

(12) 特許協力条約に基づいて公開された国際出願

(19) 世界知的所有権機関
国際事務局

(43) 国際公開日
2024年3月7日(07.03.2024)



(10) 国際公開番号
WO 2024/048005 A1

(51) 国際特許分類:
H01L 21/20 (2006.01)

港区西新橋三丁目7番1号 株式会社ジャパンディスプレイ内 Tokyo (JP).

(21) 国際出願番号: PCT/JP2023/021906

(22) 国際出願日: 2023年6月13日(13.06.2023)

(25) 国際出願の言語: 日本語

(26) 国際公開の言語: 日本語

(30) 優先権データ:
特願 2022-139266 2022年9月1日(01.09.2022) JP

(71) 出願人: 株式会社ジャパンディスプレイ (**JAPAN DISPLAY INC.**) [JP/JP]; 〒1050003 東京都港区西新橋三丁目7番1号 Tokyo (JP).

(72) 発明者: 青木 逸 (**AOKI Hayata**); 〒1050003 東京都港区西新橋三丁目7番1号 株式会社ジャパンディスプレイ内 Tokyo (JP). 西村 眞澄 (**NISHIMURA Masumi**); 〒1050003 東京都

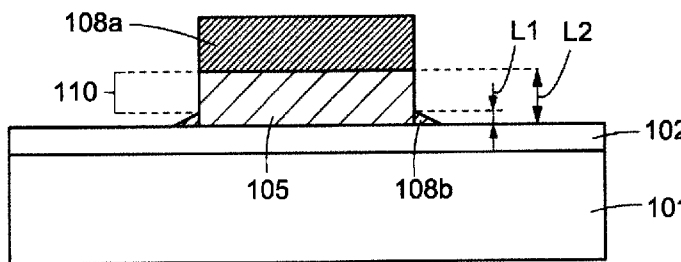
(74) 代理人: 弁理士法人高橋・林アンドパートナーズ (**TAKAHASHI, HAYASHI AND PARTNER PATENT ATTORNEYS, INC.**); 〒1440052 東京都大田区蒲田5-24-2 損保ジャパン蒲田ビル9階 Tokyo (JP).

(81) 指定国(表示のない限り、全ての種類の国内保護が可能): AE, AG, AL, AM, AO, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BN, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CL, CN, CO, CR, CU, CV, CZ, DE, DJ, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IQ, IR, IS, IT, JM, JO, JP, KE, KG, KH, KN, KP, KR, KW, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LU, LY, MA, MD, MG, MK, MN, MU, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PA, PE, PG, PH, PL, PT, QA, RO, RS, RU, RW, SA, SC, SD, SE, SG, SK,

(54) **Title:** LAYERED STRUCTURE, MANUFACTURING METHOD THEREFOR, AND SEMICONDUCTOR DEVICE

(54) 発明の名称: 積層構造体及びその製造方法、ならびに半導体デバイス

10



(57) **Abstract:** This layered structure comprises: an amorphous substrate that has an insulating surface; an orientation layer that has a pattern on the amorphous substrate having the insulating surface; a semiconductor layer that contains a gallium nitride and has a pattern disposed on the upper surface of the orientation layer; and a side-surface protection part that contains a gallium nitride and is disposed on a side surface of the orientation layer, the semiconductor layer and the side-surface protection part being spaced apart from each other on the side surface of the orientation layer. A first angle formed by the bottom surface and the side surface of the orientation layer may be 60 ° -90 °. Furthermore, the semiconductor layer contains a gallium nitride having the same composition as the side-surface protection part. The crystallinity of the gallium nitride of the semiconductor layer may be higher than the crystallinity of the gallium nitride of the side-surface protection part.

[続葉有]

SL, ST, SV, SY, TH, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA,
UG, US, UZ, VC, VN, WS, ZA, ZM, ZW.

(84) 指定国(表示のない限り、全ての種類の広域保護が可能): ARIPO (BW, CV, GH, GM, KE, LR, LS, MW, MZ, NA, RW, SC, SD, SL, ST, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), ユーラシア (AM, AZ, BY, KG, KZ, RU, TJ, TM), ヨーロッパ (AL, AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, LV, MC, ME, MK, MT, NL, NO, PL, PT, RO, RS, SE, SI, SK, SM, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, KM, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

添付公開書類:

— 国際調査報告 (条約第21条(3))

(57) 要約: 積層構造体は、絶縁表面を有するアモルファス基板と、絶縁表面を有するアモルファス基板の上のパターンを有する配向層と、配向層の上面に配置されるパターンを有する窒化ガリウムを含む半導体層と、配向層の側面に配置される窒化ガリウムを含む側面保護部と、を有し、半導体層と前記側面保護部とは、前記配向層の側面において、離隔される。また、配向層の底面と側面とがなす第1角は、 60° 以上 90° 以下であってもよい。さらに、半導体層は、側面保護部と同じ組成の窒化ガリウムを有し、半導体層の窒化ガリウムの結晶性は、前記側面保護部の窒化ガリウムの結晶性より高くともよい。

明 細 書

発明の名称：

積層構造体及びその製造方法、ならびに半導体デバイス

技術分野

[0001] 本発明の一実施形態は、窒化ガリウムを含む半導体層を用いた積層構造体及びその製造方法、ならびに半導体デバイスに関する。

背景技術

[0002] 近年、窒化ガリウム（GaN）を含む半導体層（以下、「窒化ガリウム系半導体層」という）を用いた半導体デバイスの開発が進んでいる。窒化ガリウム系半導体層を用いた半導体デバイスとしては、例えば、HEMT（High Electron Mobility Transistor）などのトランジスタ素子、LED（Light Emitting Diode）などの発光素子が知られている。特に、発光ダイオード（LED）を各画素に用いた発光装置の需要は高く、シリコン基板以外の基板上に、結晶性の高い窒化ガリウム系半導体層を形成する技術の開発が急がれている。例えば、特許文献1には、サファイア基板、石英ガラス基板等の絶縁基板上にバッファ層を形成し、そのバッファ層の上に絶縁パターンを形成し、バッファ層及び絶縁パターンの上に窒化ガリウム系半導体層を形成する技術が開示されている。

先行技術文献

特許文献

[0003] 特許文献1：特開2018-168029号公報

発明の概要

発明が解決しようとする課題

[0004] 上記従来技術のように、一般的には、1000℃以上の耐熱性を有するサファイア基板や石英ガラス基板等を用い、1000℃を超える温度下で窒化ガリウムを含む半導体層をエピタキシャル成長により形成する。しかしなが

ら、発光表示装置への応用を考慮すると、高価なサファイア基板や石英ガラス基板の使用は、表示画面の大面积化への妨げになるという問題がある。また、1000℃を超える温度下での処理は、処理開始時の昇温及び処理終了時の降温に時間がかかり、スループットが低下するという問題もある。

[0005] 本発明の一実施形態の課題は、安価なアモルファス基板上に結晶性の高い窒化ガリウムを含む半導体層を用いて積層構造体を形成することにある。

[0006] また、本発明の一実施形態の課題は、結晶性の高い窒化ガリウムを含む半導体層を用いた積層構造体を高いスループットで形成することにある。

課題を解決するための手段

[0007] 本発明の一実施形態における積層構造体は、絶縁表面を有するアモルファス基板と、絶縁表面を有するアモルファス基板の上のパターンを有する配向層と、配向層の上面に配置されるパターンを有する窒化ガリウムを含む半導体層と、配向層の側面に配置される窒化ガリウムを含む側面保護部と、を有し、半導体層と側面保護部とは、配向層の側面において、離隔される。

