

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特許公報(B2)

(11) 特許番号

特許第6169704号
(P6169704)

(45) 発行日 平成29年7月26日(2017.7.26)

(24) 登録日 平成29年7月7日(2017.7.7)

(51) Int.Cl.

F 1

C30B 29/38 (2006.01)
C30B 7/10 (2006.01)C30B 29/38
C30B 7/10
C30B 29/38D
C

請求項の数 17 (全 18 頁)

(21) 出願番号 特願2015-533041 (P2015-533041)
 (86) (22) 出願日 平成25年3月15日 (2013.3.15)
 (65) 公表番号 特表2015-529190 (P2015-529190A)
 (43) 公表日 平成27年10月5日 (2015.10.5)
 (86) 國際出願番号 PCT/US2013/032103
 (87) 國際公開番号 WO2014/051692
 (87) 國際公開日 平成26年4月3日 (2014.4.3)
 審査請求日 平成28年3月11日 (2016.3.11)
 (31) 優先権主張番号 61/705,540
 (32) 優先日 平成24年9月25日 (2012.9.25)
 (33) 優先権主張国 米国(US)

(73) 特許権者 510123264
 シックスポイント マテリアルズ, イン
 コーポレイテッド
 アメリカ合衆国 カリフォルニア 934
 27, ブエルトン, インダストリアル
 ウエイ 37, ユニット 106
 (73) 特許権者 308007273
 ソウル セミコンダクター カンパニー
 リミテッド
 大韓民国 153-023 ソウル グム
 チョング, ガサン-ドン, 148-
 29
 (74) 代理人 100078282
 弁理士 山本 秀策

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 III族窒化物結晶を成長させる方法

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項 1】

$Ga_x Al_y In_{1-x-y} N (0 < x < 1, 0 < x+y < 1)$ から成る III族窒化物を作製する方法であって、

(a) 第1のIII族窒化物結晶を第一世代のシードの第1の面上に成長させ、第2のIII族窒化物結晶を前記第一世代のシードの第2の面上に成長させることにより、第1のIII族窒化物のインゴットを形成することと、

(b) 前記第1のインゴットを第1のウエハ、第2のウエハ、第3のウエハにスライスすることと

を含み、

前記第1のウエハは、前記第一世代のシードを含み、前記第1のウエハは、前記第2のウエハおよび前記第3のウエハの各々の厚さより大きい厚さを有し、前記第一世代のシードを含む前記第1のウエハの厚さは、前記第1のウエハの破断を回避するために十分に大きく、前記第一世代のシードを含む前記第1のウエハの両表面は、前記第一世代のシード上に成長させられたIII族窒化物結晶で被覆される、方法。

【請求項 2】

第3のIII族窒化物結晶を前記第1のウエハの第1の面上に成長させ、第4のIII族窒化物結晶を前記第1のウエハの第2の面上に成長させることをさらに含む、請求項1に記載の方法。

【請求項 3】

10

20

前記第一世代のシードを含むウエハの表面上に露出された亀裂は、次の成長の間に埋設される、請求項 2 に記載の方法。

【請求項 4】

前記 I II 族窒化物結晶は、超臨界アンモニア中で成長させられる、請求項 1 ~ 3 のいずれかに記載の方法。

【請求項 5】

前記インゴットは、前記第一世代のシードを含むウエハに対して異なるワイヤピッチを有する多ワイヤソーを用いて、ウエハにスライスされる、請求項 1 ~ 4 のいずれかに記載の方法。

【請求項 6】

前記第一世代のシードは、窒素極性表面が両面上に露出されるように、I II 族極性表面がともに対向した状態で、c - 平面 (+ / - 10 度以内の不整配向) I II 族窒化物ウエハの 2 つの断片を備えている、請求項 1 ~ 5 のいずれかに記載の方法。

【請求項 7】

前記 c - 平面 (+ / - 10 度以内の不整配向) I II 族窒化物ウエハの面内結晶配向は、ともに一致している、請求項 6 に記載の方法。

【請求項 8】

前記 I II 族窒化物結晶内に生成された亀裂は、前記 c - 平面 (+ / - 10 度以内の不整配向) I II 族窒化物ウエハの界面に伝搬しない、請求項 6 または請求項 7 に記載の方法。

【請求項 9】

前記 c - 平面 (+ / - 10 度以内の不整配向) I II 族窒化物ウエハの形状およびサイズは、一致しており、それによって、I II 族極性表面の最小面積が露出されている、請求項 6 ~ 8 のいずれかに記載の方法。

【請求項 10】

前記第一世代のシードは、窒素極性表面が両面上に露出されるように、I II 族極性表面がともに対向した状態で、c - 平面 (+ / - 10 度以内の不整配向) I II 族窒化物ウエハの 2 つの層を備え、各層は、縁を揃えて配列された c - 平面 (+ / - 10 度以内の不整配向) I II 族窒化物ウエハの複数の断片から成り、前記 2 つの層のうちの一方の層における前記 c - 平面 (+ / - 10 度以内の不整配向) I II 族窒化物ウエハの縁は、前記 2 つの層のうちの他方の層における前記 c - 平面 (+ / - 10 度以内の不整配向) I II 族窒化物ウエハの縁に対応せず、前記第 1 および第 2 の層における全ウエハの面内結晶配向は、一致している、請求項 1 ~ 5 のいずれかに記載の方法。

【請求項 11】

前記 I II 族窒化物結晶内に生成される亀裂は、c - 平面 (+ / - 10 度以内の不整配向) I II 族窒化物ウエハの前記 2 つの層の界面に伝搬しない、請求項 10 に記載の方法。

【請求項 12】

各層のサイズおよび形状は、一致しており、それによって、I II 族極性表面の最小面積が露出されている、請求項 10 または請求項 11 に記載の方法。

【請求項 13】

前記層のより長い寸法の縁は、a - 平面 (+ / - 10 度以内の不整配向) に整列させられている、請求項 12 に記載の方法。

【請求項 14】

前記 I II 族窒化物は、窒化ガリウムを含む、請求項 1 ~ 13 のいずれかに記載の方法。

【請求項 15】

前記第 2 のウエハは、前記第 1 の I II 族窒化物結晶から形成され、前記第 3 のウエハは、前記第 2 の I II 族窒化物結晶から形成されている、請求項 1 ~ 14 のいずれかに記載の方法。

10

20

30

40

50

【請求項 16】

前記第1のIII族窒化物結晶は、ある結晶構造極性を有し、前記第2のIII族窒化物結晶は、前記結晶構造極性を有する、請求項1～15のいずれかに記載の方法。

【請求項 17】

前記第2のおよび第3のウエハは、3つ以上の複数のウエハの部材であり、前記第1のウエハは、前記複数のウエハの各ウエハより厚い、請求項1～16のいずれかに記載の方法。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

10

(関連出願の引用)

本願は、米国特許出願第61/705,540号(2012年9月25日出願、発明者:Tadao Hashimoto, Edward Letts、および、Sierra Hoff、名称「METHOD OF GROWING GROUP III NITRIDE CRYSTALS」)を基礎とする優先権を主張し、該出願は、以下に完全に記載される場合と同様に、参照により本明細書に引用される。

【0002】

本願は、以下の米国特許出願に関連する。

【0003】

20

PCT特許出願第US2005/024239号(2005年7月8日出願、Kenji Fujito, Tadao Hashimoto、および、Shuji Nakamura、名称「METHOD FOR GROWING GROUP III-NITRIDE CRYSTALS IN SUPERCRITICAL AMMONIA USING AN AUTOCLAVE」、代理人事件番号30794.0129-WO-01(2005-339-1)）。

