

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 公表特許公報(A)

(11) 特許出願公表番号

特表2014-507363
(P2014-507363A)

(43) 公表日 平成26年3月27日(2014.3.27)

(51) Int.Cl.	F I	テーマコード (参考)
C04B 37/00 (2006.01)	C O 4 B 37/00	C 4 G O 2 6
C30B 29/38 (2006.01)	C 3 O B 29/38	D 4 G O 7 7
C30B 25/18 (2006.01)	C 3 O B 25/18	5 F O 4 5
H01L 21/205 (2006.01)	H O 1 L 21/205	5 F 1 0 3
H01L 21/203 (2006.01)	H O 1 L 21/203	5 F 1 4 1
審査請求 未請求 予備審査請求 有 (全 32 頁) 最終頁に続く		

(21) 出願番号 特願2013-544688 (P2013-544688)
 (86) (22) 出願日 平成23年12月13日 (2011.12.13)
 (85) 翻訳文提出日 平成25年7月16日 (2013.7.16)
 (86) 国際出願番号 PCT/US2011/064624
 (87) 国際公開番号 W02012/082729
 (87) 国際公開日 平成24年6月21日 (2012.6.21)
 (31) 優先権主張番号 61/422,847
 (32) 優先日 平成22年12月14日 (2010.12.14)
 (33) 優先権主張国 米国 (US)

(71) 出願人 513012141
 ヘクサテック, インコーポレイテッド
 アメリカ合衆国, ノースカロライナ州 2
 7560, モリスヴィル, 991 アヴィ
 エーション パークウェイ
 (74) 代理人 100114775
 弁理士 高岡 亮一
 (74) 代理人 100121511
 弁理士 小田 直
 (72) 発明者 クラフト, スパルディング
 アメリカ合衆国, ノースカロライナ州 2
 7607, ラレイ, アパート 304, 6
 700 サンドウェル レーン

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 多結晶質窒化アルミニウム焼結体の熱膨張処理、および半導体製造へのその応用

(57) 【要約】

半導体デバイスの作製に有益な方法および材料が開示される。特定の実施形態において、それと組み合わせることのできるさらなる材料と熱的に一致した多結晶質窒化アルミニウム基板を処理する方法が開示される。たとえば、この多結晶質窒化アルミニウム基板は、半導体材料の熱膨張係数および/または半導体材料の成長基板として使用することのできる材料にほぼ一致するCTEを有するよう処理することができる。本発明は、同様に、熱処理基板および熱処理基板を使用して成長する半導体材料を組み込むデバイスをも含む。この熱処理基板は、半導体作成方法における構成要素の層および材料の間のCTEの不一致から起こる損傷により引き起こされる問題を解決する利点がある。

【選択図】 なし

【特許請求の範囲】

【請求項 1】

その上に半導体材料を成長させるための熱処理多結晶質窒化アルミニウム基板を調製する方法であって、前記方法が、

前記窒化アルミニウムの熱膨張係数 (CTE) と異なる CTE を有する第 2 の相材料の含有物と第 1 の相の窒化アルミニウムを組み合わせることと、

前記組み合わせた第 1 および第 2 の相をさらに処理し、同一の温度で実質的に純粋な窒化アルミニウムの CTE と異なる CTE を有する多相窒化アルミニウム材料を形成することと

を含む、方法。

10

【請求項 2】

前記さらなる処理が、

前記窒化アルミニウムおよび前記第 2 の相の材料を押圧し、押圧スラグを形成することと、

前記押圧スラグを焼結し、前記同一の温度で前記実質的に純粋な窒化アルミニウムの CTE と異なる CTE を有する焼結多相窒化アルミニウム材料を形成することと

を含む、請求項 1 に記載の方法。

【請求項 3】

前記押圧が、加熱のない状態で実行される、請求項 2 に記載の方法。

【請求項 4】

前記焼結ステップが、周囲ガスを排気したチャンバー内で実行される、請求項 2 に記載の方法。

20

【請求項 5】

前記焼結ステップが、 N_2 雰囲気内で実行される、請求項 4 に記載の方法。

【請求項 6】

前記焼結多相窒化アルミニウム材料の少なくとも 1 つの表面を研磨することをさらに含む、請求項 2 に記載の方法。

【請求項 7】

前記多相窒化アルミニウム材料が、前記同一の温度で実質的に純粋な窒化アルミニウムの CTE と約 10% 以上の差で異なる CTE を有する、請求項 1 に記載の方法。

30

【請求項 8】

前記多相窒化アルミニウム材料が、前記同一の温度で前記実質的に純粋な窒化アルミニウム以外の III 族窒化物の CTE の約 25% 以内である CTE を有する、請求項 1 に記載の方法。

【請求項 9】

前記 III 族窒化物材料が、窒化ガリウムを含む、請求項 8 に記載の方法。

【請求項 10】

前記第 2 の相が、窒化チタンを含む、請求項 1 に記載の方法。

【請求項 11】

前記窒化チタンが、前記熱処理多結晶質窒化アルミニウム基板に約 5 重量% 以上含まれる、請求項 10 に記載の方法。

40

【請求項 12】

前記第 2 の相材料が、窒化アルミニウムと反応して反応生成物を形成する前駆材料の前記反応生成物であり、前記反応生成物が、前記窒化アルミニウム粒子の CTE と異なる CTE を有する請求項 1 に記載の方法。

【請求項 13】

前記反応生成物が、窒化アルミニウムおよび酸化アルミニウム間の反応生成物である、請求項 12 に記載の方法。

【請求項 14】

中間基板上の半導体材料成長用の中間基板を調製する方法であって、前記方法が、

50

請求項 1 ~ 13 のいずれか 1 項により調製される熱処理多結晶質窒化アルミニウム基板上に半導体成長層を被覆することを含み、

前記熱処理多結晶質窒化アルミニウム基板の C T E が、前記同一の温度で前記半導体成長層の C T E の約 25 % 以内である、方法。

【請求項 15】

前記半導体成長層が、GaN、AlGaN、InGaN、InN、InAlGaN、AlInN、AlGaAs、GaP、GaAs、GaAsP および AlGAINP からなる群から選択される材料を含む、請求項 14 に記載の方法。

【請求項 16】

前記半導体成長層が、III 族窒化物を含む、請求項 14 に記載の方法。

10

【請求項 17】

前記半導体成長層が、単一結晶材料を含む、請求項 14 に記載の方法。

【請求項 18】

前記半導体成長層および前記多結晶質窒化アルミニウムベース基板の間に配置され、または前記半導体成長層を覆うように配置される、1 つ以上の追加的層を提供することをさらに含む、請求項 14 に記載の方法。

【請求項 19】

半導体材料を調製する方法であって、

請求項 14 ~ 18 のいずれか 1 項により調製される中間基板上の半導体層を成長させることを含む、方法。

20

【請求項 20】

前記半導体層上に 1 つ以上のさらなる層を成長させることを含む、請求項 19 に記載の方法。

【請求項 21】

請求項 19 または請求項 20 の方法により調製される半導体材料を含むデバイス。

【請求項 22】

前記デバイスが、電子デバイス、光学デバイス、および光電子デバイスからなる群から選択される、請求項 21 に記載のデバイス。

【請求項 23】

前記デバイスが、発光ダイオード、レーザダイオード、高電子移動度トランジスタ (HEMT)、ヘテロ接合バイポーラトランジスタ (HBT)、無線周波回路、マイクロ波回路、RF 電力増幅器、高電圧スイッチング装置、光電検出器、太陽電池、スピン伝導電子装置 (spin transport electronic)、MOSFET、MESFET、集積ロジック / 化合物半導体デバイスからなる群から選択される、請求項 21 に記載のデバイス。

30

【請求項 24】

前記デバイスが、カラーディスプレイ、交通信号、自動車照明、航空照明、商用照明、住居照明、赤外線リモートデバイス、画像スキャナ、ビデオデバイス、写真デバイス、センサー、タッチスクリーン、紫外線殺菌および殺菌デバイス、紫外線治療デバイス、プリンター、機械式ビジョンデバイス、高密度光記憶ディスク、および磁気抵抗ランダムアクセスメモリデバイスからなる群から選択される、請求項 21 に記載のデバイス。

40

【請求項 25】

第 1 の相として多結晶質窒化アルミニウムを含む多相材料を含む熱処理基板であって、前記基板が、前記同一の温度で前記実質的に純粋な窒化アルミニウムの熱膨張係数 (CTE) と約 10 % 以上の差で異なる CTE を有する、基板。

【請求項 26】

第 2 の相として、窒化アルミニウムと化学的に反応せず、かつ前記同一の温度で前記実質的に純粋な窒化アルミニウムの CTE より大きい CTE を有する追加の材料を含む、請求項 25 に記載の熱処理基板。

【請求項 27】

50

前記第 2 の相が、前記基板の約 5 重量 % 以上含まれる、請求項 2 6 に記載の熱処理基板。

【請求項 2 8】

前記第 2 の相が、窒化チタンを含む、請求項 2 6 に記載の熱処理基板。

【請求項 2 9】

第 2 の相として、前記窒化アルミニウムおよび追加の材料の間の前記反応生成物を含み、前記反応生成物が、前記同一の温度で前記実質的に純粋な窒化アルミニウムの C T E より大きい C T E を有する、請求項 2 5 に記載の熱処理基板。

【請求項 3 0】

前記第 2 の相が、前記基板の約 5 重量 % 以上含まれる、請求項 2 9 に記載の熱処理基板

10

【請求項 3 1】

前記第 2 の相が、前記窒化アルミニウムおよび酸化アルミニウムの間の反応生成物を含む、請求項 2 9 に記載の熱処理基板。

【請求項 3 2】

前記基板が、前記同一の温度で前記実質的に純粋な窒化ガリウムの C T E の約 2 5 重量 % 内の C T E を有する、請求項 2 5 に記載の熱処理基板。

【請求項 3 3】

前記基板の前記 C T E が、前記同一の温度で前記実質的に純粋な窒化アルミニウムの C T E を約 1 0 % 以上の差で超える、請求項 2 5 に記載の熱処理基板。

20

【請求項 3 4】

前記熱処理基板を被覆する半導体成長層をさらに含み、前記熱処理基板が、前記半導体成長層に熱的に一致するような C T E を有する、請求項 2 5 に記載の熱処理基板。

【請求項 3 5】

前記半導体成長層が、前記同一の温度で前記実質的に純粋な C T E と約 1 0 % の差で異なる C T E を有する、請求項 3 4 に記載の熱処理基板。

【請求項 3 6】

前記半導体成長層および前記多結晶質窒化アルミニウムベース基板の両方の C T E が、前記同一の温度で前記実質的に純粋な C T E と約 1 0 % の差で超える C T E を有する、請求項 3 5 に記載の方法。

30

【請求項 3 7】

前記熱処理基板の C T E が、前記同一の温度で前記半導体成長層の C T E の約 2 5 % 内である、請求項 3 4 に記載の熱処理基板。

【請求項 3 8】

前記半導体成長層が、III 族窒化物を含む、請求項 3 4 に記載の熱処理基板。

【請求項 3 9】

前記半導体成長層が、窒化ガリウムを含む、請求項 3 8 に記載の熱処理基板。

【請求項 4 0】

前記半導体成長層が、単一の結晶材料を含む、請求項 3 8 に記載の熱処理基板。

【請求項 4 1】

前記半導体成長層および前記熱処理基板の間に配置され、または前記半導体成長層を覆うように配置される、1 つ以上の追加的層をさらに含み、請求項 3 4 に記載の熱処理基板。

40

【請求項 4 2】

前記多相材料が、押圧されかつ焼結された材料である、請求項 2 5 に記載の熱処理基板。

【請求項 4 3】

請求項 3 4 ~ 4 2 のいずれか 1 項に記載の熱処理基板を含むデバイス。

【請求項 4 4】

前記デバイスが、電子デバイス、光デバイス、および光電子デバイスからなる群から選

50

扱われる、請求項 4 3 に記載のデバイス。

【請求項 4 5】

前記デバイスが、発光ダイオード、レーザダイオード、高電子移動度トランジスタ (H E M T)、ヘテロ接合バイポーラトランジスタ (H B T)、無線周波回路、マイクロ波回路、RF 電力増幅器、高電圧スイッチング装置、光電検出器、太陽電池、スピン伝導電子装置 (s p i n t r a n s p o r t e l e c t r o n i c)、M O S F E T、M E S F E T、および集積ロジック/化合物半導体デバイスからなる群から選択される、請求項 4 3 に記載のデバイス。

【請求項 4 6】

前記デバイスが、カラーディスプレイ、交通信号、自動車照明、航空照明、商用照明、住居照明、赤外線リモートデバイス、画像スキャナ、ビデオデバイス、写真デバイス、センサー、タッチスクリーン、紫外線殺菌および殺菌デバイス、紫外線治療デバイス、プリンター、機械式ビジョンデバイス、高密度光記憶ディスク、および磁気抵抗ランダムアクセスメモリデバイスからなる群から選択される、請求項 4 3 に記載のデバイス。

