化合物半導体層を成膜することにより、前記低温バッファ層が基板との

50

不整合を和らげるバッファ層となり、結晶欠陥や転位の発生を防止できる。

【0019】

前記(c)工程のチッ化ガリウム系化合物半導体単結晶層の成長前に400~700の低温でチッ化ガリウム系化合物半導体からなる低温バッファ層を成膜し、さらに700~1200の高温でチッ化ガリウム系化合物半導体からなる高温バッファ層を成膜し、そののち前記チッ化ガリウム系化合物半導体単結晶層を成長することが、チッ化ガリウム系化合物半導体層基板に生じた結晶欠陥や転位の影響を最小限に抑制することができるため好ましい。

【0020】

前記少なくともn型層およびp型層を含むチッ化ガリウム系化合物半導体単結晶層がn型クラッド層、活性層、p型クラッド層のサンドイッチ構造を有し、該サンドイッチ構造の各層は該活性層のバンドギャップエネルギーが該n型およびp型クラッド層のバンドギャップエネルギーより小さい半導体材料で構成し、かつ、該n型クラッド層、p型クラッド層、前記高温バッファ層および前記チッ化ガリウム系化合物半導体層基板を同一組成の半導体材料で形成することが、発光効率の高い発光素子がえられるため好ましい。

【0021】

前記チッ化ガリウム系化合物半導体単結晶層が形成された半導体ウェハを劈開によりチップ化することが、端面を鏡面化することができるため好ましい。

【0022】

【発明の実施の形態】

つぎに、図面を参照しながら本発明の半導体発光素子の製法について説明する。図1は本発明の半導体発光素子の製法の一実施形態の工程断面説明図、図2~4は本発明の製法により製造された半導体発光素子の例の断面説明図である。

【0023】

まず、図1(a)に示されるように、半導体単結晶基板1の表面にMOCVD法によりチッ化ガリウム系化合物半導体層からなる低温バッファ層2および高温バッファ層3を成長する。

【0024】

半導体単結晶基板1としては、たとえば結晶面がそれぞれ(111)面であるGaAs単結晶基板、GaP単結晶基板、InP単結晶基板またはSi単結晶基板を使用することができる。結晶面が(111)面の半導体単結晶基板を使用するのは、チッ化ガリウム系化合物半導体層の結晶品質のためである。またGaAsなど前述の半導体単結晶基板を使用するのは、他の材料と比較してチッ化ガリウム系化合物半導体と格子定数などが比較的近く、チッ化ガリウム系化合物半導体層にかかる歪を小さくできるためである。

【0025】

またMOCVD法により半導体層を成長させるには、反応炉内に基板を配設し、気相成長のための原料ガス、たとえば $Al_xGa_yIn_{1-x-y}N$ 層を成長させるにはキャリアガスの $H_2$ にAlの原料ガスとして有機金属ガスであるTMA、Gaの原料ガスとして有機金属ガスであるTMG、Inの原料ガスとして有機金属ガスであるTMI、およびNの原料ガスとして $NH_3$ を所望の比率になるようにそれぞれの流量で導入して炉内で反応させる。異なる組成の半導体層を成長させるばあいは、その導入比率を変えたり、またはその組成の元素に必要な原料ガスを導入して反応させることにより所望の組成の半導体層を成長させることができる。

【0026】

チッ化ガリウム系化合物半導体を成長させる際の成長温度は単結晶を成長させるには700~1200の高温で反応させて成長させるが、格子定数などが異なる異種材料の基板上に直接成長させるばあいは完全には単結晶の結晶方向が一致しないため400~700の低温で多結晶膜として成長させる低温バッファ層2を0.01~0.2 $\mu m$ 程度介在させ、その上に700~1200の高温で50~200 $\mu m$ 程度の高温バッファ層3を成長させることが好ましい。この高温バッファ層3を成長させる際に低温で多結晶膜とし

10

20

30

40

50

て成長した低温バッファ層2も単結晶化し、高温バッファ層3と整合化される。

【0027】

つぎに図1(b)に示されるように、半導体単結晶基板1の裏面側から機械的研磨または化学的研磨をし、半導体結晶基板1および低温バッファ層2を除去する。この機械的研磨は、たとえばダイヤモンド粉を使用する研磨装置により行い、化学的研磨は、たとえば硫酸と過酸化水素の混合液により行う。

