(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
2006 年12 月7 日 (07.12.2006)

PCT

(10) 国際公開番号
WO 2006/129595 A1

(51) 国際特許分類:
H01L 33/00 (2006.01)

(21) 国際出願番号: PCT/JP2006/310649

(22) 国際出願日: 2006 年5 月29 日 (29.05.2006)

(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2005-160259 2005 年5 月31 日 (31.05.2005) JP

(71) 出願人 (米国を除く全ての指定国について): 信越半導体株式会社 (SHIN-ETSU HANDOTAI CO., LTD.) [JP/JP]; 〒1000005 東京都千代田区丸の内１丁目４番２号 Tokyo (JP).

(72) 発明者; および

(75) 発明者/出願人 (米国についてのみ): 鈴木 由佳里 (SUZUKI, Yukari) [JP/JP]; 〒3790196 群馬県安中市磯部二丁目１３番１号 信越半導体株式会社 半導体磯部研究所内 Gunma (JP). 池田 均 (IKEDA, Hitoshi) [JP/JP]; 〒3790196 群馬県安中市磯部二丁目１３番１号 信越半導体株式会社 磯部工場内 Gunma (JP).

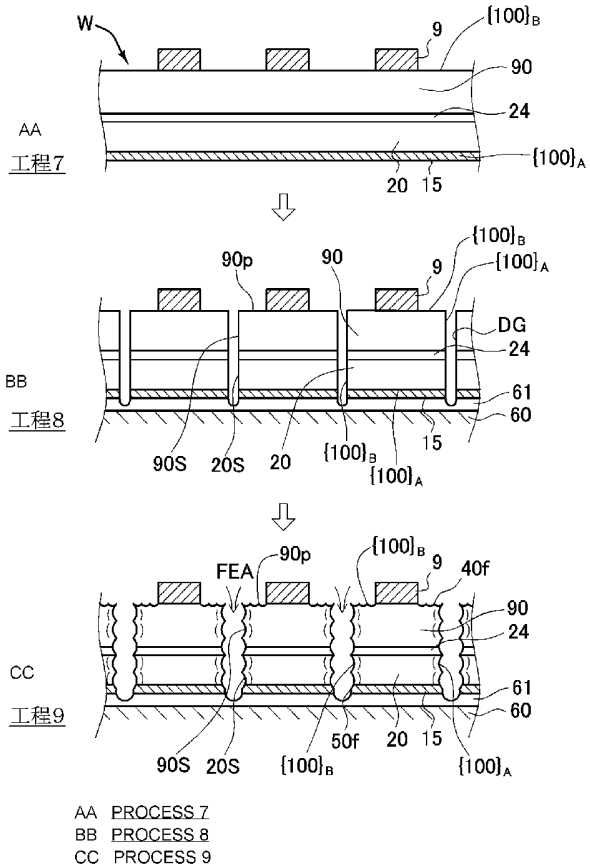
(74) 代理人: 菅原 正倫 (SUGAWARA, Masatsune); 〒4600008 愛知県名古屋市中区栄二丁目９番３０号 栄山吉ビル 菅原国際特許事務所 Aichi (JP).

(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, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DK, DM, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, HR, HU, ID, IL, IN, IS, KE, KG, KM, KN, KP, KR, KZ, LC, LK, LR,

[続葉有]

(54) **Title:** PROCESS FOR PRODUCING LUMINESCENT ELEMENT

(54) 発明の名称: 発光素子の製造方法



(57) **Abstract:** This invention provides a process for producing a luminescent element, comprising producing a luminescent element wafer, comprising a luminescent layer part (24) having a double hetero structure of AlGaInP and a GaP light takeout layer (90) disposed on the luminescent layer part so that the first main surface of the GaP light takeout layer (90) per se constitutes the first main surface of the wafer, in such a manner that the first main surface of the GaP light takeout layer is a P rich off angle {100} plane which is higher in content of P atom than the plane of {100} just. A plane roughening protrusion part (40f) is formed by etching the first main plane in the GaP light takeout layer (90) of the P rich off angle {100} plane with a plane roughening etching liquid FEA comprising not less than 40% by mass and not more than 75% by mass(in terms of CH_3COOH) of acetic acid, not less than 2% by mass and not more than 5.5% by mass (in terms of HF) of hydrofluoric acid, not less than 4.5% by mass and not more than 16% by mass (in terms of HNO_3) of nitric acid, and not less than 0.7% by mass and not more than 1.5% by mass (in terms of I_2) of iodine, and having a water content of not less than 2% by mass and not more than 25% by mass. The above constitution can provide the production process of a luminescent element that can easily conduct plane roughening treatment of the GaP light takeout layer in which the main surface is a {100} plane which has been offangled so as to provide a P rich state.

(57) 要約: ＡｌＧａＩｎＰからなるダブルヘテロ構造を有する発光層部２４と、自身の第一主表面がウェーハの第一主表面をなす形で発光層部上に配置されたＧａＰ光取出層９０とを有する発光素子ウェーハを、ＧａＰ光取出層の第一主表面が、｛１００｝ジャストの面よりもＰ原子の存在比率が高いＰリッチオフアングル｛１００｝面となるように製造する。そのＰリッチオフアングル｛１００｝面からなるＧａＰ光取出層９０の第

[続葉有]

WO 2006/129595 A1

LS, LT, LU, LV, LY, MA, MD, MG, MK, MN, MW, MX, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PG, PH, PL, PT, RO, RU, SC, SD, SE, SG, SK, SL, SM, SY, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, YU, 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, GH, GM, KE, LS, MW, MZ, NA, SD, SL, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), ユーラシア (AM, AZ, BY, KG, KZ, MD, RU, TJ, TM), ヨーロッパ (AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, LV, MC, NL, PL, PT, RO, SE, SI, SK, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

添付公開書類:
— 国際調査報告書

２文字コード及び他の略語については、定期発行される各*PCT*ガゼットの巻頭に掲載されている「コードと略語のガイダンスノート」を参照。

一主表面を、酢酸（CH_3COOH換算）：４０質量%以上７５質量%以下、弗酸（ＨＦ換算）：２質量%以上５．５質量%以下、硝酸（HNO_3換算）：４．５質量%以上１６質量%以下、ヨウ素（I_2換算）：０．７質量%以上１．５質量%以下の範囲で含有し、かつ、水の含有量が２質量%以上２５質量%以下の面粗し用エッチング液ＦＥＡにてエッチングすることにより面粗し突起部４０ｆを形成する。これにより、Ｐリッチとなるようにオフアングルされた｛１００｝面を主表面とするＧａＰ光取出層に容易に面粗し処理を施すことができる発光素子の製造方法を提供する。

明 細 書

発光素子の製造方法

技術分野

[0001] この発明は発光素子の製造方法及び発光素子に関する。

背景技術

[0002] 特許文献1:特開2003－218383号公報

特許文献2:特開2003－209283号公報

特許文献3:特許第2780744号公報

特許文献4:特開平8－115893号公報

特許文献5:特開平5－167101号公報

特許文献6:特開平8－102548号公報

[0003] $(Al_xGa_{1-x})_yIn_{1-y}P$混晶(ただし、$0 \leqq x \leqq 1$, $0 \leqq y \leqq 1$;以下、AlGaInP混晶、あるいは単にAlGaInPとも記載する)により発光層部が形成された発光素子は、薄いAlGaInP活性層を、それよりもバンドギャップの大きいn型AlGaInPクラッド層とp型AlGaInPクラッド層とによりサンドイッチ状に挟んだダブルヘテロ構造を採用することにより、例えば緑色から赤色までの広い波長域にて高輝度の素子を実現できる。発光層部への通電は、素子表面に形成された金属電極を介して行なわれる。金属電極は遮光体として作用するため、例えば発光層部の光取出側となる主表面(以下、これを第一主表面と定義する)の中央部のみを覆う形で形成され、その周囲の電極非形成領域から光を取り出すようにする。

[0004] この場合、金属電極の面積をなるべく小さくしたほうが、電極の周囲に形成される光取出領域の面積を大きくできるので、光取出し効率を向上させる観点において有利である。従来、電極形状の工夫により、素子内に効果的に電流を拡げて光取出量を増加させる試みがなされているが、この場合も電極面積の増大は避けがたく、光取出領域面積の減少により却って光取出量が制限されるジレンマに陥っている。また、クラッド層のドーパントのキャリア濃度ひいては導電率は、活性層内でのキャリアの発光再結合を最適化するために多少低めに抑えられており、面内方向には電流が広がり

にくい傾向がある。これは、電極被覆領域に電流密度が集中し、光取出領域における実質的な光取出量が低下してしまうことにつながる。そこで、クラッド層と電極との間に、クラッド層よりもドーパント濃度を高めた低抵抗率の電流拡散層を形成する方法が採用されている。この電流拡散層は、一定以上に厚みを増加した光取出層として形成すれば、素子面内の電流拡散効果が向上するばかりでなく、層側面からの光取出量も増加するので、光取出効率をより高めることができるようになる。光取出層は、発光光束を効率よく透過させ、光取出し効率を高めることができるよう、発光光束の光量子エネルギーよりもバンドギャップエネルギーの大きい化合物半導体で形成する必要がある。特にGaPはバンドギャップエネルギーが大きく発光光束の吸収が小さいので、AlGaInP系発光素子の光取出層として多用されている。

[0005] 上記のような発光素子では、光取出層の第一主表面において、金属電極の周囲領域は光取出領域として使用されるが、素子内部から光取出領域に向かう光のうち、臨界角度よりも大角度で光取出領域に入射する光(入射角は、光束入射方向と領域面法線とのなす角度)が全反射により素子内部に戻るので、その全てを取り出せるわけではない。そこで、特許文献1～特許文献3には、光取出層の第一主表面を適当なエッチング液により面粗し処理(フロスト処理とも称される)して微細な凹凸を形成し、発光光束が大角度入射する確率を減じて光取出し効率を高める技術が開示されている。また、別法として特許文献5及び特許文献6には、電流拡散層上に、これとは格子定数の異なる化合物半導体からなる光散乱層をエピタキシャル成長し、両層の格子不整合に起因した凹凸を光散乱層に形成する技術が開示されている。

