

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特許公報(B1)

(11) 特許番号

特許第6978641号  
(P6978641)

(45) 発行日 令和3年12月8日(2021.12.8)

(24) 登録日 令和3年11月15日(2021.11.15)

(51) Int.Cl.		F I			
<b>C 3 O B 29/38</b>	<b>(2006.01)</b>	C 3 O B	29/38		D
<b>C 3 O B 33/00</b>	<b>(2006.01)</b>	C 3 O B	33/00		
<b>C 3 O B 9/10</b>	<b>(2006.01)</b>	C 3 O B	9/10		
<b>C 3 O B 25/02</b>	<b>(2006.01)</b>	C 3 O B	25/02		

請求項の数 12 (全 18 頁)

(21) 出願番号	特願2021-551577 (P2021-551577)	(73) 特許権者	000004064
(86) (22) 出願日	令和3年4月20日(2021.4.20)		日本碍子株式会社
(86) 国際出願番号	PCT/JP2021/016074		愛知県名古屋市瑞穂区須田町2番56号
審査請求日	令和3年8月30日(2021.8.30)	(74) 代理人	100122471
(31) 優先権主張番号	特願2020-156017 (P2020-156017)		弁理士 初井 孝文
(32) 優先日	令和2年9月17日(2020.9.17)	(74) 代理人	100121636
(33) 優先権主張国・地域又は機関	日本国(JP)		弁理士 吉田 昌靖
早期審査対象出願		(72) 発明者	今井 克宏
			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
		(72) 発明者	坂井 正宏
			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

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 I I I 族元素窒化物半導体基板

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項1】

第一面と第二面とを備える I I I 族元素窒化物半導体基板であって、  
 該第一面が鏡面であり、  
 該第二面が第二面中央領域と第二面外周領域とを有し、  
 該第二面中央領域が鏡面であり、  
 該第二面外周領域が非鏡面であり、  
該第一面の表面粗さ R a が 1 n m 以下である、  
 I I I 族元素窒化物半導体基板。

【請求項2】

前記第二面外周領域の幅が 5 m m 以下である、請求項1に記載の I I I 族元素窒化物半導体基板。

【請求項3】

前記第二面外周領域の幅が 3 m m 以下である、請求項2に記載の I I I 族元素窒化物半導体基板。

【請求項4】

前記第二面外周領域の幅が 1 m m 以下である、請求項3に記載の I I I 族元素窒化物半導体基板。

【請求項5】

前記第二面外周領域の表面粗さ R a が 1 0 0 n m 以上である、請求項1から4までのい

ずれかに記載のⅡⅡⅡ族元素窒化物半導体基板。

【請求項 6】

前記第二面中央領域の表面粗さ  $R_a$  が  $10\text{ nm}$  以下である、請求項 1 から 5 までにいずれかに記載のⅡⅡⅡ族元素窒化物半導体基板。

【請求項 7】

前記第二面外周領域は、波長  $650\text{ nm}$  のレーザ光を  $10\%$  以上減衰させる遮光領域である、請求項 1 から 6 までのいずれかに記載のⅡⅡⅡ族元素窒化物半導体基板。

【請求項 8】

前記基板の反りが  $50\text{ }\mu\text{ m}$  以下である、請求項 1 から 7 までのいずれかに記載のⅡⅡⅡ族元素窒化物半導体基板。

10

【請求項 9】

前記基板の曲率半径が  $30\text{ m}$  以上である、請求項 1 から 8 までのいずれかに記載のⅡⅡⅡ族元素窒化物半導体基板。

【請求項 10】

サブオリエンテーションフラットを有しない、請求項 1 から 9 までのいずれかに記載のⅡⅡⅡ族元素窒化物半導体基板。

【請求項 11】

直径が  $95\text{ mm}$  以上である、請求項 1 から 10 までのいずれかに記載のⅡⅡⅡ族元素窒化物半導体基板。

【請求項 12】

直径が  $145\text{ mm}$  以上である、請求項 1 から 11 までのいずれかに記載のⅡⅡⅡ族元素窒化物半導体基板。

20

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明はⅡⅡⅡ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ⅡⅡⅡ族元素窒化物半導体基板であって、第二面の外周領域のみを非鏡面仕上げとした、表裏両面鏡面タイプのⅡⅡⅡ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 ( $\text{GaN}$ ) ウエハ、窒化アルミニウム ( $\text{AlN}$ ) ウエハ、窒化インジウム ( $\text{InN}$ ) ウエハなどのⅡⅡⅡ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)。

30

【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、一般的に、鏡面仕上げされる。他方、裏面は、用途に応じて、鏡面仕上げされるか粗面仕上げされる (例えば、特許文献 2 - 4 など)。

【0004】

裏面が鏡面仕上げされた場合は、主面と裏面との両方が鏡面となるため、目視による主面と裏面の区別が困難になる。このため、通常のオリエンテーションフラット (オリフラ) に加えて、サブオリエンテーションフラット (サブオリフラ) を形成することによって、目視による主面と裏面の区別を行っている。

40

【0005】

しかし、通常のオリエンテーションフラット (オリフラ) に加えて、サブオリエンテーションフラット (サブオリフラ) を形成すると、半導体基板の有効面積 (デバイス作製に使用できる面積) が小さくなってしまいう問題が生じる。

【0006】

また、半導体基板の自動化製造プロセスにおいては、半導体基板の端部を光学センサーによって検出する。この場合、半導体基板が透明であって、且つ、裏面が鏡面仕上げされていると、測定光が半導体基板を実質的に透過してしまうために、光源から出力される光

