

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特 許 公 報(B2)

(11) 特許番号

特許第4038005号
(P4038005)

(45) 発行日 平成20年1月23日(2008.1.23)

(24) 登録日 平成19年11月9日(2007.11.9)

(51) Int. Cl.

F I

HO 1 L 33/00 (2006.01)
CO 9 K 11/00 (2006.01)
CO 9 K 11/54 (2006.01)
HO 1 S 5/323 (2006.01)
HO 1 S 5/327 (2006.01)

HO 1 L 33/00 D
HO 1 L 33/00 A
CO 9 K 11/00 A
CO 9 K 11/54 C P B
HO 1 S 5/323

請求項の数 3 (全 11 頁) 最終頁に続く

(21) 出願番号 特願2000-248959 (P2000-248959)
(22) 出願日 平成12年8月18日(2000.8.18)
(65) 公開番号 特開2001-144328 (P2001-144328A)
(43) 公開日 平成13年5月25日(2001.5.25)
審査請求日 平成14年5月16日(2002.5.16)
審判番号 不服2005-5939 (P2005-5939/J1)
審判請求日 平成17年4月6日(2005.4.6)
(31) 優先権主張番号 特願平11-245921
(32) 優先日 平成11年8月31日(1999.8.31)
(33) 優先権主張国 日本国(JP)

(73) 特許権者 000006231
株式会社村田製作所
京都府長岡京市東神足1丁目10番1号
(74) 代理人 100094019
弁理士 中野 雅房
(72) 発明者 門田 道雄
京都府長岡京市天神二丁目26番10号
株式会社 村田製作所内

合議体
審判長 小牧 修
審判官 里村 利光
審判官 向後 晋一

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 発光素子の設計方法

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項1】

基板と、

前記基板の成膜面に成膜され、発光層として機能する Z n O からなる圧電膜と、
を有する発光素子の設計方法であって、

前記基板の成膜面として、サファイア基板のC面、水晶基板のZ面又はニオブ酸リチウ
ム基板の-Z面を選んだ場合には、

前記圧電膜の上面が均一な+面となるようにする発光素子の設計方法。

【請求項2】

前記圧電膜とは導電型が異なる第二のZ n O からなる圧電膜を有する、請求項1に記載
の発光素子の設計方法。

【請求項3】

前記基板上に形成された複数のストライプ状の金属膜を有し、該金属膜を覆うようにし
て前記圧電膜が設けられており、該金属膜上の圧電膜は-Z面を有している、請求項1に記載
の発光素子の設計方法。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】

本発明は、発光素子の設計方法に関し、Z n O 圧電膜からなる発光層を有する発光素子
の設計方法に関する。

【 0 0 0 2 】

【従来の技術】

薄膜状の圧電体は、圧電共振子や圧電アクチュエータ等の振動子、駆動素子に幅広く応用されている。近年では、圧電体薄膜は光学素子としても注目されている。たとえば、特開平 7 - 2 6 2 8 0 1 号には、サファイア基板上に形成された ZnO 膜を有し、励起子により紫外線を発光する発光素子が開示されている。また、特開平 1 0 - 2 5 6 6 7 3 号には、レーザー発振により紫外光を射出する発光素子が開示されている。

【 0 0 0 3 】

【発明が解決しようとする課題】

しかしながら、圧電膜の物性には未知の部分が多く、特に発光素子に適した圧電膜の物性やその形成方法はいまだ十分な研究がなされていない。このため、高発光効率の圧電膜を有する発光素子は実現していなかった。

【 0 0 0 4 】

本発明は、上記のような技術的背景に鑑みてなされたものであって、その目的とするところは、発光効率が高く、発光強度の強い発光素子の設計方法を提供することにある。

【 0 0 0 6 】

【課題を解決するための手段】

請求項 1 に記載の発光素子の設計方法は、基板と、前記基板の成膜面に成膜され、発光層として機能する ZnO からなる圧電膜と、を有する発光素子の設計方法であって、前記基板の成膜面として、サファイア基板の C 面、水晶基板の Z 面又はニオブ酸リチウム基板の - Z 面を選んだ場合には、前記圧電膜の上面が均一な + 面となるようにするものである。

【 0 0 0 9 】

請求項 2 に記載の発光素子の設計方法は、請求項 1 に記載した発光素子の設計方法において、前記圧電膜とは導電型が異なる第二の ZnO からなる圧電膜を有するものである。