10

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、さらなる工程または使用時に熱膨張に関連する層の損傷の発生を低減または除去するように、基板に関連する 1 つ以上の層を熱的に一致させるよう処理した多結晶質窒化アルミニウムに関連する。より詳細には、この多結晶質窒化アルミニウム基板は、これら基板と関連する層の熱膨張係数 (C T E) にほぼ一致する C T E を有するよう処理される。このような熱膨張工学は、たとえば、多相多結晶質窒化アルミニウム基板の C T E が、実質的に純粋な窒化アルミニウムの C T E と適切に異なり、好ましくは、1 つ以上の多結晶質窒化アルミニウム基板と関連する層の C T E にほぼ一致するように (第 1 の窒化ナトリウム相に加えて) 第 2 相材料を導入または形成することを含むことができる。

20

【背景技術】

【0002】

これまで、高性能であり低コストの電子デバイス、光学デバイスおよび光電子デバイス構造が望む声が高まっている。一般に、このような構造は、堆積フィルムのエピタキシャルテンプレートとして作用する基板上の結晶質薄膜の堆積により、調製することができる。しかしながら、このようなデバイス構造の最適化は、使用される基板の材料の物理的特性により制限されることがある。

30

【0003】

適した基板を商業的に利用することが難しく、また適した基板の生産費用が法外に高額であることから、現在、接合層およびそれらの基板の間の熱膨張係数 (C T E) を最適に一致させることは難しい。たとえば、Ge および In P 基板は、それぞれ、地球上および宇宙空間光電池で使用される Ga As および In Ga As などのフィルムに、十分に格子整合される。しかしながら、これら基板材料の費用は、シリコンなどの競合基板と比較して比較的高額である。同様に、バルク Ga N 基板は、Ga N ベースフィルムが堆積することが好ましいが、Ga N ベースフィルムは、従来、サファイアまたは Si C などの非格子整合基板上に従来堆積されるため、バルク Ga N 基板には高い費用がかかる。しかしながら、Ga N フィルムおよびサファイアまたは Si C 基板の間の整合格子および C T E の不一致は、このような基板の性能を限定するため、このことは、理想的ではない。

40

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0004】

高強度で、酸化抵抗が高く、熱衝撃抵抗、高熱伝導性、低電気伝導性、および液体金属による腐食に対する抵抗などの多結晶質 A I N の有益な特性の観点から、特に、電子的、光学および光電子デバイス構造の特性において比較的低コストの基板として多結晶質窒化アルミニウム基板は、特に有益である。しかしながら、多結晶質窒化アルミニウム基

50

板およびこの基板と接合した他の層の間の熱膨張の不一致などの問題が、デバイス作成において多結晶質 A I N 基板を使用する場合に起こる可能性がある。したがって、多結晶質の非常に有益な特徴を提供する基板を有し、同様に、基板および基板に接合する層との間の C T E 不一致に関連する問題を解決することが非常に有益である。

【課題を解決するための手段】

【0005】

本発明は、半導体技術に関して使用することのできる材料および方法を提供する。より詳細には、半導体デバイスおよび/または半導体デバイスの調製に使用される基板材料の異なる層に使用される材料の熱膨張係数 (C T E) の不一致から起こる材料の物的損失を低減することにより半導体製造を改善した材料および方法を提供する。本発明は、特に、成長層、または成長層および成長した半導体層上に形成された半導体材料に移すことのできる成長層の C T E にほぼ一致できるようにカスタマイズされた C T E を有するよう熱的に処理することのできる多結晶質窒化アルミニウムベース基板を提供できることに関連した特徴を有し得る。

10

【0006】

ある実施形態において、本発明は、半導体材料の調製または半導体材料の調製において使用される中間基板の調製に使用することのできる熱処理基板を提供する。いくつかの実施形態において、この熱処理基板は、第 1 の相としての多結晶質窒化アルミニウムを含む多相材料を含むことができる。この多相材料は、同様に、全体の基板の C T E を変えるよう機能する 1 つ以上のさらなる相をも含む。好ましくは、このさらなる相は、この基板が、同一の温度で、実質的に純粋な窒化アルミニウムの C T E よりも約 10 % 以上の差で異なる C T E を有するよう十分な量で存在する。この多相材料は、多様な工程により形成される。たとえば、この多相材料は、押圧した材料または押圧および焼結した材料であり得る。別の例では、本発明は、テープ成形などの他の製造方法に適用されてもよい。

20

【0007】

いくつかの実施形態において、この熱処理基板は、第 2 の相として、A I N と化学的に反応せず、かつ、同一の温度で実質的に純粋な A I N の C T E よりも大きな C T E を有する追加の材料を含み得る。たとえば、この第 2 の相を、基板の約 5 重量 % 以上含むことができる。1 つの実施形態において、この第 2 の相は、窒化チタンを含み得る。同様に、他の材料を使用してもよい。

30

【0008】

他の実施形態において、この熱処理基板は、第 2 の相として、A I N および追加の材料 (すなわち、前駆材料) の間の反応生成物を含むことができ、この反応生成物は、同一の温度で、実質的に純粋な A I N の C T E よりも大きな C T E を有する。さらに、この第 2 の相材料反応生成物を、基板の約 5 重量 % 以上含むことができる。たとえば、この第 2 の相は、窒化アルミニウムおよび酸化アルミニウムの間の反応の生成物を含み得る。同様に、他の反応生成物が第 2 の相を含んでもよい。

【0009】

特定の実施形態において、この熱処理基板において、他の材料の C T E とほぼ一致する C T E を表すように形成することができる。たとえば、1 つの実施形態において、この基板は同一の温度で実質的に純粋な窒化ガリウムの C T E の約 25 % 以内である C T E を有し得る。さらなる実施形態において、この値をより近似することができる。

40

【0010】

いくつかの実施形態において、本発明は、基板上の半導体材料の成長に有益である中間基板組成物に特に関連する。特に、この中間基板は、この成長層に熱的に一致する多結晶質窒化アルミニウム基板を被覆する半導体成長層を含み得る。たとえば、半導体成長層および多結晶質 A I N ベース基板は、それぞれ、同一の温度で実質的に純粋な多結晶質 A I N の C T E と異なる (たとえばこれを超える) 熱膨張係数 (C T E) を有し得る。実質的に純粋な A I N の C T E よりも低い C T E を有する成長層が使用される場合、同様に、本発明により、実質的に純粋な A I N の C T E よりも低い C T E を有するよう熱処理された

50

多結晶質 A I N ベース基板を使用することが可能である。例として、特定の実施形態において、多結晶質 A I N ベース基板は、同一の温度で実質的に純粋な A I N の C T E を約 10% 以上の差で超える C T E を有することができる。他の実施形態において、この多結晶質 A I N ベース基板の C T E が、同一の温度で半導体成長層の C T E の約 25% 以内とすることができる。当然、この多結晶質 A I N ベース基板は、実質的に純粋な A I N と比較して、半導体成長層と比較して、または成長した半導体層と比較して、C T E 値をさらに表すように熱処理されることもあり得る。このことは、本明細書中の他の部分にも記載されるものとする。

【0011】

この半導体成長層は、基板上の成長する半導体に有益であるいずれかの材料を含み得る。特定の実施形態において、半導体成長層は、窒化ガリウムなどの III 族の窒化物質を含み得る。好ましい実施形態において、この成長層は、単一の結晶材料であってもよい。当然、この成長層の特定の組成物は、成長層の C T E を決定するものであり、かつこの多結晶質 A I N ベース基板は、このような C T E にほぼ一致するよう処理され得る。

10

【0012】

ある実施形態において、この多結晶質 A I N ベース基板は、第 1 の相の構成要素として多結晶質 A I N を含み得、かつ第 2 の相の構成要素（および C T E をカスタマイズするために有益であるものとしての、第 3 の相の構成要素またはそれ以上の相）をさらに含み得る。好ましくは、この第 2 の相構成要素（またはさらなる層）を含むことにより、ベース層の基板の全体の C T E を望ましい範囲に変える。たとえば、第 2 の相構成要素は、A I N と化学的に反応せず、かつ同一の温度で実質的に純粋な A I N の C T E と異なる（たとえばより大きい）C T E を有する追加の材料を含み得る。前述のように、実質的に純粋な A I N の C T E よりも低いベース層の C T E が望ましい場合には、この第 2 の相構成要素は、実質的に純粋な A I N の C T E よりも低い C T E を有する材料を含み得る。特定の実施態様において、追加の材料は、窒化チタンを含み得る。

20

【0013】

さらなる実施形態において、第 2 の相構成要素は、A I N および追加の材料（すなわち前駆材料）の間の反応の生成物を含み得る。好ましくは、この追加の材料は、第 2 の相の反応生成物が、同一の温度で実質的に純粋な A I N よりも大きい（または望ましい場合にはより小さい）C T E を有するように選択される。いくつかの実施形態において、このベース基板が、前駆材料の含有物が全く存在せず、かつ実質的に A I N およびこの反応生成物または生成物を含むため、十分な反応時間の経過後に、実質的にすべての追加的な前駆材料が、反応し除去されることが望ましい。使用される A I N の純度により、微小な不純物の含有が、本明細書の他の部分に記載されるように残存していてもよい。他の実施形態において、この前駆材料の含有物の中には、反応の終了後に、ベース基板の中に残存してよい場合もある。この最終的ベース基板の C T E を、A I N および添加剤、形成された反応生成物の含有物ならびに残存する反応していない前駆材料の含有物の知られている反応化学量論に基づき計算することができる。1 つの実施形態において、この反応生成物は、A I N および酸化アルミニウムの間の反応生成物であり得る。

30

【0014】

ベース基板および成長層に加え、本発明による中間基板は、半導体成長層および多結晶質 A I N ベース基板の間に位置し、または半導体成長層を被覆するように位置する 1 つ以上の追加的な層をさらに含んでもよい。さらに本明細書中に記載されるように、1 つ以上のさらなる層が、半導体層の成長に有益であってもよく、中間基板上に成長した半導体層の特性を変化させることが有益であってもよく、または、このベース基板に対しての成長層の接合を容易にしてもよい。

40

【0015】

ある実施形態において、本発明は、特に本明細書に記載される中間基板を使用して形成されるデバイスに関することができる。たとえば、このデバイスは、電子デバイス、光デバイスおよび光電子デバイスからなる群から選択することができる。この特定の実施形態

50

において、この装置は、発光ダイオード、レーザダイオード、高電子移動度トランジスタ、ヘテロ接合バイポーラトランジスタ、RF電力増幅器、配電網用の高電圧スイッチング装置、光電検出器、太陽電池、スピン伝導電子装置 (spin transport electronic)、MOSFET、MESFET、集積ロジック/化合物半導体デバイスおよび類似のデバイスからなる群から選択され得る。本明細書に記述される半導体デバイスを組み込む本発明により得られるより特定の製品は、カラーディスプレイ (たとえば、テキストおよびビデオディスプレイ)、交通信号、自動車照明、航空照明、商用照明、住居照明、赤外線リモートデバイス、画像スキャナ、ビデオデバイス、写真デバイス、(医療機器、コンピュータデバイス、およびゲームデバイス)などのセンサー、タッチスクリーン、紫外線殺菌および殺菌デバイス、紫外線治療デバイス、プリンター、機械式ビジョンデバイス (たとえば、バーコードスキャナ)、および高密度光記憶ディスクからなる群から選択され得る。

10

【0016】

さらなる実施形態において、本発明は、基板上での半導体材料の成長用の多結晶質AIN基板を調製する方法に関連し得る。特定の実施形態において、このような方法は、以下の、AIN粒子のCTEと異なるCTEを有する第2の相の含有物と第1の相のAINを組み合わせるステップおよび同一の温度で実質的に純粋なAINのCTEと異なるCTEを有する多相AIN材料を形成するための多結晶質AIN基板を形成する材料を処理するステップを含むことができる。より詳細には、このような処理は、AIN粒子および第2の相の粒子を押圧し、押圧されたスラグを形成し、押圧したスラグを焼結し、同一の温度で実質的に純粋なAINのCTEと異なるCTEを有する焼結した多相AIN材料を形成することを含んでもよい。上述のように、実質的に純粋なAINのCTEおよび第2の相材料のCTEの間の範囲内のCTEを有する合成材料を得るために、AINおよび第2の相材料の組み合わせを、知られている第2の相材料のCTEに基づいて計算することができる。1つの実施形態において、CTEを変えるためのAINのとの組み合わせのための適切な添加剤の例が、TiNである。好ましくは、この処理された多結晶質多相AINベース基板のCTEが、多相AIN材料上を被覆する異なる材料のCTEとほぼ一致する。たとえば、焼結した多相AIN材料は、GaNなどのIII族窒化物材料のCTEとほぼ一致する特定の範囲内にあるCTEを有するよう処理されてもよい。

20

【0017】

多結晶質多相AIN材料の調製において、特定の処理パラメータを実施してもよい。たとえば、いくつかの実施形態において、この押圧ステップは、適用された熱がない状態で実行されてもよい。さらなる実施形態において、この焼結ステップは、周囲ガスが取り除かれたチャンバー内で実行されてもよく、好ましくは、N₂雰囲気内で実行され得る。他の実施形態において、本方法は、焼結した多相AIN材料の表面の少なくとも1つの研磨することをさらに含み得る。