50

量と検出器に入力される光量との変化量が非常に小さくなり、光学センサーが検知しない場合が生じるため、該半導体基板の端部の検出エラーが発生しやすくなり、自動化製造プロセスが停止してしまうという問題が生じる。

【0007】

他方、裏面が粗面仕上げされた場合は、目視による主面と裏面の区別はしやすく、また、上記のような光学センサーによる端部の検出エラーも起こりにくい。しかしながら、基板全体に反りが発生しやすいという問題が生じる。これは、主面と裏面の物理的な表面状態が異なるためと考えられる（例えば、特許文献3、4など）。半導体基板を用いて各種デバイスを作製する際に、製造プロセス装置の動作不良を抑制する観点から、反りは小さいほどよい。ここで、動作不良とは、成膜装置の膜厚バラツキや半導体回路用露光装置の焦点ズレ、移載装置の吸着不良などが例示される。

10

【先行技術文献】

【特許文献】

【0008】

【特許文献1】特開2005-263609号公報

【特許文献2】特開2007-153712号公報

【特許文献3】特開2007-297263号公報

【特許文献4】特許第5796642号公報

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

20

【0009】

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、目視による第一面と第二面の区別が容易であり、光学センサーによる端部の検出がしやすく、有効面積（デバイス作製に使用できる面積）を大きく確保でき、基板全体の反りが低減される、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】

【0010】

本発明の課題を解決するためには、第一面と第二面とを備えるIII族元素窒化物半導体基板において、従来にはない新たな基板設計が求められる。第一面を主面、第二面を裏面としたとき、反りを低減するためには、例えば、主面と裏面の物理的な表面状態をできるだけ同じとする設計、具体的には、主面と裏面をいずれも鏡面とする設計が考えられる。しかし、裏面を鏡面とすると、光学センサーによる端部の検出エラーが発生しやすくなる。また、主面と裏面の物理的な表面状態をできるだけ同じとする設計を行った場合、目視による主面と裏面の区別を容易に行うためには主面と裏面で何らかの見分け箇所を設ける必要がある。従来、この見分け箇所として、サブオリエンテーションフラット（サブオリフラ）が形成されているが、有効面積（デバイス作製に使用できる面積）が小さくなってしまったため、別の見分け手段を構築する必要がある。

30

【0011】

上記のような新たな基板設計について検討を行った結果、第一面と第二面とを備えるIII族元素窒化物半導体基板において、第一面を主面、第二面を裏面としたとき、裏面の外周領域に着目し、裏面の外周領域のみを非鏡面仕上げとした表裏両面鏡面タイプの基板とすれば、上記課題が解決できることに想到し、本発明を完成するに至った。

40

【0012】

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、  
該第一面が鏡面であり、  
該第二面が第二面中央領域と第二面外周領域とを有し、  
該第二面中央領域が鏡面であり、  
該第二面外周領域が非鏡面である。

【0013】

50

一つの実施形態においては、上記第二面外周領域の幅が5 mm以下である。

【0014】

一つの実施形態においては、上記第二面外周領域の幅が3 mm以下である。

【0015】

一つの実施形態においては、上記第二面外周領域の幅が1 mm以下である。

【0016】

一つの実施形態においては、上記第二面外周領域の表面粗さRaが100 nm以上である。

【0017】

一つの実施形態においては、上記第二面中央領域の表面粗さRaが10 nm以下である

10

【0018】

一つの実施形態においては、上記第一面の表面粗さRaが1 nm以下である。

【0019】

一つの実施形態においては、上記第二面外周領域は、波長650 nmのレーザー光を10%以上減衰させる遮光領域である。

【0020】

一つの実施形態においては、上記基板の反りが50 μm以下である。

【0021】

一つの実施形態においては、上記基板の曲率半径が30 m以上である。

20

【0022】

一つの実施形態においては、本発明の実施形態によるIII族元素窒化物半導体基板は、サブオリエンテーションフラットを有しない。

【0023】

一つの実施形態においては、本発明の実施形態によるIII族元素窒化物半導体基板は、直径が95 mm以上である。

【0024】

一つの実施形態においては、本発明の実施形態によるIII族元素窒化物半導体基板は、直径が145 mm以上である。

【発明の効果】

30

【0025】

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、目視による第一面と第二面の区別が容易であり、光学センサーによる端部の検出がしやすく、有効面積を大きく確保でき、基板全体の反りが低減される、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】

【0026】

【図1】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2】図2(a)~図2(d)は、本発明の実施形態によるIII族元素窒化物半導体基板であって、図1に示す実施形態と端部が異なる概略断面図である。

40

【図3】本発明の実施形態によるIII族元素窒化物半導体基板の主面方向から見た概略平面図である。

【図4】本発明の実施形態によるIII族元素窒化物半導体基板の裏面方向から見た概略平面図である。

【図5】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】

【0027】

本明細書中で「重量」との表現がある場合は、重さを示すSI系単位として慣用されて

50

いる「質量」と読み替えてもよい。

【0028】

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。

【0029】

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。本発明の実施形態によるIII族元素窒化物半導体基板がウエハ状の場合、その大きさは、直径が、好ましくは20mm～310mmであり、代表的には、25mm（約1インチ）、45～55mm（約2インチ）、95～105mm（約4インチ）、145～155mm（約6インチ）、195～205mm（約8インチ）、295～305mm（約12インチ）等である。このような大きさであれば、本発明の実施形態によるIII族元素窒化物半導体基板は、半導体パッケージの製造工程に適用し易くなる。なお、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。