【0028】

つぎに図1(c)に示されるように、残されたチツ化ガリウム系化合物半導体層からなる高温バッファ層(チツ化ガリウム系化合物半導体層)3を新たな基板として反応炉内に配設し、前述と同様の方法でチツ化ガリウム系化合物半導体からなる低温バッファ層4を0.01~0.2 $\mu$ m程度、高温バッファ層5を1~40 $\mu$ m程度設ける。チツ化ガリウム系化合物半導体を成長する基板は同種のチツ化ガリウム系単結晶層であるため、低温バッファ層4および高温バッファ層5を設けなくて直接つぎのクラッド層や活性層とするチツ化ガリウム系化合物半導体単結晶を成長させてもよいが、ここで新たに基板とするチツ化ガリウム系化合物半導体層基板3は異種の半導体結晶基板1上に形成されたもので、格子不整合に基づく結晶欠陥や転位が発生している可能性があり、そのばあい、その上に成膜されるチツ化ガリウム系化合物半導体単結晶層にも結晶欠陥や転位が進む可能性がある。そのため、再度低温バッファ層4および高温バッファ層5を設けることが好ましい。この低温バッファ層4および高温バッファ層5の成長方法や効用などは図1(a)の低温バッファ層2および高温バッファ層(チツ化ガリウム系化合物半導体層基板)3と同様である。

【0029】

つぎに図1(d)に示されるように、n型クラッド層6、ノンドープまたはn型もしくはp型の活性層7、p型クラッド層8、キャップ層9を順次形成する。クラッド層6、8は通常0.1~2 $\mu$ m程度の厚さに形成され、活性層7は0.05~0.1 $\mu$ m程度の厚さに形成される。活性層7は結晶欠陥や転位が発生しえない程度に非常に薄く形成されるが、クラッド層は薄くするのに限界があり、厚いため、これらが異種材料で構成されると歪みが入り易く、高温バッファ層5とともに厚い層は同じ組成の材料で形成されることが好ましい。

【0030】

前述のクラッド層などの半導体層でn型層にするためには、Si、Ge、SnをSiH<sub>4</sub>、GeH<sub>4</sub>、SnH<sub>4</sub>などのガスとして反応ガス内に混入することによりえられる。またp型層を形成するためには、MgやZnをCp<sub>2</sub>MgやDMZnの有機金属ガスとして原料ガスに混入することによりp型層とすることができる。このp型層はキャップ層9上にSiO<sub>2</sub>などからなる保護膜を設けて400~800でアニール処理をすることにより、または電子線を照射することによりMgと化合したH(キャリアガスとしてのH<sub>2</sub>や反応ガスであるNH<sub>3</sub>ガスのHが化合する)を切り離してMgを動き易くし、低抵抗化することができる。

【0031】

この例では、活性層7の両側をp型層とn型層の両クラッド層6、8により挟むダブルヘテロ接合構造とされ、クラッド層6、8は活性層7のバンドギャップエネルギーより大きなバンドギャップエネルギーを有する材料で構成されている。前述のAl<sub>x</sub>Ga<sub>y</sub>In<sub>1-x-y</sub>Nの材料でバンドギャップエネルギーを大きくするには、xを大きくし、1-x-yを小さくすることによりえられる。このようなバンドギャップエネルギーを有するクラッド層6、8でサンドイッチ構造とすることにより、活性層に注入されたキャリアが発光層である活性層とクラッド層のあいだにできるエネルギー障壁で閉じ込められるため、単純な同一材料でpn接合を作ったホモ接合構造より発光再結合の確立が格段に向上し、発光効率も高くなる。しかし本発明の製法はこのようなダブルヘテロ接合構造に限定されることはなく、ホモ接合やヘテロ接合のpn接合でも成長する半導体層の組成を変えるだけで同様に適用される。また、半導体レーザでストライプ溝を形成することにより屈折率導波

10

20

30

40

50

構造とする半導体発光素子なども同様に製造できる。なお、キャップ層 9 は電極金属 10 との接触抵抗の低下のためのもので、 $0.2\ \mu\text{m}$  以下程度の厚さに形成される。

【0032】

つぎに、前述のように、半導体層の表面に  $\text{SiO}_2$ 、 $\text{Si}_3\text{N}_4$ 、 $\text{Al}_2\text{O}_3$  などの保護膜を設けて  $400\sim 800$  で  $20\sim 60$  分間程度のアニール処理を行うか、保護膜を設けずに、直接表面から  $3\sim 20\ \text{kV}$  程度の加速電圧で電子線照射をする。その結果、p 型層のドーパントである Mg と H との接合が切られ、活性化が達成され、p 型層の低抵抗化が図られる。

