

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特 許 公 報(B2)

(11) 特許番号

特許第4949839号
(P4949839)

(45) 発行日 平成24年6月13日(2012.6.13)

(24) 登録日 平成24年3月16日(2012.3.16)

(51) Int.Cl.

F I

C 3 O B 29/26 (2006.01)
H O 1 L 33/32 (2010.01)C 3 O B 29/26
H O 1 L 33/00 1 8 6

請求項の数 16 (全 12 頁)

(21) 出願番号 特願2006-528092 (P2006-528092)
 (86) (22) 出願日 平成16年9月17日 (2004.9.17)
 (65) 公表番号 特表2007-506639 (P2007-506639A)
 (43) 公表日 平成19年3月22日 (2007.3.22)
 (86) 国際出願番号 PCT/US2004/030800
 (87) 国際公開番号 W02005/031046
 (87) 国際公開日 平成17年4月7日 (2005.4.7)
 審査請求日 平成18年8月15日 (2006.8.15)
 (31) 優先権主張番号 10/668,610
 (32) 優先日 平成15年9月23日 (2003.9.23)
 (33) 優先権主張国 米国 (US)

(73) 特許権者 593150863
 サンーゴバン セラミックス アンド ブ
 ラスティクス, インコーポレイティド
 アメリカ合衆国, マサチューセッツ, ワー
 セスター, ニュー ボンド ストリート
 1
 (74) 代理人 100099759
 弁理士 青木 篤
 (74) 代理人 100077517
 弁理士 石田 敬
 (74) 代理人 100087413
 弁理士 古賀 哲次
 (74) 代理人 100080919
 弁理士 田崎 豪治

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 スピネルブルー、ウェハおよびそれらの製造法

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項 1】

前面および裏面；ならびに第1および第2平面を持つ外周部を含む単結晶スピネルウェハであって、該ウェハが<111>結晶学的配向を有しており、第1平面は{22-4}および{11-2}面群の1つにおける面に沿って延び、また第2平面は{02-2}、{01-1}、{22-4}および{11-2}面群の1つの面に沿って延び、そして第2平面は第1平面の面に平行でない単結晶スピネルウェハ。

【請求項 2】

ウェハの前面および裏面が{111}結晶面に沿って延びる請求項1記載の単結晶スピネルウェハ。

【請求項 3】

第1平面によってウェハのへき開面と前面との交線の方が識別できる、請求項1記載の単結晶スピネルウェハ。

【請求項 4】

ウェハのへき開面が線に沿って延びる点の軌跡で前面と交差し、該線は第1平面に平行である請求項3記載の単結晶スピネルウェハ。

【請求項 5】

第2平面がへき開面のへき開伝播の方向を識別させる請求項4記載の単結晶スピネルウェハ。

【請求項 6】

第 1 および第 2 平面がウェハの前表面および裏表面を識別させる請求項 4 記載の単結晶スピネルウェハ。

【請求項 7】

へき開面が前面に対し 55 度の角度をなす請求項 4 記載の単結晶スピネルウェハ。

【請求項 8】

ウェハが非化学量論的スピネルからなる、請求項 1 記載の単結晶スピネルウェハ。

【請求項 9】

ウェハがさらに活性層を含み、活性層は窒化物半導体層を含む請求項 1 記載の単結晶スピネルウェハ。

【請求項 10】

窒化物半導体層が $Al_xGa_{1-x-y}In_yN$ (ここで、 $0 < x < 0.25$ および $0 < y < 0.5$) を含む請求項 9 記載の単結晶スピネルウェハ。

【請求項 11】

ウェハのへき開面が線に沿って延びる点の軌跡で前面と交差し、該線は第 1 平面に平行であり、かつ活性層のへき開面に平行である請求項 9 記載の単結晶スピネルウェハ。

【請求項 12】

第 1 平面が大きいほうの平面であり、そして第 2 平面が小さいほうの平面である請求項 1 記載の単結晶スピネルウェハ。

【請求項 13】

ウェハの上に複数の能動デバイスが設けられる、請求項 1 記載のウェハ。

【請求項 14】

能動デバイスがレーザーダイオードおよび LED よりなる群から選ばれる光電子デバイスである、請求項 13 記載のウェハ。

【請求項 15】

前面および裏面ならびに第 1 および第 2 平面をもつ外周部を有する単結晶スピネルウェハを用意すること (ここで該ウェハは $\langle 111 \rangle$ 結晶学的配向を有しており、第 1 平面は $\{22-4\}$ および $\{11-2\}$ 面群の 1 つにおける面に沿って延び、また第 2 平面は $\{02-2\}$ 、 $\{01-1\}$ 、 $\{22-4\}$ および $\{11-2\}$ 面群の 1 つの面に沿って延び、そして第 2 平面は第 1 平面の面に平行でない) ; 第 1 および第 2 平面の位置に基づいてウェハを配置させること ; ウェハに重ねて少なくとも 1 つの活性層を形成すること ; ならびに能動デバイスを作製するためにウェハをへき開させること ; を含む能動デバイスの製造方法。

