

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特 許 公 報(B2)

(11) 特許番号

特許第4745249号
(P4745249)

(45) 発行日 平成23年8月10日(2011.8.10)

(24) 登録日 平成23年5月20日(2011.5.20)

(51) Int.Cl.

F I

H O 1 L 21/02 (2006.01)

H O 1 L 21/02 B

H O 1 L 33/00 (2010.01)

H O 1 L 33/00 Z

H O 1 L 27/12 (2006.01)

H O 1 L 27/12 B

H O 1 L 21/20 (2006.01)

H O 1 L 21/20

請求項の数 17 (全 18 頁)

(21) 出願番号 特願2006-548416 (P2006-548416)
 (86) (22) 出願日 平成16年10月28日(2004.10.28)
 (65) 公表番号 特表2007-523472 (P2007-523472A)
 (43) 公表日 平成19年8月16日(2007.8.16)
 (86) 国際出願番号 PCT/IB2004/003762
 (87) 国際公開番号 W02005/076345
 (87) 国際公開日 平成17年8月18日(2005.8.18)
 審査請求日 平成18年8月24日(2006.8.24)
 (31) 優先権主張番号 0400175
 (32) 優先日 平成16年1月9日(2004.1.9)
 (33) 優先権主張国 フランス (FR)

(73) 特許権者 503368410
 エス. オー. アイ. テック、シリコン、オ
 ン、インシュレーター、テクノロジーズ
 S. O. I. TEC SILICON O
 N INSULATOR TECHNOL
 OGIES
 フランス国ベルナン、パルク、テクノロジー
 ーク、デ、フォンテーヌ、シュマン、デ、
 フランク
 (74) 代理人 100075812
 弁理士 吉武 賢次
 (74) 代理人 100088889
 弁理士 橋谷 英俊
 (74) 代理人 100082991
 弁理士 佐藤 泰和

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 決定可能な熱膨張係数を有する基板

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項 1】

結晶材料から選択された材料で作られた転写層(20)を受けることを目的とする複合支持基板(10)であって、この集合体が、エピタキシャル基板(30)を形成し、その主要表面と平行に対称な長手方向の平面(100)を有し、

・指定された温度Tで第1熱膨張係数を有し、且つ前記対称な長手方向の平面のどちらの側にも横方向に延在し、且つSiCで作られた中央層(1)と、

・少なくとも1対の横方向の層(2, 2'; 3, 3')、即ち他方の層に対して1層を有する各対の層であって、

- 前記対称な長手方向の平面に関して、対称である前記複合支持基板(10)内の配列

10

- 前記温度Tで互いに同一である第2熱膨張係数、及び

- 互いに同一である厚さ、

である前記各対の層と、

から成り、

前記各対の層は、AlN、SiC、サファイア、Siの結晶又は多結晶材料の1つで作られるように選択され、

前記複合支持基板(10)が、前記温度Tにおける前記転写層(20)の材料の熱膨張係数と同じ全体的熱膨張係数を前記温度Tで有するように、前記複合支持基板(10)の前記横方向の層および前記中央層を構成する材料が、選択されていることを特徴とする複

20

合支持基板。

【請求項 2】

前記複合支持基板 (1 0) が、複数の温度における前記転写層 (2 0) の材料の熱膨張係数と同じ全体的熱膨張係数をそれらの温度で有するように、前記複合支持基板 (1 0) の前記横方向の層および前記中央層を構成する材料が、選択されていることを特徴とする請求項 1 に記載の複合支持基板。

【請求項 3】

前記転写層 (2 0) を支持することを目的とする前記複合支持基板 (1 0) の上部層の材料が、前記転写層 (2 0) の材料の格子定数と同じ格子定数を有するように選択されていることを特徴とする請求項 1 または 2 のいずれかに記載の複合支持基板。

10

【請求項 4】

結晶材料から選択された材料で作られた転写層 (2 0) を受けることを目的とする複合支持基板 (1 0) であって、この集合体が、エピタキシャル基板 (3 0) を形成し、その主要表面と平行に対称な長手方向の平面 (1 0 0) を有し、

・指定された温度 T で第 1 熱膨張係数を有し、且つ前記対称な長手方向の平面のどちらの側にも横方向に延在する中央層 (1) と、

・少なくとも 1 対の横方向の層 (2 , 2 ' ; 3 , 3 ')、即ち他方の層に対して 1 層を有する各対の層であって、

- 前記対称な長手方向の平面に関して、対称である前記複合支持基板 (1 0) 内の配列、

20

- 前記温度 T で互いに同一である第 2 熱膨張係数、及び

- 互いに同一である厚さ、

である前記各対の層と、

から成り、

前記複合支持基板 (1 0) が、前記温度 T における前記転写層 (2 0) の材料の熱膨張係数と同じ全体的熱膨張係数を前記温度 T で有するように、前記複合支持基板 (1 0) の前記横方向の層および前記中央層を構成する材料が、選択されていることを特徴とする複合支持基板。

【請求項 5】

請求項 1 ないし 4 の何れかに記載の複合支持基板 (1 0) 上の層の形成方法であって、

30

・前記複合支持基板とは別の成長基板 (5 0) 上に転写されるべき前記転写層 (2 0) を結晶成長することと、

・前記複合支持基板 (1 0) に前記転写層 (2 0) を接着することと、

・前記成長基板 (5 0) を取り外すこと、

を含むことを特徴とする方法。

【請求項 6】

複合支持基板上の層の形成方法であって、更に、前記転写層 (2 0) 内に構成部品を作製するステップを含むことを特徴とする請求項 5 に記載の方法。

【請求項 7】

複合支持基板上の層の形成方法であって、更に、既に転写された前記転写層 (2 0) の上に有効層の結晶成長を含むことを特徴とする請求項 5 に記載の方法。

40

【請求項 8】

複合支持基板上の層の形成方法であって、更に、前記有効層内に構成部品を作製するステップを含むことを特徴とする請求項 7 に記載の方法。

【請求項 9】

複数の各複合支持基板上に複数の層を形成することを有する複数のエピタキシャル基板の形成方法であって、

各複合支持基板が、その主要表面と平行に対称な長手方向の平面 (1 0 0) を有し、且つ、

・指定された温度 T で第 1 熱膨張係数を有し、且つ前記対称な長手方向の平面のどちら

50

の側にも横方向に延在する中央層（１）と、

・少なくとも１対の横方向の層（２，２'；３，３'）、即ち他方の層に対して１層を有する各対の層であって、

- 前記対称な長手方向の平面に関して、対称である前記複合支持基板（１０）内の配列

、

- 前記温度Ｔで互いに同一である第２熱膨張係数、及び

- 互いに同一である厚さ、

である前記各対の層と、

から成り、

前記複合支持基板（１０）が、前記温度Ｔにおける転写層（２０）の材料の熱膨張係数と同じ全体の熱膨張係数を前記温度Ｔで有するように、前記複合支持基板（１０）の前記横方向の層および前記中央層を構成する材料が、選択されるものであり、