【0004】

米国特許出願第11/784,339号(2007年4月6日出願、Tadao Hashimoto, Makoto Saito、および、Shuji Nakamura、名称「METHOD FOR GROWING LARGE SURFACE AREA GALLIUM NITRIDE CRYSTALS IN SUPERCRITICAL AL AMMONIA AND LARGE SURFACE AREA GALLIUM NITRIDE CRYSTALS」、代理人事件番号30794.179-US-U1(2006-204)）、該出願は、米国特許法§119(e)に基づき、米国仮特許出願第60/790,310号(2006年4月7日出願、Tadao Hashimoto, Makoto Saito、および、Shuji Nakamura、名称「METHOD FOR GROWING LARGE SURFACE AREA GALLIUM NITRIDE CRYSTALS IN SUPERCRITICAL AMMONIA AND LARGE SURFACE AREA GALLIUM NITRIDE CRYSTALS」、代理人事件番号30794.179-US-P1(2006-204)）の利益を主張する。

30

【0005】

40

米国特許出願第60/973,662号(2007年9月19日出願、Tadao Hashimoto、および、Shuji Nakamura、名称「GALLIUM NITRIDE BULK CRYSTALS AND THEIR GROWTH METHOD」、代理人事件番号30794.244-US-P1(2007-809-1)）。

【0006】

米国特許出願第11/977,661号(2007年10月25日出願、Tadao Hashimoto、名称「METHOD FOR GROWING GROUP II - NITRIDE CRYSTALS IN A MIXTURE OF SUPER

50

C R I T I C A L A M M O N I A A N D N I T R O G E N A N D G R O U P
I I I - N I T R I D E C R Y S T A L S G R O W N T H E R E B Y 」、代理人事件番号 3 0 7 9 4 . 2 5 3 - U S - U 1 (2 0 0 7 - 7 7 4 - 2))。

【 0 0 0 7 】

米国特許出願第 6 1 / 0 6 7 , 1 1 7 号 (2 0 0 8 年 2 月 2 5 日出願、 T a d a o H a s h i m o t o , E d w a r d L e t t s , M a s a n o r i I k a r i 、名称「 M E T H O D F O R P R O D U C I N G G R O U P I I I - N I T R I D E W A F E R S A N D G R O U P I I I - N I T R I D E W A F E R S 」、代理人事件番号 6 2 1 5 8 - 3 0 0 0 2 . 0 0)。

【 0 0 0 8 】

米国特許出願第 6 1 / 0 5 8 , 9 0 0 号 (2 0 0 8 年 6 月 4 日出願、 T a d a o H a s h i m o t o , M a s a n o r i I k a r i 、名称「 M E T H O D S F O R P R O D U C I N G I M P R O V E D C R Y S T A L L I N I T Y G R O U P I I I - N I T R I D E C R Y S T A L S F R O M I N I T I A L G R O U P I I I - N I T R I D E S E E D B Y A M M O N O T H E R M A L G R O W T H 」、代理人事件番号 6 2 1 5 8 - 3 0 0 0 4 . 0 0)。

10

【 0 0 0 9 】

米国特許出願第 6 1 / 0 5 8 , 9 1 0 号 (2 0 0 8 年 6 月 4 日出願、 T a d a o H a s h i m o t o , E d w a r d L e t t s , M a s a n o r i I k a r i 、名称「 H I G H - P R E S S U R E V E S S E L F O R G R O W I N G G R O U P I I I - N I T R I D E C R Y S T A L S A N D M E T H O D O F G R O W I N G G R O U P I I I - N I T R I D E C R Y S T A L S U S I N G H I G H - P R E S S U R E V E S S E L A N D G R O U P I I I - N I T R I D E C R Y S T A L 」、代理人事件番号 6 2 1 5 8 - 3 0 0 0 5 . 0 0)。

20

【 0 0 1 0 】

米国特許出願第 6 1 / 1 3 1 , 9 1 7 (2 0 0 8 年 6 月 1 2 日出願、 T a d a o H a s h i m o t o , M a s a n o r i I k a r i , E d w a r d L e t t s 、名称「 M E T H O D F O R T E S T I N G I I I - N I T R I D E W A F E R S A N D I I I - N I T R I D E W A F E R S W I T H T E S T D A T A 」、代理人事件番号 6 2 1 5 8 - 3 0 0 0 6 . 0 0)。

30

【 0 0 1 1 】

これらの出願は、以下に完全に記載される場合と同様に、参照することによって、全体として本明細書に組み込まれる。

【 0 0 1 2 】

(発明の分野)

本発明は、発光ダイオード、(L E D)、レーザダイオード(L D)、光検出器、およびトランジスタ等の光電子および電子素子を含む、種々の素子製作のための I I I 族窒化物ウエハを製作するために使用される、 I I I 族窒化物結晶に関する。

【 背景技術 】

【 0 0 1 3 】

40

(注 : 本特許出願は、括弧内の数字、例えば、 [×] を用いて示されるように、いくつかの刊行物および特許を参照する。これらの刊行物および特許の一覧は、「参考文献」という表題の項に見出すことができる。)

窒化ガリウム(G a N)およびその関連 I I I 族窒化物合金は、 L E D 、 L D 、マイクロ波電力トランジスタ、およびソーラー・ブラインド型光検出器等の種々の光電子および電子素子のための重要な材料である。しかしながら、これらの素子の大部分は、 G a N ウエハが、ヘテロエピタキシャル基板と比較して、非常に高価であるため、サファイアおよび炭化ケイ素等の異種基板(または、ウエハ)上にエピタキシャルに成長させられる。 I I I 族窒化物のヘテロエピタキシャル成長は、著しく欠陥またはさらに亀裂がある膜を生じさせ、そのような高電力マイクロ波トランジスタ等の高性能電子素子の実現を妨害する

50

。

【0014】

ヘテロエピタキシによって生じるあらゆる基本問題を解決するために、 III 族窒化物バルク結晶からスライスされた III 族窒化物ウエハを利用することが不可欠である。素子の大部分に対して、 GaN ウエハは、ウエハの伝導性を制御することが比較的に容易であり、 GaN ウエハが、素子層の大部分と最小格子／熱不整合を提供するであろうため、好ましい。しかしながら、高溶融点および高温における高窒素蒸気圧のため、バルク GaN 結晶を成長させることは困難である。現在、市販の GaN ウエハの大部分は、水素化物気相エピタキシ(HVPE)と呼ばれる方法によって生産される。 HVPE は、気相エピタキシャル膜成長であり、したがって、バルク形状の III 族窒化物結晶を生産することが困難である。結晶厚の限界のため、線欠陥(例えば、転位)および粒界の典型的密度は、約 10^5 cm^{-2} の高いものから 10^6 cm^{-2} の低いものまで及ぶ。

10

【0015】

転位および／または粒界の密度が 10^6 cm^{-2} 未満である高品質 III 族窒化物ウエハを得るために、 III 族窒化物結晶を超臨界アンモニア中で成長させる、アモノサーマル成長と呼ばれる新しい方法が、開発されている[1-6]。現在、 10^6 cm^{-2} 未満の転位および／または粒界の密度を有する高品質 GaN ウエハは、アモノサーマル成長によって得られることができる。アモノサーマル成長は、合成石英の水熱成長に類似する。石英の水熱成長では、自然に成長させられた石英結晶が、シード結晶として使用されることができる。しかしながら、 III 族窒化物の自然結晶がないことにより、 III 族窒化物の人工的に成長させられた結晶が、アモノサーマル成長では、シード結晶として使用されなければならない。

