

(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2005-203604

(P2005-203604A)

(43) 公開日 平成17年7月28日(2005.7.28)

(51) Int.Cl.⁷

H01L 33/00

F 1

H01L 33/00

C

テーマコード(参考)

5FO41

審査請求 未請求 請求項の数 3 O L (全 8 頁)

(21) 出願番号

特願2004-9208 (P2004-9208)

(22) 出願日

平成16年1月16日 (2004.1.16)

(71) 出願人 000241463

豊田合成株式会社

愛知県西春日井郡春日町大字落合字長畠1
番地

100087723

弁理士 藤谷 修

伊藤 潤

愛知県西春日井郡春日町大字落合字長畠1
番地 豊田合成株式会社内

佐藤 壽朗

徳島県鳴門市瀬戸町明神字板屋島115番
地の7 ナイトライド・セミコンダクター
株式会社内

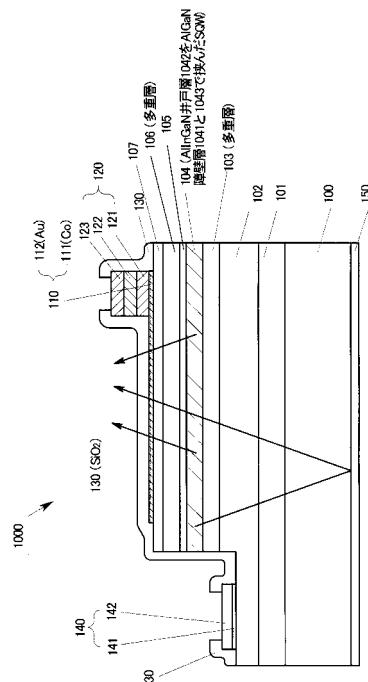
最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 III族窒化物系化合物半導体光素子

(57) 【要約】

【課題】GaN層を用いない紫外線発光のIII族窒化物系化
合物半導体発光素子。【解決手段】半導体発光素子1000は、サファイヤ基板10
の上に、0.5 μm厚のAIN単結晶層101、Al_{0.12}Ga_{0.88}Nか
ら成るn層102、多重層から成るnクラッド層103、膜厚
約2nmのノンドープのAl_{0.005}In_{0.045}Ga_{0.95}Nから成る井
戸層を障壁層で挟んだ単一量子井戸構造(SQW)の発光層1
04、Al_{0.16}Ga_{0.84}Nから成るプロック層105、多重層から
成るpクラッド層106、AlGaNから成るp型コンタクト層
107と電極110、120、140、保護膜130及び反射膜150から
成る。AIN単結晶層101を用いているので、GaN層を形成
しなくても結晶性の良い半導体層を順次積層するこ
とができる。n側層にGaN:Si層を用いていないので、発光層1
04の下方に発せられた紫外線が各層に吸収されことなく
反射膜150で反射されて透光性の電極110から取り出
くことができる。これにより紫外線発光素子の発光効率が
向上する。

【選択図】図1



【特許請求の範囲】

【請求項 1】

基板上にIII族窒化物系化合物半導体 $Al_xGa_yIn_{1-x-y}N$ ($0 < x < 1, 0 < y < 1$)を積層したIII族窒化物系化合物半導体光素子において、

少なくともn型の層は、悉くその組成にアルミニウムを含むIII族窒化物系化合物半導体であり、

基板上に形成された窒化アルミニウム(AlN)又は $Al_{x_0}Ga_{y_0}In_{1-x_0-y_0}N$ ($0 < x_0 < 1, 0 < y_0 < 1, x_0+y_0 < 1$)から成る単結晶層を有し、他の層は当該窒化アルミニウム(AlN)又は $Al_{x_0}Ga_{y_0}In_{1-x_0-y_0}N$ ($0 < x_0 < 1, 0 < y_0 < 1, x_0+y_0 < 1$)から成る単結晶層の上層としてエピタキシャル成長により形成されたことを特徴とするIII族窒化物系化合物半導体光素子。