10

前記形成方法は、１つの成長基板（５０）とこの成長基板上の多層構造とを有するウェーハを用いて実施され、前記多層構造が、複数対の層を含み、各層が

・転写される層（２０Ａ、２０Ｂ、２０Ｃ、２０Ｄ、２０Ｅ、２０Ｆ、２０Ｇ）と、

・前記転写される層の下方の中間層（４０Ａ、４０Ｂ、４０Ｃ、４０Ｄ、４０Ｅ、４０Ｆ、４０Ｇ）と、

から成り、

その方法が、前記多層構造から層を取り外す幾つかのステップを含み、各取り外しが、

・中間層の中に注入深さの近傍の脆弱な領域を作り出すための、中間層の中への原子種の注入、

20

・前記転写される層の複合支持基板（１０）への接着、

・前記多層構造から前記転写される層を取り外すための、前記脆弱な領域中へのエネルギーの供給、

・取り外された前記転写される層に残る前記中間層のその部分の選択エッチングによる前記エピタキシャル基板（３０）の作成、及び、

・転写されるべきもう１つの層が得られるまで前記多層構造から材料の除去を含むことを特徴とする方法。

【請求項１０】

複数のエピタキシャル基板の形成方法であって、更に、前記多層構造上に新しい転写される層用にエピタキシャル核形成層を含むことを特徴とする請求項９に記載の方法。

30

【請求項１１】

複数のエピタキシャル基板の形成方法であって、更に、複数の前記転写層上に複数の結晶成長ステップを含み、それによって複数の個々の有効層を形成することを特徴とする請求項９または１０に記載の方法。

【請求項１２】

電子、光学及びオプトエレクトロニクス向けを目的とする構造であって、請求項１ないし４の何れかに記載の複合支持基板（１０）と、結晶材料から選択された材料で作られた転写層（２０）と、を有するエピタキシャル基板（３０）を含むことを特徴とする構造。

【請求項１３】

前記転写層（２０）がＧａＮで作られていることを特徴とする請求項１２に記載の構造。

40

【請求項１４】

前記複合支持基板（１０）が、３層の支持層であり、

・ＳｉＣで作られた中央層（１）と、

・各層がサファイアで作られた対の層（２、２'）と、

を有することを特徴とする請求項１３に記載の構造。

【請求項１５】

前記転写層（２０）が、電子構成部品を含むことを特徴とする請求項１２ないし１４の何れかに記載の構造。

50

【請求項 16】

前記構造が、更に、前記転写層（20）の上に結晶成長によって形成された有効層を含むことを特徴とする請求項 12 ないし 14 の何れかに記載の構造。

【請求項 17】

前記有効層が、電子構成部品を含むことを特徴とする請求項 16 に記載の構造。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、半導体材料から選択された材料で作られた有効層（useful layer）のエピタキシャル用基板に関する。

10

【背景技術】

【0002】

基板は、基板が支持する有効層に密接に結び付けられ、したがって基板は、とりわけ様々な態様から有効層の構造に顕著な影響を与える。

【0003】

第1の態様によれば、成長させる有効層と基板界面の近傍のエピタキシャル基板の結晶構造、更に特に、その基板が、その近傍で持つ結晶の特性と格子定数とが、有効層の結晶構造に強く影響することがある。

【0004】

この態様は、有効層の格子定数が基板の格子定数に重ね合わされる間、特に基板上に有効層をエピタキシャルする間に用いられる。

20

【0005】

したがって、成長させる薄層中に過剰の欠陥を発生させないために、エピタキシャル基板は、少なくともその表面上に、有効層の構成材料の格子定数と近い格子定数を持たなければならない。

【0006】

第2の態様によれば、エピタキシャル基板の構成材料は、使用温度で有効層の熱膨張係数と余り異なる熱膨張係数を有してはならない。

【0007】

用語「使用温度（working temperatures）」は、基板／有効層集合体が、特に、環境温度、有効層形成温度及び他の熱処理温度を含む、関係する工業プロセスの間にさらされる温度を意味するものと理解される。

30

【0008】

基板と有効層の間の膨張係数に余り大きな差があると、前記有効層の構造的品質を劣化させやすい高い内部歪（引張り又は圧縮の）を有効層中に誘起する。

【0009】

したがって、エピタキシャル基板の構成材料は、その基板が、使用温度で、成長させる有効層の材料の熱膨張係数に近い全体的熱膨張係数を有するように選択されなければならない。（結晶と熱膨張の）これらの特性は分離され得ないし、また共には、目的とする適用分野に合致しないことがある。

40

【0010】

したがって、成長させる有効層の材料選択は、ほとんど、バルク基板の構成材料の中の可能な選択に制限される。

【0011】

更に、作製される構成部品の適用分野は、構成部品が作製されている有効層の材料と構造とに強く依存する性能によって、更に制限される。

【0012】

したがって、これは、例えばIII-V族合金の分野できわめて望ましい、所与の禁制帯幅と所与の格子定数とを得る目的で、有効層用に所与の材料と所与の構造とが、選択されてもよい。

50

【 0 0 1 3 】

適切な基板を選択する問題の解決策は、複合エピタキシャル基板の作製、即ち、形成される有効層との界面を所望の格子定数に一致させること及び／又は塑性欠陥を制限することを可能にする結晶学的構造を形成する幾つかの層の組合せを含む。