20

【発明の概要】

【課題を解決するための手段】

【0016】

本発明は、 III 族窒化物のインゴットを成長させる方法を提供する。 GaN 等の III 族窒化物結晶は、アモノサーマル法によって、シードの両側に成長させられ、インゴットを形成し、インゴットは、ウエハにスライスされる。第一世代のシードを含むウエハは、第一世代のシードを含むウエハが破断しないように、他のウエハより厚くスライスされる。第一世代のシード結晶を含むウエハは、次のアモノサーマル成長のためのシードとして使用されることができる。

30

【0017】

本発明はまた、各縁が1つの層上に取り付けられ、第1の層における縁が、第2の層の縁に対して互い違いにされた状態で、複数の III 族窒化物ウエハを2つの層に設置することによって、インゴットのサイズを拡大させる方法を提供する。

例えば、本が発明は以下の項目を提供する。

(項目1)

$\text{Ga}_{x}\text{Al}_y\text{In}_{1-x-y}\text{N}$ ($0 < x < 1$ 、 $0 < x+y < 1$)から成る III 族窒化物を作製する方法であって、

(a) 第1の III 族窒化物結晶を第一世代のシードの第1の面上に成長させ、第2の III 族窒化物結晶を前記第一世代のシードの第2の面上に成長させ、第1の III 族窒化物のインゴットを形成することと、

40

(b) 前記第1のインゴットを第1、第2、および第3のウエハにスライスすることとを含み、

前記第1のウエハは、前記第一世代のシードを含み、前記第1のウエハは、前記第2のウエハおよび前記第3のウエハの各々の厚さより大きい厚さを有し、前記第一世代のシードを含む前記第1のウエハの厚さは、前記第1のウエハの破断を回避するために十分に大きい、方法。

(項目2)

第3の III 族窒化物結晶を前記第1のウエハの第1の面上に成長させ、第4の III

50

族窒化物結晶を前記第1のウエハの第2の面上に成長させることをさらに含む、項目1に記載の方法。

(項目3)

前記第一世代のシードを含むウエハの表面上に露出された亀裂は、次の成長の間に埋設される、項目2に記載の方法。

(項目4)

前記第一世代のシードを含む前記第1のウエハの両表面は、前記第一世代のシード上に成長させられたIII族窒化物結晶で被覆される、項目1-3のいずれかに記載の方法。

(項目5)

前記III族窒化物結晶は、超臨界アンモニア中で成長させられる、項目1-4のいずれかに記載の方法。

10

(項目6)

前記インゴットは、前記第一世代のシードを含むウエハに対して異なるワイヤピッチを有する多ワイヤソーを用いて、ウエハにスライスされる、項目1-5のいずれかに記載の方法。

(項目7)

前記第一世代のシードは、窒素極性表面が両面上に露出されるように、III族極性表面がともに対向した状態で、c-平面 (+/-10度以内の不整配向) III族窒化物ウエハの2つの断片を備えている、項目1-6のいずれかに記載の方法。

(項目8)

20

前記c-平面 (+/-10度以内の不整配向) III族窒化物ウエハの面内結晶配向は、ともに一致している、項目7に記載の方法。

(項目9)

前記III族窒化物結晶内に生成された亀裂は、前記c-平面 (+/-10度以内の不整配向) III族窒化物ウエハの界面に伝搬しない、項目7または項目8に記載の方法。

(項目10)

前記c-平面 (+/-10度以内の不整配向) III族窒化物ウエハの形状およびサイズは、一致しており、それによって、III族極性表面の最小面積が露出されている、項目7-9のいずれかに記載の方法。

(項目11)

30

前記第一世代のシードは、窒素極性表面が両面上に露出されるように、III族極性表面がともに対向した状態で、c-平面 (+/-10度以内の不整配向) III族窒化物ウエハの2つの層を備え、各層は、縁を揃えて配列されたc-平面 (+/-10度以内の不整配向) III族窒化物ウエハの複数の断片から成り、前記第1の層における前記c-平面 (+/-10度以内の不整配向) III族窒化物ウエハの縁は、前記第2の層における前記c-平面 (+/-10度以内の不整配向) III族窒化物ウエハの縁に対応せず、前記第1および第2の層における全ウエハの面内結晶配向は、一致している、項目1-6のいずれかに記載の方法。

(項目12)

40

前記III族窒化物結晶内に生成される亀裂は、c-平面 (+/-10度以内の不整配向) III族窒化物ウエハの前記2つの層の界面に伝搬しない、項目11に記載の方法。

(項目13)

各層のサイズおよび形状は、一致しており、それによって、III族極性表面の最小面積が露出されている、項目11または項目12に記載の方法。

(項目14)

前記層のより長い寸法の縁は、a-平面 (+/-10度以内の不整配向) に整列させられている、項目13に記載の方法。

(項目15)

前記III族窒化物は、窒化ガリウムを含む、項目1-14のいずれかに記載の方法。

(項目16)

50

前記第2のウエハは、前記第1のⅢ族窒化物結晶から形成され、前記第3のウエハは、前記第2のⅢ族窒化物結晶から形成されている、項目1-15のいずれかに記載の方法。

(項目17)

前記第1のⅢ族窒化物結晶は、ある結晶構造極性を有し、前記第2のⅢ族窒化物結晶は、前記結晶構造極性を有する、項目1-16のいずれかに記載の方法。

(項目18)

前記第2のおよび第3のウエハは、3つ以上の複数のウエハの部材であり、前記第1のウエハは、前記複数のウエハの各ウエハより厚い、項目1-17のいずれかに記載の方法。

(項目19)