【請求項 16】

$\langle 111 \rangle$ 配向を有する単結晶ブールを形成すること ; ブールに第 1 および第 2 平面を形成すること ; ブールをウェハにスライシングすること ; ならびにブールの第 1 および第 2 端部に第 1 および第 2 の対向する平面表面を形成すること ; を含み、第 1 および第 2 平面はウェハのへき開面の配向を識別させる、ウェハの前面および裏面を識別させ、該平面表面は、該第 1 および第 2 の平面表面に垂直に延びるブール中心軸が $\langle 111 \rangle$ 方向の 5 度以内に調整されるように形成される、ウェハの製造方法の方法であって、該ウェハが $\langle 111 \rangle$ 結晶学的配向を有しており、第 1 平面は $\{22-4\}$ および $\{11-2\}$ 面群の 1 つにおける面に沿って延び、また第 2 平面は $\{02-2\}$ 、 $\{01-1\}$ 、 $\{22-4\}$ および $\{11-2\}$ 面群の 1 つの面に沿って延び、そして第 2 平面は第 1 平面の面に平行でないウェハの製造方法。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明はスピネル結晶構造を有する物品に関し、ブール、ウェハ、基板およびそれらを組み込んだ能動 (active) デバイスのような物品を含む。さらに、本発明はそのような物品の製造方法に関する。

【背景技術】

10

20

30

40

50

【 0 0 0 2 】

発光ダイオード（LED）およびレーザーダイオードのような能動光電子デバイスは、デバイスの活性層に窒化物系半導体層を用いることが多い。この点については、Ga(Al, In)N材料を広範に含む窒化ガリウム群は約2～6 eVのオーダーのかなり広い範囲にわたって実施されうるバンドギャップを有する直接遷移型半導体として利用されてきた。

【 0 0 0 3 】

このような窒化物系半導体材料の光電子特性を利用するために、それらは単結晶として作成されるのが通常である。この点については、窒化物系半導体材料のバルク単結晶ブールを作成することは実際的ではないのが通常である。したがって、産業は適切な基板上に、たとえばエピタキシャル成長によって単結晶層として、このような材料を堆積することを求めてきた。窒化物系半導体層が堆積される基板は、堆積したままの活性層において望ましい結晶構造を示すために適合性のある結晶構造を有することが望ましい。このような窒化物系材料、たとえばGaNおよびAlNは、いくつかの異なる結晶状態で存在しうるが、望ましい結晶構造はセン亜鉛鉱よりもウルツ鉱であるのが通常である。望ましいウルツ鉱結晶構造に厳密に合わせようとする努力において、従来技術はサファイア（コランダム）の形態で単結晶アルミナを利用してきており、特に活性層がその上に堆積される、適切な結晶表面を提供するために、サファイア基板を配向させている。しかしながら、サファイアは数多くの難点を抱える。たとえば、サファイアは能動デバイスを製造するのに用いられうるへき開面を示さない。この点に関して、ウェハをスライシングもしくはソーイングによるよりもへき開により、個々のダイ（それぞれがデバイス基板を有する能動デバイスを形成する）にダイシングすることが望ましいのが通常である。なぜなら、へき開は製造コストを低減し得、しかも製造プロセスを簡単にし得るからである。

【 0 0 0 4 】

これに対し、スピネル材料は、適切に配向されるならば、へき開面を示し、その張り出し（projection）はウェハ表面において窒化物活性層のへき開面に平行であるのが通常であり、予測可能で信頼しうるデバイス製造を可能にする。ブールおよびウェハの適切な結晶配向、ならびにウェハ加工処理（能動デバイスを作製するため）時のウェハの物理的配向は、従来技術における課題であった。不正確な配向は低減した処理量および低収率を導くのが通常である。

【 発明の開示 】

【 発明が解決しようとする課題 】

【 0 0 0 5 】

上記の点を考慮して、改良されたスピネルブール、ウェハ、基板およびそれらを組み込んだ光電子デバイス、ならびにそれらの改良された製造方法を提供することが望ましいのが通常である。

【 課題を解決するための手段 】

【 0 0 0 6 】

1つの態様によれば、単結晶スピネルウェハが提供され、前面および裏面ならびに第1および第2平面をもつ外周部を含む。ある態様において、単結晶スピネルウェハは特定の結晶配向を有し、その平面は一組の特定面にそって延びるように提供される。

【 0 0 0 7 】

もう1つの態様によれば、能動デバイスの製造方法は、前面および裏面ならびに第1および第2平面をもつ外周部を有する単結晶スピネルウェハを用意すること、第1および第2平面の配向に基づいてウェハを配向させること、ウェハに重ねて少なくとも1つの活性層を形成すること、ならびに能動デバイスを作製するためにウェハをへき開させること、を含む。