[0008] 本発明の一実施形態における積層構造体は、絶縁表面を有するアモルファス基板と、絶縁表面を有するアモルファス基板の上のパターンを有する配向層と、配向層の上面に配置されるパターンを有する窒化ガリウムを含む半導体層と、配向層の側面に配置される窒化ガリウムを含む側面保護部と、を有し、配向層は、半導体層および側面保護部に覆われない露出部を含み、露出部は、半導体層と側面保護部との間に配置される。

[0009] 本発明の一実施形態における積層構造体の製造方法は、絶縁表面を有するアモルファス基板の上にパターンを有する配向層を形成し、配向層を覆うように窒化ガリウムを含む半導体膜を形成し、半導体膜をエッチングすることで、配向層の上面にパターンを有する窒化ガリウムを含む半導体層を形成するとともに、配向層の側面に配置される窒化ガリウムを含む側面保護部を形成することを含み、半導体層と側面保護部は離隔する。

[0010] 本発明の一実施形態における積層構造体の製造方法は、絶縁表面を有するアモルファス基板の上にパターンを有する配向層を形成し、配向層を覆うよ

うに窒化ガリウムを含む半導体膜を成膜し、配向層の側面において、配向層の一部が半導体膜から露出するように、前記半導体膜をエッチングする。

図面の簡単な説明

- [0011] [図1]第1実施形態における積層構造体の製造方法を示す端面図である。
- [図2]第1実施形態における積層構造体の製造方法を示す端面図である。
- [図3]第1実施形態における積層構造体の製造方法を示す端面図である。
- [図4]第1実施形態における積層構造体の製造方法を示す端面図である。
- [図5]第1実施形態における積層構造体の製造方法を示す端面図である。
- [図6]第1実施形態における積層構造体の製造方法を示す端面図である。
- [図7]第1実施形態における積層構造体を含む半導体デバイスを示す端面図である。
- [図8]第1実施形態における積層構造体を含む半導体デバイスを用いた発光装置を示す平面図である。
- [図9]第1実施形態における積層構造体の製造方法を示す端面図である。
- [図10]第1実施形態における積層構造体の製造方法を示す端面図である。
- [図11]第2実施形態における積層構造体を含む半導体デバイスを示す端面図である。

発明を実施するための形態

- [0012] 以下、本発明の実施形態について、図面等を参照しつつ説明する。但し、本発明は、その要旨を逸脱しない範囲において様々な態様で実施することができる。本発明は、以下に例示する実施形態の記載内容に限定して解釈されるものではない。図面は、説明をより明確にするため、実際の態様に比べ、各部の幅、厚さ、形状等について模式的に表される場合がある。しかしながら、図面は、あくまで一例であって、本発明の解釈を限定するものではない。

- [0013] 本発明の実施形態を説明する際、基板から半導体層に向かう方向を「上」とし、その逆の方向を「下」とする。ただし、「上に」又は「下に」という表現は、単に、各要素の上下関係を説明しているにすぎない。また、「上に

」又は「下に」という表現は、第1要素と第2要素との間に第3要素が介在する場合だけでなく、介在しない場合をも含む。さらに、「上に」又は「下に」という表現は、平面視において各要素が重畳する場合だけでなく、重畳しない場合をも含む。

[0014] 本発明の実施形態を説明する際、既に説明した要素と同様の機能を備えた要素については、同一の符号又は同一の符号にアルファベット等の記号を付して、説明を省略することがある。また、ある要素の部分について区別して説明する必要がある場合は、その要素を示す符号にアルファベット等の記号を付して区別する場合がある。ただし、その要素の各部分について、特に区別する必要がない場合は、その要素を示す符号のみを用いて説明する。

[0015] 本発明の実施形態を説明する際、「 α はA、BまたはCを含む」、「 α はA、BおよびCのいずれかを含む」、「 α はA、BおよびCからなる群から選択される一つを含む」、といった表現は、特に明示が無い限り、 α がA～Cの複数の組み合わせを含む場合を排除しない。さらに、これらの表現は、 α が他の要素を含む場合も排除しない。

[0016] <第1実施形態>

図1～図6は、第1実施形態におけるパターンを有する窒化ガリウムを含む半導体層を有する積層構造体の製造方法を示す端面図である。特に、図1～図6では、アモルファス基板上にパターンを有する窒化ガリウムを含む半導体層を形成する例を示す。なお、図1～図6では、単一の半導体層を形成する例を示しているが、実際には、基板上に複数の半導体層が形成される。

[0017] まず、図1に示すように、アモルファス基板101上に下地膜102を形成する。アモルファス基板101としては、例えば、ガラス基板を用いることができる。ガラス基板は、アルカリ成分の含有率が低く、熱膨張係数が低く、歪み点が高く、表面の平坦性が高いことが好ましい。例えば、アルカリ金属（ナトリウム等）の含有率が0.1%以下であり、熱膨張係数が $50 \times 10^{-7}/^{\circ}\text{C}$ より低く、歪み点が 600°C 以上であることが好ましい。後述するように、本実施形態では、スパッタリング法により窒化ガリウム系半導体

膜を形成するため、サファイア基板や石英基板に比べて耐熱性の低いガラス基板を用いることができる。このようなガラス基板は、サファイア基板や石英基板に比べて安価であり、マザーガラスの大面積化にも適している。ただし、本実施形態のアモルファス基板 101 は、ガラス基板に限らず、ポリイミド基板、アクリル基板、シロキサン基板、フッ素樹脂基板などの樹脂基板であってもよい。

[0018] 下地膜 102 は、アモルファス基板 101 からの不純物の混入を防ぐ保護膜としての役割を有する。下地膜 102 としては、例えば、窒化シリコン膜、酸化シリコン膜、窒化アルミニウム膜及び酸化アルミニウム膜から選ばれた 1 又は複数の膜で構成される。また、下地膜 102 は、保護膜としての役割だけでなく、絶縁性を有する膜としての役割を有するため、アモルファス基板 101 の上または表面を絶縁膜としても覆うことができる。

[0019] 下地膜 102 の上には、配向膜 103 が形成される。配向膜 103 は、後述する窒化ガリウムを含む半導体膜 106（図 3 参照）を形成する際に、窒化ガリウムを含む半導体膜 106 の結晶の配向性を向上させる機能を有する。

[0020] 配向膜 103 は、導電性であっても絶縁性であってもよいが、特定の軸（例えば、 c 軸）に配向した結晶性を有することが好ましい。配向膜 103 は、回転対称性を有する結晶であることが好ましく、例えば、その結晶表面が 6 回回転対称を有することが好ましい。また、配向膜 103 は、六方最密構造、面心立方構造、又はこれらに準ずる構造を有することが好ましい。ここで、六方最密構造又は面心立方構造に準ずる構造とは、 a 軸および b 軸に対して c 軸が 90 度にならない結晶構造を含む。六方最密構造又はこれに準ずる構造を有する配向膜 103 は、アモルファス基板 101 に対して $[001]$ 方向、すなわち、 c 軸方向に配向していることが好ましい。面心立方構造又はこれに準ずる構造を有する配向膜 103 は、アモルファス基板 101 に対して $[111]$ 方向に配向していることが好ましい。

[0021] 配向膜 103 の表面状態は、後述する窒化ガリウムを含む半導体膜 106

の結晶性に影響を与えるため、配向膜103の表面は、平坦であることが望ましい。例えば、配向膜103は、表面の算術平均粗さ(Ra)が2.3nmより小さいことが好ましい。