発明の開示

発明が解決しようとする課題

[0006] しかしながら、上記特許文献1には、エッチング液を用いた面粗し処理では露出面方位により粗面化できる面とできない面とが発生するため、常にチップ上面が粗面化できるとは限らず光取出し効率の向上に制約があり、高輝度化が困難である、との開示がある。特許文献2には、より具体的に、「一般に半導体基板の主面は{100}面又は{100}±数度OFFした面であり、この上に成長された各半導体層の表面も{100}面又は{100}±数度OFFした面であり、{100}面又は{100}±数度OFFした面を

粗面化するのは難しい」との開示がある。また、特許文献2及び特許文献3において光取出層として例示されているのはGaAlAsであるが、特許文献1はGaP光取出層が例示され、その第一主表面はやはり{100}面である。

[0007] つまり、特許文献1～特許文献3の開示内容を総合すると、第一主表面が{100}面であるGaP光取出層は、GaP用として従来知られているエッチング液(特許文献1の段落0026によると、塩酸、硫酸、過酸化水素、もしくはそれらの混合液である)を使用する限り、該第一主表面を単純にエッチング液に浸漬しただけでは面粗しできず、光取出し効率を十分に改善できる凹凸を形成することが困難であることが明らかである。

[0008] また、GaPは閃亜鉛鉱型結晶構造を有したIII－V族化合物半導体であり、＜111＞方向に、Gaの最密充填面とPの最密充填面とが交互に積層した結晶構造を有する。この場合、＜100＞ジャストに主軸方位が合わせこまれたGaP単結晶では、2つの主表面のGa原子とP原子との存在比率は等価であるが、オフアングルを付与した{100}面の場合は該存在比率のバランスが崩れ、一方の主表面はGaリッチ、他方の主表面はPリッチとなる。本発明者が検討したところ、このオフアングルを付与した{100}面の場合、Pリッチとなる側のものが、化学エッチングによる面粗し処理がとりわけ困難であることが判明した。

[0009] 特許文献1では、GaP光取出層の{100}主表面を、微細にパターニングされた樹脂マスクで覆ってエッチングする方法が開示されている。該文献内では、そのエッチング方法として形式的にウェットエッチング(化学エッチング)についても示唆されてはいるものの、実施例も含めて具体的な開示があるのは全てRIE(Reactive Ion Etching:反応性イオンエッチング)によるドライエッチングだけである。ドライエッチングは高価であり、一度に処理できる基板面積も小さく効率が非常に悪い欠点がある。また、Pリッチとなるようにオフアングルされた{100}面に、化学エッチングにより効果的に面粗しする具体的な方法についての開示があるはずもない。

[0010] 他方、特許文献2及び特許文献3は光取出層自体がGaAlAsなので、GaP光取出層の{100}主表面をエッチングにより凹凸形成するための具体的な情報を何ら与えるものではない。さらに、三角断面を有したマクロな溝状の二次パターンを機械的な

加工により形成して、エッチングが容易となる{111}面を露出させ、その二次パターンの表面に化学エッチングするという方法を採用しているが、機械的な溝入れ加工が必要となる分だけ工数が増える欠点がある。

[0011] また、GaP光取出層を有した発光素子では、該GaP光取出層を厚くすることで、その側面からの光取出量も増加させることができる。従って、上記の面粗し処理は、厚く形成されたGaP光取出層の側面にも施しておけば、素子全体の光取出し効率を一層高めることが可能となる。しかし、特許文献1～特許文献3の面粗し方法は、マスク形成や溝入れ加工など、ウェーハの主表面にしか行なえない工程の採用が必須であるから、結果としてウェーハのダイシングにより生ずるチップ側面には面粗し処理できない、という決定的な欠点がある。特に、特許文献1のごときRIEなどのドライエッチングでは、エッチングビームの指向性が強いので、層主表面に向けられたエッチングビームを回りこませて側面エッチングするようなことは、まず絶望的である。さらに、特許文献5及び特許文献6に開示されているエピタキシャル成長を利用した面粗し処理は、エッチングによる手法と比較すれば凹凸の顕著な面粗し処理を行ないにくい欠点があり、また、チップ側面への面粗し処理もほとんど不可能である。そして、これらの文献においても、Pリッチとなるようにオフアングルされた{100}面に、化学エッチングにより効果的に面粗しする具体的な方法についての開示があるはずもない。

[0012] 本発明の課題は、Pリッチとなるようにオフアングルされた{100}面を主表面とするGaP光取出層に、容易に面粗し処理を施すことができる発光素子の製造方法を提供することにある。

課題を解決するための手段及び発明の効果

[0013] 上記の課題を解決するために、本発明の発光素子の製造方法は、

組成式$(Al_xGa_{1-x})_yIn_{1-y}P$(ただし、$0 \leqq x \leqq 1$, $0 \leqq y \leqq 1$)にて表される化合物のうち、GaAsと格子整合する組成を有する化合物にて各々構成された第一導電型クラッド層、活性層及び第二導電型クラッド層がこの順序で積層されたダブルヘテロ構造を有する発光層部と、発光層部の第一導電型クラッド層の、活性層に面していない側の主表面を第一主表面として、該発光層部の第一主表面上に自身の第一主表面が{100}面となるように配置されたGaP光取出層とを有する発光素子ウェーハを製

造する発光素子ウェーハ製造工程と、

GaP光取出層の第一主表面を面粗し用エッチング液にてエッチングすることにより面粗し突起部を形成する面粗し工程と、

発光素子ウェーハを発光素子チップにダイシングするダイシング工程とを有し、

発光素子ウェーハ製造工程において、GaP光取出層を、第一主表面が{100}ジャストの面よりもP原子の存在比率が高いPリッチオフアングル{100}面となるように、その結晶主軸を＜100＞方向から1°以上25°以下の角度範囲にてオフアングルさせた形で形成するとともに、

面粗し工程において面粗し用エッチング液として、

酢酸(CH_3COOH換算):40質量%以上75質量%以下、

弗酸(HF換算):2質量%以上8質量%以下、

硝酸(HNO_3換算):4．5質量%以上16質量%以下、

ヨウ素(I_2換算):0．6質量%以上1．5質量%以下

の範囲で含有し、かつ、水の含有量が2質量%以上25質量%以下のものを使用することを特徴とする。

[0014] 本発明において、「GaAsと格子整合する化合物半導体」とは、応力による格子変位を生じていないバルク結晶状態にて見込まれる、当該の化合物半導体の格子定数をa1、同じくGaAsの格子定数をa0として、{｜a1－a0｜／a0}×100(%)にて表される格子不整合率が、1%以内に収まっている化合物半導体のことをいう。また、「組成式$(Al_{x'}Ga_{1-x'})_{y'}In_{1-y'}P$(ただし、$0 \leqq x' \leqq 1$, $0 \leqq y' \leqq 1$)にて表される化合物のうち、GaAsと格子整合する化合物」のことを、「GaAsと格子整合するAlGaInP」などと記載する。また、活性層は、AlGaInPの単一層として構成してもよいし、互いに組成の異なるAlGaInPからなる障壁層と井戸層とを交互に積層した量子井戸層として構成してもよい(量子井戸層全体を、一層の活性層とみなす)。

[0015] 上記本発明の方法によると、酢酸と弗酸と硝酸とヨウ素とを上記特有の組成範囲にて含有する面粗し用エッチング液を用いることで、GaP光取出層の第一主表面が{100}ジャストの面よりもP原子の存在比率が高いPリッチオフアングル{100}面となっている場合においても、異方性エッチング的な原理による凹凸形成が顕著に進行し

、ひいてはGaP光取出層の第一主表面に面粗し突起部を効率よく安価に形成することができる。なお、前述のごとく、＜100＞が主軸のGaP光取出層にオフアングルを付与した場合、一方の主表面が上記Pリッチオフアングル{100}面となれば、他方の主表面は、{100}ジャストの面よりもGa原子の存在比率が高いGaリッチオフアングル{100}面となる。以下、簡単のため、結晶主軸が＜100＞のオフアングルを付与したIII－V族化合物半導体単結晶においては、III族元素がリッチとなるオフアングル{100}面を$\{100\}_A$面、V族元素(P)がリッチとなるオフアングル{100}面を$\{100\}_B$面とも記す。また、基板ないし各層の主表面については、$\{100\}_B$面となる側が第一主表面となる。

[0016] 結晶粒界が存在しない化合物半導体単結晶の表面に、化学エッチングにより面粗し突起部が形成できるためには、用いるエッチング液が特定方位の結晶面上にて他の方位の結晶面よりもエッチング速度が速くなること(そのエッチングに有利となる面を、以下、優先エッチング面という)、すなわち面方位に依存した異方性エッチングが可能でなければならない。異方性エッチングが進行した結晶表面は、面指数は異なるが結晶学的には等価な優先エッチング面が組み合わさって結晶表面に表れ、結晶構造特有の幾何学に由来した凹凸形状を生ずる。立方晶系のGaPでは最密充填面である{111}グループの面が優先エッチング面となる。面指数の逆符号のものを同一面とみなせば、{111}グループには方位の異なる4つの面が存在し、異方性エッチングによる面粗し処理では、これらが組み合わさってピラミッド型の凹凸を生じやすい傾向にある。

[0017] 本発明にて採用するGaP光取出層の第一主表面は、優先エッチング面である{111}面から大きく傾いた$\{100\}_B$面であり、初期段階でのエッチング進行により優先エッチング面を選択的に露出させることができれば、凹凸形成が顕著に進むようになる。上記本発明で採用する面粗し用エッチング液は、GaPに対する$\{100\}_B$面上でのエッチング速度もある程度大きいばかりでなく、{111}面との間でのエッチング速度に適当な差があり、{111}面を選択的に露出させつつ凹凸形成する効果が高い。

