

(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2006-32739

(P2006-32739A)

(43) 公開日 平成18年2月2日(2006.2.2)

(51) Int. Cl. F I テーマコード (参考)
 H O 1 L 33/00 (2006.01) H O 1 L 33/00 C 5 F O 4 1

審査請求 未請求 請求項の数 4 O L (全 11 頁)

(21) 出願番号	特願2004-210864 (P2004-210864)	(71) 出願人	000153236 株式会社光波 東京都練馬区向山2丁目6番8号
(22) 出願日	平成16年7月16日 (2004.7.16)	(74) 代理人	100071526 弁理士 平田 忠雄
		(72) 発明者	一ノ瀬 昇 東京都新宿区大久保3-4-1 早稲田大学理工学部物質開発工学科内
		(72) 発明者	島村 清史 東京都新宿区西早稲田2-8-26 早稲田大学各務記念材料技術研究所内
		(72) 発明者	青木 和夫 東京都練馬区向山2丁目6番8号 株式会社光波内

最終頁に続く

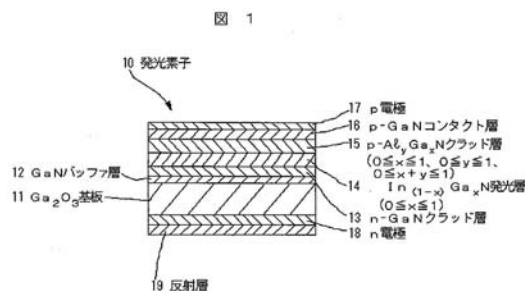
(54) 【発明の名称】 発光素子

(57) 【要約】

【課題】 結晶品質の高いGa₂N系化合物薄膜を得ることにより発光効率を高めた発光素子を提供する。

【解決手段】 この発光素子10は、Ga₂O₃単結晶からなるn型導電性を示すGa₂O₃基板11の上にGa₂NからなるGa₂Nバッファ層12を形成し、このGa₂Nバッファ層12の上にGa₂N系化合物薄膜を成長させる。Ga₂O₃基板11の下面は、Ga₂O₃基板11に接してn電極18が設けられ、最下層には、Ga₂O₃基板11およびn電極18を通過した発光光を発光層14側に反射する反射層19が設けられている。

【選択図】 図1



【特許請求の範囲】

【請求項 1】

n型導電性を示すGa₂O₃系化合物半導体からなる基板と、前記基板の上に形成されたn型導電性を示すバッファ層と、前記バッファ層の上に形成されたGaN系化合物からなるGaN系化合物薄膜とを有することを特徴とする発光素子。

【請求項 2】

前記GaN系化合物薄膜は、Ga_xAl_yIn_(1-x-y)N(ただし、0 < x < 1、0 < y < 1、0 < x + y < 1)からなることを特徴とする請求項 1記載の発光素子。

【請求項 3】

前記バッファ層は、SiまたはHfがドーピングされたGa_xAl_(1-x)N(ただし、0 < x < 1)からなることを特徴とする請求項 1記載の発光素子。

10

【請求項 4】

前記バッファ層は、前記基板の(100)面に対しプラスマイナス20度の範囲内の面に形成されていることを特徴とする請求項 1記載の発光素子。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、発光ダイオード、レーザダイオード等の発光素子に関し、特に、結晶品質の高いGaN系化合物薄膜を得ることにより発光効率を高めた発光素子に関する。

20

【背景技術】

【0002】

従来、半導体層は、Al₂O₃からなるAl₂O₃基板と、Al₂O₃基板の表面に形成されたAlN層と、AlN層の上にMOCVD(Metal Organic Chemical Vapor Deposition)法によりエピタキシャル成長して形成されたGaN成長層とを備える(例えば、特許文献1参照)。

【0003】

この半導体層によれば、Al₂O₃基板とGaN成長層との間にAlN層を形成することにより、格子定数の不一致を低減して結晶品質の劣化を抑えることができる。

【特許文献 1】特公昭52-36117号公報

30

【発明の開示】

【発明が解決しようとする課題】

【0004】

しかし、従来、半導体層によれば、AlN層とGaN成長層との格子定数を完全に一致させることができず、GaN成長層の結晶品質をさらに向上することは難しい。また、従来、半導体層によれば、発光素子に適用した場合は、発光層の結晶性が劣化し、発光効率が減少するおそれがある。

