

(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2009-542571

(P2009-542571A)

(43) 公表日 平成21年12月3日(2009.12.3)

(51) Int.Cl.	F I	テーマコード (参考)
C3OB 29/36 (2006.01)	C3OB 29/36 A	4G077
C3OB 23/06 (2006.01)	C3OB 23/06	

審査請求 有 予備審査請求 有 (全 20 頁)

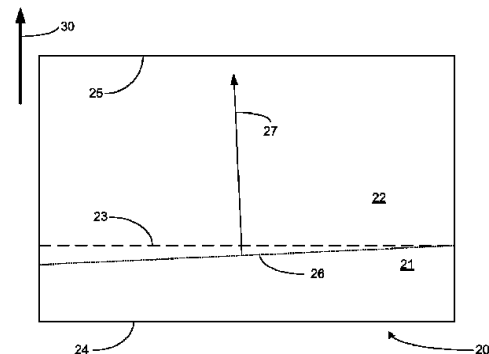
(21) 出願番号	特願2009-518424 (P2009-518424)	(71) 出願人	506078378 クリー, インコーポレイティッド アメリカ合衆国 ノースキャロライナ 2 7703, ダラム, シリコン ドライ ブ 4600
(86) (22) 出願日	平成19年5月30日 (2007. 5. 30)	(74) 代理人	100078282 弁理士 山本 秀策
(85) 翻訳文提出日	平成21年1月20日 (2009. 1. 20)	(74) 代理人	100062409 弁理士 安村 高明
(86) 国際出願番号	PCT/US2007/069946	(74) 代理人	100113413 弁理士 森下 夏樹
(87) 国際公開番号	W02008/005636	(72) 発明者	レオナルド, ロバート タイラー アメリカ合衆国 ノースカロライナ 27 606, ラーレー, ライデン レーン 5204
(87) 国際公開日	平成20年1月10日 (2008. 1. 10)		
(31) 優先権主張番号	11/428, 954		
(32) 優先日	平成18年7月6日 (2006. 7. 6)		
(33) 優先権主張国	米国 (US)		

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 軸オフの種結晶上での100ミリメートル炭化ケイ素結晶の成長

(57) 【要約】

半導体結晶および関連する成長方法が開示される。結晶は、種結晶部分と、種結晶部分上の成長部分とを含んでいる。種結晶部分および成長部分は、実質的に直立した円筒形の炭化ケイ素の単結晶を形成する。種結晶面は、成長部分と種結晶部分との間の界面を規定し、種結晶面は、直立した円筒形の結晶の基部に実質的に平行であり、単結晶の基底平面に関して軸オフである。成長部分は、種結晶部分のポリタイプを複製し、成長部分は、少なくとも約100mmの直径を有する。



【特許請求の範囲】

【請求項 1】

半導体結晶であって、
種結晶部分と、
該種結晶部分上の成長部分と、
実質的に直立した円筒形の炭化ケイ素の単結晶を形成する該種結晶部分および該成長部分と、

該成長部分と該種結晶部分との間の界面を規定する種結晶面であって、該種結晶面は、該直立した円筒形の結晶の基部に実質的に平行であり、該単結晶の基底平面に関して軸オフである、種結晶面と、

10

該種結晶部分のポリタイプを複製する該成長部分と、
少なくとも約 100 mm の直径を有する該成長部分と
を含む、半導体結晶。

【請求項 2】

前記種結晶面は、前記結晶の { 0 0 0 1 } 平面から約 0 . 5 ° と 1 2 ° との間の軸オフである、請求項 1 に記載の半導体結晶。

【請求項 3】

前記種結晶部分および前記成長部分は、炭化ケイ素の 2 H、3 C、4 H、6 H および 1 5 R ポリタイプからなる群から選択されるポリタイプを有する、請求項 1 に記載の半導体結晶。

20

【請求項 4】

前記種結晶面は、前記結晶の { 0 0 0 1 } 平面に関して約 3 . 5 ° と 8 ° との間の軸オフである、請求項 1 に記載の半導体結晶。

【請求項 5】

前記ポリタイプは、4 H および 6 H からなる群から選択され、前記種結晶面は、前記結晶の { 0 0 0 1 } 平面に関して約 3 . 5 ° と 8 ° との間の軸オフである、請求項 1 に記載の半導体結晶。

