

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特許公報(B2)

(11) 特許番号

特許第5189734号
(P5189734)

(45) 発行日 平成25年4月24日(2013.4.24)

(24) 登録日 平成25年2月1日(2013.2.1)

(51) Int. Cl. F I
 HO 1 L 33/32 (2010.01) HO 1 L 33/00 1 8 6
 HO 1 L 33/10 (2010.01) HO 1 L 33/00 1 3 0

請求項の数 7 (全 10 頁)

(21) 出願番号	特願2006-15259 (P2006-15259)	(73) 特許権者	000116024
(22) 出願日	平成18年1月24日 (2006.1.24)		ローム株式会社
(65) 公開番号	特開2007-200995 (P2007-200995A)		京都府京都市右京区西院溝崎町2 1 番地
(43) 公開日	平成19年8月9日 (2007.8.9)	(74) 代理人	100083806
審査請求日	平成21年1月6日 (2009.1.6)		弁理士 三好 秀和
		(74) 代理人	100133514
			弁理士 寺山 啓進
		(74) 代理人	100122910
			弁理士 三好 広之
		(74) 代理人	100117064
			弁理士 伊藤 市太郎
		(72) 発明者	中原 健
			京都府京都市右京区西院溝崎町2 1 番地
			ローム株式会社内

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】窒化物半導体発光素子

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項 1】

p 側電極と、
 前記 p 側電極上に形成された p 側ブラッグ反射層と、
 前記 p 側ブラッグ反射層上に接して形成された活性層と、
 前記活性層上に接して形成された n 側反射防止層と、
 前記 n 側反射防止層上に形成された n 側電極とを備え、
 前記活性層は InGa_nN 井戸層と GaN バリア層とが交互に積層された積層膜で形成され、前記 n 側反射防止層は、前記活性層側から順に InGa_nN 半導体層と GaN 半導体層とが交互に積層された積層膜で形成されていることを特徴とする窒化物半導体発光素子。

10

【請求項 2】

n 側電極と、
 前記 n 側電極上に形成された導電性基板と、
 前記導電性基板上に形成された n 側ブラッグ反射層と、
 前記 n 側ブラッグ反射層上に接して形成された活性層と、
 前記活性層上に接して形成された p 側反射防止層と、
 前記 p 側反射防止層上に形成された p 側電極とを備え、
 前記活性層は InGa_nN 井戸層と GaN バリア層とが交互に積層された積層膜で形成され、前記 n 側ブラッグ反射層は、前記活性層側から順に InGa_nN 半導体層と GaN 半導体層とが交互に積層された積層膜で形成されていることを特徴とする窒化物半導体発光素子

20

子。

【請求項 3】

前記 p 側ブラッグ反射層は、前記活性層側から順に AlGaIn 半導体層と GaN 半導体層とが交互に積層された積層膜で形成されていることを特徴とする請求項 1 記載の窒化物半導体発光素子。

【請求項 4】

前記 p 側反射防止層は、前記活性層側から順に AlGaIn 半導体層と GaN 半導体層とが交互に積層された積層膜で形成されていることを特徴とする請求項 2 記載の窒化物半導体発光素子。

【請求項 5】

前記 InGaIn 半導体層と GaN 半導体層の膜厚は発光波長の $1/4$ の整数倍で形成され、前記 AlGaIn 半導体層と GaN 半導体層の膜厚は発光波長の $1/2$ の整数倍で形成されていることを特徴とする請求項 3 記載の窒化物半導体発光素子。

【請求項 6】

前記 AlGaIn 半導体層と GaN 半導体層の膜厚は前記発光領域の発光波長の $1/4$ の整数倍で形成され、前記 InGaIn 半導体層と GaN 半導体層の膜厚は発光波長の $1/2$ の整数倍で形成されていることを特徴とする請求項 4 記載の窒化物半導体発光素子。

【請求項 7】

前記 p 側電極は透明電極で構成され、前記 p 側電極の裏面には反射膜が設けられていることを特徴とする請求項 1、3、5 のいずれか 1 項に記載の窒化物半導体発光素子。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、光の取り出し効率を大きくした窒化物半導体発光素子に関する。