【0005】

従って、本発明の目的は、結晶品質の高いGaN系化合物薄膜を得ることにより発光効率を高めた発光素子を提供することにある。

40

【課題を解決するための手段】

【0006】

本発明は、上記目的を達成するため、n型導電性を示すGa₂O₃系化合物半導体からなる基板と、前記基板の上に形成されたn型導電性を示すバッファ層と、前記バッファ層の上に形成されたGaN系化合物からなるGaN系化合物薄膜とを有することを特徴とする発光素子を提供する。

【0007】

基板側に形成された電極、または基板と反対側の層に形成された電極の外側に、発光光を反射する反射層を形成することが好ましい。また、反射層は、導電性を有することが好ましい。また、基板側に形成された電極、または基板と反対側の層に形成された電極は、

50

透明であることが好ましい。

【発明の効果】

【0008】

本発明に係る発光素子によれば、 n 型導電性を示す Ga_2O_3 系化合物半導体からなる基板の上に n 型導電性を示すバッファ層を積層することにより、バッファ層の上に形成した GaN 系化合物薄膜の結晶品質が劣化せず、これを発光素子に使用する場合には、発光効率を高めることができる。

【発明を実施するための最良の形態】

【0009】

[第1の実施の形態]

図1は、本発明の第1の実施の形態に係る発光素子の断面を示す。この発光素子10は、 Ga_2O_3 単結晶からなる n 型導電性を示す Ga_2O_3 基板11の上に、 GaN からなる低温バッファ層の GaN バッファ層12、 n 型導電性を示す GaN からなる $n-GaN$ クラッド層13、 $In_{(1-x)}Ga_xN$ を含む層からなる多重量子井戸構造(MQW)を有する $In_{(1-x)}Ga_xN$ 発光層14(ただし、 $0 < x < 1$)、 p 型導電性を示す Al_yGa_xN からなる $p-Al_yGa_xN$ クラッド層15(ただし、 $0 < x < 1$ 、 $0 < y < 1$)、 p 型導電性を示す GaN からなる $p-GaN$ コンタクト層16、および p 電極17を順次積層したものである。 Ga_2O_3 基板11の下面は、 Ga_2O_3 基板11に接して n 電極18が設けられ、最下層には、発光光を反射する反射層19が設けられている。

10

【0010】

GaN バッファ層12は、MOCVD(有機金属気相成長)装置を用いて Ga_2O_3 基板11の上に形成する。

【0011】

$In_{(1-x)}Ga_xN$ 発光層14は、例えば、不純物を添加していないノンドープ $InGaN$ からなる半導体により形成され、単一量子井戸または多重量子井戸構造(MQW)をなしている。 In と Ga の組成比を調節したり、 p 型あるいは n 型の導電性とすることにより、 $In_{(1-x)}Ga_xN$ 発光層14のバンドギャップを変化させて発光波長を変化させることができる。

【0012】

p 電極17と n 電極18とを分けて説明する。 p 電極17は、 $p-GaN$ コンタクト層16上に蒸着、スパッタ等によりオーミック接触が得られる材料で形成される。 p 電極17の材料として、 Au 、 Al 、 Be 、 Ni 、 Pt 、 In 、 Sn 、 Cr 、 Ti 、 Zn 等の金属単体、これらのうち少なくとも2種の合金(例えば、 $Au-Zn$ 合金、 $Au-Be$ 合金)、これらを2層構造に形成するもの(例えば、 Ni/Au)あるいはITO等を用いることができる。 p 電極17は、透明であることが好ましい。また、 p 電極17は、パッド電極でも、 $p-GaN$ コンタクト層16の全面に形成してもよい。