【請求項 6】

前記種結晶面は、

【数 8】

30

$$\langle 11\bar{2}0 \rangle$$

方向に軸オフである、請求項 2 に記載の半導体結晶。

【請求項 7】

前記種結晶面は、

【数 9】

$$\langle 10\bar{1}0 \rangle$$

方向に軸オフである、請求項 2 に記載の半導体結晶。

【請求項 8】

40

100 cm⁻² 未満のマイクロパイプ密度を有する、請求項 1 に記載の半導体結晶。

【請求項 9】

20 cm⁻² 未満のマイクロパイプ密度を有する、請求項 1 に記載の半導体結晶。

【請求項 10】

5 cm⁻² 未満のマイクロパイプ密度を有する、請求項 1 に記載の半導体結晶。

【請求項 11】

1 cm⁻² 未満のマイクロパイプ密度を有する、請求項 1 に記載の半導体結晶。

【請求項 12】

半導体ウェーハであって、
単結晶の種結晶部分と、

50

該種結晶部分上の単結晶の成長部分と、

少なくとも直径 100 ミリメートルの直立した円筒形の炭化ケイ素の単結晶を規定するために十分な直径を有する該種結晶部分および該成長部分と、

該成長部分と該種結晶部分との間の界面を規定する種結晶面であって、該種結晶面は、該直立した円筒形の結晶の基部に実質的に平行であり、該単結晶の $\{0001\}$ 平面に関して約 0.5° と 12° との間の軸オフである、種結晶面と、

該種結晶部分のポリタイプを複製する該成長部分とを含む、半導体ウェーハ。

【請求項 13】

前記種結晶部分および前記成長部分は、炭化ケイ素の 2H、3C、4H、6H および 15R ポリタイプからなる群から選択されるポリタイプを有する、請求項 12 に記載の半導体ウェーハ。

【請求項 14】

前記ポリタイプは、4H および 6H からなる群から選択される、請求項 12 に記載の半導体ウェーハ。

【請求項 15】

前記種結晶面は、

【数 10】

$$\langle 11\bar{2}0 \rangle$$

方向に軸オフである、請求項 12 に記載の半導体ウェーハ。

【請求項 16】

前記種結晶面は、

【数 11】

$$\langle 10\bar{1}0 \rangle$$

方向に軸オフである、請求項 12 に記載の半導体ウェーハ。

【請求項 17】

半導体材料の少なくとも 1 つのエピタキシャル層を前記直立した円柱単結晶の基部の 1 つの上にさらに含む、請求項 12 に記載の半導体ウェーハ。

【請求項 18】

前記エピタキシャル層は、炭化ケイ素を含む、請求項 17 に記載の半導体ウェーハ。

【請求項 19】

前記エピタキシャル層は、III 族窒化物を含む、請求項 17 に記載の半導体ウェーハ。

【請求項 20】

複数のエピタキシャル層を含む、請求項 17 に記載の半導体ウェーハ。

【請求項 21】

高品質で大きな直径の炭化ケイ素の単結晶を成長させるための方法であって、該方法は、

炭化ケイ素のバルク単結晶から該バルク結晶の c 軸に関してある角度で炭化ケイ素の種結晶を切断することであって、該バルク結晶は、該バルク結晶の c 面に関して軸オフである面を有する種結晶を産生する、切断することと、

シードされた成長システムにおける該軸オフの種結晶に対して顕著な温度勾配を適用することにより、該種結晶の軸方向の配向を複製する、結果もたらされるバルク結晶を産生することと、

該種結晶の原初の面に平行に該バルク結晶を切断することによって該バルク結晶からウェーハを切断して、該種結晶ウェーハの $\{0001\}$ 平面に関して軸オフである面を有するウェーハを産生することと

を包含する、方法。

【請求項 2 2】

前記バルク結晶から複数のウェーハを切断することを包含する、請求項 2 1 に記載の方法。

【請求項 2 3】

前記切断された軸オフのウェーハによってバルク成長システムをシーディングすることをさらに包含する、請求項 2 1 に記載の方法。

【請求項 2 4】

前記切断された軸オフのウェーハによってシードされる、シードされた昇華システムにおいて炭化ケイ素の前記バルク成長を実施することを包含する、請求項 2 3 に記載の方法。

