

(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
2022年4月21日(21.04.2022)



(10) 国際公開番号

WO 2022/079939 A1

(51) 国際特許分類:
C30B 29/38 (2006.01) *C30B 19/04* (2006.01)
C23C 16/34 (2006.01) *H01L 21/205* (2006.01)

(21) 国際出願番号: PCT/JP2021/020278

(22) 国際出願日: 2021年5月27日(27.05.2021)

(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 2020-173012 2020年10月14日(14.10.2020) JP

(71) 出願人: 日本碍子株式会社(NGK INSULATORS, LTD.) [JP/JP]; 〒4678530 愛知県名古屋市瑞穂区須田町2番56号 Aichi (JP).

(72) 発明者: 坂井 正宏(SAKAI Masahiro); 〒4678530 愛知県名古屋市瑞穂区須田町2番56号 日本碍子株式会社内 Aichi (JP). 大上 翔平(OUE

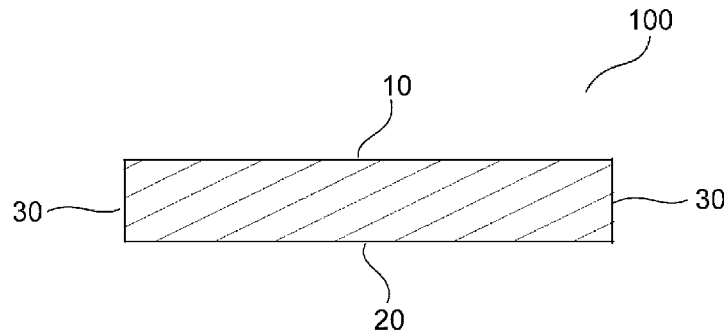
Shohei); 〒4678530 愛知県名古屋市瑞穂区須田町2番56号 日本碍子株式会社内 Aichi (JP).

(74) 代理人: 靱 井 孝 文 (MOMII Takafumi); 〒5300004 大阪府大阪市北区堂島浜1丁目4番4号 アクア堂島東館7階 Osaka (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, IT, JO, 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, ST, SV, SY, TH, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, WS, ZA, ZM, ZW.

(54) Title: GROUP III NITRIDE SEMICONDUCTOR SUBSTRATE

(54) 発明の名称: III族元素窒化物半導体基板



(57) Abstract: Provided is a group III nitride semiconductor substrate provided with a first surface and a second surface, wherein discrepancies in device properties, between devices within the same substrate, are suppressed even if the size of a device fabricated on the first surface becomes large. The group III nitride semiconductor substrate of the present invention is provided with a first surface and a second surface and satisfies at least one condition selected from the group consisting of items (1)-(3). (1) The maximum height W_z of surface waviness curve of the first surface is 150 nm or less. (2) The root mean square height W_q of surface waviness curve of the first surface is 25 nm or less. (3) The average length of surface waviness curve elements W_{Sm} of the first surface is 0.5 mm or more.

(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:

一 国際調査報告 (条約第21条(3))

(57) 要約: 第一面と第二面とを備えるⅢ族元素窒化物半導体基板であって、第一面上に作製するデバイスのサイズが大きくなっても、同一基板内におけるデバイス間のデバイス特性のバラツキが抑制されたⅢ族元素窒化物半導体基板を提供する。本発明の実施形態によるⅢ族元素窒化物半導体基板は、第一面と第二面とを備えるⅢ族元素窒化物半導体基板であって、下記(1)～(3)からなる群から選ばれる少なくとも1つである。(1)第一面の表面うねり曲線の最大高さ W_z が150nm以下である。(2)第一面の表面うねり曲線の二乗平均平方根高さ W_q が25nm以下である。(3)第一面の表面うねり曲線要素の平均長さ W_{Sm} が0.5mm以上である。

明 細 書

発明の名称：Ⅲ族元素窒化物半導体基板

技術分野

[0001] 本発明はⅢ族元素窒化物半導体基板に関する。より詳細には、第一面と第二面とを備えるⅢ族元素窒化物半導体基板であって、第一面内における品質のバラツキが抑制されたⅢ族元素窒化物半導体基板に関する。

背景技術

[0002] 各種半導体デバイスの基板として、窒化ガリウム（GaN）ウエハ、窒化アルミニウム（AlN）ウエハ、窒化インジウム（InN）ウエハなどのⅢ族元素窒化物半導体基板が用いられている（例えば、特許文献1など）。

[0003] 半導体基板は、第一面と第二面とを備える。第一面を主面、第二面を裏面としたとき、主面は、代表的には、Ⅲ族元素極性面であり、裏面は、代表的には、窒素極性面である。主面上には、エピタキシャル結晶を成長でき、また、各種デバイスを作製できる。

[0004] Ⅲ族元素窒化物半導体基板の表面粗さを小さくすることにより、主面上に形成するエピタキシャル結晶の成長膜の結晶性を良好にしたり、主面上に形成するデバイスの性能を良好にしたり、主面上に形成するデバイスの性能のバラツキを低減する技術が報告されている（特許文献2-4）。

[0005] 特許文献2においては、直径が45mm以上で、一つの極大点または極小点をもつ一様反りがあり中央部での高さHが $12\mu\text{m}$ 以下もしくは反りの曲率半径が 21m 以上であって、CMP研磨によって表面粗さが $0.1\text{nm} \leq \text{RMS} \leq 5\text{nm}$ で、裏面粗さが $0.1\text{nm} \leq \text{RMS} \leq 5000\text{nm}$ にしてあり、 0.1mm 毎に測定点を取って測定した面内厚さばらつき（TTV）が $10\mu\text{m}$ 以下であることを特徴とする窒化物半導体基板が報告されている。この特許文献2においては、AFMを用いて $10\mu\text{m}$ 角で測定したRMSを $0.1\text{nm} \leq \text{RMS} \leq 5\text{nm}$ にすること（段落0059）、 0.1mm 毎に

測定したTTVが $10\mu\text{m}$ 以下にすることにより、エピタキシャル成長後のモフォロジーを良好にすることができること（段落0061）が報告されている。

[0006] 特許文献3においては、処理される $\text{Al}_x\text{Ga}_y\text{In}_z\text{N}$ ウエハのGa側における $10\times 10\mu\text{m}^2$ 面積内で 1nm 未満の根二乗平均（RMS）表面粗さを特徴とする表面粗さを有する方法が報告されている。この特許文献3においては、基板上に後で成長させる AlGaInN 結晶の品質を良好にするためには、表面粗さRMS（測定範囲 $10\times 10\mu\text{m}^2$ ）を 1nm 未満とすることが重要であることが報告されている。

[0007] 特許文献4においては、GaN基板の裏面の反り $W(R)$ が、 $-35\mu\text{m}\leq W(R)\leq 45\mu\text{m}$ であり、表面の面粗さRaが、 $Ra\leq 5\text{nm}$ であるGa_{0.99}N結晶基板（ここでの反りの符号は、結晶成長面が凸形状の時に+、凹形状の時に-）が報告されている。この特許文献4においては、表面粗さRaを 5nm 以下にすることにより、結晶性のよい半導体層を成長させることが可能であること（3D-SEMにて $80\times 110\mu\text{m}^2$ の範囲およびレーザ変位計 $700\times 750\mu\text{m}^2$ の範囲で測定）が報告されている（段落0068）。