【背景技術】

【0002】

照明、バックライト等用の光源として使われる青色 LED、多色化で使用される LED、LD 等に用いられている窒化物半導体は、バルク単結晶の製造が困難なために、サファイア、SiC 等の成長用基板の上に MOCVD (有機金属気相成長法) を利用して GaN を成長させることが行われている。

【0003】

サファイア基板は、エピタキシャル成長工程の高温アンモニア雰囲気中の安定性にすぐれているので、成長用基板として特に用いられる。しかしながら、サファイア基板は絶縁性基板であり、導通がとれず、サファイア基板を挟んで電極を設けることができない。したがって、サファイア基板上の窒化物半導体は、エピタキシャル成長後に n 型窒化ガリウム層を露出するまでエッチングし、エッチングされた面に n 型コンタクトを形成して、同一面側に p 型と n 型の二つの電極を設ける構造が一般的である。

【0004】

ところが、上記のように同一面側に p 型と n 型の二つの電極を設ける構成とすると、n 電極に近接したメサ部分に電流が集中しやすいことにより、ESD (静電破壊) 電圧を上げることができない。また、活性層に均一に電流注入するのが難しく、活性層を均等に発光させるのが困難となる。さらに、同一面側で、p 電極と n 電極の両方にワイヤボンディング用電極を必要とするため、いずれか一方のワイヤボンディング用電極を設ければ良い導電性基板上の窒化物半導体よりも有効発光面積を狭めてしまう。

【0005】

そこで、上記問題を技術的に解決するために、サファイア基板を剥がし、n 型窒化ガリウム層を露出させ、その部分に n 電極を形成する方法が用いられている。例えば、サファイア基板に GaN バッファ層を介して窒化物半導体としての化合物結晶層を形成した後、一般に 300 nm 以下程度のエキシマレーザー光を数百 mJ/cm^2 でサファイア基板側から照射し、GaN バッファ層を分解させ、サファイア基板を剥離するレーザーリフトオ

10

20

30

40

50

フ (Laser Lift Off : 以下 L L O と略す) 法がある (例えば、特許文献 1 参照)。この方法は G a N 基板を使ったのに等しいチップができるため、電極を対向して設けることができる。

【特許文献 1】特開 2 0 0 3 - 1 6 8 8 2 0 号公報

【特許文献 2】特開 2 0 0 4 - 1 5 3 2 7 1 号公報

【発明の開示】

【発明が解決しようとする課題】

【0 0 0 6】

しかし、上記従来技術のように、p 電極と n 電極を対向して設け、n 電極側から光を取り出そうとした場合には、n 側の G a N 層と空気との界面では臨界角が小さくて光取り出し効率が落ちることが知られている。一方、金属で構成された p 側電極の反射を利用して取り出し効率を上げようとしても、p 側電極は p 側の G a N 層とオーミックコンタクトを取る必要があるために、電極に使用する金属が制限されてしまい、反射率の高い金属を使用できないという問題があった。

10

【0 0 0 7】

また、光の強度を高める構成として、ブラッグ反射層 (高反射層) を p 側と n 側に形成し、共振器構造を構成して p 側電極方向から光を取り出そうとしたものがある (例えば、特許文献 2 参照)。この構成を図 5 に示す。共振空洞構造を構成するために、サファイア基板上に形成された窒化物半導体層中に、多層膜からなるブラッグ反射層 (D B R) を p 側と n 側に設けたものが示されている。

20

【0 0 0 8】

サファイア基板 3 1 上に、G a N 層 3 2、n - A l G a N / G a N D B R 3 3、I n G a N / G a N 第 2 活性層 3 4、n - G a N 層 3 5、I n G a N / G a N 第 1 活性層 3 6、p - A l G a N / G a N D B R 3 7、p - G a N 層 3 8 が形成され、n 側のブラッグ反射層 3 3 と p 側のブラッグ反射層 3 7 とで、共振空洞構造が構成されている。ブラッグ反射層 3 3、3 7 は、2 つの界面からの光の位相が強め合うことにより反射光強度を増加させるもので、共振空洞器の中に活性層から放射される光の多くを閉じ込めることができる。