10

【請求項 2 5】

少なくとも 1 つのエピタキシャル層を前記種結晶ウェーハの前記軸オフの面上に成長させることをさらに包含する、請求項 2 1 に記載の方法。

【請求項 2 6】

複数のエピタキシャル層を成長させることを包含する、請求項 2 5 に記載の方法。

【請求項 2 7】

炭化ケイ素のエピタキシャル層を成長させることを包含する、請求項 2 5 に記載の方法。

【請求項 2 8】

III 族窒化物のエピタキシャル層を成長させることを包含する、請求項 2 5 に記載の方法。

20

【請求項 2 9】

シードされた成長システムにおいて前記温度勾配を前記軸オフの種結晶に適用する、請求項 2 1 に記載の方法。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、半導体材料に関し、特に、非常に高い結晶品質（例えば、低欠陥）で大きな直径の炭化ケイ素（SiC）単結晶の成長に関する。

【背景技術】

30

【0002】

半導体の電子的性質は、それらの結晶構造を含め、それらの物理的性質から直接もたらされる。結晶構造内の欠陥は、十分に大きく集中して現れるときに、半導体材料の望ましい物理的性質および電子的性質を損ない得る。いくつかの欠陥は、直ちに問題を表すけれども、その他の欠陥は、引き続く使用の期間にわたって明らかとなる。

【0003】

すべての結晶は、なんらかの構造的欠陥を含んでいる。むしろある程度まで、欠陥の存在は、結晶成長に対して基盤（basis）を提供する。なぜなら、特定の欠陥のエッジが、連続する規則正しい成長に対する最もよい機会を、特定の条件下で提供し得るからである。従って、半導体材料およびそれらの電子デバイスへの応用に対して意味のある探究は、欠陥の基本的な存在または非存在ではなく、そのような欠陥の密度（concentration）（一般に、単位面積あたりの欠陥の数として表現される）と欠陥の性質とになる。本明細書中で用いられるときに、用語「欠陥」は、結晶構造内の欠陥すなわち構造的欠陥を意味しており、結晶構造内に意図的にまたは意図的でなく導入され得るドーパントなどの不純物要素を含まない。

40

【0004】

炭化ケイ素は、それを有利な半導体材料にする多くの性質を有している。物理的に、該材料は、非常に硬く、極めて高い融点を有しており、該材料にロバストな物理特性を与えている。化学的に、炭化ケイ素は、化学的腐食に非常に抵抗力があり、従って化学的安定性および熱的安定性を提供する。しかしながら、おそらく最も重要なこととして、炭化ケ

50

イ素は、高い絶縁破壊電界、比較的広いバンドギャップ（4 Hのポリタイプ（poly type）に対して室温で約3.2 eV）、および高い飽和電子ドリフト速度を含めて、優れた電子的性質を有する。これらの性質は、高電力動作、高温動作、および放射能硬度（radiation hardness）に関してSiCに有意な利点を与える。

【0005】

しかし、その結晶形において、炭化ケイ素は、150を超えるポリタイプ（または結晶構造）が存在し得、それらポリタイプの多くは、比較的小さい熱力学的な差異によって分離される。従って、大型のSiC結晶を成長させながら単一のポリタイプを維持することは、根本的な難題を表している。さらに、炭化ケイ素は、高温において溶解するのではなく昇華する傾向がある（すなわち、その温度が上昇するにつれて、SiCは、固相から気相へと直接遷移する傾向がある）。昇華に起因する気相種（ Si(g) 、 $\text{SiC}_2(\text{g})$ および $\text{Si}_2\text{C(g)}$ ）もまた、ポリタイプの制御における困難性を高める。別の因子として、SiCは、非化学量論的な（non-stoichiometric）様態において昇華し、固体の炭素をあとに残す傾向がある。

【0006】

従って、炭化ケイ素の特定の物理的および化学的性質が、炭化ケイ素の成長の間に、特にサイズ、量、および純度における成長の問題を引き起こし得る。それらサイズ、量、および純度は、ウェーハ、エピタキシャル層を有するウェーハ、および電子デバイスの商業的に存立可能な量の商用生産に対して有用である。