[0022] 上述の配向膜103としては、例えば導電性の配向膜103であり、チタン(Ti)、窒化チタン(TiN_x)、酸化チタン(TiO_x)、グラフェン、酸化亜鉛(ZnO)、二ホウ化マグネシウム(MgB₂)、アルミニウム(Al)、銀(Ag)、カルシウム(Ca)、ニッケル(Ni)、銅(Cu)、ストロンチウム(Sr)、ロジウム(Rh)、パラジウム(Pd)、セリウム(Ce)、イッテルビウム(Yb)、イリジウム(Ir)、白金(Pt)、金(Au)、鉛(Pb)、アクチニウム(Ac)、トリウム(Th)、BiLaTiO、SrFeO、BiFeO、BaFeO、ZnFeO、またはPMnN-PZT、などを用いることができる。特に、導電性の配向膜103として、チタン、グラフェン、酸化亜鉛、を用いることが好ましい。本実施形態では、導電性の配向膜103としてチタン層を用いる。

[0023] また、上述の配向膜103としては、例えば絶縁性の配向膜103であり、窒化アルミニウム(AlN)、酸化アルミニウム(Al₂O₃)、ニオブ酸リチウム(LiNbO)、BiLaTiO、SrFeO、BiFeO、BaFeO、ZnFeO、PMnN-PZT、または生体アパタイト(BAp)などを用いることができる。特に絶縁性の配向膜103として窒化アルミニウム、または酸化アルミニウムを用いることが好ましい。本実施形態では、絶縁性の配向膜103として、窒化アルミニウム層を用いることが好ましい。

[0024] 本実施形態において、配向膜103は導電性の配向膜であっても良く、絶縁性の配向膜であっても良く、導電性の配向膜及び絶縁性の配向膜を区別する必要が無い場合は配向膜103と表現する。

[0025] 配向膜103の膜厚は、例えば、50nm以上（好ましくは、50nm以上100nm以下）である。配向膜103は、任意の方法で形成することができる。例えば、配向膜103は、スパッタリング法、CVD法、真空蒸着

法、電子ビーム蒸着法等により形成することができる。

[0026] 次に、図2に示すように、レジストマスク104を用いて配向膜103をエッチングすることにより、パターンを有する配向層105を形成する。配向層105は、底面と側面とがなす角の角度が $\theta 1$ である勾配（以下、「テーパー」という）を有する。このとき、本実施形態では、配向膜103のエッチングにドライエッチング法を用いるため、配向層105のテーパーの角度 $\theta 1$ を、 60° 以上 90° 以下とすることができる。

[0027] 配向膜103のエッチングにウェットエッチング法を用いた場合、テーパーの角度 $\theta 1$ が小さくなりやすく、条件によってはテーパーの角度 $\theta 1$ が 60° 未満になる。例えば、配向層105のテーパーの角度 $\theta 1$ が 60° 未満であった場合、角度 $\theta 1$ が 60° 以上 90° 以下のときに比べ、配向層105のテーパーの面積は大きくなる。配向層105のテーパーの上に形成される窒化ガリウムを含む半導体膜106は、配向層105の上面に形成される窒化ガリウムを含む半導体膜106に比べ、結晶性が低くなる傾向にある。したがって、この面積が大きくなることにより、結晶性の低い窒化ガリウムを含む半導体膜106は、窒化ガリウムを含む半導体膜106により広く占有することとなる。

[0028] さらに、配向層105のテーパーの上に結晶性の低い窒化ガリウムを含む半導体膜106が形成される場合、結晶性の低い窒化ガリウムを含む半導体膜106は、配向層105の上に成膜される窒化ガリウムを含む半導体膜106の結晶成長を阻害する場合がある。したがって、本実施形態では、そのような結晶成長の阻害を防止するため、配向層105のテーパーの面積の抑制をする。また、その面積の抑制のために、配向層105のテーパー角の $\theta 1$ が 60° 以上 90° 以下となるように、本実施形態ではドライエッチング法を採用している。

[0029] 次に、図3に示すように、配向層105を覆うように窒化ガリウムを含む半導体膜106を形成する。本実施形態では、半導体膜として、窒化ガリウムを含む半導

体膜106をスパッタリング法により成膜する。具体的には、窒化ガリウムを含む半導体膜106は、例えば、絶縁表面を有するアモルファス基板101（ここでは、下地膜102が設けられたアモルファス基板101）を25℃～600℃、好ましくは25℃～400℃に加熱した状態でスパッタリング法により形成される。つまり、窒化ガリウムを含む半導体膜106は、アモルファス基板101の歪み点以下の温度で形成される。窒化ガリウムは、通常、MOCVD法（有機金属化学気相成長法：Metal Organic Chemical Vapor Deposition）で形成されるが、MOCVD法はプロセス温度が高いため、アモルファス基板101の耐熱性を考慮すると適切ではない。しかしながら、本実施形態では、スパッタリング法を用いることにより、安価なアモルファス基板101上に窒化ガリウムを含む半導体膜106を形成することができる。

[0030] 窒化ガリウムを含む半導体膜106は、例えば、窒化ガリウムの焼結体をスパッタリングターゲットとし、スパッタガスとしてアルゴン（Ar）又はアルゴン（Ar）及び窒素（N₂）の混合ガスを用いてスパッタリングを行うことにより形成される。スパッタリング法としては、例えば、2極スパッタリング法、マグネトロンスパッタリング法、デュアルマグネトロンスパッタリング法、対向ターゲットスパッタリング法、イオンビームスパッタリング法、誘導結合プラズマ（ICP）スパッタリング法を適用することができる。

[0031] 窒化ガリウムを含む半導体膜106の導電型は、実質的に真性であってもよいし、n型の導電性又はp型の導電性を有していてもよい。n型の導電性を有する窒化ガリウム層は、価電子制御を行うためのドーパントが含まれていなくてもよいし、n型ドーパントとして、シリコン（Si）又はゲルマニウム（Ge）が添加されていてもよい。p型の導電性を有する窒化ガリウム層は、p型ドーパントとして、マグネシウム（Mg）、亜鉛（Zn）、カドミウム（Cd）、ベリリウム（Be）から選ばれた一種の元素が添加されていてもよい。窒化ガリウムを含む半導体膜106にn型ドーパントを添加す

る場合は、キャリア濃度を $1 \times 10^{18} / \text{cm}^3$ 以上とすることが好ましい。窒化ガリウムを含む半導体膜 106 に p 型ドーパントを添加する場合は、キャリア濃度を $5 \times 10^{16} / \text{cm}^3$ 以上とすることが好ましい。また、窒化ガリウムを含む半導体膜 106 を実質的に真性にする場合、ドーパントとして亜鉛 (Zn) が含まれていてもよい。

[0032] また、窒化ガリウムを含む半導体膜 106 には、インジウム (In)、アルミニウム (Al)、ヒ素 (As) から選ばれた一種又は複数種の元素が含まれていてもよい。これらの元素によって、窒化ガリウムを含む半導体膜 106 のバンドギャップを調整することができる。

[0033] 以上のように、本実施形態では、配向層 105 が形成されたアモルファス基板 101 上に窒化ガリウムを含む半導体膜 106 が形成される。このとき、配向層 105 の上に形成された窒化ガリウムを含む半導体膜 106 は、配向層 105 の配向軸の影響を受ける。例えば、配向層 105 が回転対称性又は c 軸配向の結晶性を有する場合、窒化ガリウムを含む半導体膜 106 も c 軸配向又は (111) 配向の結晶性を有する。窒化ガリウムを含む半導体膜 106 の結晶性は、単結晶であることが好ましいが、多結晶、微結晶、又はナノ結晶であってもよい。窒化ガリウムを含む半導体膜 106 の結晶構造は、ウルツ鉱構造を有していてもよい。窒化ガリウムを含む半導体膜 106 の配向は、c 軸配向又は (111) 配向であることが望ましい。窒化ガリウムを含む半導体膜 106 は、配向層 105 と接する界面近傍にアモルファス構造が含まれてもよいが、バルクでは結晶性を有していることが好ましい。