30

【0018】

ある実施形態において、多結晶質AIN基板を調製するさらなる方法が、反応生成物の形成を引き出すことを含み得る。たとえば、このような方法は、以下の、AINと反応する前駆材料の含有物と第1の相を組み合わせ、AINのCTEと異なるCTEを有する第2の相反応生成物を形成するステップと、同一の温度で実質的に純粋なAINのCTEと異なるCTEを有する第2の相反応生成物を形成するステップと、この材料をさらに処理し、同一の温度で実質的に純粋なAINのCTEと異なるCTEを有する多相AIN材料を形成するステップとを含む。いくつかの実施形態において、さらなる工程が、これらと組み合わせられた反応生成物 (および前駆材料) とAINを共に押圧し、押圧されたスラグを形成することと、押圧したスラグを焼結して、同一の温度で実質的に純粋なAINのCTEと異なるCTEを有する焼結した多相AIN材料を形成することを含みことができる。このような方法を、上述および本明細書にさらに記述されるように、特定の処理パラメータを使用して実行してもよい。1つの実施形態において、実質的に純粋なAINと異なるCTEを有する1つ以上の反応生成物用との反応のための適切な前駆材料の例は、A

40

50

1_2O_3 である。

【0019】

さらなる実施形態において、本発明は、同様に、基板上の半導体物質の成長に有益な中間基板を調製する方法を提供し得る。特に、本方法は、本明細書に記述される熱処理された多結晶質窒化アルミニウム上の半導体成長層を被覆することを含む。たとえば、このような方法は、以下の、同一の温度で実質的に純粋な多結晶質AINのCTEと異なるCTEを有する多結晶質AINベース基板を提供するステップと、半導体成長層をベース基板に被覆するステップとを含む。特定の実施形態において、この多結晶質AINベース基板は、同一の温度で半導体成長層のCTEのある範囲内であるCTEを有するよう処理された基板であり得る。したがって、半導体成長層材料のCTEの知識により、成長層材料のCTEと近いまたは同一である望ましい範囲内のCTEを有するよう処理された多結晶質AINベース基板を調製するまたは得ることが可能である。中間基板が、半導体材料または層の成長に使用される場合、ベース基板および成長層と一致するCTEは、(たとえば、上昇する温度で実行されるエピタキシャル成長工程における)熱膨張から起こり得る損傷を防ぐような物理学的特性を有するように調製された中間基板形成される。さらなる実施形態において、この多結晶質AINベース基板は、半導体材料または成長相上で成長する相のCTEのある範囲内であるCTEを有するよう処理された基板であり得る。

特定の実施形態において、多結晶質AINベース基板のCTEは、成長層のCTEおよび成長する半導体材料のCTEとほぼ一致する範囲内であり得る。この処理の終わりでは、(たとえば、実質的に純粋なAINと異なるCTEを有する1つ以上の反応生成物を形成するために、実質的に純粋なAINのCTEと異なるCTEを有する添加材料と、またはAINと反応する前駆材料との組み合わせを介して、)この多結晶質ベース基板は、本明細書に記載のいずれかの適切な方法により調製することができる。

【0020】

本発明による中間基板を調製する方法は、同様に、1つ以上の追加的な層を提供することを含んでもよい。たとえば、いくつかの実施形態において、半導体成長層および多結晶質AINベース基板の間に位置する1つ以上の追加的な層を提供することが有益であってもよい。他の実施形態において、半導体成長層を被覆するように位置する1つ以上の追加的な層を提供することが有益であってもよい。このように追加的な層を提供することの利点は、本明細書にさらに記述されるものである。

【0021】

さらなる実施形態において、本発明は、同様に、半導体材料を調製する方法を提供し得るものである。本方法は、本明細書に記述される中間基板の半導体層を成長させることを含み得る。たとえば、特定の実施形態において、本発明は、以下の、本明細書に記述される多相性多結晶質AINベース基板を含み、かつこのベース基板に接合する半導体成長層をさらに含む中間基板を提供するステップであり、このベース基板のCTEが、同一の温度で半導体成長層のCTEの定義された範囲内にあるステップと、成長層上の半導体層を成長するステップとを含む。このような方法は特に、半導体材料の成長を容易にすることに有益であり、中間基板の熱膨張から起こるデバイス損傷または不良の発生を低減または除去することとなる。さらに、ある中間体を調製し、または得ることが可能であり、このベース基板が成長層とほぼ一致するだけでなく、成長する半導体材料とほぼ一致したCTEである。本方法では、熱膨張のいずれかの損傷の影響が、このベース基板、成長層および成長した半導体層に関連して低減されまたは除去され得る。この半導体材料は、化学蒸着(CVD)、金属有機化学蒸着(MOCVD)、分子線エピタキシャル成長(MBE)、ハイドライト気相成長(HVPE)、複合照射法(IBAD)などの当業者のいずれかの適切な方法により成長し得る。

【0022】

本発明による半導体材料を調製する方法は、同様に、1つ以上の追加的な層を提供することを含んでもよい。たとえば、半導体成長層および半導体層の間に位置する1つ以上の追加的な層を提供するいくつかの実施形態において有益である。他の実施形態におちえ、

半導体相を被覆するように位置する1つ以上の追加的な層を提供することが有益であってもよい。

【発明を実施するための形態】

【0023】

本発明は、多様な実施形態の参照を介して、より完全に以下に記述されるものである。これらの実施形態は、本開示が、完全かつ徹底的であり、かつ当業者に本発明の範囲を完全に伝えるように提供されるものである。したがって、本発明は、多くの異なる形態で実施されてもよく、本明細書中に表示される実施形態に限定されるものとして構成されるべきではなく、かつこれらの実施形態は、本開示が適用される法的要件を満たすために提供されるものである。本明細書および添付された請求項に使用されているように、形体の「a」、「an」、「the」は、本文で明確に他の意味が示されない限り、複数の意味を含むものとする。

10

【0024】

本発明は、電子デバイス、光デバイス、および光電子デバイスの調製に関連する有益な方法および材料を提供する。本発明は、特に、基板、中間基板、およびたとえば、発行ダイオード(LED)、レーザダイオード(LDs)などといった半導体デバイスの調製に有益であるものの調製に関する。特に、この基板および中間基板は、半導体デバイス、特に、III族の材料、より詳細にはIII族の窒化物材料を組み込むような半導体デバイスの調製に使用される伝統的バルク基板よりも性能および費用に非常に利点のあるデバイスを提供することができる。本発明の方法および材料は、同様に、ラミネート基板、すなわち、(しばしばハンドル基板とも呼ばれる)支持基板の下に付着する結晶質薄膜の使用に関連する分野の問題をも解決する。たとえば、LEDsおよびLDsの分野において、特に、シリコン、ガリウム、砒化物、またはサファイアなどのハンドル基板に付着するGaNまたはAlNバッファ層を形成するラミネート基板上のIII族の窒化物フィルムを成長させるために有益であり得る。しかしながら、上で指摘したように、基板およびバッファ層の間のCTEの不一致は、深刻な処理の損傷、特に、たとえば、エピタキシャルな方法といった典型的な半導体調製工程に要求される温度上昇においての損傷を引き起こす可能性がある。CTEの不一致による重圧下で、成長工程の段階が異なって発展する可能性がある。エピタキシャル層の堆積の前に、ラミネート基板が成長の前のアニーリング温度または成長の温度のどちらかまで加熱された場合、CTEの不一致による重圧が発展し得る。成長の間、(たとえば、異なる層の特性を最適化するためにエピタキシャル成長において共通に使用されるように)この温度が異なる値で循環する場合、CTEの不一致にてラミネートフィルムおよび堆積した層の重圧状態を変化し得る。この基板が室温まで冷却され、成長する場合、成長層および支持基板の間のCTEの不一致が成長層の実質的な重圧を得るという結果となり得る。(たとえば、レーザリフトオフ、ヒートシンクアタッチ面および接触合金化における)成長後の熱処理は、成長層の重圧の状態をさらに変化し得る。

20

30

【0025】

CTEの一致は、柔軟性およびカスタマイズ性のない選択といった一般的でない基板の選択(たとえば、サファイアと接合した焼結モリブデン)によるいくつかの例において達成してもよい。この技術は、従来は低コストではなく、商業的にIII族の窒化物材料のバルクシリコンを利用することがあるため、このIII族の窒化物の成長は、デバイス層の格子定数と全く異なる格子定数である基板上で、共通して実行されてきた。しかしながら、本発明は、非常に柔軟な材料 多くの望ましい特性を有する多結晶質窒化アルミニウムを使用して提供することができる。基板と一致するCTEとしての多結晶質窒化アルミニウムの使用範囲を広げる特質は、多結晶質窒化アルミニウムウエハを熱処理する特質を認識し、カスタマイズ可能なCTE値を得ることができる。

40

【0026】

ある実施形態において、本発明は、基板上の半導体材料(すなわち、層)の成長に有益であり得る中間基板に関連する。本明細書で使用されるようにこの用語「半導体材料」は

50

、電子デバイス、光デバイスおよび/または光電子デバイスの形成の使用で見出された単一層および複合層の材料に関するものとして理解される。

【0027】

本発明による中間基板は、成長層と熱的に一致した多結晶質AINベース基板を被覆する半導体成長層の特定の組み合わせにより特徴づけられる。本明細書中で使用される、用語「被覆する」は、2つの層が組み合わせられ、単一の構造を形成することを示す物理的関係を表すことを示す。半導体材料が、成長層より上ではあるが、直接ベース基板層の上ではない部分で成長することにより、この成長層が、半導体材料が成長層より上に、かつベース基板層に直接ではない状態であるベース基板を「被覆する」と考えられ、この用語は、絶対的な方向を配置することが必ずしも必要ではないことを示す。むしろ、このベース基板に直接的または間接的に取り付けられる。この単一構造は、この層が永続的に（すなわち、1つまたは両方の層を破壊するまたは目的と異なる使用する力を適用することなく分離することができないように）組み合わせられるようにまたは一時的に（すなわち、分離するための特定の方法を適用することなく自発的に分離することがなく）組み合わせられる。いくつかの実施形態において、この層は、弱い力を介して組み合わせられてもよい。他の実施形態において、この層は、共に付着またはラミネートされていてもよい。

10

【0028】

さらなる実施形態において、この中間基板は、1つ以上の追加的な層を含み得る。このような追加的な層は、半導体成長層および多結晶質AINベース基板の間に位置され得る。このような中間層は、いくつかの実施形態においては、ベース基板に対する成長層の接着を容易にするために有益である。さらに、追加的な層は、半導体成長層を被覆するように位置され得る。このような追加的な被覆層は、いくつかの実施形態において、中間基板上の半導体材料の成長を容易にするために有益であり得る。この追加的な層を含むことは、ベース基板層の被覆として成長層の状態を変化させるものとして考えるものではない。この追加的な層は、ベース基板に対して成長層の間接的な付着を容易にしてもよい。

20

【0029】

多結晶質AINは、他方で上述されている通り、多くの有益な特性の観点から望ましいベース基板であるが、AINの熱膨張係数(CTE)は、半導体成長層またはこの上で成長する他の層で使用される材料と全く異なるCTEであり得る。このようなCTEの差異は、ポウイング、クラッキング、デラミネーションなどのような問題を引き起こす可能性がある。ある材料のCTEは、周囲条件(すなわち、室温)および高温(たとえば、デバイス構造のエピタキシャルな成長が起こる温度)の間に変動し得る。概して、CTEは、検査された材料のa軸およびc軸の内の1つまたは両方において測定され、特定の温度 α または γ として記録され、または(たとえば、室温から1000Kまでの)ある範囲上に平均化される。

30

【0030】

文献に記録されるように、室温での実質的に純粋なAINのCTE(α)は、約 $3.0 \times 10^{-6} \text{ K}^{-1}$ である(Wang and Reeber, 1998, Mat. Res. Soc. Symp. Proc., vol. 482参照)。本明細書で使用されるように、用語「実質的に純粋なAIN」は、組み合わせたいずれかの材料を意図的にドーブ処理させず、むしろ、窒化アルミニウムおよび僅かな量(deminimis)の不純物のみを含むAINを意味する。特定の実施形態において、実質的に純粋なAINは、さらなるいずれかのIII族またはV族の元素を含まないAINを意味し得る。いくつかの実施形態において、実質的に純粋なAINは、少なくとも98重量%、少なくとも98.5重量%、少なくとも99重量%、少なくとも99.25重量%、少なくとも99.5重量%、少なくとも99.75重量%、少なくとも99.8重量%、または少なくとも99.9重量%の純度(すなわち、純粋なアルミニウムおよび窒素)であるAINを意味する。材料のCTEを結成する方法は、上記のWang and Reeberにより記述されかつ示される。材料の線熱膨張を評価するさらなる一標準的な方法は、ASTM C372-94(2007)において提供される。熱膨張の測定に関する記述された開

40

50

示は、参照として本明細書に組み込まれ、当業者が本開示で使用され得るさらなる材料の C T E を決定するような方法を使用し得ることが予測される。

【 0 0 3 1 】

多結晶質 A I N ベース基板を被覆する半導体成長層は、半導体材料の調製および本明細書に記述されるデバイスに有益であるいずれかの材料を含み得る。特定の実施形態において、この成長層は、III族およびV族の元素のいずれかの組み合わせを含み得る。好ましい実施形態において、この成長層は、III族窒化物を含み得る。限定するものではないが、成長層の材料層の例は、G a N、A l N、A l G a N、I n G a N、I n N、I n A l G a N、A l I n N、A l G a A s、G a P、G a A s、G a A s P および A l G A I N P を含む。好ましい実施形態において、この半導体成長層は、単一の結晶性 G a N などの単一の結晶材料を含み得る。