【0007】

半導体デバイス製造における最初のステップは、最終的にデバイスを構成する半導体材料の薄い層を形成することを一般に含んでいる。多くの応用において、これは、同じまたは異なる半導体材料の大きい「バルク」基板結晶上に半導体材料の1つ以上のエピタキシャル層（「エピ層」）を成長させる形態をとる。エピタキシャル層は、化学気相堆積（CVD）、分子線エピタキシ（MBE）および他の方法などの非常に精密で、よく理解された技術を用いて、極めて高品質に形成され得る。一般に、高品質のエピタキシャル層の成長は、相対的に遅い成長速度を必要とする。基板として用いるために適切なバルク結晶は、一般に相対的に速い速度であるが、通常エピタキシャル層より多少低い品質で成長する。それにもかかわらず、エピタキシャル層は、根本的にエピタキシャル層が形成される基板の原子パターン（atomic pattern）を繰り返すことから、より高品質の基板は、より高品質のエピ層を作り出すことに対して望ましく、かつ必要である。

【0008】

炭化ケイ素の技術において、炭化ケイ素基板上的エピ層成長は、「軸オフ（off-axis）」方向にエピ層を成長させることによって増強され得る。用語「軸オフ」は、「軸オン（on-axis）」の成長との比較によって最もよく理解される。軸オンの成長は、炭化ケイ素結晶の規定された面の1つに対して直角に進行する方向に起こる結晶の成長を示す。成長方向は、よく理解されている結晶のミラー-ブラベー表記法（例えば、[defg]）において与えられ、ここで角括弧は、方向が与えられていることを示し、複数の整数が、仮想の結晶軸に沿ってベクトルの投影を表す。ミラー指数が、丸括弧の中で与えられるときに、表記法は平面（plane）を示している。従って、炭化ケイ素のシリコン面（face）と垂直の（直角をなす）方向は、炭化ケイ素の六方晶系（例えば、6H、4H）ポリタイプに対して[0001]と表され、一方シリコン面自身は、(0001)平面と表される。

【0009】

[0001]方向は、c軸（c-axis）と称され、一方c軸に垂直な平面は、c面、c平面または基底平面（basal plane）と呼ばれる。c平面は、時に「その（the）」基底平面と称される。

【0010】

図6は、単純な六方晶系の結晶構造に対する単位格子を例示する。c面およびc軸は、図面上に示される。[0001]方向およびその反対、

10

20

30

40

50

【 0 0 1 1 】

【 数 1 】

 $[000\bar{1}]$

方向もまた、図 6 上に示される。結晶の方向が任意であるという点において、 $[0001]$ 方向および

【 0 0 1 2 】

【 数 2 】

 $[000\bar{1}]$

10

方向は、等価な方向と考えられる。等価な方向は、山括弧の使用によって示される。従って、表記 $\langle 0001 \rangle$ は、 $[0001]$ 方向と等価な方向のファミリーを示す。平面のファミリーは、波括弧によって、例えば $\{0001\}$ と表される。SiC ウェーハの片側は、シリコン原子によって終端され、他の側は、炭素原子によって終端される。慣例によって、シリコン側は (0001) と表され、炭素側は

【 0 0 1 3 】

【 数 3 】

 $(000\bar{1})$

と表される。慣例および植字法に依存して、「バー」表示もまた、関連する整数に先行し得る。すなわち $(000-1)$ 。

20

【 0 0 1 4 】

用語の軸オフは、結晶面とまさに直角な方向と異なる方向における成長を示し、一般に、結晶の c 面に垂直な c 軸に関してわずかに斜めである。これらの軸オフの方向は、基本的な方向または平面からわずかに逸脱している方向であって、微斜面 (vicinal) と考えられる。軸オフの成長は、ランダムな核形成を低減し、従って炭化ケイ素のエピ層が、より高い格子精度 (accuracy) を有して成長することを促進し得る。これは、軸オンの面と比較して軸オフの面上で露出される、より数多くの「ステップ (step)」からもたらされると理解されている。特定の実施例において、

【 0 0 1 5 】

30

【 数 4 】

 $\langle 000\bar{1} \rangle$

方向から

【 0 0 1 6 】

【 数 5 】

 $\langle 11\bar{2}0 \rangle$

または

【 0 0 1 7 】

40

【 数 6 】

 $\langle 10\bar{1}0 \rangle$

方向のいずれかへの 8° の配向が、高品質な炭化ケイ素のエピタキシャル成長を促進することに対して、特に有効であることが見出されている。

【 0 0 1 8 】

例示的な軸オフのエピタキシャル成長方法は、特許文献 1 に示され、該特許文献の全体は、参照によって本願明細書中に援用される。そのような成長のための基板を準備することにおいて、軸オンのバルク炭化ケイ素の比較的大きな結晶または「ブール (boule)」は、軸オフの面を提供するために所定の角度 (例えば、 8°) で切断され、通常多く