10

【0030】

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300μm～1000μmである。

【0031】

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。

20

【0032】

III族元素窒化物は、具体的には、GaN、AlN、InN、 $Ga_xAl_{1-x}N$ （ $1 > x > 0$ ）、 $Ga_xIn_{1-x}N$ （ $1 > x > 0$ ）、 $Al_xIn_{1-x}N$ （ $1 > x > 0$ ）、 $Ga_xAl_yIn_zN$ （ $1 > x > 0$ 、 $1 > y > 0$ 、 $x + y + z = 1$ ）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。

【0033】

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。

30

【0034】

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。

【0035】

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、±5°の範囲でのオフ角を含むことが許容される。

40

【0036】

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、該第一面が鏡面であり、該第二面が第二面中央領域と第二面外周領域とを有し、該第二面中央領域が鏡面であり、該第二面外周領域が非鏡面である。

【0037】

50

本発明の実施形態によるⅢⅢⅢ族元素窒化物半導体基板において、第一面を主面、第二面を裏面としたとき、ⅢⅢⅢ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、ⅢⅢⅢ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、用途によっては窒素極性面上に各種デバイスを作製する場合もあり、主面を窒素極性面としてもよいし、裏面をⅢⅢⅢ族元素極性面としてもよい。主面上には、各種デバイスを実装でき、また、エピタキシャル結晶を成長させ得る。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ⅢⅢⅢ族元素窒化物半導体基板を移送できる。

#### 【0038】

本発明の実施形態によるⅢⅢⅢ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。

#### 【0039】

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

#### 【0040】

図1に示すように、本発明の実施形態によるⅢⅢⅢ族元素窒化物半導体基板100は、代表的には、表裏の関係にある主面10と裏面20と、側面30を備え、主面10は、主面中央領域10aと主面外周領域10bとを有し、裏面20は、裏面中央領域20aと裏面外周領域20bとを有している。

#### 【0041】

図1においては、主面10は、主面中央領域10aと主面外周領域10bとを有しているが、これとは異なり、主面は、主面中央領域と主面外周領域とを有していなくてもよい。

#### 【0042】

なお、本発明の実施形態によるⅢⅢⅢ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。すなわち、本発明の実施形態によるⅢⅢⅢ族元素窒化物半導体基板の端部断面形状は、図1に示すような矩形形状のみでなく、例えば、主面側と裏面側の両方が平坦面となるように面取りされた形状(図2(a))であってもよいし、R状に面取りされた形状(図2(b))であってもよいし、端部の主面側だけが平坦面となるように面取りされている形状(図2(c))であってもよいし、端部の裏面側だけが平坦面となるように面取りされている形状(図2(d))であってもよい。図2(a)に示す本発明の実施形態によるⅢⅢⅢ族元素窒化物半導体基板100においては、端部の主面側と裏面側が面取りされ、主面側面取り部11と裏面側面取り部21が設けられている。図2(b)に示す本発明の実施形態によるⅢⅢⅢ族元素窒化物半導体基板100においては、主面側面取り部11と裏面側面取り部21はR状に面取りされた湾曲面となっており、各湾曲面は外周エッジで会合しており、平坦な側面は残っていない。図2(c)に示す本発明の実施形態によるⅢⅢⅢ族元素窒化物半導体基板100においては、主面側面取り部11を有し、裏面は裏面側面取り部を有さず、主面側面取り部11は平坦面となっており、該平坦面は、主面10、裏面20、および側面30に対して傾斜し、側面30は平坦面である。図2(d)に示す本発明の実施形態によるⅢⅢⅢ族元素窒化物半導体基板100においては、裏面側面取り部21を有し、主面は主面側面取り部を有さず、裏面側面取り部21は平坦面となっており、該平坦面は、主面10、裏面20、および側面30に対して傾斜し、側面30は平坦面である。もちろん、本発明の実施形態によるⅢⅢⅢ族元素窒化物半導体基板の端部は、図2(a)~図2(d)の示す形態には限られない。

#### 【0043】

主面側面取り部11は、主面外周領域10bの全て(1周全部)にわたって設けられて

10

20

30

40

50

いてよく、あるいは、主面外周領域 10b の一部のみに設けられていてもよい。半導体基板の欠けを抑制する観点等から、好ましくは、主面外周領域 10b の全て（1周全部）にわたって主面側面取り部 11 が設けられている。

【0044】

裏面側面取り部 21 は、裏面外周領域 20b の全て（1周全部）にわたって設けられていてよく、あるいは、裏面外周領域 20b の一部のみに設けられていてもよい。半導体基板の欠けを抑制する観点等から、好ましくは、裏面外周領域 20b の全て（1周全部）にわたって裏面側面取り部 21 が設けられている。

【0045】

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、主面は鏡面である。すなわち、図 1 に示すように主面 10 が主面中央領域 10a と主面外周領域 10b とを有する場合は、主面中央領域 10a と主面外周領域 10b はいずれも鏡面となる。

【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、裏面は裏面中央領域と裏面外周領域とを有し、裏面中央領域は鏡面であり、裏面外周領域は非鏡面である。すなわち、図 1 においては、裏面中央領域 20a は鏡面であり、裏面外周領域 20b は非鏡面である。

【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、例えば、図 2 (a)、(b)、(d) に示すように、裏面側が平坦面となるように面取りされた形状を有する場合は、裏面側面取り部は、裏面の裏面外周領域と一致してもよい。すなわち、図 2 (a)、(b)、(d) においては、裏面側面取り部 21 は、裏面外周領域 20b と一致してもよい。この場合も、裏面外周領域 20b は非鏡面であるから、裏面側面取り部 21 も非鏡面となる。

