

(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
2017年10月12日(12.10.2017)

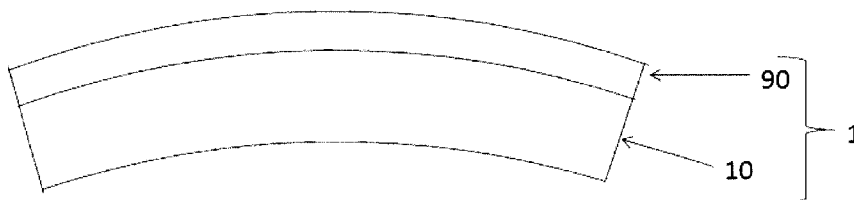


(10) 国際公開番号
WO 2017/175860 A1

- (51) 国際特許分類:
H01L 33/20 (2010.01) H01L 33/32 (2010.01)
H01L 21/205 (2006.01)
 - (21) 国際出願番号: PCT/JP2017/014519
 - (22) 国際出願日: 2017年4月7日(07.04.2017)
 - (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 2016-077829 2016年4月8日(08.04.2016) JP
 - (71) 出願人: スタンレー電気株式会社 (STANLEY ELECTRIC CO., LTD.) [JP/JP]; 〒1538636 東京都目黒区中目黒2丁目9番13号 Tokyo (JP).
 - (72) 発明者: 小幡 俊之(OBATA, Toshiyuki); 〒7458648 山口県周南市御影町1番1号 株式会社トクヤマ内 Yamaguchi (JP).
 - (74) 代理人: 前田・鈴木国際特許業務法人(MAEDA & SUZUKI); 〒1010003 東京都千代田区一ツ橋2丁目5番5号 岩波書店一ツ橋ビル8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, CZ, DE, DJ, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IR, IS, JP, KE, KG, KH, KN, KP, KR, KW, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LU, LY, MA, MD, ME, MG, MK, MN, 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, SL, SM, ST, SV, SY, TH, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, 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, LR, LS, MW, MZ, NA, RW, 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, 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))

(54) Title: SEMICONDUCTOR WAFER

(54) 発明の名称: 半導体ウェハ



(57) Abstract: [Problem] The purpose of the present invention is to provide: a high-output semiconductor wafer by a method that does not involve reducing the dislocation density when a sapphire substrate is used as a base substrate; and, ultimately, a semiconductor chip obtained from the semiconductor wafer. [Solution] This semiconductor wafer has, on one surface of the sapphire substrate, an element layer including an n-type layer, an active layer, and a p-type layer, and is characterized in that the surface of the element layer is bent into a projected shape, and the curvature thereof is 530-800 km⁻¹.

(57) 要約: 【課題】本発明の目的は、サファイア基板をベース基板とした場合に、転位密度の低減ではない手法により、出力の高い半導体ウェハ、最終的には該半導体ウェハから得られる半導体チップを提供することにある。【解決手段】サファイア基板の一方の面上に、n型層、活性層、及びp型層を含む素子層を有する半導体ウェハであって、該素子層の表面が凸状に反っており、その曲率が530km⁻¹以上800km⁻¹以下であることを特徴とする半導体ウェハである。



WO 2017/175860 A1

明 細 書

発明の名称：半導体ウェハ

技術分野

[0001] 本発明は、新規な半導体ウェハに関する。具体的には、 n 型層、活性層、及び p 型層を含む素子層をサファイア基板上に有する半導体ウェハにおいて、該素子層の表面が凸状に反っており、その曲率が特定の範囲となる新規な半導体ウェハに関する。

背景技術

[0002] 発光ダイオード等の使用される半導体ウェハは、所望とする機能を発揮するための素子層等を、一般に、有機金属気相成長法（MOCVD法）、分子線エピタキシー法（MBE法）、もしくはハライド気相エピタキシー法（HVPE法）等の化学気相成長法によって、ベース基板上に成長させることにより製造される。その中で、素子層を形成するものが、例えば、窒化インジウム（ InN ）、窒化ガリウム（ GaN ）、窒化アルミニウム（ AlN ）の混晶からなるIII族窒化物単結晶層からなる場合、III族元素である In 、 Ga 、 Al の混晶組成を制御することにより、それぞれのバンドギャップエネルギー（ 0.7 eV （ InN ）、 3.4 eV （ GaN ）、 6.1 eV （ AlN ））に相当する赤外領域から紫外領域に至る波長範囲で高効率な発光素子の作製が可能である。そのため、III族窒化物半導体を用いた青色発光ダイオードは、蛍光体を組み合わせた白色発光ダイオードとして、照明用途を初めとする多岐に渡る用途で用いられている。

[0003] 近年、紫外発光ダイオードの開発が進められており、短波長の発光ピーク波長、例えば、 350 nm 以下に発光ピーク波長が存在する紫外発光ダイオードの開発も進んでいる。紫外発光ダイオードにおいては、III族窒化物結晶が成長できること、および紫外線に対する透過率の関係から、サファイア基板上をベース基板に使用する試みが多数なされている（非特許文献1参照）。

[0004] しかしながら、サファイア基板等の、Ⅲ族窒化物と異なる異種材料基板をベース基板として用いた場合、Ⅲ族窒化物単結晶層（素子層）とベース基板（サファイア基板）との格子定数差が大きいため、Ⅲ族窒化物単結晶層とベース基板との界面で高密度の欠陥（転位密度）がⅢ族窒化物単結晶層中に発生するといった問題があった。その結果、素子層中の欠陥密度も高くなってしまい、光出力が低下するという問題があった。

先行技術文献

非特許文献

[0005] 非特許文献1：phys. stat. sol. (a) 203, (2006) 1815

発明の概要

発明が解決しようとする課題

[0006] Ⅲ族窒化物単結晶層（素子層）とベース基板（サファイア基板）との格子定数差が大きいことに起因する転位密度の問題は、本質的に不可避的な問題である。そのため、サファイア基板上に、転位密度が低減されたⅢ族窒化物単結晶層（素子層）を成長することは非常に難しい。

[0007] そこで、本発明の目的は、サファイア基板をベース基板とした場合に、出力の高い半導体ウェハ、最終的には該半導体ウェハから得られる半導体発光素子を提供することにある。

課題を解決するための手段

[0008] 本発明者等は、上記課題を解決するため、鋭意検討を行った。そして、サファイア基板を使用した場合において、様々な成長条件を検討し、素子層の転位密度を低減できなくとも、高い光出力を有する半導体ウェハの製造を試みた。その結果、得られる半導体ウェハが特定方向に、特定の割合で反っている場合に、転位密度は低減できなくとも、高い出力が得られることを見出し、本発明を完成するに至った。

[0009] すなわち、本発明は、サファイア基板の一方の面上に、n型層、活性層、

及びp型層を含む素子層を有する半導体ウェハであって、該素子層の表面が凸状に反っており、その曲率が 530 km^{-1} 以上 800 km^{-1} 以下であることを特徴とする半導体ウェハである。なお、素子層の表面とは、サファイア基板側ではなく、最上位の素子層の表面を指す。