【0033】

ついで、Au、Al などの電極材料を蒸着やスパッタ法などにより成膜し、裏面側には全 10  
面に下部 (n 側) 電極 11 が形成され、表面側は LED のばあいは発光領域を確保するため、または半導体レーザのばあいは電流注入領域を規制するため、中心部のみに残るようにパターニングして上部 (p 側) 電極 10 が形成され、そののち各チップに劈開することにより、図 1 (e) に斜視図で示されるように半導体発光素子チップが形成される。

【0034】

この半導体発光素子チップをリードフレームに載置し、ワイヤボンディングしたのちエポキシ樹脂でモールドすることにより LED が、またチップをステムに載置し、ワイヤボンディングしたのちキャップでシールすることによりレーザダイオードが完成する。

【0035】

本発明によれば、半導体単結晶基板上にチッ化ガリウム系化合物半導体層を成長させたの 20  
ち、半導体単結晶基板を除去し、チッ化ガリウム系化合物半導体層を新たな基板としてその上に動作層のチッ化ガリウム系化合物半導体単結晶層を成長しているため、格子定数や熱膨張係数は非常に近くなり、格子欠陥や転位は発生しにくい。

【0036】

一方、半導体単結晶基板上に成長させた新たな基板とするチッ化ガリウム系化合物半導体層と半導体単結晶基板とのあいだの格子不整合に起因して新たな基板とするチッ化ガリウム系化合物半導体層に結晶欠陥が発生し、その結晶欠陥が動作層とするチッ化ガリウム系化合物半導体単結晶層へ広がり、転位や結晶欠陥が発生することが懸念されるが、その転位や欠陥については、その間に低温バッファ層および高温バッファ層を設けることにより有効に防止することができる。 30

【0037】

さらに、バッファ層とクラッド層の  $1\ \mu\text{m}$  以上に厚く形成される層の半導体単結晶層の組成を同じにすることにより、きれいな劈開面がえられ、鏡面がえられ易くなる。

【0038】

つぎに、さらに具体的な発光素子により本発明の製法を詳細に説明する。

【0039】

【実施例】

実施例 1

図 2 は本発明の製法により製造したチッ化ガリウム系ダブルヘテロ接合 LED の断面説明 40  
図である。チッ化ガリウム系化合物半導体として  $\text{Al}_x\text{Ga}_y\text{In}_{1-x-y}\text{N}$  ( $0 < x < 1$ 、 $0 < y < 1$ 、 $0 < x + y < 1$ ) を用い、Al、Ga、In の比率を変えることによりダブルヘテロ接合を形成したものである。

【0040】

まず、前述の図 1 (b) に示されるような  $50\sim 200\ \mu\text{m}$  の厚さに形成された n 型  $\text{Al}_x\text{Ga}_y\text{In}_{1-x-y}\text{N}$  の半導体層からなる新たな基板とされたチッ化ガリウム系化合物半導体層基板 3 の表面に  $400\sim 700$  の低温で n 型  $\text{Al}_v\text{Ga}_w\text{In}_{1-v-w}\text{N}$  ( $0 < v < 1$ 、 $0 < w < 1$ 、 $0 < v + w < 1$ 、 $v < x$ 、 $1 - x - y < 1 - v - w$ ) からなる低温バッファ層 4 を  $0.01\sim 0.2\ \mu\text{m}$  程度 MOCVD 法により成長し、ついで  $700\sim 1200$  の高温でチッ化ガリウム系化合物半導体層基板 3 と同じ組成の n 型  $\text{Al}_x\text{Ga}_y\text{In}_{1-x-y}\text{N}$  からなる高温バッファ層 5 を  $1\sim 40\ \mu\text{m}$  程度の厚さに設けた。さらに  $700$  50

～1200 Åでn型 $Al_x Ga_y In_{1-x-y} N$ からなるn型クラッド層6を0.1～2 μm程度の厚さに設け、ノンドープの $Al_p Ga_q In_{1-p-q} N$  ( $0 < p < 1$ 、 $0 < q < 1$ 、 $0 < p + q < 1$ 、 $p < x$ 、 $1 - p - q > 1 - x - y$ )からなる活性層7を0.05～0.1 μm程度の厚さに成長させ、さらにp型 $Al_x Ga_y In_{1-x-y} N$ からなるp型クラッド層8を1～2 μm成長させた。その上に $Al_r Ga_s In_{1-r-s} N$  ( $0 < r < 1$ 、 $0 < s < 1$ 、 $0 < r + s < 1$ 、 $r < x$ 、 $1 - x - y > 1 - r - s$ )からなるキャップ層9を0.2 μm程度の厚さに設ける。

