

(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2005-229055
(P2005-229055A)

(43) 公開日 平成17年8月25日(2005.8.25)

(51) Int. Cl. ⁷	F I	テーマコード (参考)
HO 1 L 21/205	HO 1 L 21/205	5 F O 4 5
HO 1 S 5/323	HO 1 S 5/323 6 1 0	5 F O 7 3

審査請求 有 請求項の数 9 O L (全 15 頁)

(21) 出願番号	特願2004-38520 (P2004-38520)	(71) 出願人	000002369 セイコーエプソン株式会社 東京都新宿区西新宿2丁目4番1号
(22) 出願日	平成16年2月16日(2004.2.16)	(74) 代理人	100090479 弁理士 井上 一
		(74) 代理人	100090387 弁理士 布施 行夫
		(74) 代理人	100090398 弁理士 大淵 美千栄
		(72) 発明者	西田 哲朗 長野県諏訪市大和3丁目3番5号 セイコーエプソン株式会社内
		Fターム(参考)	5F045 AA04 AB18 AC08 AD08 AD09 AD10 AD11 AF04 CA12 DA55 EE03 EE12 EE18 5F073 AB16 CA17 CB02 DA05 DA35

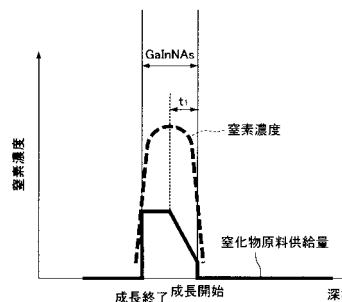
(54) 【発明の名称】 化合物半導体の結晶成長方法および化合物半導体装置の製造方法

(57) 【要約】

【課題】 良好な品質の化合物半導体結晶を得ることができる化合物半導体の結晶成長方法を提供する。

【解決手段】 本発明に係る化合物半導体の結晶成長方法は、有機金属化学気相成長法により窒化物原料を用いてV族元素中に窒素を含むIII-V化合物半導体を結晶成長させる方法であって、窒化物原料の反応室への供給を開始してから所与の期間、窒化物原料の反応室への供給量を変化させることを含む。

【選択図】 図5



【特許請求の範囲】

【請求項 1】

有機金属化学気相成長法により窒化物原料を用いて V 族元素中に窒素を含む III - V 化合物半導体を結晶成長させる方法であって、

前記窒化物原料の反応室への供給を開始してから所与の期間、前記窒化物原料の前記反応室への供給量を変化させることを含む、化合物半導体の結晶成長方法。

【請求項 2】

請求項 1 において、

前記供給量を、連続的に変化させる、化合物半導体の結晶成長方法。

【請求項 3】

請求項 1 または 2 において、

前記供給量を、増加させることにより変化させる、化合物半導体の結晶成長方法。

【請求項 4】

請求項 3 において、

前記供給量を、直線的に増加させる、化合物半導体の結晶成長方法。

【請求項 5】

請求項 3 または 4 において、

所望の化合物半導体における窒素の組成比に基づいて、前記供給量の増加率を定める、化合物半導体の結晶成長方法。

【請求項 6】

請求項 1 ないし 5 のいずれかにおいて、

前記期間は、前記反応室内に層状の気流が発生するまでの時間である、化合物半導体結晶成長方法。

【請求項 7】

請求項 1 ないし 5 のいずれかにおいて、

前記期間は、前記反応室内の圧力変動が安定化するまでの時間である、化合物半導体結晶成長方法。

【請求項 8】

請求項 1 ないし 7 のいずれかにおいて、

前記供給量は、前記所与の期間経過後、一定量である、化合物半導体結晶成長方法。

【請求項 9】

請求項 1 ないし 8 のいずれかにおいて、

前記 III - V 化合物半導体は、少なくともガリウムおよび窒素を構成元素中に含む、化合物半導体の結晶成長方法。

【請求項 10】

請求項 1 ないし 9 のいずれかに記載の化合物半導体の結晶成長方法を含む、化合物半導体装置の製造方法。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、化合物半導体の結晶成長方法および化合物半導体装置の製造方法に関する。

【背景技術】

【0002】

インターネットの普及に伴い、FTTH (Fiber To The Home) と言われるように各家庭内への光ファイバの敷設が進められている。このような家庭内などの非幹線系光通信では、幹線系の光通信 (基地局間の光通信) とは異なり、低コスト、低消費電力であることが重視される。そのため、これまで幹線系の光通信で用いられてきた光通信機器をそのまま家庭内などの非幹線系光通信に用いることはできない。

【0003】

幹線系においては、例えば、発振波長 1 . 3 μ m 帯の半導体レーザとして、一般に In

10

20

30

40

50

GaAsPを用いた半導体レーザが用いられている。しかし、近年、この半導体レーザに置き換わる安価で消費電力が小さい発光素子として、窒素を原料に含む、例えばGaInNAsなどを用いた発振波長1.3 μ m帯の半導体レーザの開発が盛んに行われている。例えば、GaInNAsを用いた発振波長1.3 μ m帯の半導体レーザは、安価で消費電力が小さいという利点がある。特に、GaInNAs結晶を用いた1.3 μ m帯半導体レーザは、従来の発光素子の使用に必要であったペルチェ素子などの温度制御素子が不要となることから、現在最も有力な1.3 μ m帯半導体レーザ用材料と考えられている。また、その他の発振波長帯の半導体レーザの分野においても例えば、GaNなどを用いた短波長帯半導体レーザなど窒素を構成元素に含む化合物半導体が注目されている。