【 0 0 1 4 】

したがって、多層構造は、一連の幾つかの層を含む変成又は緩衝構造として考え出され使用されている。

【 0 0 1 5 】

しかし、熱処理の間に、そのような複合基板の様々な層が、前記使用温度で、異なる熱膨張係数を有する場合、それらの層は別々に膨張し、その上に形成されることのある層内に膨張歪を誘起することがある（また、したがって曲げられることになる基板の全体的な変形によって、おそらく歪緩和を誘起することもある）。

10

【 0 0 1 6 】

したがって、生ずる主たる難しさは、成長させる有効なエピ層を有して、材料の広範な選択を可能とする構造を含むエピタキシャル基板を見出すことであり、以下のものがある：

- ・ 成長させる有効エピ層の材料と一致する適切な格子定数、及び
- ・ 前記使用温度で形成される有効層の材料の熱膨張係数に近い熱膨張係数。

【 0 0 1 7 】

それは特に、例えば、オプトエレクトロニクス of 適用分野用に III - V 族材料で作られた構成要素を作製するのが望ましい場合に、光起電力効果の水準が、III - V 族材料のバンド構造によって制御されるこの種の基板を取得するのに必要になる。

20

【 発明の開示 】

【 発明が解決しようとする課題 】

【 0 0 1 8 】

一般に、従来技術では、既知の基板は、しばしば、ひとまとめにした少なくとも2つの前述の基準に合わせなければならない。

【 0 0 1 9 】

したがって、一定の材料と構造的特性の、基板表面上に成長させるべき薄層を達成するのに適したエピタキシャル基板用の可能な選択範囲は、制限され又はある場合には、存在しないことさえある。

30

【 課題を解決するための手段 】

【 0 0 2 0 】

第1の態様によれば、本発明の目的は、結晶材料から選択された材料で作られた転写層 (transferred layer) を受けることを目的とする複合支持基板であって、その集合体は、エピタキシャル基板を形成し、主要表面と平行に対称な長手方向の平面を有し、且つ以下のものから成り：

・ 指定された温度 T で第1熱膨張係数を有し、且つ対称平面のどちらの側にも横方向に延在する中央第1層と、

・ 少なくとも1対の横方向の層、即ち他方の層に対して1層を有する各対の層であって

40

- 対称平面に関して、ほぼ対称である複合支持基板内の配列、
 - 温度 T で互いにほぼ同一である第2熱膨張係数、及び、
 - 互いにほぼ同一である厚さ、
- である各対の層と、

且つ、複合支持基板が、温度 T における転写層の材料の熱膨張係数に近い全体的熱膨張係数 (overall thermal expansion coefficient) を温度 T で有するように、複合支持基板の層を構成する材料が、選択されていることを特徴とする複合支持基板を提案することによって状況を改善することである。

【 0 0 2 1 】

50

複合支持基板の他の特徴は以下である：

- 複合支持基板が、幾つかの温度における転写層の材料の熱膨張係数に近い全体的熱膨張係数をそれらの温度において有するように、複合支持基板の層を構成する材料が、選択されている、

- 転写層を支持することを目的とする複合支持基板の上部層の材料が、転写層の材料の格子定数に近い格子定数を有するように選択されている、及び

- 複合支持基板が、S i Cで作られた中央層と、以下、A l N、S i C、サファイア、S iの結晶又は多結晶材料の1つで作られるように選択された対の各層とを含む。

【0022】

第2の態様によれば、本発明の目的は、この複合支持基板上に層を形成する方法を提案
10
することであって、以下を有することを特徴とする：

- ・ 複合支持基板とは別の成長基板上に層を結晶成長することと、
- ・ 複合支持基板に層を接着することと、
- ・ 成長基板を取り外すこと。

【0023】

複合支持基板上に層を形成する方法の他の特徴は、即ち：

- その方法は、更に、層内に構成部品を作製するステップを含む、
- その方法は、更に、既に転写された層の上に有効層の結晶成長を含む、及び
- その方法は、更に、有効層内に構成部品を作製するステップを含む。

【0024】

第3の態様によれば、本発明の目的は、複数の前記複合支持基板の上に複数の層を形成
20
することを有する複数のエピタキシャル基板の形成方法を提案することであり、その工程
が、1つの成長基板とこの成長基板上の多層構造とを有するウェーハを用いて実施され、
多層構造が、複数対の層を備え、それぞれが以下から成り：

- ・ 転写される層 (layer to be transferred) と、
- ・ 転写される層の下方の中間層と、

且つ、その方法が、多層構造から層を取り外す幾つかのステップを含み、各取り外し (removal) が、以下のステップを有する：

- ・ 中間層の中に注入深さの近傍の脆弱な領域を作り出すための、中間層の中への原子種
30
の注入、

- ・ 転写される層の複合支持基板への接着、
- ・ 多層構造から転写される層を取り外すために脆弱な領域中へのエネルギーの供給、
- ・ 取り外された転写される層に残る中間層のその部分の選択エッチング、したがってエ
ピタキシャル基板の作製、及び、

- ・ 転写されるべきもう1つの層が得られるまで多層構造から材料の除去 (removal)、
ことを特徴とする。

【0025】

複数のエピタキシャル基板を形成する方法の他の特徴は、以下である：

- その方法は、更に、多層 - 取り外し構造上に新しい転写される層用にエピタキシャ
40
ル核形成層 (epitaxial nucleation layer) を含む、及び、

- その方法は、更に、複数の転写層上に複数の結晶成長ステップを含み、それによっ
て複数の個々の有効層を形成する。

【0026】

第4の態様によれば、本発明の目的は、電子、光学、又はオプトエレクトロニクス向け
を目的とする構造を提案することであって、その構造が、複合支持基板と、結晶材料から
選択された材料で作られた転写層と、を有するエピタキシャル基板を含むことを特徴とす
る。

【0027】

構造の他の特徴は、以下である：

- 転写層がG a Nで作られている、

- 複合支持基板が、3層の支持層であり、且つ以下を有する、
- ・ SiCで作られた中央層と、
- ・ 各層がサファイアで作られた対の層と、
- 転写層が、電子構成部品を含む、
- 構造は、更に、転写層の上に結晶成長によって形成された有効層を含む、及び
- 有効層は、電子構成部品を含む。

【0028】

非限定的な例として与えられ本発明を実施する好ましい方法についての以下の詳細な説明を添付の図面を参照して読めば、本発明の他の態様、目的及び利点が、いっそう明らかになるであろう。