10

【請求項 2】

前記窒化アルミニウム(AlN)又は $Al_{x_0}Ga_{y_0}In_{1-x_0-y_0}N$ ($0 < x_0 < 1, 0 < y_0 < 1, x_0+y_0 < 1$)から成る単結晶層の上に、n電極を形成する層として、膜厚が $1 \sim 2 \mu m$ 、アルミニウム組成 x_1 が $0.07 < x_1 < 1$ であるn型の $Al_{x_1}Ga_{1-x_1}N$ を形成したことを特徴とする請求項1に記載のIII族窒化物系化合物半導体光素子。

【請求項 3】

前記n型の $Al_{x_1}Ga_{1-x_1}N$ のアルミニウム組成 x_1 が $0.12 < x_1 < 0.25$ であることを特徴とする請求項2に記載のIII族窒化物系化合物半導体光素子。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明はIII族窒化物系化合物半導体 $Al_xGa_yIn_{1-x-y}N$ ($0 < x < 1, 0 < y < 1$)を積層したIII族窒化物系化合物半導体光素子に関する。本発明は特に発光波長又は受光波長が紫外線領域であるIII族窒化物系化合物半導体光素子に有用である。

【背景技術】

【0002】

サファイア等の基板上にエピタキシャル成長によりIII族窒化物系化合物半導体 $Al_xGa_yIn_{1-x-y}N$ ($0 < x < 1, 0 < y < 1$)を積層する際、まず基板に窒化アルミニウム(AlN)から成る単結晶層を有し、当該窒化アルミニウム(AlN)から成る単結晶層の上に順次III族窒化物系化合物半導体層を積層していく技術がある。

30

【特許文献1】2001-135854

【発明の開示】

【発明が解決しようとする課題】

【0003】

非晶質又は多結晶のバッファ層を用いても、 $2 \sim 5 \mu m$ の窒化ガリウム(GaN)等の単結晶層をその上に形成しなければ、上層の発光層の結晶性を良くできないことは良く知られている。ところで、窒化ガリウム(GaN)は、n型の層とするためにシリコン(Si)をドープすると、より多く紫外線領域の光を吸収してしまう。例えばシリコン(Si)を $3 \times 10^{19} / cm^3$ の濃度でドープした窒化ガリウム(GaN:Si)を、波長が $354.3 nm$ の紫外線が $1 \mu m$ の厚さを通過する際、強度が $1/e^{4.0}$ 程度にまで落ち込む。このことからも、発光波長が紫外線領域であるIII族窒化物系化合物半導体発光素子のn側の層に窒化ガリウム(GaN)を用いることは適当でないことが理解できる。同様に、p側の層に窒化ガリウム(GaN)を用いることも適当でない。

【0004】

本発明は上記の課題を解決するために成されたものであり、発光層の発する或いは受光層が受光すべき紫外線領域の光を吸収する他の層を有しないIII族窒化物系化合物半導体光素子を提供するものである。