50

のバルクウェーハは、適切な角度で切断される。

【0019】

やはり、軸オフのウェーハを作成するために、軸オンで成長したSiCの結晶を8°角度でスライスすることは、著しく無駄が大きい。すなわち、プールのくさび形の部分が、エピ層成長に対して8°軸オフの基板を提供するために、頂部および底部の両方から捨てられなければならない。

【0020】

基板の成長は、同一人に譲渡された特許文献2およびその再発行No. RE34, 861に示されるように、シードされた昇華成長の方法およびシステムにおいて一般的に起こる。上記特許文献の両方の内容全体は、参照によって本願明細書中に援用される。昇華成長の本質は、プールの成長の方向が、主として供給源（必須ではないが、通常SiC粉末）と種結晶との間の温度勾配によって決定されることである。従って、8°軸オフの表面を有するシードされた結晶は、温度勾配（種結晶より暖かい粉末による）の方向に成長する。

10

【0021】

炭化ケイ素の使用を促進することにおける今日までの制限の1つは、サイズ因子である。比較として、シリコン(Si)およびヒ化ガリウム(GaAs)などの他の半導体材料において、直径6インチのウェーハが一般的であり、いくつかのシリコンウェーハは、300ミリメートル(mm)の直径が利用可能である。

20

【0022】

対照的に、炭化ケイ素によって提供される物理的成長の努力目標は、2インチおよび3インチのウェーハ(50.8mmおよび76.2mm)が、商業的に代表的であると考えられるけれども、一方で100mmまたはより大きいウェーハは、広く利用可能ではない。炭化ケイ素の成長における最近の研究は、これらの典型的なサイズを追認している。例えば、非特許文献1は、直径25ミリメートルおよび45ミリメートルの結晶成長を報告している。非特許文献2は、基板ウェーハそれ自身の成長またはサイズを拡大するのではなく、商業的に利用可能なウェーハ上のエピタキシャル成長を実施した。非特許文献3は、同様に35mmの単結晶を示している。非特許文献4は、直径30ミリメートルの結晶を報告している。非特許文献5は、2インチおよび3インチの炭化ケイ素基板の使用を報告している。

30

【0023】

円形（典型的な半導体ウェーハは、標準化およびアラインメント目的のために規定された「扁平な(flat)」エッジ部分を有する円形である）の面積は、当然、その半径の二乗に正比例する。従って、適切なSiC種結晶、種結晶上で成長したバルク結晶、およびバルク結晶から切断されたウェーハの直径を増大させることは、適切な最小の欠陥密度（すなわち、高い品質）が保たれ得るとすれば、単に二義的でない幾何学的な利点を潜在的に提供する。例えば、直径45mmのウェーハは、約1590mm²の面積を有し、一方90mmウェーハ（すなわち、2倍の直径）は、約6360mm²の面積を有する。

【先行技術文献】

【特許文献】

40

【0024】

【特許文献1】米国特許第4,912,064号明細書

【特許文献2】米国特許第4,866,005号明細書

【非特許文献】

【0025】

【非特許文献1】Dedulle他、「Free Growth Of 4H-SiC By Sublimation Method」、MATERIALS SCIENCE FORUM、Vol. 457-460、(2004年)、p. 71-74

【非特許文献2】Nakamura他、「id」、p. 163~168

【非特許文献3】Rost、「Macrodefect Generation in

50

SiC Single Crystals Caused by Polyttype Changes」、MATERIALS SCIENCE FORUM、VOL. 389 - 393、(2002年)、p. 67 - 70

【非特許文献4】Anikin、「Progress in SiC Bulk Growth」、MATERIALS SCIENCE FORUM、VOL. 338 - 342、(2000年)、p. 13 - 16

【非特許文献5】Gupta他、「6H and 4H - SiC Bulk Growth by PVT and Advanced PVT (APVT)」、MAT. RES. Soc. SYMP. PROC.、VOL. 815、(2004年)