[0008] このように、従来、基板表面の $10\times 10\mu\text{m}^2$ 、 $80\times 110\mu\text{m}^2$ 、 $700\times 750\mu\text{m}^2$ といったレベルのミクロな微小領域の表面粗さを小さくすることにより、III族元素窒化物半導体基板の主面上に形成するエピタキシャル結晶の成長膜の結晶性を良好にしたり、主面上に形成するデバイスの性能を良好にしたり、主面上に形成するデバイスの性能のバラツキを低減しようとしている。

[0009] ここで、III族元素窒化物半導体基板は、LEDやLDなどの発光デバイスの下地基板として用いられており、近年では、高周波／ハイパワーの電子デバイスへの適用も注目されている。特に、大電力を扱うデバイスにおいては素子サイズが大きくなることから、III族元素窒化物半導体基板において、現在主流の2インチ（直径50.8mm）から、4インチ（約100

mm) や6インチ(約150mm) などへの大口径化が求められている。

[0010] ところが、III族元素窒化物半導体基板の主面上に作製するデバイスのサイズを大きくするにしたがって、デバイス特性が悪化し、同一基板内におけるデバイス間のデバイス特性のバラツキが大きくなるという問題点が顕在化した。

先行技術文献

特許文献

[0011] 特許文献1：特開2005-263609号公報

特許文献2：特許第3581145号公報

特許文献3：特許第4350505号公報

特許文献4：特許第4380791号公報

発明の概要

発明が解決しようとする課題

[0012] 本発明の課題は、第一面と第二面とを備えるIII族元素窒化物半導体基板であって、第一面上に作製するデバイスのサイズが大きくなっても、同一基板内におけるデバイス間のデバイス特性のバラツキが抑制されたIII族元素窒化物半導体基板を提供することにある。

課題を解決するための手段

[0013] 本発明の一つの実施形態によるIII族元素窒化物半導体基板は、第一面と第二面とを備えるIII族元素窒化物半導体基板であって、該第一面の表面うねり曲線の最大高さ W_z が150nm以下である。

[0014] 本発明の一つの実施形態によるIII族元素窒化物半導体基板は、第一面と第二面とを備えるIII族元素窒化物半導体基板であって、該第一面の表面うねり曲線の二乗平均平方根高さ W_q が25nm以下である。

[0015] 本発明の一つの実施形態によるIII族元素窒化物半導体基板は、第一面と第二面とを備えるIII族元素窒化物半導体基板であって、

該第一面の表面うねり曲線要素の平均長さ $W S m$ が $0.5 m m$ 以上である。

[0016] 一つの実施形態においては、上記Ⅲ族元素窒化物半導体基板の上記第一面の二乗平均平方根粗さ $R m s$ が $10 n m$ 以下である。

[0017] 一つの実施形態においては、上記Ⅲ族元素窒化物半導体基板の直径が $75 m m$ 以上である。

発明の効果

[0018] 本発明によれば、第一面と第二面とを備えるⅢ族元素窒化物半導体基板であって、第一面上に作製するデバイスのサイズが大きくなっても、同一基板内におけるデバイス間のデバイス特性のバラツキが抑制されたⅢ族元素窒化物半導体基板を提供することができる。

図面の簡単な説明

[0019] [図1]本発明の実施形態によるⅢ族元素窒化物半導体基板の代表的な概略断面図である。

[図2]本発明の実施形態によるⅢ族元素窒化物半導体基板の製造方法を示す概略説明図である。

発明を実施するための形態

[0020] 本明細書中で「重量」との表現がある場合は、重さを示す $S I$ 系単位として慣用されている「質量」と読み替えてもよい。

[0021] 本発明の実施形態によるⅢ族元素窒化物半導体基板は、代表的には、Ⅲ族元素窒化物結晶からなる自立基板である。本発明の説明において、「自立基板」とは、取り扱う際に自重で変形または破損せず、固形物として取り扱うことのできる基板を意味する。自立基板は発光素子や電力制御素子等の各種半導体デバイスの基板として使用可能である。

[0022] 本発明の実施形態によるⅢ族元素窒化物半導体基板は、代表的には、ウエハ状（略真円状）である。しかし、必要に応じて、それ以外の形状、例えば、矩形等の形状に加工してもよい。

[0023] 本発明の実施形態によるⅢ族元素窒化物半導体基板の直径は、本発明

の効果を損なわない範囲で、任意の適切な直径を採用し得る。本発明の効果をより発現させ得る点で、本発明の実施形態によるⅢ族元素窒化物半導体基板の直径は、好ましくは50mm以上であり、より好ましくは75mm以上であり、さらに好ましくは100mm以上である。特に、本発明の実施形態によるⅢ族元素窒化物半導体基板が、その直径が75mm以上のいわゆる大口径のⅢ族元素窒化物半導体基板であれば、本発明の実施形態によるⅢ族元素窒化物半導体基板は、高周波／ハイパワーの電子デバイスへの適用が容易になり、特に、素子サイズが大きくなるような大電力を扱うデバイスへの適用が容易になる。

[0024] 大口径のⅢ族元素窒化物半導体基板としては、具体的には、例えば、4インチウエハー、6インチウエハー、8インチウエハー、12インチウエハーなどが挙げられる。

[0025] 本発明の実施形態によるⅢ族元素窒化物半導体基板は、その厚さ（厚さが一定でない場合は最大厚さ箇所の厚さ）が、好ましくは $300\mu\text{m} \sim 1000\mu\text{m}$ である。

[0026] Ⅲ族元素窒化物としては、代表的には、窒化ガリウム（GaN）、窒化アルミニウム（AlN）、窒化インジウム（InN）、またはこれらの混晶が挙げられる。これらは、1種のみであってもよいし、2種以上であってもよい。

[0027] Ⅲ族元素窒化物は、具体的には、 GaN 、 AlN 、 InN 、 $\text{Ga}_x\text{Al}_{1-x}\text{N}$ （ $1 > x > 0$ ）、 $\text{Ga}_x\text{In}_{1-x}\text{N}$ （ $1 > x > 0$ ）、 $\text{Al}_x\text{In}_{1-x}\text{N}$ （ $1 > x > 0$ ）、 $\text{Ga}_x\text{Al}_y\text{In}_z\text{N}$ （ $1 > x > 0$ 、 $1 > y > 0$ 、 $x + y + z = 1$ ）である。これらは、各種のn型ドーパントまたはp型ドーパントでドーピングされていてもよい。

[0028] p型ドーパントとしては、代表的には、ベリリウム（Be）、マグネシウム（Mg）、ストロンチウム（Sr）、およびカドミウム（Cd）が挙げられる。これらは、1種のみであってもよいし、2種以上であってもよい。

[0029] n型ドーパントとしては、代表的には、シリコン（Si）、ゲルマニウム

(Ge)、スズ(Sn)、および酸素(O)が挙げられる。これらは、1種のみであってもよいし、2種以上であってもよい。

[0030] III族元素窒化物半導体基板の面方位は、c面、m面、a面、およびc面、a面、m面それぞれから傾斜した特定の結晶面とすることができ、特に、c面とした際に本発明の効果がより発現される。c面、a面、m面それぞれから傾斜した特定の結晶面としては、 $\{11-22\}$ 面や $\{20-21\}$ 面といった、いわゆる半極性面が例示できる。また、面方位としては、c面、a面、m面あるいはこれらから傾斜した特定の結晶面に対して、垂直ないわゆるジャスト面だけでなく、 $\pm 5^\circ$ の範囲でのオフ角を含むことが許容される。