【0004】

10

そこで、これらの化合物半導体の結晶成長方法が開発されている。例えば、特許文献1は、GaInNAs結晶を、安全に成長させることができる方法を開示している。

【特許文献1】特開平11-238685号公報

【発明の開示】

【発明が解決しようとする課題】

【0005】

本発明の目的は、良好な結晶品質の化合物半導体結晶を得ることができる化合物半導体の結晶成長方法を提供することにある。

【0006】

また、本発明の他の目的は、かかる化合物半導体の結晶成長方法を適用した化合物半導体装置の製造方法を提供することにある。

20

【課題を解決するための手段】

【0007】

本発明に係る化合物半導体の結晶成長方法は、有機金属化学気相成長法により窒化物原料を用いてV族元素中に窒素を含むIII-V化合物半導体を結晶成長させる方法であって、窒化物原料の反応室への供給を開始してから所与の期間、窒化物原料の反応室への供給量を変化させることを含む。

【0008】

一般に、窒化物原料を用いてV族元素中に窒素を含むIII-V族化合物半導体を結晶成長させる場合には、N元素は他の元素に比べて、結晶内に取り込まれにくいいため、III族元素の原料に対して十分に大きな流量の窒化物原料を反応室に供給する必要がある。

30

【0009】

本発明に係る化合物半導体の結晶成長方法によれば、窒化物原料の反応室への供給を開始してから所与の期間、窒化物原料の反応室への供給量を変化させることによって、大きな流量の窒化物原料を反応室に供給した場合であっても、反応室内の気流の乱れによるエピタキシャル膜の結晶品質への悪影響を防止することができ、例えば、構成元素の面内分布の均一性に優れた良好な結晶品質の化合物半導体結晶を得ることができる。

【0010】

本発明に係る化合物半導体の結晶成長方法において、窒化物原料の供給量を、連続的に変化させることができる。この場合、窒化物原料の供給量を、増加させることにより変化させることができる。さらにこの場合、窒化物原料の供給量を、直線的に増加させることができる。

40

【0011】

本発明に係る化合物半導体の結晶成長方法において、所望の化合物半導体における窒素の組成比に基づいて、供給量の増加率を定めることができる。

【0012】

本発明に係る化合物半導体の結晶成長方法において、期間を、反応室内に層状の気流が発生するまでの時間とすることができる。係る態様によれば、反応室内の気流の乱れを緩和し、良好な品質の結晶を得ることができる。

【0013】

50

本発明に係る化合物半導体の結晶成長方法において、期間を、反応室内の圧力変動が安定化するまでの時間とすることができる。係る態様によっても、反応室内の気流の乱れを緩和し、良好な品質の結晶を得ることができる。

【0014】

本発明に係る化合物半導体の結晶成長方法において、期間を、結晶中の窒素の組成比が安定するまでの時間とすることができる。

【0015】

本発明に係る化合物半導体の結晶成長方法において、窒化物原料の供給量を、所与の期間経過後、一定量とすることができる。係る態様によっても、渦や乱流などの気流の乱れが少ない状態で結晶成長を行うことができ、良好な品質の結晶を得ることができる。

10

【0016】

以上に述べた本発明の結晶成長方法は、少なくともガリウムおよび窒素を構成元素に含むIII-V族化合物半導体の結晶成長に適用することができる。このようなIII-V族化合物半導体としては、例えば、GaN、InGa_N、AlGa_N、GaInNAsなどが挙げられる。

【0017】

また、本発明の結晶成長方法は、化合物半導体装置の製造方法に適用することができる。

【発明を実施するための最良の形態】

【0018】

以下、本発明に好適な実施の形態について図面を参照しながら説明する。

20

【0019】

1. 第1の実施形態

第1の実施形態においては、窒素をV族元素として含むIII-V族化合物半導体としてGaInNAsを結晶成長する場合を例にとり説明する。

【0020】

1-1. 製造装置

以下、本実施の形態に係るGaInNAsの結晶成長方法に適用されるMOCVD (Metal Organic Chemical Vapor Deposition) 装置について説明する。図1は、MOCVD装置を模式的に示す図である。

30

【0021】

MOCVD装置100は、反応室10と第1~第4の原料室20, 22, 24, 26とを有する。反応室10の周囲には、反応室10内の基板50の温度を制御するためのヒーター40が設けられている。第1~第4の原料室20, 22, 24, 26のそれぞれと、反応室10とは、原料供給ライン31により接続されている。この原料供給ライン31には、キャリアガスとしての水素(H₂)が供給されている。

【0022】

また、MOCVD装置100は、第1の排気ライン32と、第2の排気ライン39とを有する。第1の排気ライン32は、主として反応室10への原料の流量を制御するために用いられる。第2の排気ライン39は、主として反応室10から余剰原料や不純物を除去するために用いられる。

40

【0023】

また、MOCVD装置100は、原料供給ライン31における原料の流量を制御するためのダミーライン34を有する。ダミーライン34は、接続切替機構36によって原料供給ライン31または第1の排気ライン32のいずれかに接続されてキャリアガスたる水素(H₂)を供給可能に設けられている。

【0024】

また、MOCVD装置100において、原料供給ライン31と第1の排気ライン32との間には、差圧計38が設けられており、これにより原料供給ライン31と第1の排気ライン32との差圧をモニターしながら、反応室10に導入される原料の流量をコントロー

50

ルすることができる。

【0025】

第1原料室20には、ガリウム原料20aが充填されている。ガリウム原料20aとしては、例えば、トリメチルガリウム(TMGa)、トリエチルガリウム(TEGa)を挙げることができる。