10

【 0 0 3 2 】

半導体成長層が、多結晶質 A I N 材料と異なる材料から形成されてもよいため、成長層の C T E は、ベース基板において使用される実質的に純粋な A I N の C T E と非常に異なる可能性がある。C T E 値が温度により非常に変動するため、本発明による熱的一致が、異なる材料のそれぞれの C T E 値の間の意味のある関係を提供する特定の温度を示すことができる。たとえば、多結晶質 A I N の C T E および成長層で使用される材料の C T E は、室温で得られる値、特定の上昇する温度（たとえば、エピタキシンが起り得る温度など）で得られる値、または特定の範囲（たとえば、約 1 0 0 0 K に対するおおよその室温）で得られた値を参照してもよい。特定の実施形態において、C T E 値は、2 9 8 ° K、3 0 0 ° K、4 0 0 ° K、5 0 0 ° K、6 0 0 ° K、7 0 0 ° K、8 0 0 ° K、9 0 0 ° K、1 , 0 0 0 ° K、1 , 1 0 0 ° K または 1 , 2 0 0 ° K などの同一の温度を意味してもよく、また C T E 値は、上記の温度（たとえば、約 8 0 0 K ~ 約 1 2 0 0 K の範囲）のいずれかの範囲内で平均化された値を参照してもよい。したがって、この材料の熱的一致は、同一の温度で定義される関係（たとえば、同一の温度で測定される場合の、ベース基板の C T E および成長層の C T E ）を有するものとして記述されてもよい。たとえば、クラッキングおよび他の損傷が、エピタキシャル成長の後の冷却中の G a N デバイス層中で起り得る。したがって、特に、エピタキシャル成長温度および / または成長温度未満の温度範囲（すなわち冷却範囲）内の成長層の C T E と一致するベース基板の C T E と関連がある。したがって、本発明は、異なる温度で異なる材料の C T E 値を限定するものと考えられるべきではない。むしろ、本発明は、材料の熱膨張に関連する損傷が、相対温度で材料の C T E とほぼ一致するように軽減され得ると思われる。

20

30

【 0 0 3 3 】

たとえば、窒化ガリウムは、室温で約 $4 . 0 \times 10^{-6} \text{ K}^{-1}$ の C T E (α) を有し (W a n g a n d R e e b e r , 1 9 9 8 , M a t . R e s . S o c . S y m p . P r o c . , v o l . 4 8 2 参照)、窒化インジウムは、室温で約 $3 . 8 \times 10^{-6} \text{ K}^{-1}$ の C T E (α) を有し (W a n g a n d R e e b e r , 2 0 0 1 , A p p l . P h y s . L e t t . , v o l . 7 9 , n o . 1 1 , p p . 1 6 0 2 - 1 6 0 4 参照)、上記開示の両方が、本明細書に参照として組み込まれる。開示を平易にするため、本発明は、半導体成長層の G a N の使用に関連するものとして本明細書に記述される。しかしながら、当業者は、G a N の考察の観点から、他の半導体の成長材料に対して本発明を使用することができ、このような他のすべての成長が、本発明に包有されることを示すことが理解される。

40

【 0 0 3 4 】

概して、本発明による半導体成長層として使用される材料は、一般に、同一の温度で測定される場合、実質的に純粋な A I N の C T E よりも大きい C T E を有する。したがって、特定の実施形態において、この半導体成長層および多結晶質 A I N ベース基板は、同一の温度で実質的に純粋な多結晶質 A I N の C T E よりも大きな C T E をそれぞれ有し得る。当然本発明は、実質的に純粋な多結晶質 A I N の C T E よりも大きな C T E 値まで熱処理するとして限定して見るべきではない。むしろ、この多結晶質 A I N が、実質的に純粋

50

な A I N の C T E よりも小さい C T E 値と一致することが望ましい場合（たとえば、半導体成長層が同一の温度で実質的に純粋な A I N の C T E よりも小さい C T E を有する材料を含むなど）、そのように処理され得る。

【0035】

特定の実施形態において、ある半導体成長層の C T E と一致させるために、本発明による多結晶質 A I N ベース基板は、同一の温度で実質的に純粋な多結晶質 A I N の C T E と約 2 % 以上の量の差で異なる C T E を有するよう熱処理され得る。さらなる実施形態において、本発明により多結晶質 A I N ベース基板は、同一の温度で実質的に純粋な多結晶質 A I N の C T E と約 5 % 以上、約 10 % 以上、約 15 % 以上、約 20 % 以上、約 25 % 以上、約 30 % 以上、約 35 % 以上、約 40 % 以上、約 45 % 以上、または約 50 % 以上異なる C T E を有するよう熱処理され得る。同様に、このような値は、同一の温度で実質的に純粋な A I N の C T E より小さい C T E を有し、または同一の温度で実質的に純粋な A I N の C T E より大きな C T E を有する A I N ベース基板を処理することが望ましいいずれかの実施形態に適用されてもよい。好ましい実施形態において、この C T E は、同一の温度で実質的に純粋な A I N の C T E を超えるように処理される。本発明による熱処理のような使用を介して、同一の温度または温度範囲のそれぞれの材料の各 C T E は、C T E の不一致の結果として起こる損傷を防ぐために十分に接近するため、多結晶質 A I N ベース基板は、半導体成長層に熱的に十分に一致することができる。ある実施形態において、ベース基板の C T E が、成長層の C T E に関連する特定の範囲内である場合、多結晶質 A I N 基板は、半導体成長層に十分に熱的に一致するものとして理解され得る。たとえば、A I N ベース基板の多結晶質の C T E が、同一の温度の半導体成長層の C T E の約 25 % 以内であることが望ましい。さらなる実施形態において、多結晶質窒化アルミニウムベース基板の C T E が、同一の温度で半導体成長層の C T E の約 20 % 以内、約 15 % 以内、約 12 % 以内、約 10 % 以内、約 9 % 以内、約 8 % 以内、約 7 % 以内、約 6 % 以内、約 5 % 以内、約 4 % 以内、約 3 % 以内、約 2 % 以内、または約 1 % 以内であることが望ましい。

10

20

【0036】

本発明による多結晶質 A I N ベース基板の熱処理において、ベース基板の組成物を変えることにより A I N 合成物または合金を形成することができる。さらに詳細には、このベース基板形成に使用される多結晶質 A I N は、少なくとも 1 つの追加の材料または構成要素と組み合わせることができ、合成ベース基板またはベース基板合金を形成することができる。いくつかの実施形態において、多結晶質 A I N は、第 1 の相構成要素を意味し、かつこの少なくとも 1 つの追加的な材料は、第 2 の相構成要素を意味することができる。この第 2 の相構成要素は、特定の実施形態において、同一の温度で実質的に純粋な A I N の C T E よりも大きい C T E を有する。したがって、より低い C T E の多結晶質 A I N とより高い C T E の第 2 相構成要素の組み合わせは、第 1 および第 2 の相の材料の C T E の間の範囲内である C T E を有する合成物または合金ベース基板材料を得ることができる。当然、より低い C T E が望ましい場合、第 2 の相の材料は、実質的に純粋な A I N の C T E よりも低い C T E を有することができる。当然、本発明は、第 2 の相のみの使用に限定されるものではないことが理解される。むしろ、2 つまたはそれ以上の相が（A I N 粒子の相である、少なくとも 1 つの相と）組み合わせられ、より複合的な混合物を形成し、かつ材料の組み合わせから起こる得られた C T E を通してさらに強く制御されることが可能となる。

30

40

【0037】

特定の実施形態において、第 2 の相は、追加の材料として意味することができる。好ましくは、2 つ（以上の）材料の組み合わせが、いずれかの新規材料（たとえば、反応生成物）を作製することなく混合物のみを得ることができるように、この追加の材料は、A I N と化学的に反応しない材料であることが好ましい。たとえば、本発明により使用することができる 1 つの追加の材料は、窒化チタン（T i N）である。文献に記録されている通り、室温での T i N の C T E 値は、約 $9.2 \times 10^{-6} \text{ K}^{-1}$ である（本明細書に参照と

50

して組み込まれている Wokulska, K., 1998, Journal of Alloys and Compounds, 264, 223-227 を参照)。実質的に純粋な AIN の CTE および第 2 (またはそれ以上の) 相として使用されるいずれかの追加の材料の CTE の知識では、半導体成長層材料の CTE にほぼ一致する CTE を有する合成または合金多結晶質 AIN ベース材料を形成するために使用されるそれぞれの材料の調製を計算する可能性がある。たとえば、成長層が単一結晶 GaN (CTE $\sim 4.0 \times 10^{-6} \text{ K}^{-1}$) である実施形態において、実質的に純粋な AIN (CTE $\sim 3.0 \times 10^{-6} \text{ K}^{-1}$) に加える必要がある TiN の量を計算し、GaN の CTE にほぼ一致する CTE を有する合成組成物を得ることができる可能性がある。上述の方法における AIN と組み合わせることのできるいずれかの材料が、TiN に代わってまたは加えて追加の材料として使用することができる。

10

【0038】

他の実施形態において、本発明による合成または合金多結晶質 AIN ベース基板は、実質的な追加基板よりも第 2 の相 (またはさらなる相) が、AIN および添加剤 (すなわち前駆体) 材料の間の反応生成物であるように熱処理されてもよい。特に、反応生成物が、同一の温度で実質的に純粋な AIN の CTE と異なる (たとえばより大きい) CTE を有する 1 つ以上の材料を含むために、この添加剤が選択される。たとえば、酸化アルミニウム (Al_2O_3) は、AIN と反応して、多くの可能性のある AlON 相と平衡である複合相を形成する。したがって、AIN および Al_2O_3 の組み合わせの最終的な CTE は、端部材料相 (end member phase) および反応相の存在の相対量として機能し得る。室温の Al_2O_3 の CTE (約 $7 \times 10^{-6} \text{ K}^{-1}$) が、同一の温度で実質的に純粋な AIN の CTE よりも大きいため、最終合成多結晶質 AIN ベース基板の CTE を、構成要素の相対濃度を制御し、かつ形成される反応生成物の相対量を制御することにより、ベース基板と組み合わせられる成長層の CTE とほぼ一致されるよう調整することができる。反応生成物が形成されるいくつかの実施形態において、この合成ベース基板は、実質的に AIN および形成される反応生成物のみを含み得る。他の実施形態において、この合成ベース基板は、AIN、形成される反応生成物、および反応生成物を形成するために使用された前駆体添加剤のいくつかの含有物を含み得る。上述の方法における AIN と組み合わせることのできるいずれかの材料は、 Al_2O_3 に代わり、または Al_2O_3 に加えて追加の材料として使用し、反応生成物を形成し、AIN ベース基板の CTE を

20

30

【0039】

本発明による合成または合金多結晶質 AIN ベース基板は、ベース基板を被覆する半導体成長層として使用されてもよいいずれかの材料と実質的にほぼ一致する CTE を有するよう処理することができる。窒化型半導体では、この合成または合金多結晶質 AIN ベース基板の CTE は、特に (室温およびデバイス構造のエピタキシャル成長が起こる温度の間で平均化された) 約 $4 \times 10^{-6} \text{ K}^{-1} \sim 8 \times 10^{-6} \text{ K}^{-1}$ の範囲内であり得る。いくつかの実施形態において、(室温およびデバイス構造のエピタキシャル成長が起こる温度の間で平均化された) 合成または合金多結晶質 AIN ベース基板の CTE が、実質的に同一の温度で GaN の CTE と等しいまたはより大きな CTE となるように処理されることが有益である。たとえば、(室温およびデバイス構造のエピタキシャル成長が起こる温度の間の平均化された) 合成または合金多結晶質 AIN ベース基板の CTE が、同一の温度の GaN の CTE よりも約 1% から 50%、約 1% \sim 約 40%、約 1% \sim 約 30%、約 1% \sim 約 25%、約 1% \sim 約 20%、約 2% \sim 約 20%、約 3% \sim 約 20%、約 4% \sim 約 20%、または約 5% \sim 約 20% より大きい CTE を有し得る。

40

【0040】

上で認識されている通り、中間基板を提供することに加え、本発明は、同様に中間基板および半導体材料を含む、さらなる構造の調製における使用を提供することのできる独立型のベース基板をも提供する。したがって、特定の実施形態において、本発明は、熱処理基板を提供することにより特徴付けられ得る。このような基板は、第 1 の相として多結晶

50

質窒化アルミニウムを含む、押圧しかつ焼結した多相材料を含み得る。

【0041】

このような熱処理基板は、実質的に純粋なAlNと異なるようカスタマイズされたCTE値により特徴づけることができる。このような異なるCTE値は、すでに上述された範囲内であり得る。このように、熱処理基板は、他の種類の材料とほぼ一致するようカスタマイズされたCTE値により特徴付けることができる。くりかえしになるが、このような異なるCTE値は、すでに本明細書に記述される範囲内であり得る。この熱処理基板は、同様に、本明細書で使用される材料の合計の含有物により特徴付けることができる。