10

【発明を実施するための最良の形態】**【0029】**

本発明の第1の目的は、そこに転写され、複合支持基板が使用温度で支持する、結晶層（即ち、その中、又はその上に電子、光学又はオプトエレクトロニクス構成部品が作製されることになる）の熱膨張係数と近い適切な熱膨張係数を有する複合支持基板（即ち、複数層を含む基板）を作製することである。

【0030】

本発明の第2の主要な目的は、そこに転写された層を支持する、複合支持基板を有するエピタキシャル基板を作製することであり、この転写層は、有効層に対する結晶成長の支えとなる。

20

【0031】

本発明の第3の主要な目的は、エピタキシャル基板を構成する種々の材料の選択に関して、従来技術で有するより多い自由度を得ることができ、一方、従来技術で考慮されなければならなかったかなりのそりが現われる危険を伴う制限を大幅に低減し或いは取り除くことさえする。

【0032】

これは、より広い範囲の材料から基板の構成材料を選択することを可能にし、その選択は基本的に以下の基準に基づく：

- ・ 表面格子定数と、
- ・ 基板の全体的熱膨張係数とであり、

30

表面上に所望の結晶学的（crystallographic）及び熱膨張特性を有する有効層を形成するためにある。

【0033】

本発明の第4の目的は、熱膨張の問題と別に格子定数の選択問題を考慮することを想定可能にする基板の材料と構造とを決定する方法を提案することであり、それが、更に、この基板上に形成される有効層用に望ましいそれらの特性に近い特性を有する基板を作製する幾つかの可能な方法を増やすことを可能にする。

【0034】

第5の目的は、本発明に従ってエピタキシャル基板の表面上に、高い品質の結晶構造を有し、抑制された弾性歪を有する特に薄い有効層を形成することである。

40

【0035】

図4に示されているように、本発明によるエピタキシャル基板30は、ウェーハ形状、即ち実質的に平面である表面を有する。

【0036】

本発明によるエピタキシャル基板30は、以下を有する：

- その主要表面と平行に対称な長手方向の平面を有する複合支持基板10、及び
- 複合支持基板10上の転写層20。

【0037】

本発明による複合支持基板10は、幾つかの層からなる。

【0038】

50

複合支持基板 10 の種々の構成層は、それぞれ、一般に $1\ \mu\text{m} \sim 1000\ \mu\text{m}$ 程度の厚さ、典型的には、 $100\ \mu\text{m}$ 程度の厚さを有する。

【0039】

図1は、エピタキシャル基板と形成された有効層との間の熱膨張の差の問題及び、従来技術の基板で時々遭遇するそりの問題も解決する本発明による複合支持基板 10 を示す。

【0040】

この複合支持基板 10 は、対称な長手方向の幾何学平面 100 を有する。

【0041】

複合支持基板 10 は、以下から成る：

・指定された温度 T で第1の熱膨張係数を有し、対称平面 100 周辺にほぼ対称に延在する中央第1層と、

・各対の一層が同じ対の他方の層に向き合う、1対の横方向の層 2 と 2' であって、

- 対称平面に関してほぼ対称である複合支持基板内の配列、

- 温度 T で、ほぼ同一の第2熱膨張係数と、

- 実質的に同一の厚さ、

である1対の横方向の層 2 と 2' と。

【0042】

この複合支持基板 10 は、その下と同様に平面 100 の上に多数の層があり、且つ任意の1対の層が、互いに向き合うほぼ同じ厚さを有するので、同じ対称平面 100 に対する層の構成に関して、対称性を示す。

【0043】

層 2 が、層 2' とほぼ同じ熱膨張係数を有することを考えると、平面 100 に対して層を形成する材料の温度 T で、熱膨張の複合支持基板 10 内の分布でも対称性がある。

【0044】

したがって、層 2' が、層 1 と層 2 との間にある熱膨張の非対称を「補償する (compensates for)」と考えると、層の間の熱膨張の差に関連する歪が、複合支持基板 10 のたわみによって部分的に緩和されないことがあり、それによってそりを形成する。

【0045】

複合支持基板 10 の特別の一構成では、層 2' は、層 1 と層 2 との間にある熱膨張の非対称を完全には補償せず、それによって、層が転写された場合、複合支持基板 10 / 転写される層の集合体が、ゼロに向かうそりを有することになるように、そこに転写された層のほぼ逆のそりに相当するわずかなそりを複合支持基板 10 内に形成する。

【0046】

全ての場合に、剪断応力は、層 2' / 層 1 界面、及び層 1 / 層 2 界面（それらは、図2に矢印によって示されている）に引き起こされる。

【0047】

上部層 2 の構造的品質を維持するために、隣接層の間の膨張の差は余り大きなものであってはならない、そうでないと層 1、2 及び 2' 内の界面の歪の幾らかが、塑性欠陥を生起させることによって緩和することがある。

【0048】

しかし、これらの層 1、2 及び 2'（及び特に、転写層を受けることを目的とする層 2）は、それぞれ一般に、数 μm 又は数 $10\ \mu\text{m}$ 程度の厚さ、すなわち、中央層 1 との界面の所にこれらの欠陥を閉じ込めることのできる厚さを有する。

【0049】

図3は、温度 T で、複合支持基板 10 の厚さにわたる（ y 軸上にプロットされた）内部応力分布（ x 軸上にプロットされ、 σ によって示された）の一例のグラフを示す。

【0050】

中央の層 1 内、上部層 2 内、及び下部層 2' 内の応力は、グラフ中にそれぞれ、領域 A1、A2、A2' によって示されている。

【0051】

10

20

30

40

50

層内に発生する内部応力は、この層を形成する材料の自由膨張歪に相当し、これらの応力は、隣接層の異なる膨張から引き出される。

【 0 0 5 2 】

次いで、図 4 は、以下を示す：

- ・ A_2 は、 A_2' とほぼ同一である；
- ・ A_1 は、2 つのほぼ同一領域、即ち対称平面 1 0 0 のいずれかの側の各領域内に分布する。

【 0 0 5 3 】

したがって、このグラフは層構成において対称である複合支持基板 1 0 内で対称平面 1 0 0 に対して対称的に分布する応力を示している。

10

【 0 0 5 4 】

本発明による複合支持基板 1 0 のそのような構造と共に、膨張に差がある問題が「補償された膨張 (compensated expansion)」の解決策によって解決されるので、複合支持基板を構成するいろいろな材料の間に存在するいろいろな膨張が厳密に考慮されなければならない従来技術の複合支持基板 1 0 と比較して、低いそりを有する複合支持基板 1 0 を構成する選択可能な材料が、増やされる。