GaxAl_yIn_{1-x-y}N(0 x 1, 0 x+y 1)から成るⅢ族窒化物のインゴットを成長させる方法であって、

(a) 第1のⅢ族窒化物結晶をシードの第1の面上に成長させることと、

(b) 第2のⅢ族窒化物結晶を前記シードの第2の面上に成長させることとを含み、前記シードは、

(1) 第1の層であって、前記第1の層は、

a) 第1のⅢ族窒化物ウエハであって、前記第1のⅢ族窒化物ウエハは、

1) 第1の結晶格子配向と、

2) 前記第1のⅢ族窒化物ウエハの第1の面および第2の面に隣接する第1の縁と

を有する、第1のⅢ族窒化物ウエハと、

b) 第2のⅢ族窒化物ウエハであって、前記第2のⅢ族窒化物ウエハは、

1) 第2の結晶格子配向と、

2) 前記第2のⅢ族窒化物ウエハの第1の面および第2の面に隣接する第1の縁と

を有する、第2のⅢ族窒化物ウエハと

から成り、

c) 前記第2のⅢ族窒化物ウエハは、前記第1の層における前記第1のⅢ族窒化物ウエハの第1の縁に隣接するその第1の縁を有し、

d) 前記第1の結晶格子配向は、前記第1の層における前記第2の結晶格子配向と同一である、

第1の層と、

(2) 第2の層であって、前記第2の層は、

a) 第3のⅢ族窒化物ウエハであって、前記第3のⅢ族窒化物ウエハは、

1) 第3の結晶格子配向と、

2) 前記第3のⅢ族窒化物ウエハの第1の面および第2の面に隣接する第1の縁と

を有する、第3のⅢ族窒化物ウエハと、

b) 第4のⅢ族窒化物ウエハであって、前記第4のⅢ族窒化物ウエハは、

1) 第4の結晶格子配向と、

2) 前記第4のⅢ族窒化物ウエハの第1の面および第2の面に隣接する第1の縁と

を有する、第4のⅢ族窒化物ウエハと

を備え、

c) 前記第3のⅢ族窒化物ウエハは、前記第2の層における前記第4のⅢ族窒化物ウエハの第1の縁に隣接するその第1の縁を有し、

d) 前記第3の結晶格子配向は、前記第2の層における前記第4の結晶格子配向と同じである、

第2の層と

10

20

30

40

50

を備え、

(3) 前記第1の層の前記第1のⅢ族窒化物ウエハの第1の縁は、前記第2の層の前記第3のⅢ族窒化物ウエハの第1の面に位置付けられ、

(4) 前記第1の層の前記第2のⅢ族窒化物ウエハの第1の縁は、前記第2の層の前記第3のⅢ族窒化物ウエハの第1の面に位置付けられ、

(5) 前記第2の層の前記第3のⅢ族窒化物ウエハの第1の縁は、前記第1の層の前記第2のⅢ族窒化物ウエハの第1の面に位置付けられ、

(6) 前記第2の層の前記第4のⅢ族窒化物ウエハの第1の縁は、前記第1の層の前記第2のⅢ族窒化物ウエハの第1の面に位置付けられ、

(7) 前記第1の層の前記第1のウエハの結晶格子配向は、前記第2の層の前記第3のウエハの結晶格子配向と一致する、

方法。

(項目20)

前記第1、第2、第3、および第4のⅢ族窒化物ウエハの結晶格子配向は、+/-10度以内の不整配向を有するc-平面であり、前記第1、第2、第3、および第4のⅢ族窒化物ウエハの第1の面は、互に対向し、前記第1、第2、第3、および第4のⅢ族窒化物ウエハの第2の面は、窒素極性表面である、項目19に記載の方法。

(項目21)

前記第1および第2のⅢ族窒化物結晶は、超臨界アンモニア中で同時に成長させられる、項目19または項目20に記載の方法。

10

(項目22)

接着層が、前記第1の層と前記第2の層との間に挿入され、前記層を一緒に接着させる、項目19-21のいずれかに記載の方法。

(項目23)

前記接着層は、金属である、項目22に記載の方法。

(項目24)

前記金属は、ガリウムまたはインジウムを含む、項目23に記載の方法。

(項目25)

前記Ⅲ族窒化物ウエハから成る、前記第1および第2の層は、圧力を与えることによって、一緒に取り付けられる、項目19-24のいずれかに記載の方法。

20

(項目26)

前記第1の層は、長縁を有し、前記第1の層の長縁は、+/-10度以内の不整配向を伴って、前記第1のウエハおよび前記第2のウエハのa-平面に整列させられている、項目19-25のいずれかに記載の方法。

(項目27)

前記第2の層は、長縁を有し、前記第2の層の長縁は、+/-10度以内の不整配向を伴って、前記第3のウエハおよび前記第4のウエハのa-平面に整列させられている、項目19-26のいずれかに記載の方法。

(項目28)

前記Ⅲ族窒化物は、窒化ガリウムを含む、項目19-27のいずれかに記載の方法。

40

。

(項目29)

Ga_xAl_yIn_{1-x-y}N(0 x 1, 0 x+y 1)から成るⅢ族窒化物ウエハを製作する方法であって、

(a) Ⅲ族窒化物結晶をⅢ族窒化物のシードの両面上に成長させ、Ⅲ族窒化物のインゴットを形成することと、

(b) 多ワイヤソーを用いて、前記Ⅲ族窒化物のインゴットをウエハにスライスすることと
を含み、

前記ワイヤのピッチは、前記シードを含むウエハが前記インゴットからスライスされる

50

他のウエハより厚いように、変更される、方法。

(項目 30)

前記シード結晶を含むウエハの厚さは、前記ウエハの破断を回避するために十分に大きい、項目 29 に記載の方法。

(項目 31)

前記 III 族窒化物結晶は、超臨界アンモニア中で成長させられる、項目 29 または項目 30 に記載の方法。

(項目 32)

前記 III 族窒化物は、窒化ガリウムを含む、項目 29 - 31 のいずれかに記載の方法。

10

(項目 33)

項目 1 - 28 のいずれかに記載の方法によって成長させられた III 族窒化物インゴット。

(項目 34)

項目 29 - 32 のいずれかに記載の方法によって製作された III 族窒化物ウエハ。

(項目 35)

第 1 の非亀裂表面および第 2 の非亀裂表面を有する III 族窒化物シードであって、前記 III 族窒化物シードは、

III 族窒化物ウエハの第 1 の層であって、前記第 1 の層は、第 1 の面および第 2 の面を有する、第 1 の層と、

20

III 族窒化物ウエハの第 2 の層であって、前記第 2 の層は、第 1 の面および第 2 の面を有する、第 2 の層と

を備え、

前記第 1 の層の第 1 の面は、前記第 2 の層の第 1 の面に対向し、前記第 1 の層の第 2 の面は、少なくとも 1 つの亀裂を有し、前記第 1 の非亀裂表面を提供するために、前記第 1 の層の第 2 の面を III 族窒化物の十分な厚さに重ねている、III 族窒化物シード。

(項目 36)

前記第 2 の層の第 2 の面は、少なくとも 1 つの亀裂を有し、前記第 2 の層の第 2 の面を重ねることは、前記 III 族窒化物シードの前記第 2 の非亀裂表面を提供するために十分な前記 III 族窒化物の厚さである、項目 35 に記載の III 族窒化物シード。

30

(項目 37)

前記第 1 の層のウエハは、c - 平面ウエハであり、前記第 2 の層のウエハは、c - 平面ウエハであり、各々、+/-10 度以内の不整配向を有する、項目 35 または項目 36 に記載の III 族窒化物シード。

(項目 38)

前記第 1 の非亀裂表面および前記第 2 の非亀裂表面は、各々、窒素極性表面である、項目 35 - 37 のいずれかに記載の III 族窒化物シード。

(項目 39)

前記第 1 の層の第 2 の面および前記第 2 の層の第 2 の面は、各々、窒素極性面である、項目 35 - 38 のいずれかに記載の III 族窒化物シード。

40

(項目 40)

シードの縁に沿ってではなく、前記シードの面に沿って互に接触している 2 つ以上のウエハから成る III 族窒化物シードであって、前記ウエハのうちの少なくとも 1 つは、(a) 表面亀裂を有するウエハ、(b) HVPE を使用して形成され、したがって、 10^{-5} cm⁻² より大きい線欠陥(例えば、転位)および粒界の密度を有する亀裂が入ったウエハ、および(c) アモノサーマル法を使用して形成されたウエハから成る群から選択される、III 族窒化物シード。

(項目 41)

シードの縁に沿ってではなく、前記シードの面に沿って互に接触している第 1 および第 2 のウエハから成る III 族窒化物シードであって、前記第 1 のウエハは、前記第 1 のウ

50

エハの縁が前記第2のウエハの縁と整列しないように、前記第2のウエハからオフセットされている、Ⅲ族窒化物シード。

(項目42)