【0026】

第2原料室22には、インジウム原料22aが充填されている。インジウム原料22aとしては、トリメチルインジウム(TMIn)、トリエチルインジウム(TEIn)を挙げることができる。

【0027】

第3原料室24には、窒化物原料24aが充填されている。窒素原料24aとしては、ジメチルヒドラジン(DMHy)、モノメチルヒドラジン(MMHy)を挙げることができる。

【0028】

第4原料室26には、ヒ素原料26aが充填されている。ヒ素原料26aとしては、ターシャリーブチルアルシン(TBA_s)を挙げることができる。

【0029】

また、第1～第4の原料室20, 22, 24, 26からは、供給準備ライン33を通じて原料が供給される。この供給準備ライン33は、接続切替機構35によって原料供給ライン31または第1の廃棄ライン32のいずれかに接続可能に設けられている。

【0030】

また、必要に応じて、ヒ素原料としてのアルシン(AsH₃)ガスが充填された第5原料室28を設けて原料供給ライン37によりアルシンを反応室10内に導入可能にしてもよい。

【0031】

ここで、各原料室20, 22, 24, 26から反応室10への原料ガスの流量制御は、以下のように行われる。

【0032】

図2(A)は、反応室10へ原料ガスを供給している状態での各ラインの接続関係を示している。かかる場合においては、供給準備ライン33から供給される原料ガスと同量の水素(H₂)ガスがダミーライン34から供給される。このとき、接続切替機構35は、供給準備ライン33を原料供給ライン31に接続し、接続切替機構36は、ダミーライン34を第1の排気ライン32に接続する。これにより、原料供給ライン31の流量と第1の排気ライン32の流量とは、ほぼ等しくなり、ライン間には差圧が生じない。このため、反応室10内部では、層状の気流(層流)15が発生している状態となる。

【0033】

図2(B)は、反応室10への原料ガスの供給を停止した状態での各ラインの接続関係を示している。かかる場合においても、供給準備ライン33から供給される原料ガスと同量の水素(H₂)ガスがダミーライン34から供給される。このとき、接続切替機構35は、供給準備ライン33を第1の排気ライン32に接続し、接続切替機構36は、ダミーライン34を原料供給ライン31に接続する。これにより、原料供給ライン31の流量と第1の排気ライン32の流量とは、ほぼ等しくなり、ライン間に差圧が生じない。このため、反応室10内部には気流の乱れが発生せず、引き続き反応室10の気流状態を層状の気流(層流)15に保つことができる。

【0034】

このように、MOCVD装置100においては、反応室10内で乱れの少ない層状の気流(層流)15を作るように原料の流量の制御または反応室10内の圧力の制御を行っている。なお、反応室10での結晶成長に際して、良好な結晶品質の膜を得るためには、少なくとも反応室10内に装填された例えば、基板などの被成膜体の付近に層状の気流(層流)15が発生していればよい。

10

20

30

40

50

【0035】

1-2. GaInNAs層の形成方法

第1～第4原料室20, 22, 24, 26に充填されている原料20a, 22a, 24a, 26aは、それぞれ、キャリアガスとしての水素(H_2)によりバブリングされ、反応室10に導入される。なお、GaInNAsの結晶成長の際に、第5の原料室28に充填されたアルシニングスを、キャリアガスの水素とともに反応室10に導入してもよい。そして、それぞれの原料20a, 22a, 24a, 26aは、反応室10において熱分解され、基板(例えば、GaAs基板)50上に堆積し、図3に示すようにGaInNAs層60が形成される。なお、GaInNAsの組成比は、一般に、 $Ga_{1-x}In_xN_yAs_{1-y}$ で表される。

10

【0036】

GaInNAsの結晶成長の際、供給される原料において、III族(Ga, In)原料の流量に対するV族(N, As)原料の流量は、例えば、数倍から数百倍とすることができる。また、砒素原料(AsH_3 またはTBAs)の流量に対する窒化物原料(DMH_yまたはMMH_y)の流量は、数十倍から数百倍とすることができる。GaInNAsの結晶成長時の基板温度は、例えば、400～700とすることができる。また、反応室10内の圧力は、例えば、100mbar程度とすることができる。また、反応室10内の各原料の流量の制御は、図2(A)および図2(B)に示したように行われる。

【0037】

図4は、従来の結晶成長方法によって結晶成長させたGaInNAsにおける窒素濃度と、窒化物原料供給量との関係を示す概念図である。従来のGaInNAsの結晶成長の際、窒化物原料の供給量は、結晶成長開始から成長終了まで一定量であった。そのため結晶成長開始と同時に、反応室10へ大流量の窒化物原料が供給されるため、その原料供給による圧力衝撃を受ける。この圧力衝撃によって、結晶内の構成元素は、不均一な状態となってしまう。このように従来の結晶成長方法では、窒素濃度が不均一な状態となってしまうため、良好な品質のGaInNAs層を得ることは困難である。

20

【0038】

図5は、本実施の形態に係る結晶成長方法によって結晶成長させたGaInNAsにおける窒素濃度と、窒化物原料供給量との関係を示す概念図である。本実施の形態に係るGaInNAsの結晶成長においては、窒化物原料の反応室10への供給量を、窒化物原料の供給開始直後から期間 t_1 が経過するまでの間、直線的に増加させ、期間 t_1 の経過後、一定量としている。これにより、窒化物原料の供給量の初期値を、従来と比べて少量としているため、供給開始直後の反応室10内の圧力衝撃を緩和することができる。また、窒化物原料の供給量を直線的に増加させることにより、結晶成長開始から結晶成長が終了するまでの間、急激な圧力変動を防止することができる。このように窒化物原料の供給量を直線的に増加させることにより、図5に示すように、GaInNAs層中の窒素濃度を、従来に比べて均一な状態とすることができる。従って、本実施の形態に係る結晶成長方法によれば、良好な品質のGaInNAs層を得ることができる。