【 0 0 1 0 】

請求項 3 に記載の発光素子の設計方法は、請求項 1 に記載した発光素子の設計方法における前記基板上に形成された複数のストライプ状の金属膜を有し、該金属膜を覆うようにして前記圧電膜が設けられており、該金属膜上の圧電膜は - 面を有するものである。

【 0 0 1 6 】

【作用】

本発明は、発光素子に用いる圧電膜の物理的特性とその配向との関係や、基板の種類とそれに適した圧電膜の配向方法に着目して得られた知見に基づくものである。すなわち、基板の種類に応じて圧電膜の配向方向を適切に選択することにより、圧電膜の結晶性が向上し、その結果、良好な特性を有する発光素子が実現する。

【 0 0 1 7 】

しかし、従来は、圧電膜の物理的特性とその配向の関係や基板の種類とそれに適した圧電膜の配向方向の関係はまったく考慮されていなかった。本発明は、着目点自体がユニークなものである。

【 0 0 1 8 】

この明細書において、圧電膜の配向方向についての + 面および - 面は、薄膜の主面に発生する電荷の符号に関係している。+ 面は張力によって圧電膜に正の電荷が発生する面であり、上記 ZnO 薄膜では Zn 面に相当すると考えられる。- 面は張力によって圧電膜に負の電荷が発生する面であり、上記 ZnO 薄膜の O 面に相当すると考えられる。

【 0 0 1 9 】

具体的には、C 面サファイア基板、Z 面水晶基板、- Z 面を有する $LiNbO_3$ 基板の表面に圧電膜を形成する場合、圧電膜の表面が + 面（基板に接する側は - 面）となるように ZnO 膜を基板上に形成させる。

【 0 0 2 1 】

このような ZnO からなる圧電膜は、紫外線を発光するデバイスに用いることが好まし

10

20

30

40

50

い。

【0022】

基板の上に形成される圧電膜が+面となるか、-面となるかは圧電膜の形成方法、形成条件、基板の表面処理等により決定される。たとえば、ECRプラズマCVD装置、ECRスパッタ装置等のECR装置を用いた場合、マイクロ波のパワーを大きくしたり（例えば300W以上）、基板の加熱温度を高く（例えば500以上）したりする場合、圧電膜は+面になりやすい。特に、 N_2 、 O_2 、 H_2O 、大気などの雰囲気において、1000以上の温度で数時間加熱された基板の上に形成される圧電膜は、良好な+面を有する。

【0023】

また、基板バイアス電圧を調整することにより、極性（+面または-面）を制御できる。スパッタ装置の場合には、成膜中のガス組成、基板の加熱温度、基板に印加するバイアス電圧等を適切に調整することにより、+面の圧電膜を得ることも-面を有する圧電膜を得ることもできる。特に-500Vから+500Vのバイアス電圧を印加することにより効果的に極性を制御できる。

10

【0024】

本発明は、このように基板の種類に応じて+面または-面を有する圧電膜を形成することができるという知見に基づくものであり、上面が+面となったZnO圧電膜を用いることで発光強度が強い発光素子を得ることができる。

【0025】

【発明の実施の形態】

20

（第1の実施形態）

図1は、本発明の第1の実施形態による発光素子1の断面を模式的に示している。発光素子1は基板2及びその上に形成されたZnO薄膜3を有している。基板2としては、C面サファイア基板、R面サファイア基板、m面サファイア基板、a面サファイア基板、回転Y板サファイア基板、ダブルローテーションサファイア基板、回転Y板水晶基板、Z面水晶基板、-Z面を有するLiTaO₃基板、-Z面を有するLiNbO₃基板、-面を有する圧電基板を用いる場合には、ZnO薄膜3は+Z面を有している。

【0026】

一方、回転Y板LiNbO₃の+Z面側を有するLiNbO₃基板、回転Y板LiTaO₃の+Z面側を有するLiTaO₃基板、+Z面を有するLiNbO₃基板、+Z面を有するLiTaO₃基板、+面を有する圧電基板、ガラス板、Si基板、金属基板、金属膜をその表面に有する基板を基板2として用いる場合には、ZnO薄膜3は-Z面を有している。

30

【0027】

発光素子1は、励起子あるいは電子とホールとの結合により発光する。図1に示すように、ZnO薄膜3にHe-Cdレーザーを照射することにより、発光素子1は、フォトルミネッセンスに基づいて、ZnOのバンドギャップに相当する370nmの波長を持つ光を常温で発光する。