#### 【0041】

前記構造で、両クラッド層6、8は同じ組成で、かつ、これらの層は活性層7の組成よりバンドギャップエネルギーが大きい組成で形成されている。すなわち、Alの量を多くして、Inの量を少なくすることによりバンドギャップエネルギーの大きい材料がえられ、バンドギャップエネルギーの大きい材料からなるクラッド層6、8によりバンドギャップエネルギーが小さい材料からなる活性層7がサンドイッチされる構造になっており、活性層に注入されたキャリアをエネルギー障壁で閉じ込め、発光効率を高くしている。

10

#### 【0042】

そのうち前述のように電子線照射によりp型層の低抵抗化を図り、電極を形成して劈開することにより0.5カンデラ(cd)程度の輝度のダブルヘテロ接合の青色LEDがえられた。

#### 【0043】

本実施例によれば、バンドギャップエネルギーの小さい材料からなる活性層をサンドイッチ構造とするダブルヘテロ接合としているため、発光効率を高めることができるとともに、クラッド層やバッファ層などの厚い半導体層は同じ組成の材料で構成し、異なる組成の半導体層は結晶欠陥が生じない程度の薄さに形成されているため、欠陥のない膜質の優れた半導体層がえられ、さらに劈開が容易となる。

20

#### 【0044】

##### 実施例2

本実施例は半導体レーザ型発光素子の実施例で、各層の形成および電極の形成までは実施例1と全く同様に形成し、電極形成後に上部電極11の両側のキャップ層9およびp型クラッド層8の上部をエッチングしてメサ型形状にしたものである。このような構造にすることにより電流を活性層の中心部だけに集中させることができ、しかも劈開により端面が鏡面になっているため、端面で反射させて発振させることができ、出力が0.2 mW程度の青色半導体レーザ型発光素子がえられた。

30

#### 【0045】

##### 実施例3

本実施例はpn接合のLEDの実施例で、チッ化ガリウム系化合物半導体層基板3にn型GaNからなる低温バッファ層4を0.01～0.2 μm程度、n型GaNからなる高温バッファ層5を1～40 μm程度の厚さだけ実施例1と同様の条件で成長し、そのうちn型 $Al_t Ga_{1-t} N$  ( $0 < t < 1$ )からなるn型層12を1～2 μm程度、p型 $In_u Ga_{1-u} N$  ( $0 < u < 1$ )からなるp型層13を0.1～0.3 μm程度、それぞれ成膜し、ついでp型 $Al_z Ga_{1-z} N$  ( $0 < z < 1$ )からなるキャップ層14を成膜し、p型層13に3～20 kV程度の加速電圧で電子線照射をし、アニールを行ったのち、下部(n側)電極11および上部(p側)電極10を形成し、ヘテロ接合のpn接合LEDを製造した。このヘテロ接合構造とすることにより発光効率が増加し、0.2カンデラ(cd)程度の輝度の青色LEDがえられた。

40

#### 【0046】

##### 【発明の効果】

本発明によれば、基板が絶縁基板でないため、下部側の電極を基板の裏面に形成すればよく、従来のように上面側からエッチングして下部の導電型層を露出させて電極を形成する必要がない。そのため、ドライエッチング工程が不要になり、構造プロセスが簡単になるとともにエッチング時に発生しやすいコンタミネーションによる抵抗に起因する特性劣化

50

も生じない。

【0047】

さらに基板もクラッド層などの厚い層と同じチッ化ガリウム系化合物半導体層からなっているため、同種の結晶が揃うことになり容易に劈開することができ、簡単に鏡面をうることができる。その結果、青色の半導体レーザも容易にうることができる。

【0048】

また基板もチッ化ガリウム系化合物半導体層からなっているため、動作層と同種の半導体層であり、格子定数などが一致して格子整合がとれ、結晶欠陥や転位の発生を防止できる。その結果、半導体層が高品質になり、素子の発光効率や寿命が向上する。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明の半導体発光素子の製法の一実施形態の製造工程を示す図である。