【0048】

上述の通り、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、主面が鏡面であり、裏面中央領域が鏡面であり、裏面外周領域が非鏡面である。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、主面と裏面の中で、裏面外周領域のみが非鏡面であり、その他が鏡面である。本発明の実施形態による III 族元素窒化物半導体基板は、このような、裏面外周領域のみを非鏡面仕上げとした、表裏両面鏡面タイプの III 族元素窒化物半導体基板であることにより、目視による主面と裏面の区別が容易であり、光学センサーによる端部の検出がしやすく、基板全体の反りが低減される。また、目視による主面と裏面の区別が容易となることにより、サブオリエンテーションフラット（サブオリフラ）を形成する必要がなく、半導体基板の有効面積（デバイス作製に使用できる面積）を大きく確保できる。

【0049】

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。鏡面加工されている表面上にはエピタキシャル結晶成長が十分可能である。

【0050】

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。

【0051】

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。

10

20

30

40

50

## 【0052】

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、レーザーテクスチャ加工、各種薬剤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。

## 【0053】

裏面外周領域の表面粗さRaは、好ましくは100nm以上であり、より好ましくは200nm~1500nmであり、さらに好ましくは500nm~1000nmである。裏面の外周領域の表面粗さRaを上記範囲内に調整することにより、目視による主面と裏面の区別がより容易であり、光学センサーによる端部の検出がよりしやすい。ただし、裏面の外周領域の表面粗さRaが大きくなりすぎると、半導体基板に与えるダメージが大きくなりクラックの原因となるので好ましくない。

10

## 【0054】

裏面中央領域の表面粗さRaは、好ましくは10nm以下であり、より好ましくは0.1nm~2nmであり、さらに好ましくは0.1nm~1nmであり、特に好ましくは0.1nm~0.5nmである。裏面中央領域の表面粗さRaを上記範囲内に調整することにより、目視による主面と裏面の区別がより容易であり、光学センサーによる端部の検出がよりしやすく、半導体基板の反りも抑制できる。

## 【0055】

主面の表面粗さRaは、好ましくは2nm以下であり、より好ましくは1nm以下であり、さらに好ましくは0.1nm~0.5nmであり、特に好ましくは0.1nm~0.2nmである。主面の表面粗さRaを上記範囲内に調整することにより、目視による主面と裏面の区別がより容易であり、光学センサーによる端部の検出がよりしやすい。

20

## 【0056】

本発明の実施形態によるIII族元素窒化物半導体基板は、主面と裏面の物理的な表面状態が近似しているため、該基板の反りが小さく、好ましくは50μm以下であり、より好ましくは40μm以下であり、さらに好ましくは30μm以下である。基板の反りが50μmより大きくなると、半導体基板を用いて各種デバイスを作製する際に、成膜装置の膜厚バラツキや半導体回路用露光装置の焦点ズレによる製造不良が生じることがある。

## 【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、主面と裏面の物理的な表面状態が近似しているため、該基板の反りが小さく、曲率半径が、好ましくは30m以上であり、より好ましくは50m以上であり、さらに好ましくは70m以上であり、特に好ましくは100m以上である。曲率半径が30mより小さくなると、半導体基板を用いて各種デバイスを作製する際に、プロセス装置内部や搬送装置上で吸着による基板の固定ができず、基板の脱落などによる製造不良が生じることがある。

30

## 【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、目視による主面と裏面の区別が容易であるので、サブオリエンテーションフラット(サブオリフラ)を形成する必要がなく、半導体基板の有効面積(デバイス作製に使用できる面積)を大きく確保できる。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、好ましくは、サブオリエンテーションフラットを有しない。

40

## 【0059】

図3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主面方向から見た概略平面図である。

## 【0060】

図3に示すように、主面には主面側面取り部11を設けてもよい。主面側面取り部11は、代表的には、主面外周領域10bに設けられる、全周にわたって外周端部12から主面10の内側方向に向かって幅D1の距離までの領域である。主面側面取り部の幅D1は、外周端部12を起点とする距離であって、主面10の内側方向に向かって、該外周端部

50

12における接線に対する法線方向の距離である。主面側面取り部の幅D1は、主面側面取り部11全体において一定であることが好ましい。

【0061】

図4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裏面方向から見た概略平面図である。

【0062】

図4に示すように、裏面には裏面側面取り部21を設けてもよい。裏面側面取り部21は、代表的には、裏面外周領域20bに設けられる、全周にわたって外周端部22から裏面20の内側方向に向かって幅D2の距離までの領域である。裏面側面取り部の幅D2は、外周端部22を起点とする距離であって、裏面20の内側方向に向かって、該外周端部22における接線に対する法線方向の距離である。裏面側面取り部の幅D2は、裏面側面取り部21全体において一定であることが好ましい。

10

【0063】

図4に示すように、裏面外周領域20bは、代表的には、裏面20を平面方向から見た場合の外周端部22から裏面20の内側方向に向かって幅d2の距離までの領域である。裏面外周領域の幅d2は、図4に示すように、外周端部22を起点とする距離であって、裏面20の内側方向に向かって、該外周端部22における接線に対する法線方向の距離である。裏面外周領域の幅d2は、裏面外周領域20b全体にわたって一定であることが好ましい。