[0034] 窒化ガリウムを含む半導体膜 106 の膜厚に限定はなく、デバイスの構造に応じて適宜設定することができる。窒化ガリウムを含む半導体膜 106 は単層構造であってもよいし、導電型及び／又は組成が異なる複数の層を含む積層構造であってもよい。

[0035] 図 3 に示すように、配向層 105 の上に形成された窒化ガリウムを含む半導体膜 106 は、配向層 105 の結晶性が反映された第 1 部分 106a と、第 1 部分 106a よりも結晶性が低い第 2 部分 106b とを含む。第 1 部分

106 aは、配向層105の上に位置する部分である。第2部分106 bは、下地膜102の上に位置する部分を含む。また、図3では、配向層105の底面と側面とがなす角の角度 $\theta 1$ が 90° の例を示したが、例えば $\theta 1$ が 80° 等の 90° より小さい場合、上述したように、第2部分106 bは、配向層105の側面（テーパ部分）の上に位置する部分も含む。なお、配向層105において、底面と側面とがなす角が 90° である場合も、便宜上テーパの角度 $\theta 1$ に含む。

[0036] したがって、第1部分106 aに対して、上述したように配向層105のテーパの角度 $\theta 1$ が 60° 以上 90° 以下であり、配向層105のテーパの面積が抑制されているため、第2部分106 bによる結晶成長の阻害が少ない。

[0037] 配向層105の結晶性が反映された第1部分106 aと第1部分106 aよりも結晶性の低い第2部分106 bは、透過電子顕微鏡（TEM: Transmission Electron Microscope）などで観察することで、結晶性の違いを確認することができる。

[0038] 次に、図4に示すように、窒化ガリウムを含む半導体膜106の第1部分106 aに重畳するように、レジストマスク107を形成する。すなわち、レジストマスク107は、窒化ガリウム層を含む半導体膜106のうち、配向層105の上面の上に位置する第1部分106 aをパターン化するように配置される。本実施形態では、第1部分106 aの側面とレジストマスク107の側面とが一致するように図示しているが、この例に限らず、レジストマスク107の幅は、第1部分106 aの幅より狭くてもよく、また、広くてもよい。

[0039] 次に、図5に示すように、レジストマスク107を用いて窒化ガリウムを含む半導体膜106に対してエッチングを行い、パターンを有する窒化ガリウムを含む半導体層108 aおよび窒化ガリウムを含む側面保護部108 bを形成する。このとき、半導体層108 aは、配向層105の上面に形成され、側面保護部108 bは、配向層105の側面に形成される。つまり、窒

化ガリウムを含む半導体膜 106 の結晶性の高い第 1 部分 106a が半導体層 108a に用いられ、第 1 部分 106a より結晶性の低い第 2 部分 106b が側面保護部 108b に用いられる。本実施形態では、窒化ガリウムを含む半導体膜 106 のエッチングに、ハロゲンガスを用いたドライエッチングを用いる。

[0040] 側面保護部 108b の形成は、半導体層 108a の形成とともに連続的に行われる。詳しくは、半導体膜 106 をエッチングし、レジストマスク 107 の下に半導体層 108a は形成される。半導体膜 106 をさらにエッチングすると、配向層 105 の側面は、部分的に半導体膜 106 から露出する。ここで、このエッチングにより配向層 105 の側面の半導体膜 106 から露出した部分を、露出部 110 とする。上述した半導体膜 106 のエッチングは、露出部 110 が半導体層 108a と側面保護部 108b とを離隔するまで行われ、側面保護部 108b は形成される。

[0041] 以上で形成された側面保護部 108b は、配向層 105 の側面を部分的に覆うように設けられ、露出部 110 は、側面保護部 108b が覆っていない配向層 105 の側面に位置する。このとき、露出部 110 は、配向層 105 の側面において、半導体層 108a と側面保護部 108b との間に位置する。さらに、側面保護部 108b は下地膜 102 の上に接するように設けられるため、配向層 105 の側面および下地膜 102 に接する配向層 105 の端部を保護することができる。

[0042] 側面保護部 108b の膜厚 L_1 は、配向層 105 の膜厚 L_2 より薄く、配向層 105 の膜厚 L_2 の半分以下であってもよい。ここで、側面保護部 108b の膜厚 L_1 は、配向層 105 の側面に接している部分の長さとする。

[0043] 側面保護部 108b は、半導体膜 106 をエッチングにより形成されることから、半導体膜 106 をエッチングすることで形成される半導体層 108a が含む窒化ガリウムと同じ組成の窒化ガリウムを含む。また、側面保護部 108b は、上述したように半導体膜 106 の第 2 部分 106b の一部に相当するため、半導体層 108a と側面保護部 108b は同じ組成の窒化ガリ

ウムを含む。また、側面保護部 108b の結晶性も、半導体膜 106 の第 2 部分 106b と同様であるため、半導体膜 106 の第 1 部分 106a に相当する半導体層 108a の結晶性より低い。側面保護部 108b の結晶性が低いことより、導電性は低く、つまり絶縁性が高い。よって、側面保護部 108b は、半導体層 108a と同じ組成の窒化ガリウムを含むが、配向層 105 の側面に配置されていても、半導体層 108a と導通しない。

[0044] 次に、図 6 に示すように、レジストマスク 107 の除去を行う。レジストマスク 107 の除去には、ドライタイプのレジスト剥離またはウェットタイプのレジスト剥離を用いることができる。

[0045] 以上のプロセスを経て、図 6 に示す積層構造体 10 が得られる。本実施形態の積層構造体 10 の半導体層 108a は、窒化ガリウムを含む半導体膜 106 の第 1 部分 106a をパターン化したものであるため、配向層 105 の配向性を反映して特定の配向軸に揃った結晶性を有している。また、配向層 105 の側面に配置される窒化ガリウムを含む側面保護部 108b により、半導体層 108a および配向層 105 を半導体層 108a の形成する際に用いるエッチングから保護することができ、半導体層 108a および配向層 105 の側面のエッチングによるダメージを抑制することができる。したがって、本実施形態の半導体層 108a を有する積層構造体 10 を加工して半導体デバイスに用いることにより、優れた特性の半導体デバイスを実現することができる。

[0046] 図 7 は、第 1 実施形態における積層構造体 10 を有する半導体デバイス 500 を示す端面図である。具体的には、図 7 に示す半導体デバイス 500 は、図 6 に示した積層構造体 10 を用いて製造した LED 素子の一例である。なお、図 6 及び図 7 において、配向層 105 と半導体層 108a との間の膜厚の大小関係が異なるが、説明の便宜上、図 6 では配向層 105 の膜厚を誇張しているにすぎない。

[0047] 図 6 に示したように、半導体層 108a を形成したら、半導体層 108a の上に、n 型窒化ガリウム層 501、発光層 502 及び p 型窒化ガリウム層

503を順次成長させる。その後、n型窒化ガリウム層501、発光層502及びp型窒化ガリウム層503の一部を、n型窒化ガリウム層501が露出するように除去する。最後に、n型窒化ガリウム層501及びp型窒化ガリウム層503にそれぞれ接するn型電極504及びp型電極505を形成する。

[0048] 以上のプロセスを経て、図7に示した半導体デバイス500が完成する。本実施形態の半導体デバイス500は、アモルファス基板101上に形成された窒化ガリウムを含む半導体膜106のうち、結晶性の高い第1部分106aのみを用いた半導体層108aを用いて形成される。したがって、本実施形態によれば、安価なアモルファス基板101上に半導体デバイス500を製造することができる。さらに、本実施形態によれば、結晶性の高い窒化ガリウムを含む半導体膜106をスパッタリング法により形成できるため、プロセス全体を通じて高い温度に曝されることがなく、高いスループットで半導体デバイス500を製造することができる。