【0 0 0 9】

この場合には、指向性が非常に高まり、光のビームは鋭くなって、高速動作を行わせるには適しているが、広域を照らすような照明用の発光素子としては不向きであった。また、高反射層で活性層を挟んでいるので、光の取り出し効率が悪くなっていた。

30

【0 0 1 0】

本発明は、上述した課題を解決するために創案されたものであり、電極に使用する金属の反射率に関係なく、光の取り出し効率を高めて、出射光の照射角度が広がりを持つような窒化物半導体発光素子を提供することを目的としている。

【課題を解決するための手段】

【0 0 1 1】

上記目的を達成するために、本発明の窒化物半導体発光素子は、p 側電極と、前記 p 側電極上に形成された p 側ブラッグ反射層と、前記 p 側ブラッグ反射層上に接して形成された活性層と、前記活性層上に接して形成された n 側反射防止層と、前記 n 側反射防止層上に形成された n 側電極とを備え、前記活性層は I n G a N 井戸層と G a N バリア層とが交互に積層された積層膜で形成され、前記 n 側反射防止層は、前記活性層側から順に I n G a N 半導体層と G a N 半導体層とが交互に積層された積層膜で形成されていることを主要な特徴とする。

40

【0 0 1 2】

また、本発明の窒化物半導体発光素子は、n 側電極と、前記 n 側電極上に形成された導電性基板と、前記導電性基板上に形成された n 側ブラッグ反射層と、前記 n 側ブラッグ反射層上に接して形成された活性層と、前記活性層上に接して形成された p 側反射防止層と、前記 p 側反射防止層上に形成された p 側電極とを備え、前記活性層は I n G a N 井戸層

50

とGaNバリア層とが交互に積層された積層膜で形成され、前記n側ブラッグ反射層は、前記活性層側から順にInGaN半導体層とGaN半導体層とが交互に積層された積層膜で形成されていることを主要な特徴とする。

【発明の効果】

【0017】

本発明によれば、n型窒化物半導体層を反射防止層とした場合には、p型窒化物半導体層をブラッグ反射層とし、n型窒化物半導体層をブラッグ反射層とした場合には、p型窒化物半導体層を反射防止層としているので、電極に使用する金属の種類に関わらず、p側、n側のいずれからでも光の取り出し効率を高めることができる。また、出射光の照射角度が広がりを持つようになる。

10

【発明を実施するための最良の形態】

【0018】

以下、図面を参照して本発明の一実施形態を説明する。図1は本発明による窒化物半導体発光素子の構造を示す。

【0019】

発光領域としてのMQW活性層3を挟むようにしてn側反射防止層2とp側ブラッグ反射層4が形成されており、ダブルヘテロ構造を有する。MQW活性層3は、InGaN/GaN等で構成された多重量子井戸構造を有するもので、例えば、井戸層としてIn_{0.17}GaNを厚さ30、バリア層(障壁層)としてアンドープGaNを厚さ100で交互に8周期積層されている。なお、バリア層は、0.5~2%のIn組成からなるInGaNを用いることもできる。

20

【0020】

n型窒化物半導体層には、通常、n型窒化物コンタクト層が形成されるが、n側反射防止層2は、このn型窒化物コンタクト層の役割も兼ねている。また、p型窒化物半導体層には、通常、p型窒化物コンタクト層が形成されるが、p側ブラッグ反射層4は、このp型窒化物コンタクト層の役割も兼ねている。

【0021】

図2は、n側反射防止層2とp側ブラッグ反射層4の層構造を詳しく示したものである。n型反射防止層2は、n型不純物SiドープのInGaN層2aとn型不純物SiドープのGaN層2bとの積層構造で構成される。