[0018] 上記面粗し用エッチング液において、酢酸、弗酸、硝酸、ヨウ素及び水は、いずれの成分も上記組成の範囲外になると、GaP単結晶の上記$\{100\}_B$面に対する異方性

エッチング効果が十分でなくなり、GaP光取出層の当該{100}$_B$面よりなる第一主表面へ面荒らし突起部を十分に形成できなくなる。なお、酢酸と弗酸と硝酸とヨウ素と水との合計を100質量%から差し引いた残部は、{100}$_B$面上でのGaPに対する異方性エッチング効果が損なわれない範囲内で、他の成分(例えば酢酸以外のカルボン酸等)で占められていてもよい。なお、面粗し用エッチング液は、より望ましくは、

酢酸(CH_3COOH換算):60質量%以上75質量%以下、

弗酸(HF換算):4質量%以上5.5質量%以下、

硝酸(HNO_3換算):10質量%以上16質量%以下、

ヨウ素(I_2換算):1質量%以上1.5質量%以下

の範囲で含有し、かつ、水の含有量が2質量%以上15質量%以下のものを使用するのがよい。すなわち、GaP単結晶の{100}$_B$面に対する異方性エッチング効果を高めるには、特に水の含有量を上記のように少なく留め、かつ、酸主溶媒の機能を水ではなく酢酸に担わせることが重要であるともいえる。

[0019] また、異方性エッチング効果を高め、面粗し突起部をより顕著に形成する観点から、面粗し用エッチング液において、酢酸/(弗酸+硝酸)の重量配合比率を2以上10以下に設定することが望ましい。

[0020] 上記本発明の方法において、GaP光取出層の第一主表面を{100}$_B$面とすることは、発光層部の第一導電型クラッド層とGaP光取出層とを、いずれもn型半導体層として形成する場合の、工程上の一つの望ましい帰結となる。これは、次のような理由による。まず、AlGaInPからなる発光層部は、GaAs基板上へのエピタキシャル成長により形成できる。MOVPE法によりAlGaInP発光層部を成長する場合、適度なオフアングルを成長用のGaAs基板に付与しておくことで、III族元素の規則化や偏りが大幅に軽減され、チップ間で発光スペクトルプロファイルや中心波長の揃った発光素子ウェーハが得られる。GaAsの単結晶はn型のものがp型のものよりも製造が容易なので、結晶主軸が<100>のAlGaInP発光層部をエピタキシャル成長する際には、結晶主軸が<100>のオフアングルを付与したn型GaAs単結晶基板が使用される。ここで、GaAs単結晶基板はn型だから、発光層部も該基板側からn型クラッド層、活性層、p型クラッド層の順に成長される。

[0021] 他方、n型クラッド層やp型クラッド層の成長に際しては、オフアングルを付与したn型GaAs単結晶基板の、特にGaリッチとなる側の{100}主表面、つまり、$\{100\}_A$面側を使用してエピタキシャル成長を行った場合に、ドーパントの添加効率や均一性が良好であることが知られている。従って、このようなn型GaAs単結晶基板の$\{100\}_A$面上に、発光層部をn型クラッド層側からエピタキシャル成長をすれば、得られる発光層部は、p型クラッド層側の主表面が$\{100\}_A$面、n型クラッド層側の主表面が$\{100\}_B$面となる。

[0022] 次に、AlGaInP発光層部上にGaP光取出層を形成する場合、その発光層部が上記のごとくオフアングルを有したGaAs基板上にエピタキシャル成長されたものである場合は、GaP光取出層の結晶方位を、オフアングルが付与された発光層部に一致させておくことが必要である。これは、発光層部とGaP光取出層との結晶方位が一致していないと、両層間のオーミック接合性が損なわれ、発光素子の順方向電圧の増加等を招く場合があるからである。気相成長法によりGaP光取出層を形成する場合は、その結晶方位は必然的に発光層部の結晶方位と一致することになるが、単結晶基板の貼り合わせによって形成する場合は、用いる単結晶基板にも、発光層部と同じ向きに同じ角度のオフアングルを付与しておく必要がある。

[0023] GaP光取出層の第一主表面が$\{100\}_B$面になっているということは、該GaP光取出層が形成される発光層部の第一主表面も$\{100\}_B$面でなければならない。他方、発光層部において$\{100\}_B$面となる主表面は、前述のごとくn型クラッド層側の主表面である。従って、GaP光取出層は、これが形成される第一導電型クラッド層とともに、その導電型はn型となるのである。なお、当然のことではあるが、$\{100\}_B$面よりなる発光層部の第一主表面は、発光層部の成長直後にはGaAs単結晶基板が付随しているので、該GaAs単結晶基板を除去した後、GaP光取出層を形成することとなる。

[0024] 発光素子ウェーハにおける発光層部の均質性を高めるためには、上記のオフアングルの角度範囲はより高角側である10° 以上25° 以下とすることが望ましい。このようにオフアングル角度が大きくなると、GaP光取出層の第一主表面をなす$\{100\}_B$面はP原子の存在比率がますます高くなり、化学エッチングによる面粗し突起部形成の観点においてより不利な状況となる。しかし、本発明の面粗し用エッチング液を用い

れば、このような高角のオフアングルが付与されたGaP光取出層の$\{100\}_B$面に対しても、面粗し突起部を良好に形成できる。

[0025] 次に、上記本発明で使用する面粗し用エッチングは、GaP光取出層の$\{100\}_B$面の異方性エッチング効果に優れるとともに、弗酸の含有率が比較的低く抑えられているために、Auを主成分とする電極用金属に対する腐食性が小さい特徴がある。そこで、発光素子ウェーハ製造工程は、GaP光取出層の第一主表面の一部領域を、Auを主成分(80質量%以上)とする光取出側電極にて覆う光取出側電極形成工程を含むものとすることができ、該第一主表面の光取出側電極に覆われていない領域を主光取出領域として、面粗し工程においては、主光取出領域を光取出側電極とともに面荒らし用エッチング液と接触させることにより、該主光取出領域に面粗し突起部を形成することができる。この工程によると、光取出側電極形成後に、エッチングレジストによるマスキングを該光取出側電極に施さずとも、電極を過度に腐食することなくGaP光取出層の主光取出領域に面粗し処理を施すことができ、工程を大幅に簡略化することができる。なお、異方性エッチング効果を維持しつつ、Auを主成分とする電極用金属に対する腐食性をより抑制するためには、弗酸／酢酸の重量配合比率を0.03以上0.13以下に設定することが望ましい。

[0026] また、上記本面粗し用エッチングを用いれば、ダイシングにより形成されたチップ側面からなるGaP光取出層の側面光取出領域にも、面粗し突起部を容易に形成することができる。エッチング液に浸漬するだけで異方性エッチング効果によりGaP光取出層に面粗し突起部を形成できるということは、特許文献1，2のごときマスク形成や溝形成が本来不可能な、GaP光取出層の側面部にも面粗し突起部を容易に形成できることを意味する。特に、GaP光取出層が厚さ10μm以上に形成されている場合、その側面に面粗し突起部を形成することにより、GaP光取出層の厚さ増大により側面面積が増大していることとも相俟って、素子の光取出効率を大幅に高めることができる。これらは、特許文献1や特許文献2に開示の技術では決して達成できない効果であるといえる。なお、GaP光取出層の側面からの光取出効率を高めるためには、GaP光取出層の厚さが40μm以上(上限は例えば200μm以下)であるとなお望ましい。

[0027] この場合、面粗し工程をダイシング工程の後で実施するとともに、GaP光取出層の

第一主表面とともに側面にも面荒らし用エッチング液を接触させることにより、当該側面に面粗し突起部を形成するようにすれば、第一主表面と側面との面粗し処理を一括して実施でき、更なる工程の簡略化に寄与する。

[0028] GaP光取出層の側面領域は、GaP単結晶の劈開面である{110}面に一致させておくと、ウェーハのハーフダイシングと劈開によるブレーキングとを組み合わせることで、チップ化がより容易となるし、望まざる方向へのチップ割れや欠けなどの不具合も生じにくいので、発光素子の製造歩留まり向上に寄与すると考えられてきた。また、ウェーハをフルダイシングしてチップ化する工程を採用する場合でも、ダイシング面が劈開面と一致していることで、ダイシングの負荷が小さくてすみ、チッピングも生じにくいので同様に製造歩留まりが向上する。閃亜鉛鉱型結晶構造のIII－V族化合物半導体素子は、上記の利点を生かすため、本発明の対象となる発光素子に限らず、主表面が{100}面のウェーハをダイシングして製造する場合、そのダイシングの向きは＜110＞方向とするのが固定概念となっている。例えば、特許文献4には、主表面が{100}面のウェーハをオリエンテーションフラットと平行にダイシングする発光素子の製法が例示されているが、該ウェーハのオリエンテーションフラットは通常{110}面と平行に形成されるから、該特許文献4におけるダイシング方向は＜110＞方向である。

[0029] しかし、異方性エッチングにより形成される面粗し突起部は、{111}面で囲まれた正八面体を基本形状として形成されることから、{110}面上では、図6に示すように、面粗し突起部は正八面体を軸線を含む平面で縦割りにしたような扁平形状となり、異方性エッチングによる深い凹凸形成が本質的に困難である。また、機械的な加工に伴う転位などの結晶欠陥は劈開面に沿って入りやすいので、劈開後ないしダイシング後の面には、比較的高密度に転位等が残留しやすく、化学エッチングはより進みにくい。従って、{110}面からなる側面光取出領域への面粗し突起部は、形成程度を事実上緩めざるをえない場合がある。また、AlGaInP発光層部とGaP光取出層との間では、格子定数の相違から不整合応力を生じやすく、劈開面である{110}に沿ったダイシングでは、不整合応力下で劈開面（ひいてはチップエッジ）に沿った層状のクラックが発生しやすく、チップのエッジ等に欠けなどの不良を生ずる場合もある。