【 0 0 5 5 】

図 2 は、本発明による、熱膨張係数 $\alpha_1(T)$ を有する中央主要層 1、それぞれ熱膨張係数 $\alpha_2(T)$ 、 $\alpha_3(T)$ を各対が有する 2 対の層 2 - 2'、3 - 3' の 5 層で構成された複合支持基板 1 0 を示し、その全集合体が、1 つの構造と対称平面 1 0 0 に対してほぼ対称な層構成を有する。

20

【 0 0 5 6 】

図 1 を参照して説明された 3 層複合支持基板 1 0 と同じように、この 5 層複合支持基板 1 0 は、対称平面 1 0 0 に対して対称な熱膨張を示す。

【 0 0 5 7 】

したがって、この複合支持基板 1 0 は、転写される層に合致する、本発明によるただ僅かにその膨張係数を有する。

【 0 0 5 8 】

同様に、5 つを超える層からなり、対称平面 1 0 0 に対してこの対称な熱膨張を示す複合支持基板 1 0 は、本発明による複合支持基板である。

30

【 0 0 5 9 】

本発明による複合支持基板 1 0 の特別の構成によって、そりの問題は解決されるので、材料の選択は、本質的に、複合支持基板 1 0 の表面の格子定数の基準と、全体的熱膨張係数の基準とに基づいてなされることになる。

【 0 0 6 0 】

「全体的熱膨張係数 (overall thermal expansion coefficient)」の表現は、本明細書では、複合支持基板 1 0 が、単一の材料から形成されていた場合に有するであろう熱膨張係数を意味するものと理解される。

【 0 0 6 1 】

以下に提示される方法は、好ましいものであるが、複合支持基板 1 0 を構成する材料と、層の構成とを選択する本発明による方法を制限するものでない。

40

【 0 0 6 2 】

この方法は、2 つの段階に別けられる、即ち：

(a) 上部層は転写される層に隣接することを目的とするので、転写される層の材料に充分近い主に格子定数に基づき、複合支持基板 1 0 の上部層を形成し得る材料リストの選択及び；

(b) ステップ (a) の複合支持基板 1 0 の上部層の各構成材料に対して、複合支持基板 1 0 が、最終的には、転写される層の構成材料の膨張に近い全体の膨張を使用温度で有することになるように、複合支持基板 1 0 の他の層を形成し得る材料リストの選択。

【 0 0 6 3 】

50

複合支持基板 10 の材料と構造を決定する方法は、熱膨張の問題と別に格子定数の選択の問題を考慮することを可能にし、それによって、更に、この複合支持基板上に転写される層と、したがって、転写層の上にエピタキシャルによって形成される最終的な有効層とに要求される特性に近い特性を有する、複合支持基板を作製可能な方法を増やすことが可能になる。

【0064】

有利なことには、複合支持基板 10 の層の構成材料は、結晶材料である。

【0065】

次に、結晶材料の膨張は、通常、第 1 近似 (first approximation) で、温度と共に直線的に変化する。

10

【0066】

したがって、複合支持基板 10 の各構成結晶層の熱膨張係数は、温度の変化に対してほぼ一定のままである。

【0067】

所与の温度で、複合支持基板 10 の面積膨張に相当する複合支持基板 10 の全体的熱膨張係数 α (又は複合支持基板 10 の表面が円対称性である場合に直線的膨張) は、線形式の式 (linear formula of the type) :

$$\alpha = f(\alpha_1, \alpha_2, \dots, \alpha_N),$$

によって、複合支持基板 10 の構成層の数 N に対して計算される。

【0068】

20

この式は、複合支持基板 10 の構成層の厚さも考慮している。

【0069】

したがって、やはり複合支持基板 10 の全体的熱膨張係数 α は、温度の変化に対してほぼ不変である。

【0070】

図 6 は、nm で表わされた格子定数が x 軸上に、 $10^{-6} K^{-1}$ で表わされた熱膨張係数が y 軸上にプロットされているグラフを示す。

【0071】

グラフ内にある結晶材料が、その中で円形の点で示され：

- ・白丸によって、立方晶構造の材料；
- ・黒丸によって、六方晶構造の材料で示される。

30

【0072】

したがって、例えば、立方晶の GaN ($GaN(c)$ によって示されている) で作られた転写される層を形成することが望まれる場合、複合支持基板 10 の上部層は、前記方法の段階 (a) に従って、サファイア又は MgO 製が選択されることになる。

【0073】

前記方法の段階 (b) では、複合支持基板 10 の構成材料の熱膨張係数の和の平均で、複合支持基板の全体的熱膨張係数を概算することによって、それぞれ $6H-SiC$ とサファイアの熱膨張係数の平均値が概ね GaN の熱膨張係数を与えると考えられてよい。

【0074】

40

したがって、サファイア / $6H-SiC$ サファイア構造は、特に、この複合支持基板 10 上に立方晶 GaN 層を形成するのに適した複合支持基板 10 を構成し、それは、以下の特性を有するからである：

- ・少ないそり、
- ・表面格子定数が、 GaN 層の格子定数に近い、
- ・使用温度で全体的熱膨張係数が、 GaN の熱膨張係数に近い。

【0075】

更に、特にサファイアと SiC の高い強靱さが、強靱さの劣る材料で作られた複合支持基板 10 と比べて複合支持基板 10 の厚さを低減可能にする。

【0076】

50

したがって、複合支持基板 10 と転写層 20 とを含むある一定の所望の最終構造に対して、前記方法のうちの段階 (a) を考慮する必要がないことがある。

【0077】

これは、特に、絶縁材料層が転写層と複合支持基板 10 を分離する S e O I (セミコンダクタ・オン・インシュレータ (Semiconductor On Insulator)) 構造の場合である。

【0078】

本発明による複合支持基板 10 の作製は、2つのステップで有利に実施される。

【0079】

複合支持基板 10 の作製の第 1 ステップは、この作製のための基体要素として働くことになるウェーハを提供することであり、このウェーハは、バルク材料で作られたものから有利に選択される。