[0049] 図7に示した半導体デバイス500は、LED素子としての一例を示すにすぎず、他の構造のLED素子であってもよい。例えば、発光層502は、窒化ガリウム層と窒化インジウムガリウム層とを交互に積層した量子井戸構造であってもよい。

[0050] 図8は、第1実施形態に積層構造体10を有する半導体デバイス500を用いた発光装置600を示す平面図である。図8に示すように、アモルファス基板101上には、表示部601及び周辺回路部602が設けられる。周辺回路部602の一部には、発光装置600へ各種信号（映像信号及び制御信号）を入力するための端子部603が設けられる。表示部601の内側には、複数の画素604がマトリクス状に配置される。図7に示した半導体デバイス500は、各画素604に配置されている。図示は省略するが、各画素604には、半導体デバイス500の発光及び非発光を制御するための半導体チップが設けられていてもよい。

[0051] 以下では、本実施形態に係る積層構造体10の変形例について説明する。

なお、図面において、第1実施形態と同じ要素については、同じ符号を付して重複する説明を省略する。

[0052] <変形例>

図9は、本発明の一実施形態に係る積層構造体20の構成を示す端面図である。まず、第1実施形態の図1乃至図4を用いて説明したプロセスにしたがって、図4に示す状態を得る。

[0053] 次に、図9に示すように、レジストマスク207を用いて窒化ガリウムを半導体膜（図4に示した窒化ガリウムを含む半導体膜106）に対してエッチングを行い、パターンを有する半導体層208aおよび側面保護部208bを形成する。

[0054] 図5で説明したように、側面保護部208bの形成は、図5で示す半導体膜106を配向層105の側面が部分的に半導体膜106から露出するまでエッチングを行えばよいが、図9で示す配向層205の上部が露出するまで行えばよい。

[0055] また、側面保護部208bの膜厚L1は、側面保護部208bの結晶性が十分に低く、絶縁性が高い場合、配向層205の膜厚L2より薄く、膜厚L2の半分以上であってもよい。

[0056] 次に、図6で説明したように、レジストマスク207の除去を行い、図10に示す積層構造体20が得られる。本実施形態の積層構造体20の半導体層208aは、窒化ガリウムを含む半導体膜106の第1部分106aをパターン化したものであるため、配向層205の配向性を反映して特定の配向軸に揃った結晶性を有している。さらに、側面保護部208bが配向層205の側面をより多く覆うように設けられているため、半導体層208aおよび配向層205を半導体層208aの形成する際に用いるエッチングから保護することができ、半導体層208aおよび配向層205の側面のエッチングによるダメージをより抑制することができる。したがって、本実施形態の半導体層208aを有する積層構造体20を加工して半導体デバイスに用いることにより、優れた特性の半導体デバイスを実現することができる。

[0057] <第2実施形態>

本実施形態では、第1実施形態とは異なる構造の半導体デバイスを形成した例について説明する。具体的には、本実施形態では、半導体デバイスとして、HEMT (High Electron Mobility Transistor) を形成した例について説明する。なお、図面において、第1実施形態と同じ要素については、同じ符号を付して重複する説明を省略する。

[0058] 図11は、第2実施形態における窒化ガリウム系半導体層を含む半導体デバイス700を示す端面図である。具体的には、図11に示す半導体デバイス700は、第1実施形態において図6に示した積層構造体10を用いて製造したHEMTの一例である。なお、図6及び図11において、配向層105と半導体層108との間の膜厚の大小関係が異なるが、説明の便宜上、図6では配向層105の膜厚を誇張しているにすぎない。

[0059] 窒化ガリウム層で構成された半導体層108の上には、n型窒化アルミニウムガリウム層701及びn型窒化アルミニウムガリウム層702が順次形成される。これらの窒化ガリウム系半導体層の形成には、スパッタリング法を用いることができる。n型窒化アルミニウムガリウム層701及びn型窒化アルミニウムガリウム層702には、n型窒化アルミニウムガリウム層701に達するトレンチが設けられ、その内部にソース電極703及びドレイン電極704が配置される。ソース電極703とドレイン電極704との間には、n型窒化アルミニウムガリウム層702に接するゲート電極705が配置される。最後に、保護層として窒化シリコン層706が形成され、図11に示すHEMTが完成する。

[0060] 本実施形態の半導体デバイス700は、アモルファス基板101上に形成された結晶性の高い窒化ガリウム層（半導体層108）を用いて形成される。したがって、本実施形態によれば、安価なアモルファス基板101上に半導体デバイス700を製造することができる。さらに、本実施形態によれば、複数の窒化ガリウム系半導体層をスパッタリング法により形成するため、

プロセス全体を通じて高い温度に曝されることがなく、高いスループットで半導体デバイス700を製造することができる。なお、図11に示した半導体デバイス700は、HEMTの一例を示すものにすぎず、他の構造のHEMTであってもよい。

[0061] 本発明の実施形態として上述した各実施形態は、相互に矛盾しない限りにおいて、適宜組み合わせて実施することができる。各実施形態を基にして、当業者が適宜構成要素の追加、削除もしくは設計変更を行ったもの、又は、工程の追加、省略もしくは条件変更を行ったものも、本発明の要旨を備えている限り、本発明の範囲に含まれる。

[0062] また、上述した各実施形態の態様によりもたらされる作用効果とは異なる他の作用効果であっても、本明細書の記載から明らかなもの、又は、当業者において容易に予測し得るものについては、当然に本発明によりもたらされるものと解される。

符号の説明

[0063] 10：積層構造体、20：積層構造体、101：アモルファス基板、102：下地膜、103：配向膜、104：レジストマスク、105：配向層、106：半導体膜、106a：第1部分、106b：第2部分、107：レジストマスク、108：半導体層、108a：半導体層、108b：側面保護部、110：露出部、205：配向層、207：レジストマスク、208a：半導体層、208b：側面保護部、210：露出部、500：半導体デバイス、501：n型窒化ガリウム層、502：発光層、503：p型窒化ガリウム層、504：n型電極、505：p型電極、600：発光装置、601：表示部、602：周辺回路部、603：端子部、604：画素、700：半導体デバイス、701：n型窒化アルミニウムガリウム層、702：n型窒化アルミニウムガリウム層、703：ソース電極、704：ドレイン電極、705：ゲート電極、706：窒化シリコン層

請求の範囲

- [請求項1] 絶縁表面を有するアモルファス基板と、
前記絶縁表面を有するアモルファス基板の上のパターンを有する配向層と、
前記配向層の上面に配置されるパターンを有する窒化ガリウムを含む半導体層と、
前記配向層の側面に配置される窒化ガリウムを含む側面保護部と、
を有し、
前記半導体層と前記側面保護部とは、前記配向層の側面において、
離隔される、
積層構造体。
- [請求項2] 絶縁表面を有するアモルファス基板と、
前記絶縁表面を有するアモルファス基板の上のパターンを有する配向層と、
前記配向層の上面に配置されるパターンを有する窒化ガリウムを含む半導体層と、
前記配向層の側面に配置される窒化ガリウムを含む側面保護部と、
を有し
前記配向層は、前記半導体層および前記側面保護部に覆われない露出部を含み、
前記露出部は、前記半導体層と前記側面保護部との間に配置される、
積層構造体。
- [請求項3] 前記配向層の底面と側面とがなす角は、 60° 以上 90° 以下である、
請求項 1 または請求項 2 記載の積層構造体。
- [請求項4] 前記半導体層は、前記側面保護部と同じ組成の窒化ガリウムを有し、