【0028】

上述のような組み合わせにより、優れた結晶性をもつ圧電膜が得られることを種々の実験から確認した。以下の実験において、基板としてはC面サファイア基板およびZ面水晶基板を用い、成膜条件や基板の表面状態をかえることにより、種々の圧電膜を形成し、ZnO薄膜の配向方向を誘電率顕微鏡で確認した。具体的にはECRスパッタ装置を用いて以下の条件で3つの試料を作製した。

40

条件1	マイクロ波電力：	100w
	RF電力：	300W
	基板加熱温度：	200℃
	Ar/O ₂ 分圧比：	70/30
条件2	マイクロ波電力：	500w
	RF電力：	450W
	基板加熱温度：	500℃
	Ar/O ₂ 分圧比：	70/30
条件3	マイクロ波電力：	300w
	RF電力：	400W
	基板加熱温度：	450℃
	Ar/O ₂ 分圧比：	70/30

10

【0029】

図2から図4は、上記のようにして作製された種々の圧電膜の誘電率顕微鏡写真である。図2は条件1によって作製された膜を示しており、図2の写真において、色の濃い部分は、張力によりプラスの電荷が発生する領域であり、色の薄い部分は張力によりマイナスの電荷が発生する領域になっている。したがって、全体としては両方の領域が混在しており、+面、-面のいずれにもなっていない。

20

【0030】

図3は条件2に従って作製された膜を示している。図3に示される誘電顕微鏡写真は全体が均一に濃い色になっており、均一な+面になっていることを示している。

【0031】

同様に、図4は条件3の下で作製された膜を示している。図4の誘電体顕微鏡写真は、全体が均一に薄い色になっており、均一な-面であることを示している。このように、条件を制御することにより、-面あるいは+面を有する圧電膜及び-面でも+面でもない圧電膜を選択的に形成できる。

30

【0032】

条件2及び3以外の条件であっても、基板にマイナスのバイアス電圧を印加することにより、-面を有する膜が容易に形成され、基板にプラスのバイアス電圧を印加することにより、+面を有する膜が形成されることがわかった。

【0033】

こうして、作製したZnO膜の配向方向を確認した上で、作製されたZnO薄膜を有する発光素子を作製し、He-Cdレーザーを照射してフォトルミネッセンス発光測定試験を行った。図5は、C面サファイア基板上に形成された+面を有するZnO薄膜の発光強度を350～400nmの領域において測定した結果を示し、図6はZ面水晶基板上に形成された+面を有するZnO薄膜の発光強度を360～390nmの領域において測定した結果を示している。図5は、367.8nmの波長において励起子に相当すると考えられる鋭いピークを示しており、図6も368nmに同様なピークを示している。

40

【0034】

図7はC面サファイア基板上に形成された+面を有するZnO薄膜と-面を有するZnO薄膜の発光強度を比較して示している。図から明らかなように、+面を有するZnO薄膜は-面を有するZnO薄膜に比べて発光強度が約5倍であり、半値幅も小さい。このことから、C面サファイア基板上に形成された+面を有するZnO薄膜は良好な特性を示すことが分かる。

50

【0035】

図8は、Zn金属ターゲットを用いて、C面サファイア基板上に種々の条件で形成したZnO薄膜のX線回折強度を示している。図8において、横軸はZnO薄膜形成中の雰囲気ガスであるArとO₂との分圧比を示し、縦軸はZnO薄膜のX線回折強度（相対値）を示している。また、データは基板加熱温度を200～600の間で変化させて測定している。図8において、X線回折強度が 4×10^4 [a.u.]以上の強度を示す領域ではZnO薄膜は+面を有しており、回折強度が 9×10^3 [a.u.]以下の領域では+面の領域と-面の領域とが混在している。また、その中間の領域では、+面を有するZnO薄膜が形成されたり、-面を有するZnO薄膜が形成されたりしており、成膜を確実に制御できていない。なお、Z面水晶基板上に形成されるZnO薄膜も同様の傾向を示す。

10

【0036】

図9は、同様に-Z面LiNbO₃基板上にZnO薄膜を形成した結果を示している。この場合、X線回折強度が 1.4×10^5 [a.u.]以上の強度を示す領域ではZnO薄膜は+面を有しており、回折強度が 9×10^3 [a.u.]以下の領域では+面の領域と-面の領域とが混在している。また、その中間の領域では、+面を有するZnO薄膜が形成されたり、-面を有するZnO薄膜が形成されたりしており、成膜を確実に制御できていない。