【0042】

いくつかの実施形態において、本発明による熱処理基板は、約50重量%以上、約60重量%以上、約70重量%以上、のAlNを含み得る。さらなる実施形態において、この基板は、約50重量%～約99重量%、約50重量%～約98重量%、約55重量%～約90重量%、約60重量%～約90重量%、約60重量%～約85重量%または約65重量%～約80重量%のAlNを含み得る。

10

【0043】

他の実施形態において、この基板は、さらなる相に存在する含有物により特徴付けられ得る。たとえば、第2の相としてAlNと反応しない添加剤が使用される場合、このような添加剤は、基板の最大約50重量%、最大約45重量%、最大約40重量%、最大約35重量%、最大約30重量%、最大約30重量%、最大約35重量%、最大約30重量%、最大約25重量%、最大約20重量%、最大約15重量%または最大約10重量%の量で存在し得る。さらなる実施形態において、この添加剤は、基板の約1重量%～約50重量%、約2重量%～約48重量%、約3重量%～約45重量%、約4重量%～約40重量%、約5重量%～約40重量%、約10重量%～約40重量%、約15重量%～約40重量%または約20重量%～約40重量%で含まれ得る。反応生成物が第2の相であるようにAlNと反応する添加剤を使用する場合、このような反応生成物は、上述の量内で存在し得る。前述の実施形態において、基板は、定義されたAlNの含有量、定義された添加剤の含有物（または反応生成物）、および定義された不純物の含有物を含むものとして特徴付けることができる。たとえば、不純物は、基板の最大2重量%、最大1.5重量%、最大1重量%または最大0.5重量%を占めてもよい。このような不純物は、反応しない添加剤を包有してもよい。したがって、いくつかの実施形態において、この基板は、定義されるAlNの含有物、定義された添加剤（または反応生成物）の含有物、および残存する（最大上述される量までの）不純物の含有物を実質上含むまたはからなるように記述してもよい。

20

30

【0044】

前述の観点から、本発明は、多様で有益な材料を提供する。たとえば、いくつかの実施形態において、本発明は、第1の相としての多結晶質窒化アルミニウムを含む多相材料を含む熱処理基板を提供し、この基板は、同一の温度で実質的に純粋な窒化アルミニウムのCTEと約10%以上異なるCTEを有する。熱処理基板は、第2の相として、窒化アルミニウムと反応せず、かつ同一の温度で実質的に純粋な窒化アルミニウムのCTEよりも大きなCTEを有する添加材料を含み得る。この第2の相は、基板の約5重量%以上に含まれ得る。例の通り、この第2の相は、窒化チタンを含み得る。他の実施形態において、この基板は、第2の相として、窒化アルミニウムおよび添加材料（すなわち前駆物質）の間の反応生成物を含み、この反応生成物は、同一の温度で実質的に純粋な窒化アルミニウムのCTEよりも大きいCTEを有し得る。繰り返すが、この第2の相は、基板の約5重量%に含まれ得る。例の通り、第2の相は、窒化アルミニウムおよび酸化アルミニウムの間の反応生成物を含み得る。さらなる実施形態において、この基板は、同一の温度で実質的に純粋な窒化ガリウムのCTEの約25%内であるCTEを有し得る。特に、この基板のCTEは、同一の温度で実質的に純粋な窒化アルミニウムのCTEを約10%以上超えることができる。

40

【0045】

50

他の実施形態において、本発明は、基板上の半導体材料の成長用の中間基板を提供する。この中間基板は、成長層と熱的に一致する多結晶質窒化アルミニウムを被覆する半導体成長層を含み得る。特に、この半導体成長層および多結晶質窒化アルミニウムベース基板は、それぞれ、同一の温度で実質的に純粋な多結晶質窒化アルミニウムのCTEと異なるCTEを有することができる。さらに多結晶質窒化アルミニウムベース基板のCTEは、同一の温度で実質的に純粋な窒化アルミニウムよりも約10%以上大きいCTEを有し得る。他の実施形態において、この多結晶質窒化アルミニウムベース基板のCTEは、同一の温度で、実質的に純粋な窒化アルミニウムのCTEの約25%内であり得る。特に、この半導体成長層は、III族の窒化物、たとえば窒化ガリウムを含み得る。この半導体成長層は、単一結晶材料を含み得る。いくつかの実施形態において、多結晶質窒化アルミニウムベース基板は、第1の相構成要素として多結晶質窒化アルミニウムを含み、かつさらに、第2の相構成要素を含み得る。たとえば、この第2の相は、窒化アルミニウムと化学的に反応せず、かつ同一の温度で実質的に純粋な窒化アルミニウムよりも大きなCTEを有する添加材料を含み得る。特に、この添加材料は、窒化チタンを含み得、この窒化チタンは、ベース基板の約5重量%以上含まれることができる。代替的に、この第2の相は、窒化アルミニウムおよび添加材料の間の反応生成物を含むことができ、この反応生成物は、同一の温度で、実質的に純粋な窒化アルミニウムのCTEよりも大きなCTEを有する。特に、この反応生成物は、窒化アルミニウムおよび酸化アルミニウムの間の反応生成物であり得る。いくつかの実施形態において、中間基板は、半導体成長層および多結晶質窒化アルミニウムベース基板の間に位置し、または半導体成長層を被覆するように位置する1つ以上の追加的層を含み得る。

10

20

【0046】

本発明は、特に、本明細書に記述される中間基板を含むデバイスを含むことができる。たとえば、このデバイスは、電子デバイス、光デバイスおよび光電子デバイスからなる群から選択することができる。より詳細には、このデバイスは、発光ダイオード、レーザダイオード、高電子移動度トランジスタ(HEMT)、ヘテロ接合バイポーラトランジスタ(HBT)、無線周波回路、マイクロ波回路、RF電力増幅器、高電圧スイッチング装置、光電検出器、太陽電池、スピン伝導電子装置(spin transport electronics)、MOSFET、MESFET、および集積ロジック/化合物半導体デバイスからなる群から選択されうる。他の実施形態において、このデバイスは、カラーディスプレイ、交通信号、自動車照明、航空照明、商用および住居照明、赤外線リモートデバイス、画像スキャナ、ビデオデバイス、写真デバイス、センサー、タッチスクリーン、紫外線殺菌および殺菌デバイス、紫外線治療デバイス、プリンター、機械式ビジョンデバイス、高密度光記憶ディスク、および磁気抵抗ランダムアクセスメモリデバイスからなる群から選択され得る。

30

【0047】

上述の構造に関連して、本発明は、基板上の半導体材料の成長に有益な多結晶質窒化アルミニウムを調製する方法を有益に提供する。ある実施形態において、本方法は、半導体成長層として使用することができる、かつ同一または異なる工程の一部として多結晶質AIN基板に付着することのできる第2の材料のCTEにほぼ一致するために、実質的に純粋なAINのCTEと全く異なるCTEにほぼ一致させるよう熱処理することを提供する。本方法は、さらに、AIN基板上(またはAIN基板を被覆する層上)に成長してもよい実質的な半導体材料または層のCTEにほぼ一致するCTEを有するために基板を熱処理することを提供する。

40

【0048】

いくつかの実施形態において、多結晶質AIN基板を調製する本発明による方法は、実質的に純粋な窒化アルミニウムと異なる第2の相材料の含有物と(「第1の相」材料または第1の相粒子として考えても良い)実質的に純粋な窒化アルミニウムを組み合わせることを含むことができる。ある実施形態において、この第2の相材料は、好ましくは、同一の温度で実質的に純粋なAIN粒子のCTEよりも大きいCTEを有する。この組み合わせ

50

された材料は、その後、望ましい処理条件を受けて最終生成物を形成する。たとえば、このような処理は、同一の温度で実質的に純粋な A I N の C T E よりも大きな C T E を有する焼結した多相 A I N 材料の押圧したスラグを形成するよう押圧することを含んでも良い。いくつかの実施形態において、本方法は、同一の温度で実質的に純粋な A I N の C T E よりも大きな C T E を有する焼結した多相 A I N 材料を形成する押圧したスラグを焼結することをさらに含み得る。

【 0 0 4 9 】

他の実施形態において、多結晶質 A I N 基板を調製する本発明による方法は、第 2 の相材料の含有物と第 1 の相の実質的に純粋な A I N を組み合わせることを含み得、これは、前駆材料と A I N の反応生成物である。この第 2 の相材料の反応生成物は、特に、実質的に純粋な A I N または前駆材料と異なる可能性がある。この前駆材料は、実質的に純粋な A I N の組み合わせに適したいずれかの形体（たとば、粉末、粒子または液体）であってもよく、これらの反応を容易にする。好ましくは、形成される第 2 の相材料の反応生成物は、実質的に純粋な窒化アルミニウムの C T E と異なる（より大きい）C T E を有する固体の材料である。前述のとおり、この実質的に純粋な A I N および第 2 の相材料の組み合わせは、押圧したスラグを形成するために押圧することができる。同様に、同一の温度で実質的に純粋な A I N の C T E と異なる C T E を有する焼結した多相 A I N 材料を形成するために、この押圧したスラグを焼結することができる。特定の実施形態において、この前駆材料は、焼結の間 A I N 粒子と反応することができ、実質的に純粋な A I N の C T E と異なる C T E を有する第 2 の相反応生成物を形成する。この焼結した多相 A I N 材料は、A I N、1 つ以上の反応生成物およびもし適用可能ならば、残存する反応していない前駆材料を含み得る。反応が、主に焼結ステップの間に起こることが予測されているが、本発明は、（全体的または部分的な）前駆材料の反応が、いずれかの焼結ステップ（たとえば押圧中）の前に起こり得る、第 2 の相材料の使用を含む。したがって、いくつかの実施形態において、第 2 の相反応生成物を形成する反応は、押圧ステップおよび / または焼結ステップなどの組み合わせられたステップおよび / またはいずれかのさらなる処理ステップにおいて起こっても良い。焼結した多相 A I N 材料は、他で上述されるように本質的に多結晶質 A I N ベース基板であり得、多結晶質ベース基板に関する本明細書に記述される特定の特性、特に他の材料と比較して C T E 値を表し得る。

【 0 0 5 0 】

いくつかの実施形態において、もし望ましい場合には、本発明の処理方法が、非常に高密度の窒化アルミニウム基板の形成を容易にし、かつ / または特に望ましい表面形状を備えた基板の形成を容易にするために有益なステップを含み得る。たとえば、いくつかの実施形態において、本方法は、バインダーおよび / または焼結助剤などの特定の材料の使用を除いても良い。

【 0 0 5 1 】

理由の 1 つとして、本明細書に記述される調製の特定の方法のため、本発明は、組成物の C T E を特異的に処理するよう選択される第 2 の相材料の使用を提供し得る。したがって、本方法は、先行技術に開示されるものを越えた温度の使用を提供し、もし望ましい場合には、焼結助剤の典型的な使用に先立つものであり得る。

【 0 0 5 2 】

本発明の方法は、同様に、多結晶質 A I N ベース基板の表面粗さをほぼ制御する特性のため有益である。従来が多結晶質 A I N ベース基板を調製する公知の方法は、望ましくない表面粗さ、特にナノメートルの寸法上の表面粗さを引き起こす多孔性を有するという結果となる可能性がある。

【 0 0 5 3 】

得られた表面の r m s の粗さを決定することにおいて、この表面トポグラフィーの表面を、表面形状 $z(x)$ として表すことができる。表面形状は、一般に、ある翼型中心線からのある距離まで離れた一連の最大値および最小値である。この翼型中心線からの最高値および最小値の距離が大きくなるほど、表面が粗くなる。この表面形状では、 z は測定さ

10

20

30

40

50

れた表面上の線に沿った特定の点での翼型中心線からの距離を表し、 x は、この線に沿った rms の粗さを決定するために査定された測定値の数を表す。したがって、 rms の粗さ (Rq) は、翼型中心線からの表面形状 $z(x)$ の実効値の偏差として定義される。このことは、以下の式

【数 1】

$$Rq = \left[\frac{1}{L} \int_0^L z^2(x) dx \right]^{1/2}$$

により計算される。

10

(式中、 L は x 方向に沿った表面形状の長さを表す。)

この rms の粗さは、一般に、記録された標準値における Rq により示され、かつ、ある分野、たとえば光学の分野においてシンボルによりしばしば表される。表面形状 $z(x)$ は、計数化された式の点 z_i による全ての現代器具にほぼ近接しているため、この上記の式は、計数式

【数 2】

$$Rq = \left[\frac{1}{N} \sum_{i=1}^N z_i^2 \right]^{1/2}$$

20

により、実際に置き換えることができる。

(式中、 N は、計測された表面形状におけるデータの点である。)

【0054】

さまざまなプロファイリング技術は、ナノメートルの寸法における表面粗さを計測することができる。このような技術の例は、触針式粗さプロファイリング、位相シフト緩衝顕微鏡、ノマルスキープロファイリング、原子間力顕微鏡法 (AFM) を含む。これらの方法の中で、AFM は、一般に 1 nm 以下の最も高い横方向分解能を作製するものとして認識される。表面粗さの評価は、参照として本明細書に組み込まれる Vorburger, T., Fu, J., and Orji, N., "In the Rough", SPIE's oe Magazine, 2(3), March 2002, p. 31-34 によりさらに記述される。 rms の粗さを計測することに有益である装置の一例として、Dektak 150 表面計測器 (Veeco Instruments, Inc., PLAINVIEW, NY 製) が挙げられる。