【0064】

20

裏面外周領域の幅d2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大きさ等によって、本発明の効果を損なわない範囲で、任意の適切な大きさを採用し得る。本発明の効果をより発現させ得る点で、裏面外周領域の幅d2は、好ましくは5mm以下であり、より好ましくは3mm以下であり、さらに好ましくは1mm以下である。裏面外周領域の幅d2の下限値は、本発明の効果をより発現させ得る点で、好ましくは0.2mm以上であり、より好ましくは0.5mm以上である。

【0065】

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、裏面側面取り部は、裏面の裏面外周領域と一致してもよい。例えば、図4において、裏面側面取り部21は、裏面外周領域20bと一致してもよい。この場合、図4において、裏面側面取り部の幅D2は、裏面外周領域の幅d2と一致することになる。

30

【0066】

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、裏面外周領域20bは、好ましくは、450nm~1100nmのレーザー光を減衰させる遮光領域である。裏面外周領域20bが、450nm~1100nmのレーザー光を減衰させる遮光領域であることにより、目視による主面と裏面の区別が容易となり得るとともに、光学センサーによる端部の検出が容易となり得る。本発明の実施形態によるIII族元素窒化物半導体基板において、裏面外周領域20bは、より好ましくは、波長650nmのレーザー光を10%以上減衰させる遮光領域である。

【0067】

40

本発明の実施形態によるIII族元素窒化物半導体基板は、反りが、好ましくは50μm以下である。反りの測定については後述する。

【0068】

本発明の実施形態によるIII族元素窒化物半導体基板は、曲率半径が、好ましくは30m以上であり、より好ましくは40m以上であり、さらに好ましくは50m以上である。曲率半径の測定については後述する。

【0069】

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作製し得る。

【0070】

50

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5(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、主面10'と裏面20'を有する自立基板100'を得る。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、レーザリフトオフ法によってIII族元素窒化物層を分離し、図5(b)に示すように自立基板100'を得てもよいし、III族元素窒化物層3の形成後の降温時の熱収縮差を利用した自発分離法や、ワイヤソーなどを使用して、III族元素窒化物層3をスライスすることにより自立基板100'を得てもよい。

#### 【0071】

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、 $Al_xGa_{1-x}N$ ( $0 < x < 1$ )、GaAs、SiCが挙げられる。

#### 【0072】

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、 $Al_xGa_{1-x}N$ ( $0 < x < 1$ )や $In_xGa_{1-x}N$ ( $0 < x < 1$ )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、 $2.2 \sim 2.5$  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。

#### 【0073】

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。成長温度は、 $950 \sim 1200$  が好ましい。

#### 【0074】

III族元素窒化物結晶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。

#### 【0075】

III族元素窒化物層の製法としては、本発明の効果を損なわない範囲で、任意の適切な製法を採用し得る。このような製法としては、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、昇華法などの気相法;アモノサーマル法、フラックス法などの液相法;が挙げられる。

#### 【0076】

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。

#### 【0077】

自立基板のサイズとしては、本発明の効果を損なわない範囲で、任意の適切なサイズを採用し得る。このようなサイズとしては、例えば、 $25$  mm(約1インチ)、 $45 \sim 55$  mm(約2インチ)、 $95 \sim 105$  mm(約4インチ)、 $145 \sim 155$  mm(約6インチ)、 $195 \sim 205$  mm(約8インチ)、 $295 \sim 305$  mm(約12インチ)等である。

10

20

30

40

50

## 【 0 0 7 8 】

次いで、円形状の自立基板の窒素極性面を加工用定盤に貼り付ける。貼り付ける際は、自立基板に印加する荷重を調整することによりワックス厚さを変えたり、自立基板と加工用定盤の間に治具を挟んだりして、自立基板の表面形状を変化させる。

## 【 0 0 7 9 】

次いで、研削、ラップ、研磨加工などによりⅢⅢⅢ族元素極性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ⅢⅢⅢ族元素極性面の表面を平坦化し、ⅢⅢⅢ族元素極性面が鏡面化された自立基板を得る。

## 【 0 0 8 0 】

次いで、ⅢⅢⅢ族元素極性面が鏡面化された自立基板のⅢⅢⅢ族元素極性面を加工定盤に貼り付ける。貼り付ける際は、自立基板に印加する荷重を調整することによりワックス厚さを変えたり、自立基板と加工用定盤の間に治具を挟んだりして、自立基板の表面形状を変化させる。

10

## 【 0 0 8 1 】

次いで、研削、ラップ、研磨加工などにより窒素極性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窒素極性面の表面を平坦化し、窒素極性面が鏡面化された自立基板を得る。なお、この実施形態においては、ⅢⅢⅢ族元素極性面を鏡面仕上げした後に窒素極性面を鏡面仕上げしたが、順序は逆でも良い。

## 【 0 0 8 2 】

研磨加工後の自立基板の厚さ（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。

20

## 【 0 0 8 3 】

次いで、研削加工により、自立基板外周エッジの面取りをし、最終的に、本発明の実施形態によるⅢⅢⅢ族元素窒化物半導体基板100を得る。

## 【 0 0 8 4 】

本発明の実施形態によるⅢⅢⅢ族元素窒化物半導体基板において、面取りは、本発明の効果を損なわない範囲で、任意の適切な面取り加工方法で行うことができる。このような面取り加工方法としては、例えば、ダイヤモンド砥石を用いた研削加工、テープを用いた研磨加工、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) などが挙げられる。

30

## 【 0 0 8 5 】

次いで、窒素極性面の外周部の粗面化加工を行い、最終的に、本発明の実施形態によるⅢⅢⅢ族元素窒化物半導体基板100を得る。

## 【 0 0 8 6 】

粗面化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、レーザーテクスチャ加工、各種薬剤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。