【0080】

そのウェーハは、例えば、複合支持基板 10 の前記第 1 層を構成する。

【0081】

複合支持基板 10 作製の第 2 ステップは、(結晶材料、非晶質材料などの)堆積によって、セラミック製造技術によって、焼結によって、など、第 1 ステップで提供された第 1 層から始めて、他の層を形成することにある。

【0082】

この層形成は、複合支持基板 10 の既に形成された層の 1 つの表面上の (バルク又は多層材料から作られた)ドナー基板から形成されている層の転写操作を有利に含み、この操作は、2つの連続ステップで行われる：

- ・複合支持基板 10 の既に形成された層にドナー基板を接着する、
- ・前記ドナー基板の部分の除去、したがって、残った部分が転写された層を構成する。

【0083】

前記接着、引き続き、複合支持基板 10 の既に形成された層とドナー基板の密着は、接着されるべき 2 つの層の間のウェーハ接着 (分子付着) によって、有利に成し遂げられる。

【0084】

この接着技術は、変形例と共に例えば、Q . Y . T o n g (トン) 及び U . G o s e l e (ゲーセレ) 著の文献、名称「Semiconductor Wafer Bonding」(Science and Technology, Interscience Technology)、出版社 Wiley & Sons に記載されている。

【0085】

必要ならば、接着は、それぞれの接着されるべき表面の適切な前処理及び / 又は熱エネルギーの注入が付け加えられる。

【0086】

したがって、例えば、接着の間に形成される結合を強化する熱処理が、実施される。

【0087】

接着は、一緒に接着させる 2 つの基板の間に挿入される接着層によって強化されてもよい。

【0088】

この接着層は、一緒に接着させる 2 つの面の少なくとも 1 つに適用される。

【0089】

シリコン酸化膜 (シリカ又は SiO_2 と呼ばれる) は、そのような接着層を作製するのに選択されてよい材料であり、酸化膜堆積、又は熱酸化、又はどれか他の技術によって接着層を作製可能である。

【0090】

表面仕上げステップが、例えば、前述の技術の 1 つによって接着の前及び / 又は後に実施されてよい。

【0091】

10

20

30

40

50

前記材料の除去は、好ましくは、以下の技術、化学エッチング及び／又は化学機械エッチング、研磨、ラッピングの１つを別個に又は組み合わせて用いる。

【００９２】

例えば、随意に、「エッチ・バック（etch-back）」プロセスを用いて、除去される材料に選択エッチング操作を実施することも可能である。

【００９３】

この技法は、「背後から（from the rear）」つまり、転写された層を最後に保護するために、転写された層のための成長基板の自由面からこれらの材料をエッチングすることにある。

【００９４】

除去される材料に適したエッチング溶液を用いるウェット・エッチング操作が、実施されてよい。

【００９５】

材料を除去するために、やはり、プラズマ・エッチング又はスパッタ・エッチングなどのドライ・エッチング操作が実施されてよい。

【００９６】

エッチング操作（又は複数の操作）は、ただ、化学的、又は電気化学的、又は光電気化学的（photoelectrochemical）だけであってもよい。

【００９７】

エッチング操作（又は複数の操作）は、ラッピング、研磨、機械的エッチング又は原子種のスパッタリングなど機械的処理が、先行され又は引き継がれてよい。

【００９８】

エッチング操作（又は複数の操作）は、随意にＣＭＰ工程中に機械的研磨材作用を組み合わせられた研磨などの、機械的研磨が付け加えられてよい。

【００９９】

したがって、除去することが望まれるウェーハ１０のその部分が、全て単一の化学的技法によって又は化学的機械的技法によって除去されてよい。

【０１００】

この技法は、特に転写された層の表面の品質と厚さの均一性とを、最初のうちにそれらに近く維持することを可能にする。

【０１０１】

これらの技法は、本明細書で、例として提案されたものであって、決していかなる限定も成すものでなく、本発明は、本発明による工程に応じて材料を除去できるあらゆる種類の技法にまで及ぶ。

【０１０２】

選択されたいかなる材料除去技法も、複合支持基板の表面仕上げのステップが、例えば、既に説明された技法の１つによって有利に実施されてよい。

【０１０３】

したがって、複合支持基板１０は、複合支持基板１０の様々な層がこれらの技法の１つを用いて形成された後に、作製される。

【０１０４】

エピタキシャル基板３０を作製する第１の方法（例えば、図４に示されている）は、複合支持基板１０の上に、例えばＣＶＤエピタキシャル又はＭＢＥによって、転写される層２０の結晶成長を含む。この第１の方法は、複合支持基板１０が、少なくとも結晶材料で作られた上面を有することを意味する。

【０１０５】

このエピタキシャルは、随意に核形成層（nucleation layer）の形成が先行されてよい。

【０１０６】

したがって、図４を参照すると、転写される立方晶ＧａＮ層２０が、サファイア層２

10

20

30

40

50

/ 6 H - S i C 層 1 / サファイア層 2 構造からなる複合支持基板 1 0 の上にエピタキシャル成長される。

【 0 1 0 7 】

エピタキシャル基板 3 0 を作製する第 2 の方法は、以下のステップを含む：

- ・ 複合支持基板 1 0 とは別に成長基板上に転写される層 2 0 の結晶成長；
- ・ 転写される層 2 0 に複合支持基板 1 0 を接着；
- ・ ここで成長基板およびことによると転写される層 2 0 の一部である材料の除去、即ち除去されるべき材料の除去。

【 0 1 0 8 】

前もって、接着は、接着層付きで、又は接着層なしで実施されてよい。

10

【 0 1 0 9 】

材料の除去は、以下の 3 つの技法の 1 つを用いて実施されてよい：

第 1 の材料除去技法は、以下を含む：

- ・ 転写される層のために、陽極酸化処理 (anodization) により少なくとも多孔質層の形成によって、原子種の注入によって、又は、例えば、欧州特許第 0 8 4 9 7 8 8 A 2 号に説明されている任意の多孔質化技法 (porosification technique) によって成長基板内に脆弱界面の形成、