30

【0022】

また、InGaN層2aとGaN層2bの両方にn型不純物をドーピングすることをせずに、どちらか一方にだけドープした変調ドーピングにしても良い。上記積層構造は超格子層にもなっており、格子定数差の大きいInGaNとGaNの応力を緩和し、活性層のInGaNを成長させやすくする効果も有する。

【0023】

層構造の順序としては、最初にMQW活性層3上にn-InGaN層2aが形成され、次にn-GaN層2bが形成されるようにし、交互に形成した後に、n電極1とはn-GaN層2bが接触するように構成する。AlGaN混晶系では、Inの成分比率が増加すると、屈折率も大きくなるので、GaN結晶よりもInGaN結晶の方が屈折率が大

40

【0024】

きい。したがって、n-InGaN層2aの屈折率をn₁、n-GaN層2bの屈折率をn₂とすると、n₁>n₂となる。

【0024】

また、n側反射防止層2は、ARコート(Anti-Reflective Coating)層と呼ばれるもので、基本的に複数の界面からの反射光同士の干渉現象を利用する。すなわち、異なる界面から反射されてくる光の位相を180度ずらせるようにして、互いに打ち消し合うようにし、反射光の強度を弱めようとするものである。したがって、n-InGaN層2a及びn-GaN層2bの膜厚H₁は、MQW活性層3で発生する光の波長をλとすると、(1/4)×λ×N(Nは正の整数)となるように形成される。

【0025】

50

さらに、 n -InGa N 層2aから n -Ga N 層2bに向かう光のうち、境界面に対して垂直に入射する光に関しては、反射率 R は $R = \{ (n_1 - n_2) / (n_1 + n_2) \}^2$ であり、透過率 T は $T = 2 \times n_1 \times n_2 / (n_1 + n_2)^2$ と表せる。 n_1 が大きければ透過率 T も大きくなる。

【0026】

一方、 p 型窒化物半導体層については、 p 側ブラッグ反射層4が形成されており、 p 側ブラッグ反射層4は、 p 型不純物MgドープのAlGa N 層4aと、 p 型不純物MgドープのGa N 層4bとの積層構造により形成されており、超格子層を構成する。

【0027】

層構造の順序としては、最初にMQW活性層3の下に p -AlGa N 層4aが形成され、 p -AlGa N 層4aの下に p -Ga N 層4bが形成されるようにし、交互に形成した後に、 p 電極5とは p -Ga N 層4bが接触するように構成する。AlGaIn N 混晶系では、Alの成分比率が増加すると、屈折率は小さくなるので、Ga N 結晶よりもAlGa N 結晶の方が屈折率が小さい。したがって、 p -AlGa N 層4aの屈折率を m_1 、 p -Ga N 層4bの屈折率を m_2 とすると、 $m_2 > m_1$ となる。

【0028】

この p 側ブラッグ反射層4も上記 n 側反射防止層2と同様、基本的に複数の界面からの反射光同士の干渉現象を利用するもので、異なる界面から反射されてくる光の位相を360度ずらせるようにして、互いに強め合うようにし、反射光の強度を高めようとするものである。したがって、 p -AlGa N 層4a及び p -Ga N 層4bの膜厚 L_1 は、MQW活性層3で発生する光の波長を λ とすると、 $(1/2) \times \lambda \times M$ (M は正の整数)となるように形成される。

【0029】

n 側反射防止層2の上面上には n 電極1が形成されている。 n 電極1は、例えば、TiとAlの積層体又はAl等で構成されており、 n 側反射防止層2にオーミック接触している。また、 p 電極5は、Pd/Auの金属多層膜であってもよいが、透明電極としても良く、この場合は、GaドープZnOを用いてオーミック接触させた電極等で構成される。 p 電極5をGaをドープしたZnOとした場合には、Ga N と格子定数が近似しており、事後のアニールをすることなく、 p 側ブラッグ反射層4における p -Ga N 層4bとの間に良好なオーミック接触を形成する。