[0030] そこで、AlGaInP発光層部上にGaP光取出層を形成した発光素子においては、図4に示すように、側面が{100}面となるようにダイシングを行なうと、上記の不具合がことごとく解消されることを見出した。つまり、ダイシング面が劈開面と一致しないことで、劈開性のクラックが仮に発生しても、図4下図に示すように、クラックはチップエッジと交差する向きに現れ、欠け等による不良発生を大幅に抑制することができるのである。この場合、得られる発光素子は、GaP光取出層の側面領域が、GaP単結晶の{100}面からなものとして構成される。

[0031] そして、この{100}面からなる側面に、さらに前述の面粗しエッチング液による異方性エッチングを施した場合、側面光取出領域に形成される面粗し突起部の形状が、主光取出面と同様、図5に示すようなピラミッド形状となり、側面を{110}面とした場合の図6の形態と比較して、はるかに深い凹凸形成が可能となるので、側面からの光取出効率を大幅に向上できる利点も生ずる。

[0032] また、GaP光取出層にオフアングルが付与されていることから、その側面をなす複数の{100}面も、一部がGaリッチな$\{100\}_A$面となり、残余の一部がPリッチな$\{100\}_B$面となる(例えば正方形状のチップであれば、隣り合う1対の側面が$\{100\}_A$面となり、残余の隣り合う1対の側面が$\{100\}_B$面となる)。しかし、本発明の面粗しエッチング液によると、このようにP原子の存在比率が面によって異なっているにも拘わらず、面粗し処理を問題なく行なうことができる。

図面の簡単な説明

[0033] [図1]本発明の適用対象となる発光素子の一例を示す側面断面模式図。

[図2]同じく平面図模式図。

[図3]図1のGaP光取出層に形成する面粗し突起部の概念図。

[図4]図1の発光素子を製造するためのダイシング方向の設定例を効果とともに示す図。

[図5]異方性エッチングにより{100}基面上に形成する面粗し突起部の基本形状概念図。

[図6]異方性エッチングにより{110}基面上に形成する面粗し突起部の基本形状概念図。

[図7]図1の発光素子の製造方法を示す工程説明図。

[図8]図7に続く工程説明図。

[図9]図8に続く工程説明図。

[図10]図9に続く工程説明図。

[図11]図1の発光素子の変形例を示す側面断面模式図。

発明を実施するための最良の形態

[0034] 以下、本発明の実施の形態を添付の図面を参照して説明する。

図1は、本発明の一実施形態である発光素子100を示す概念図である。発光素子100は、III－V族化合物半導体からなる発光層部24と、該発光層部24の第一主表面側に形成されたn型GaP光取出層90とを有する。また、発光層部24の第二主表面側には、p型GaPベース層20が配置されている。本実施形態において、発光素子100のチップは、一辺が300μmの正方形状の平面形態を有している。(図2を参照)

[0035] 発光層部24は、ノンドープ$(Al_xGa_{1-x})_yIn_{1-y}P$(ただし、$0 \leqq x \leqq 0.55$, $0.45 \leqq y \leqq 0.55$)混晶からなる活性層5を、n型$(Al_zGa_{1-z})_yIn_{1-y}P$(ただし$x < z \leqq 1$)からなるn型クラッド層(第一導電型クラッド層)4とp型$(Al_zGa_{1-z})_yIn_{1-y}P$(ただし$x < z \leqq 1$)からなるp型クラッド層(第二導電型クラッド層)6とにより挟んだ構造を有する。図1の発光素子100では、第一主表面側(図面上側)にn型クラッド層4が配置されており、第二主表面側(図面下側)にp型クラッド層6が配置されている。なお、ここでいう「ノンドープ」とは、「ドーパントの積極添加を行なわない」との意味であり、通常の製造工程上、不可避的に混入するドーパント成分の含有(例えば1×10^{13}～1×10^{16}／cm^3程度を上限とする)をも排除するものではない。この発光層部24はMOVPE法により成長されたものである。n型クラッド層4及びpクラッド層6の厚さは、例えばそれぞれ0.8μm以上4μm以下(望ましくは0.8μm以上2μm以下)であり、活性層5の厚さは例えば0.4μm以上2μm以下(望ましくは0.4μm以上1μm以下)である。発光層部24全体の厚さは、例えば2μm以上10μm以下(望ましくは2μm以上5μm以下)である。

[0036] 次に、n型GaP光取出層90は、10μm以上200μm以下(望ましくは40μm以上

200μm以下:本実施形態では例えば100μm)の厚膜に形成され、図2に示すように、第一主表面の一部(ここでは中央部)を覆う形で光取出側電極9が形成されている。光取出側電極9はAuを主成分とするものであり、電極ワイヤ17の一端が接合されている。光取出側電極9の周囲領域が主光取出領域90pを形成している。また、n型GaP光取出層90の側面は側面光取出領域90Sを形成している。n型GaP光取出層90は上記のように厚く形成されることで、光取出側電極9を介した通電による発光駆動電流を素子面内に拡散させ、発光層部24を面内にて均一に発光させる電流拡散層としての機能を果たすとともに、層側面部からの取出光束も増加させ、発光素子全体の輝度(積分球輝度)を高める役割を担う。GaPは活性層5をなすAlGaInPよりもバンドギャップエネルギーが大きく、発光光束の吸収が抑制されている。

[0037] 本実施形態にてn型GaP光取出層90はn型GaP単結晶基板の貼り合わせにより形成されたものである(ただし、HVPE法によるエピタキシャル成長層としてもよい:符号91は、AlGaInPからなる接続層である)。n型GaP光取出層90の結晶方位は、発光層部24と一致させてある(つまり、オフアングル角度を合わせてある)。

[0038] また、p型GaPベース層20はHVPE法により成長されたものであり(ただし、MOVPE法でもよいし、p型GaP単結晶基板の貼り合わせにより形成してよい)、第二主表面の全面がAu電極等からなる裏面電極15にて覆われている。なお、p型GaPベース層20の結晶方位は、発光層部24と一致させてある(つまり、オフアングル角度を合わせてある)。なお、p型GaPベース層20と発光層部24との間には、GaP層からなる接続層20Jが、発光層部24に続く形でMOVPE法により形成されてなる。接続層20Jは、AlGaInPからなる発光層部24と、p型GaPベース層20との間で、格子定数差(ひいては混晶比)を漸次変化させるAlGaInP層としてもよい。p型GaPベース層20の厚さは例えば10μm以上200μm以下である。

[0039] 裏面電極15は、発光層部24からp型GaPベース層20を透過して到来する発光光束に対する反射層を兼ねており、光取出し効率の向上に寄与している。また、裏面電極15とp型GaPベース層20との間には、両者の接触抵抗を低減するための、AuBe合金等からなる接合合金化層15cがドット状に分散形成されている。接合合金化層15cは、p型GaPベース層20をなす化合物半導体層との合金化に伴い、反射率が多

少低くなるため、これをドット状に分散形成し、その背景領域を高反射率の裏面電極15による直接反射面としてある。また、光取出側電極9とn型GaP光取出層90との間には、AuGeNi合金等からなる接合合金化層9aが形成されている。

[0040] 図3に示すように、n型GaP光取出層90の主光取出領域90pと側面光取出領域90Sとの双方に、化学エッチングによる面粗し突起部40f，50fが形成されている。面粗し突起部40f，50fをなす突起部の外面は、GaP単結晶の化学的な異方性エッチングにより、{111}面を主体に(突起部表面の50%以上)形成される。n型GaP光取出層90の主光取出領域(第一主表面)90pは、凹凸をならした基準平面が$\{100\}_B$面(Pリッチオフアングル{100}面:オフアングル角度は1°以上25°以下、本実施形態では15°)であり、面粗し突起部40fは、平坦な{100}主表面を後述の面粗し用エッチング液と接触させることにより異方性エッチングして形成したものである。また、側面光取出領域90Sは、凹凸をならした基準平面が、隣り合う1対にて$\{100\}_B$面、残余の隣り合う1対にて$\{100\}_A$面であり、面粗し突起部50fを同様に異方性エッチングにより形成したものである。面粗し突起部40f，50fを形成することにより、発光素子100の光取出効率が大幅に高められている。また、p型GaPベース層20の側面光取出領域20Sも、凹凸をならした基準平面が、隣り合う1対にて$\{100\}_B$面、残余の隣り合う1対にて$\{100\}_A$面であり、面粗し突起部50fを同様に異方性エッチングにより形成してなる。

[0041] 以下、図1の発光素子100の製造方法について説明する。

まず、図7の工程1に示すように、<100>丁度の方向を$<100>_J$として、該$<100>_J$に対し1°以上25°以下(本実施形態では15°)のオフアングルθを結晶主軸に付与したn型のGaAs単結晶基板1を、成長用基板として用意する。次に、工程2に示すように、その基板1の第二主表面($\{100\}_A$面)に、n型GaAsバッファ層2をエピタキシャル成長し、また、AlGaInPからなる接続層91を成長し、次いで、発光層部24として、各々$(Al_xGa_{1-x})_yIn_{1-y}P$よりなるn型クラッド層4(n型ドーパントはSi)、活性層(ノンドープ)5及びp型クラッド層6(p型ドーパントはMg:有機金属分子からのCもp型ドーパントとして寄与しうる)を、この順序にてエピタキシャル成長させる。p型クラッド層6の第二主表面(図面上側)は、$\{100\}_A$面である。そして、図8の工程3に示すように

、p型クラッド層6上にp型GaPからなる接続層20Jをエピタキシャル成長する。

[0042] 上記各層のエピタキシャル成長は、公知のMOVPE法により行なわれる。Al、Ga、In(インジウム)、P(リン)の各成分源となる原料ガスとしては以下のようなものを使用できる;

・Al源ガス;トリメチルアルミニウム(TMAl)、トリエチルアルミニウム(TEAl)など;

・Ga源ガス;トリメチルガリウム(TMGa)、トリエチルガリウム(TEGa)など;