30

【0013】

n 電極18の材料として、 Au 、 Al 、 Co 、 Ge 、 Ti 、 Sn 、 In 、 Ni 、 Pt 、 W 、 Mo 、 Cr 、 Cu 、 Pb 等の金属単体、これらのうち少なくとも2種の合金(例えば、 $Au-Ge$ 合金)、これらを2層構造に形成するもの(例えば、 Al/Ti 、 Au/Ni 、 Au/Co)、あるいはITOを用いることができる。 n 電極18は、パッド電極でも、 Ga_2O_3 基板11の全面に形成してもよい。

40

【0014】

<基板の形成方法>

次に、 Ga_2O_3 基板11の形成方法について説明する。まず、 Ga_2O_3 基板11の素材となる Ga_2O_3 単結晶を作成する。この Ga_2O_3 単結晶は、FZ(フローティングゾーン)法により製造される。最初に、 Ga_2O_3 種結晶と Ga_2O_3 多結晶素材を準備する。

【0015】

50

- Ga_2O_3 種結晶は、 Ga_2O_3 単結晶から劈開面の利用等により切り出した断面正方形の角柱状を有し、その軸方向は、a軸 $\langle 100 \rangle$ 方位、b軸 $\langle 010 \rangle$ 方位、あるいはc軸 $\langle 001 \rangle$ 方位にある。

【0016】

- Ga_2O_3 多結晶素材は、例えば、純度4Nの Ga_2O_3 粉末をゴム管に充填し、それを500MPaで冷間圧縮した後、1500℃で10時間焼結することにより得られる。

【0017】

次に、石英管中において、全圧が1~2気圧の窒素と酸素の混合気体(100%窒素から100%酸素の間で変化)の雰囲気の下、 Ga_2O_3 種結晶と Ga_2O_3 多結晶素材との先端を互いに接触させ、その接触部分を加熱溶解する。溶解した Ga_2O_3 多結晶素材は、冷却されることにより、 Ga_2O_3 単結晶を Ga_2O_3 種結晶の軸方向と同じ方向(a軸、b軸、あるいはc軸の方向)に成長させる。さらに、種結晶から遠ざかる方向に Ga_2O_3 多結晶を溶解していくとともに、溶解した Ga_2O_3 多結晶を冷却していき、 Ga_2O_3 単結晶を得る。 Ga_2O_3 単結晶は、b軸 $\langle 010 \rangle$ 方位に結晶成長させる場合は、(100)面の劈開性が強くなるので、(100)面に平行な面と垂直な面で切断して Ga_2O_3 基板を作製する。なお、a軸 $\langle 100 \rangle$ 方位あるいはc軸 $\langle 001 \rangle$ 方位に結晶成長させる場合は、(100)面および(001)面の劈開性が弱くなるので、全ての面の加工性が良くなり、上記のような切断面の制限はない。

【0018】

このようにして作製した Ga_2O_3 基板11の比抵抗を測定した結果、室温で0.1・cm以下の値が得られた。

【0019】

なお、 Ga_2O_3 基板11は、 Ga_2O_3 単結晶からなることを基本とするが、Cu、Ag、Zn、Cd、Al、In、Si、GeおよびSnからなる群から選ばれる1種以上を添加したGaを主成分とした Ga_2O_3 系化合物で構成してもよい。これらの元素を添加することにより、格子定数あるいはバンドギャップエネルギーを制御することができる。例えば、AlとInの元素を添加することにより、 $(Ga_xAl_yIn_{1-x-y})_2O_3$ (ただし、 $0 \leq x \leq 1$ 、 $0 \leq y \leq 1$ 、 $0 \leq x+y \leq 1$)で表わされるガリウム系酸化物基板を得ることができる。

【0020】

< バッファ層の形成方法 >

次にGaNからなるGaNバッファ層12の形成方法を図2を用いて説明する。

【0021】

図2は、MOCVD法を示す概略図であり、MOCVD装置の主要部の概略断面を示す。MOCVD装置20は、真空ポンプおよび排気装置(図示せず)を備えた排気部26が接続された反応容器21と、基板27を載置するサセプタ22と、サセプタ22を加熱するヒータ23と、サセプタ22を回転、上下移動させる制御軸24と、基板27に向かって斜め、または水平に原料ガスを供給する石英ノズル25と、各種原料ガスを発生するTMG(トリメチルガリウム)ガス発生装置31と、TMA(トリメチルアルミニウム)ガス発生装置32と、TMI(トリメチルインジウム)ガス発生装置33とを備える。なお、必要に応じてガス発生装置の数を増減してもよい。