【0030】

反射膜7は、 p 電極5側に出射してきた光を反射させて n 電極1の方向に取り出すために設けられている。 p 側には、 p 側ブラッグ反射層4が設けられているので、MQW活性層3からの光は、 n 電極1側にほとんど反射されていくが、100%反射できるものではないので、わずかに透過してきた光も反射膜7で反射させて有効に利用しようとするものである。反射膜7には、AlやAgなどの銀白色系の反射ミラーとして働く金属が用いられる。

【0031】

絶縁膜6はチップの周縁部に環状に形成され、半導体レーザーの場合には、共振器構造を得るためにチップの両側面に形成される。絶縁膜6には、Si N やSOG (Spin On Glass) 等が用いられる。

【0032】

ところで、反射膜7は、 p 電極5に直接全面に接合されておらず、小さなコンタクトホール6aを介して反射膜7の一部が p 電極5に直接接触するように形成され、その他の領域には絶縁膜6を間に挟んで反射膜7が形成されている。これは、 p 電極5を透明電極とした場合、 p 電極5が反射膜7とがほぼ全面で接するようにすると、 p 電極5と反射膜7との間で光の吸収が発生して反射率が低下するためである。したがって、図1のように、コンタクトホール6aでのみ接触させるようにすれば、光の吸収はコンタクトホール6aのみでしか発生せず、高い反射率を維持することができる。

【0033】

10

20

30

40

50

p側のパッド電極8は、Au等で構成され、p電極5、反射膜7、パッド電極8は電氣的に接続されている。また、導電性接合層9はパッド電極8と支持基板10とを接合するもので、半田等のろう材であっても良く、熱圧着の場合にはTiとAuの多層金属膜又はAuのみ、Au及びSnの合金とTiとの多層金属膜等が用いられる。導電性接合層9によってパッド電極8と支持基板10とが電氣的に接続される。

【0034】

支持基板1には、放熱性が良い導電性基板が用いられる。導電性基板として、GaN、シリコン、SiC等の材料が用いられ、また、高熱伝導サブマウントとしてCu等も用いられる。

【0035】

図1に示す窒化物半導体発光素子は、以下のように形成される。製造工程の大きな流れとしては、まず、成長用基板の上に、窒化物の半導体積層体を形成し、半導体積層体を支持基板に接合した後、成長用基板をLLO又は研磨により除去し、n電極等を形成して窒化物半導体発光素子が完成する。

【0036】

最初に、成長用基板としてサファイア基板を用い、このサファイア基板をMOCVD装置に入れ、水素ガスを流しながら、1050程度まで温度を上げ、基板をサーマルクリーニングする。温度を600程度まで下げ、低温でGaNバッファ層(図示せず)を成長させる。再び1000程度まで温度を上げ、n側反射防止層2、MQW活性層3を積層する。その後昇温し、p側ブラッグ反射層4を積層する。

【0037】

p電極5が透明電極とする場合は、分子線エピタキシー法を用い、 2×10^{-4} cm程度の低い低効率を持つGaドープZnO電極を積層する。次に、 SiO_2 のような誘電体膜やレジストによりマスクを形成、ICPなどを用いてメサエッチングを行い、チップ形状にエッチングする。メサエッチングはMQW活性層3を通過し、GaNバッファ層が露出するところまで行き、一旦エッチングをやめる。

【0038】

その後、P-CVDやスパッタリングで絶縁膜6をいったん形成し、ZnOへのコンタクトホール6aをCF4系ドライエッチングで形成する。CF4系ドライエッチングではZnOのエッチングレートは遅いため、上記ZnO電極自身がエッチングストップとして機能する。コンタクトホール6aが形成できたら、反射膜7を最初につけ、次にパッド電極8、導電性接合層9を形成する。

【0039】

その後、上記最初のエッチングと同様にエッチングを再開し、サファイア基板が露出するまでエッチングを行う。支持基板10を用意し、導電性接合層9により熱圧着等を利用して、支持基板1上にウエハを貼り付ける。