【発明の概要】

10

【発明が解決しようとする課題】

【0026】

軸オフのウェーハを得るための従来技術において、より大きな結晶は、一般に結晶の垂線から離れて配向され、ついで軸オフの種結晶を産生するためにウェーハが配向方向に向かって切断される。垂線から離れて結晶を配向することは、結晶と同じサイズのウェーハを切断するために利用可能な有効な層厚を低減する。実際の損失は、ウェーハサイズ(直径)および切断される角度のタンジェントによって概算され得る。例えば、直径100ミリメートルの結晶上の8度(8°)軸オフの切断に対して、8°のタンジェント(0.1405)は、約14ミリメートルの材料の損失を規定する。

【課題を解決するための手段】

20

【0027】

(概要)

一局面において、本発明は、半導体結晶である。該結晶は、種結晶部分と、該種結晶部分上の成長部分とを含んでいる。種結晶部分および成長部分は、実質的に直立した円筒形の炭化ケイ素の単結晶を形成する。種結晶面は、成長部分と種結晶部分との間の界面を規定し、該種結晶面は、直立した円筒形の結晶の基部(base)に実質的に平行であり、該単結晶の{0001}平面に関して約0.5°と12°との間の軸オフである。成長部分は、種結晶部分のポリタイプを複製し、該成長部分は、少なくとも約100mmの直径を有する。

【0028】

30

別の局面において、本発明は、半導体結晶であり、該結晶は、単結晶の種結晶部分と、該種結晶部分上の単結晶の成長部分とを含んでいる。種結晶部分および成長部分は、少なくとも直径100ミリメートルの直立した円筒形の炭化ケイ素の単結晶を規定するために十分な直径を有する。種結晶面は、成長部分と種結晶部分との間の界面を規定し、該種結晶面は、直立した円筒形の結晶の基部に実質的に平行であり、該単結晶の{0001}平面に関して約0.5°と12°との間の軸オフである。成長部分は、種結晶部分のポリタイプを複製する。

【0029】

別の局面において、本発明は、半導体ウェーハであり、該ウェーハは、少なくとも100ミリメートルの直径と、 100 cm^{-2} 未満のマイクロパイプ密度(micropipe density)とを有する炭化ケイ素の単一のポリタイプを含んでいる。

40

【0030】

また別の局面において、本発明は、高品質で大きな直径の炭化ケイ素の単結晶を成長させるための方法である。該方法は、炭化ケイ素のバルク単結晶から該バルク結晶のc軸に関してある角度で炭化ケイ素の種結晶を切断して、該バルク結晶のc面に関して軸オフである面を有する種結晶を産生することと、該種結晶の種結晶面に垂直で、該c面に関して垂直でない方向の顕著な温度勾配を、シードされた成長システムにおける該軸オフの種結晶に対して、所望されたサイズのバルク結晶が得られるまで適用することと、該種結晶の原初の面に平行に該バルク結晶を切断することによって、該バルク結晶から軸オフのウェーハを切断して、該種結晶ウェーハのc軸に関して軸オフである面を有する種結晶ウェー

50

ハを産生することとを包含する。

【図面の簡単な説明】

【0031】

【図1】図1は、従来の先行技術に従うバルク結晶の概略図である。

【図2】図2は、本発明に従う結晶の概略図である。

【図3】図3は、本発明に従う結晶の別の実施形態の概略図である。

【図4】図4は、本発明に従う結晶の別の実施形態の概略図である。

【図5】図5は、本発明に従うウェーハの概略図である。

【図6】図6は、六方晶系結晶の外面的形態の特定の局面の概略図である。

【図7】図7は、本発明に従い形成されたウェーハの高品質な表面の3つの写真の組である。

10

【図8】図8は、本発明に従うバルク結晶の概略図である。

【発明を実施するための形態】

【0032】

本発明および同一のことが達成される方法の上記ならびに他の目的および利点は、添付の図面と合わせて解釈される以下の詳細な説明に基づきより明確になる。

【0033】

(詳細な説明)

図1は、軸オフの炭化ケイ素ウェーハを得るための従来技術の概略図である。一般に、10で広く示されたバルク結晶は、軸オンの方向において成長する。従って図1が例示するc軸[0001]15は、結晶10のc面(0001)14と直角である。軸オフの成長のための軸オフの種結晶を得るために、結晶10は、c軸15と直角でない(軸オフ)、従ってc面14に関して平行でない複数の線13に沿って切断される。