発明の効果

[0010] 本発明によれば、高い出力の半導体ウェハ、および半導体チップを得ることができる。この半導体ウェハは、異種基板であるサファイア基板上にIII族窒化物単結晶層からなる素子層を形成しても、転位密度を低減する効果は低いが、高い出力を発揮する。そのため、汎用なサファイア基板を使用して、紫外領域の発光ピーク波長を有する半導体ウェハを製造することができるため、工業的利用価値は高い。

図面の簡単な説明

[0011] [図1]予備実験において、n型AlGaIn層の成長時の曲率と成長後のPL (Photoluminescence) 強度と(102)面ロックアップ測定における半値幅の関係を求めた図である。

[図2]本発明における半導体ウェハの形態のイメージ図である。

[図3]本発明における半導体発光素子(チップ)の構成を示す代表図である。

発明を実施するための形態

[0012] 以下、図面を参照しつつ、本発明の実施の形態について説明する。図3に本発明の方法で得られる半導体チップの代表例を示した。当然のことながら、半導体ウェハは、図3の半導体チップの構成を複数有するものであり、層構成等は、半導体ウェハと半導体チップとは同じである。

[0013] (半導体ウェハの構成)

本発明の半導体ウェハ1は、サファイア基板10の一方の面上に、n型層30、活性層40、及びp型層60を含む素子層90を有する半導体ウェハである。そして、該素子層を表面が凸状に反っていることを特徴とする(図2)。

[0014] (半導体ウェハの特徴)

本発明の半導体ウェハは、該素子層90の表面が凸状に反っていることを特徴とする。そして、その反りの度合いを示す曲率が 530 km^{-1} 以上 800 km^{-1} 以下であることを特徴とする。なお、曲率は、XRD (X-Ray Diffraction)、レーザー変位計、干渉顕微鏡により測定できる。本発明において、曲率は、レーザー変位計で測定した値である。なお、該曲率は、電極を形成する前の半導体ウェハにおける素子層90の表面から求めた値である。すなわち、p型層60の最表面の曲率を意味し、p型層60がp型コンタクト層62を有する場合には、その表面の曲率をいう。また、表面の曲率が測定部位により異なる場合には、3点以上の測定点における曲率の平均値を意味する。

[0015] サファイア基板10上に素子層90を形成した場合、例えば、III族窒化物単結晶からなる素子層90を形成した場合、格子状数の違いから素子層90に転位が生じる。この転位は、製造方法を改良したり、バッファ層20等を設けたりして、低減する試みが多数なされているが、中々改善できないのが現状である。本発明によれば、転位がある程度存在しても、高い出力の半導体ウェハを得ることができる。特に制限されるものではないが、本発明においては、素子層90の転位密度は、 $1 \times 10^8 \sim 1 \times 10^9 [\text{cm}^{-2}]$ である。なお、この転位密度は、透過電子顕微鏡で測定した値であり、n型層30の転位密度を確認した値である。

[0016] 本発明において、サファイア基板10の素子層90の表面が、反っていないか、逆に凹状に反っている場合には、光出力が低下するため好ましくない。該素子層90の凸状面の曲率が 530 km^{-1} 以上 800 km^{-1} 以下であることにより優れた効果を発揮する理由は、本発明者等は以下のように推定している。

[0017] 本発明者等は、サファイア基板上10上に、n型AlGaIn層を様々な条件で成長させたところ、(102)面のX線ロックアップカーブが同程度(700弱から800強 [arcsec]) ; 転位密度が変わらないことを示す。)であるにもかかわらず、得られる積層体(n型AlGaIn層表面)の曲率

をある程度大きくすることにより、 n 型AlGaIn層のPL強度を高くできることを見出した（図1参照）。この結果から、凸状にある程度反らすことができれば、活性層等において、転位密度を増加させることなく、かつ不純物や点欠陥の取り込みを抑制していること示唆していると考えた。そして、素子層90の表面の曲率を 530 km^{-1} 以上 800 km^{-1} 以下とすることにより、光出力を効率よく高めることができることを見出し、本発明を完成した。

[0018] 本発明において、素子層90の表面の曲率が 530 km^{-1} 未満の場合には、光出力が向上する効果が少ないため好ましくない。一方、 800 km^{-1} を超える場合には、半導体ウェハ自体の反りが大きすぎて研磨等の後加工が難しくなったり、製品としての使用が困難となり好ましくない。また、 800 km^{-1} を超える半導体ウェハの製造自体が困難である。光出力の向上、及び取扱性、生産性等を考慮すると、該曲率は 600 km^{-1} 以上 800 km^{-1} 以下とすることが好ましく、 600 km^{-1} 以上 750 km^{-1} 以下とすることがさらに好ましい。

[0019] 以下、基板、各層について順を追って説明する。

（サファイア基板）

サファイア基板10は、特に制限されるものではなく、公知の方法で製造された、公知の基板を用いることができる。該サファイア基板10の厚みは、特に制限されるものではなく、通常、 $300\sim 600\mu\text{m}$ である。

[0020] 該サファイア基板10は、(0001)面を成長面（素子層を成長する面）とすることが好ましい。

[0021] （好適な素子層90について）

本発明の半導体ウェハ1は、サファイア基板10上に、素子層90が形成される。素子層90の組成は、特に制限されるものではない。中でも、本発明の効果が顕著に発揮されるのは、該素子層90が、III族窒化物単結晶層から構成される場合であり、その中でも、 $\text{Al}_x\text{In}_y\text{Ga}_z\text{N}$ （ x 、 y 、 z は、 $0.3 \leq x \leq 1.0$ 、 $0 \leq y \leq 0.7$ 、 $0 \leq z \leq 0.7$ を満たす有

理数であり、 $x + y + z = 1.0$ である)で示される組成を満足するAlGaInN層で構成される場合である。その理由は、III族窒化物単結晶層、特に、前記組成の $Al_xIn_yGa_zN$ 層は、特に、サファイア基板と格子定数の差が大きく、転位が入り易く、その結果、光出力が低下し易い傾向にある。本発明は、このような従来では高密度に転位が生じ、出力の低下がみられる半導体ウェハの層構成において、層構成を変更させることなく、光出力を高めることができる。そのため、本発明は、素子層90がAlを含む場合に優れた効果を発揮することができる。具体的には、発光ピーク波長が、紫外領域、具体的には、200~350nmの範囲にある紫外発光ダイオード(ウェハ)に適している。

[0022] 本発明においては、サファイア基板1上に直接、素子層90が形成されてもよいが、図3に示すように、バッファ層20を形成した後、素子層90を形成することが好ましい。次に、バッファ層20について説明する。

[0023] (バッファ層20)