[0031] 本発明の実施形態によるIII族元素窒化物半導体基板は、第一面と第二面とを備えるIII族元素窒化物半導体基板である。第一面を主面、第二面を裏面としたとき、III族元素窒化物半導体基板の面方位がc面であれば、主面は、代表的には、III族元素極性面であり、裏面は、代表的には、窒素極性面である。しかしながら、主面を窒素極性面としてもよいし、裏面をIII族元素極性面としてもよい。主面上には、エピタキシャル結晶を成長させることができ、また、各種デバイスを作製することができる。裏面は、サセプタなどによって保持させて、本発明の実施形態によるIII族元素窒化物半導体基板を移送できる。

[0032] 本発明の実施形態によるIII族元素窒化物半導体基板の説明においては、第一面を主面、第二面を裏面として説明する。したがって、本明細書において、「主面」とあるものは「第一面」と読み替えてもよく、「第一面」とあるものは「主面」と読み替えてもよく、「裏面」とあるものは「第二面」と読み替えてもよく、「第二面」とあるものは「裏面」と読み替えてもよい。

[0033] 主面は、鏡面であっても非鏡面であってもよい。好ましくは、主面は鏡面である。

[0034] 主面は、デバイス層をエピタキシャル成長させて、作製するデバイスの特

性が良好で、デバイス間のデバイス特性のバラツキの少ない半導体デバイスを得る観点からは、加工変質層が実質的に除去され、かつ、ミクロな領域での表面粗さが小さい面が好ましい。

[0035] 裏面は、鏡面であっても非鏡面であってもよい。

[0036] 鏡面とは、鏡面加工された表面であり、鏡面加工後に、光が反射して鏡面加工された表面上に物が映っていることを目視で確認することができるまで表面の粗さやうねりが低減されている状態の表面を指す。つまり、鏡面加工後の表面の粗さやうねりの大きさが、可視光の波長に対して十分無視できる程度にまで低減されている状態の表面である。

[0037] 鏡面加工の方法としては、本発明の効果を損なわない範囲で、任意の適切な方法を採用し得る。このような方法としては、例えば、テープを用いた研磨装置、ダイヤモンド砥粒を用いたラッピング装置、コロイダルシリカ等のスラリーと不織布の研磨パッドとを用いたCMP（Chemical Mechanical Polish）装置などを、1つまたは組み合わせて用いて鏡面加工する方法などが挙げられる。加工後の表面に加工変質層が残る場合は、加工変質層を除去する。加工変質層を除去する方法としては、例えば、RIE（Reactive Ion Etching：反応性イオンエッチング）や薬液を用いて加工変質層を除去する方法、基板をアニールする方法、などが挙げられる。

[0038] 非鏡面とは、鏡面加工されていない表面であり、代表的には、粗面化処理によって得られる粗面が挙げられる。

[0039] 粗面化処理の方法としては、本発明の効果を損なわない範囲で、任意の適切な方法を採用し得る。このような方法としては、例えば、砥石を用いた研削加工、レーザテクスチャ加工、各種薬液やガスを用いたエッチング処理、物理的あるいは化学的なコーティング処理、機械加工によるテクスチャリングなどが挙げられる。

[0040] 裏面加工後の表面に加工変質層に起因した残留応力が確認される場合は、加工変質層を除去して残留応力をなくすことが好ましい。加工変質層を除去

する方法としては、例えば、RIE（Reactive Ion Etching：反応性イオンエッチング）や薬液を用いて加工変質層を除去する方法、基板をアニールする方法などが挙げられる。

[0041] 図1は、本発明の実施形態によるIII族元素窒化物半導体基板の代表的な概略断面図である。図1に示すように、本発明の実施形態によるIII族元素窒化物半導体基板100は、代表的には、主面（III族元素極性面）10と裏面（窒素極性面）20を有する。本発明の実施形態によるIII族元素窒化物半導体基板100は、側面30を有していてもよい。

[0042] 本発明の実施形態によるIII族元素窒化物半導体基板の端部は、本発明の効果を損なわない範囲で、任意の適切な形態を採り得る。本発明の実施形態によるIII族元素窒化物半導体基板の端部は、例えば、主面側と裏面側の面取り部が平坦面となるように面取りされた形状、主面側と裏面側の面取り部がR状に面取りされた形状、端部の主面側の面取り部だけが平坦面となるように面取りされている形状、端部の裏面側の面取り部だけが平坦面となるように面取りされている形状などが挙げられる。

[0043] 本発明の実施形態によるIII族元素窒化物半導体基板の端部が面取りされている場合、その面取りされた部分は、外周部の1周全部にわたって設けられていてよく、あるいは、外周部の一部のみに設けられていてもよい。

[0044] 本発明の実施形態によるIII族元素窒化物半導体基板は、代表的には、下記（1）～（3）からなる群から選ばれる少なくとも1つである。

（1）主面の表面うねり曲線の最大高さ W_z が150nm以下。

（2）主面の表面うねり曲線の二乗平均平方根高さ W_q が25nm以下。

（3）主面の表面うねり曲線要素の平均長さ W_{Sm} が0.5mm以上。

[0045] すなわち、本発明の実施形態によるIII族元素窒化物半導体基板は、代表的には、上記（1）を満足して上記（2）および上記（3）を満足しない形態、上記（2）を満足して上記（1）および上記（3）を満足しない形態、上記（3）を満足して上記（1）および上記（2）を満足しない形態、上記（1）および上記（2）を満足して上記（3）を満足しない形態、上記（

1) および上記(3)を満足して上記(2)を満足しない形態、上記(2)および上記(3)を満足して上記(1)を満足しない形態、上記(1)および上記(2)および上記(3)の全てを満足する形態、からなる群から選ばれる。

[0046] 本発明の実施形態によるⅢ族元素窒化物半導体基板においては、上記(1)～(3)の中で満足する数が多いほど好ましい。

[0047] 本発明の実施形態によるⅢ族元素窒化物半導体基板が、上記(1)～(3)からなる群から選ばれる少なくとも1つである場合、主面上に作製するデバイスのサイズが大きくなっても、同一基板内におけるデバイス間のデバイス特性のバラツキが抑制し得る。

[0048] 上記(1)に関し、本発明の実施形態によるⅢ族元素窒化物半導体基板において、主面の表面うねり曲線の最大高さ W_z は、好ましくは150nm以下であり、より好ましくは120nm以下であり、さらに好ましくは80nm以下であり、特に好ましくは50nm以下である。上記主面の表面うねり曲線の最大高さ W_z の下限值は、小さければ小さいほどよい。本発明の実施形態によるⅢ族元素窒化物半導体基板において、主面の表面うねり曲線の最大高さ W_z が上記範囲内にあれば、主面上に作製するデバイスのサイズが大きくなっても、同一基板内におけるデバイス間のデバイス特性のバラツキが抑制し得る。本発明の実施形態によるⅢ族元素窒化物半導体基板において、主面の表面うねり曲線の最大高さ W_z が上記範囲を外れて大きすぎると、主面上に作製するデバイスのサイズが大きくなると、同一基板内におけるデバイス間のデバイス特性のバラツキが大きくなるおそれがある。