20

【0034】

背景において述べられたように、特定の問題が結果としてもたらされる。第一に、この方法で結晶10を切断することは、結晶10の底部および頂部の両方においてそれぞれの無駄な部分12を規定する。所望されたカット13(従って、面を規定する)が軸オフである程度がより大きいほど、無駄になる材料の量はより大きい。

【0035】

第二に、立体および平面幾何学の基本原則に従うと、結晶10が円柱の形状である場合、面に対して平行以外の角度で平面を切断することは、円形の薄片ではなく長円形の薄片を作り出す。これは、炭化ケイ素の微視的な成長に関する問題ではないけれども、巨視的な意味において、種結晶およびウェーハは慣例的に円形(規定された位置において直交線の扁平部(orthogonal flats))を有する)であり、長円形の薄片は、なんらかのカスタマイズされた様態において処理されるか、または従来の形に整形されなければならない。

30

【0036】

本発明によると図2は、20で広く示された結晶の第1の実施形態の概略図である。結晶20は、種結晶部分21と、種結晶部分21上の成長部分22とを含む。種結晶部分21および成長部分22は共に、実質的に直立した円筒形の炭化ケイ素の単結晶を形成する。種結晶面23は、成長部分22と種結晶部分21との間の界面を規定する。実際の実施において、そして当業者によって認識されるように、成長した結晶において、種結晶面23は、観察可能ではなく史実的(historical)であり得る。種結晶面23は、直立した円筒形の結晶20の基部24および25に実質的に平行であり、単結晶20のc面に関して約0.5度と12度との間の軸オフである。(0001)c面は、もちろん{0001}平面のファミリーの一部である。成長部分22は、種結晶部分21のポリタイプを複製し、成長部分22は、少なくとも約100ミリメートルの直径を有する。

40

【0037】

配向がオフ角度である程度は、本質的に数値によってではなく、むしろ論理的機能的な考慮によって制限される。例えば、かつ誇張するために、90°の「軸オフ」の角度にお

50

いて成長することは、本質的に異なる結晶面上で成長することを意味する。同様に、 0° に近い軸オフの配向を用いることは、基底平面自身から最も小さな差異を提示する。従って、成功した成長は、 8° までの軸オフの配向で示されたけれども、より大きな角度の成功が同様に予期されており、 8° が本発明に対して絶対的な上限を表していないことが理解される。

【0038】

図2はまた、結晶20のc軸27を例示し、同様に、昇華の間に結晶の成長方向を駆動する温度勾配30を例示する。当該分野においてよく理解されているように、温度勾配は、物理的な距離にわたる所望される温度差を表し、例えば、1センチメートルあたりの摂氏温度で表す。一般的に言えば、温度勾配があると、昇華された（および他のガス状の）種結晶はより暖かい位置から（相対的に）より冷たい位置に移動する。従って、結晶成長システムにおいて温度勾配を制御することは、結晶成長の性質および方向を制御することにおいて重要な因子である。本願明細書の図において、それぞれの矢印（16、30、60）は、軸方向の温度勾配を図式的に表す。

10

【0039】

従って、図2は、図1に例示された結晶とは対照的に、成長は、c面26に垂直に起こらず、その代わり種結晶面23に垂直に起こることを示している。対応するように、温度勾配30およびc軸27は、もはや互いに平行ではなく、また互いに平行であるように意図されない。

20

【0040】

種結晶部分21および成長部分22は、一般に炭化ケイ素の3C、4H、6Hおよび15Rポリタイプからなる群から選択されたポリタイプを有し、4Hのポリタイプが特に（しかし排他的ではなく）高周波、高出力用デバイスに対して有益である。同様に、4Hおよび6Hポリタイプの両方は、特に高温用デバイス、光電子工学用デバイスおよびIII族窒化物材料の堆積に対して有益である。これらが互いに関して相対的な意味において好都合であり、本発明が単結晶のポリタイプを問わず利点をもたらすことが理解されるであろう。

【0041】

種結晶面がc面に関して軸外れである角度は、一般に 0.5° と 12° との間で変化し、ある程度設計的な選択の問題であるけれども、6Hに対して約 3.5° 、そして4Hに対して約 8° の（c面に関して両方とも表現された）軸外れで用いられている。