【0037】

図8および図9から明らかなように、ArとO₂との分圧比を変化させることにより、ZnO薄膜の配向性をコントロールでき、Ar/O₂の分圧比が75/25～65/35の範囲で良好な+面を有するZnO薄膜を形成することができることが分かる。また、C面サファイア基板に+面を有するZnO薄膜を形成する場合には、基板を500以上に加熱すればZnO薄膜の配向性が良好になり、-Z面LiNbO₃基板上+面を有するZnO薄膜を形成する場合には、基板を300以上に加熱すればよいことが分かる。

20

【0038】

上記実施形態では圧電膜としてZnO薄膜を例示したが、+面を有するAlN、CdSからなる薄膜をC面、R面、m面及びa面サファイア基板、回転Y板サファイア基板、ダブルローテーションサファイア基板、回転Y板水晶基板、Z面水晶基板、Z面水晶基板、-Z面を有するLiTaO₃基板、-Z面を有するLiNbO₃基板、-面を有する圧電基板上に形成しても同様に良好な発光特性を備えた発光素子を得ることがができる。

30

【0039】

図10は本発明の第2の実施形態による発光素子11の模式的断面図を示している。発光素子11はC面サファイア基板12と、その上に一定の間隔でストライプ状に形成された複数のAl膜13と、Al膜13を覆うようにC面サファイア基板12上に形成されたZnO薄膜14を含む。ZnO薄膜14は、Al膜13の上方に位置する領域14aとC面サファイア基板12上方に直接位置する領域14bを含み、領域14aと14bとは方向αに沿って交互に配置されている。領域14aは-面を有し、領域14bは+面を有している。このため、Al膜13が設けられた部分においてのみ-面を有している。C面サファイア基板12の代わりに回転Y板水晶基板、Z面水晶基板等、+面ZnO薄膜を形成することが好ましい他の基板を用いてもよい。

40

【0040】

C面サファイア基板とAl膜とではZnO薄膜に対する配向特性に違いがあるため、成膜条件を適切に選択することにより、このように-面の領域と+面の領域とを交互に形成することが可能である。また、Al膜とサファイア基板にそれぞれプラスとマイナスのバイアス電圧を印加しても、交互にC軸の方向が反転した膜が得られる。

【0041】

発光素子11はSHG素子として機能する。図10に示されるように、ZnO薄膜14の一方の端面から赤色光を方向αに沿ってZnO薄膜14に入射させることにより、ZnO薄膜14の他の端面から青色光を射出する。このように、本発明によれば、容易に良好な特性を備えたSHG素子を実現することができる。

50

【0042】

図11は第3の実施形態による発光素子21の断面を模式的に示している。発光素子21は、C面サファイア基板22とその上に形成されたn型ZnO層23、ZnO活性層24およびp型ZnO層25とを含む。n型ZnO層23の上面は+面になっており、同様にZnO活性層24およびp型ZnO層25も+面を上面として備えている。ZnO活性層24およびp型ZnO層25は発光部26を構成している。また、n型ZnO層23は不純物としてAlなどIII族元素がドーピングされており低抵抗になっている。同様に、p型ZnO層25もP、As等のV族元素がドーピングされている。電極27および28がn型ZnO層23およびp型ZnO層25上に設けられており、電極27および28から電流が注入され、発光部26において励起子による発光が引き起こされる。

10

【0043】

このような構造によれば、+面を有するn型ZnO層23に、+面を有するZnO活性層24およびp型ZnO層25が設けられているため、発光部26の結晶性が高く、高輝度、高発光効率の発光素子21が実現できる。

【0044】

本実施形態において、C面サファイア基板22上にはn型ZnO層23が設けられているが、n型ZnO層23とp型ZnO層29とを入れ替えて導電型を逆にし、サファイア基板22上にp型ZnO層を設けZnO活性層28上にn型ZnO層を設けてもよい。