本発明において、バッファ層を設ける場合、バッファ層20は、III族窒化物単結晶層からなることが好ましく、 $Al_{x_1}In_{y_1}Ga_{z_1}N$ (X_1 、 Y_1 、 Z_1 は、 $0.8 \leq X_1 \leq 1$ 、 $0 \leq Y_1 \leq 0.2$ 、 $0 \leq Z_1 \leq 0.2$ を満たす有理数であり、 $X_1 + Y_1 + Z_1 = 1.0$ である)で示される組成を満足するAlGaInN層であることが好ましい。この中でも、本発明の半導体ウェハ1を紫外発光ダイオードに使用する場合には、 $0.9 \leq X_1 \leq 1$ 、 $0 \leq Y_1 \leq 0.1$ 、 $0 \leq Z_1 \leq 0.1$ であることが好ましく、生産性を考慮すると、AlNからなるバッファ層20を採用することが最も好ましい。

[0024] 該バッファ層20の厚みは、特に制限されるものではないが、0.01~5 μ mであることが好ましい。このバッファ層20は、単層であってもよいが、下記に詳述する通り、2層以上の複数層であってもよい。この複数層は、組成が異なる層であってもよいし、組成が同じであっても成長条件が異なる層であってもよい。組成が同じで成長条件が異なる層とは、例えば、成長条件の1つであるIII族原料ガスのモル数に対する窒素源ガスのモル数の

比 (V/III 比) を変化させて成長させた層のことを指す。最も好ましいのは、 V/III を変化させて成長した、 AlN からなる2層以上の層である。また、バッファ層20は、組成が連続的に変化する傾斜層であってもよい。

[0025] 本発明においては、該バッファ層20上に素子層90を形成することが好ましい。次に、素子層90を構成する各層について説明する。

[0026] (n型層30)

本発明において、サファイア基板10上には、必要に応じて前記バッファ層20を介して、n型層30を形成する。このn型層30とは、n型のドーパントがドーピングされている層である。このn型層30は、特に制限されるものではないが、例えば、Siをドーパントとして不純物濃度が $1 \times 10^{16} \sim 1 \times 10^{21} [cm^{-3}]$ となる範囲で含まれることにより、n型層30がn型の導電特性を示すことが好ましい。ドーパント材料は、Si以外の材料であってもよい。

[0027] 本発明においては、前記の通り、発光ピーク波長が200~350nmの範囲にある紫外発光ダイオードに好適に適用できる。そのため、n型層30は、III族窒化物単結晶からなることが好ましく、 $Al_{x_2}In_{y_2}Ga_{z_2}N$ (x_2, y_2, z_2 は、 $0.3 \leq x_2 \leq 1.0, 0 \leq y_2 \leq 0.7, 0 \leq z_2 \leq 0.7$ を満たす有理数であり、 $x_2 + y_2 + z_2 = 1.0$ である)で示される組成を満足するAlGaInN層からなることが好ましい。n型層30は組成が連続的に変化する傾斜層であってもよい。また、n型層30の厚みは、 $0.1 \sim 20 \mu m$ であることが好ましい。

[0028] (活性層40)

活性層40は、前記n型層30の上に形成される。活性層40は、例えば、1層以上の井戸層と障壁層により構成されればよい。井戸層と障壁層より構成される井戸数は、1つであってもよいし、2つ以上の複数であってもよい。複数ある場合には、特に制限されるものではないが、窒化物半導体発光素子の生産性を考慮すると、10以下であることが好ましい。また、n型層

30と接する層は、井戸層、および障壁層の何れであってもよい。

[0029] (障壁層)

活性層40は、障壁層と井戸層とからなる。そして、障壁層は、通常、井戸層よりもバンドギャップが大きくなる。つまり、障壁層は、井戸層よりも高いA1組成比のA1Ga1nN層で形成される。前記の通り、本発明の半導体ウェハは、紫外発光ダイオードに好適に適用できる。そのため、障壁層は、 $A_{X3}In_{Y3}Ga_{Z3}N$ ($X3$ 、 $Y3$ 、 $Z3$ は、 $0 \leq X3 \leq 1$ 、 $0 \leq Y3 \leq 0.7$ 、 $0 \leq Z3 \leq 0.7$ を満たす有理数であり、 $X3 + Y3 + Z3 = 1.0$ である)で示される組成を満足するA1Ga1nN層からなることが好ましい。また、障壁層42の厚みは、2~50nmであることが好ましい。

[0030] (井戸層)

井戸層は、障壁層よりもバンドギャップが小さくなる。つまり、井戸層は、障壁層よりも低いA1組成比となるA1Ga1nNの単結晶から形成される。前記の通り、本発明の半導体ウェハは、紫外発光ダイオードに好適に適用できる。そのため、井戸層は、 $A_{X4}In_{Y4}Ga_{Z4}N$ ($X4$ 、 $Y4$ 、 $Z4$ は、 $0.1 \leq X4 \leq 0.9$ 、 $0.1 \leq Y4 \leq 0.8$ 、 $0 \leq Z4 \leq 0.8$ を満たす有理数であり、 $X4 + Y4 + Z4 = 1.0$ である。ただし、 $X3 > X4$ でありかつ $Z3 \leq Z4$ である。)で示される組成を満足するA1Ga1nN層からなることが好ましい。また、井戸層41の厚みは、1~20nmであることが好ましい。

[0031] (電子ブロック層50)

本発明においては、前記活性層40の上に、直接、p型層60が形成されてもよいが、電子ブロック層50を介して、p型層60が形成されることが好ましい。電子ブロック層50は、電界をかけたことによりn型層30から活性層40へと注入された電子の一部がp型層60側に漏れることを抑制する。そのため、電子ブロック層50は後述するp型クラッド層60で代用することも可能であるが、電子ブロック層50を設けることにより、p型クラ

ッド層のA I組成を下げる、かつ膜厚を薄くとすることができ、その結果、駆動電圧を低減できるという効果が得られる。

[0032] 電子ブロック層50を設ける場合、電子ブロック層50のバンドギャップは、前記活性層40（活性層における最大バンドギャップを有する（最大のA I組成となる）障壁層）、および下記に詳述するp型層60を形成する層のバンドギャップよりも大きいことが好ましい。そのため、電子ブロック層40は、これらの層よりもA I組成比が高いA I I n G a Nからなる単結晶から形成されることが好ましい。つまり、電子ブロック層50は、他の何れの層よりもA I組成が高いA I G a N単結晶層から形成されることが好ましい。そのため、電子ブロック層50は、 $A I_{X5} I n_{Y5} G a_{Z5} N$ （ $X5$ 、 $Y5$ 、 $Z5$ は、 $0.7 \leq X5 \leq 1$ 、 $0 \leq Y5 \leq 0.3$ 、 $0 \leq Z5 \leq 0.3$ を満たす有理数とし、 $X5 + Y5 + Z5 = 1.0$ である）で示される組成を満足するA I I n G a N層からなることが好ましく、特に、A I N単結晶層からなることが好ましい。電子ブロック層50は組成が連続的に変化する傾斜層であってもよい。

[0033] また、電子ブロック層50は、アンドープ層、又はp型層であってもよい。p型となる場合には、p型となるドーパント、例えば、Mgをドーパントとして不純物濃度が $1 \times 10^{16} \sim 1 \times 10^{21} [cm^{-3}]$ となる範囲で含まれることが好ましい。電子ブロック層50の厚みは、1～50nmであることが好ましい。