30

【0039】

ここで期間 t_1 は、反応室10内の圧力変動が安定化するまでの時間または反応室10内に層状の気流(層流)が発生するまでの時間である。

40

【0040】

また窒化物原料の供給量の増加率は、所望の化合物半導体GaInNAsにおける窒素の組成比に基づいて定められる。また窒化物原料の供給量の初期値および増加後の値も、所望の化合物半導体GaInNAsにおける窒素の組成比に基づいて定められる。例えば、窒素の組成比が高いほど、増加率も高くすることによって、所望の組成比のGaInNAs層を得ることができる。

【0041】

また本実施の形態に係る結晶成長方法において、窒化物原料の供給量を直線的に増加させているが、これにかえて非直線的に増加させてもよい。

50

【0042】

2. 第2の実施形態

以下、第2の実施形態に係る化合物半導体の結晶成長方法として、GaAs層/GaNAs層/GaAs層からなる量子井戸構造を形成する場合を例にとり説明する。

【0043】

本実施形態では、第1の実施形態と同様に、図1に示されるMOCVD装置100を用いて各層の結晶成長を行うことができる。

【0044】

具体的には、図6に示すように、基板(例えば、GaAs基板)50上にGaAsバリア層70、GaNAs井戸層80、およびGaAs層バリア層90を順次積層することにより量子井戸構造を形成することができる。

10

【0045】

セシウム1次イオンの照射による2次イオン質量分析法(SIMS)によって、従来の結晶成長方法によって形成されたGaAs層/GaNAs層/GaAs層からなる多重量子井戸構造のサンプルの膜厚方向のAs、GaおよびN原子のプロファイルを求めた。その結果を図7に示す。

【0046】

ここでサンプルは、GaNAs井戸層80の結晶成長開始から成長終了まで一定量の窒化物原料(DMH_yまたはMMH_y)を供給し、結晶成長させることにより得られたものである。

20

【0047】

窒素原子のピークの形状が、図4において示した窒素濃度のピークの形状と同様に、窒素の濃度において不安定な領域82が存在する。すなわち、図7によれば、範囲82において、窒素濃度が不均一になっているため、従来の結晶成長方法では、良好な品質のGaAs/GaNAs/GaAs量子井戸の結晶を得ることは困難である。

【0048】

そこで第2の実施形態においても、第1の実施形態の場合と同様に、窒化物原料の反応室10への供給量を、窒化物原料の供給開始直後から期間 t_1 が経過するまでの間、直線的に増加させ、期間 t_1 の経過後、一定量とする。これにより、窒化物原料の供給量の初期値を、従来と比べて少量としているため、供給開始直後の反応室10内の圧力衝撃を緩和することができる。また、窒化物原料の供給量を直線的に増加させることにより、GaNAs井戸層80の結晶成長開始から結晶成長が終了するまでの間において、急激な圧力変動を防止することができる。このように窒化物原料の供給量を直線的に増加させることにより、GaNAs井戸層80の窒素濃度を、従来に比べて均一な状態とすることができる。従って、本実施の形態に係る結晶成長方法によれば、良好な品質のGaNAs層を得ることができる。

30

【0049】

3. 第3の実施形態

以下、第3の実施形態に係る発光素子の製造方法を説明する。なお、発光素子として、ストライプレーザおよび面発光型レーザを例にとり説明する。

40

【0050】

3-1. ストライプレーザの製造方法

以下、実施の形態に係るストライプレーザの製造方法について説明する。図8は、実施の形態に係るストライプレーザの製造工程を模式的に示す断面図である。

【0051】

まず、図8(A)に示すように、n型GaAs基板210上に、有機金属化学気相成長法(MOCVD法)を利用して、組成を変調させながらエピタキシャル成長させることにより、n型バッファ層220、n型クラッド層222およびバリア層224を順次積層する。

【0052】

50

n型バッファ層220は、例えば、シリコンがドーブされたn型GaAsからなる。n型クラッド層222は、例えば、シリコンがドーブされたn型 $Al_{0.4}Ga_{0.6}As$ からなる。n型クラッド層222の厚さは、例えば、1500nmとすることができる。バリア層224は、例えば、GaAsからなる。バリア層224の厚さは、例えば、100nmとすることができる。

【0053】

なお、n型バッファ層220、n型クラッド層222およびバリア層224のそれぞれは、その層を構成する原子の原料を反応室に導入し、熱分解することにより形成されることができる。この場合において、基板温度は例えば、500~800であり、反応室の圧力は100mbar (10^4 Pa)とすることができる。アルミニウム原料は、例えば、トリメチルアルミニウム(TMAa)、トリエチルアルミニウム(TEAa)である。シリコン原料は、例えば、ジシラン(Si_2H_6)、モノシラン(SiH_4)とすることができる。ガリウム原料および砒素原料は、上記で示したものを挙げるることができる。

10

【0054】

次に、井戸層としてのGaInNAs層230を形成する。GaInNAs層230の組成比は、例えば、 $Ga_{0.65}In_{0.35}N_{0.01}As_{0.99}$ とすることができる。バリア層224の上にGaInNAs層230を形成する手法としては、第2の実施形態に係るGaAs/GaInNAs/GaAs量子井戸構造の結晶成長方法を用いることができる。GaInNAs層230の厚さは、例えば、10nmとすることができる。