【課題を解決するための手段】

【0005】

上記の課題を解決するため請求項1に記載の手段によれば、基板上にIII族窒化物系化

40

50

合物半導体 $Al_x Ga_y In_{1-x-y} N$ ($0 < x < 1, 0 < y < 1$) を積層した III 族窒化物系化合物半導体光素子において、少なくとも n 型の層は、悉くその組成にアルミニウムを含む III 族窒化物系化合物半導体であり、基板上に形成された窒化アルミニウム (AIN) 又は $Al_{x_0} Ga_{y_0} In_{1-x_0-y_0} N$ ($0 < x_0 < 1, 0 < y_0 < 1, x_0+y_0 < 1$) から成る単結晶層を有し、他の層は当該窒化アルミニウム (AIN) 又は $Al_{x_0} Ga_{y_0} In_{1-x_0-y_0} N$ ($0 < x_0 < 1, 0 < y_0 < 1, x_0+y_0 < 1$) から成る単結晶層の上層としてエピタキシャル成長により形成されたことを特徴とする。また、請求項 2 に記載の手段によれば、窒化アルミニウム (AIN) 又は $Al_{x_0} Ga_{y_0} In_{1-x_0-y_0} N$ ($0 < x_0 < 1, 0 < y_0 < 1, x_0+y_0 < 1$) から成る単結晶層の上に、n 電極を形成する層として、膜厚が $1 \sim 2 \mu m$ 、アルミニウム組成 x_1 が $0.07 \sim x_1 \sim 1$ である n 型の $Al_{x_1} Ga_{1-x_1} N$ を形成したことを特徴とする。更に請求項 3 に記載の手段によれば、n 型の $Al_{x_1} Ga_{1-x_1} N$ のアルミニウム組成 x_1 が $0.12 \sim x_1 \sim 0.25$ であることを特徴とする。10

【発明の効果】

【0006】

基板の上に単結晶の窒化アルミニウム (AIN) 又は $Al_{x_0} Ga_{y_0} In_{1-x_0-y_0} N$ ($0 < x_0 < 1, 0 < y_0 < 1, x_0+y_0 < 1$) 層を形成するので、その上に厚い窒化ガリウム (GaN) を形成しなくても発光層の結晶性が保障される。よって、単結晶の窒化アルミニウム (AIN) 又は $Al_{x_0} Ga_{y_0} In_{1-x_0-y_0} N$ ($0 < x_0 < 1, 0 < y_0 < 1, x_0+y_0 < 1$) 層の上の層は窒化ガリウム (GaN) でなくて良いので、少なくとも n 型の層は、悉くその組成にアルミニウムを含む III 族窒化物系化合物半導体で形成できる。これにより、n 側の層に窒化ガリウム (GaN) を用いないので、発光層が近紫外線領域の光を発する、又は、受光層が近紫外線領域の光を受けるものであっても、光素子の他の層が当該近紫外線領域の光を吸収してしまうことが無くなり、発光効率及び受光効率が向上する。n 電極を形成する層としては、膜厚が $1 \sim 2 \mu m$ 、アルミニウム組成 x_1 が $0.07 \sim x_1 \sim 1$ である n 型の $Al_{x_1} Ga_{1-x_1} N$ を形成すると良い。更には、紫外線領域の光吸収低減及び n 伝導性向上、クラックの低減を考慮すると、n 電極を形成する n 型の $Al_{x_1} Ga_{1-x_1} N$ 層のアルミニウム組成 x_1 は $0.12 \sim x_1 \sim 0.25$ が好ましい。20

【発明を実施するための最良の形態】

【0007】

基板の上に形成される単結晶の窒化アルミニウム (AIN) 又は $Al_{x_0} Ga_{y_0} In_{1-x_0-y_0} N$ ($0 < x_0 < 1, 0 < y_0 < 1, x_0+y_0 < 1$) 層は、膜厚が $0.5 \sim 3 \mu m$ でその表面が実質的に平坦であって、例えば X 線ロッキングカーブの半値幅が 50 秒以下とする。この上に III 族窒化物系化合物半導体からなる素子機能層を形成した場合、当該素子機能層の結晶性は汎用的な低温成長バッファ層の上に形成されたものと同等若しくはそれ以上となる。30

【0008】

窒化アルミニウム (AIN) 又は $Al_{x_0} Ga_{y_0} In_{1-x_0-y_0} N$ ($0 < x_0 < 1, 0 < y_0 < 1, x_0+y_0 < 1$) から成る単結晶層の膜厚は、 $0.5 \mu m$ 未満であると、素子機能を形成するのに不充分である。他方、 $3 \mu m$ を超えて膜厚を厚くする必要はない。膜厚が比較的厚い理由は、それら窒化アルミニウム (AIN) 又は $Al_{x_0} Ga_{y_0} In_{1-x_0-y_0} N$ ($0 < x_0 < 1, 0 < y_0 < 1, x_0+y_0 < 1$) が本来持っている結晶性がでてくるからである。薄い膜だと基板の影響を受けてしまい結晶が歪みを受ける。しかし厚くすると結晶そのものの性質を利用できる。40