【0022】

窒素源として NH_3 を用い、キャリアガスとして、例えば、Heを用い、GaN薄膜を形成するために、原料ガスとしてTMGと NH_3 を用いる。

【0023】

次に、MOCVD装置20を用いてGaNバッファ層12の形成方法について説明する。まず、反応容器21内において、薄膜を形成する面が上になるようにしてサセプタ22により基板27を保持する。そして、基板27の表面の温度が 580 ± 50 となるよ

10

20

30

40

50

うに反応容器 21 内の温度を調節する。反応容器 21 内を 100 torr まで減圧し、反応容器 21 内に Ga 供給原料としての TMG と窒素源としての NH₃ を供給して、GaN バッファ層 12 を形成する。GaN バッファ層 12 が形成される基板 27 の面方位は、(100) 面に対して ±20° である。なお、GaN バッファ層 12 は、低温バッファ層であるため、平坦性のあるバッファ層 12 の形成が期待できる。また、GaN バッファ層 12 の代わりに、AlN からなるバッファ層 12 を形成してもよい。また、成長面は、(010) 面、(001) 面、(100) 面以外の面、例えば、(801) 面等であってもよい。

【0024】

なお、キャリアガスは、上記 He の他に、Ar, Ne 等の希ガスおよび N₂ 等の不活性ガスを用いることができる。これらの不活性ガスは、基板 27 を構成する酸化物半導体と反応しないものである。ここで、キャリアガスとして従来のように高温において H₂ を使用すると、基板 27 の表面がエッチングされたように穴だらけとなってしまい平坦性が非常に悪くなる。これは、基板 27 を構成する Ga₂O₃ の酸素が H₂ の水素により還元されたものと考えられる。したがって、H₂ を使用すると、基板 27 の上に、GaN 等の薄膜を成長させるのが困難となるので、キャリアガスとして上述した He、Ar 等を用いるのが好ましい。

10

【0025】

また、キャリアガスに基板 27 を構成する酸素と反応しない程度の微量の還元性ガスを添加してもよい。例えば、He ガスに微量の水素 H₂ を添加してもよい。

20

【0026】

< GaN 系化合物薄膜の形成方法 >

GaN 系化合物からなる GaN 系化合物薄膜である、n-GaN クラッド層 13、In_(1-x)Ga_xN 発光層 14、p-Al_yGa_xN クラッド層 15、および p-GaN コンタクト層 16 は、GaN バッファ層 12 の形成と同様に MOCVD 法により形成する。InGa_xN 薄膜を形成するために、原料ガスとして TMI、TMG および NH₃ を用い、AlGa_xN 薄膜を形成するために、原料ガスとして TMA、TMG および NH₃ を用いる。キャリアガスは、バッファの形成方法と同様に He を用いる。なお、GaN 薄膜を形成するためには、前述したバッファ層の形成方法と同様の原料ガスおよびキャリアガスを用いる。

30

【0027】

なお、GaN 系化合物は、B、Al、In、Tl 等の III 族元素等の添加物を含むものである。例えば、Al と In の元素を添加することにより、一般式 Ga_xAl_yIn_(1-x-y)N (ただし、0 ≤ x ≤ 1、0 ≤ y ≤ 1、0 ≤ x + y ≤ 1) で表わされる GaN 系化合物を用いることができる。

【0028】

< キャリア濃度が異なる薄膜の形成 >

MOCVD 装置 20 により、n-GaN クラッド層 13 および p-GaN コンタクト層 16 のように、GaN のキャリア濃度を変えるには、GaN に添加する n 型ドーパントあるいは p 型ドーパントの量を変えることにより行う。