## 【 0 0 8 7 】

得られるⅢⅢⅢ族元素窒化物半導体基板100は、その主面（ⅢⅢⅢ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5(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。

40

## 【 0 0 8 8 】

なお、主面（ⅢⅢⅢ族元素極性面）の反りと裏面（窒素極性面）の反りとが異なると、自立基板の厚さ分布（TTV: Total Thickness Variation）が生ずる。しかし、自立基板の厚さ分布が生じてても、自立基板上に機能層をエピタキシャル成長させるときの主面（ⅢⅢⅢ族元素極性面）には大きな分布が発生しない。これは自立基板を構成するⅢⅢⅢ族元素窒化物結晶の熱伝導率が高いという性質を利用しているからである。この結果、機能層の成膜時のモフォロジー異常は発生せず、発光波長ズレや電圧電流特性のバラツキが十分抑制され得る。

50

## 【0089】

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、 $GaN$ 、 $AlN$ 、 $InN$ 、 $Ga_xAl_{1-x}N$  ( $1 > x > 0$ )、 $Ga_xIn_{1-x}N$  ( $1 > x > 0$ )、 $Al_xIn_{1-x}N$  ( $1 > x > 0$ )、 $Ga_xAl_yIn_zN$  ( $1 > x > 0$ 、 $1 > y > 0$ 、 $x + y + z = 1$ ) 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、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。

10

## 【実施例】

## 【0090】

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。

## 【0091】

<表面粗さRaの測定>

III族元素窒化物半導体自立基板の表面を、非接触表面形状測定機（Zygo社製、New View 7000、対物レンズ×5倍、ソフトウエア：MetroPro 9.0.10）を用い、 $1.4\text{ mm} \times 1.05\text{ mm}$ の観察視野で表面粗さ（算術平均粗さ）Raを算出した。主面および裏面中央領域のRaは基板の中心部で測定し、裏面外周領域のRaは裏面外周領域の幅をd2としたとき、裏面中央領域と裏面外周領域の境界からd2/2に相当する位置で測定した。裏面外周領域の幅d2が $1.4\text{ mm} \times 1.05\text{ mm}$ の観察視野より狭い場合は、適宜観察視野を狭くして測定を実施した。

20

## 【0092】

<目視による主面と裏面の区別の評価基準>

白色の蛍光灯を光源とし、照度が817～893 Lxの屋内にて、目視によってウエハの主面と裏面の区別を行った。照度計には、YOKOGAWA 510 LUX METERを使用した。全面が一様に鏡面である面を主面、外周部が鏡面では無い面を裏面とした。特段に注視することなく区別が可能な場合を「容易」、注視すれば区別が可能な場合を「可能」、注視しても明確に区別できない場合を「困難」と判別した。ここで「注視する」とは、角度を変えながら10秒以上時間をかけて観察することをいう。

30

## 【0093】

<光学センサーによる端部の検出の評価基準>

透過型光電センサーを用い、基板端部の検出試験を行った。光源および検出器にはオムロン社製ZX-GT28S（波長650 nm）を使用し、測定値の2値化レベルを50%と設定して、波長650 nmにおける減衰率の評価を行った。なお、透過型光電センサーのエッジ強度が可能なレーザー強度については、レーザーパワーセンサー（オフィール社製、3A）を用いて確認した。

40

○：波長650 nmのレーザー光を10%以上減衰させることができる（センサー判定：可）。

×：波長650 nmのレーザー光を10%以上減衰させることができない（センサー判定：不可）。

## 【0094】

<反りの測定>

主面の反りを測定し、反りから曲率半径を算出した。反りは、レーザー変位計によって測定できる。レーザー変位計とは、レーザー光を各面に照射することにより、各面の変位を測定する装置をいう。レーザーの波長を655 nmとし、測定方式には表面粗度に応じて共焦点

50

方式、三角測距方式、光干渉方式を用いることができる。

基板端から幅3mmの範囲を除いて波形を得た。次いで、二次関数を用いた最小二乗法によって、この波形に対する近似曲線を得、この近似曲線の最高値と最低値との差を基板表面上で直交する2軸でそれぞれ計測し、2値の平均値を反りSとした。また、この反り値から、下記式を用いて曲率半径Rを算出した。Dは基板径である。

$$R = D^2 / (8 \cdot S)$$

(ここでの曲率半径R、基板径D、反りSの単位は[m]である。)

【0095】

〔実施例1〕

6インチのc面サファイアウエハの上に、MOCVD法により厚さ2μmの窒化ガリウム膜を形成して、種結晶基板を作製した。

この種結晶基板を、窒素雰囲気グローブボックス内で直径200mmのアルミナ坩堝の中に配置した。次に、Ga/Ga+Na(mol%)=15mol%となるように金属ガリウムと金属ナトリウムを坩堝内に充填し、アルミナ板で蓋をした。その坩堝をステンレス製容器に入れ、さらにそれを収納できるステンレス製外容器に入れて、窒素導入パイプの付いた容器蓋で閉じた。この外容器を、予め真空バークしてある結晶製造装置内の加熱部に設置されている回転台の上に配置し、耐圧容器に蓋をして密閉した。

次いで、耐圧容器内を真空ポンプにて0.1Pa以下まで真空引きした。続いて、上段ヒータ、中段ヒータ、および下段ヒータを調節して加熱空間の温度を870℃になるように加熱しながら、4.0MPaまで窒素ガスボンベから窒素ガスを導入し、外容器を中心軸周りに20rpmの速度で一定周期の時計回りと反時計回りで回転させた。そして、この状態で40時間保持した。その後、室温まで自然冷却して大気圧にまで減圧した後、耐圧容器の蓋を開けて中から坩堝を取り出した。坩堝の中の固化した金属ナトリウムを除去し、種結晶基板上に成長した窒化ガリウム結晶を回収した。