【0040】

その後248nmで発振するKrFレーザをサファイア基板側からGaNバッファ層に向けて照射する。KrFの場合、必要照射エネルギーは300~400mJ/cm²である。248nmの光はサファイアではほぼ完全に透過し、GaNではほぼ100%吸収するため、サファイア/GaN界面で急速に温度上昇が起こり、GaNが分解して成長用基板としてのサファイア基板が剥離する。サファイア剥離後、酸エッチングなどで余分のGaを流し、n電極1を形成する。このようにして、図1に示す窒化物半導体発光素子が完成する。

【0041】

図3は、p側の方向へ光を取り出すようにした窒化物半導体発光素子の構成を示すものである。図3の窒化物半導体発光素子は、既知のMOCVD法を用いて、導電性のGaN基板21上に、n側ブラッグ反射層22、MQW活性層23、p側反射防止層24、p電極25を順に形成する。最後にp電極25、n電極26を蒸着又はスパッタにより形成する。

10

20

30

40

50

【0042】

通常、MQW活性層23を挟むようにして、n型窒化物コンタクト層とp型窒化物コンタクト層とが形成されるが、図1と同様、n側ブラッグ反射層22はn型窒化物コンタクト層の役割を、p側反射防止層24はp型窒化物コンタクト層の役割を兼ねている。

【0043】

図4は、p側反射防止層24とn側ブラッグ反射層22の層構造を詳しく示したものである。n側ブラッグ反射層22は、n型不純物SiドープのInGa_N層22aとn型不純物SiドープのGa_N層22bとの積層構造で構成される。また、InGa_N層22aとGa_N層22bの両方にn型不純物をドーピングすることをせずに、どちらか一方にだけドーピングした変調ドーピングにしても良い。図2で述べたように、n側ブラッグ反射層22は超格子層にもなっており、格子定数差の大きいInGa_NとGa_Nの応力を緩和し、活性層のInGa_Nを成長させやすくする効果も有する。

10

【0044】

発光領域としてのMQW活性層23は、InGa_N井戸層とGa_N又はInGa_Nバリア層を交互に積層した多重量子井戸構造が用いられ、その組成や積層周期の例等は図1と同様である。

n電極1は、n側ブラッグ反射層22を透過してきた光を反射させる役割も有し、例えば、TiとAlの積層体又はAl等で構成されており、n側ブラッグ反射層22にオーミック接触している。また、p電極5側から光を取り出すために、p電極5は透明電極となっており、GaドープZnO電極やITO電極等が用いられる。

20

【0045】

n側ブラッグ反射層22の層構造の順序は、図2のn側反射防止層2と同様であり、n-InGa_N層22aの屈折率をM₁、n-Ga_N層22bの屈折率をM₂とすると、M₁>M₂となる。しかし、n側反射防止層2と異なるのは、異なる界面から反射されてくる光の位相を360度ずらせるようにして、互いに強め合うようにし、反射光の強度を高めようとする点にある。したがって、n-InGa_N層22a及びn-Ga_N層22bの膜厚L₂は、MQW活性層23で発生する光の波長をλとすると、 $(1/2) \times \lambda \times K$ (Kは正の整数)となるように形成される。

【0046】

また、p側反射防止層24は、ARコート(Anti-Reflective Coating)層と呼ばれるもので、層構造の順序としては、図2のp側ブラッグ反射層4と同様であり、p-AlGa_N層24aの屈折率をN₁、p-Ga_N層24bの屈折率をN₂とすると、N₂>N₁となる。しかし、p側ブラッグ反射層4と異なるのは、異なる界面から反射されてくる光の位相を180度ずらせるようにして、互いに打ち消し合うようにし、反射光の強度を弱めようとする点にある。したがって、p-AlGa_N層24a及びp-Ga_N層24bの膜厚H₂は、MQW活性層23で発生する光の波長をλとすると、 $(1/4) \times \lambda \times K$ (Kは正の整数)となるように形成される。

30

【0047】

以上のように、発光領域を中心として光の取り出し方向側には多層膜からなる反射防止層(ARコート層)を配し、光の取り出し方向と反対側には多層膜からなるブラッグ反射層を配置しているので、発光領域から放射された光のうち、光の取り出し方向に進む光は反射の影響が低減され、また、光の取り出し方向と反対側に進む光は、ブラッグ反射層で反射されて光の取り出し方向に向かうので、光の取り出し効率が向上する。