[0034] （p型層60）

本発明においては、前記活性層40、又は必要の応じて設けられる電子ブロック層50上に、p型層60を形成する。このp型層60は、特に制限されるものではないが、p型クラッド層61、およびその上にp電極80が形成されるp型コンタクト層62からなることが好ましい。

[0035] （p型クラッド層61）

本発明の半導体ウェハ1は、前記の通り、200～350nmの範囲にある紫外発光ダイオードに好適に適用できる。そのため、p型クラッド層61

は、 $\text{Al}_{x6}\text{In}_{y6}\text{Ga}_{z6}\text{N}$ ($x6$ 、 $y6$ 、 $z6$ は、 $0 \leq x6 \leq 1$ 、 $0 \leq y6 \leq 0.7$ 、 $0 \leq z6 \leq 0.7$ を満たす有理数とし、 $x6 + y6 + z6 = 1$ 、 0 である)で示される組成を満足する AlInGaN 層からなることが好ましい。

[0036] p型クラッド層61は、例えば、Mgをドーパントとして不純物濃度が $1 \times 10^{16} \sim 1 \times 10^{21} [\text{cm}^{-3}]$ となる範囲で含まれることが好ましい。また、p型クラッド層61の厚みは、特に制限されるものではないが、1nm以上 $1 \mu\text{m}$ 以下であることが好ましい。

[0037] (p型コンタクト層62)

本発明においては、前記p型クラッド層61上に、p電極と接するp型コンタクト層62を設けることが好ましい。p型コンタクト層62を形成することにより、p電極80とのオーミック接触を実現し易くするとともに、その接触抵抗の低減を実現し易くすることができる。

[0038] p型コンタクト層62を設けた場合には、p型コンタクト層62のバンドギャップは、p型クラッド層61のバンドギャップよりも低い値とすることが好ましい。つまり、p型コンタクト層62のAl組成比は、p型クラッド層61のAl組成よりも小さくなることが好ましい。そのため、p型コンタクト層62は、 $\text{Al}_{x7}\text{In}_{y7}\text{Ga}_{z7}\text{N}$ ($x7$ 、 $y7$ 、 $z7$ は、 $0 \leq x7 \leq 0.99$ 、 $0 \leq y7 \leq 1$ 、 $0 \leq z7 \leq 1$ を満たす有理数とし、 $x7 + y7 + z7 = 1$ 、 0 である)で示される組成を満足する AlInGaN 層からなることが好ましい。最も好ましくはp型コンタクト層62がGaInからなる単結晶で形成される場合である。また、例えば、Mgをドーパントとして不純物濃度が $1 \times 10^{16} \sim 1 \times 10^{21} [\text{cm}^{-3}]$ となる範囲で含まれることが好ましい。p型コンタクト層62の厚みは、特に制限されるものではないが、1nm以上 1000nm 以下であることが好ましい。上記の通りにp型コンタクト層62を設けた場合には、本発明においては、このp型コンタクト層62表面の曲率を測定する。

[0039] (n電極70)

n電極70は、n型層30の露出面に形成される。n電極70に用いられる材料は、様々挙げられるが公知の材料から選択することができる。たとえば、Ti、Al、Rh、Cr、V、In、Ni、及びPt、Auなどを用いる事ができる。中でも、Ti、Al、Rh、Cr、V、Ni、Auを使用することが好ましい。これら負電極は、これらの金属の合金または酸化物を含む層を有する単層、又は多層構造であってもよく、オーミック性および反射率の観点から好ましい組み合わせは、Ti/Al/Auである。厚みは、特に制限されるものではないが、生産の安定性を考えると2nm以上が好ましく、上限は2μmである。

[0040] (p電極80)

p電極80は、p型コンタクト層62上に形成される。このp電極80は、紫外光に対して高い透過性を有するものであることが好ましい。具体的には、265nmの光に対して透過率60%以上、好適には70%以上である。特に制限されるものではないが、上限は100%であることが好ましく、工業的には90%以上であることが好ましい。

[0041] p電極80に用いられる金属材料は、様々挙げられるが公知の材料から選択することができる。たとえば、Ni、Cr、Au、Mg、Zn、及びPd等を用いる事が出来る。また、透光性正電極は、これらの金属の合金または酸化物を含む層を有する単層、又は多層構造であってもよい、好ましい組み合わせは、Ni/Auである。

[0042] p電極80は透光性を持たせる必要がある場合においては、膜厚は小さいほど好ましい。具体的には10nm以下、さらに好適には5nm以下であり、下限は0.5nmである。またp電極80が透光性を持たせる必要が無い場合においては、この限りではなく、膜厚は厚くとも良い。具体的には500nm以下、さらに好適には100nm以下であり、下限は0.5nmである。

[0043] 本発明においては、半導体ウェハにn電極、p電極を有するものを半導体発光素子とし、該半導体発光素子を切断して得られるものを半導体チップと

する。次に、本発明の半導体ウェハ1の好適な製造方法について説明する。

[0044] (半導体ウェハの製造方法)

(サファイア基板の準備)

本発明においては、サファイア基板10上に素子層90を形成して半導体ウェハ1を製造する。使用するサファイア基板10は、(0001)面上に前記素子層を成長させることが好ましい。この(0001)面は、オフ角を有していてもよく、0~5°に傾斜している(0001)面上に素子層を形成することが好ましい。さらにm軸方向に傾いていることが好ましい。

[0045] また、(0001)面は平滑であることが好ましく、表面粗さ0.2nm以下程度であるものを使用することが好ましい。また、素子層90を成長させる前のサファイア基板10の反り量(曲率半径)は10m以上であることが好ましい。曲率半径の上限は、特に制限されるものではない。

[0046] 本発明においては、前記サファイア基板10上に、素子層90を形成する。本発明の半導体ウェハを製造するための条件は、特に制限されるものではないが、有機金属気相成長(MOCVD)法で成長することが好ましい。そして、本発明者等の検討によれば、素子層90を本発明の範囲を満足するように反らすためには、サファイア基板10上にバッファ層または素子層を成長させる直前の条件が重要であることが分かった。具体的には、サファイア基板10上にバッファ層または素子層を成長させる前に、MOCVD装置内にある程度の酸素を導入することが好ましい。ただし、この酸素の導入量は、各装置の容量、形状等によって最適値が異なるため、一概に限定することはできない。通常のMOCVD装置であれば、サファイア基板を装置内にセットする前に、2分間以上10分間以下程度開放して装置内に酸素(空気)を導入することが好ましい。この操作の後、サファイア基板10をMOCVD装置にセットし、公知の方法でサーマルクリーニング等を行い、バッファ層20または素子層90を形成すればよい。酸素を導入して効果ができること理由は明らかではないが、少量残存する酸素がサファイア基板10上に最初に形成される層の成長に影響して、最終的に得られる素子層90を凸状

に反らすことができるものと考えられる。

[0047] また、MOCVD法において、必要に応じて設けるバッファ層、及びn型層を成長する間は、加圧下で実施することでも素子層90を凸状に反らすことが可能となる。具体的には、サファイア基板10上に層を成長する際に、50~200 Torrの圧力下で実施することが好ましい。この理由も明らかではないが、成長初期段階において、加圧下とすることで形成される層の成長に影響して、最終的に得られる素子層90を凸状に反らすことができるものと考えられる。