[0049] 上記(1)に関し、本発明の実施形態によるⅢ族元素窒化物半導体基板において、主面の表面うねり曲線の最大高さ W_z の測定方法は、後述する。

[0050] 上記(2)に関し、本発明の実施形態によるⅢ族元素窒化物半導体基板において、主面の表面うねり曲線の二乗平均平方根高さ W_q は、好ましくは25nm以下であり、より好ましくは20nm以下であり、さらに好まし

くは12nm以下であり、特に好ましくは10nm以下である。上記主面の表面うねり曲線の二乗平均平方根高さ W_q の下限值は、小さければ小さいほどよい。本発明の実施形態によるIII族元素窒化物半導体基板において、主面の表面うねり曲線の二乗平均平方根高さ W_q が上記範囲内にあれば、主面上に作製するデバイスのサイズが大きくなっても、同一基板内におけるデバイス間のデバイス特性のバラツキが抑制し得る。本発明の実施形態によるIII族元素窒化物半導体基板において、主面の表面うねり曲線の二乗平均平方根高さ W_q が上記範囲を外れて大きすぎると、主面上に作製するデバイスのサイズが大きくなると、同一基板内におけるデバイス間のデバイス特性のバラツキが大きくなるおそれがある。

[0051] 上記（2）に関し、本発明の実施形態によるIII族元素窒化物半導体基板において、主面の表面うねり曲線の二乗平均平方根高さ W_q の測定方法は、後述する。

[0052] 上記（3）に関し、本発明の実施形態によるIII族元素窒化物半導体基板において、主面の表面うねり曲線要素の平均長さ W_{Sm} は、好ましくは0.5mm以上であり、より好ましくは1.0mm以上であり、さらに好ましくは1.5mm以上であり、特に好ましくは3.0mm以上である。上記主面の表面うねり曲線要素の平均長さ W_{Sm} の上限値は、測定限界を考慮すると、現実的には10mm以下である。本発明の実施形態によるIII族元素窒化物半導体基板において、主面の表面うねり曲線要素の平均長さ W_{Sm} が上記範囲内にあれば、主面上に作製するデバイスのサイズが大きくなっても、同一基板内におけるデバイス間のデバイス特性のバラツキが抑制し得る。本発明の実施形態によるIII族元素窒化物半導体基板において、主面の表面うねり曲線要素の平均長さ W_{Sm} が上記範囲を外れて小さすぎると、主面上に作製するデバイスのサイズが大きくなると、同一基板内におけるデバイス間のデバイス特性のバラツキが大きくなるおそれがある。

[0053] 上記（3）に関し、本発明の実施形態によるIII族元素窒化物半導体基板において、主面の表面うねり曲線要素の平均長さ W_{Sm} の測定方法は、後

述する。

[0054] 上記(1)～(3)に関し、主面の表面うねり曲線の最大高さ W_z の測定、主面の表面うねり曲線の二乗平均平方根高さ W_q の測定、主面の表面うねり曲線要素の平均長さ W_{Sm} の測定は、主面の全領域からデバイスの形成を行わない外周部の面取り部（デバイス非形成領域）を除いた領域で行うことが好ましい。

[0055] 主面は、前述の通り、デバイス層をエピタキシャル成長させて、作製するデバイスの特性が良好で、デバイス間のデバイス特性のバラツキの少ない半導体デバイスを得る観点からは、加工変質層が実質的に除去され、かつ、ミクロな領域での表面粗さが小さい面が好ましい。この観点から、主面の、AFMを用いて $10\mu m$ 角で測定した二乗平均平方根粗さ R_{ms} が、好ましくは $10nm$ 以下であり、より好ましくは $3nm$ 以下であり、さらに好ましくは $1nm$ 以下である。

[0056] 主面の加工方法としては、本発明の効果を損なわない範囲で、任意の適切な方法を採用し得る。このような方法としては、例えば、ダイヤモンド砥石を用いた研削装置、テープを用いた研削装置、ダイヤモンド砥粒を用いたラッピング装置、コロイダルシリカ等のスラリーと不織布の研磨パッドとを用いたCMP (Chemical Mechanical Polish) 装置などを、1つまたは組み合わせて用いて鏡面加工する方法などが挙げられる。加工後の表面に加工変質層が残る場合は、加工変質層を除去する。このような方法としては、例えば、RIE (Reactive Ion Etching: 反応性イオンエッチング) や薬液を用いて加工変質層を除去する方法、基板をアニールする方法、などが挙げられる。

[0057] 本発明の実施形態によるIII族元素窒化物半導体基板は、本発明の効果を損なわない範囲で、任意の適切な方法で製造し得る。以下、本発明の効果をより発現させる点で、本発明の実施形態によるIII族元素窒化物半導体基板の好ましい製造方法について説明する。

[0058] 本発明の実施形態によるIII族元素窒化物半導体基板は、代表的には、

図2（a）に示すように、下地基板1の主面1a上に種結晶膜2を形成し、種結晶膜2のⅢ族元素極性面2a上にⅢ族元素窒化物層3を形成する。次いで、下地基板1から自立基板となるⅢ族元素窒化物層（種結晶膜2＋Ⅲ族元素窒化物層3）を分離し、図2（b）に示すように、主面10'と裏面20'を有する自立基板100'を得る。

[0059] 下地基板の材質としては、本発明の効果を損なわない範囲で、任意の適切な材質を採用し得る。このような材質としては、例えば、サファイア、結晶配向性アルミナ、酸化ガリウム、 $Al_xGa_{1-x}N$ ($0 \leq x \leq 1$)、GaAs、SiCなどが挙げられる。

[0060] 種結晶膜の材質としては、本発明の効果を損なわない範囲で、任意の適切な材質を採用し得る。このような材質としては、例えば、 $Al_xGa_{1-x}N$ ($0 \leq x \leq 1$) や $In_xGa_{1-x}N$ ($0 \leq x \leq 1$) が挙げられ、好ましくは、窒化ガリウムである。種結晶膜の材質としては、より好ましくは、蛍光顕微鏡観察により黄色発光効果が認められる窒化ガリウムである。黄色発光とは、バンドからバンドへの励起子遷移（UV）に加えて、2.2 eV～2.5 eVの範囲に現れるピーク（黄色発光（YL）または黄色帯（YB））である。

[0061] 種結晶膜の形成方法としては、本発明の効果を損なわない範囲で、任意の適切な形成方法を採用し得る。このような形成方法としては、例えば、気相成長法が挙げられ、好ましくは、有機金属化学気相成長（MOCVD：Metal-Organic Chemical Vapor Deposition）法、ハイドライド気相成長（HVPE）法、パルス励起堆積（PXD）法、MBE法、昇華法が挙げられる。種結晶膜の形成方法としては、これらの中でも、有機金属化学気相成長法（MOCVD：Metal-Organic Chemical Vapor Deposition）がより好ましい。

[0062] MOCVD法による種結晶膜の形成は、例えば、450℃～550℃にて低温成長緩衝層を20 nm～50 nm堆積させた後に、1000℃～1200℃にて種結晶膜を堆積させる。

0℃にて厚さ2 μm ～4 μm の膜を積層させることにより行うことが好ましい。

[0063] III族元素窒化物結晶層の育成方向としては、本発明の効果を損なわない範囲で、任意の適切な育成方向を採用し得る。このような育成方向としては、例えば、ウルツ鉱構造のc面の法線方向、a面、m面それぞれの法線方向、c面、a面、m面それぞれから傾斜した面の法線方向が挙げられる。