【図2】本発明の製法の一実施例により製造したLEDの断面説明図である。

【図3】本発明の製法の他の実施例により製造した半導体レーザの断面説明図である。

【図4】本発明の製法のさらに他の実施例により製造したLEDの断面説明図である。

【図5】従来のGaN系LEDの断面説明図である。

【図6】従来のサファイア基板上に形成されたバッファ層に発生する転位の状況を説明する図である。

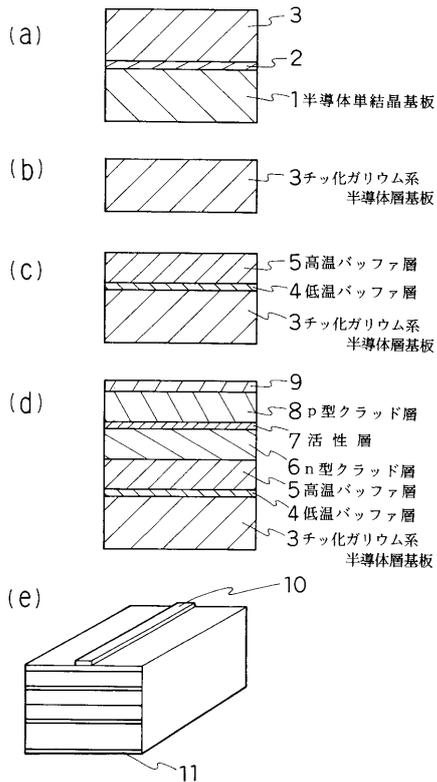
【符号の説明】

- 1 半導体単結晶基板
- 3 チッ化ガリウム系化合物半導体層基板
- 4 低温バッファ層
- 5 高温バッファ層
- 6 n型クラッド層
- 7 活性層
- 8 p型クラッド層

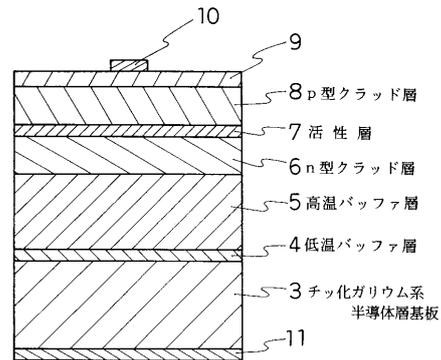
10

20

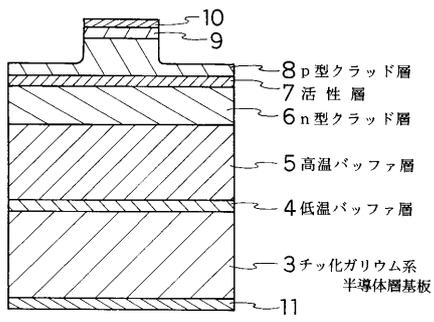
【図1】



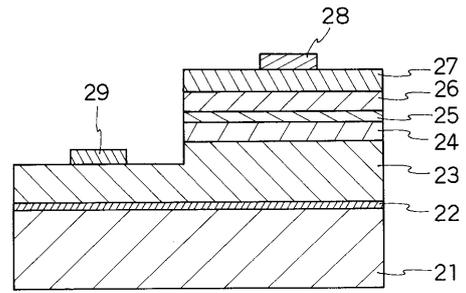
【図2】



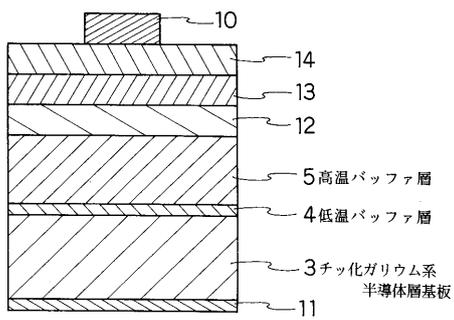
【 図 3 】



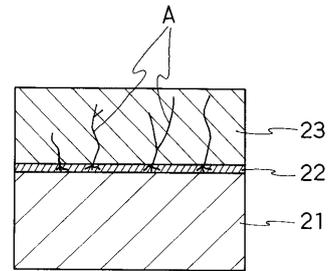
【 図 5 】



【 図 4 】



【 図 6 】



---

フロントページの続き

- (56)参考文献 特開平5 - 343741 (JP, A)  
特開平6 - 164055 (JP, A)  
特開平5 - 206513 (JP, A)  
特開昭51 - 3779 (JP, A)  
特開昭51 - 50899 (JP, A)  
特開平8 - 181077 (JP, A)  
特開平5 - 283744 (JP, A)  
J. J. A. P. 32 (1993) pp. L8 - L11  
Appl. Phys. Lett., 1992年, Vol. 22, No. 30, p. 2688 - 2690

- (58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

H01L33/00