- ・ 脆弱層の所で、転写される層を剥離するために、機械的処理又は他のエネルギー注入など、脆弱層中にエネルギーの供給。

【 0 1 1 0 】

20

転写される層の成長基板内に脆弱層を形成するために、多孔質層が、単一の結晶材料のウェーハ上に有利に形成され、そして、次に、非多孔質結晶材料の層が、多孔質層上に生成され、前記非多孔質材料は、ウェーハの格子定数とほぼ同じ格子定数を有し、したがって、前記成長基板は、多孔質層と非多孔質 S i 層のウェーハから成る。

【 0 1 1 1 】

S m a r t - C u t (登録商標) と呼ばれる第 2 の材料除去技法が、本明細書でも使用されてよく、この技法は、以下のステップを含む：

- ・ 接着前に、転写される層又はその成長基板中に、注入深さに近接した深さの所に脆弱な領域を形成する原子種 (水素又はヘリウム・イオンなど) の注入；

- ・ 次いで、接着後、脆弱な領域中で転写される層を剥離するために、脆弱な領域の中に温度及び / 又は機械的処理或いは他のエネルギーの注入などのエネルギーの注入。

30

【 0 1 1 2 】

有利には、脆弱な領域は、更にそこを脆弱化するために注入の間又は注入後、熱処理にかけられる。

【 0 1 1 3 】

この非限定的材料除去技法は、転写される層用の成長基板の実質部分を、素早く、一括して除去することを可能にする。

【 0 1 1 4 】

その技法は、この成長基板から取り外された部分を、例えば、本発明による一工程など、他の工程に再利用できる可能性もある。

40

【 0 1 1 5 】

既知の S m a r t - C u t (登録商標) 技法は、例えば、ウェーハ還元技法 (wafer reduction technique) を扱った幾つかの著作物中、例えば、J e a n - P i e r r e C o l l i n g e (ジーン・ピエール コリング) 著の「S i l i c o n - O n - I n s u l a t o r T e c h n o l o g y : M a t e r i a l s t o V L S I」2 n d e d i t i o n、出版社、K l u w e r A c a d e m i c P u b l i s h e r s、p . 5 0 ~ p . 5 1 に説明されている。

【 0 1 1 6 】

利用可能である第 3 の材料除去技法は、「背後から (from the rear)」の化学又は化学機械エッチングである。

50

【0117】

本発明による好ましい材料除去技法は、残存成長基板の材料と転写される層20の間の選択エッチングに引き継がれる、これらの3種類の材料除去の1つの使用を含み、したがって、転写される層20上の残存材料の除去を可能にする。

【0118】

選択化学エッチングは、エッチングされる材料に適したエッチング溶液を利用するウェット・エッチングによって実施されてよい。

【0119】

選択的化学エッチングは、プラズマ・エッチング又はスパッタ・エッチングなどのドライ・エッチングによって実施されてよい。

10

【0120】

エッチングは、ただ、化学的、又は電気化学的、又は光電気化学的であってもよい。

【0121】

この状況では、転写される層20が、3つの技法の1つを用いる材料除去後の成長基板の残存部分のエッチングに対する停止層を構成する。

【0122】

一般に、層Aに関する、層Bのエッチング選択性は、その比によって与えられる選択比によって定量化される、即ち：

【数1】

20

$$(\text{層Aのエッチング速度}) / (\text{層Bのエッチング速度})$$

【0123】

したがって、化学エッチング液は、層Aが転写される層で層Bが成長基板の残存部分である場合に、この比が最大になるように選択されなければならない。

【0124】

したがって、転写される層20は、これらの化学エッチング液によって、ほとんどエッチングされないか、全くエッチングされない。

30

【0125】

本発明による、このような好ましい技法の実施によって、特に、成長基板上に薄層を成長する間に得られた初期構造と同様の構造を有して、複合支持基板10上に薄層を形成することが可能である。

【0126】

このような好ましい技法の実施によって、複合支持基板10上に、薄いので複合支持基板10の僅かな変形に追随するようにして、実質的に弾性的構造を有する層20を形成することが可能である。

【0127】

したがって、厚さが10nmの層が、形成されてよい。

40

【0128】

後者の場合には、特に少ししかそりのない本発明による複合支持基板10が、とても有利である。

【0129】

図5は、成長基板30上にエピタキシャル成長させた多層構造I内の薄層20A、20B、20C、20D、20E、20F及び20Gの多層除去(multi-removal)による複数のエピタキシャル基板30の作製工程(例えば図4に示されているような)を示しており、したがって、本発明に従って複合支持基板10の上にそれらをそれぞれ転写する。

【0130】

多層構造Iは、中間層40A、40B、40C、40D、40E、40F及び40Gと

50

それぞれ交互に置き換わる薄層 20A、20B、20C、20D、20E、20F 及び 20G と含み、その全集合体が、有利に、層毎に成長基板 50 を始めとして CVD 又は MBE などの成長技法を用いてエピタキシャル成長されている。

【0131】

本発明による好ましい多層除去工程は、以下の操作を含むステップを包含する：

(A) 中間層 40G 中に注入深さの近傍に脆弱領域 101 を生成するように、中間層 40G 中に原子種の注入、

(B) 本発明による複合支持基板 10 への層 20G の接着、

(C) 転写される層 20G を剥離するために脆弱領域 101 中で、且つ脆弱領域 101 と転写される層 20G の間に位置する中間層 40G のその部分へのエネルギーを注入、したがって転写される層 20G の取り外し、

(D) 剥離され転写された層 20G の上の中間層 40G 残存部分の選択エッチング、したがって第 1 エピタキシャル基板 30 の作製、

(E) 例えば、選択的エッチングによって実施可能である、中間層 40G の残存部分の除去、これによって多層構造の再利用。

【0132】

したがって、多層構造 I' は、最終的に以下の層からなる：

20F / 40F / 20E / 40E / 20D / 40D / 20C / 40C / 20B / 40B / 20A / 40A。

【0133】

したがって、実質的に上述のステップと同一のステップが、以下の目的のために実施されてよい：

- ・それぞれの脆弱領域 102、103、104、105、106 及び 107 に関し、それぞれ第 2、3、4、5 及び 6 の複合支持基板 20 へ転写するために、それぞれ、次々に薄層 20F、20E、20D、20C、20B 及び 20A を取り外し、それによって、それぞれ第 2、3、4、5 及び 6 エピタキシャル基板 30 を形成する；