【0055】

次に、GaInNAs層230の上に、有機金属気相成長法(MOCVD法)を利用して、組成を変調させながらエピタキシャル成長させることにより、バリア層240、p型クラッド層242およびp型コンタクト層244を順次積層する。このとき、GaInNAs層230の上にバリア層240を形成する手法としては、第2の実施形態に係るGaAs/GaInNAs/GaAs量子井戸構造の結晶成長方法を用いることができる。

20

【0056】

バリア層240は、例えば、GaAsからなる。バリア層240の厚さは、例えば、100nmとすることができる。p型クラッド層242は、例えば、Znがドーブされたp型 $Al_{0.4}Ga_{0.6}As$ からなる。p型クラッド層242の厚さは、例えば、1500nmとすることができる。p型コンタクト層244は、例えば、ZnがドーブされたGaAsからなる。p型コンタクト層244の厚さは、例えば、50nmとすることができる。

30

【0057】

なお、バリア層240、p型クラッド層242およびp型コンタクト層244のそれぞれは、その層を構成する原子の原料を反応室に導入し、熱分解することにより形成されることができる。この場合、基板温度は例えば、500~800であり、反応室の圧力は100mbar (10^4 Pa)とすることができる。ドーブ材料としての亜鉛原料は、例えば、ジエチルジンク(DEZn)、ジメチルジンク(DMZn)を用いることができる。アルミニウム原料、ガリウム原料および砒素原料は、上記で例示したものをを用いることができる。

【0058】

次に、図8(B)に示すように、p型コンタクト層244の上に、公知の方法により、絶縁層250を形成する。絶縁層250は、ストライプ状の貫通孔252を有する。貫通孔252の幅は、例えば、5 μ mとすることができる。絶縁層250は、例えば、酸化シリコンからなる。

40

【0059】

次に、p型コンタクト層244および絶縁層250の上に、蒸着法により、金属膜からなるp電極260を形成する。p電極は、例えば、Cr膜、AuZn膜、Au膜が順次積層された構造を採用することができる。

【0060】

次に、n型GaAs基板210の裏面を、例えば、100 μ mの厚さにまで研磨する。

50

次に、 n 型GaAs基板210の裏面に、蒸着法により、金属膜からなる n 電極262を形成する。 n 電極262は、例えば、Cr膜、AuGe膜、Ni膜、Au膜が積層された構造を採用することができる。こうして、ストライプレーザ200を形成することができる。

【0061】

以上のようにして形成されたストライプレーザ200は、次の効果を有する。

【0062】

このストライプレーザのバリア層224、井戸層230、バリア層240から構成される量子井戸構造は、第2の実施の形態で説明した結晶成長方法により形成されている。このため、良好な結晶品質の層からなるGaAs/GaInNAs/GaAs量子井戸構造を形成することができる。その結果、優れた特性のストライプレーザを製造することができる。

10

【0063】

3-2. 面発光型半導体レーザの製造方法

以下、実施の形態に係る面発光半導体レーザ（以下「面発光レーザ」という）の製造方法について説明する。図9および図10は、実施の形態に係る面発光レーザの製造工程を模式的に示す断面図である。

【0064】

まず、図9(A)に示すように、 n 型GaAs基板310上に、有機金属化学気相成長法(MOCVD法)を利用して、組成を変調させながらエピタキシャル成長させることにより、バッファ層320、 n 型下部DBRミラー322、 n 型クラッド層324およびバリア層326を順次積層する。

20

【0065】

バッファ層320は、例えば、シリコンがドーブされたGaAsからなることができる。 n 型下部DBRミラー322は、例えば、 n 型GaAs層と、 n 型AlAs層とが交互に積層された35ペアの分布反射型多層膜ミラーからなることができる。 n 型GaAs層および n 型AlAs層のそれぞれの厚さは、面発光レーザの発振波長の $1/4$ に相当する光学膜厚($1/4$ の厚さをさらにその層の屈折率で割った膜厚)であることができる。 n 型クラッド層は、例えば、シリコンがドーブされた $Al_{0.3}Ga_{0.7}As$ からなることができる。バリア層326は、例えば、GaAsからなることができる。

30

【0066】

なお、バッファ層320、 n 型下部DBRミラー322、 n 型クラッド層324およびバリア層326のそれぞれは、その層を構成する原子の原料を反応室に導入し、熱分解することにより形成されることができる。この場合、基板温度を例えば、 $500 \sim 800$ とし、反応室の圧力を 100 mbar (10^4 Pa)とすることができる。なお、ガリウム原料およびヒ素原料は、上記で示したものを適用することができる。アルミニウムの原料およびシリコンの原料は、ストライプレーザの製造方法で示したものを挙げるることができる。

【0067】

次に、井戸層としてのGaInNAs層330を形成する。GaInNAs層330の組成比は、 $Ga_{0.65}In_{0.35}N_{0.01}As_{0.99}$ とすることができる。バリア層326の上にGaInNAs層330を形成する手法としては、第2の実施形態に係るGaAs/GaInNAs/GaAs量子井戸構造の結晶成長方法を用いることができる。GaInNAs層330の厚さは、例えば、 10 nm とすることができる。

40

【0068】

次に、GaInNAs層330の上に、有機金属気相成長法(MOCVD法)を利用して、組成を変調させながらエピタキシャル成長させることにより、バリア層340、 p 型クラッド層342、 p 型上部DBRミラー344および p 型コンタクト層346を順次積層する。このとき、GaInNAs層330の上にバリア層340を形成する手法として、第2の実施形態に係るGaAs/GaInNAs/GaAs量子井戸構造の結晶成長方