[0048] なお、当然のことであるが、酸素導入する方法、及び加圧下での成長方法の両方の方法を採用することもできる。

[0049] 本発明において、素子層90は、直接、サファイア基板10上の(0001)面上に形成されてもよいが、前記の通り、先ずは、バッファ層20を介することが好ましい。次にバッファ層20の成長について説明する。

[0050] (バッファ層20の成長)

本発明において、バッファ層20を設ける場合、好ましい組成は前記の通りである。本発明においては、特に制限されるものではないが、有機金属気相成長(MOCVD)法で成長することが好ましい。

[0051] 本発明の半導体ウェハ1において、素子層90を本発明の範囲の曲率とするためには、上記の酸素導入法、及び/又は50~200 Torrの圧力下での成長方法を採用し、バッファ層20の成長条件において、V/III比を制御することが好ましい。すなわち、III族原料ガスのモル数に対する窒素源ガスのモル数の比(V/III比)を制御することが好ましい。成長後の曲率はV/III比が高ければ高いほど素子層90が凸状に反るようになる。製造条件におけるV/III比の範囲は特に制限されるものではないが、50~1000とすることが好ましい。V/III比を上記範囲とすることにより、成長初期段階における核形成サイズが異なるため、その後の成長核同士の会合過程が異なることで、反った半導体ウェハが得られるものと推定している。

[0052] また、特に好ましい方法としては、バッファ層20を少なくとも2段階で

成長させることが好ましい。特に好ましい条件としては、第一成長工程として、V/III比が2000以上10000以下となるように原料ガス流量を調整し、A1N単結晶からなる第一バッファ層を形成し、次いで、第一バッファ層上にV/III比を50以上2000未満となるように原料ガス流量を調整し、さらにA1N単結晶層を形成することが好ましい。第一成長工程後は、V/III比を50以上2000未満となる範囲で、多段階でA1N単結晶層を成長することができる。ただし、操作性を考慮すると、第一成長工程後、第二成長工程を行う2段階でバッファ層（第二バッファ層）を形成することが好ましい。この場合、第一バッファ層よりも第二バッファ層の方が厚くなるようにすることが好ましい。具体的には、第一バッファ層の厚みは0.004 μ m以上0.5 μ m以下とすることが好ましく、第二バッファ層の厚みは0.006 μ m以上4.5 μ m以下であることが好ましい。

[0053] その他、バッファ層20を形成する条件は、公知の方法を採用することができ、窒素源ガス（例えば、アンモニア等）と、III族原料ガス（例えば、トリメチルアルミニウムガス、トリメチルガリウムガス、トリメチルインジウムガス等）とを、所望の組成、厚みとなるように、1100~1300 $^{\circ}$ C、水素あるいは窒素ガスの流通下、サファイア基板10上に供給してやればよい。

[0054] （n型層30の成長方法）

n型層30の成長方法も、特に制限されるものではなく、MOCVD法で成長することが好ましい。バッファ層20を設けない場合には、サファイア基板10上には、このn型層30が直接積層される。n型層30を成長する条件は、公知の方法を採用することができる。サファイア基板10上、バッファ層20上の成長条件は同じ条件とすることができる。

[0055] その他の条件としては、例えば、n型層30は、Al、Ga原料ガスとアンモニアに加えて、n型ドーパントを供給して成長すればよい。n型ドーパント元素には、Si、O等の公知の元素を制限なく用いることができるが、制御の容易さなどの観点から、Siを用いることが好ましい。また、Si原

料としては、モノシラン (SiH_4)、テトラエチルシラン (TESi) などを使用することができる。

[0056] n型層30を成長する際の成長温度は、特に制限されるものではないが、 900°C 以上 1100°C 以下とすることが好ましい。成長速度は、 $0.1\sim 2.0\ \mu\text{m}/\text{h}$ であることが好ましい。また、V/III比は、特に制限されるものではないが、前記温度範囲で前記成長速度を満足するためには、 $1500\sim 10000$ であることが好ましく、さらに好ましくは $2000\sim 5000$ である。

[0057] (活性層40の成長方法)

次いで、活性層40も、前記バッファ層20、n型層30と同じく、所望の組成を満足するように、MOCVD法で成長することができる。活性層40を形成する条件は、公知の方法を採用することができる。

[0058] その他の条件としては、活性層40の成長温度は、特に制限されるものではないが、 1000°C を超え 1200°C 以下とすることが好ましく、 1020°C を超え 1100°C 以下とすることが好ましい。また、活性層40の成長時のV/III比は、特に制限されるものではないが、 $1000\sim 10000$ であることが好ましく、さらに好ましくは $1500\sim 8000$ である。また、活性層40の成長中の成長速度は、 $0.05\sim 1.0\ \mu\text{m}/\text{h}$ であることが好ましく、さらに好ましくは $0.1\sim 0.8\ \mu\text{m}/\text{h}$ である。この活性層の成長速度も、量子井戸層、および障壁層の全ての層が $0.05\sim 1.0\ \mu\text{m}/\text{h}$ の範囲とすることが好ましい。

[0059] (電子ブロック層50の成長方法)

必要に応じて形成される電子ブロック層50も、MOCVD法により成長させることができる。電子ブロック層50を形成する条件は、公知の方法を採用することができる。

[0060] 電子ブロック層50の成長温度は、特に制限されるものではないが、 1020°C を超え 1200°C 以下であることが好ましく、さらに 1050°C を超え 1150°C 以下であることが好ましい。成長速度は、 $0.1\ \mu\text{m}\sim 1.0$

$\mu\text{m}/\text{h}$ であることが好ましく、さらに好ましくは $0.1\sim 0.8\mu\text{m}/\text{h}$ である。また、 V/III 比は、特に制限されるものではないが、 $2000\sim 20000$ の範囲であることが好ましく、さらに $2500\sim 15000$ の範囲内で成長することが好ましい。なお、電子ブロック層50は、 p 型不純物を添加して p 型とすることもできる。

[0061] 電子ブロック層50は、 Al および Ga 原料ガス、およびアンモニアに加えて、 p 型不純物を供給することにより製造される。 p 型不純物には、公知の材料を制限なく使用できるが、 p 型不純物の活性化エネルギーなどを勘案すると、 Mg を使用することが好ましい。

[0062] (p 型層60の成長方法)

(p 型クラッド層61)

p 型クラッド層61も、 $MOCVD$ 法により成長させることができる。具体的には、 Al および Ga 原料ガス、およびアンモニアに加えて、 p 型不純物を供給することにより製造される。 p 型不純物には、公知の材料を制限なく使用できるが、 p 型不純物の活性化エネルギーなどを勘案すると、 Mg を使用することが好ましい。

[0063] p 型クラッド層61を形成する条件は、公知の方法を採用することができる。成長温度、成長速度、 V/III 比については、電子ブロック層50で説明した条件を採用することが好ましい。