・In源ガス;トリメチルインジウム(TMIn)、トリエチルインジウム(TEIn)など。

・P源ガス:トリメチルリン(TMP)、トリエチルリン(TEP)、ホスフィン(PH_3)など。

[0043] 図8の工程4に進み、p型GaPベース層20をHVPE法により成長する。得られるp型GaPベース層20の第二主表面は$\{100\}_A$面となる。HVPE法は、具体的には、容器内にてIII族元素であるGaを所定の温度に加熱保持しながら、そのGa上に塩化水素を導入することにより、下記(1)式の反応によりGaClを生成させ、キャリアガスであるH_2ガスとともに基板上に供給する。

Ga(液体)+HCl(気体) → GaCl(気体)+1/2H_2 ・・・・(1)

成長温度は例えば640℃以上860℃以下に設定する。また、V族元素であるPは、PH_3をキャリアガスであるH_2とともに基板上に供給する。さらに、p型ドーパントであるZnは、DMZn(ジメチルZn)の形で供給する。GaClはPH_3との反応性に優れ、下記(2)式の反応により、効率よくp型GaPベース層20を成長させることができる:

GaCl(気体)+PH_3(気体)

→GaP(固体)+HCl(気体)+H_2(気体)・・・・(2)

[0044] p型GaPベース層20の成長が終了したら、図9の工程5に進み、GaAs基板1をアンモニア/過酸化水素混合液などのエッチング液を用いて化学エッチングすることにより除去する。そして、GaAs基板1が除去された発光層部24の第一主表面側、すなわち、接続層91の第一主表面($\{100\}_B$面)に、別途用意されたn型GaP単結晶基板を貼り合わせてn型GaP光取出層90とする。工程6に示すように、n型GaP単結晶基板は、そのオフアングル角度を発光層部24(GaAs基板1)に合わせてあり、$\{100\}_A$面となる第二主表面側にて、接続層91の第一主表面($\{100\}_B$面)に貼り合わされる。

[0045] 以上の工程が終了すれば、図10の工程7に示すように、スパッタリングや真空蒸着

法により、n型GaP光取出層90の第一主表面（$\{100\}_B$面）及びp型GaPベース層20の第二主表面（$\{100\}_A$面）に、接合合金化層形成用の金属層をそれぞれ形成し、さらに合金化の熱処理（いわゆるシンター処理）を行なうことにより、接合合金化層9a，15c（図1参照；図10では表示を省略）とする。そして、これら接合合金化層9a，15cをそれぞれ覆うように、光取出側電極9及び裏面電極15を形成し、発光素子ウェーハWとする。

[0046] 次に、工程8（図4も参照）に示すように、2つの＜100＞方向に沿って、ウェーハWの第一主表面側からダイシング刃により溝DGを形成する形で、個々のチップ領域にダイシングする。ダイシングの向きを＜100＞方向とすることによって、チップ領域のエッジに沿った割れや欠けが生じ難くなる。なお、本実施形態では、ウェーハWを、粘着シート61を介して基材60に貼り付け、その状態でウェーハWをフルダイシングしている。

[0047] そして、工程9に示すように、上記のフルダイシング後のウェーハWを、光取出領域側電極9をエッチングレジストで覆うことなく面粗し用エッチング液FEAに浸漬する。これにより、光取出領域側電極9周囲の主光取出領域90p（n型GaP光取出層90の第一主表面：$\{100\}_B$面である）と、ダイシングにより形成された側面光取出領域90S及びp型GaPベース層20の側面20S（いずれも、一部が$\{100\}_B$面となり、残余の一部が$\{100\}_A$面となる）とに異方性エッチングが同時に施され、面粗し突起部40f，50fが一括形成される。

[0048] 面粗し用エッチング液は、酢酸と弗酸と硝酸とヨウ素とを含有する水溶液であり、具体的には

酢酸（CH_3COOH換算）：40質量%以上75質量%以下、

弗酸（HF換算）：2質量%以上8質量%以下、

硝酸（HNO_3換算）：4．5質量%以上16質量%以下、

ヨウ素（I_2換算）：0．6質量%以上1．5質量%以下

の範囲で含有し、かつ、水の含有量が2質量%以上25質量%以下のもの、より望ましくは、

酢酸（CH_3COOH換算）：60質量%以上75質量%以下、

弗酸(HF換算):4質量%以上5．5質量%以下、

硝酸(HNO_3換算):10質量%以上16質量%以下、

ヨウ素(I_2換算):1質量%以上1．5質量%以下

の範囲で含有し、かつ、水の含有量が2質量%以上15質量%以下のものを採用する。液温は40℃以上55℃以下、浸漬時間は40秒以上60秒以下が適当である。

[0049] 上記の面粗し用エッチング液を用いることで、GaP光取出層90の第一主表面がP原子の存在比率が高い$\{100\}_B$面となっているにも拘わらず、異方性エッチング的な原理による凹凸形成が顕著に進行し、ひいてはGaP光取出層の第一主表面に面粗し突起部を効率よく安価に形成することができる。また、側面90S(及び20S)をなす複数の{100}面も、一部がGaリッチな$\{100\}_A$面となり、残余の一部がPリッチな$\{100\}_B$面となっているにも拘わらず、均質な面粗し処理が可能である。

[0050] 上記のようにして面粗し処理が終了した各発光素子チップは、第二主表面側をAgペースト層を介して金属ステージに接着し、さらに図1に示すように、光取出側電極9にボンディングワイヤ17を接続し、さらにエポキシ樹脂からなる図示しないモールド部を形成すれば、最終的な発光素子が完成する。

[0051] 以下、本発明の発光素子の変形例について説明する(図1の発光素子100と同一構成部分には同一の符号を付与して詳細は省略し、相違点のみ説明する)。図11の発光素子200は、図1の発光素子100において発光層部24の第二主表面側にp型GaPベース層20を設ける代わりに、AuあるいはAg(ないしこれらを主成分とする合金)からなる金属反射層10を配置した構成である。発光層部24からの発光光束が金属反射層10によって主光取出領域側に反射され、主光取出領域側の指向性が高い発光素子が実現する。本実施形態では、発光層部24の第二主表面に、金属反射層10を介して導電性のSi基板7が貼り合わされている。Si基板7の第二主表面には裏面電極15が形成されているが、該裏面電極15は反射面を形成しないため、接合金属層15dはSi基板7の第二主表面全面に形成されている。また、金属反射層10と発光層部24との間には、ドット状の接合合金化層32(例えばAuBe合金からなる)が分散形成されている。

請求の範囲

[1] 組成式$(Al_xGa_{1-x})_yIn_{1-y}P$(ただし、$0 \leqq x \leqq 1$, $0 \leqq y \leqq 1$)にて表される化合物のうち、GaAsと格子整合する組成を有する化合物にて各々構成された第一導電型クラッド層、活性層及び第二導電型クラッド層がこの順序で積層されたダブルヘテロ構造を有する発光層部と、前記発光層部の前記第一導電型クラッド層の、前記活性層に面していない側の主表面を第一主表面として、該発光層部の第一主表面上に自身の第一主表面が{100}面となるように配置されたGaP光取出層とを有する発光素子ウェーハを製造する発光素子ウェーハ製造工程と、

前記GaP光取出層の前記第一主表面を面粗し用エッチング液にてエッチングすることにより面粗し突起部を形成する面粗し工程と、

前記発光素子ウェーハを発光素子チップにダイシングするダイシング工程とを有し、

前記発光素子ウェーハ製造工程において、前記GaP光取出層を、前記第一主表面が{100}ジャストの面よりもP原子の存在比率が高いPリッチオフアングル{100}面となるように、その結晶主軸を＜100＞方向から1°以上25°以下の角度範囲にてオフアングルさせた形で形成するとともに、

前記面粗し工程において前記面粗し用エッチング液として、

酢酸(CH_3COOH換算):40質量%以上75質量%以下、

弗酸(HF換算):2質量%以上8質量%以下、

硝酸(HNO_3換算):4．5質量%以上16質量%以下、

ヨウ素(I_2換算):0．6質量%以上1．5質量%以下

の範囲で含有し、かつ、水の含有量が2質量%以上25質量%以下のものを使用することを特徴とする発光素子の製造方法。

[2] 前記発光層部の前記第一導電型クラッド層と前記GaP光取出層とを、いずれもn型半導体層として形成する請求の範囲第1項記載の発光素子の製造方法。

[3] 前記面粗し用エッチング液において、酢酸／(弗酸＋硝酸)の重量配合比率を2以上10以下に設定する請求の範囲第1項又は第2項に記載の発光素子の製造方法。

[4] 前記面粗し用エッチング液において、弗酸／酢酸の重量配合比率を0．03以上0．1

3以下に設定する請求の範囲第1項ないし第3項のいずれか1項に記載の発光素子の製造方法。

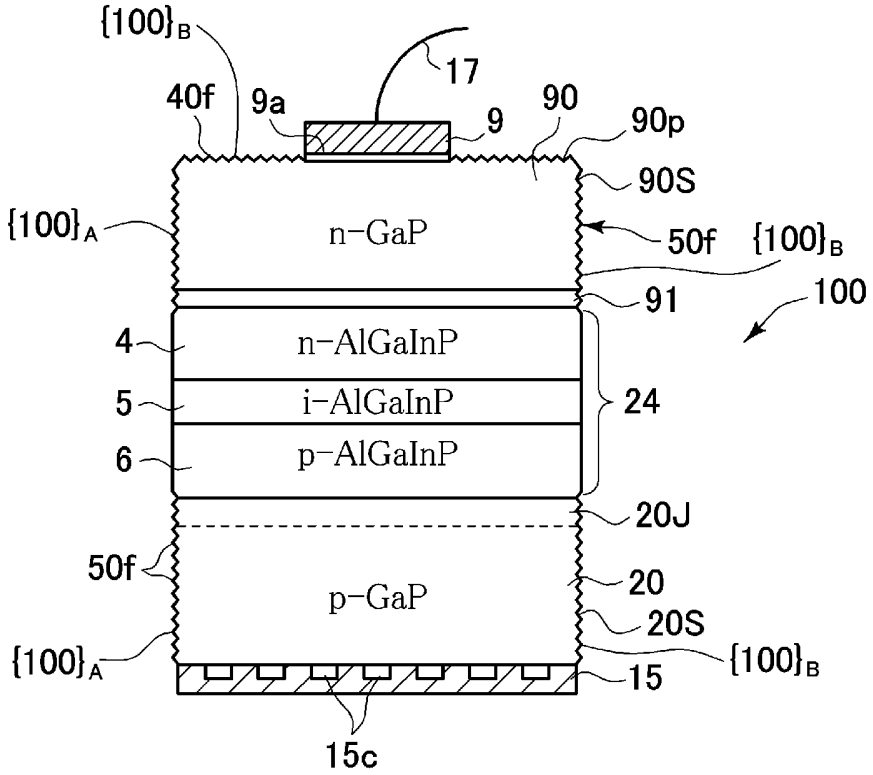
[5] 前記オフアングルの前記角度範囲を10° 以上25° 以下とする請求の範囲第1項ないし第4項のいずれか1項に記載の発光素子の製造方法。