50

法を用いることができる。

【0069】

バリア層340は、例えば、GaAsからなることができる。p型クラッド層342は、例えば、亜鉛がドーブされたp型 $Al_{0.3}Ga_{0.7}As$ からなることができる。p型上部DBRミラー344は、例えば、p型GaAs層とp型AlAs層とが交互に積層された23ペアの分布反射方多層膜ミラーからなることができる。p型GaAs層およびp型AlAs層のそれぞれの厚さは、面発光レーザの発振波長の1/4に相当する光学膜厚とすることができる。p型コンタクト層346は、例えば、亜鉛がドーブされたp型GaAsからなることができる。p型コンタクト層346の厚さは、例えば、50nmとすることができる。

10

【0070】

なお、バッファ層340、p型クラッド層342、p型下部DBRミラー344およびp型コンタクト層346のそれぞれは、その層の構成原子の原料を反応室に導入し、熱分解することにより形成されることができる。この場合、基板温度を例えば、500~800とし、反応室の圧力を100mbar (10^4 Pa)とすることができる。なお、ガリウム原料およびヒ素原料は、上記で示したものを適用することができる。アルミニウムの原料および亜鉛の原料は、ストライプレーザの製造方法で示したものを挙げることができる。

【0071】

次に、図9(B)に示すように、公知のフォトリソグラフィ技術およびエッチング技術により、p型コンタクト層346およびp型DBRミラー344をパターンニングして柱状部372を形成する。これにより、面発光レーザの共振器370が形成される。次に、図10に示すように、柱状部372の周囲に、絶縁層(例えば、ポリイミド層)350を形成する。具体的には、ポリイミドを塗布し、硬化させた後、平坦化することにより、絶縁層350を形成することができる。

20

【0072】

次に、柱状部372および絶縁層350の上に、公知の方法により、第1電極360を形成する。第1電極は、ストライプレーザにおけるp電極260と同様の金属膜からなることができる。次に、n型GaAs基板310の裏面に、公知の方法により、第2電極362を形成する。第2電極362は、ストライプレーザにおけるn電極262と同様の金属膜からなることができる。こうして、面発光レーザ300を形成することができる。

30

【0073】

以上のようにして形成された面発光レーザ300は、次の効果を有する。

【0074】

この面発光レーザのバリア層326、GaInNAs井戸層330、およびバリア層340は、第2の実施形態に係るGaAs/GaInNAs/GaAs量子井戸構造の結晶成長方法により形成されている。このため、各層の結晶品質が良好な量子井戸構造を形成することができる。その結果、優れた特性の面発光レーザを製造することができる。

【0075】

また、GaInNAs層330により構成される面発光レーザ300によれば、長波長帯域(例えば、1310nm)のレーザを実現することができる。

40

【0076】

以上に、本発明に好適な実施の形態について説明したが、本発明は、上記の実施の形態に限定されず、本発明の要旨の範囲内で種々の態様を取り得る。

【0077】

例えば、第1の実施形態では、GaInNAsを結晶成長する場合を例に取り説明したが、本発明はこれに限定されるものではなく、少なくともガリウムおよび窒素を構成元素に含むIII-V族化合物半導体の結晶成長に適用することができる。このようなIII-V族化合物半導体としては、例えば、GaN、InGaN、AlGaN、GaInNAsなどが挙げられる。

50

【0078】

また、例えば、第2の実施形態では、GaAs/GaInNAs/GaAs量子井戸構造を結晶成長する場合を例にとり説明したが、本発明はこれに限定されるものではなく、井戸層に少なくともガリウムおよび窒素を構成元素に含むIII-V族化合物半導体を採用する量子井戸構造の結晶成長に適用することができる。このようなIII-V族化合物半導体としては、上記と同様のものが例示できる。

【0079】

また、例えば、第3の実施形態では、発光素子として、ストライプレーザーおよび面発光レーザーを形成する場合を例に取り説明したが、本発明はこれらに限定されるものではなく、活性層に少なくともガリウムおよび窒素を構成元素に含むIII-V族化合物半導体を採用する発光ダイオードの製造方法にも適用することができる。

10

【0080】

さらに、本発明に係る化合物半導体の結晶成長方法が適用されるのは、発光素子に限定されるものではなく、例えば、受光素子、太陽電池、電子デバイス等の化合物半導体装置であってもよい。なお、電子デバイスとしては、例えば、電界効果トランジスタを挙げることができる。電界効果トランジスタでは、例えば、能動層またはコンタクト層に、本発明に係る化合物半導体の結晶成長方法が適用される。