【 0 0 0 8 】

もう1つの態様によれば、ウェハの製造方法は、＜1 1 1＞配向を有する単結晶ブールを形成すること、ならびにブールに第1および第2平面を形成することを含み、第1および第2平面はウェハのへき開面の配向を示し、ウェハの前面および裏面を識別させる。

【 0 0 0 9 】

本発明の態様の特徵および利点は下記の説明、添付の請求項、および図面から明らかであろう。

【 発明を実施するための最良の形態 】

【 0 0 1 0 】

本発明の 1 態様によれば、単結晶スピネルブールおよびそれから形成される単結晶スピネルウェハが提供される。通常、単結晶スピネルブールの加工処理は、図 1 1 の工程 2 1 0 として通常示されるように、るつぼ中でのバッチ融液の形成で始まる。バッチ融液は形成されたままのブール中の非化学量論的な組成を示すように供給されるのが通常である。

1 態様によれば、ブールは $aAD \cdot bE_2D_3$ の一般式を有し、ここで A は Mg、Ca、Zn、Mn、Ba、Sr、Cd、Fe およびそれらの組合わせからなる群より選ばれ、E は Al、In、Cr、Sc、Lu、Fe およびそれらの組合わせからなる群より選ばれ、そして D は O、S、Se およびそれらの組合わせからなる群より選ばれ、スピネルが E_2D_3 リッチであるように $b : a$ 比 $> 1 : 1$ である。さらに詳しくは、化学量論的な組成は $b : a$ 比 $= 1 : 1$ であり、非化学量論的な組成は $b : a$ 比 $1 : 1$ である。

【 0 0 1 1 】

ここで用いられるように、「ブール」(“boule”)という用語は、熔融処理により形成される単結晶の固まりをいい、インゴット、円筒形もしくは類似の構造を含む。

【 0 0 1 2 】

ある態様によれば、A は Mg、D は O、そして E は Al であり、単結晶スピネルは式 $aMgO \cdot bAl_2O_3$ を有する。ここに含まれるいくつかの開示は $MgO \cdot Al_2O_3$ スピネル系組成に言及するが、本発明の開示は上記のように一般式 $aAD \cdot bE_2D_3$ を有する比較的広いグループのスピネル組成にもっと一般的に関すると理解される。

【 0 0 1 3 】

E_2D_3 リッチスピネルは $1 : 1$ より大きい $b : a$ 比により表されるのが通常であるが、ある態様は約 $1.2 : 1$ より小さくない、たとえば約 $1.5 : 1$ より小さくない、 $b : a$ 比を有する。他の態様は、AD に対してはるかに高い E_2D_3 割合を有し、たとえば約 $2.0 : 1$ より小さくなく、もしくは $2.5 : 1$ より小さくない。ある態様によれば、 E_2D_3 の相対的含量は約 $4 : 1$ より大きくない $b : a$ 比を有するように限定される。具体的な態様は約 $3 : 1$ (たとえば $2.9 : 1$) の $b : a$ 比を有しうる。

【 0 0 1 4 】

るつぼでのバッチ融液の形成に続いて、スピネル単結晶ブールはチョクラルスキー引上げ法のような種々の方法の 1 つにより形成されるのが通常である。チョクラルスキー引上げ法は、ここである態様の形成に利用されてきたが、火炎熔融法とは異なる数多くの融液系方法の 1 つが利用されることが理解される。このような融液系方法は、さらにブリッジマン法、液体封止法、水平勾配フリーズ法、上端規定成長法 (edge-defined growth method)、シュトックバーガー法、もしくはクリオボラス法を含む。これらの融液系方法は、融液からブールを成長させる点で火炎熔融法と基本的に異なる。これに対し、火炎熔融法はブールが成長するバッチ融液を作り出さず、むしろ液体中の固体原料 (たとえば粉体) の一定の流れを熱い火炎に供給し、ついで熔融された生成物は熔融生成物が固化する受け入れ表面に対して放出される。

【 0 0 1 5 】

通常、種単結晶はバッチ融液と種結晶が互いに回転する間に、融液と接触される。種結晶は化学量論的なスピネルからなり、十分に高純度と結晶均一性を有し、ブール成長に適切なテンプレートを与える。種結晶は固定されたるつぼに対して回転され得、るつぼは固定された種結晶に対して回転され得、またはるつぼおよび種結晶の両方が回転され得る。回転の間、種結晶および活発に形成するブールは融液から引き上げられる。

【 0 0 1 6 】

本発明の 1 態様によれば、平均ブール径およびバッチ融液を含むるつぼの内径は、あるパラメータ内に調節される。最も一般的には、単結晶ブールは約 0.39 より小さくない