[0064] (p 型コンタクト層62)

p 型コンタクト層62も同様に、 $MOCVD$ 法により成長させることができ、 p 型クラッド層61と同じ不純物を添加することができる。

[0065] p 型コンタクト層62を形成する条件は、公知の方法を採用することができる。成長温度は、特に制限されるものではないが、 1000°C 以上 1080°C 以下とすることが好ましく、さらに 1020°C 以上 1050°C 以下とすることが好ましい。成長速度も、特に制限されるものではないが、 $0.03\sim 1.0\mu\text{m}/\text{h}$ とすることが好ましい。また、 V/III 比は、 $2000\sim 15000$ の範囲内で設定することが好ましく、より好ましくは $4000\sim 1$

2000、最も好ましくは6000~10000である。

[0066] (n電極70の形成方法)

n電極70は、前記n型層30の露出面上に形成される。n型層30の露出面は、エッチング等の手段で形成される。エッチングの手法としては、好適には反応性イオンエッチング、誘導結合プラズマエッチング等のドライエッチングが挙げられる。前記n型層30の露出面を形成後、エッチングのダメージを除去するため、酸またはアルカリの溶液で表面処理を施すことが好ましい。また、n電極のパターニングは、リフトオフ法を用いて実施することができる。

[0067] また、n電極を形成する金属を堆積する手法は、真空蒸着、スパッタリング、化学気相成長法等が挙げられるが、電極金属中の不純物を排除するため真空蒸着が好ましい。n電極に用いられる材料は、前記の通りである。

[0068] (p電極80の形成方法)

p電極80のパターニングは、リフトオフ法を用いることが好ましい。p電極80に用いられる金属材料は、前記の通りである。p電極80の金属を堆積する方法は、真空蒸着、スパッタリング、化学気相成長法等が挙げられるが、電極金属中の不純物を排除するため真空蒸着が好ましい。

実施例

[0069] 以下、実施例を挙げて本発明を詳細に説明するが、本発明は以下の実施例に限定されるものではない。

[0070] 実施例1

結晶成長用基板にはサファイアC面((0001)面)単結晶基板(Φ2インチ×厚み330μm)を用いた。MOCVD装置を開放して5分間後、該サファイア基板をMOCVD装置内のサセプタ上に設置した後、水素を13slmの流量で流しながら、サファイア基板を1230℃まで加熱し、10分間保持した(熱処理工程)。

[0071] (バッファ層20の形成)

次いで、サファイア基板の温度を1180℃とし、トリメチルアルミニウム

ム流量を $13.1 \mu\text{mol}/\text{min}$ 、アンモニア流量を 1slm として、この際の V/III 比 3400 となるように原料ガス流量を調整し、全流量が 10slm 、圧力が 25Torr の条件で第一バッファ層として AlN 単結晶層を厚さ $0.1 \mu\text{m}$ 形成した（第一成長工程；第一バッファ層の成長）。

次いで、サファイア基板の上に第一バッファ層の AlN 単結晶層が積層された基板の温度を 1180°C とし、トリメチルアルミニウム流量を $26 \mu\text{mol}/\text{min}$ 、アンモニア流量を 0.5slm として、この際の V/III 比が 850 となるように原料ガス流量を調整し、全流量が 10slm 、圧力が 25Torr の条件で第二バッファ層として AlN 単結晶層を $1.9 \mu\text{m}$ 形成した（第二成長工程；第二バッファ層の成長）。

[0072] （ n 型層30の形成）

次いで、基板温度を 1050°C とし、トリメチルアルミニウム流量を $35 \mu\text{mol}/\text{min}$ 、トリメチルガリウム流量を $18 \mu\text{mol}/\text{min}$ 、テトラエチルシラン流量を $0.02 \mu\text{mol}/\text{min}$ 、アンモニア流量を 1.5slm の条件で、 Al 組成 70% 、 Ga 組成 30% 、 In 組成 0% の n 型層30を $2.0 \mu\text{m}$ 形成した。この間装置内の圧力は 38Torr とした。このとき X 線ロックアップカーブの半値幅は (102) 面： 700arcsec であった。

[0073] （活性層40）

次いで、基板温度を 1060°C に設定し、温度が一定となった後、テトラエチルシラン流量を $0.002 \mu\text{mol}/\text{min}$ 、トリメチルアルミニウム流量を $13.3 \mu\text{mol}/\text{min}$ 、トリメチルガリウム流量を $11.2 \mu\text{mol}/\text{min}$ 、とした以外は、前記 n 型層の成長条件と同条件で $\text{Al}_{0.7}\text{Ga}_{0.3}\text{N}$ 障壁層を 7nm 形成した。

次いで、トリメチルガリウム流量を $40 \mu\text{mol}/\text{min}$ 、トリメチルアルミニウムを $2 \mu\text{mol}/\text{min}$ とした以外は、前記 n 型層を成長する条件と同条件で $\text{Al}_{0.5}\text{Ga}_{0.5}\text{N}$ 井戸層を 2nm 形成した。この井戸層と障壁層の成長を3回繰り返すことにより3重量子井戸層を形成した。この間装置内

の圧力は38 Torrとした。

[0074] (電子ブロック層50の形成)

次いで、トリメチルガリウムおよびテトラエチルシランの供給を停止し、基板温度を1100℃に設定した。温度が一定になった後、ビシクロペンタジエニルマグネシウムを1.0 μmol/minで供給した以外は、前記n型層の成長条件と同条件で電子ブロック層50を20 nm形成した。このときAl組成は100%である。この間装置内の圧力は38 Torrとした。

[0075] (p型層60の形成)

(p型クラッド層61の形成)

次いで、基板温度を固定したままビシクロペンタジエニルマグネシウムを1.0 μmol/minで供給した以外は、前記n型層の成長条件と同条件でp型クラッド層61を35 nm形成した。このとき、Al組成70%、Ga組成30%、In組成0%であった。この間装置内の圧力は38 Torrとした。

[0076] (p型コンタクト層62の形成)

次いで、基板温度を1030℃、圧力を150 Torrに変更した後、トリメチルガリウム流量が36.0 μmol/min、アンモニア流量が2.5 slm、ビシクロペンタジエニルマグネシウム流量が0.66 μmol/min、キャリアガス流量(水素)が3.5 slmの条件で、p型コンタクト層62としてGaN層を240 nm形成した。この間装置内の圧力は150 Torrとした。このようにして半導体ウェハを製造した。

[0077] 得られた半導体ウェハの素子層90(p型コンタクト層62)の表面の曲率をレーザー変位計の方法により測定した。半導体ウェハの曲率は543 km⁻¹であり、結果を表1に示した。

[0078] (n電極70の形成)

得られた半導体ウェハを窒素雰囲気中、20分間、900℃の条件で熱処理を行った。その後、p型コンタクト層62の表面にフォトリソグラフィー

により所定のレジストパターンを形成し、レジストパターンの形成されていない窓部を反応性イオンエッチングによりn型層30の表面が露出するまでエッチングした。その後、n型層30の表面に真空蒸着法によりn電極70として、Ti(20nm)/Al(200nm)/Au(5nm)電極(負電極)を形成し、窒素雰囲気中、1分間、810°Cの条件で熱処理を行った。