前記半導体層の窒化ガリウムの結晶性は、前記側面保護部の窒化ガリウムの結晶性より高い、

請求項 1 または請求項 2 に記載の積層構造体。

[請求項5] 前記半導体層は、前記側面保護部と同じ組成の窒化ガリウムを有し、

前記側面保護部の絶縁性は、前記半導体層の絶縁性より高い、

請求項 1 または請求項 2 に記載の積層構造体。

[請求項6] 前記側面保護部は、前記絶縁表面の上にも配置される、
請求項 1 に記載の積層構造体。

[請求項7] 前記露出部は、前記半導体層と前記側面保護部とを離隔する、
請求項 2 に記載の積層構造体。

[請求項8] 前記側面保護部は、前記絶縁表面の上にも配置される、
請求項 2 に記載の積層構造体。

[請求項9] 請求項 1 または請求項 2 に記載の積層構造体を用いた、
半導体デバイス。

[請求項10] 絶縁表面を有するアモルファス基板の上にパターンを有する配向層を形成し、

前記配向層を覆うように窒化ガリウムを含む半導体膜を形成し、

前記半導体膜をエッチングすることで、前記配向層の上面にパターンを有する窒化ガリウムを含む半導体層を形成するとともに、前記配向層の側面に配置される窒化ガリウムを含む側面保護部を形成することを含み、

前記半導体層と前記側面保護部は離隔する、

積層構造体の製造方法。

[請求項11] 絶縁表面を有するアモルファス基板の上にパターンを有する配向層を形成し、

前記配向層を覆うように窒化ガリウムを含む半導体膜を成膜し、

前記配向層の側面において、前記配向層の一部が前記半導体膜から

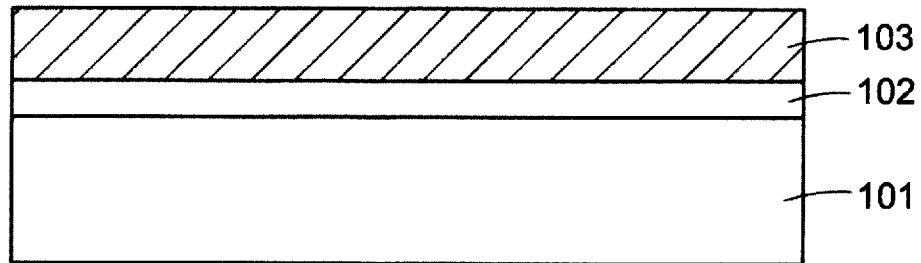
露出するように、前記半導体膜をエッチングする、
積層構造体の製造方法。

[請求項12] 前記配向層の底面と側面がなす角は、 60° 以上 90° 以下である
、
請求項10または請求項11に記載の積層構造体の製造方法。

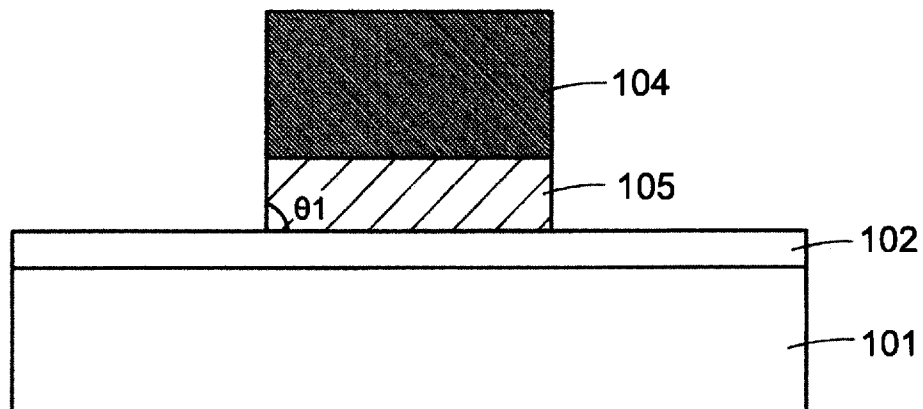
[請求項13] 前記配向層を形成することは、
前記絶縁表面を有するアモルファス基板の上に配向膜を成膜し、
前記配向膜をエッチングすることで前記配向層を形成することをさ
らに含む、
請求項10または請求項11に記載の積層構造体の製造方法。

[請求項14] 前記半導体膜のエッチングにより、前記配向層の上面にパターンを
有する窒化ガリウムを含む半導体層が形成されるとともに、前記配向
層の側面に窒化ガリウムを含む側面保護部が形成されることをさらに
含む、
露出させた前記配向層の一部は、前記半導体層と前記側面保護部と
の間に位置する、
請求項11に記載の積層構造体の製造方法。

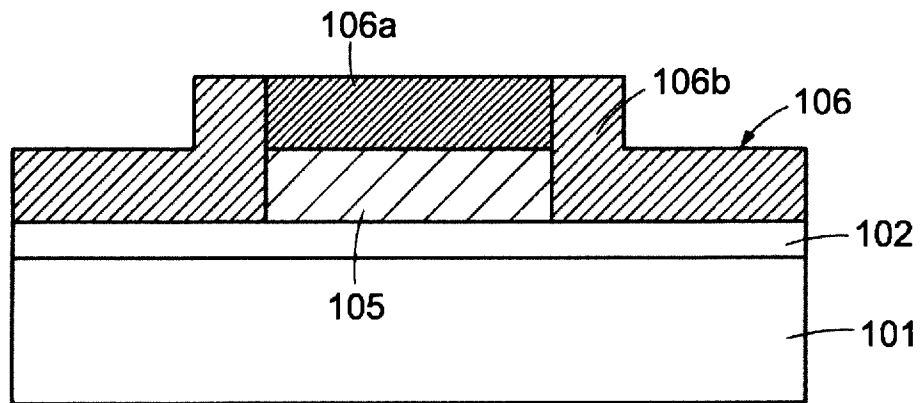
[図1]



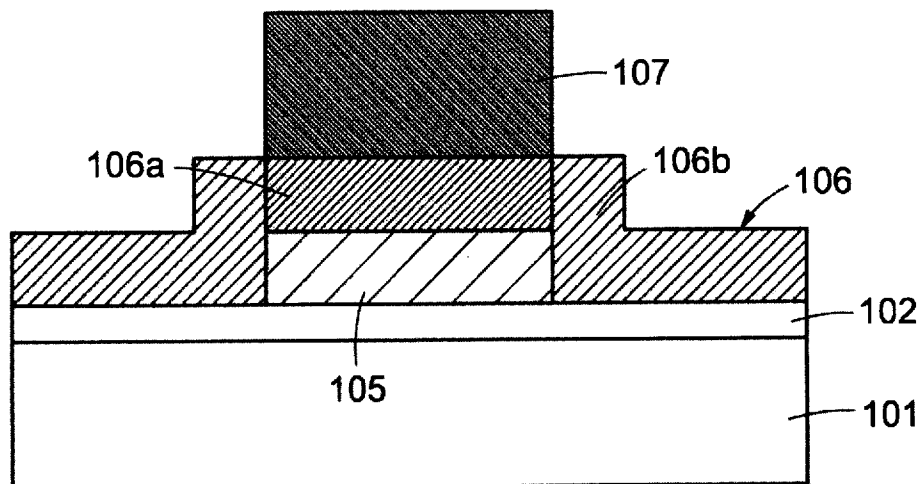
[図2]