10

20

30

40

50

プロセスアスペクト比で成長する。ここで、プロセスアスペクト比はるつぼ径に対する平均ブール径の比として定義される。平均ブール径は、公称長さに沿ったブールの平均径であり、公称長さは下流の処理段階によりウェハの形成に用いられるブール部分を表し、通常、ネック部およびテール部（ブールの対向端の円錐形状端キャップ部）を含まない。通常、ブール径はブールの公称長さに沿って比較的一定である。最小のプロセスアスペクト比での形成は「フリッピング」（“flipping”）として知られる望ましくない結晶配向に確実に抗するのに役立つ。もっと具体的には、ブールは $\langle 110 \rangle$ 配向（正方形もしくは六角形の形状）よりも $\langle 111 \rangle$ 配向（三角形の形状）を有するのが望ましく、そして十分に高いアスペクト比は $\langle 111 \rangle$ 結晶配向から $\langle 110 \rangle$ 結晶配向へのフリッピングに抗するのを確実にしうる。

10

【0017】

MgO・Al₂O₃系に関して、多数の試料が3：1（2.9：1）のb：a比に基づいて作り出されたが、関連するプロセス条件は下記の表に示される。本発明のある態様は約0.40より小さくない、約0.42より小さくない、もしくは約0.43より小さくない、いくらか高い最小プロセスアスペクト比を有する。他の態様は約0.44より小さくない、もしくはさらに大きい、なお高いプロセスアスペクト比を有する。

【0018】

【表1】

表1

引上げ速度 (mm/hr)	るつぼ内径 (インチ)	るつぼふた内径 (インチ)	結晶径 (インチ)	結果 $\langle 111 \rangle$	アスペクト比
1	4	2.5	2.2	はい	0.55
1	5	3.5	2.2	いいえ	0.44
1	6	4.5	2.2	いいえ	0.37
1	7	5.25	2.2	いいえ	0.31
1	7	5.25	4.1	はい	0.59
1	6	4.5	3.1	はい	0.52
2.5	5	3.5	2.2	はい	0.44
2.5	6	4.5	2.2	いいえ	0.37
2.5	7	4	3.1	はい	0.44
2.5	6	2.75	2.2	部分的	0.37

20

30

【0019】

通常、ブールおよびそれからのウェハは単一のスピネル相から本質的になり、2次的な相を含まない。もう1つの態様によれば、ブールおよびそれから加工されたウェハは、不純物およびドーパントを含まない。1つの態様によれば、ウェハは光電子用途用のデバイス基板に加工され、ウェハおよびデバイス基板はaMgO・bAl₂O₃から本質的になる組成を有し、ここでb：aの比は1：1より大きい。この点に関し、不純物およびドーパントは除外されるのが通常である。たとえば、Coは前記の態様において算入を制限され、そうでないとQスイッチ用途用のドーパントである。Qスイッチ用途と異なり、比較的純粋なスピネルが、デバイス基板の基本的で新しい特性に作用するドーパントを実質的に含まないで利用されることが望ましいのが通常である。

40

【0020】

本発明の1つの態様によれば、単結晶スピネルブールは望ましい特性を有するように形成される。上記の望ましい $\langle 111 \rangle$ 配向に加えて、ブール、ウェハおよびそれから形成されるデバイス基板も、b：aの比が1：1である化学量論的製品と比べて、機械的応力および/またはひずみが減少するのが通常である。この点に関し、本発明の態様は能動デ

50

パイスの基板を形成する単結晶ウェハの形成に関して望ましくは高収率を与え、さらに以下に詳述するような改良された加工処理態様を与える。

【0021】

改良された加工処理態様に関して、プールはたとえば約50 /時間以上のような比較的高い冷却速度で冷却されうる。さらに高い冷却速度も本発明の態様により利用され得、たとえば約100 /時間以上、約200 /時間以上、そしてさらに約300 /時間超の速度である。増加した冷却速度は単結晶プールを形成するための作製方法の生産量を向上するのに望ましく、さらに作製全体の熱的経費を減少させ、したがってコストを削減する。従来法により形成されるプールは冷却処理中の破壊を防止するために、比較的低い冷却速度で冷却されるのが通常である。しかし、本発明の態様によれば、冷却速度は実質的に比較的高くてよく、冷却されたままの形状の無傷のプールを与える。通常、従来の冷却速度は40 /時間以下のオーダーであり、日オーダーの冷却期間を必要とする。

10

【0022】

さらに、本発明のもう1つの態様によれば、冷却に続いて従来実施されている、プールのアニーリングは、比較的短時間で限定される。通常、その時間は約50時間以下、たとえば約30時間以下、さらには約20時間以下である。ある態様によれば、アニーリングは、約10時間以下の期間に制限される。それどころか、アニーリングは実質的に完全に除去され得、それにより後熱処理なしにする。これに対し、従来のプール形成法は低いウェハ収率ならびにプール破壊をもたらす残留内部応力およびひずみを軽減しようと試みるために、かなりのアニール時間の利用を要求するのが通常である。特定の理論に拘束されるわけではないが、本発明の態様によれば、プールにおける内部応力およびひずみの減少は柔軟な加工処理条件を可能にし、上述のように、アニーリング期間の減少もしくは完全な除去、ならびに増加した冷却速度を含む。