[0064] III族元素窒化物結晶層の形成方法としては、種結晶膜の結晶方位に概ね倣った結晶方位を有する形成方法であれば、本発明の効果を損なわない範囲で、任意の適切な形成方法を採用し得る。このような形成方法としては、例えば、有機金属化学気相成長（MOCVD：Metal-Organic Chemical Vapor Deposition）法、ハイドライド気相成長（HVPE）法、パルス励起堆積（PXD）法、MBE法、昇華法等の気相成長法；Naフラックス法、アモノサーマル法、水熱法、ゾルゲル法等の液相成長法；粉末の固相成長を利用した粉末成長法；これらの組み合わせ；などが挙げられる。

[0065] III族元素窒化物結晶層の形成方法としてNaフラックス法を採用する場合は、特許第5244628号公報に記載の製造方法に準じ、適宜、本発明の効果をより発現し得るように条件等を調整して、Naフラックス法を行うことが好ましい。

[0066] 次に、III族元素窒化物結晶層を下地基板から分離することによって、III族元素窒化物結晶層を含む自立基板を得ることができる。

[0067] III族元素窒化物結晶層を下地基板から分離する方法としては、本発明の効果を損なわない範囲で任意の適切な方法を採用し得る。このような方法としては、例えば、III族元素窒化物結晶層を育成した後の降温工程において熱収縮差を使用してIII族元素窒化物結晶層を下地基板から自発分離させる方法、III族元素窒化物結晶層を下地基板からケミカルエッチングによって分離する方法、図2（a）に示すように、下地基板1の裏面1b側から矢印Aのようにレーザ光を照射し、III族元素窒化物結晶層を下地基

板からレーザーリフトオフ法によって剥離する方法、Ⅲ族元素窒化物結晶層を下地基板から研削によって剥離する方法、などが挙げられる。また、Ⅲ族元素窒化物結晶層を、ワイヤソーなどを利用してスライスすることにより、Ⅲ族元素窒化物結晶層を含む自立基板を得てもよい。

[0068] 次いで、自立基板の外周部を研削加工することにより、所望の直径の円形状に整える。

[0069] 次いで、研削、ラップ、研磨加工などの表面加工により主面および／または裏面を除去加工することによって、所望の厚さに薄板化および平坦化した自立基板を得る。

[0070] 研削、ラップ、研磨加工などの表面加工を行うにあたっては、通常、ワックスを用いる等により自立基板を加工定盤に貼り付けて行う。この際、自立基板を加工定盤に貼り付ける圧力、具体的には、自立基板を加工定盤に貼り付ける際に該自立基板に印加する圧力を適切に調整すると、好ましくは、本発明の実施形態によるⅢ族元素窒化物半導体基板が、下記（１）～（３）からなる群から選ばれる少なくとも１つとなり得る。

（１）主面の表面うねり曲線の最大高さ W_z が 150 nm 以下。

（２）主面の表面うねり曲線の二乗平均平方根高さ W_q が 25 nm 以下。

（３）主面の表面うねり曲線要素の平均長さ W_{Sm} が 0.5 mm 以上。

[0071] シリコンのような硬度が低い材料を主として含む自立基板の場合、該自立基板の表面が反っていたとしても、該表面が平坦になる程度の圧力を該自立基板全体に印加することで、加工定盤の表面の平面度にならって該自立基板の該表面の全体が滑らかに変化し、該自立基板の該表面が一様に平坦化した状態で、容易に加工定盤に貼り付けられる。

[0072] 一方で、Ⅲ族元素窒化物のような硬度の高い材料を主として含む自立基板の場合は、該自立基板の表面が反っている場合、該表面が平坦になる程度の圧力では、該表面の全体が均一に加工定盤の表面の平面度に倣わない。そのため、ミリメートル単位の局所的な視点で見た時に、自立基板の表面にうねりが生じた状態で加工定盤に貼り付けられる。そして、この状態で自立

基板の表面加工を行い、表面加工後に加工定盤から取り外すと、自立基板の表面にうねりが生じてしまう。

[0073] 自立基板を加工定盤に貼り付ける際の圧力を、反った自立基板の表面が平坦になる圧力以上に大きくすることで、局所的に反った形状を有する基板表面も平坦に貼り付けられる。さらには、自立基板を加工定盤に貼り付ける際に、自立基板上にシリコンシートのような柔らかい材料を載せてプレスすることにより、自立基板全体により均一な圧力が印加され、局所的に湾曲した形状を有する表面を平坦に貼り付けることができる。この状態で自立基板の表面加工を行い、加工定盤から取り外すと、表面うねりの小さい自立基板を作製することができる。自立基板を加工定盤に貼り付ける際の好ましい圧力は、反った自立基板の表面が平坦になる圧力の2倍以上である。

[0074] 反った自立基板の表面が平坦になる具体的な圧力値は、下記式より算出される値を使用できる。なお、代表的には下記式に基づいて圧力値を算出することができるが、自立基板の厚みや結晶品質が不均一な領域がある等の原因で、下記式に基づいてより算出される圧力値では、反った自立基板の表面が十分に平坦にならない場合は、必要に応じてさらに圧力を大きくしてもよい。

[0075] $S = 2.1 \times 10^{-11} \times B \times T^3$

(Sは圧力(単位はMPa)、Bは自立基板の反り(単位は μm)、Tは自立基板の厚み(単位は μm)である。)

[0076] ただし、自立基板を加工定盤に貼り付ける際に、過剰に高い圧力を自立基板に印加すると、該自立基板が割れたり、該自立基板にクラックが生じたり、自立基板と加工定盤とを接着するのに必要なワックス量が自立基板と加工定盤間に残らなかったりするおそれがあるため、該自立基板に割れやクラックが生じず、自立基板と加工定盤とが接着できる圧力で貼り付けることが重要であり、自立基板を加工定盤に貼り付ける際の好ましい圧力は、10MPa以下である。

[0077] したがって、前述の通り、「自立基板を加工定盤に貼り付ける際の好まし

い圧力」は、反った自立基板の表面が平坦になる圧力の2倍以上であるので、該「自立基板を加工定盤に貼り付ける際の好ましい圧力」は $(2 \times S)$ 以上であり、より好ましくは $(3 \times S)$ 以上である。

[0078] 自立基板の厚さ（厚さが一定でない場合は最大厚さ箇所の厚さ）は、好ましくは $300\mu\text{m} \sim 1000\mu\text{m}$ である。

[0079] 必要に応じて、研削加工により、自立基板外周エッジの面取りをする。主面表面に加工変質層が残る場合は、加工変質層を実質的に除去する。また、裏面表面に加工変質層に起因した残留応力が残る場合は、残留応力を除去し、最終的に、本発明の実施形態によるIII族元素窒化物半導体基板100を得る。

[0080] 得られるIII族元素窒化物半導体基板100は、その主面（III族元素極性面）10上に結晶をエピタキシャル成長させることができ、図2（c）に示すように機能層4を成膜し、機能素子5を得る。20は裏面（窒素極性面）である。