40

【0029】

MOCVD 装置 20 によりキャリア濃度の異なる薄膜、例えば、n-GaN クラッド層 13、p-GaN コンタクト層 16 を形成するには、以下のように行う。まず、反応容器 21 内において、薄膜を形成する面が上になるようにしてサセプタ 22 により基板 27 を保持する。そして、反応容器 21 中の温度を 1080 °C として、TMG を 5.4 × 10⁻⁶ モル/分、TMA を 6 × 10⁻⁶ モル/分、モノシラン (SiH₄) を 2.2 × 10⁻¹¹ モル/分で流して、60 分間成長させ、Siドープ Ga_{0.9}Al_{0.1}N (n-GaN クラッド層 13) を 3 μm の膜厚で成長させる。

【0030】

また、反応容器 21 中の温度を 1080 °C として、TMG を 5.4 × 10⁻⁶ モル/分

50

nでビスジクロペンタジエニルマグネシウム (Cp_2Mg) とともに流して、Mgドーブ GaN (p-GaNコンタクト層16) を $1\mu m$ の膜厚で成長させる。

【0031】

この実施の形態に係る発光素子10において、一般式 $Ga_xAl_yIn_{(1-x-y)}$ N (ただし、 $0 < x < 1$ 、 $0 < y < 1$ 、 $0 < x+y < 1$) で表わされるp型およびn型の導電性を有する物質からなる薄膜は、それぞれ1層以上形成される。

【0032】

なお、n-GaNクラッド層13の代わりに、InGaN、AlGaNあるいはInGaAlNを成長させてもよい。InGaNおよびAlGaNの場合は、GaNバッファ層12との格子定数をほぼ一致させることができ、InAlGaNの場合は、GaNバッファ層12との格子定数を一致させることが可能である。

10

【0033】

<第1の実施の形態の効果>

この第1の実施の形態に係る発光素子10によれば、以下の効果を奏する。

イ) 本発明に係る発光素子によれば、n型導電性を示す Ga_2O_3 系化合物半導体からなる基板11の上にn型導電性を示すバッファ層12を積層することにより、バッファ層12の上に形成したGaN系化合物薄膜 (n-GaNクラッド層13、 $In_{(1-x)}Ga_xN$ 発光層14、p-Al_yGa_xN層クラッド15、p-GaNコンタクト層16) の結晶品質が劣化せず、これを発光素子10に使用する場合には、発光効率を高めることができる。

20

ロ) Ga_2O_3 基板11に低温バッファ層であるGaNバッファ層12を形成しているため、平坦性が良好である。そのため、GaNバッファ層12上に積層されるGaN化合物薄膜の結晶品質の劣化を抑えることができるので、発光効率を高めることができる。

ハ) この発光素子10は、結晶品質の良好なGaN化合物薄膜を成長させることができるため、410nm付近をピークとして強く発光する。

ニ) Ga_2O_3 は、導電性を有するので、電極構造が垂直型の発光ダイオードを作ることができ、その結果、発光素子10全体を電流通路にすることができることから電流密度を低くすることができるので、発光素子10の寿命を長くすることができる。

ホ) 反射層19は、n電極18に到達した発光光をp電極17側に反射させて、発光光をp電極17側から出射させるので、発光光を効率よく出射させることができる。

30

ヘ) 基板11が Ga_2O_3 系単結晶からなるため、結晶性の高いn型導電性を示す基板11を形成することができる。

ト) この発光素子10は、多重量子井戸構造を有しているため、キャリアとなる電子と正孔とが $In_{(1-x)}Ga_xN$ 発光層14に閉じこめられて再結合する確率が高くなるので、発光効率が大幅に向上する。

【0034】

[第2の実施の形態]

図3は、本発明の第2の実施の形態に係る発光素子を示す。この発光素子10は、 Ga_2O_3 単結晶からなるn型導電性を示す Ga_2O_3 基板11の一部の上に、GaNからなる低温バッファ層であるGaNバッファ層12、n型導電性を示すGaNからなるn-GaNクラッド層13、 $In_{(1-x)}Ga_xN$ を含む層からなる多重量子井戸構造 (MQW) を有する $In_{(1-x)}Ga_xN$ 発光層14 (ただし $0 < x < 1$)、p型導電性を示す Al_yGa_xN からなる p-Al_yGa_xN 層クラッド15 (ただし、 $0 < x < 1$ 、 $0 < y < 1$ 、 $0 < x+y < 1$)、p型導電性を示すGaNからなるp-GaNコンタクト層16、p電極17、および反射層19を順次積層し、 Ga_2O_3 基板11のGaNバッファ層12が形成されていない上面には、n電極18が形成されている。