20

【0023】

もう1つの態様によれば、機械的内部応力およびひずみの減少は、収率、プールのスライシングにより形成される無傷ウェハの数、により数量化される。通常、スライシングはいくつかのスライシング法のいずれかにより実施され、特にワイヤソーイングである。ここで使用されるように、収率は式 $W_i / (W_i + W_f) \times 100\%$ で数量化される。ここで W_i = プールから加工処理された無傷ウェハの数、そして W_f = プールにおける機械的内部応力およびひずみによる、プールからの破壊されたウェハの数である。従来は、この収率が非常に低く、たとえば10%オーダーである。この認容し難いほど低い収率はプールにおける過度の内部応力およびひずみの現われである。これとは異なり、本発明の態様による収率は、通常約25%以上、30%以上、さらには40%以上である。他の態様は約50%以上、60%以上、さらには70%以上もの増加した高収率を示す。それどころか、ある態様は100%近い収率を示す。これは内部応力および/またはひずみを減少させるからである。このような内部応力および/またはひずみは、形成されたままのプール内に存在するばかりでなく、加工処理されたプール、プールからスライスされたウェハ、およびウェハからへき開されたデバイス基板にも存在する。この点に関し、加工処理されたプールの前述は、グラインディング(研削)、ラッピング、ポリッシングおよび洗浄のような、冷却後の機械加工工程に供されるプールを示すのが通常である。

30

40

【0024】

プールからスライスされたウェハは通常十分な径および関連した表面積を有し、増加したウェハサイズが半導体製造分野における半導体ダイのコストを低減させるのと同様に、能動デバイス製造者に処理コストを低減させる。したがって、ウェハは約1.75インチ(約4.4cm)以上、通常約2.0インチ(約5.1cm)以上、そしてある態様において2.5インチ(約6.3cm)以上、の公称径を有するのが好適である。能動デバイス製造におけるウェハ取り扱いのために現行加工処理道具は、2インチウェハを取り扱うように適応されており、3インチウェハを取り扱うための処理装置は現在稼動(on-line)に至っている。この点に関し、次世代ウェハもここで述べる加工処理の特徴およびウェハの特徴により、本発明の態様により支持されうる。

50

【 0 0 2 5 】

成長したままの $\langle 111 \rangle$ 単結晶スピネルブールおよびその端面 (facet) 構造は図 1 に示される。特に、図 1A はチョクラルスキー法で成長したブール 100 の写真であり、一方、図 1B はチョクラルスキー法で成長したブールをネック部分とテール部分を除去したもの 110 の写真である。図 1B はブールからスライシングされたウェハ 120 を含み、外表面に端面を明りように示す。図 1C は $\langle 111 \rangle$ 成長ブールの模式的断面 130 であり、端面 133、136 および 139 を示す。

【 0 0 2 6 】

図 1C に示されるように、 $\langle 111 \rangle$ 単結晶スピネルブールは三角形の形状を有し、12 個の端面 133、136 および 139 を持つのが通常である。ブールは $\{22-4\}$ 面群である 3 個の大きな端面 133 を含む。6 個の中間的なサイズの端面 136 は $\{02-2\}$ 面群に沿って延び、一方、3 個の小さな端面 139 は $\{-2-24\}$ 面群に沿って延びる。

【 0 0 2 7 】

1 つの態様において、平面 (通常面の表面) が $\{22-4\}$ 面群 133 の 1 つに沿って機械加工操作により形成されるのが通常である。ブールのスピネル構造において、 $\{22-4\}$ 面群の面は $\{001\}$ ヘキ開面群の面がウェハの前面もしくは表面で形成する点の軌跡 (直線を形成) に実質的に平行である (約 5 度以内)。このように、この平面は $\{001\}$ ヘキ開面群がウェハの表面で形成する線に平行である。したがって、 $\{22-4\}$ 面群の面における平面はウェハのヘキ開面の配向を識別させる。

また、単結晶スピネルウェハは、ウェハの前面および裏面が $\{111\}$ 結晶面に沿って延びることが好ましい。

【 0 0 2 8 】

単結晶スピネルウェハにおける $\{22-4\}$ 面群の面と $\{001\}$ ヘキ開面群との関係は、図 2 に示される。 $\langle 111 \rangle$ 配向基板ウェハ 200 は、前面 210、裏面 220 および面 210、220 の間に外周端 230 を有する。1 つの態様において、大きいほうの平面 240 は $\{22-4\}$ 面群の面に沿って外周端 230 に研削される。大きいほうの平面 240 はウェハ 200 がブールからスライシングされる前に、ブールに研削されるのが通常であるが、所望ならばスライシング後に研削されうる。