[0081] 得られるIII族元素窒化物半導体基板上に成長させるエピタキシャル結晶としては、窒化ガリウム、窒化アルミニウム、窒化インジウムまたはこれらの混晶を例示できる。このようなエピタキシャル結晶としては、具体的には、例えば、 GaN 、 AlN 、 InN 、 $\text{Ga}_x\text{Al}_{1-x}\text{N}$ ($1 > x > 0$)、 $\text{Ga}_x\text{In}_{1-x}\text{N}$ ($1 > x > 0$)、 $\text{Al}_x\text{In}_{1-x}\text{N}$ ($1 > x > 0$)、 $\text{Ga}_x\text{Al}_y\text{In}_z\text{N}$ ($1 > x > 0$ 、 $1 > y > 0$ 、 $x + y + z = 1$) が挙げられる。また、得られるIII族元素窒化物半導体基板上に設ける機能層としては、発光層の他、整流素子層、スイッチング素子層、パワー半導体層などが挙げられる。また、得られるIII族元素窒化物半導体基板のIII族元素極性面上に機能層を設けた後に、窒素極性面を加工、例えば、研削、研磨加工することによって、自立基板の厚さや厚さ分布を小さくすることもできる。

実施例

[0082] 以下、実施例により本発明を具体的に説明するが、本発明はこれら実施例になんら限定されるものではない。なお、実施例等における、試験および評

価方法は以下のとおりである。なお、「部」と記載されている場合は、特記事項がない限り「重量部」を意味し、「%」と記載されている場合は、特記事項がない限り「重量%」を意味する。

[0083] <表面うねりの測定>

ISO 4287:1997に基づいて、主面の表面うねり曲線の測定を行った。測定長さは8mm、長波長成分を除去するためのカットオフ波長は8mm、短波長成分を除去するためのカットオフ波長は0.25mmとした。測定位置は、基板の半径をR (mm)とした場合、基板の表面における下記9点、(0, 0)、(0, R-5)、(R-5, 0)、(0, -R+5)、(-R+5, 0)、(0, (R-5)/2)、((R-5)/2, 0)、(0, (-R+5)/2)、((-R+5)/2, 0)の座標位置で行った。各点で得られた表面うねり曲線から、各点の表面うねり曲線の最大高さ、表面うねり曲線の二乗平均平方根高さ、表面うねり曲線要素の平均長さを求め、それぞれの9点中の最大値を、その基板における主面の表面うねり曲線の最大高さ W_z (nm)、主面の表面うねり曲線の二乗平均平方根高さ W_q (nm)、主面の表面うねり曲線要素の平均長さ W_{Sm} (mm)とした。

[0084] <主面の二乗平均平方根粗さ R_{ms} の測定>

主面の二乗平均平方根粗さ R_{ms} の測定は、AFM (Atomic Force Microscope) を用いて行った。測定範囲は10 μ m角とした。

[0085] <デバイスの特性評価>

MOCVD法にて、得られた自立基板上にHEMT構造をエピタキシャル成長させた。HEMT構造は、自立基板上にi型Ga_{0.9}N層2 μ m、Al_{0.3}N層1nm、Al_{0.3}GaN層25nmを順に成膜し、Al_{0.3}GaN層のAl組成は30%とした。

ドレイン、ソース電極として、Ti/Al/Ni/Au (厚み15nm/7nm/10nm/50nm) を蒸着した後、RTAで700℃、30秒間アニールした。その後、ゲート電極として、Pd/Ti/Au (厚み40nm)

m／15 nm／80 nm)を蒸着にて形成した。パターニングはフォトリソグラフィープロセスで行った。

パターニングでは、単位ゲート幅は150 μm、ゲート長は2 μm、素子サイズの縦長さは1 mm、ゲートフィンガの本数を変えることにより素子サイズの横長さを0.5 mm～5 mmの範囲で変化させた。その後、素子分離をしてHEMT素子を作製した。

デバイスサイズを変化させて、それぞれの素子サイズで10個ずつデバイスの特性評価を行った。最大ドレイン電流の、10素子間でのバラツキを各デバイスサイズ間で比較した。

デバイス特性のバラツキは、 $\left[\frac{(\text{最大値} - \text{最小値})}{(\text{最大値} + \text{最小値})} \right]$ の絶対値×100(%)で算出した。

[0086] [実施例1]

直径4インチのサファイア基板上に、MOCVD法によって厚さ2 μmの窒化ガリウムからなる種結晶膜を成膜し、種結晶基板を得た。

得られた種結晶基板を、窒素雰囲気グローブボックス内で、アルミナ坩堝の中に配置した。

次に、 $Ga / (Ga + Na) \text{ (mol\%)} = 15 \text{ mol\%}$ となるように金属ガリウムと金属ナトリウムを上記坩堝内に充填した。この坩堝を耐熱金属製の容器に入れた後、結晶育成炉の回転が可能な台上に設置した。結晶育成炉を870℃、4.0 MPaまで昇温加圧後、100時間保持し容器を回転することで、溶液を攪拌しながら結晶成長させた。その後、室温まで徐冷し、大気圧まで減圧した。その後、結晶育成炉から育成容器を取り出した。

坩堝の中の固化した金属ナトリウムをアルコールで洗い流して除去し、種結晶基板上にクラックのない窒化ガリウム結晶層(厚み1 mm)を得た。

LLO(レーザーリフトオフ)法にて、下地基板を剥離して、窒化ガリウム結晶層を分離し、窒化ガリウム自立基板を得た。

窒化ガリウム自立基板の外周部を研削加工し、直径100 mmの円形の窒化ガリウム自立基板に整えた。

得られた自立基板を、ワックスを用いて、セラミックス製の加工用定盤に貼り付け、Ga極性面を研削・ラップ加工した。最終仕上げには粒径0.1 μm のダイヤモンド粒を用いて、二乗平均平方根粗さRmsが1 nm以下になるまで表面加工をし、その後RIEにより加工変質層を除去した。なお、自立基板を加工定盤に貼り付ける際に、自立基板上に、自立基板表面がすべて覆われるように厚さ2 mmのシリコンシートを載せて荷重を印加した。該自立基板表面全体に印加される圧力は1.5 MPaとした。

表面加工後、基板の中央を通過する窒化ガリウム単結晶のa軸をX軸、基板の中央を通過しX軸と直交するm軸をY軸としたときに、(0, 0)、(0, 45)、(45, 0)、(0, -45)、(-45, 0)、(0, 22.5)、(22.5, 0)、(0, -22.5)、(-22.5, 0)の9点の座標位置において、表面うねり曲線の最大高さWz、表面うねり曲線の二乗平均平方根高さWq、表面うねり曲線要素の平均長さWSmを測定し、それぞれの9点中の最大値は、Wzは31 nm、Wqは8 nm、WSmは4.2 mmであった。

次に、Ga極性面を加工した自立基板を裏返して、ワックスを用いて、セラミックス製の加工用定盤に固定し、窒素極性面を研削・ラップ加工した。最終仕上げには粒径0.1 μm のダイヤモンド粒を用い、鏡面仕上げとし、その後RIEを用いて加工変質層を除去した。

このようにして、窒化ガリウム自立基板としてのウエハー(1)を作製した。

ウエハー(1)の厚みは500 μm であった。

結果を表1に示した。

[0087] [実施例2]

自立基板を加工定盤に貼り付ける際に、該自立基板に印加する圧力を1.2 MPaとした以外は、実施例1と同様に行い、窒化ガリウム自立基板としてのウエハー(2)を作製した。

ウエハー(2)の厚みは500 μm であった。

表面うねり曲線の最大高さ W_z 、表面うねり曲線の二乗平均平方根高さ W_q 、表面うねり曲線要素の平均長さ W_{Sm} のそれぞれの最大値は、 W_z は59nm、 W_q は10nm、 W_{Sm} は2.9mmであった。