サファイアウエハ側から紫外線レーザーを照射することで種結晶基板上の窒化ガリウム結晶を分解し、成長した窒化ガリウム結晶をサファイアウエハから分離した。分離して得られた窒化ガリウム結晶の反りは50μmであった。

窒化ガリウム結晶の外周部を、ダイヤモンド砥石を用いて研削加工し、直径を150mmに調整した。

次いで、窒化ガリウム結晶をセラミックス製の加工用定盤に貼り付け、グラインダー、ラップ装置を用いてGa極性面を研削・研磨加工した。最終仕上げには粒径0.1μmのダイヤモンド粒を用い、鏡面仕上げとした。

窒化ガリウム結晶を裏返してセラミックス製の加工用定盤に固定し、窒素極性面を同様に研削・研磨加工した。最終仕上げには粒径0.1μmのダイヤモンド粒を用い、鏡面仕上げとした。

窒化ガリウム結晶の表裏面に保護材を塗布し、ベベリング装置を用いてウエハ外周部の成型加工を行った。Ga極性面については傾斜砥石(傾斜角度20度)を使用して面取り加工を行った。面取り幅D1は150μmとした。窒素極性面についてはレーザーテクスチャ加工により外周粗面化加工を施した。波長355nm、出力3Wの紫外線レーザーを使用し、70μm径に集光したレーザーを走査しながら照射することで外周部に凹凸形状を形成した。粗面化加工の範囲d2は外周から3mmとした。

得られたIII族元素窒化物半導体ウエハは、表裏面が目視で容易に判別可能であった。また、ウエハの反りは40μmであった。

結果を表1に示した。

【0096】

〔実施例2〕

裏面粗面化加工の範囲d2を外周から5mmとした以外は実施例1と同様に行い、III族元素窒化物半導体ウエハを作製した。得られたIII族元素窒化物半導体ウエハは、表裏面が目視で容易に判別可能であった。また、ウエハの反りは48μmであった。

結果を表1に示した。

10

20

30

40

50

## 【 0 0 9 7 】

## 〔 実施例 3 〕

裏面粗面化加工の範囲 d 2 を外周から 1 mm とした以外は実施例 1 と同様に行い、I I I 族元素窒化物半導体ウエハを作製した。得られた I I I 族元素窒化物半導体ウエハは、表裏面が目視で判別可能であった。また、ウエハの反りは 2 8 μ m であった。

結果を表 1 に示した。

## 【 0 0 9 8 】

## 〔 比較例 1 〕

裏面全面を粗面仕上げとした以外は実施例 1 と同様に行い、I I I 族元素窒化物半導体ウエハを作製した。得られた I I I 族元素窒化物半導体ウエハは、表裏面が目視で容易に判別可能であった。また、ウエハの反りは 1 0 5 μ m であった。

結果を表 1 に示した。

## 【 0 0 9 9 】

## 〔 比較例 2 〕

裏面粗面化加工の範囲 d 2 を外周から 1 0 mm とした以外は実施例 1 と同様に行い、I I I 族元素窒化物半導体ウエハを作製した。得られた I I I 族元素窒化物半導体ウエハは、表裏面が目視で容易に判別可能であった。また、ウエハの反りは 5 9 μ m であった。

結果を表 1 に示した。

## 【 0 1 0 0 】

## 〔 比較例 3 〕

裏面全面を鏡面仕上げとした以外は実施例 1 と同様に行い、I I I 族元素窒化物半導体ウエハを作製した。得られた I I I 族元素窒化物半導体ウエハは、表裏面が目視で判別できなかった。また、ウエハの反りは 2 1 μ m であった。

結果を表 1 に示した。

## 【 0 1 0 1 】

## 【 表 1 】

	裏面外周領域の幅 (mm)	目視による主面と裏面の区別	光学センサーによる端部の検出	反り (μ m)	曲率半径 (m)
実施例 1	3	容易	○	4 0	7 0
実施例 2	5	容易	○	4 8	5 9
実施例 3	1	可能	○	2 8	1 0 0
比較例 1	なし	容易	○	1 0 5	2 7
比較例 2	1 0	容易	○	5 9	4 8
比較例 3	なし	困難	×	2 1	1 3 4

## 【 産業上の利用可能性 】

## 【 0 1 0 2 】

本発明の実施形態による I I I 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 】

## 【 0 1 0 3 】

1 0 0 I I I 族元素窒化物半導体基板

1 0 0 ' 自立基板

10

20

30

40

50

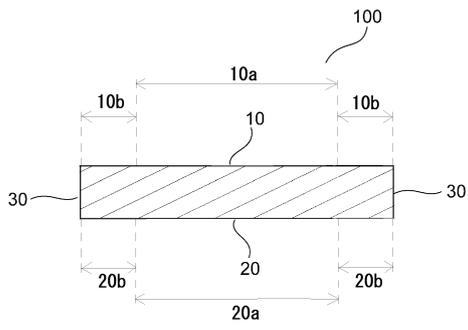
1	下地基板	
1 a	下地基板 1 の主面	
1 b	下地基板 1 の裏面	
2	種結晶膜	
2 a	種結晶膜 2 の I I I 族元素極性面	
3	I I I 族元素窒化物層	
4	機能層	
5	機能素子	
1 0	主面	
1 0 '	主面	10
1 0 a	主面中央領域	
1 0 b	主面外周領域	
1 1	主面側面取り部	
1 2	外周端部	
2 0	裏面	
2 0 '	裏面	
2 0 a	裏面中央領域	
2 0 b	裏面外周領域	
2 1	裏面側面取り部	
2 2	外周端部	20
3 0	側面	