[0079] (p電極80の形成)

次いで、p型コンタクト層62の表面に、真空蒸着法によりp電極80として、Ni(20nm)/Au(50nm)電極(正電極)を形成した後、酸素雰囲気中、3分間、550°Cの条件で熱処理を行い、窒化物半導体発光素子を作製した。

[0080] 得られた半導体発光素子は、駆動電流30mAにおける光出力および波長は0.44mW、272nmであった。結果を表1にまとめた。

[0081] 実施例2

実施例1においてバッファ層20における(第一成長工程)のトリメチルアルミニウム流量を13.1 $\mu\text{mol}/\text{min}$ とし、この際のV/III比を5100とした以外は全て同じ条件にて半導体ウェハ、半導体発光素子を作製した。実施例1と同様の評価を行ったところ、駆動電流30mAにおける光出力および波長は0.87mW、269nmであり、半導体ウェハの曲率は613 km^{-1} であった。結果を表1に示した。

[0082] 実施例3

実施例1においてバッファ層20における(第一成長工程)のトリメチルアルミニウム流量を6.6 $\mu\text{mol}/\text{min}$ としこの際のV/III比を6800とした以外は全て同じ条件にて半導体ウェハ、半導体発光素子を作製した。実施例1と同様の評価を行ったところ、駆動電流30mAにおける光出力および波長は1.48mW、267nmであり、半導体ウェハの曲率は701 km^{-1} であった。結果を表1に示した。

[0083] 比較例1

(バッファ層 20 の形成)

実施例 1 において、サファイア基板を MOCVD 装置に導入する前の開放時間を 1 分間とし、第一成長工程を実施しなかった以外は第二成長工程と同じ条件でバッファ層 20 を $2 \mu\text{m}$ 成長した。

[0084] (n 型層 30 以降の形成)

n 型層 30 以降の成長条件等は、実施例 1 と同様の操作を行い、半導体ウェハ、半導体発光素子を作製した。また、この条件で n 型層を形成した際の X 線ロックアップカーブの半値幅 (102) 面を測定した。

[0085] 得られた半導体発光素子は、駆動電流 30 mA における光出力および波長は 0.32 mW、260 nm であり、半導体ウェハの曲率は 507 km^{-1} であった。表 1 に結果をまとめた。

[0086] [表 1]

	n 型層の 半値幅 [arcsec]	発光波長 [nm]	曲率 [km^{-1}]	光出力 [mW]
実施例 1	730	272	543	0.44
実施例 2	720	269	613	0.87
実施例 3	700	267	701	1.48
比較例 1	800	260	507	0.32

符号の説明

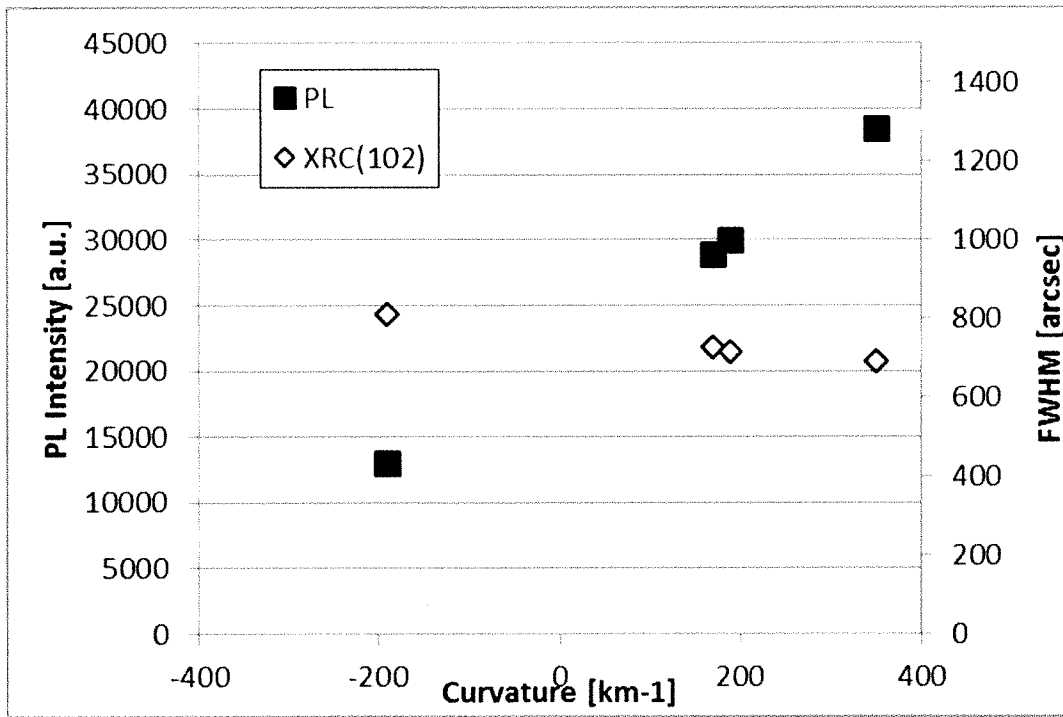
- [0087] 1 半導体ウェハ
 10 サファイア基板
 20 バッファ層
 30 n 型層
 40 活性層
 50 電子ブロック層
 60 p 型層
 61 p 型クラッド層
 62 p 型コンタクト層
 70 n 電極