【0009】

窒化アルミニウム (AIN) 又は $Al_{x_0} Ga_{y_0} In_{1-x_0-y_0} N$ ($0 < x_0 < 1, 0 < y_0 < 1, x_0+y_0 < 1$) から成る単結晶の、結晶性の指標となる X 線ロッキングカーブの半値幅は、50 秒以下の半値幅でないと、半導体デバイスとして充分な結晶性が確保できていない。また、窒化アルミニウム (AIN) 又は $Al_{x_0} Ga_{y_0} In_{1-x_0-y_0} N$ ($0 < x_0 < 1, 0 < y_0 < 1, x_0+y_0 < 1$) から成る単結晶層の上に III 族窒化物系化合物半導体層を成長させる場合、窒化アルミニウム (AIN) 又は $Al_{x_0} Ga_{y_0} In_{1-x_0-y_0} N$ ($0 < x_0 < 1, 0 < y_0 < 1, x_0+y_0 < 1$) から成る単結晶層の表面を実質的に平坦にして III 族窒化物系化合物半導体層の安定した結晶成長を確保する見地からも、窒化アルミニウム (AIN) 又は $Al_{x_0} Ga_{y_0} In_{1-x_0-y_0} N$ ($0 < x_0 < 1, 0 < y_0 < 1, x_0+y_0 < 1$) から成る単結晶層の半値幅は 50 秒以下とすることが好ましい。50

【0010】

窒化アルミニウム(AlN)又は $Al_{x_0}Ga_{y_0}In_{1-x_0-y_0}N$ ($0 < x_0 < 1$, $0 < y_0 < 1$, $x_0+y_0 < 1$)から成る単結晶層は、窒化物系化合物半導体層と同様の方法により形成することができる。有機金属気相成長法(MOVPE)によるときは次のようにする。有機洗浄及び熱処理により洗浄したサファイア基板のC面を正面として、サファイア基板を汎用のMOVPE装置にセットする。基板温度を1000~1200¹⁰、好ましくは1050~1150として、アルミニウムの材料ガスとしてのトリメチルアルミニウム(TMA)を $7 \times 10^{-5} \sim 4 \times 10^{-4} \mu mol/cm^3$ と窒素の材料ガスとしてのアンモニアを $0.02 \sim 0.08 \mu mol/cm^3$ の供給量でほぼ同時に反応容器内へ導入する。キャリアガスとしては水素を用いる。反応容器内の圧力は、例えば $4.0 \times 10^3 \sim 1.3 \times 10^4 Pa$ (30~100Torr)、好ましくは $6.7 \times 10^3 \sim 1.2 \times 10^4 Pa$ (50~90Torr)とし、キャリアガスの流速は、例えば2~4m/sec、好ましくは2.5~3.5m/secとする。各材料ガスの濃度は上記のガス流量において基板表面での衝突確立が最も高くなるように調整する。例えば、TMAを $1 \times 10^{-4} \mu mol/cm^3$ 、アンモニアを $0.05 \mu mol/cm^3$ とする。なお、アンモニアの濃度は、成長初期の基板の窒化を避けるため、小さくすることが好ましい。

【0011】

AlN単結晶層の成長レートは20nm(200¹⁰)/min以上とすることが好ましい。成長レートの上限は特に限定されないが、例えば成長レートは60nm(600¹⁰)/min以下とすることが好ましい。成長レートが60nm(600¹⁰)/minを超えると膜が平坦にするのが困難になる。更に好ましくは30~50nm(300~500¹⁰)/minである。

【0012】

本発明に係るIII族窒化物系化合物半導体光素子は、上記の発明の主たる構成に係る限定の他は、任意の構成を取ることができる。また、光素子は発光ダイオード(LED)、レーザダイオード(LD)、フォトダイオード、フォトカプラその他の任意の光素子として良い。特に本発明に係るIII族窒化物系化合物半導体光素子の製造方法としては任意の製造方法を用いることができる。