30

【0055】

特定の実施形態において、 rms の粗さは、所定のサンプリング領域にまたがって定義されてもよい。1つの実施形態において、このサンプリング領域は、約 $1000\text{ }\mu\text{m} \times 200\text{ }\mu\text{m}$ の次元を有していてもよい。サンプリングの寸法を変動しても良いが、サンプリングの寸法が、粗さの標準的特徴を保つ異なる試料の間に位置することが好ましい。いくつかの実施形態において、サンプリングの寸法が、約 $50\text{ mm}^2 \sim 約 500\text{ mm}^2 \sim 約 1000\text{ mm}^2 \sim 約 3000\text{ mm}^2$ 、または約 $150\text{ mm}^2 \sim 約 250\text{ mm}^2$ の領域を含んでもよい。

40

【0056】

特定の実施形態において、この多結晶質 AIN ベース基板は、約 100 nm 以下、約 90 nm 以下、約 80 nm 以下、約 70 nm 以下、約 60 nm 以下、約 50 nm 以下、約 40 nm 以下、約 30 nm 以下、約 20 nm 以下、約 15 nm 以下、または約 10 nm 以下の rms の粗さを表すことができる。特定の実施形態において、 rms の表面粗さは、約 $5\text{ nm} \sim 約 75\text{ nm}$ 、約 $5\text{ nm} \sim 約 50\text{ nm}$ 、約 $5\text{ nm} \sim 約 25\text{ nm}$ 、または約 $10\text{ nm} \sim 約 25\text{ nm}$ であることができる。

【0057】

他の実施形態において、多結晶質 AIN ベース基板を、ピット密度の観点から特徴付け

50

ることができる。本明細書に記述される基板の表面の「ピット」は、基板の表面の周辺領域よりも垂直に低い底部表面を有する、(すなわち、周辺の平均表面より低く押されている)望ましくない凹部に関連すると理解される。この「ピット」は、接触していることを定義することができ、かつ(すなわち、基板の表面の周辺領域を有する界面で底部電極および終端部から上昇する壁を有するものとして)横方向であると定義することができる。定量的に、本発明によるピットは、その深度(すなわち、周辺の基板の平均表面に対するピットの底部表面からの距離)および幅(すなわち、周辺の基板の平均表面に対するピットにわたる最小距離)の観点から定義することができる。特定の実施形態において、ピットは、約0.2 μm以上、約3 μm以上、約4 μm以上、または約5 μm以上の深度を有すると上記に定義される基板の表面のいずれかの凹部として定義することができる。同様に、ピットは、約0.5 μm以上、約0.8 μm以上、約1 μm以上、約1.5 μm以上、または約2 μm以上の幅を有する上記に定義される基板の表面のいずれかの凹部として定義することができる。特定の実施形態において、上記に提供された深度および幅の特定の組み合わせにより、ピットを定義することができる。

10

20

30

40

50

【0058】

前述を考慮すると、基板表面のピット密度を計測することができる。したがって、定義された領域より上の基板表面内のピットの数(たとえば、平方cmあたりのピットの数)を測定することとして、ピット密度を定義することができる。ある実施形態において、本発明による多結晶質窒化アルミニウム基板は、約100,000 cm⁻²以下、約50,000 cm⁻²以下、約25,000 cm⁻²以下、約10,000 cm⁻²以下、約5,000 cm⁻²以下、約4,000 cm⁻²以下、約3,000 cm⁻²以下、約2,000 cm⁻²以下、約1,000 cm⁻²以下、約800 cm⁻²以下、約600 cm⁻²以下、または約500 cm⁻²以下のピット密度を有することができる。

【0059】

ピット密度は、十分な横方向および垂直方向の分解能を有する露出表面のトポグラフィーに適したいずれかの技術を使用して測定することができる。限定するものではないが、例は、AFM、形状測定、光学干渉法(たとえば、微分干渉(DIC)顕微鏡検査)などを含む。同様に、このような方法を組み合わせて使用することができる。

【0060】

AINベース基板は、同様に、実質的に平坦(すなわち、いずれかの歪曲または湾曲がない状態)であるように調製することができる。特に、多結晶質AINベース基板の平坦性は、基板にわたる歪曲の量が、基板の直径の約0.2%以下、約0.15%以下、約0.1%以下、約0.05%以下、または約0.02%以下であることができる。歪曲は、好ましくは、基板の頂部表面と交差する平板である、参照からの基板の頂部表面の偏差の正の最大値および負の最大値の合計として定義することができる。

【0061】

いくつかの実施形態において、特定の粒子の寸法を有するAIN粉末を使用するAINベース基板を形成することが有益であり得る。いくつかの実施形態において、このAIN粉末は、約10ミクロン以下、約9ミクロン以下、約8ミクロン以下、約7ミクロン以下、約6ミクロン以下、約5ミクロン以下、約4ミクロン以下、約3ミクロン以下、または約2ミクロン以下の粒子の寸法を有することができる。他の実施形態において、この粒子の寸法は、約0.1ミクロン~約10ミクロン、約0.2ミクロン~約8ミクロン、約0.5ミクロン~約5ミクロン、または約0.5ミクロン~約2ミクロンの範囲内とすることができる。特定の実施形態において、この粒子は、所定の粒子の粒度分布を有していてもよい。たとえば、AIN粉末は、約50%以上、約60%以上、約70%以上、約80%以上、約90%以上、約95%以上、または約99%以上の粒子が、上記に記述される範囲内の大きさであるように特徴付けてもよい。他の実施形態において、約50%以上、約60%以上、約70%以上、約80%以上、約90%以上、約95%以上、または約99%以上の粒子が、約5ミクロン以下、約4ミクロン以下、約3ミクロン以下、約2ミクロン以下、または約1ミクロン以下の単位で変動する寸法を有するように特徴付けてもよ

い。

【0062】

多結晶質材料を調製するために有益である知られたいずれかの押圧方法が、本発明に使用されてもよいが、特に所定の条件下で実行される押圧ステップが特に有益である。たとえば、押圧は、外部熱が適用されない方法を含む（すなわち、本方法が押圧焼結方法ではない）。当然、この粉末の圧縮からいくらかの熱が内部に発生することが理解される。好ましくは、処理温度が、約50以下、約40以下、約30以下、または約25以下であるように押圧ステップが実行される。

【0063】

ある実施形態において、この押圧方法は、約20,000PSI(138MPa)以上、約25,000PSI(172MPa)以上、約30,000PSI(207MPa)以上、約35,000PSI(241MPa)以上、約40,000PSI(276MPa)以上の最大圧力を使用することを含むことができる。特定の実施形態において、使用される最大圧力は、約20,000PSI~約40,000PSI、約25,000PSI~約35,000PSIまたは約30,000PSI~約35,000PSIの範囲内であることができる。このような最大圧力は、可変的な割合で得ることができる。特定の実施形態において、最大圧力が、約30分以下、約25分以下、約20分以下、または約10分以下の時間内に得るように、圧力を使用することができる。他の実施形態において、最大圧力を得る時間は、約2分~約20分、約5分~約15分、または約5分~約10分の範囲内であってもよい。さらなる実施形態において、約1,000PSI/分(7MPa/分)、約2,000PSI/分(14MPa/分)、約3,000PSI/分(21MPa/分)、約4,000PSI/分(28MPa/分)、約5,000PSI/分(34MPa/分)、約6,000PSI/分(41MPa/分)、約7,000PSI/分(48MPa/分)または約8,000PSI/分(55MPa/分)の割合で圧力を使用してもよい。

10

20

【0064】

ある実施形態において、この最大圧力は、約1時間以下、約45分以下、約30分以下、約15分以下、約10分以下、約5分以下、約2分以下、または約1分以下の時間維持されてもよい。いくつかの実施形態において、この圧力は、最大圧力に達した直後に開放される（すなわち、最大圧力に達した後約30秒以下、約20秒以下、約10秒以下、または約5秒以下の時間内に開放される）。この圧力は、約10分以下、約9分以下、約8分以下、約7分以下、約6分以下、約5分以下、約4分以下、約3分以下、約2分以下、または約1分以下の時間などの比較的短い時間内に周囲（たとえば、約大気圧）まで、圧力を最大圧力から解放してもよい。

30

【0065】

特定の実施形態において、冷間静水圧プレスを使用してこの押圧を実行してもよい。冷間静水圧プレスは、概して、複合的方向からの圧力を使用し、一軸加圧成形と比較してより均一性のある圧縮および増加した形状特性を得る。ウェットバック(wet-bag)静水圧プレスとして知られている静水圧プレスを実行する一方法において、粉末に均一となるよう圧力を伝動する液体内に浸すラバーシース内に粉末を入れる。ドライバッグ(dry-bag)静水圧プレスとして知られている別の方法においては、液体内に器具を浸漬するのではなく、高圧の液体を汲み出す内部チャンネル内にこの器具自体を形成する。

40

【0066】

特定の実施形態において、焼結ステップは、バインディング補助がないまたは焼結補助が含まれる点に関する焼結「バインダレス」である。しかしながら、いくつかの実施形態において、それらのCTEを変えるためAIN粒子に加えらるる第2の相を、当業者のバインダーとみなされる材料をいくらか含んでもよい。

【0067】

特定の実施形態において、焼結は、（たとえば、O₂などのいずれかの酸化ガスを実質的にまたは完全に除去した）酸素のない大気内で実行することができる。いくつかの実施

50

形態において、（たとえば、貴ガス、窒素ガス、または焼結した窒化アルミニウム材料と望ましくない反応をしないいずれかの他のガスといった）1つ以上の非酸化ガスを含む焼結チャンパー内の人工的な大気を提供することが有益である。最大約5 atm（3,800 Torr）、最大約4 atm（3,040 Torr）、最大約3 atm（2,280 Torr）、最大約2 atm（1,520 Torr）、最大約1.5 atm（1,140 Torr）、最大約1.25 atm（950 Torr）または最大約1.1 atm（836 Torr）などの、特定の圧力へと焼結チャンパー内にこの非酸化ガスを充填することができる。

ある実施形態において、非酸化ガスを、約1 atm（760 Torr）にて提供する。さらなる実施形態において、より低圧（すなわち、真空下）にてこの工程を実行することが可能である。この焼結工程を介してまたは焼結工程中の所定の期間にのみ特定の流量でこの非酸化ガスを提供することができる。特に、非酸化ガスを、約10立法センチメートル毎分（SCCM）～約1,000 SCCM、約25 SCCM～約750 SCCM、約50 SCCM～約500 SCCM、約50 SCCM～約250 SCCM、約50 SCCM～約150 SCCMまたは約75 SCCM～約125 SCCMの割合にて提供することができる。いくつかの実施形態において、この工程は、実質的に流れ（すなわち、停滞したガスの大気）がない状態で実行されてもよい。

【0068】

焼結は、単一であり均一な構造内へ押圧した材料を完全に伝動するために十分な温度で実行することができる。たとえば、押圧されたスラグは、約1,500以上、約1,600以上、約1,700以上、約1,800以上、約1,900以上、約2,000以上、約2,100以上または約2,200以上の最大温度まで加熱されてもよい。いくつかの実施形態において、最大焼結温度は、約1,500～約2,500、約1,600～約2,500、約1,700～約2,500、約1,800～約2,500、約1,900～約2,500、約2,000～約2,500、約2,100～約2,500または約2,100～約2,400の範囲内である。この温度は、所定の期間中、所定の温度で1つ以上のソークを有する段階的な方法における最大量まで上昇してもよい。ソークは、約5分～約5時間、約10分～約4時間、約15分～約3時間、約30分～約2時間または約30分～約1.5時間続いてもよい。このスラグは、約1時間～約24時間、約2時間～約22時間、約3時間～約20時間、約4時間～約18時間、約5時間～約16時間、約6時間～約14時間、約7時間～約13時間、約8時間～約12時間または約9時間～約11時間、最大温度で維持されてもよい。さらなる実施形態において、このスラグは、約2時間以上、約3時間以上、約4時間以上、約5時間以上、約6時間以上、約7時間以上、約8時間以上または約9時間以上の時間、最大温度で維持することができる。

【0069】

特定の実施形態において、本方法は、熱間静水圧加圧の使用を含んでもよい。このような工程のステップは、高圧混合容器内の高温および静水圧の両方に対してこの材料を対象とすることを含むことができる。アルゴンまたはN₂などの不活性ガスをガス圧力工程において使用してもよい。この圧力は、好ましくは、全ての方向から使用され、チャンパーの加熱から本質的に使用され（たとえば、ガス注入）または発生させることができる。熱間静水圧加圧が使用される時、分離した圧力および焼結ステップに関連する上述の圧力および温度の範囲のいずれかの組み合わせを使用してもよい。熱間静水圧加圧のいくつかの実施形態において、約300、～約1500、約400～約1400、または約500～約1300などのより低温を使用してもよい。他の上述の焼結ステップに加えて、または他の上述の焼結ステップに代わってこのような熱間静水圧加圧の使用が実行されてもよい。このような実施形態において、「焼結した」AIN材料の本明細書の議論は、同様に、熱間静水圧加圧とみなされた材料にも使用することがさらに理解される。