80 p電極

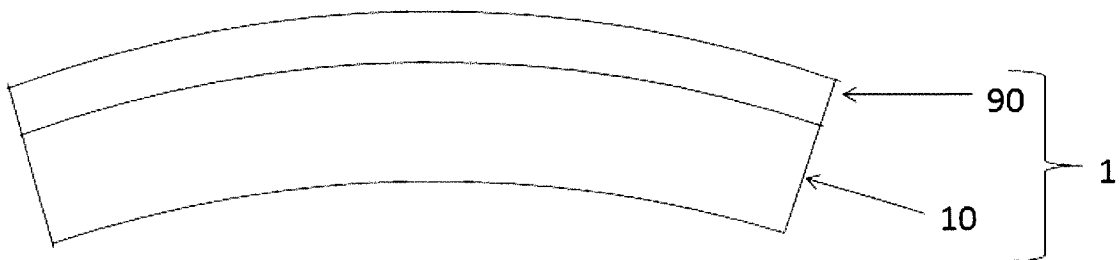
請求の範囲

- [請求項1] サファイア基板の一方の面上に、n型層、活性層、及びp型層を含む素子層を有する半導体ウェハであって、
該素子層の表面が凸状に反っており、その曲率が 530 km^{-1} 以上 800 km^{-1} 以下であることを特徴とする半導体ウェハ。
- [請求項2] 前記サファイア基板の素子層を有する面が(0001)面であることを特徴とする請求項1に記載の半導体ウェハ。
- [請求項3] 前記素子層が、III族窒化物単結晶層からなることを特徴とする請求項1に記載の半導体ウェハ。
- [請求項4] 前記III族窒化物単結晶層が、 $\text{Al}_x\text{In}_y\text{Ga}_z\text{N}$ (x 、 y 、 z は、 0 、 $3 \leq x \leq 1$ 、 0 、 $0 \leq y \leq 0.7$ 、 $0 \leq z \leq 0.7$ を満たす有理数であり、 $x + y + z = 1$ 、 0 である)で示される組成を満足する AlGaInN 層からなることを特徴とする請求項3に記載の半導体ウェハ。
- [請求項5] 前記サファイア基板の一方の面上と素子層との間に、 $\text{Al}_x\text{In}_y\text{Ga}_z\text{N}$ (x 、 y 、 z は、 0 、 $8 \leq x \leq 1$ 、 0 、 $0 \leq y \leq 0.2$ 、 $0 \leq z \leq 0.2$ を満たす有理数であり、 $x + y + z = 1$ 、 0 である)からなるバッファ層を有することを特徴とする請求項1に記載の半導体ウェハ。
- [請求項6] 前記バッファ層が第一バッファ層、及び第二バッファ層の2層を少なくとも有することを特徴とする請求項5に記載の半導体ウェハ。
- [請求項7] 請求項1～6の何れかに記載の半導体ウェハのn型層上にn電極を有し、p型層上にp電極を有することを特徴とする素子回路付半導体ウェハ。
- [請求項8] 請求項1～6の何れかに記載の半導体ウェハを切断して半導体チップとする工程を含む半導体発光素子の製造方法。

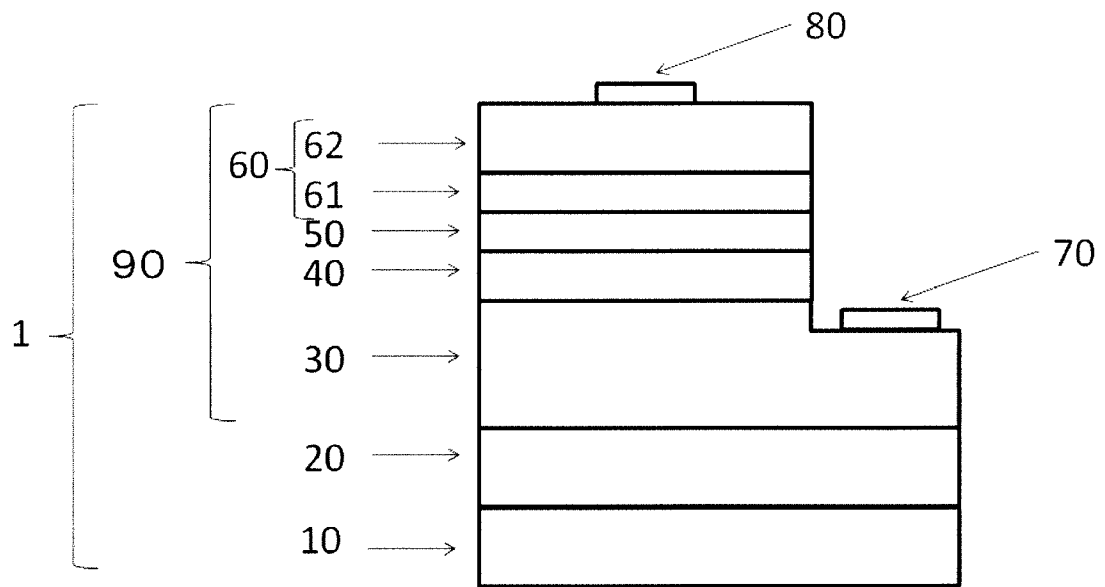
[図1]



[図2]



[図3]



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.
PCT/JP2017/014519

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER
H01L33/20(2010.01)i, H01L21/205(2006.01)i, H01L33/32(2010.01)i

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)
H01S5/00-5/50, H01L21/205, 21/31, 21/365, 21/469, 21/86, 33/00-33/46

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	1996-2017
Kokai Jitsuyo Shinan Koho	1971-2017	Toroku Jitsuyo Shinan Koho	1994-2017

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.
X A	WO 2005/099057 A1 (NEC Corp.), 20 October 2005 (20.10.2005), paragraphs [0128] to [0130]; fig. 8 (Family: none)	1-3, 7-8 4-6
A	JP 2002-222772 A (Matsushita Electric Industrial Co., Ltd.), 09 August 2002 (09.08.2002), paragraph [0035]; fig. 1 (Family: none)	1-8
A	JP 2000-349338 A (NEC Corp.), 15 December 2000 (15.12.2000), paragraph [0010]; fig. 14 & US 6252261 B1 column 2, lines 17 to 26; fig. 14	1-8

Further documents are listed in the continuation of Box C. See patent family annex.

* Special categories of cited documents:	"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
"A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance	"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
"E" earlier application or patent but published on or after the international filing date	"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
"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)	"&" document member of the same patent family
"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	

Date of the actual completion of the international search 31 May 2017 (31.05.17)	Date of mailing of the international search report 13 June 2017 (13.06.17)
---	---

Name and mailing address of the ISA/ Japan Patent Office 3-4-3, Kasumigaseki, Chiyoda-ku, Tokyo 100-8915, Japan	Authorized officer Telephone No.
--	---

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2017/014519

C (Continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	US 2005/0167683 A1 (LEE Chang Ho), 04 August 2005 (04.08.2005), fig. 5 & KR 10-2005-0077915 A	1-8

A. 発明の属する分野の分類（国際特許分類（IPC））
 Int.Cl. H01L33/20(2010.01)i, H01L21/205(2006.01)i, H01L33/32(2010.01)i

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. H01S5/00-5/50, H01L21/205, 21/31, 21/365, 21/469, 21/86, 33/00-33/46

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 1971-2017年
 日本国実用新案登録公報 1996-2017年
 日本国登録実用新案公報 1994-2017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
X A	WO 2005/099057 A1（日本電気株式会社）2005.10.20, 段落 0128-0130, 図 8 (ファミリーなし)	1-3, 7-8 4-6
A	JP 2002-222772 A（松下電器産業株式会社）2002.08.09, 段落 0035, 図 1 (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	の日の後に公表された文献
「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	「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
「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	「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
「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）	「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
「O」口頭による開示、使用、展示等に言及する文献	「&」同一パテントファミリー文献
「P」国際出願日前で、かつ優先権の主張の基礎となる出願	

国際調査を完了した日
 31.05.2017

国際調査報告の発送日
 13.06.2017

国際調査機関の名称及びあて先
 日本国特許庁（ISA/J P）
 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） 高 椋 健 司	2 K	3 7 1 5
電話番号 03-3581-1101 内線	3 2 5 5	

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 請求項の番号
A	JP 2000-349338 A (日本電気株式会社) 2000. 12. 15, 段落 0010, 図 14 & US 6252261 B1, 第 2 欄第 17-26 行, 図 14	1-8
A	US 2005/0167683 A1 (LEE Chang Ho) 2005. 08. 04, 図 5 & KR 10-2005-0077915 A	1-8