40

【0035】

この発光素子10は、フリップチップ型であって、 Ga_2O_3 基板11のGaNバッファ層12の成長していない面から発光光を出射するように実装される。

【0036】

50

GaNバッファ層12、およびGaN系化合物薄膜である、n-GaNクラッド層13、 $In_{(1-x)}Ga_xN$ 発光層14、 $p-Al_yGa_xN$ クラッド層15、およびp-GaNコンタクト層16は、第1の実施の形態と同様にMOCVD法により形成する。

【0037】

<第2の実施の形態の効果>

イ)この第2の実施の形態に係る発光素子10によれば、 Ga_2O_3 基板11に低温バッファ層であるGaNバッファ層12を形成しているため、平坦性が良好である。そのため、GaNバッファ層12上に積層されるGaN化合物薄膜の結晶品質の劣化を抑えることができるので、発光効率を高めることができる。

ロ)反射層19は、p電極17に到達した発光光を Ga_2O_3 基板11側に反射させて、基板11側から出射させるので、発光光を効率よく出射させることができる。

ハ)この発光素子は、多重量子井戸構造を有しているため、キャリアとなる電子と正孔とが $In_{(1-x)}Ga_xN$ 発光層14に閉じこめられて再結合する確率が高くなるので、発光効率が大幅に向上する。

ニ) Ga_2O_3 基板11自体が導電性を有するので、従来の絶縁基板上に形成した導電性を有するの薄膜を通じて電流を流すのと比較して大電流を流すことができ、高輝度発光を得ることができる。

【0038】

なお、本発明に係る発光素子10は、発光ダイオードやレーザダイオードに限らず、トランジスタ、サイリスタ、ダイオード等の半導体にも適用することができる。具体的には、例えば、電界効果トランジスタ、フォトダイオード、太陽電池等が挙げられる。