【0070】

さらなる実施形態において、本発明によるAINベース基板を調製する方法は、放電プ

ラズマ焼結法 (S P S)、電場支援焼結法 (F A S T)、またはパルス通電加圧焼結法 (P E C S) として認識される方法の使用を含むことができる。このような工程は、高温で A I N 粉末および C T E に隣接する材料を一軸上に押圧することを含むことができ、電場 (概して、パルス D C 電流) を使用する。この電流を、ダイおよび A I N 粉末を介して直接通過させるため、この加熱は内部で発生する。このことは、非常に高加熱速度 (たとえば、最大 1 , 0 0 0 K / 分) を促進することができる。単一でありかつ比較的早い工程のステップにおいて、A I N 粉末および添加剤をち密質焼結体内に統合するような工程が有益であり得る。さらに、この S P S 工程の材料は、特により低い密度ではない密度を有することができる。さらに、S P S は、上述の焼結および / または熱間静水圧加圧に加えてまたはかわって使用することができる。特定の実施形態において、S P S の工程は、押圧、焼結、および熱間静水圧加圧のいずれかまたは全ての代替手段として使用することができる。

10

【 0 0 7 1 】

いくつかの実施形態において、この焼結された、多相多結晶質 A I N 材料は、1つ以上の形状のステップを対象とすることができる。たとえば、この焼結した材料は、ベース基板を形成するために有益な望ましい形状 (たとえば、シリンダー) に置かれても良い。同様に、焼結した材料は、1つ以上の実質的に単一の区分 (たとえば、ウエハ) に切り取られても良い。(上述の、たとえば、実質的に平坦な対向表面を有するウエハの形式として、生悦ステップからまたは加工処理状態中のどちらかに除去されるバルク形体における) 焼結した材料で、機械的ラッピングおよび / または機械的研磨などのタッピングおよび / または研磨ステップを行うことができる。ラッピングおよび / または研磨は、好ましくは、本明細書に前述される特性に即する表面形状を有するベース基板を得るという結果となる。

20

【 0 0 7 2 】

多相多結晶質 A I N ベース基板を調製する前述の方法に加えて、本発明は、同様に、この半導体材料の成長のための中間基板の調製の方法をも提供する。このような方法は、本明細書の他の部分で記述されており、実質的に純粋な A I N と異なる材料を形成する半導体成長層に熱的に一致するために、実質的に純粋な A I N の C T E 値と十分に異なる C T E 値を有する多結晶質 A I N ベース基板を利用する。

【 0 0 7 3 】

ある実施形態において、そのうえに半導体材料の成長のための中間基板を調製する方法は、同時に実質的に純粋な A I N の C T E と異なる C T E を有する多結晶質 A I N ベース基板を提供することを含み得る。特定の実施形態において、この多結晶質 A I N ベース基板は、同じ温度で実質的に純粋な多結晶質 A I N の C T E と異なる C T E を有することができる。本方法は、ベース基板上に半導体成長層を上置くことを含む。

30

【 0 0 7 4 】

多様な実施形態において、この多結晶質 A I N ベース基板は、本明細書の他に記述される多相 A I N 材料を含むことができる。好ましくは、この多結晶質 A I N ベース基板は、その上に置かれている半導体成長層および / またはその上に置かれている成長層上で成長することのできる半導体材料の C T E とほぼ一致するように熱処理されたベース基板である。

40

【 0 0 7 5 】

この半導体成長層は、基板上に1つ以上の半導体層の成長のためのテンプレートとして機能するソース (ドナー) 半導体基板またはウエハであることができる。特定の実施形態において、この半導体成長層は、G a N 単結晶または本明細書の他に記述されるいずれかの他の材料を含むことができる。このような成長層は、本明細書に記述される A I N ベース基板と一致した C T E を伝える先行技術において認識されるいずれかの有益な方法により形成することができる。たとえば、G a N または $A l _ { 2 } G a _ { 1 - z } N$ 材料 (Z は、0 から 1 の範囲内である) の層は、高品質、低欠陥密度のない商業的な G a N または A I N 基板上でホモエピタキシャルに成長してもよく、もしくは多結晶質 A I N ベース基板へ移す前に、サファイアまたは S i C 基板上にヘテロエピタキシャルに成長してもよい。III

50

族窒化物のエピタキシャルなテンプレートとしての使用に有益な材料は、成長層としてベース基板に使用されてもよい。ある実施形態において、この成長層は、単一結晶層またはその上で成長する望ましい化合物半導体材料の格子構造に類似する表面格子構造を有する、非常に方向づけられたコラム構造を有する層であり得る。たとえば、III族窒化物化合物材料は、その上のIII族窒化物化合物半導体材料の単一結晶層のエピタキシャルな成長を行うために有益であり得る。上述の通り、この成長層は、III族およびV属元素、特に、III族窒化物材料のいずれかを組み合わせを含むことができ、かつ以下の、GaN、AlN、AlGa_{0.5}N、InGa_{0.5}N、InN、InAlGa_{0.5}N、AlInN、AlGaAs、GaP、GaAs、GaAsP、およびAlGAINP、特に単一結晶GaNのいずれかを含むことができる。

10

【0076】

上述のように、1つ以上の任意の、追加的層が、基板の上の半導体成長層を移す前に、多結晶質AINベース基板上に堆積されてもよい。いくつかの実施形態において、このような層は、ベース基板と成長層の接着を容易にするために有益である。他の実施形態において、カプセル化する層は、エピタキシャルな方法などの、さらなる処理ステップからベース基板を保護するために提供される。多結晶質AINベース基板のCTEを変える添加剤として使用される材料により、ベース基板および成長層の間の拡散バリアー層を提供することが有益であってもよい。

【0077】

半導体成長層は、いずれかの適切な方法によりベース基板と付着されてもよい。たとえば、接着は、任意の接着層での接着、またはQ. - Y. Tong and U. Gossele, Semiconductor Wafer Bonding, Wiley and Sons, 1999などの知られている他のいずれかの技術により得ることができる。また、上記開示は、参照として本明細書に組み込まれる。他の実施形態において、ベース基板に対する成長層の接着は、いずれかの中間層も含むことなく、接着剤の使用を介して達成することができる。

20

【0078】

他の実施形態において、本発明は、半導体材料を調製する方法を提供することができる。このような半導体材料は、完全なデバイスであってもよく、またはより大きなデバイスの部品であってもよい。この半導体材料は、半導体構造として意味するものであってもよい。

30

【0079】

より詳細には、本発明による半導体材料を調製する方法は、本明細書中に記述される中間基板を提供し、かつ基板上に半導体層を成長させることを含むことができる。たとえば、この中間基板は、成長層上で成長する半導体成長層および/または半導体層に熱的に一致する多相の、多結晶質AINベース基板に接着するまたは他の状態で関連する半導体成長層で形成することができる。特定の実施形態において、このベース基板は、同一の温度で実質的に純粋なAINのCTEと異なる（たとえば、大きい）CTEを有することができる。本方法は、多相の半導体層または単一層のみを成長させることを含むことができる。さらに、本方法は、半導体とみなされない材料を含む、半導体成長層より上のさらなる層の追加を含むことができる。特定の実施形態において、さらなる層は、特定のデバイスを形成し、または特定の特性を提供する必要がある構成要素を含むことができる。

40

【0080】

いくつかの実施形態において、本方法は、（ラミネート構造として意味されても良い）本発明の中間基板上の半導体材料の結晶フィルムの成長を提供するものとして特徴づけられる。半導体層の成長は、たとえば、化学蒸着（CVD）、金属有機化学蒸着（MOCVD）、分子線エピタキシャル成長（MBE）、ハイドライト気相成長（HVPE）、複合照射法（IBAD）などのいずれかの適切な技術を使用して実行することができる。このような方法で使用されてもよい適切な成長用機器は、限定するものではないが、電子ビーム蒸発器、物理蒸着装置（physical vapor deposition de

50

vice)、化学蒸着装置(chemical vapor deposition device)、プラズマレーザー堆積装置(plasma laser deposition device)、二重型の熱蒸着器(dual-type thermal evaporator)、スパッタリング装置(sputtering device)または金属有機化学蒸着装置(metal organic chemical vapor deposition device)を含む。

【0081】

他の実施形態において、本発明は、ベース基板を含まない成長在朗を使用する半導体材料の成長を含むことができる。たとえば、本発明による方法は、以下の、本明細書に記述される多相多結晶質AINベース基板を調製し、この基板が、実質的に純粋なAINのCTEと異なるCTEを有するよう熱処理され、かつベース基板上に付着または成長する層のCTEに熱的に一致するステップと、半導体成長層をベース基板に付着するステップと、成長層上に少なくとも1つの半導体材料層を成長させるステップと、ベース基板および成長層の1つまたは両方の半導体材料層から除去するステップとを含むことができる。

10

【0082】

本発明の材料および方法は、機能するデバイスの作製に関する多様な方法において使用することができる。たとえば、この材料および方法は、電子デバイス、工学デバイスおよび光電子デバイスの作製において使用することができる。特定の実施形態において、本発明は、(たとえば、光源が望まれるいずれかの製品の使用のための)発光ダイオードおよび(たとえば、ビデオおよびゲーム技術を含む、レーザーディスクの読み込み/書き込み技術の使用のための)レーザーダイオードに関連し得る。さらなる実施形態において、本発明は、高電子移動度トランジスタ(HEMT)およびヘテロ接合バイポーラトランジスタ(HBT)などのIII族窒化物ベーストランジスタに関連し得る。このようなデバイスは、無線周波数(RF)およびマイクロ波回路に有益である。本発明のさらなる実施形態は、RF電力増幅器(たとえば、無線データ転送)、配電網用の高電圧スイッチング装置、光電検出器、太陽電池、磁気抵抗ランダムアクセスメモリデバイスなどのスピン伝導電子装置(スピントロニクス)(spin transport electronic)、MOSFET、MESFET、集積ロジック/化合物半導体デバイスに関連し得る。本明細書中に記述される半導体デバイスを組み込み、かつ/または本明細書中に記述される方法により調製される本発明に含まれるより詳細な製品は、カラーディスプレイ(たとえば、テキストおよびビデオディスプレイ)、交通信号、自動車照明、航空照明、商用照明、住居照明、赤外線リモートデバイス、画像スキャナ、ビデオデバイス、写真デバイス、(医療機器、コンピュータデバイス、およびゲームデバイス)などのセンサー、タッチスクリーン、紫外線殺菌および殺菌デバイス、紫外線治療デバイス、プリンター、機械式ビジョンデバイス(たとえば、バーコードスキャナ)、および高密度光記憶ディスク、およびランダムアクセスメモリデバイスからなる群から選択され得る。

20

30

【0083】

本発明の多くの修正および他の実施形態において、本発明が上述の明細書および関連する図面中に存在する技術の利点を有することに属することが、当業者に理解されるものである。したがって、本発明は、特定の実施形態に限定されるものではなく、変形例および他の実施形態が、添付される請求項の範囲内に含まれることを示唆することが理解される。特定の用語が、本明細書で使用されているが、一般的かつ記述的な意味においてのみ使用されるものであり、限定する目的を有するものではない。

40

【手続補正書】

【提出日】平成24年10月9日(2012.10.9)

【手続補正1】

【補正対象書類名】特許請求の範囲

【補正対象項目名】全文

【補正方法】変更**【補正の内容】****【特許請求の範囲】****【請求項 1】**

その上に積層するための半導体成長層と一致し、かつ任意に前記成長層上で成長する層と一致する熱膨張係数（CTE）を有するよう熱処理される多結晶質窒化アルミニウム基板を調製する方法であって、前記方法が、

前記多結晶質窒化アルミニウム基板を得るためのCTEを決定することであって、前記CTEが、同一の温度で実質的に純粋な窒化アルミニウムのCTEと異なり、ならびに前記半導体成長層のCTEと一致し、かつ任意に前記同一の温度で前記成長層上で成長する前記層のCTEと一致することと、

前記多結晶質窒化アルミニウムの基板の約5重量%以上で前記第2の相を含むように、前記窒化アルミニウムのCTEと異なるCTEを有する第2の相材料の含有物と第1の相の窒化アルミニウムを組み合わせることと、

前記組み合わせた第1および第2の相をさらに処理し、前記半導体成長層のCTEと一致し、かつ任意に前記成長層上で成長する前記層のCTEに一致する前記決定されたCTEを有する多相窒化アルミニウム材料を形成することと

を含む、方法。

【請求項 2】

前記さらなる処理が、

前記窒化アルミニウムおよび前記第2の相の材料を押圧し、押圧スラグを形成することと、

前記押圧スラグを焼結し、前記半導体成長層のCTEと一致し、かつ任意に前記成長層上で成長する前記層のCTEと一致する前記決定されたCTEを有する焼結多相窒化アルミニウム材料を形成することと