[6] 前記発光素子ウェーハ製造工程は、前記GaP光取出層の前記第一主表面の一部領域を、Auを主成分とする光取出側電極にて覆う光取出側電極形成工程を含み、該第一主表面の前記光取出側電極に覆われていない領域を主光取出領域として、前記面粗し工程においては、前記主光取出領域を前記光取出側電極とともに前記面荒らし用エッチング液と接触させることにより、該主光取出領域に前記面粗し突起部を形成する請求の範囲第1項ないし第5項のいずれか1項に記載の発光素子の製造方法。

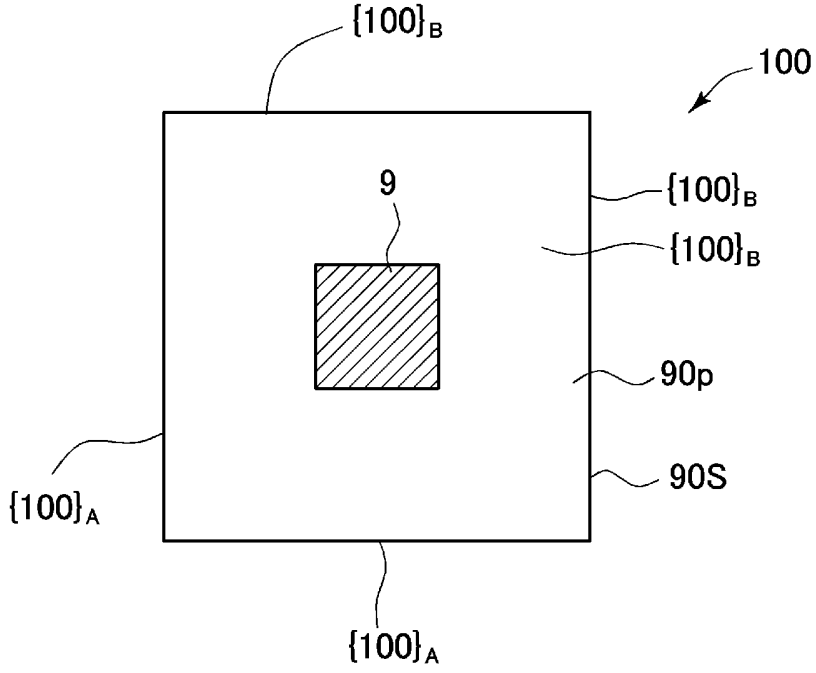
[7] 前記面粗し工程を前記ダイシング工程の後で実施するとともに、前記GaP光取出層の前記第一主表面とともに側面にも前記面荒らし用エッチング液を接触させることにより、当該側面に前記面粗し突起部を形成する請求の範囲第1項ないし第6項のいずれか1項に記載の発光素子の製造方法。

[8] 前記ダイシング工程を、前記発光素子チップの前記GaP光取出層の側面が{100}面となるように実施する請求の範囲第7項記載の発光素子の製造方法。

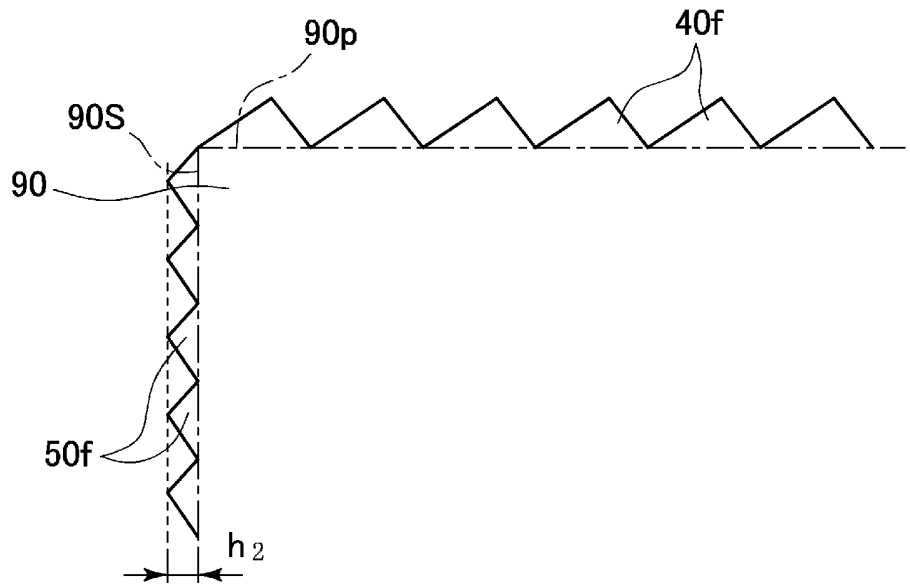
[図1]


{100}B
17
40f
9a
9
90
90p
90S
{100}A
n-GaP
50f
{100}B
91
100
4
n-AlGaInP
5
i-AlGaInP
24
6
p-AlGaInP
20J
50f
p-GaP
20
20S
{100}A
{100}B
15
15c

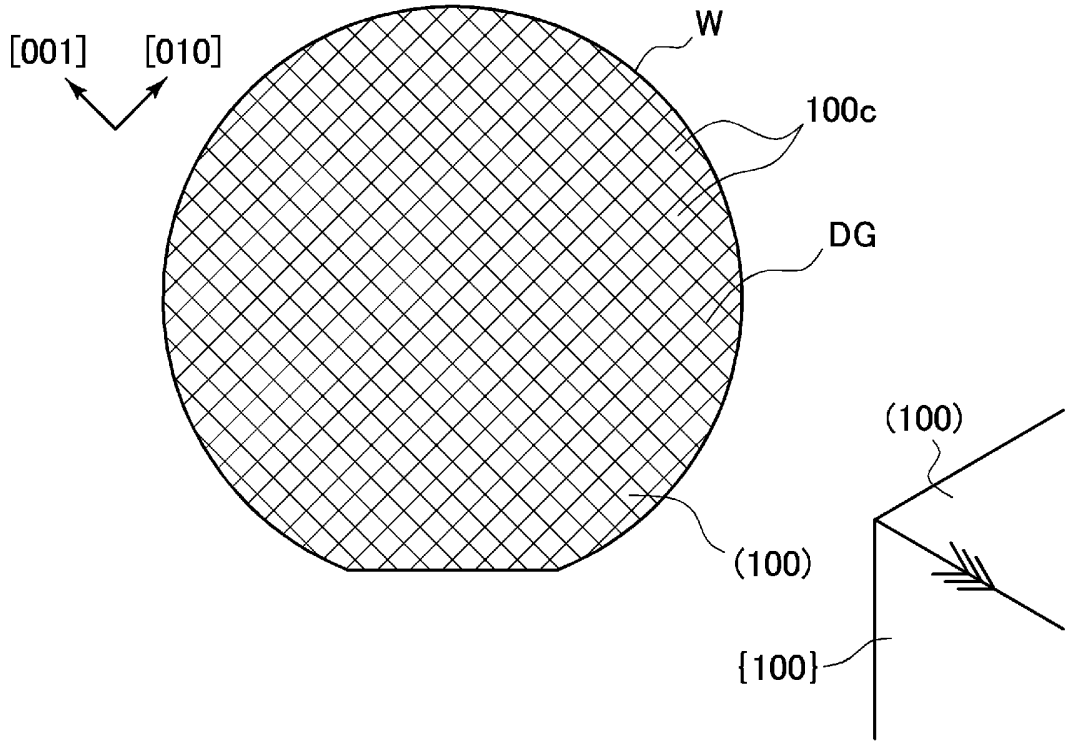
[図2]


{100}B
100
9
{100}B
{100}B
90p
90S
{100}A
{100}A

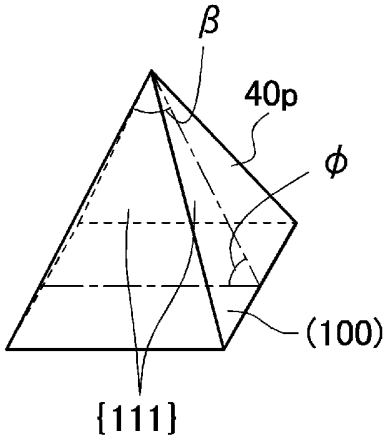
[図3]



[図4]

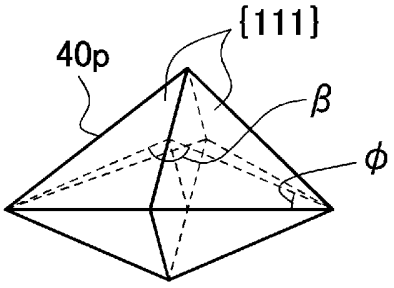


[図5]