前記第1のウエハは、前記第1のウエハの全縁に沿って、前記第2のウエハからオフセットされている、項目40または項目41に記載のシード。

(項目43)

同一のインゴットから切断された一組の少なくとも3つのウエハであって、前記一組の少なくとも3つのウエハは、第2のウエハの厚さより厚く、かつ第3のウエハの厚さより厚い第1のウエハを有し、前記第1のウエハは、シードから形成された埋設部分を有し、前記シードは、

10

(a) 10^5 cm^{-2} より大きい線欠陥および粒界の密度を有するⅢ族窒化物と、

(b) 前記シードが表面亀裂を有し、前記第1のウエハが亀裂が入っていない第1および第2の面を有するⅢ族窒化物と

のうちの少なくとも1つから形成されている、一組の少なくとも3つのウエハ。

(項目44)

第1および第2のシードを有する第1の層と、第3および第4のシードを有する第2の層とから形成されたインゴットであって、前記第1のシードの縁は、前記第2の層におけるいずれのシードの対応する縁とも整列されていない、インゴット。

20

(項目45)

前記第1のシードは、前記第2の層におけるいずれかのシードの対応する縁と整列された縁を有していない、項目44に記載のインゴット。

(項目46)

第2のⅢ族窒化物ウエハに固定された第1のⅢ族窒化物ウエハから成るシードであって、前記第1のウエハは、前記第1のウエハの第1の面から第2の面に伝搬する亀裂を有し、前記第2のウエハは、前記第2のウエハの第1の面から第2の面に伝搬する亀裂を有し、前記シードは、規則的形状を有し、前記シードからインゴットが形成され得る、シード。

(項目47)

前記第1のⅢ族窒化物ウエハは、GaNを含み、前記第2のⅢ族窒化物ウエハは、GaNを含む、項目46に記載のシード。

30

(項目48)

化学式 $\text{Ga}_x\text{Al}_y\text{In}_{1-x-y}\text{N}(0 < x < 1, 0 < x+y < 1)$ を有し、かつ第1の面および第2の面を有する結晶Ⅲ族窒化物のインゴットであって、前記第1の面は、結晶構造極性を有し、前記第2の面も、前記結晶構造極性を有する、結晶Ⅲ族窒化物のインゴット。

(項目49)

前記第1の面は、窒化物極性を有し、前記第2の面は、窒化物極性を有する、項目48に記載のインゴット。

(項目50)

前記第1の面は、Ⅲ族要素極性を有し、前記第2の面は、Ⅲ族要素極性を有する、項目48に記載のインゴット。

40

【図面の簡単な説明】

【0018】

ここで、類似参照番号が対応する部品を表す、図面を参照する。

【図1】図1は、一実施例における、プロセスフローである。図中、各番号は、以下を表す。1. 第一世代のシード 2. 第一世代のシードの両側に成長させられたⅢ族窒化物結晶 3. 第一世代のシードを含むウエハ 4. 他のウエハ 5. 第一世代のシードを含むウエハの両側に成長させられたⅢ族窒化物結晶

【図2】図2は、一実施例における、シード結晶である。図中、各番号は、以下を表す。

1. 第1のⅢ族窒化物ウエハ 1a. 第1のⅢ族窒化物ウエハの窒素面 1b. 第1

50

の I II I 族窒化物ウエハの 1 つの縁 1 c . 第 1 の I II I 族窒化物ウエハの第 2 の縁 2 . 第 2 の I II I 族窒化物ウエハ 2 a . 第 2 の I II I 族窒化物ウエハの窒素面（ウエハの背面） 2 b . 第 2 の I II I 族窒化物ウエハの 1 つの縁 2 c . 第 2 の I II I 族窒化物ウエハの第 2 の縁

【図 3】図 3 は、一実施例における、シード結晶である。図中、各番号は、以下を表す。 1 . I II I 族窒化物ウエハの第 1 の層 1 a . I II I 族窒化物ウエハの第 1 の層の窒素面 1 b . I II I 族窒化物ウエハの第 1 の層の 1 つの縁 2 . I II I 族窒化物ウエハの第 2 の層 2 a . I II I 族窒化物ウエハの第 2 の層の窒素面（ウエハの背面） 2 b . I II I 族窒化物ウエハの第 2 の層の 1 つの縁 3 . 第 1 の層の I II I 族窒化物ウエハ 3 a . 第 1 の層の I II I 族窒化物ウエハの縁 4 . 第 2 の層の I II I 族窒化物ウエハ 4 a . 第 2 の層の I II I 族窒化物ウエハの縁

10

【図 4】図 4 は、第 1 の層および第 2 の層に対する I II I 族窒化物ウエハの構成の実施例である。図中、各番号は、以下を表す。 1 . 第 1 の層の I II I 族窒化物ウエハ 2 . 第 2 の層の I II I 族窒化物ウエハ。

【図 5】図 5 は、亀裂が I II I 族窒化物ウエハの界面で停止する状況の表現である。図中、各番号は、以下を表す。 1 . 第 1 の I II I 族窒化物ウエハの窒素極性表面上にアモノサーマル法によって成長させられる I II I 族窒化物結晶 2 . 第一世代のシードの一部である、第 1 の I II I 族窒化物ウエハ 3 . 第一世代のシードの一部である、第 2 の I II I 族窒化物ウエハ 4 . 第 2 の I II I 族窒化物ウエハの窒素極性表面上にアモノサーマル法によって成長させられる I II I 族窒化物結晶 5 . I II I 族窒化物結晶内に発生した亀裂

20

【発明を実施するための形態】

【0019】

好ましい実施形態の以下の説明では、本明細書の一部を形成し、例証として、本発明が実践され得る、具体的実施形態が示される、付随の図面を参照する。他の実施形態も、利用され得、本発明の範囲から逸脱することなく、構造変更が行われ得ることを理解されたい。

【0020】

本発明の I II I 族窒化物ウエハを成長させる方法は、次の結晶成長のためのシード結晶として使用されることができるオリジナルシード結晶を含む非破断ウエハを提供する。

【0021】

30

図 1 は、一実施形態のプロセスフローを表す。 I II I 族窒化物結晶 2 は、第一世代の H V P E 成長シード 1 の両側にアモノサーマル法によって成長させられ、 I II I 族窒化物のインゴットを形成する。次いで、インゴットは、好ましくは、多ワイヤソーを用いて、ウエハ 3 および 4 にスライスされる。第一世代のシード 1 とアモノサーマル法で成長させられた I II I 族窒化物結晶 2 との間の結晶学的格子パラメータ（例えば、格子定数または応力）のわずかな差異により、界面の周囲の I II I 族窒化物結晶およびシードは、シード 1 から離れた I II I 族窒化物結晶の部分より多くの亀裂を含む。ウエハの破断を回避するために、第一世代のシード 3 を含むウエハは、他のウエハ 4 より厚い厚さでスライスされ、第一世代のシード の面に成長させられる新しい I II I 族窒化物は、 I II I 族極性面および N - 極性面の両方上面に存在し、オリジナルシードは、これらの面の各々において第二世代の I II I 族窒化物で被覆されている。第一世代のシード 3 を含む、非破断ウエハは、したがって、次の成長におけるシードとして使用される。第一世代のシード (H V P E 成長させられた I II I 族窒化物またはアモノサーマル法で成長させられた I II I 族窒化物であり得る) は、その面上への第二世代の I II I 族窒化物の成長に先立って、 I II I 族極性表面、 N - 極性表面、または両方に 1 つ以上の亀裂を有し得る。加えて、第一世代のシード を含み、また、その面上に第二世代の（または、後の世代の） I II I 族窒化物を有するこのウエハの I II I 族極性表面、 N - 極性表面、または両方上面に露出されたいかなる亀裂も、連続結晶成長において埋設され、 H V P E で成長させられたシードとアモノサーマル法で成長させられた結晶との間の結晶性質の不整合によって生じる応力を緩和させることができる。