【0013】

具体的には、結晶成長させる基板としては、サファイア(C面、A面、R面、M面等任意)、スピネル、Si、SiC、ZnO、MgO或いは、III族窒化物系化合物単結晶等を用いることができる。III族窒化物系化合物半導体層を結晶成長させる方法としては、有機金属気相成長法(MOVPE)が好ましいが、分子線気相成長法(MBE)、ハイドライド気相成長法(HVPE)を用いても良い。

【0014】

電極形成層その他のIII族窒化物半導体層は、少なくとも $Al_xGa_yIn_{1-x-y}N$ ($0 < x < 1$, $0 < y < 1$, $x+y < 1$)にて表される2元系、3元系若しくは4元系の半導体から成るIII族窒化物系化合物半導体で形成することができる。また、これらのIII族元素の一部は、ボロン(B)、タリウム(Tl)で置き換えても良く、また、窒素(N)の一部をリン(P)、砒素(As)、アンチモン(Sb)、ビスマス(Bi)で置き換えても良い。

【0015】

更に、これらの半導体を用いてn型のIII族窒化物系化合物半導体層を形成する場合には、n型不純物として、Si、Ge、Se、Te、C等を添加し、p型不純物としては、Zn、Mg、Be、Ca、Sr、Ba等を添加することができる。

【0016】

以上の本発明の手段により、前記の課題を効果的、或いは合理的に解決することができる。

【実施例】

【0017】

図1に本発明の具体的な実施例に係るIII族窒化物系化合物半導体光素子(LED)100の断面図である。半導体光素子(LED)100では、図1に示す様に、厚さ約100μmのサファイア基板100の上に、窒化アルミニウム(AlN)から成る膜厚約0.5μmのAlN単結晶層101が成膜され、その上にシリコン(Si)をドープして電子濃度 $5 \times 10^{18} / cm^3$ とした $Al_{0.12}Ga_{0.88}N$ から成る膜厚約1.5μmのn型AlGaN層(n型コンタクト層)102が

10

20

30

40

50

形成されている。

【0018】

また、このn型コンタクト層102の上には、膜厚約1.5nmのAl_{0.15}Ga_{0.85}Nから成る層1031と膜厚約1.5nmのAl_{0.04}Ga_{0.96}Nから成る層1032とを38周期積層した、シリコン(Si)をドープして電子濃度 $5 \times 10^{19}/\text{cm}^3$ とした総膜厚約100nmの多重層から成るnクラッド層103が形成されている。

【0019】

nクラッド層103の上には、単一量子井戸構造(SQW)の発光層104が形成されている。単一量子井戸構造(SQW)の発光層104は、膜厚約25nmのノンドープのAl_{0.13}Ga_{0.87}Nから成る障壁層1041と、膜厚約2nmのノンドープのAl_{0.005}In_{0.045}Ga_{0.95}Nから成る井戸層1042と、膜厚約15nmのノンドープのAl_{0.13}Ga_{0.87}Nから成る障壁層1043とを積層して形成される。

【0020】

単一量子井戸構造(SQW)の発光層104の上には、マグネシウム(Mg)をドープしてホール濃度 $5 \times 10^{17}/\text{cm}^3$ としたAl_{0.16}Ga_{0.84}Nから成る膜厚約40nmのブロック層105が形成されている。ブロック層105の上には、膜厚約1.5nmのAl_{0.12}Ga_{0.88}Nから成る層1061と膜厚約1.5nmのAl_{0.03}Ga_{0.97}Nから成る層1062とを30周期積層した、マグネシウム(Mg)をドープしてホール濃度 $5 \times 10^{17}/\text{cm}^3$ とした総膜厚約90nmの多重層から成るpクラッド層106が形成されている。pクラッド層106の上には、マグネシウム(Mg)をドープしてホール濃度 $1 \times 10^{18}/\text{cm}^3$ としたAlGaNから成る膜厚約30nmのp型コンタクト層107を形成した。