- ・引き続き取り外しが可能であるように、取り外した後にそれぞれの多層構造を再利用する。

【0134】

この多層構造 I は、転写される層 20 の形成が、変成層を含む成長基板 50 などの作製するのが複雑である成長基板 50 を必要とする場合、特に有利に用いられる。

【0135】

好ましい多層除去工程と共に、そのような成長基板 50 が、複数の除去操作に用いられる。

【0136】

したがって、このことは、特に、経済的コストに関して、そのような成長基板 50 が代用する工程を有利にする。

【0137】

更にいっそう有利な構成では、この成長基板 40 が、多層構造 I の下部層の選択化学エッチングに対し停止層によって保護され、このことが、多層構造 I が種々の除去及び再生操作によって完全に使い果たされると、適切な選択エッチング操作によって成長基板 40 の表面を平滑化し、また他の多層除去操作にもう 1 つの多層構造 I の形成をできるだけ繰返すことを可能にさせる。

【0138】

随意に、転写される層 20 内に、或いは転写されている層の前、又は後に、電子又はオプトエレクトロニクス構成部品が作製されてよい。

【0139】

随意に、有効層（示されていない）の結晶成長が、エピタキシャル基板 30 の転写層 20 上に実施されてよい。

【0140】

電子又はオプトエレクトロニクス構成部品が、有効層の転写前、又は後に、この有効層内に作製されてよい。

【0141】

本発明は、特にⅢⅢⅢ-V族材料又は、ⅢⅢ-VⅢ族材料系から選択された、転写される層20の構成合金に適しているが、本発明は、ⅢⅤ-ⅢⅤ合金に対して適用されてもよい。

【0142】

本明細書の結晶又は半導体材料で作られた層には、他の構成要素、例えば、当該層中にほぼ50%以下、又は、より具体的には、濃度で5%以下である炭素又はダイヤモンドで含む炭素などが追加されてよい。

10

【0143】

複合支持基板10は、組み合わせて、複合支持基板の前記物理特性（特にそこに転写される層に合致する熱膨張係数）を達成可能であるあらゆる種類の材料から形成されてよい。

【0144】

合金材料の場合に、選択される合金が、2元、3元、4元又はもっと多元であってよいことに注意されたい。

【図面の簡単な説明】

【0145】

【図1】ここでは概略断面図で示されている、本発明による第1複合支持基板の図である。

20

【図2】ここでは概略断面図で示されている、本発明による第2複合支持基板の図である。

【図3】本発明による第1複合支持基板の厚さにわたる応力分布を示す図である。

【図4】本発明によるエピタキシャル基板を示す図である。

【図5】本発明による複合支持基板上に薄層が取り外され、転写される成長基板を示す図である。

【図6】種々の材料の格子定数の関数として熱膨張係数を与えるグラフである。

【図 1】

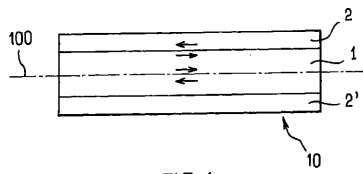


FIG. 1

【図 2】

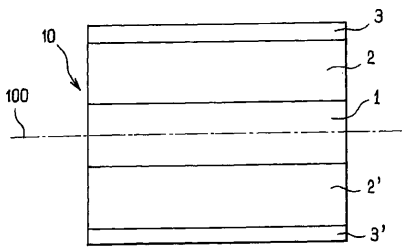


FIG. 2

【図 3】

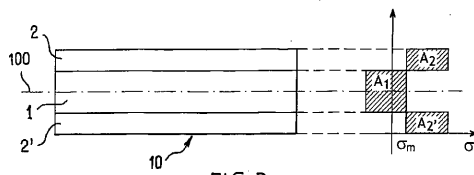


FIG. 3

【図 4】

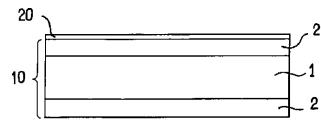


FIG. 4

【図 5】

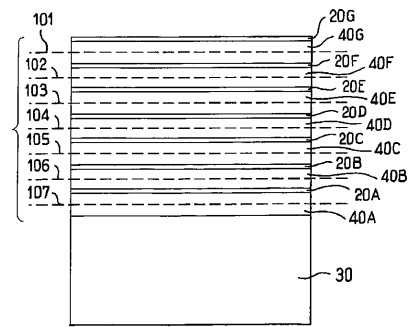
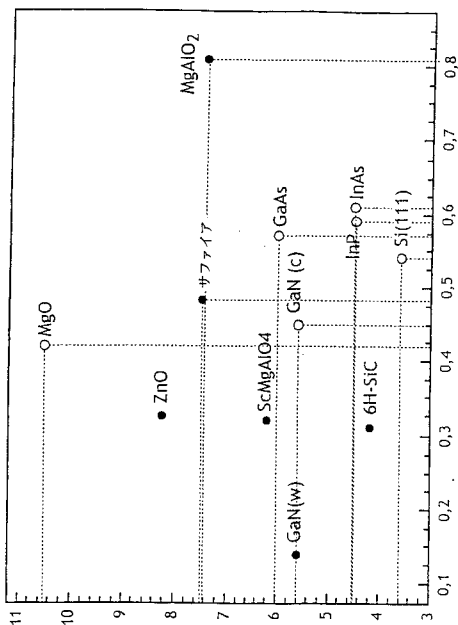


FIG. 5

【図 6】



フロントページの続き

(74)代理人 100096921

弁理士 吉元 弘

(74)代理人 100103263

弁理士 川崎 康

(72)発明者 イブ - マチュー、ル、バイヤン

フランス国クロール、リュ、レオ、ラグランジュ、3 9 1 セ

審査官 大嶋 洋一

(56)参考文献 特開 2 0 0 3 - 2 2 4 0 4 2 (J P , A)

特開 2 0 0 3 - 0 6 8 5 9 2 (J P , A)

特開平 0 4 - 0 7 2 6 0 8 (J P , A)

特開平 0 3 - 0 4 4 9 1 2 (J P , A)

特開平 0 1 - 1 4 4 6 2 0 (J P , A)

(58)調査した分野(Int.Cl. , D B 名)

H01L 21/02

H01L 21/20

H01L 27/12

H01L 33/00