#### 【要約】

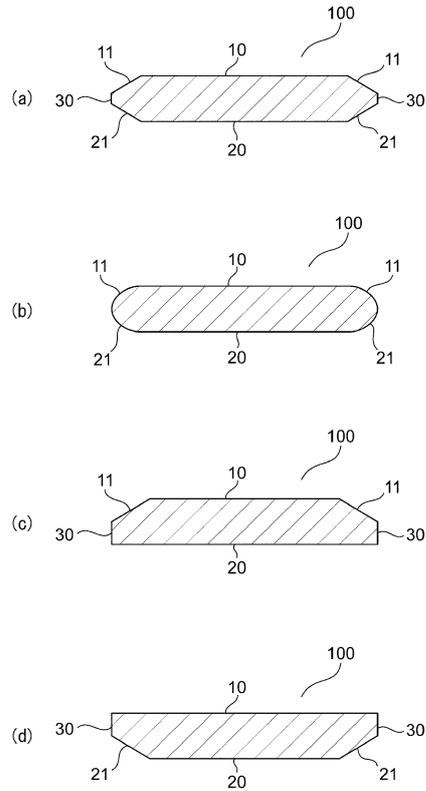
第一面と第二面とを備える I I I 族元素窒化物半導体基板であって、目視による第一面と第二面の区別が容易であり、光学センサーによる端部の検出がしやすく、有効面積（デバイス作製に使用できる面積）を大きく確保でき、基板全体の反りが低減される、I I I 族元素窒化物半導体基板を提供する。

本発明の実施形態による I I I 族元素窒化物半導体基板は、第一面と第二面とを備える I I I 族元素窒化物半導体基板であって、該第一面が鏡面であり、該第二面が第二面中央領域と第二面外周領域とを有し、該第二面中央領域が鏡面であり、該第二面外周領域が非鏡面である。

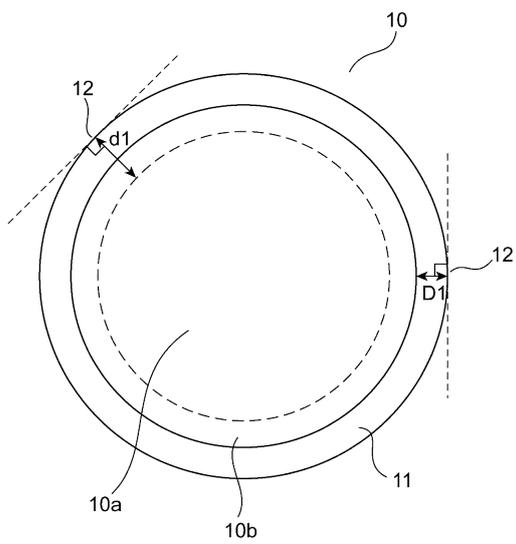
【図1】



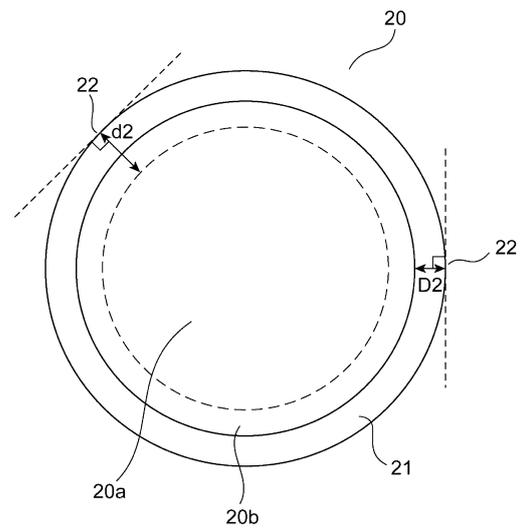
【図2】



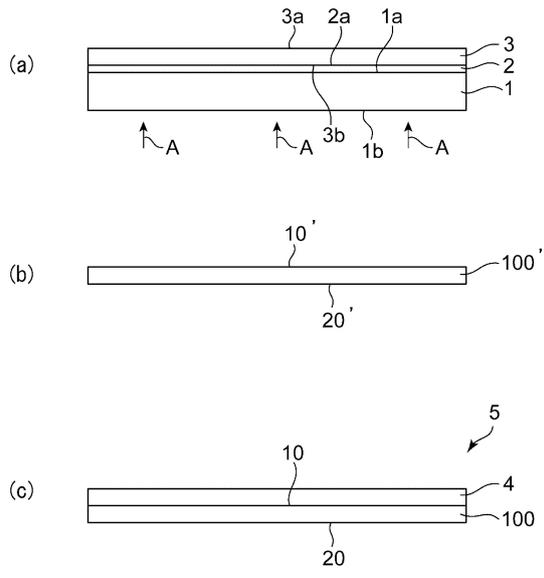
【図3】



【図4】



【 図 5 】



---

フロントページの続き

(72)発明者 小林 弘季

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

審査官 山本 一郎

(56)参考文献 国際公開第2011/161975(WO, A1)

特開2012-142485(JP, A)

特開2010-87512(JP, A)

特開2019-176124(JP, A)

特開2016-32002(JP, A)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

C30B 29/38

C30B 33/00

C30B 9/10

H01L 21/304