【0021】

又、p型コンタクト層107の上には金属蒸着による透光性薄膜p電極110が、n型コンタクト層102上にはn電極140が形成されている。透光性薄膜p電極110は、p型コンタクト層107に直接接合する膜厚約1.5nmのコバルト(Co)より成る第1層111と、このコバルト膜に接合する膜厚約6nmの金(Au)より成る第2層112とで構成されている。

【0022】

厚膜p電極120は、膜厚約18nmのバナジウム(V)より成る第1層121と、膜厚約15μmの金(Au)より成る第2層122と、膜厚約10nmのアルミニウム(Al)より成る第3層123とを透光性薄膜p電極110の上から順次積層させることにより構成されている。

【0023】

多層構造のn電極140は、n型コンタクト層102の一部露出された部分の上から、膜厚約18nmのバナジウム(V)より成る第1層141と膜厚約100nmのアルミニウム(Al)より成る第2層142とを積層させることにより構成されている。

【0024】

また、最上部には、SiO₂膜より成る保護膜130が形成されている。一方、サファイア基板100の底面に当たる外側の最下部には、膜厚約500nmのアルミニウム(Al)より成る反射金属層150が、金属蒸着により成膜されている。尚、この反射金属層150は、Rh、Ti、W等の金属の他、TiN、HfN等の窒化物でも良い。

【0025】

上記の構成の光素子(LED)1000は次のように製造された。光素子(LED)1000は、有機金属気相成長法(以下「MOVPE」と略す)により製造された。用いられたガスは、アンモニア(NH₃)、キャリアガス(H₂及びN₂)、トリメチルガリウム(Ga(CH₃)₃)(以下「TMG」と記す)、トリメチルアルミニウム(Al(CH₃)₃)(以下「TMA」と記す)、トリメチルインジウム(Ind(CH₃)₃)(以下「TMI」と記す)、シラン(SiH₄)とシクロペンタジエニルマグネシウム(Mg(C₅H₅)₂)(以下「CP₂Mg」と記す)である。

【0026】

まず、有機洗浄及び熱処理により洗浄したC面を正面とした単結晶の基板100をMOVPE装置の反応室に載置されたサセプタに装着する。次に、常圧でH₂を反応室に流しながら

温度1100 で基板100をベーキングした。

次に、基板100の温度を1075 に保持し、H₂、NH₃及びTMAを供給してAIN単結晶層101を約0.5μmの膜厚に形成した。この時、成長速度は50nm/minとした。

【0027】

次に、H₂、NH₃、TMG、TMA、シランを供給して、その上に電子濃度 $5 \times 10^{18} / \text{cm}^3$ のAl_{0.12}Ga_{0.88}Nから成るn型コンタクト層102を形成した。この後、H₂、NH₃、TMG、TMA、シランの供給量を制御しながら、膜厚約1.5nmのAl_{0.15}Ga_{0.85}Nから成る層1031と膜厚約1.5nmのAl_{0.04}Ga_{0.96}Nから成る層1032とを38周期積層した、シリコン(Si)をドープして電子濃度 $5 \times 10^{19} / \text{cm}^3$ とした総膜厚約100nmの多重層から成るnクラッド層103を形成した。

10

【0028】

次に、基板100の温度を825 にまで低下させて、N₂又はH₂、NH₃、TMG及びTMIを供給して、膜厚約25nmのノンドープのAl_{0.13}Ga_{0.87}Nから成る障壁層1041と、膜厚約2nmのノンドープのAl_{0.005}In_{0.045}Ga_{0.95}Nから成る井戸層1042と、膜厚約15nmのノンドープのAl_{0.13}Ga_{0.87}Nから成る障壁層1063とを順次積層し、単一量子井戸構造の発光層104を形成した。