40

50

【0022】

第一世代のシードを含むウエハを他のウエハより厚くスライスする方法の1つは、第一世代のシードの位置において、多ワイヤソーのワイヤピッチをより大きく設定することである。刃付きソーが使用される場合、スライス厚は、スライス毎に調節されることが可能、したがって、第一世代のシードを含むウエハの厚さを他のウエハより厚くすることは、容易である。しかしながら、刃付きソーは、多ワイヤソーよりはるかに時間がかかり、したがって、多ワイヤソーの使用が、好ましい。

【0023】

図2に示されるように、第一世代のシードは、I II族窒化物ウエハ1および2の2つの断片から成ることができ、I II族極性面または表面が一緒に取り付けられ、窒素極性面または表面1aおよび2aが両側に露出されている。シードの一部または全部は、H V P Eを使用して成長させられ得、シードの一部または全部は、アモノサーマル法を使用して成長させられ得る。I II族窒化物結晶の極性により、I II族極性表面上に成長させられる結晶性質は、典型的には、窒素極性表面上に成長させられるものと異なる。アルカリ系鉱化剤を使用したアモノサーマル成長では、窒素極性表面上の結晶品質は、I II族極性表面上のものより優れている。成長条件は、I II族極性面または表面上において、窒素極性面または表面上より優れた結晶成長をもたらすように選択され得、したがって、隣接するウエハの窒素極性面または表面を一緒に取り付けることによって、ウエハのI II族極性面または表面のみ露出させるように選定されることができる。

【0024】

図3に示されるように、第一世代のシードは、I II族窒化物ウエハ1および2の2つの層から成ることができ、1つの層は、結晶サイズが、成長後、はるかに大きくなり得るように、複数のI II族窒化物ウエハ3および4から成る。そのような複合シードを作製する方法の1つは、第1の層3aのウエハの隣接する縁が、層4aの固体I II族窒化物に対して置かれ、第2の層4aのウエハの隣接する縁が、層3aの固体I II族窒化物に対して置かれることによって、縁を揃えて配列されるように一連のI II族窒化物ウエハ3を第1の層1上で整列させ、縁を揃えて配列されるように一連のI II族窒化物ウエハ4を第2の層2上で整列させることである。高品質結晶を達成するために、面内結晶配向を精密に整列させることが重要である。結晶配向は、X線回折を用いて確認されることができる。また、平坦配向は、各長方形および/または正方形GaNウエハの1つ以上の縁を、ウエハの縁を係合する縁を有する平坦ブロックに対して整列させることによって保証されることができる。ウエハは、好ましくは、円柱または正方形、長方形、または他の多角形等の規則的形状を有し、ウエハは、好ましくは、形状が不規則ではない（但し、不規則な断片が、規則的形状に形成され得、例えば、破断した規則的に成形されたウエハが、規則的形状と一緒に継ぎ合わせられ得る）。加えて、a-平面上の側方成長率は、m-平面上より大きいため、a-平面に沿ってより長い寸法を作製することが好ましい。図2では、縁1bおよび2bは、縁1bおよび2bが、各々、縁1cおよび2cより長いので、好ましくは、a-平面である。2つのシード層1および2は、互に機械的に、物理的に、または化学的に固定されることができる。例えば、全てのウエハは、ウエハの縁に沿ってウエハと一緒に保持する、機械的クランプを用いて固定され得る。他の場合には、2つのウエハは、層間、および/または1cおよび2c等の縁上、および/または縁1bおよび2bに沿って設置されたガリウムまたはインジウム等の軟質金属を用いて、一緒に取り付けられ得る。また、全てのウエハは、層間、および/または隣接するウエハの対向縁に沿って塗布される強力瞬間接着剤または他の接着剤等の化学剤を用いて、融合され得る。しかしながら、糊材料の慎重な選択および塗布が、結晶の汚染を最小限にするために必要である。糊は、好ましくは、シードの結晶構造を劣化させるであろう金属、触媒、または鉱物を含まないであろう（特に、例えば、アモノサーマル成長反応器において見られるような成長条件下において）。シード上に成長させられた十分な厚さの第二世代のI II族窒化物を有するウエハをスライスすることによって、第一世代のシードは、連続結晶成長行程において再

10

20

30

40

50

使用されることがある。面内結晶配向の整列は、精密な制御を要求するので、そのような複合材第一世代のシードを再使用し、ウエハを任意の個々のシードより広くおよび／またはより長くすることは、多いに有益である。

【0025】

第1の層のシードの一部または全部は、H V P E を使用して成長させられ得、第1の層のシードの一部または全部は、アモノサーマル法を使用して成長させられ得る。第2の層のシードの一部または全部は、H V P E を使用して成長からさせられ得、第2の層のシードの一部または全部は、アモノサーマル法を使用して成長させられ得る。一事例では、第1の層は、アモノサーマル法を使用して作製されたシードのみから形成され、第2の層は、H V P E を使用して作製されたシードのみから形成される。アモノサーマル法を使用して成長させられる第1の層内のシードは、隨意に、第2の層内にアモノサーマル法を使用して成長させられるシードのみに触れ得る。アモノサーマル法を使用して成長させられる第1の層内のシードは、隨意に、H V P E を使用して成長させられた第2の層内のシードのみに触れ得る。または、アモノサーマル法を使用して成長させられる第1の層内のシードは、隨意に、アモノサーマル法を使用して成長させられる第2の層内のシードおよびH V P E を使用して成長させられる第2の層内のシードの両方に触れ得る。10

【0026】

シード結晶は、図4に示されるように、I I I族窒化物ウエハの2次元アレイから成ることができる。第1の層1および第2の層2は、2次元に配列されたI I I族窒化物ウエハから成り、第1の層における縁は、第2の層におけるものに対応しない。ウエハの上側および下側2次元アレイは、例えば、層1が、図4に図示される、層2上に置かれるように、一緒に継合される。層1または層2の各々を一緒に形成するように図示される個々のシードウエハは、側方および縦方向の両方において、オフセットまたは交互され、層1の縁のいずれも、層2の縁と整列せず、xおよびy座標において同一の座標を有しない。図3における実施形態と同様に、面内の結晶学的整列は、高度に配向されたI I I族窒化物結晶を得るために非常に重要である。2次元アレイを作製するために、金属または化学中間層を使用して、第1の層および第2の層を取り付けることが好ましい。20