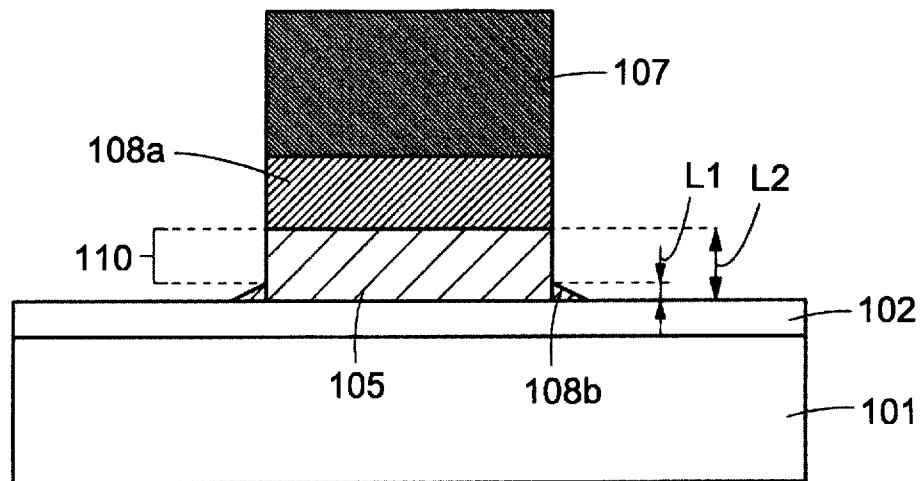
[図3]



[図4]

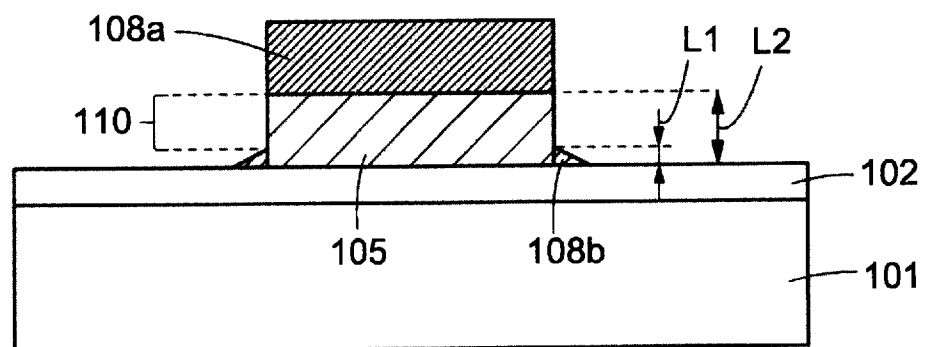


[図5]

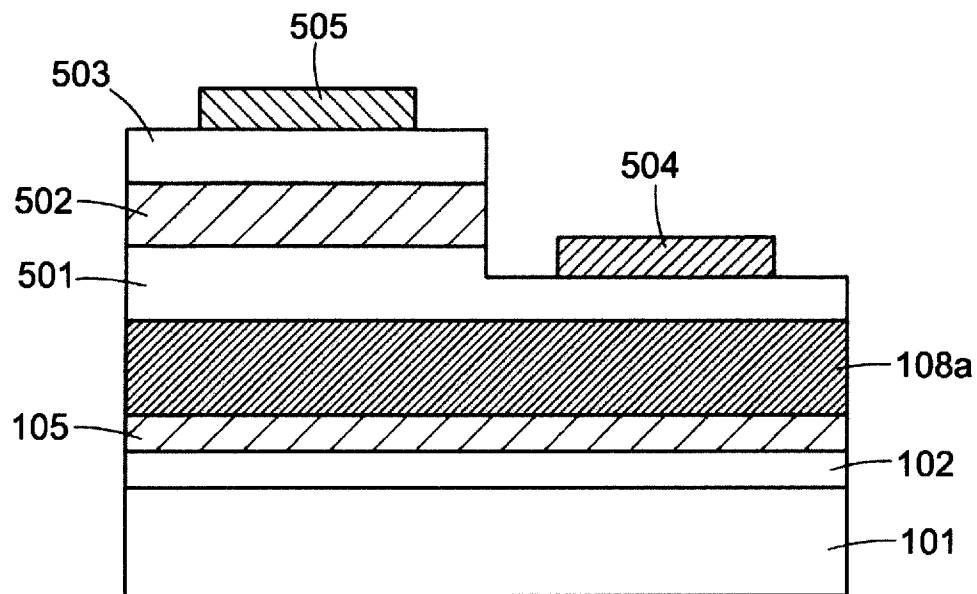


[図6]

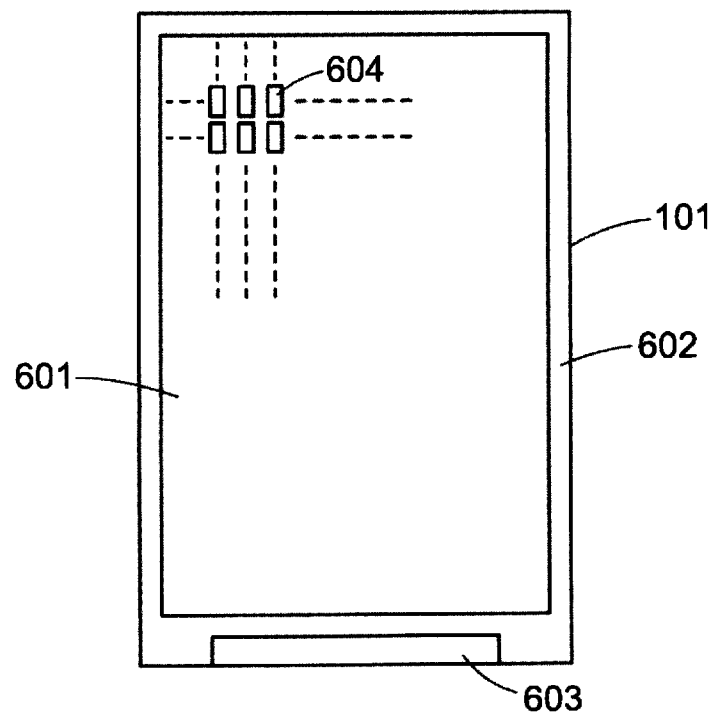
10



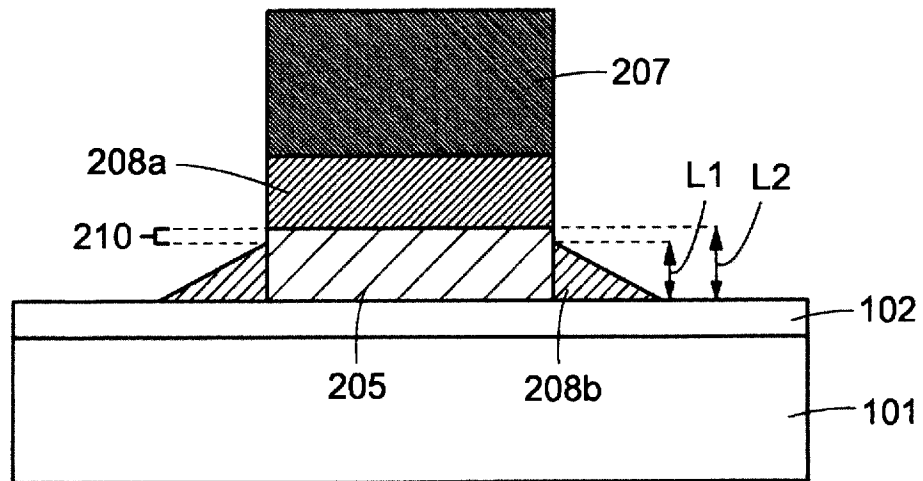
[図7]