【 0 0 2 9 】

図 2 に示されるように、ヘキ開面 260 と前面 210 の交点により形成される点の軌跡は平面 240 に平行な線を形成する。その態様に示されるように、前面および主たる平面に沿って張り出された線は互いに平行であり、異なる配向が使用され得、たとえば大きいほうの平面と張り出された線の間、零度でない所定角度である。 $\{001\}$ ヘキ開面 260 に沿ってウェハ 200 において開始されるヘキ開は、ウェハ 200 の前面 210 と、大きいほうの平面 240 に平行に交差する。これは特に有利である。なぜなら、 $\langle 111 \rangle$ スピネルウェハ 200 上に成長した (0001) $\text{Al}_x\text{Ga}_{1-x-y}\text{In}_y\text{N}$ のエピタキシャル層の $(10-10)$ ヘキ開面はウェハ 200 において $\{001\}$ ヘキ開面 260 と並んでいるからである。すなわち、 $\text{Al}_x\text{Ga}_{1-x-y}\text{In}_y\text{N}$ エピタキシャル層の $(10-10)$ ヘキ開面の端部はウェハヘキ開面 - 前面交点で形成される点の軌跡に実質的に平行である。

【 0 0 3 0 】

図 2 および 3 に示されるように、第 2 の、小さいほうの平面 250 は外周端 230 に研削され、第 1 の平面の面に平行でない面、たとえば $\{02-2\}$ および $\{01-1\}$ 面群における面、に沿って延びるのが通常であり、そしてさらに大きいほうの面に平行でない $\{22-4\}$ および $\{11-2\}$ 面群の面を含む。第 2 平面は、ヘキ開面のヘキ開伝播の方向を示す。好適には、小さいほうの平面 250 はウェハ 200 がブールからスライシングされる前に、ブールに研削される。しかし、所望ならば小さいほうの平面 250 は、スライシング後にウェハ 200 に研削されうる。

【 0 0 3 1 】

10

20

30

40

50

図2に示されるように、ウェハはへき開面が大きいほうの平面から勾配をつけられるように配向される。もっと正確には、各へき開面は線を形成する点の軌跡に沿って裏面と交差し、裏面に沿う線は前面と大きいほうの平面に沿う線間の間隔よりも大きい距離で大きいほうの平面から間隔を置いている。この配向、前面から大きいほうの平面に対する下方への勾配、はここでは「負」の勾配と考えられる。各面は、図2に示されるように、約40～60度、測定すると通常約55度、の範囲で、前面と角度をなす。

スピネル構造において、大きいほうの平面への法線(垂直線)および第2平面への法線は同一面にあるので、これらの法線は互いに交差し、たとえば互いに60、90、120もしくは150度の角度をなす。たとえば、(02-2)/(01-1)面に沿って延びる小さいほうの平面への法線は、{22-4}/{11-2}面群の面に沿って延びる大きいほうの平面への法線に30、90および150度の角度をなす。(22-4)/(11-2)面に沿って延びる小さいほうの平面への法線は、たとえば{11-2}/{22-4}面群の面に沿って延びる大きいほうの平面への法線に60度の角度をなしうる。ここに述べるように配向された、大きいほうおよび小さいほうの平面を用いることにより、ウェハ200は正確に配向されうる。

【0032】

ブール110の配向は、ラウエカメラでの後方散乱電子画像化のような電子画像化の助けにより、完成される。この方法は図4A～Dおよび5A～Cの助力で説明されうる。図4A～Dは単結晶スピネルの種々の配向の後方散乱写真である。図4Aおよび5Bは、形成された<111>配向されたスピネル単結晶を示し、三角形の断面130が頂点を有するとき、大きいほうの平面240は頂点に対向して三角形の底面であり、そしてカメラに対向する面は前面210である。

【0033】

画像化を実行する際に、第1にネック部分およびテール部分は成長したままのブール100から除去され、配向した円筒状ブールの対向端に第1および第2平面表面を残すので、ブールの中心軸は平面端部表面に垂直であり、<111>方向に通常平行である。通常平行であることにより、その軸は一般的に<111>方向の5度以内、通常3度以内、そして望ましくは2度以内である。ある態様によれば1度以内である(0度が厳密な平行を示す)。ついで、ブール110は後方散乱法で画像化される。図4Bはカメラに対向する面として裏面を示す。前面210および裏面220が確認されると、大きい方の平面240および小さいほうの平面250がブール110に研削される。1つの態様によれば、ブール110から切り出され、前面を上に向けて配向したウェハ200は、小さいほうの平面250が大きい方の平面240から間隔をおいているので、法線は反時計回りに約180度より小さい角度をなす。この配置によれば、ウェハは加工処理操作時に適切に配向され得、たとえばエピ層堆積のための基板表面上に通常実施される仕上げ操作に適切な配向である。さらに、電子もしくは光電子デバイスの製造者は成長エピ層用表面を適切に確認し、エピタキシャル成長のためにウェハを配向しうる。

【0034】

1つの態様によれば、光電子デバイスは本発明の開示に基づいてウェハを用いて作製される。その方法によれば、 $Al_xGa_{1-x-y}In_yN$ エピ層は、ウェハ上に成長させるのが通常である。Xおよびyの値はともに0から1まで変動しうる。好適には、 $0 \leq x \leq 0.25$ および $0 \leq y \leq 0.5$ である。 $Al_xGa_{1-x-y}In_yN$ エピ層のへき開面の端部はウェハの前面における(001)へき開面の張り出しに通常平行である。変動する濃度の付加的層を、作製されるべきデバイスに依存して、必要に応じて成長させうる。さらに、パターニングおよびコンタクト層形成のような、いくつかの付加的工程もLEDおよびレーザーダイオードを作製するために実施されうる。実際のデバイス作製の詳細は当業者に知られており、この開示の範囲を超える。