【0027】

再び、第1の層のシードの一部または全部は、H V P E を使用して成長させられ得、第1の層のシードの一部または全部は、アモノサーマル法を使用して成長させられ得る。第2の層のシードの一部または全部は、H V P E を使用して成長させられ得、第2の層のシードの一部または全部は、アモノサーマル法を使用して成長させられ得る。一事例では、第1の層は、アモノサーマル法を使用して作製されたシードのみから形成され、第2の層は、H V P E を使用して作製されたシードのみから形成される。アモノサーマル法を使用して成長させられる第1の層内のシードは、隨意に、第2の層内のアモノサーマル法を使用して成長させられるシードのみに触れ得る。アモノサーマル法を使用して成長させられる第1の層内のシードは、隨意に、H V P E を使用して成長させられた第2の層内のシードのみに触れ得る。または、アモノサーマル法を使用して成長させられる第1の層内のシードは、隨意に、アモノサーマル法を使用して成長させられる第2の層内のシードおよびH V P E を使用して成長させられる第2の層内のシードの両方に触れ得る。30

【0028】

(実施例1(従来技術))

GaNのインゴットが、栄養成分としての多結晶GaN、溶媒としての超臨界アンモニア、および鉱化剤としてのナトリウム(アンモニアに対して4.5mol%)を使用して、アモノサーマル法を用いて、GaNシード結晶上に成長させられた。温度は、500~550であり、圧力は、170~240MPaであった。第一世代のシードは、2つのGaNウエハから成り、ガリウム極性表面が一緒に合わせられた。シードの総厚は、643ミクロンであった。結晶の厚さは、成長後、6.6mmであり、表面積は、約100mm²であった。002平面からのX線回折の半値全幅(FWHM)は、約700~1000arcsecであった。結晶は、光学および電気測定を用いて特性評価されなかったが4050

、それらの特性は、GaNのバルク結晶に対して、典型的なものであると予想される。例えば、フォトルミネセンスまたはカソードルミネセンスは、約370 nmでバンド端発光、約400 nmで青色放出、および/または約600 nmで黄色発光の発光を示すと予想される。伝導性タイプは、キャリア濃度 $10^{17} \sim 10^{20} \text{ cm}^{-3}$ を伴う、n-型またはn+型であると予想される。そのような結晶の光学吸収係数は、 50 cm^{-1} 以下であると予想される。結晶の格子定数は、c-格子に対して5186796 nm、a-格子に対して31.89568 nmであった。GaNの格子定数は、成長条件に応じて、10%以内で変化し得る。

【0029】

結晶は、ダイヤモンドスラリーを使用して、多ワイヤソーを用いて、c-平面ウエハにスライスされた。ワイヤピッチは、670ミクロンであり、ワイヤ厚170ミクロンであり、したがって、予期されるスライス厚は、500ミクロンである。本実施例では、ピッチは、GaN結晶の全長に対して均一であった。9つのウエハが、この特定の結晶から製作された。各ウエハの厚さは、319、507、543、489、504、352（シード結晶は剥離された）、492、512、および515ミクロンであった。しかしながら、オリジナルシード結晶を含んだウエハ（504および352ミクロンを伴うウエハ）は、結晶内の亀裂により破断し、したがって、オリジナルシード結晶は、再使用されることができなかった。

【0030】

（実施例2（本発明））

GaNのインゴットが、多結晶GaNを栄養剤として、超臨界アンモニアを溶媒として、ナトリウム（アンモニアに対して4.5 mol %）を鉱化剤として使用して、アモノサーマル法を用いて、GaNシード上に成長させられた。温度は、500～550であり、圧力は、170～240 MPaであった。第一世代のシードは、2つのGaNウエハから成り、ガリウム極性表面が一緒に合わせられている。シードの総厚は、919ミクロンであった。成長後の結晶の厚さは、4.2 mmであり、表面積は、約100 mm²であった。002平面からのX線回折の半値全幅（FWHM）は、約700～1000 arc secであった。結晶の格子定数は、c-格子に対して51.86641 nmおよびa-格子に対して31.89567 nmであった。GaNに対する格子定数は、成長条件に依存して、10%以内で変化し得る。

【0031】

結晶は、ダイヤモンドスラリーを使用して、多ワイヤソーを用いて、c-平面ウエハにスライスされた。ワイヤピッチは、オリジナルシード結晶を含むウエハに対しては、ワイヤ厚170ミクロンで1425ミクロンであり、他のウエハに対しては、ワイヤ厚170ミクロンで855ミクロンであった。5つのウエハが、この特定の結晶から製作された。ウエハ厚は、650、699、1191、548、および577ミクロンであった。結晶は、オリジナルシード結晶とアモノサーマル法で成長させられたGaNとの間の界面近傍に亀裂を含んでいた。しかしながら、亀裂は、シード結晶内の2つのGaNウエハ間の界面を通して伝搬しなかった（図5）。オリジナルシードを含むウエハを他のウエハより厚くスライスすることによって、ウエハは、破断せず、第一世代のシードを含むウエハは、次の結晶成長において再使用されることができる。また、2つのGaNウエハを合わせ、シードを形成することは、亀裂がシードを貫通して伝搬することを防止するために効果的である。

【0032】

（実施例3（2つの層から成るシードの調製））

GaNのインゴットからスライスされたGaNのいくつかのウエハが、ガリウム極性表面上において金属ガリウムでコーティングされる。コーティングは、ウエハ上にガリウム箔を物理的に押し付けることによって、または真空蒸発によって行われることができる。金属ガリウムは、GaNウエハの表面を湿潤させないため、ガリウムの液相の形成は、好ましくは、回避される。有機材料またはアルカリ金属等のある種類の溶剤の添加は、ガリ

10

20

30

40

50

ウムの液相コーティングが試みられる場合、湿潤剤として作用し得る。

【0033】

第1の組のガリウムコーティングされたGaNウエハは、ガリウムコーティングが上を向いた状態で、縁を揃えたアレイでガラススライド上に設置される。本アレイは、第1の層となる。次に、第2の組のガリウムコーティングされたGaNウエハが、第1の層の上部に設置され、第2の層を作製する。第1の層の縁は、GaNウエハのアレイが互に対して交互され、したがって、機械的に安定するように、第2の層の縁と一致しない(図3)。この後、シード結晶がガラススライドによって挟まれるように、別のガラススライドが、第2の層の上部に設置される。次いで、組全体が、真空チャンバ内に設置される。徐々に空気を減圧することによって、シード結晶は、ガラススライドによって圧縮され、個々のウエハの2つの層が、互に融合される。必要に応じて、圧縮は、高温で行われることができる。10

【0034】

(利点および改良点)

本発明は、次の成長のために再使用可能である、III族窒化物シードを提供する。III族窒化物のシードを人工的に成長および調製することは、多くの時間および努力を要求するため、シードの再使用は、効率的生産のために重要である。また、本発明は、最終成長におけるインゴットのサイズより大きい、III族窒化物シードを提供する。このように、ウエハサイズの拡大が、達成されることができる。

【0035】

(可能な修正)

好ましい実施形態は、GaN結晶を説明するが、本発明は、AlN、AlGaN、InN、InGaN、またはGaNAlInN等の他のIII族窒化物合金にも適用可能である。

【0036】

好ましい実施形態は、バルク成長方法としてアモナサーマル成長を説明するが、高圧溶液成長、フラックス成長、水素化物気相エピタキシ、物理的気相輸送、または昇華成長等の他の成長法も、その成長方法が、シードの両側に結晶を成長させることができる限り、使用されることができる。

【0037】

好ましい実施形態は、c-平面ウエハを説明するが、本発明は、10-1-1平面、20-2-1平面、11-21平面、および11-22平面を含む、半極性平面等の他の配向にも適用可能である。また、本発明は、低屈折率平面(c-平面、m-平面、a-平面、および半極性平面等)から+/-10度以内の配向不整を伴うウエハにも適用可能である。