【0029】

次に、基板100の温度を1025 に保持し、N₂又はH₂、NH₃、TMG、TMA及びCP₂Mgを制御しながら供給して、マグネシウム(Mg)をドープしたAl_{0.16}Ga_{0.84}Nから成る膜厚約40nmのプロック層105、膜厚約1.5nmのAl_{0.12}Ga_{0.88}Nから成る層1061と膜厚約1.5nmのAl_{0.03}Ga_{0.97}Nから成る層1062とを30周期積層した、マグネシウム(Mg)をドープした総膜厚約90nmの多重層から成るpクラッド層106、マグネシウム(Mg)をドープしたAlGaNから成る膜厚約30nmのp型コンタクト層107を順次形成した。

20

【0030】

この後、p側層であるプロック層105、pクラッド層106及びp型コンタクト層107をp型化して、各々ホール濃度を $5 \times 10^{17} / \text{cm}^3$ 、 $5 \times 10^{17} / \text{cm}^3$ 、 $5 \times 10^{18} / \text{cm}^3$ のp型層としたのち、各電極(110、120、140)及び保護膜130及び反射金属層150を形成した。

【0031】

上記構成により、発光層から下に向かった波長350nmの光がn型のGaN層で吸収されることが無くなり、nコンタクト層としてn型のGaNを用いたときと比較して、発光強度が2倍となった。

30

【産業上の利用可能性】

【0032】

本発明は、紫外線領域に発光波長が存在するような短波長の光素子に好適である。短波長の光素子の用途としては、光励起触媒を用いる光化学分野、蛍光体を励起させるために用いる照明分野、誘蛾灯に代表されるバイオ関連分野の他、蛍光ランプに用いてブラックライトに用いることができる。

【図面の簡単な説明】

【0033】

【図1】本発明の実施例に係る半導体光素子(LED)1000の断面図。

40

【符号の説明】

【0034】

1000：半導体光素子(LED)

100：サファイア基板

101：AIN単結晶層

102：n型AlGaN層

103：nクラッド層(多重層)

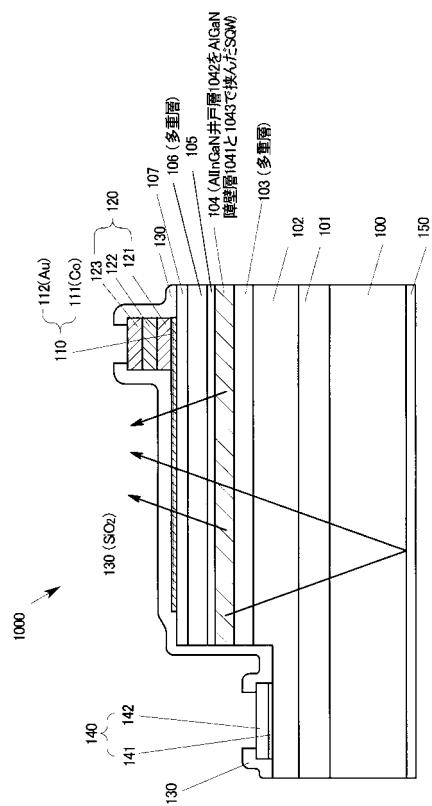
104：単一量子井戸発光層(SQW)

105：プロック層

50

- 106 : p クラッド層 (多重層)
 107 : p 型コンタクト層
 110 : 透光性薄膜 p 電極
 120 : p 電極
 130 : 保護膜
 140 : n 電極
 150 : 反射金属層

【図1】



フロントページの続き

(72)発明者 和田 直樹

徳島県鳴門市瀬戸町明神字板屋島 115 番地の7 ナイトライド・セミコンダクター株式会社内

(72)発明者 酒井 土郎

徳島県麻植郡鴨島町知恵島 927-3 グランドコーポ205号

F ターム(参考) 5F041 AA11 CA05 CA34 CA40 CA46 CA49 CA57 CA65 CA83 CA88

CA92 CB15