【実施例】

【0035】

例

10

20

30

40

50

チョクラルスキー法により成長したブール（インゴット）は2つの平らな表面を製造するために頂部とテール部分を除去された。ブール端部（2つの平らな表面）はラウエ後方散乱法を用いてX線解析により、配向を確認し、さらに次の点を確認した。1）（100）へき開面が、得られるウェハの底面から頂面にへき開するであろうこと（ここで底面の交線は頂面の交線よりも、形成されるべき大きい方の平面から離れている）を確実にするために、得られるであろうウェハのための前面、ならびに2）大きい方の平面（11-2）（もしくは（22-4））および小さいほうの平面（01-1）（もしくは（02-2））のほぼ正確な位置。ついで、ブール端部はX線解析により、配向を測定され、ブールの軸を<111>方向に調整された。

【0036】

10

ついで、111方向（すなわち中心軸は<111>配向に平行であった）にまさに平行である円筒体を形成するために、ブールは回転され約2インチ（約5.1cm）の径にされた。この時点で、大きい方の平面および小さいほうの平面方向がスクライビングにより頂面上にマークされた。ついで、大きい方の平面および小さいほうの平面は、<111>方向に垂直である方向に沿って材料を除去するためにブール外周を研削することにより、円筒体に付加され、それにより形成された平面は<111>方向に平行に延びた。ついで、回転ブールは個別のウェハブランクにスライシングされた。個別のウェハブランクはラッピングされ、研削により傾斜角を付与され、連続番号がレーザーを用いて記入され、そしてエピタキシャル層成長に適した表面を与えるために前面に沿ってポリッシングされた。

20

【0037】

上記の説明は例証および説明のために示されたものである。徹底的なものでもなく、また開示された正確な形態もしくは態様にその範囲に限定することは意図されておらず、変更および変形も上記の教示から可能であり、または本発明の態様の実施から得られうる。