β =70.5°
ϕ =54.7°

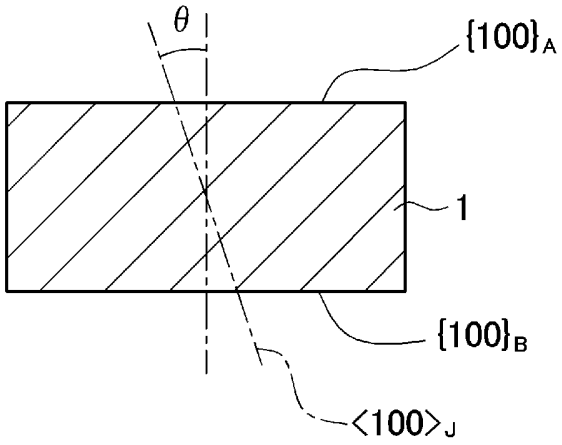
[図6]



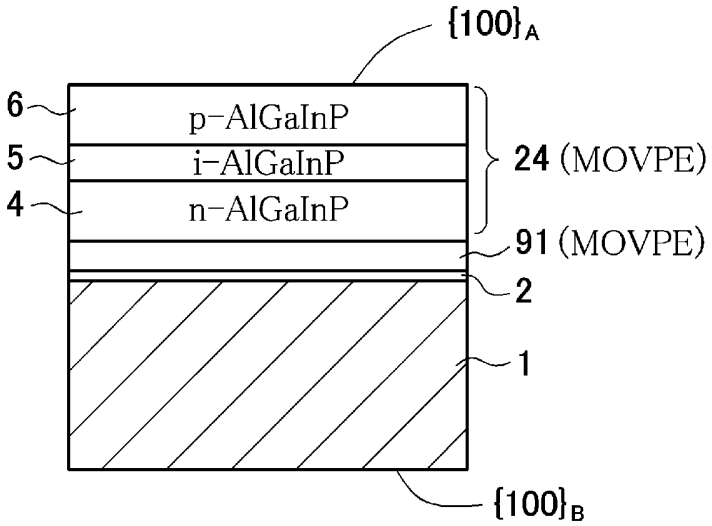
β =109.4°
ϕ =35.3°

[図7]

工程1

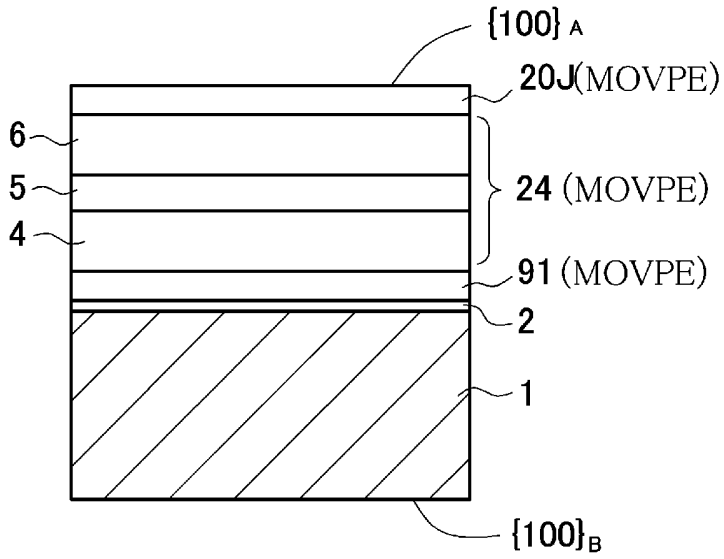

θ
{100}A
1
{100}B
<100>J

工程2

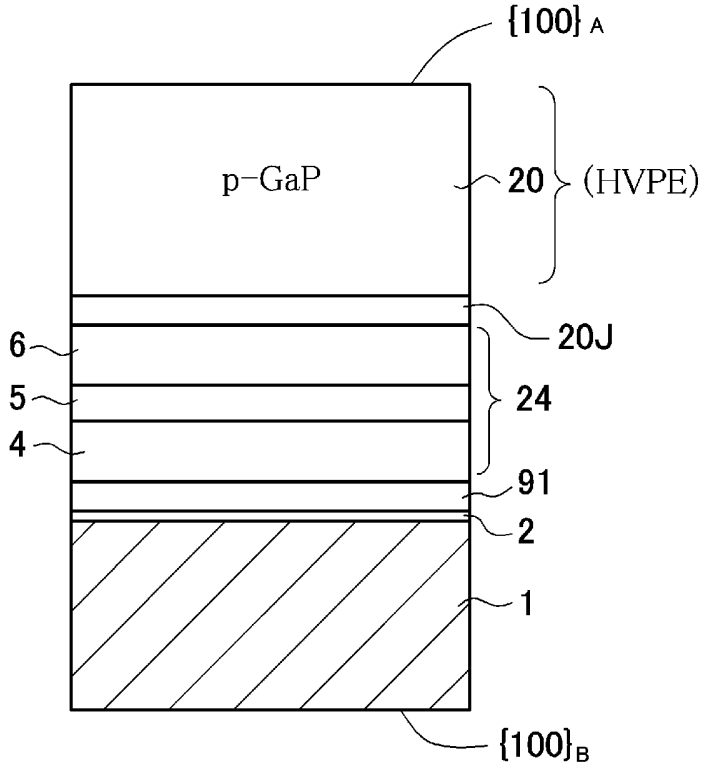

{100}A
6
p-AlGaInP
5
i-AlGaInP
4
n-AlGaInP
24 (MOVPE)
91 (MOVPE)
2
1
{100}B

[図8]