【図面の簡単な説明】

【0039】

【図1】本発明の第1の実施の形態に係る発光素子の断面図である。

【図2】MOCVD法を示す概略図である。

【図3】本発明の第2の実施の形態に係る発光素子の断面図である。

【符号の説明】

【0040】

10 発光素子

11 Ga_2O_3 基板

12 バッファ層

13 n-GaNクラッド層

14 $In_{(1-x)}Ga_xN$ 発光層

15 $p-Al_yGa_xN$ クラッド層

16 p-GaNコンタクト層

17 n電極

18 p電極

19 反射層

20 MOCVD装置

21 反応容器

22 サセプタ

23 ヒータ

24 制御軸

25 石英ノズル

26 排気部

27 基板

31 TMGガス発生装置

32 TMAガス発生装置

33 TMIガス発生装置

10

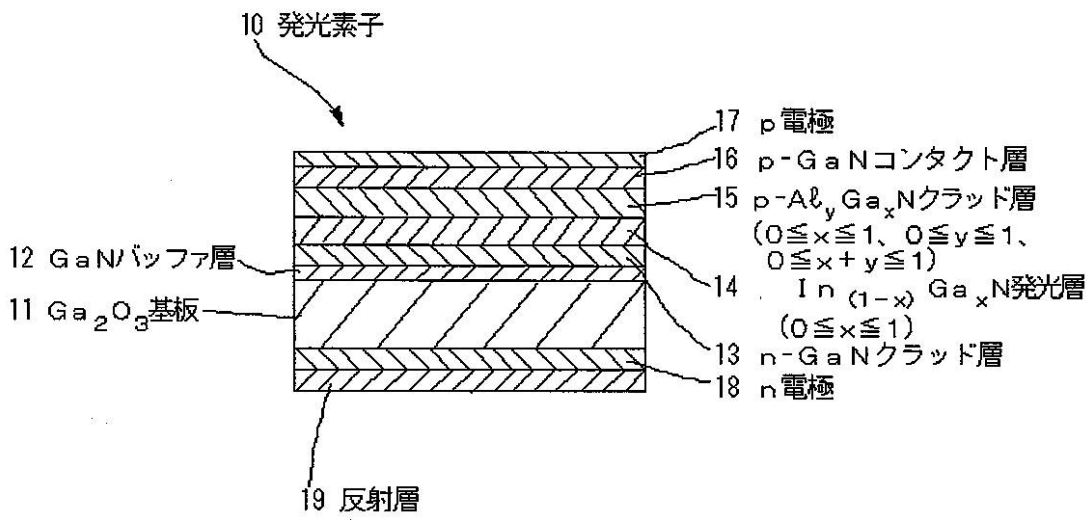
20

30

40

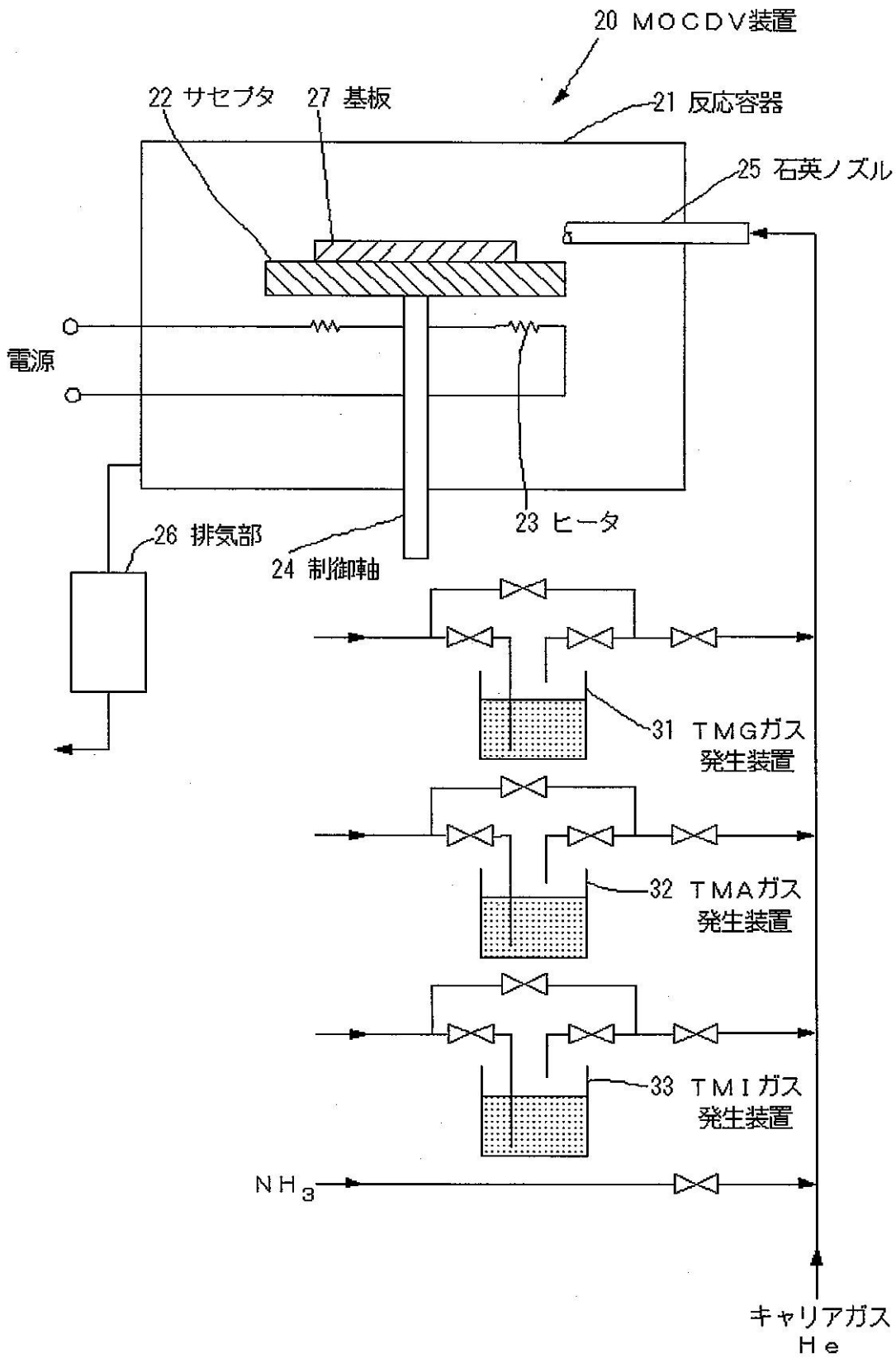
【図1】

図 1



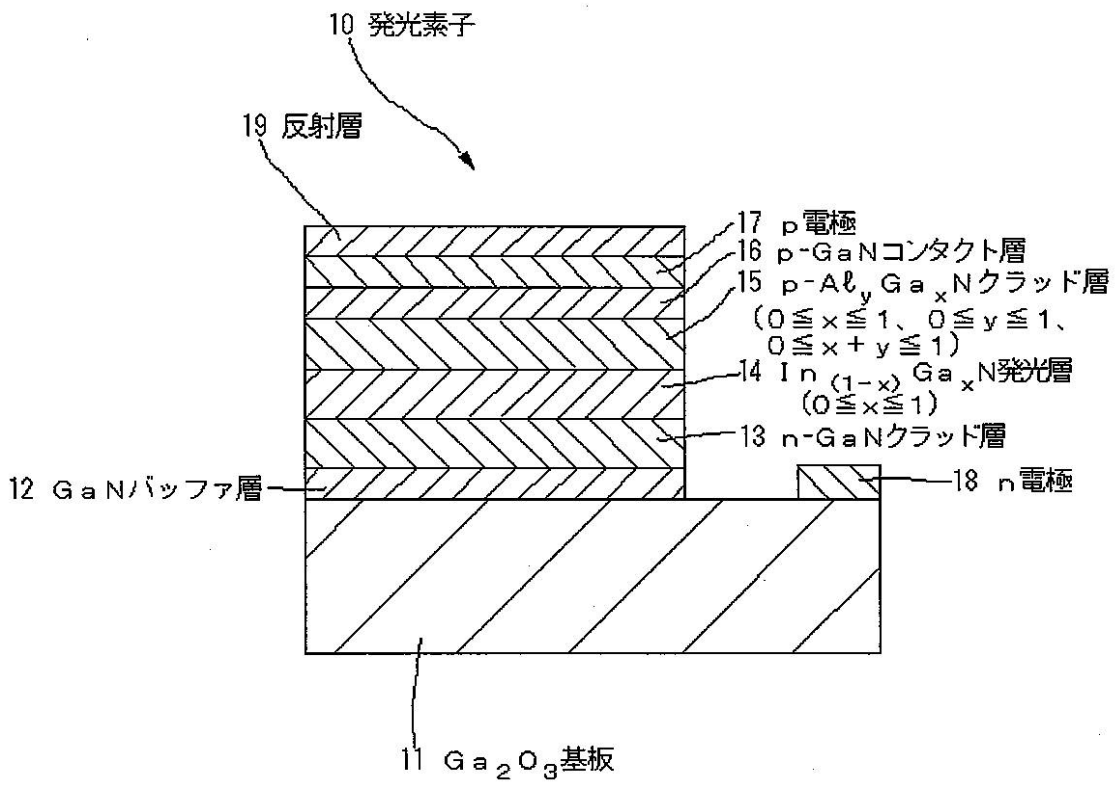
【図2】

図 2



【図3】

図 3



フロントページの続き

(72)発明者 ガルシア ビジョラ エンカルナシオン アントニア
東京都練馬区向山2丁目6番8号 株式会社光波内

Fターム(参考) 5F041 AA03 AA40 CA04 CA05 CA34 CA40 CA46 CA65 CB15 DA04