【0045】

図12は、第4の実施形態による発光素子31を模式的に示しており、レーザダイオードや端面出射型の発光ダイオードなどの端面出射型発光素子を代表している。発光素子31はサファイア基板32、その上に設けられた低抵抗ZnO層33および発光部34を含んでいる。サファイア基板32はC面、R面、m面、a面あるいは回転Y板サファイア面を有しており、低抵抗ZnO層33は+面をその上面として有している。発光部34はp型ZnO層35、ZnO活性層36、n型ZnO層37を含んでおり、これらの層36、37は低抵抗ZnO層33の配向方向に影響されて、いずれもそれぞれの上面が+面になっている。

20

【0046】

発光部34の上にはスリットを有するSiO₂膜38が設けられ、スリットを覆うようにSiO₂膜38上に上部電極39が設けられている。また、低抵抗ZnO層33の一部が露出するように発光部34の一部がエッチングされており、露出した低抵抗ZnO層33上に下部電極40が形成されている。

30

【0047】

発光素子31において、上部電極39と下部電極40との間に電圧が印加されると励起子発光による青～紫外の光が端面から射出される。発光部33の各層36、37は+面を有するため、結晶性が高く、高輝度、高発光効率の発光素子31が実現される。

【0048】

【発明の効果】

本発明によれば、基板の種類に応じて、+面または-面を有する圧電膜が選択的に設けられており、このような圧電膜は高い結晶性を備えている。このため、高輝度、高発光効率の発光素子31が実現される。

40

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明の第1の実施形態による発光素子のフォトルミネセンス特性測定を模式的に示す断面図である。

【図2】+面の領域と-面の領域が混在するZnO薄膜の誘電率顕微鏡写真を示す図である。

【図3】+ZnO薄膜の誘電率顕微鏡写真を示す図である。

【図4】-ZnO薄膜の誘電率顕微鏡写真を示す図である。

【図5】C面サファイア基板上に形成された+面を有するZnO薄膜の発光強度を示す図である。

50

【図 6】Z 面水晶基板上に形成された + 面を有する ZnO 薄膜の発光強度を示す図である。

【図 7】C 面サファイア基板上に形成された + 面を有する ZnO 薄膜と - 面を有する ZnO 薄膜との発光強度を比較して示す図である。

【図 8】C 面サファイア基板上に形成された + 面を有する ZnO 薄膜の X 線強度を示す図である。

【図 9】- Z 面 LiNbO₃ 基板上に形成された + 面を有する ZnO 薄膜の X 線強度を示す図である。

【図 10】本発明の第 2 の実施形態による発光素子を模式的に示す断面図である。

【図 11】本発明の第 3 の実施形態による発光素子を模式的に示す断面図である。

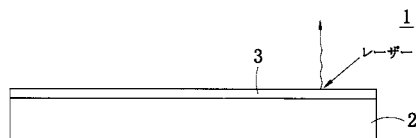
【図 12】本発明の第 4 の実施形態による発光素子を模式的に示す断面図である。