【図面の簡単な説明】

【0081】

【図1】MOCVD装置を模式的に示す図。

20

【図2】MOCVD装置の流量の制御機構を説明するための図。

【図3】化合物半導体の結晶成長工程を模式的に示す断面図。

【図4】従来の方法による窒素濃度と窒化物原料供給量との関係を示す概念図。

【図5】第1実施形態による窒素濃度と窒化物原料供給量との関係を示す概念図。

【図6】量子井戸構造の結晶成長工程を模式的に示す断面図。

【図7】多重量子井戸構造のAs、GaおよびN原子のプロファイルを示す図。

【図8】ストライプレーザーの製造工程を模式的に示す断面図。

【図9】面発光レーザーの製造工程を模式的に示す断面図。

【図10】面発光レーザーの製造工程を模式的に示す断面図。

30

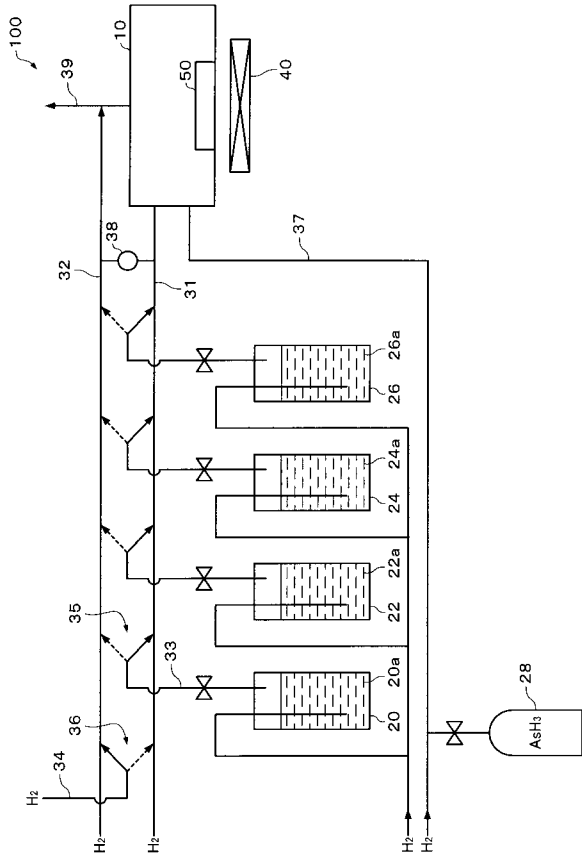
【符号の説明】

【0082】

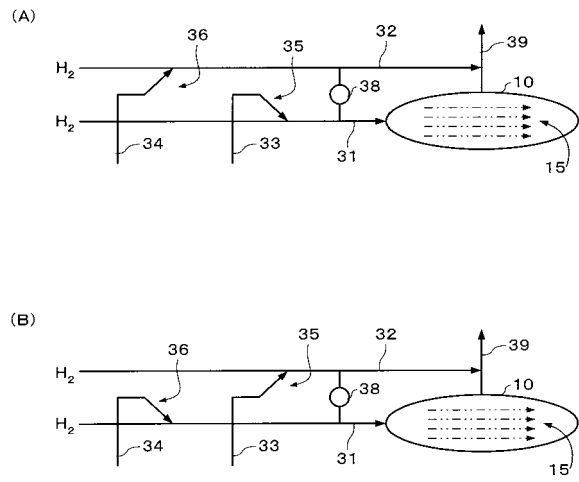
10 反応室、20 第1原料室、22 第2原料室、24 第3原料室、26

第4原料室、28 第5原料室、31, 37 原料供給ライン、32 第1の排気ライン、33 供給準備ライン、34 ダミーライン、35, 36 接続切替機構、38 差圧計、40 ヒーター、50 基板、100 MOCVD装置