40

【図面の簡単な説明】

【0048】

【図1】本発明の窒化物半導体発光素子の断面構造を示す図である。

【図2】n側反射防止層及びp側ブラッグ反射層の層構造を示す図である。

【図3】本発明の窒化物半導体発光素子の他の断面構造を示す図である。

【図4】n側ブラッグ反射層及びp側反射防止層の層構造を示す図である。

50

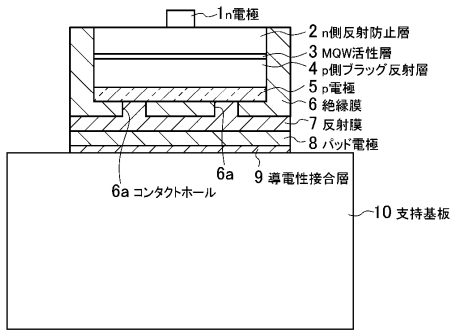
【図5】従来の窒化物半導体発光素子の構成例を示す図である。

【符号の説明】

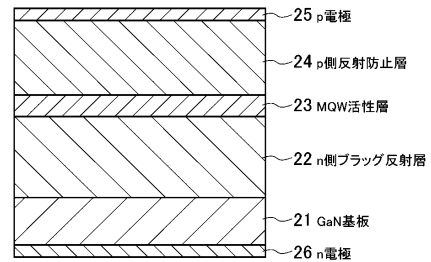
【0049】

- 1 n電極
- 2 n側反射防止層
- 3 MQW活性層
- 4 p側ブラッグ反射層
- 5 p電極
- 6 絶縁膜
- 6a コンタクトホール
- 7 反射膜
- 8 パッド電極
- 9 導電性接合層
- 10 支持基板

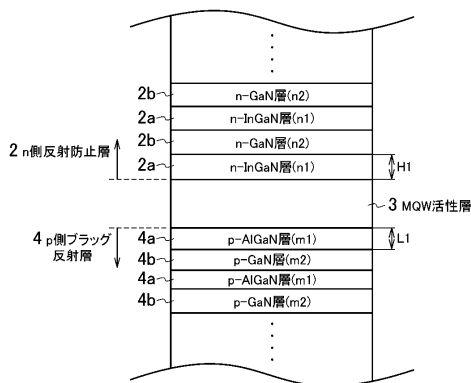
【図1】



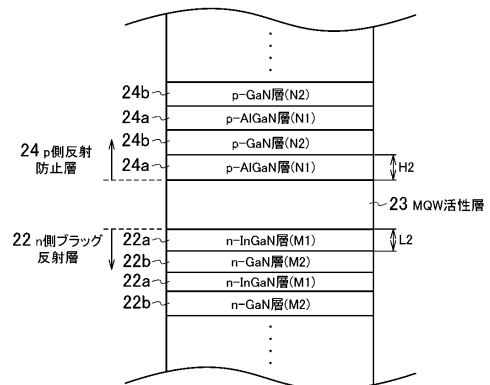
【図3】



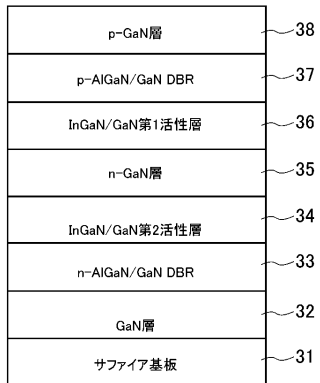
【図2】



【図4】



【図5】



フロントページの続き

審査官 松崎 義邦

- (56)参考文献 特開2000-349393(JP,A)
特開平11-121875(JP,A)
特開2005-142532(JP,A)
特開平10-074979(JP,A)
特開平04-105382(JP,A)
特開2002-111057(JP,A)
特開2004-119756(JP,A)
特開2004-087815(JP,A)
特開2003-332618(JP,A)
特開平08-032116(JP,A)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

H01L33/00-33/64