【符号の説明】

- 1 発光素子
- 2 基板
- 3 薄膜

10

【図 1】

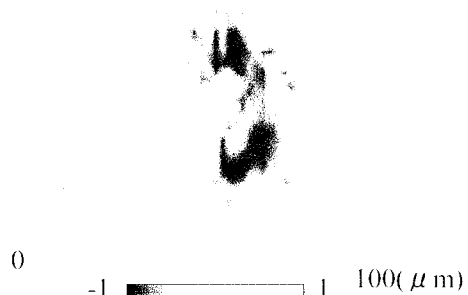


【図 3】

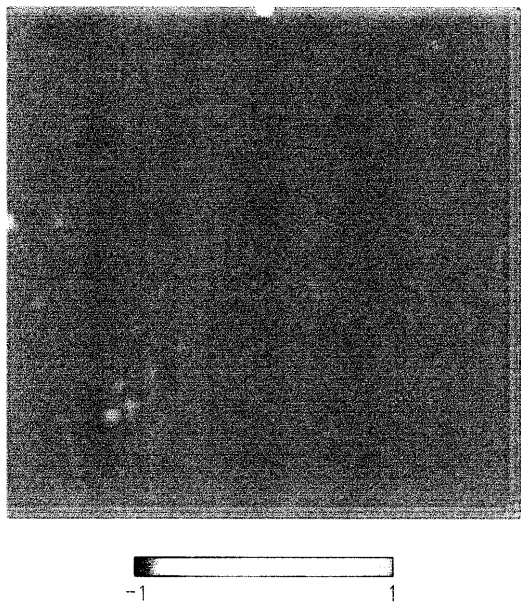


【図 2】

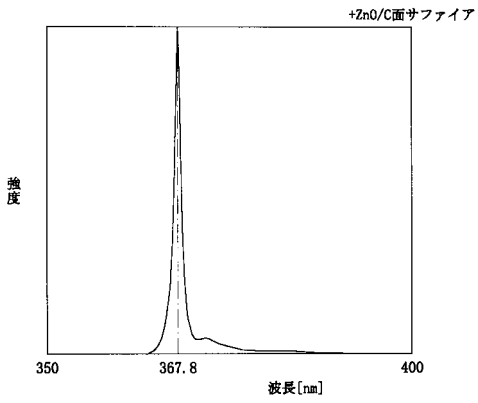
100(μm)