【図面の簡単な説明】

【0038】

【図1A】成長したままのスピネル<111>ブールを示す。

【図1B】ネック部およびテール部を除去したブール、ならびにそれからスライシングされたウェハを示す。

【図1C】ウェハの模式的断面を示す。

30

【図2】本発明の1態様によるウェハの斜視図。

【図3】本発明の1態様によるウェハの平面図。

【図4A】相対する配向におけるスピネル<111>の後方散乱像。

【図4B】相対する配向におけるスピネル<111>の後方散乱像。

【図4C】<011>配向ブールの後方散乱像。

【図4D】<100>配向ブールの後方散乱像。

【図5A】主要および主要でない平面を示す<111>スピネルブールの断面。

【図5B】<111>配向の後方散乱像。

【図5C】前面を有するブールを示す。

【図 1 A】

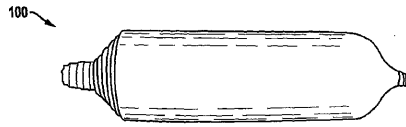


FIG. 1A

【図 1 B】

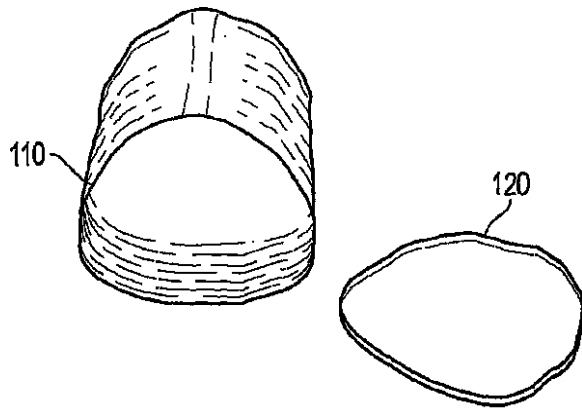


FIG. 1B

【図 1 C】

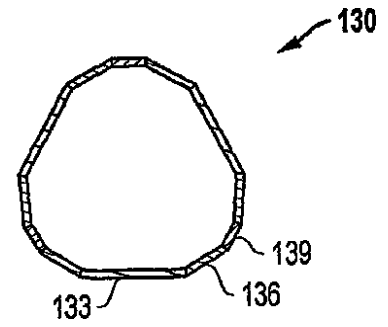


FIG. 1C

【図 2】

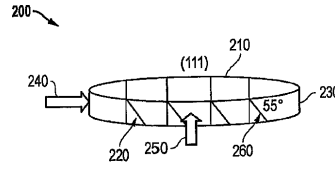


FIG. 2

【図 3】

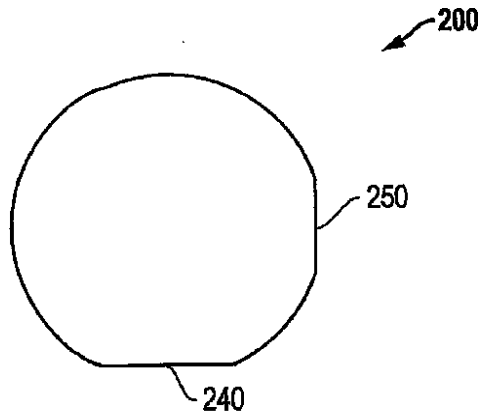


FIG. 3

【図 4 A】

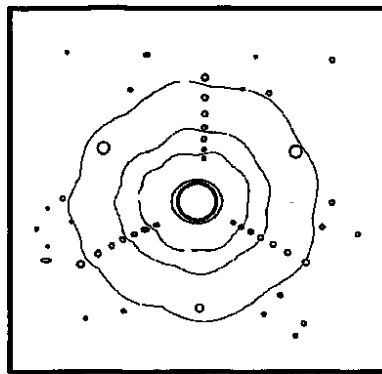


FIG. 4A

【図 4 B】

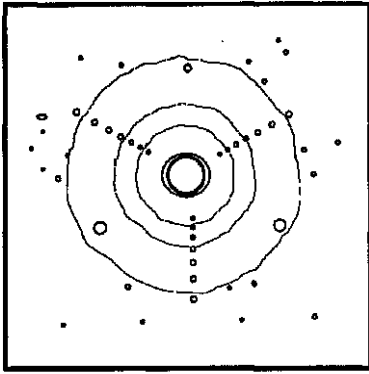


FIG. 4B

【図 4 C】

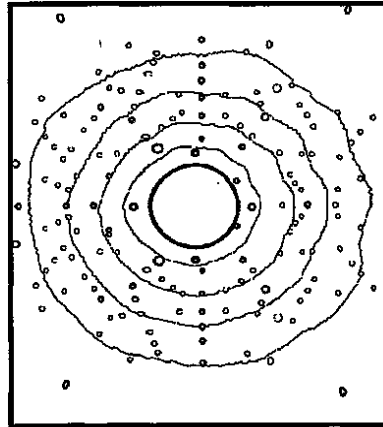


FIG. 4C

【図 4 D】

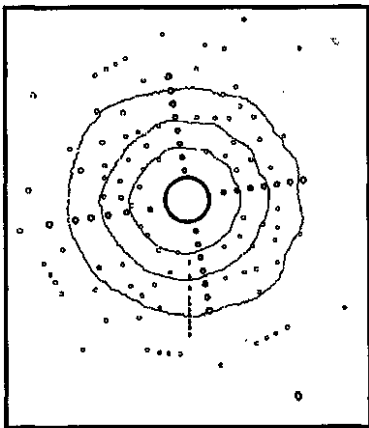


FIG. 4D

【図 5 B】

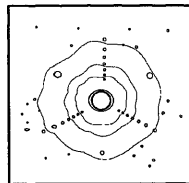


FIG. 5B

【図 5 C】

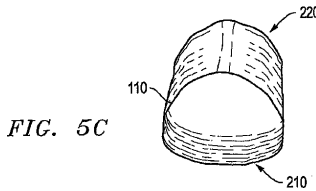


FIG. 5C

【図 5 A】

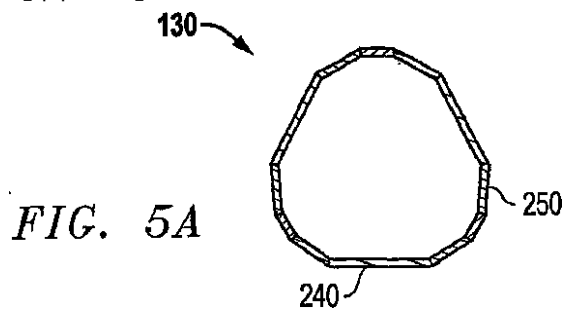


FIG. 5A

フロントページの続き

- (72)発明者 ストーン - サンドバーグ, ジェニファー
アメリカ合衆国, オレゴン 97205, ポートランド, サウスウエスト カスケイド ドライブ
, 3138
- (72)発明者 コクタ, ミラン
アメリカ合衆国, ワシントン 98671, ウォッシュューガル, サウス イースト スリーハンド
レッドサーティーファースト アベニュー, 1906
- (72)発明者 チンク, ロバート
アメリカ合衆国, ワシントン 98607, カマス, ノースイースト サード アベニュー 300
3, #209
- (72)発明者 オング, フン
アメリカ合衆国, ワシントン 98682, バンクーバー, ノースイースト フォーティース ス
トリート, 16000

審査官 鮎沢 輝万

- (56)参考文献 特開平08 - 316571 (JP, A)
特開2000 - 216502 (JP, A)
特開平09 - 278595 (JP, A)

- (58)調査した分野(Int.Cl., DB名)
C30B 1/00-35/00
H01L 33/32