結果を表1に示した。

[0088] [実施例3]

自立基板を加工定盤に貼り付ける際に、該自立基板に印加する圧力を0.9MPaとした以外は、実施例1と同様に行い、窒化ガリウム自立基板としてのウエハー(3)を作製した。

ウエハー(3)の厚みは500 μ mであった。

表面うねり曲線の最大高さ W_z 、表面うねり曲線の二乗平均平方根高さ W_q 、表面うねり曲線要素の平均長さ W_{Sm} のそれぞれの最大値は、 W_z は113nm、 W_q は17nm、 W_{Sm} は1.6mmであった。

結果を表1に示した。

[0089] [実施例4]

自立基板を加工定盤に貼り付ける際に、該自立基板に印加する圧力を0.6MPaとした以外は、実施例1と同様に行い、窒化ガリウム自立基板としてのウエハー(4)を作製した。

ウエハー(4)の厚みは500 μ mであった。

表面うねり曲線の最大高さ W_z 、表面うねり曲線の二乗平均平方根高さ W_q 、表面うねり曲線要素の平均長さ W_{Sm} のそれぞれの最大値は、 W_z は147nm、 W_q は23nm、 W_{Sm} は1.1mmであった。

結果を表1に示した。

[0090] [比較例1]

自立基板を加工定盤に貼り付ける際に、該自立基板に印加する圧力を0.3MPaとした以外は、実施例1と同様に行い、窒化ガリウム自立基板としてのウエハー(C1)を作製した。

ウエハー(C1)の厚みは500 μ mであった。

表面うねり曲線の最大高さ W_z 、表面うねり曲線の二乗平均平方根高さ W

q、表面うねり曲線要素の平均長さWS mのそれぞれの最大値は、W zは202 nm、W qは36 nm、WS mは0.4 mmであった。

結果を表1に示した。

[0091] [表1]

	表面うねり曲線に基づく 各種値				デバイスの特性評価 (デバイス特性のバラツキ)		
	W z (nm)	W q (nm)	WS m (mm)	R m s (nm)	素子サイズ の横長さ＝ 1 mm	素子サイズ の横長さ＝ 2.5 mm	素子サイズ の横長さ＝ 5 mm
実施例1	31	8	4.2	0.2	4	6	8
実施例2	59	10	2.9	0.2	5	6	9
実施例3	113	17	1.6	0.2	6	7	9
実施例4	147	23	1.1	0.2	6	9	11
比較例1	202	36	0.4	0.2	26	31	38

[0092] 実施例1～4、比較例1のいずれにおいても、二乗平均平方根粗さR m sは、表面うねりの大きさとは関係なく、良好なエピタキシャル成長が可能である十分小さな値となった。表面うねりの大きさに依存しない理由は、局所的な表面粗さを測定しているためと考えられる。

[0093] 実施例1～4では、デバイスの素子サイズが大きくなっても、デバイス特性のバラツキが十分抑制されていた。一方、比較例1で見られるように、基板の表面うねりが大きくなると、デバイス特性のバラツキが大きくなり、さらには、デバイスの素子サイズが大きくなるにしたがって、デバイス特性のバラツキが大きくなっていった。

産業上の利用可能性

[0094] 本発明の実施形態によるIII族元素窒化物半導体基板は、各種半導体デバイスの基板として利用可能である。

符号の説明

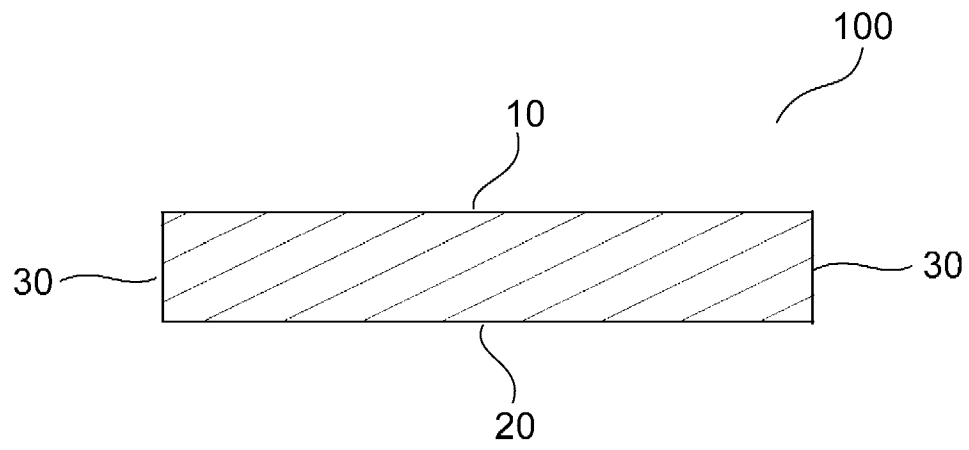
[0095] 100 III族元素窒化物半導体基板
 100' 自立基板
 1 下地基板

1 a	下地基板 1 の主面
1 b	下地基板 1 の裏面
2	種結晶膜
2 a	種結晶膜 2 の I I I 族元素極性面
3	I I I 族元素窒化物層
4	機能層
5	機能素子
1 0	主面
1 0'	主面
2 0	裏面
2 0'	裏面
3 0	側面