500

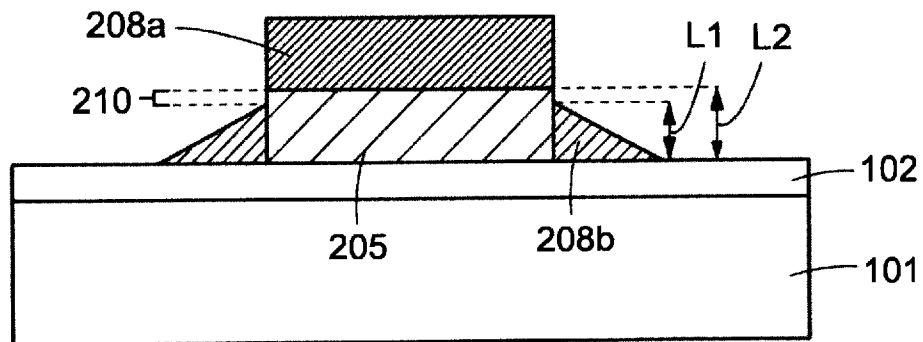
[図8]

600

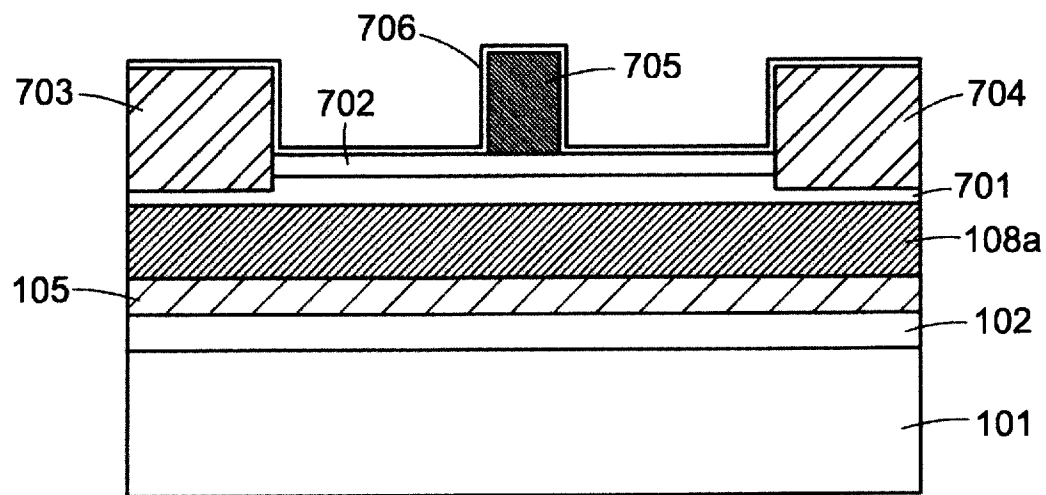
[図9]



[図10]

20

[図11]

700

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2023/021906

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER**H01L 21/20**(2006.01)i

FI: H01L21/20

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)

H01L21/20

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Published examined utility model applications of Japan 1922-1996

Published unexamined utility model applications of Japan 1971-2023

Registered utility model specifications of Japan 1996-2023

Published registered utility model applications of Japan 1994-2023

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used)

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	JP 2012-119569 A (ULVAC JAPAN LTD.) 21 June 2012 (2012-06-21)	1-14
A	JP 2012-76984 A (KABUSHIKI KAISHA TOSHIBA) 19 April 2012 (2012-04-19)	1-14
A	JP 2000-269605 A (YOSHIKAWA, Akihiko) 29 September 2000 (2000-09-29)	1-14
A	JP 2018-30766 A (YAMAGUCHI UNIVERSITY) 01 March 2018 (2018-03-01)	1-14



Further documents are listed in the continuation of Box C.



See patent family annex.

* Special categories of cited documents:

“A” document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance

“E” earlier application or patent but published on or after the international filing date

“L” document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)

“O” document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means

“P” document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

“T” later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention

“X” document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone

“Y” document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art

“&” document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search

01 August 2023

Date of mailing of the international search report

08 August 2023

Name and mailing address of the ISA/JP

Japan Patent Office (ISA/JP)

3-4-3 Kasumigaseki, Chiyoda-ku, Tokyo 100-8915

Japan

Authorized officer

Telephone No.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT
Information on patent family members

International application No.
PCT/JP2023/021906

Patent document cited in search report			Publication date (day/month/year)	Patent family member(s)	Publication date (day/month/year)
JP	2012-119569	A	21 June 2012	(Family: none)	
JP	2012-76984	A	19 April 2012	US 2012/0058626	A1
				EP 2426701	A1
				CN 102403201	A
				KR 10-1144466	B1
				TW 201212286	A
JP	2000-269605	A	29 September 2000	(Family: none)	
JP	2018-30766	A	01 March 2018	(Family: none)	

A. 発明の属する分野の分類（国際特許分類（IPC）） H01L 21/20(2006.01)i FI: H01L21/20		
B. 調査を行った分野 調査を行った最小限資料（国際特許分類（IPC）） H01L21/20 最小限資料以外の資料で調査を行った分野に含まれるもの 日本国実用新案公報 1922-1996年 日本国公開実用新案公報 1971-2023年 日本国実用新案登録公報 1996-2023年 日本国登録実用新案公報 1994-2023年 国際調査で使用した電子データベース（データベースの名称、調査に使用した用語）		
C. 関連すると認められる文献		
引用文献の カテゴリー*	引用文献名 及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	関連する 請求項の番号
A	JP 2012-119569 A（株式会社アルパック）21.06.2012（2012-06-21）	1-14
A	JP 2012-76984 A（株式会社東芝）19.04.2012（2012-04-19）	1-14
A	JP 2000-269605 A（吉川 明彦）29.09.2000（2000-09-29）	1-14
A	JP 2018-30766 A（国立大学法人山口大学）01.03.2018（2018-03-01）	1-14
☐ C欄の続きにも文献が列挙されている。 ☒ パテントファミリーに関する別紙を参照。		
* 引用文献のカテゴリー “A” 特に関連のある文献ではなく、一般的技术水準を示すもの “E” 国際出願日前の出願または特許であるが、国際出願日以後に公表されたもの “L” 優先権主張に疑義を提起する文献又は他の文献の発行日若しくは他の特別な理由を確立するために引用する文献（理由を付す） “O” 口頭による開示、使用、展示等に言及する文献 “P” 国際出願日前で、かつ優先権の主張の基礎となる出願の日の後に公表された文献 “T” 国際出願日又は優先日後に公表された文献であって出願と抵触するものではなく、発明の原理又は理論の理解のために引用するもの “X” 特に関連のある文献であって、当該文献のみで発明の新規性又は進歩性がないと考えられるもの “Y” 特に関連のある文献であって、当該文献と他の1以上の文献との、当業者にとって自明である組合せによって進歩性がないと考えられるもの “&” 同一パテントファミリー文献		
国際調査を完了した日 01.08.2023		国際調査報告の発送日 08.08.2023
名称及びあて先 日本国特許庁(ISA/JP) 〒100-8915 日本国 東京都千代田区霞が関三丁目4番3号		権限のある職員（特許庁審査官） 宇多川 勉 50 3125 電話番号 03-3581-1101 内線 3559

国際調査報告
パテントファミリーに関する情報

国際出願番号

PCT/JP2023/021906

引用文献			公表日	パテントファミリー文献			公表日
JP	2012-119569	A	21.06.2012	(ファミリーなし)			
JP	2012-76984	A	19.04.2012	US	2012/0058626	A1	
				EP	2426701	A1	
				CN	102403201	A	
				KR	10-1144466	B1	
				TW	201212286	A	
JP	2000-269605	A	29.09.2000	(ファミリーなし)			
JP	2018-30766	A	01.03.2018	(ファミリーなし)			