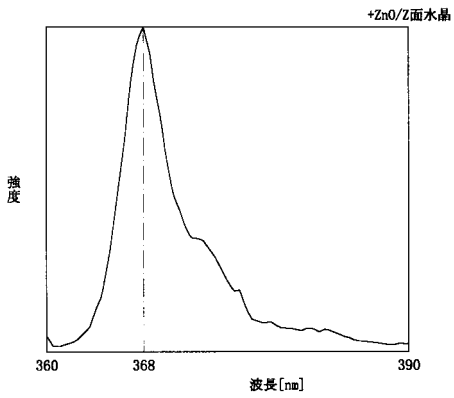
【 図 4 】



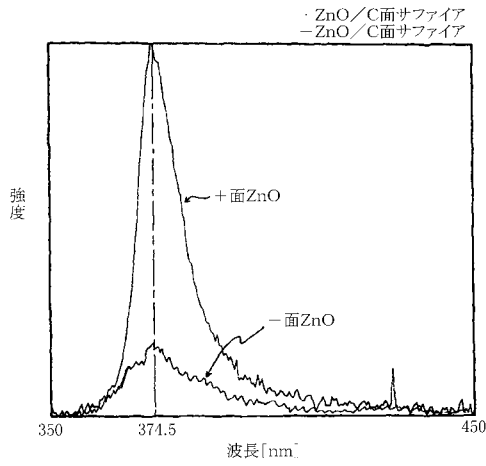
【 図 5 】



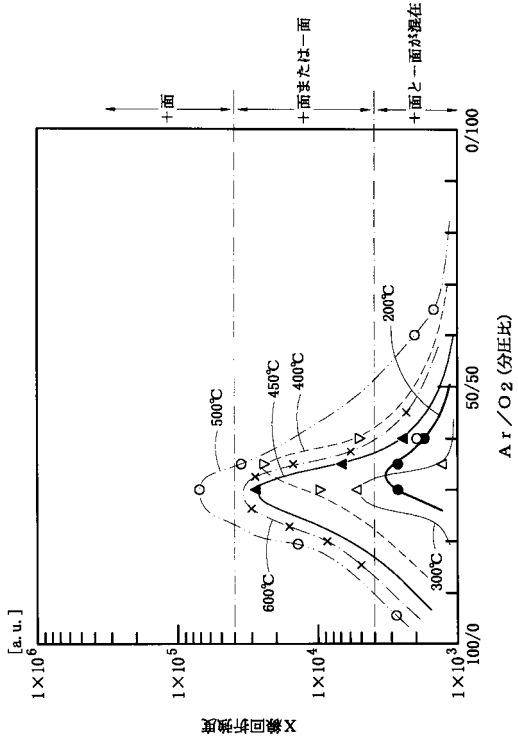
【 図 6 】



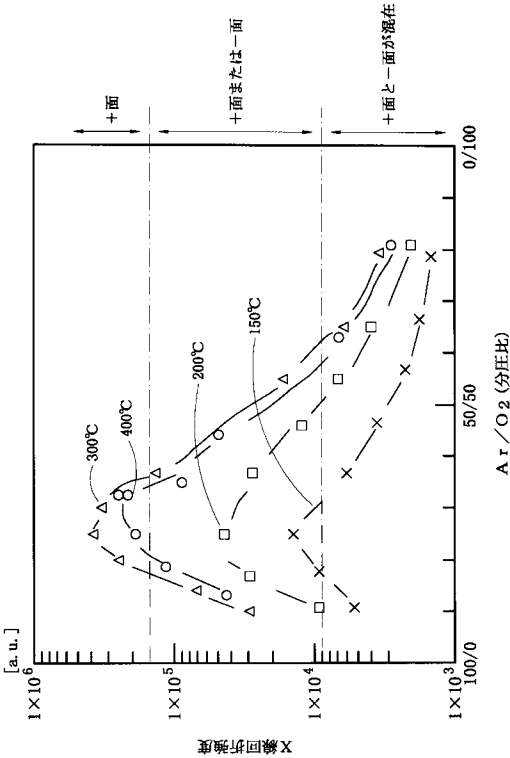
【 図 7 】



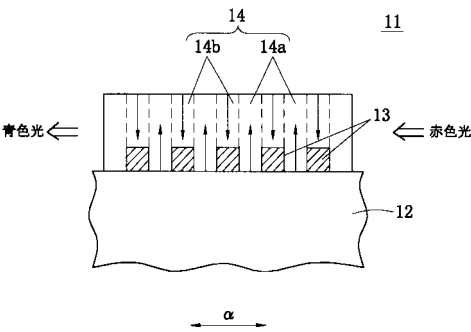
【 図 8 】



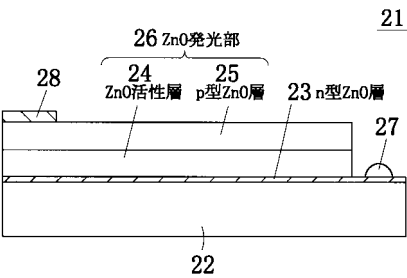
【 図 9 】



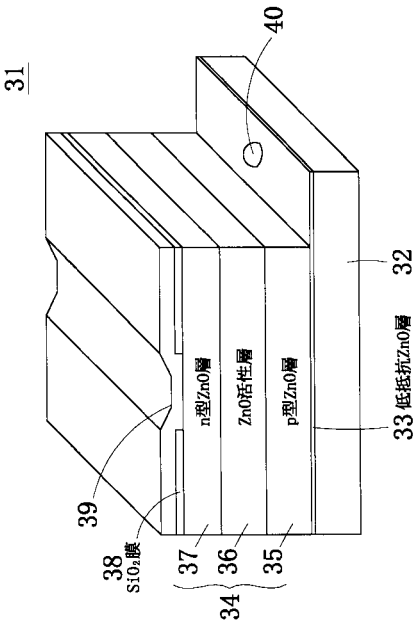
【 図 1 0 】



【 図 1 1 】



【 図 1 2 】



フロントページの続き

(51) Int.Cl. F I
H 0 1 S 5/327

- (56)参考文献 特開平10-256673(JP,A)
特公昭46-013777(JP,B1)
特許第2996928(JP,B2)
特開昭51-121255(JP,A)
特開昭54-151576(JP,A)
特開昭57-97214(JP,A)
特開昭61-292312(JP,A)
特開昭62-81076(JP,A)
特開平2-37385(JP,A)
特開平2-184599(JP,A)
特開平4-199886(JP,A)
特開平5-267197(JP,A)
特開平5-254991(JP,A)
特開平6-240250(JP,A)
特開平7-262801(JP,A)
特開平9-45960(JP,A)
特開平9-159950(JP,A)
特開平9-184062(JP,A)
特開平9-293936(JP,A)
特開平10-135773(JP,A)
特開平10-186419(JP,A)
特開平10-239718(JP,A)
特開平10-270749(JP,A)
特開平11-68255(JP,A)
特開平11-74502(JP,A)
特開平11-112029(JP,A)
特開平11-168262(JP,A)
特開2000-244014(JP,A)
特開2002-326895(JP,A)
結晶成長ハンドブック,日本,日本結晶成長学会,1995年9月1日,pp.749-752
DAVIS,R.F.et al.,Growth of AlN and GaN in films via OMVPE and Gas Source MBE and their characterizeation, Solid-State Electronics, 1997年,Vol.41, No.2, pp.129-134
KLINKOVA,L.A.et al,Some observations on interface morphology and sub-grain structure in vapour-grown CdS, Journal of Crystal Growth,1982年,Vol.59,pp.644-648
IWANAGA, H. et al,Polarity of CdS crystals growing in atmosphere of excess Cd or S vapor, Journal of Crystal Growth,1980年,Vol.50, pp.552-554

(58)調査した分野(Int.Cl.,DB名)
H01L33/00

H01S5/00 - 5/50
G02F1/29 - 7/00