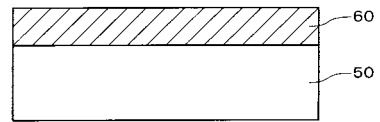
【図1】



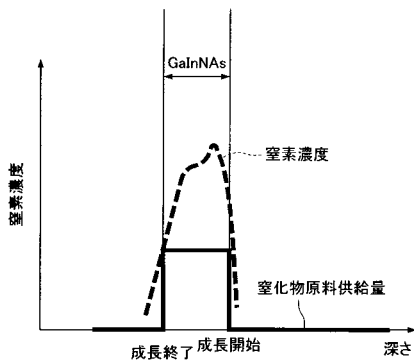
【図2】



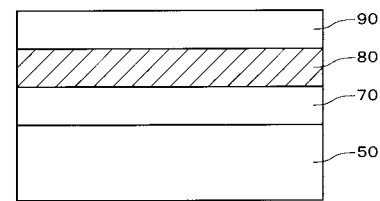
【図3】



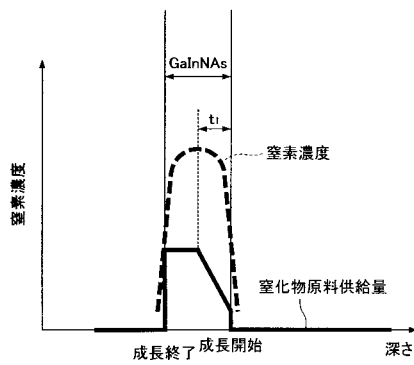
【図4】



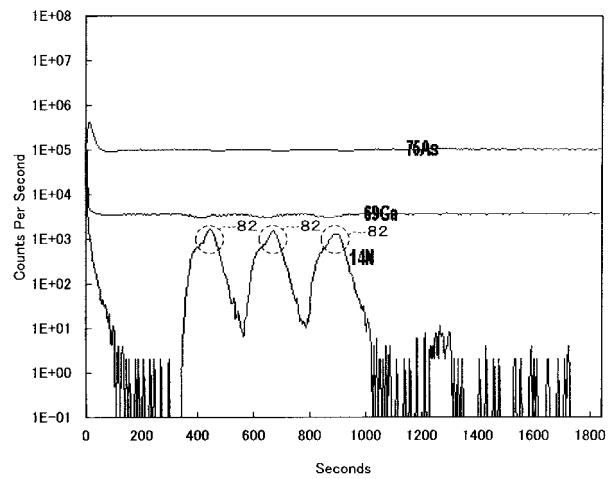
【図6】



【図5】

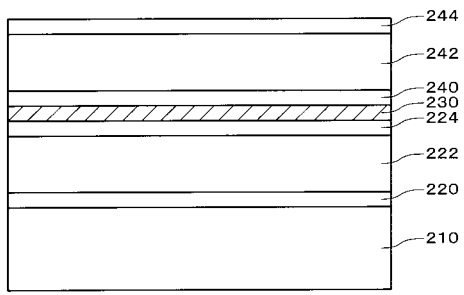


【図7】

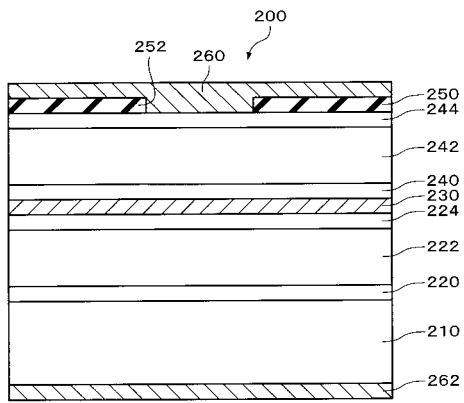


【 図 8 】

(A)

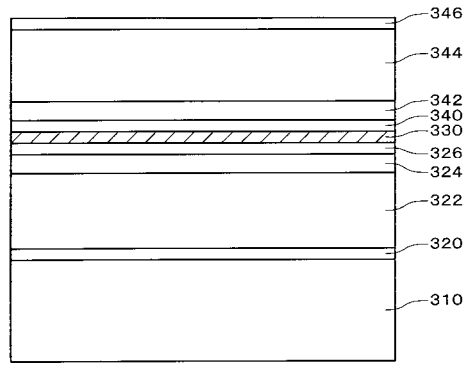


(B)

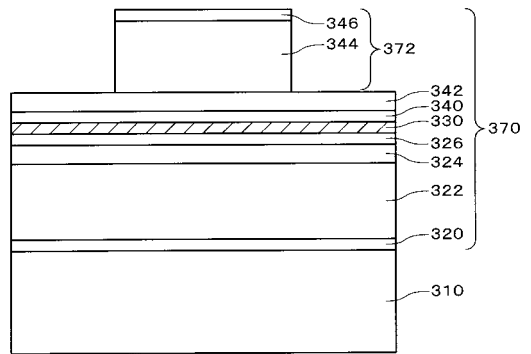


【 図 9 】

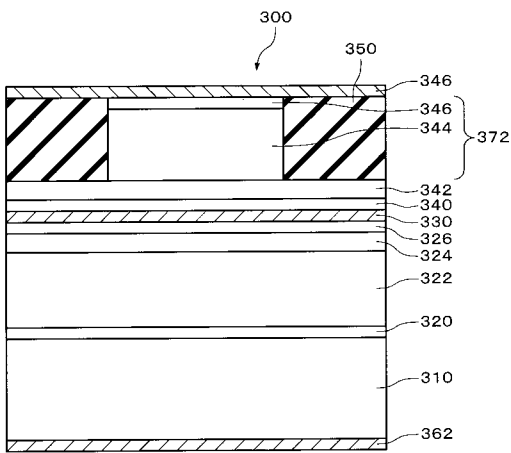
(A)



(B)



【 図 10 】



【手続補正書】

【提出日】平成17年3月25日(2005.3.25)

【手続補正1】

【補正対象書類名】明細書

【補正対象項目名】0029

【補正方法】変更

【補正の内容】

【0029】

また、第1～第4の原料室20, 22, 24, 26からは、供給準備ライン33を通じて原料が供給される。この供給準備ライン33は、接続切替機構35によって原料供給ライン31または第1の排気ライン32のいずれかに接続可能に設けられている。

【手続補正書】

【提出日】平成17年6月17日(2005.6.17)

【手続補正1】

【補正対象書類名】特許請求の範囲

【補正対象項目名】全文

【補正方法】変更

【補正の内容】

【特許請求の範囲】

【請求項1】

有機金属化学気相成長法により窒化物原料を用いてV族元素中に窒素を含むIII-V化合物半導体を結晶成長させる方法であって、

前記窒化物原料の反応室への供給を開始してから所与の期間、前記窒化物原料の前記反応室への供給量を増加させることにより変化させることを含む、化合物半導体の結晶成長方法。

【請求項2】

請求項1において、

前記供給量を、連続的に変化させる、化合物半導体の結晶成長方法。

【請求項3】

請求項1において、

前記供給量を、直線的に増加させる、化合物半導体の結晶成長方法。

【請求項4】

請求項1ないし3のいずれかにおいて、

所望の化合物半導体における窒素の組成比に基づいて、前記供給量の増加率を定める、化合物半導体の結晶成長方法。

【請求項5】

請求項1ないし4のいずれかにおいて、

前記期間は、前記反応室内に層状の気流が発生するまでの時間である、化合物半導体結晶成長方法。

【請求項6】

請求項1ないし4のいずれかにおいて、

前記期間は、前記反応室内の圧力変動が安定化するまでの時間である、化合物半導体結晶成長方法。

【請求項7】

請求項1ないし6のいずれかにおいて、

前記供給量は、前記所与の期間経過後、一定量である、化合物半導体結晶成長方法。

【請求項8】

請求項1ないし7のいずれかにおいて、

前記III-V化合物半導体は、少なくともガリウムおよび窒素を構成元素中に含む、化合物半導体の結晶成長方法。

【請求項 9】

請求項 1 ないし 8 のいずれかに記載の化合物半導体の結晶成長方法を含む、化合物半導体装置の製造方法。