を含む、請求項1に記載の方法。

【請求項 3】

前記押圧が、加熱のない状態で実行される、請求項2に記載の方法。

【請求項 4】

前記焼結ステップが、周囲ガスを排気したチャンバー内で実行される、請求項2に記載の方法。

【請求項 5】

前記焼結ステップが、 N_2 雰囲気内で実行される、請求項4に記載の方法。

【請求項 6】

前記焼結多相窒化アルミニウム材料の少なくとも1つの表面を研磨することをさらに含む、請求項2に記載の方法。

【請求項 7】

前記多相窒化アルミニウム材料が、前記同一の温度で実質的に純粋な窒化アルミニウムのCTEと約10%以上の差で異なるCTEを有する、請求項1に記載の方法。

【請求項 8】

前記多相窒化アルミニウム材料が、前記多相窒化アルミニウム材料のCTEが前記半導体成長層の約25%以内であるように、前記半導体成長層のCTEと一致し、かつ任意に、前記成長層上で成長する前記層のCTEと一致し、かつ任意に前記成長層上で成長する前記層のCTEと一致するCTEを有する、請求項1に記載の方法。

【請求項 9】

前記半導体成長層が、窒化ガリウムを含む、請求項8に記載の方法。

【請求項 10】

前記第2の相が、窒化チタンを含む、請求項1に記載の方法。

【請求項 11】

前記第2の相材料が、窒化アルミニウムと反応して反応生成物を形成する前駆材料の前

記反応生成物であり、前記反応生成物が、前記窒化アルミニウム粒子のCTEと異なるCTEを有する請求項1に記載の方法。

【請求項12】

前記反応生成物が、窒化アルミニウムおよび酸化アルミニウム間の反応生成物である、請求項11に記載の方法。

【請求項13】

中間基板上の半導体材料成長用の中間基板を調製する方法であって、前記方法が、請求項1～12のいずれか1項により調製される熱処理多結晶質窒化アルミニウム基板上に半導体成長層を得ることであって、前記半導体成長層と一致し、かつ任意に前記成長層上で成長する前記層のCTEと一致する前記決定されたCTEを有することと、多結晶質窒化アルミニウム基板と一致したCTEとなるまで前記半導体成長層を積層することとを含み、

前記調製された中間基板が、前記熱処理多結晶質窒化アルミニウム基板のCTEが前記同一の温度で前記半導体成長層のCTEの約25%以内であるよう一致したCTEである、方法。

【請求項14】

前記半導体成長層が、GaN、AlGaN、InGaN、InN、InAlGaN、AlInN、AlGaAs、GaP、GaAs、GaAsPおよびAlGAINPからなる群から選択される材料を含む、請求項13に記載の方法。

【請求項15】

前記半導体成長層が、III族窒化物を含む、請求項13に記載の方法。

【請求項16】

前記半導体成長層が、単一結晶材料を含む、請求項13に記載の方法。

【請求項17】

前記半導体成長層および前記多結晶質窒化アルミニウムベース基板の間に配置され、または前記半導体成長層を覆うように配置される、1つ以上の追加的層を提供することをさらに含む、請求項13に記載の方法。

【請求項18】

半導体材料を調製する方法であって、請求項13～17のいずれか1項により調製される中間基板上の半導体層を成長させることを含む、方法。

【請求項19】

前記半導体層上に1つ以上のさらなる層を成長させることを含む、請求項18に記載の方法。

【請求項20】

請求項18または請求項19の方法により調製される半導体材料を含むデバイス。

【請求項21】

前記デバイスが、電子デバイス、光学デバイス、および光電子デバイスからなる群から選択される、請求項20に記載のデバイス。

【請求項22】

前記デバイスが、発光ダイオード、レーザダイオード、高電子移動度トランジスタ(HEMT)、ヘテロ接合バイポーラトランジスタ(HBT)、無線周波回路、マイクロ波回路、RF電力増幅器、高電圧スイッチング装置、光電検出器、太陽電池、スピン伝導電子装置(spin transport electronic)、MOSFET、MESFET、集積ロジック/化合物半導体デバイスからなる群から選択される、請求項20に記載のデバイス。

【請求項23】

前記デバイスが、カラーディスプレイ、交通信号、自動車照明、航空照明、商用照明、住居照明、赤外線リモートデバイス、画像スキャナ、ビデオデバイス、写真デバイス、セ

ンサー、タッチスクリーン、紫外線殺菌および殺菌デバイス、紫外線治療デバイス、プリンター、機械式ビジョンデバイス、高密度光記憶ディスク、および磁気抵抗ランダムアクセスメモリデバイスからなる群から選択される、請求項 20 に記載のデバイス。

【請求項 24】

熱処理基板であって、

第 1 の相として多結晶質窒化アルミニウムを含み、かつ

第 2 の相として、前記同一の温度で前記実質的に純粋な窒化アルミニウムの C T E より大きい C T E を有する材料であって、前記第 2 の相が、前記基板の約 5 重量%以上にて含まれる材料を含む多相材料と、

前記多相多結晶質窒化アルミニウムを積層する半導体成長層とを含み、

前記多相多結晶質窒化アルミニウム材料の前記第 1 および第 2 の相を組み合わせ、前記多相結晶質窒化アルミニウム材料の C T E が、前記同一の温度で前記半導体成長層の C T E の約 25%以内であるように、前記多相多結晶質窒化アルミニウム材料が、前記半導体成長層の C T E と熱的に一致する C T E を有する、
熱処理基板。

【請求項 25】

前記第 2 の相が、窒化チタンを含む、請求項 24 に記載の熱処理基板。

【請求項 26】

前記第 2 の相が、前記窒化アルミニウムおよび酸化アルミニウム間の反応生成物を含む、請求項 24 に記載の熱処理基板。

【請求項 27】

前記多相窒化アルミニウム材料の前記 C T E が、前記同一の温度で前記実質的に純粋な窒化アルミニウムの C T E を約 10%以上の差で超える、請求項 24 に記載の熱処理基板。

【請求項 28】

前記半導体成長層が、前記同一の温度で前記実質的に純粋な C T E と約 10%の差で異なる C T E を有する、請求項 24 に記載の熱処理基板。

【請求項 29】

前記半導体成長層が、III族窒化物を含む、請求項 24 に記載の熱処理基板。

【請求項 30】

前記半導体成長層が、窒化ガリウムを含む、請求項 9 に記載の熱処理基板。

【請求項 31】

前記半導体成長層が、単一の結晶材料を含む、請求項 29 に記載の熱処理基板。

【請求項 32】

前記半導体成長層および前記多相窒化アルミニウム材料の間に配置され、または前記半導体成長層を覆うように配置される、1つ以上の追加的層をさらに含む、請求項 24 に記載の熱処理基板。

【請求項 33】

前記多相窒化アルミニウム材料が、押圧されかつ焼結された材料である、請求項 24 に記載の熱処理基板。

【請求項 34】

請求項 24 ~ 33 のいずれか 1 項に記載の熱処理基板を含むデバイス。

【請求項 35】

前記デバイスが、電子デバイス、光デバイス、および光電子デバイスからなる群から選択される、請求項 34 に記載のデバイス。

【請求項 36】

前記デバイスが、発光ダイオード、レーザダイオード、高電子移動度トランジスタ (H E M T)、ヘテロ接合バイポーラトランジスタ (H B T)、無線周波回路、マイクロ波回路、RF電力増幅器、高電圧スイッチング装置、光電検出器、太陽電池、スピン伝導電子装置 (s p i n t r a n s p o r t e l e c t r o n i c)、M O S F E T、M E S F

E T、および集積ロジック / 化合物半導体デバイスからなる群から選択される、請求項 3 4 に記載のデバイス。

【請求項 3 7】

前記デバイスが、カラーディスプレイ、交通信号、自動車照明、航空照明、商用照明、住居照明、赤外線リモートデバイス、画像スキャナ、ビデオデバイス、写真デバイス、センサー、タッチスクリーン、紫外線殺菌および殺菌デバイス、紫外線治療デバイス、プリンター、機械式ビジョンデバイス、高密度光記憶ディスク、および磁気抵抗ランダムアクセスメモリデバイスからなる群から選択される、請求項 3 4 に記載のデバイス。

【 国際調査報告 】

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No PCT/US2011/064624

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER INV. C04B35/581 C04B37/00 C30B25/18 H01L33/00 H01L21/02 ADD.		
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) C04B C30B H01L		
Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched		
Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practical, search terms used) EPO-Internal, INSPEC, WPI Data		
C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT		
Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X	US 2006/183625 A1 (MIYAHARA KENICHIRO [JP]) 17 August 2006 (2006-08-17)	1-9, 12-17, 19-25, 29-40, 42-46 18,41
Y	tables 2-3; compounds 37-40 paragraphs [0002], [2549], [2666], [2669], [2670], [2673], [2675], [2678], [7218] -----	
X	US 2006/163605 A1 (MIYAHARA KENICHIRO [JP]) 27 July 2006 (2006-07-27)	1-9, 12-17, 19-25, 29-40, 42-46 18,41
Y	tables 2-3; compounds 37-40 paragraphs [0475], [0788], [0791], [0792], [0795], [0797], [0799], [1177] ----- -/--	
<input checked="" type="checkbox"/> Further documents are listed in the continuation of Box C. <input checked="" type="checkbox"/> 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 document 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 ** 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		Date of mailing of the international search report
21 March 2012		02/04/2012
Name and mailing address of the ISA/ European Patent Office, P.B. 5818 Patentlaan 2 NL - 2280 HV Rijswijk Tel. (+31-70) 340-2040, Fax: (+31-70) 340-3016		Authorized officer Buffet, Noemie

Form PCT/ISA/210 (second sheet) (April 2005)

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No PCT/US2011/064624

C(Continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT		
Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X	TANGEN I-L ET AL: "Preparation and characterisation of aluminium nitride-titanium nitride composites", JOURNAL OF THE EUROPEAN CERAMIC SOCIETY, ELSEVIER SCIENCE PUBLISHERS, BARKING, ESSEX, GB, vol. 24, no. 7, 1 June 2004 (2004-06-01), pages 2169-2179, XP004487624, ISSN: 0955-2219, DOI: 10.1016/S0955-2219(03)00367-4 abstract page 2169, column 1, lines 5-9 page 2170, column 1, lines 3-6 page 2170, column 2, lines 9-29 page 2177, column 2, lines 45-53 -----	1-5, 7-11, 26-28
Y	US 2005/218416 A1 (CHO DONG H [KR] ET AL) 6 October 2005 (2005-10-06)	18,41
A	paragraphs [0044], [0053] claims 1,3,4,5 figures 2,3b -----	20

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

Information on patent family members

International application No

PCT/US2011/064624

Patent document cited in search report	Publication date	Patent family member(s)	Publication date
US 2006183625 A1	17-08-2006	AU 2003246272 A1 US 2006183625 A1 WO 2004005216 A1	23-01-2004 17-08-2006 15-01-2004
US 2006163605 A1	27-07-2006	EP 1712662 A1 JP 3924728 B2 KR 20060024421 A US 2006163605 A1 WO 2005003414 A1	18-10-2006 06-06-2007 16-03-2006 27-07-2006 13-01-2005
US 2005218416 A1	06-10-2005	JP 4048191 B2 JP 2005294793 A KR 20050096509 A US 2005218416 A1	13-02-2008 20-10-2005 06-10-2005 06-10-2005

フロントページの続き

(51) Int.Cl.	F I			テーマコード(参考)
H 0 1 L 33/32 (2010.01)	H 0 1 L	33/00	1 8 6	5 F 1 7 3
H 0 1 S 5/323 (2006.01)	H 0 1 S	5/323	6 1 0	

(81) 指定国 AP(BW, GH, GM, KE, LR, LS, MW, MZ, NA, RW, SD, SL, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), EA(AM, AZ, BY, KG, KZ, MD, RU, T, J, TM), EP(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, R, O, RS, SE, SI, SK, SM, TR), OA(BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, ML, MR, NE, SN, TD, TG), AE, AG, AL, AM, AO, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CL, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, H, U, ID, IL, IN, IS, JP, KE, KG, KM, KN, KP, KR, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LT, LU, LY, MA, MD, ME, MG, MK, MN, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PE, PG, PH, PL, PT, QA, RO, RS, RU, RW, SC, SD, SE, SG, SK, SL, SM, ST, SV, SY, TH, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN

(72) 発明者 ムーディー, バクスター
アメリカ合衆国, ノースカロライナ州 2 7 6 0 7, ラレイ, 2 3 1 6 ベッドフォード アベニ
ュー

(72) 発明者 ダルマウ, ラファエル
アメリカ合衆国, ノースカロライナ州 2 7 6 0 4, ラレイ, 2 0 2 8 サマー シャイア ウェ
イ

(72) 発明者 シュレッサー, ラウル
アメリカ合衆国, ノースカロライナ州 2 7 6 0 6, ラレイ, 3 3 2 9 オークリン スプリング
ス ドライブ

F ターム(参考) 4G026 BA16 BB15 BC01 BD12 BE04 BG03 BG08 BG23 BG27 BH07
4G077 AA02 BE13 BE15 DB01 ED06 HA12 TK01
5F045 AA03 AA04 AB09 AB14 AB17 AB18 AF04 AF11 AF16 CA02
CA07 CA09 CA10 CA12 CA13
5F103 AA04 DD01 HH03 HH04 LL01 LL02 LL03 LL04 LL09 LL11
LL20
5F141 AA40 CA40 CA64 CA65 CA66
5F173 AH22 AP04 AP05 AP09 AR82