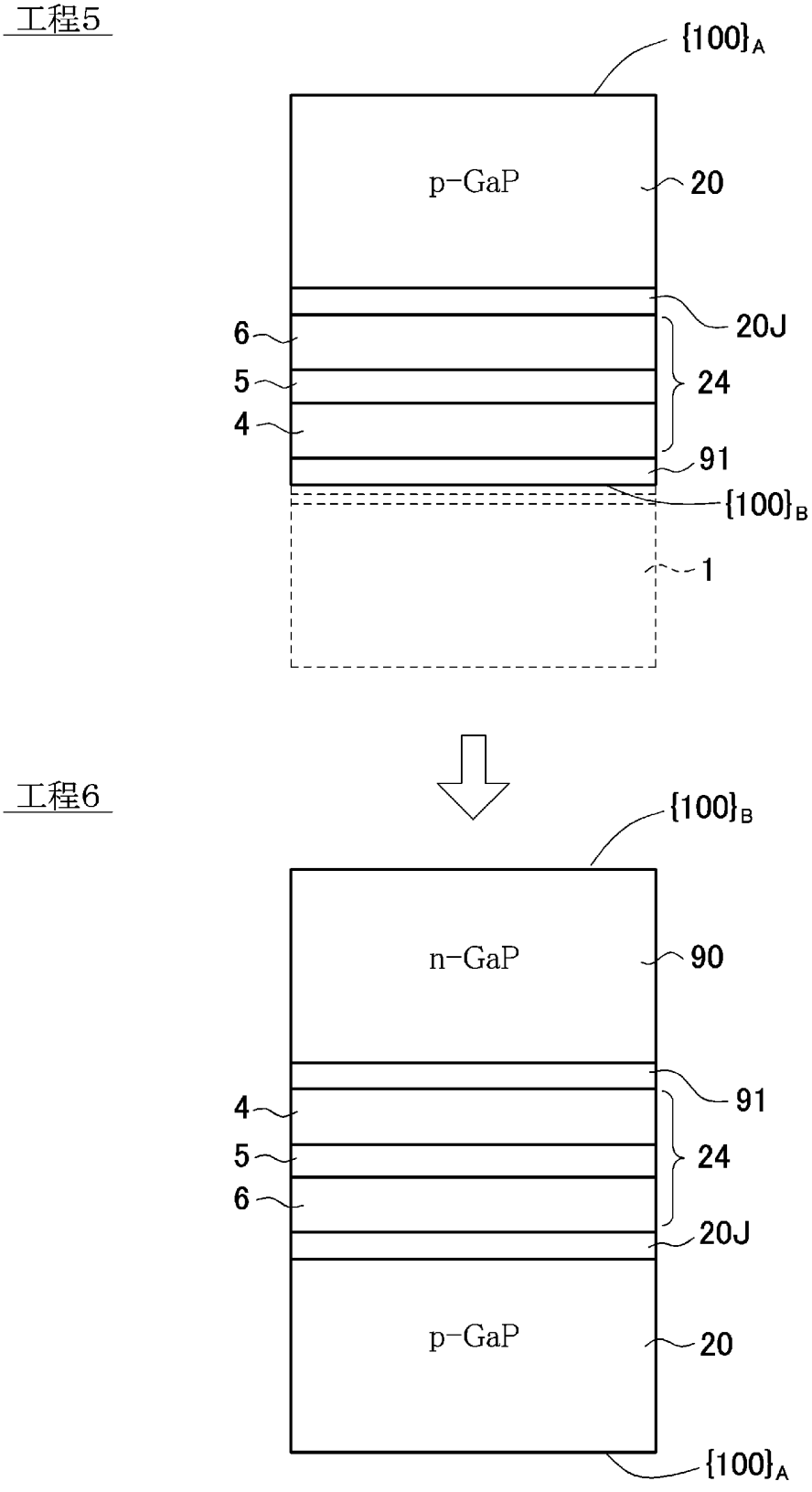
工程3


{100}A
20J(MOVPE)
6
5
4
24 (MOVPE)
91 (MOVPE)
2
1
{100}B

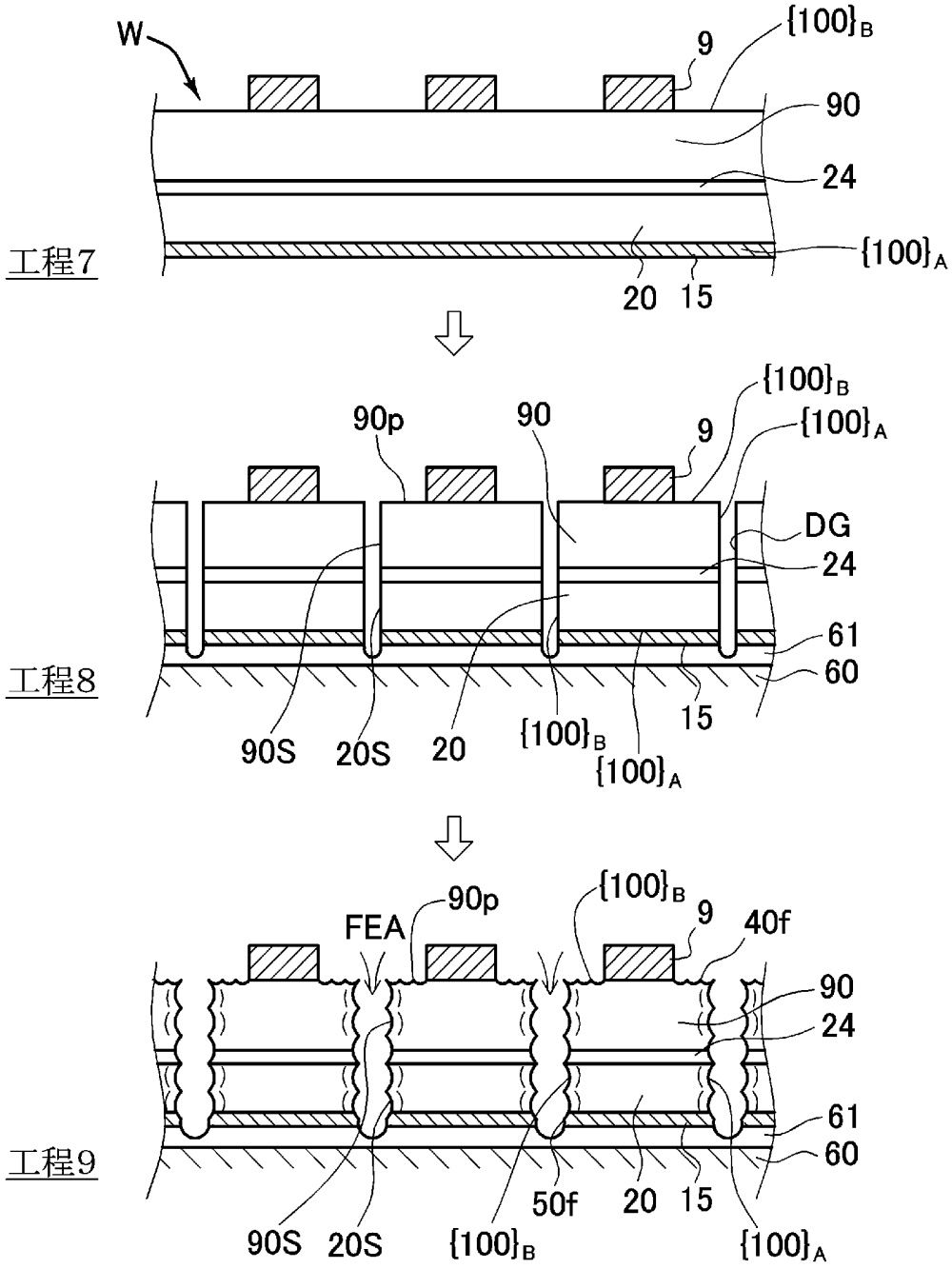
工程4


{100}A
p-GaP
20 (HVPE)
20J
6
5
4
24
91
2
1
{100}B

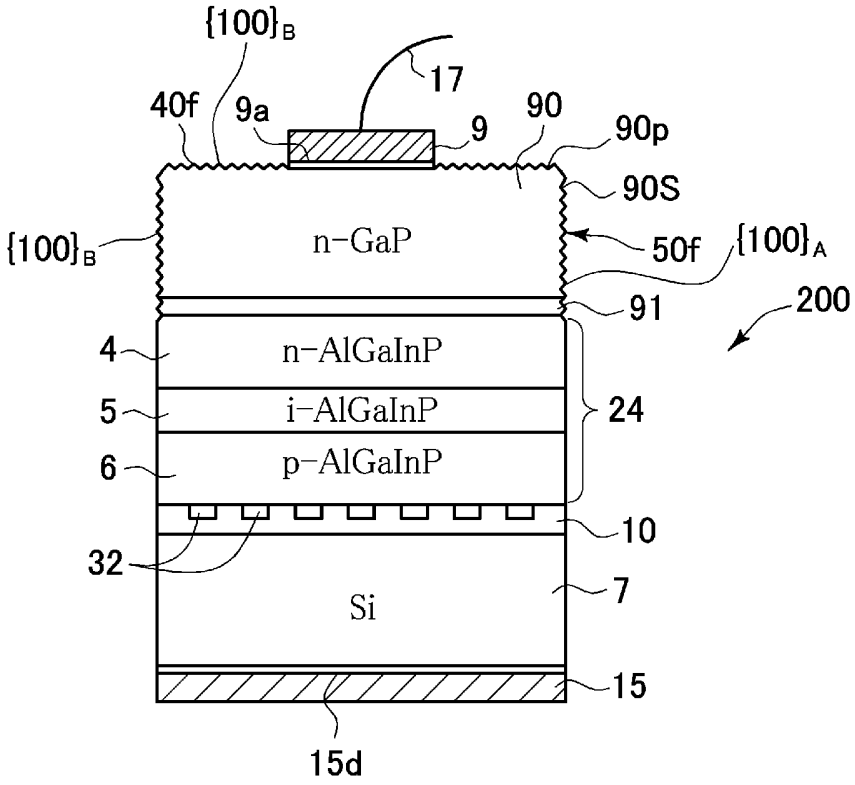
[図9]


工程5
{100}A
p-GaP
20
20J
6
5
24
4
91
{100}B
1
工程6
{100}B
n-GaP
90
91
4
5
24
6
20J
p-GaP
20
{100}A

[図10]


工程7
W
9
{100}B
90
24
{100}A
20
15
工程8
90p
90
9
{100}B
{100}A
DG
24
61
60
90S
20S
20
{100}B
{100}A
15
工程9
FEA
90p
{100}B
9
40f
90
24
61
60
50f
20
15
90S
20S
{100}B
{100}A

[図11]


{100}B
17
40f
9a
9
90
90p
90S
{100}B
n-GaP
50f
{100}A
91
200
4
n-AlGaInP
5
i-AlGaInP
24
6
p-AlGaInP
10
32
7
Si
15
15d

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.
PCT/JP2006/310649

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER
H01L33/00(2006.01)

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)
H01L33/00(2006.01), ***H01S5/00-5/50***(2006.01), ***H01L21/306-21/308***(2006.01)

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

Jitsuyo Shinan Koho	1922-1996	Jitsuyo Shinan Toroku Koho	1996-2006
Kokai Jitsuyo Shinan Koho	1971-2006	Toroku Jitsuyo Shinan Koho	1994-2006

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.
Y	JP 04-315479 A (Mitsubishi Cable Industries, Ltd.), 06 November, 1992 (06.11.92), Par. Nos. [0018] to [0029]; Fig. 5 (Family: none)	1-8
Y	JP 2000-196141 A (Shin-Etsu Handotai Co., Ltd.), 14 July, 2000 (14.07.00), Claims 4 to 6; Par. Nos. [0026] to [0030]; Figs. 1, 4 & EP 1061590 A1 & WO 2000/041249 A1	1-8

☒ 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	Date of mailing of the international search report
13 June, 2006 (13.06.06)	20 June, 2006 (20.06.06)
Name and mailing address of the ISA/ Japanese Patent Office Facsimile No.	Authorized officer Telephone No.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.
PCT/JP2006/310649

C (Continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
Y	JP 2002-359399 A (Shin-Etsu Handotai Co., Ltd.), 13 December, 2002 (13.12.02), Par. Nos. [0016] to [0032]; Figs. 1 to 3 (Family: none)	1-8
Y	JP 2001-168382 A (Sharp Corp.), 22 June, 2001 (22.06.01), Par. Nos. [0036] to [0048]; Figs. 1, 2 & US 6465812 B1	1-8
Y	JP 11-162885 A (Sharp Corp.), 18 June, 1999 (18.06.99), Par. Nos. [0020] to [0034]; Fig. 2 (Family: none)	8

国際調査報告

国際出願番号　ＰＣＴ／ＪＰ２００６／３１０６４９

Ａ．　発明の属する分野の分類（国際特許分類（ＩＰＣ））

Int.Cl.　*H01L33/00(2006.01)*

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））

Int.Cl.　*H01L33/00(2006.01), H01S5/00-5/50(2006.01), H01L21/306-21/308(2006.01)*

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	１９７１－２００６年
日本国実用新案登録公報	１９９６－２００６年
日本国登録実用新案公報	１９９４－２００６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	関連する請求の範囲の番号
Y	JP 04-315479 A (三菱電線工業株式会社) 1992.11.06, 【0018】-【0029】、図５（ファミリーなし）	1-8
Y	JP 2000-196141 A (信越半導体株式会社) 2000.07.14, 請求項4-6、【0026】-【0030】、図1,4 & EP 1061590 A1 & WO 2000/041249 A1	1-8
Y	JP 2002-359399 A (信越半導体株式会社) 2002.12.13, 【0016】-【0032】、図1-3（ファミリーなし）	1-8

☑　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、一般的技術水準を示すもの

「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矛盾するものではなく、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 １３．０６．２００６	国際調査報告の発送日 ２０．０６．２００６
国際調査機関の名称及びあて先 日本国特許庁（ＩＳＡ／ＪＰ） 郵便番号１００－８９１５ 東京都千代田区霞が関三丁目４番３号	特許庁審査官（権限のある職員）　２Ｋ　３４１２ 居島　一仁 電話番号　０３－３５８１－１１０１　内線　３２５５

Ｃ（続き）．　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	関連する請求の範囲の番号
Y	JP 2001-168382 A（シャープ株式会社）2001.06.22, 【0036】-【0048】、図1,2 & US 6465812 B1	1-8
Y	JP 11-162885 A（シャープ株式会社）1999.06.18, 【0020】-【0034】、図2（ファミリーなし）	8