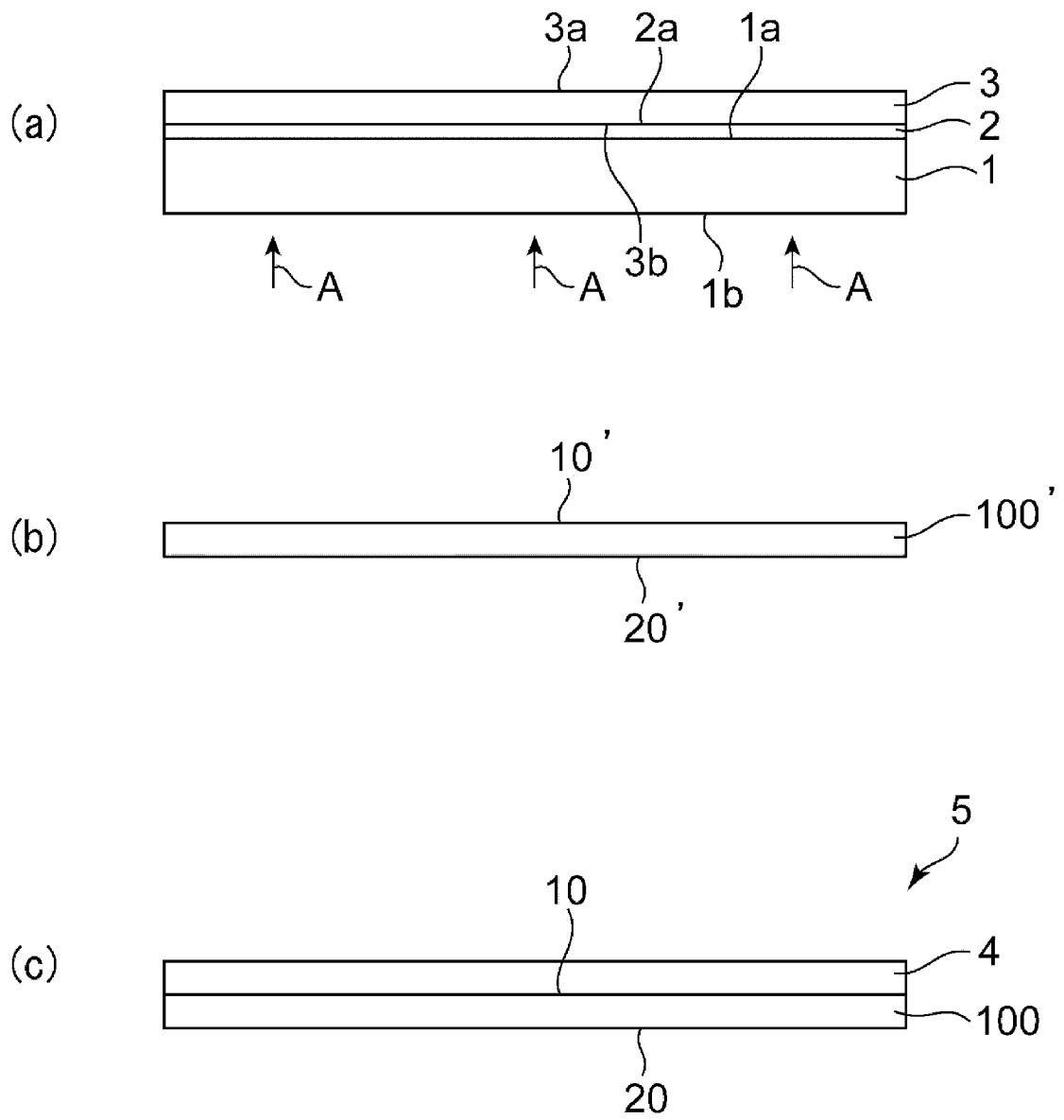
請求の範囲

- [請求項1] 第一面と第二面とを備えるⅠⅠⅠ族元素窒化物半導体基板であって、
- 、
- 該第一面の表面うねり曲線の最大高さ W_z が150nm以下である、
- 、
- ⅠⅠⅠ族元素窒化物半導体基板。
- [請求項2] 第一面と第二面とを備えるⅠⅠⅠ族元素窒化物半導体基板であって、
- 、
- 該第一面の表面うねり曲線の二乗平均平方根高さ W_q が25nm以下である、
- ⅠⅠⅠ族元素窒化物半導体基板。
- [請求項3] 第一面と第二面とを備えるⅠⅠⅠ族元素窒化物半導体基板であって、
- 、
- 該第一面の表面うねり曲線要素の平均長さ W_{Sm} が0.5mm以上である、
- ⅠⅠⅠ族元素窒化物半導体基板。
- [請求項4] 前記ⅠⅠⅠ族元素窒化物半導体基板の前記第一面の二乗平均平方根粗さ R_{ms} が10nm以下である、請求項1から3までのいずれかに記載のⅠⅠⅠ族元素窒化物半導体基板。
- [請求項5] 前記ⅠⅠⅠ族元素窒化物半導体基板の直径が75mm以上である、請求項1から4までのいずれかに記載のⅠⅠⅠ族元素窒化物半導体基板。

[図1]



[図2]



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2021/020278

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

C30B 29/38 (2006.01) i; C23C 16/34 (2006.01) i; C30B 19/04 (2006.01) i; H01L 21/205 (2006.01) i

FI: C30B29/38 D; C30B19/04; H01L21/205; C23C16/34

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)

C30B29/38; C23C16/34; C30B19/04; H01L21/205

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 1971-2021

Registered utility model specifications of Japan 1996-2021

Published registered utility model applications of Japan 1994-2021

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	JP 2011-236078 A (HITACHI CABLE, LTD.) 24 November	1-3, 5
Y	2011 (2011-11-24) paragraphs [0027]-[0036]	4
Y	WO 2014/156914 A1 (NGK INSULATORS, LTD.) 02	4
A	October 2014 (2014-10-02) paragraph [0025]	1-3, 5

☐ 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

"I" 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

21 July 2021 (21.07.2021)

Date of mailing of the international search report

03 August 2021 (03.08.2021)

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
Information on patent family members

International application No.
PCT/JP2021/020278

Patent Documents referred in the Report	Publication Date	Patent Family	Publication Date
JP 2011-236078 A	24 Nov. 2011	(Family: none)	
WO 2014/156914 A1	02 Oct. 2014	US 2015/0017786 A1 paragraph [0037] EP 2821532 A1 CN 104246987 A KR 10-2015-0140202 A TW 201511109 A	

A. 発明の属する分野の分類（国際特許分類（IPC）） C30B 29/38(2006.01)i; C23C 16/34(2006.01)i; C30B 19/04(2006.01)i; H01L 21/205(2006.01)i FI: C30B29/38 D; C30B19/04; H01L21/205; C23C16/34														
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）） C30B29/38; C23C16/34; C30B19/04; H01L21/205														
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														
<table border="0"> <tr> <td>日本国実用新案公報</td> <td>1922-1996年</td> </tr> <tr> <td>日本国公開実用新案公報</td> <td>1971-2021年</td> </tr> <tr> <td>日本国実用新案登録公報</td> <td>1996-2021年</td> </tr> <tr> <td>日本国登録実用新案公報</td> <td>1994-2021年</td> </tr> </table>			日本国実用新案公報	1922-1996年	日本国公開実用新案公報	1971-2021年	日本国実用新案登録公報	1996-2021年	日本国登録実用新案公報	1994-2021年				
日本国実用新案公報	1922-1996年													
日本国公開実用新案公報	1971-2021年													
日本国実用新案登録公報	1996-2021年													
日本国登録実用新案公報	1994-2021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	JP 2011-236078 A（日立電線株式会社）24.11.2011（2011-11-24） 段落 [0027] - [0036]	1-3, 5												
Y		4												
Y	WO 2014/156914 A1（日本碍子株式会社）02.10.2014（2014-10-02） 段落 [0025]	4												
A		1-3, 5												
☐ 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。														
<table border="0"> <tr> <td>* 引用文献のカテゴリー</td> <td>"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</td> </tr> <tr> <td>"A" 特に関連のある文献ではなく、一般的な技術水準を示すもの</td> <td>"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</td> </tr> <tr> <td>"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</td> <td>"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</td> </tr> <tr> <td>"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）</td> <td>"&" 同一パテントファミリー文献</td> </tr> <tr> <td>"O" 口頭による開示、使用、展示等に言及する文献</td> <td></td> </tr> <tr> <td>"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</td> <td></td> </tr> </table>			* 引用文献のカテゴリー	"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	"A" 特に関連のある文献ではなく、一般的な技術水準を示すもの	"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	"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	"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	"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）	"&" 同一パテントファミリー文献	"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	
* 引用文献のカテゴリー	"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													
"A" 特に関連のある文献ではなく、一般的な技術水準を示すもの	"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													
"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	"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													
"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）	"&" 同一パテントファミリー文献													
"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														
国際調査を完了した日 21.07.2021	国際調査報告の発送日 03.08.2021													
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） 山本 一郎 4G 8395 電話番号 03-3581-1101 内線 3416													

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/JP2021/020278

引用文献			公表日	パテントファミリー文献	公表日
JP	2011-236078	A	24.11.2011	(ファミリーなし)	
WO	2014/156914	A1	02.10.2014	US 2015/0017786	A1
				[0037]	
				EP 2821532	A1
				CN 104246987	A
				KR 10-2015-0140202	A
				TW 201511109	A