【0038】

好ましい実施形態は、多ワイヤソーを用いたスライスを説明するが、内刃ソー、外刃ソー、複数刃ソー、および単一ワイヤソー等の他のスライス方法もまた、使用されることがある。

【0039】

(参考文献)

以下の参考文献は、参照することによって本明細書に組み込まれる。

[1] R. Dwilinski, R. Doradzinski, J. Garczynski, L. Sierzputowski, Y. Kanbara(米国特許第6,656,615号)

[2] R. Dwilinski, R. Doradzinski, J. Garczynski, L. Sierzputowski, Y. Kanbara(米国特許第7,132,730号)

[3] R. Dwilinski, R. Doradzinski, J. Garczynski, L. Sierzputowski, Y. Kanbara(米国特許第7,160,350)

88号)

[4] K. Fujito, T. Hashimoto, S. Nakamura (国際特許出願第PCT/US2005/024239号、第WO07008198号)

[5] T. Hashimoto, M. Saito, S. Nakamura (国際特許出願第PCT/US2007/008743号、第WO07117689号。また、第US20070234946号、2007年4月6日出願の米国出願第11/784,339号も参照されたい)

[6] D'Eyel yn (米国特許第7,078,731号)

[7] . S. Porowski, MRS Internet Journal of Nitride Semiconductor, Res. 4S1, (1999) G1.3.

10

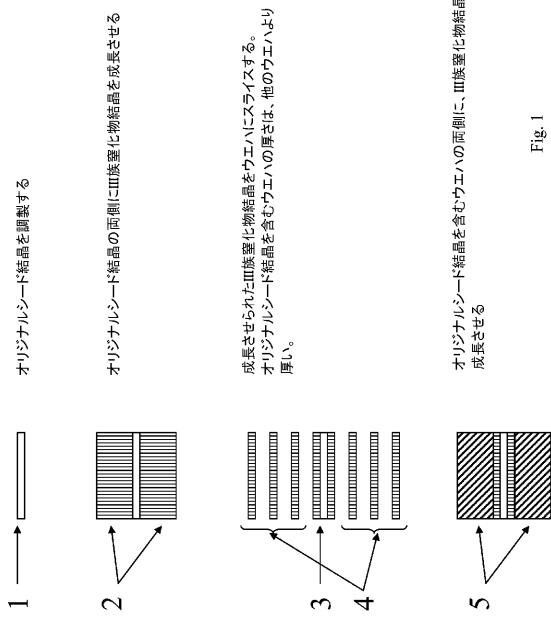
[8] T. Inoue, Y. Seki, O. Oda, S. Kurai, Y. Yamada、および、T. Taguchi, Phys. Stat. Sol. (b), 223 (2001) p. 15.

[9] M. Aoki, H. Yamane, M. Shimada, S. Sarayama、および、F. J. DiSalvo, J. Cryst. Growth 242 (2002) p. 70.

[10] T. Iwahashi, F. Kawamura, M. Morishita, Y. Kai, M. Yoshimura, Y. Mori、および、T. Sasaki, J. Cryst. Growth 253 (2003) p. 1.

20

【図1】



【図2】

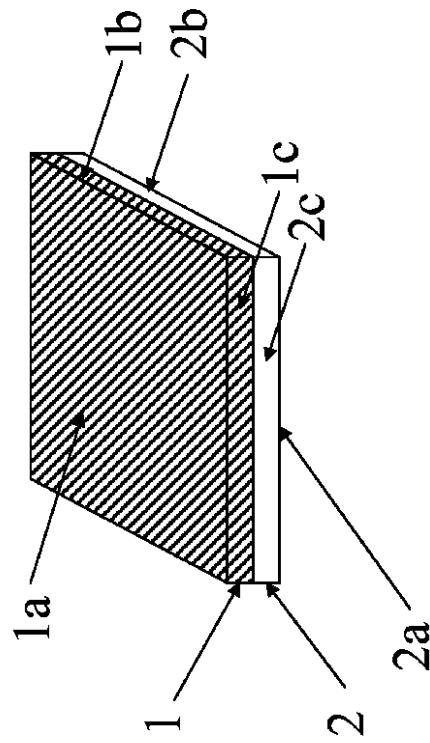
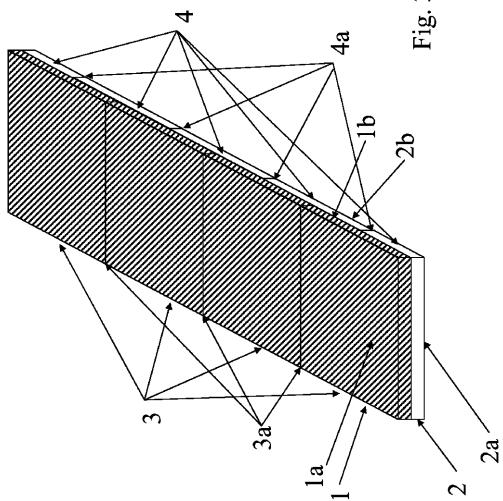


Fig. 2

【図3】



【図4】

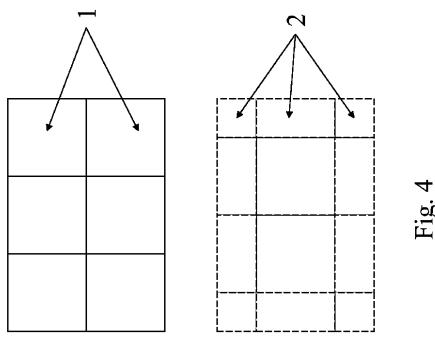


Fig. 3

Fig. 4

【図5】

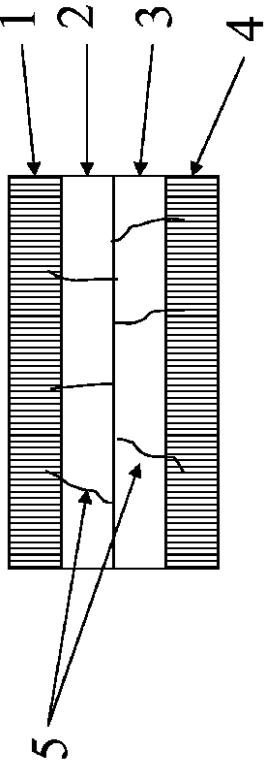


Fig. 5

フロントページの続き

(74)代理人 100113413
弁理士 森下 夏樹
(74)代理人 100181674
弁理士 飯田 貴敏
(74)代理人 100181641
弁理士 石川 大輔
(74)代理人 230113332
弁護士 山本 健策
(72)発明者 橋本 忠朗
アメリカ合衆国 カリフォルニア 931111, サンタ バーバラ, カーレ リアル 506
6, ピー
(72)発明者 レツ, エドワード
アメリカ合衆国 カリフォルニア 93427, ブエルトン, シカモア ドライブ 371
(72)発明者 ホフ, シエラ
アメリカ合衆国 カリフォルニア 93463, ソルバング, 2エヌディー ストリート 4
71, ユニット ケー-2

審査官 村岡 一磨

(56)参考文献 特表2011-530471(JP, A)
米国特許出願公開第2010/0189981(US, A1)
特開2014-121784(JP, A)
特開平10-044142(JP, A)
特表2012-516572(JP, A)
米国特許出願公開第2008/0182092(US, A1)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

C30B 1/00 - 35/00