30

【0042】

図3および図4は、本発明の追加の実施形態を例示する。特にシードされた炭化ケイ素成長（昇華成長を含む）の性質は、ベストの条件下でさえ、いくつかの成長した結晶が、単一でないポリタイプの材料を含む不規則かつ潜在的な、少なくともエッジを示し得、場合によって、1つ以上の表面は、それらが物理的に成長システムに搭載されるか、または成長システムから除去される手法に時に依存して、非平面であり得る。

【0043】

従って、図3は、34で広く示された半導体結晶を示しており、それは、単結晶の種結晶部分35と、種結晶部分35上の単結晶の成長部分36とを含むとともに、種結晶部分35および成長部分36は、同じポリタイプを有する。結晶34はまた、37で図式的に示されるエッジ部分を含み、このエッジ部分は、多くの電子的応用に対してしばしば所望される単結晶材料と相反する他のポリタイプ（すなわち、種結晶部分および成長部分と異なる）または多結晶材料を含み得る。

40

【0044】

それにもかかわらず、種結晶部分と成長部分36とは、異なるポリタイプ材料のいずれから独立な、炭化ケイ素の単結晶の少なくとも直径100ミリメートルの直立した円筒形を規定するために十分な直径をもっている。上の実施形態におけるように、種結晶面40は、成長部分36と種結晶部分35との間の界面を規定し、種結晶面40は、直立した円筒形の結晶34の基部41および42に実質的に平行であり、単結晶34のc面43に

50

関して約 0.5° と 12° との間の角度の軸オフである。他の実施形態におけるように、成長部分 36 は、種結晶部分 35 のポリタイプを複製する。

【0045】

図3はまた、上の実施形態に関して挙げられたことと同じ点を説明する、c軸57と適用された温度勾配60の方向とを例示する。

【0046】

図4は、本発明に従う別の結晶44を例示し、該結晶44は、種結晶部分45と、成長部分46と、非平面であり得る表面50および51に加えて単結晶でない材料のエッジ部分47とを含む。そのような非平面の表面（例えば、50および51）の原因は、変化しやすいけれども、必ずしも単結晶を妨げない。従って、全体の結晶44の中に少なくとも100ミリの炭化ケイ素の単結晶52の直立した円筒形を規定することに関して、種結晶部分45および成長部分46は、十分な直径「D」を有する。

10

【0047】

他の実施形態におけるように、図4は、成長部分46と種結晶部分45との間の界面を規定する種結晶面53を例示し、種結晶面53は、直立した円筒形の結晶部分52の基部54および55に実質的に平行である。種結晶面53は、ここでまた単結晶52のc面56に関して約 0.5° と 12° との間の角度の軸オフである。他の実施形態におけるように、成長部分46は、種結晶部分45のポリタイプを複製する。

【0048】

また別の実施形態において、そして図5に例示されるように、様々な情報源（例えば、<http://www.cree.com/products/pdf/MAT-CATALOG.00G.pdf> [online]（2006年4月））において論じられるように、本発明は、少なくとも100ミリの直径「D」を有する半導体ウェーハ62を含み、これは、ウェーハまたは直径測定に対する標準規格と矛盾しない。ウェーハ62は、実質的に平行な面63および64、ならびに面63および64に実質的に垂直な周囲のエッジ65を含む。ウェーハを形成する単結晶のc面66が、単結晶ウェーハ62の基部63および64に関する軸から約 0.5° と 12° との間の角度にあるという点において、ウェーハは特徴付けられる。

20

【0049】

ウェーハ形態において、100mmの単結晶は、従来の材料取扱いおよび取扱い機器に対して適切である。ウェーハ形態において、結晶はまた、炭化ケイ素または他の材料（特に、青色発光ダイオードおよび青色レーザダイオードなどの光電子工学用デバイスのためのIII族窒化物）のエピタキシャル成長に対する基板として役立ち得る。

30

【0050】

従って、別の局面において、本発明は、本発明に従うウェーハとウェーハ上のエピタキシャル層の形態との組合せである。エピタキシャル層を有するウェーハは、数多くの利点（一般に、前駆材料（precursor）としての）を提供する。例えば、ウェーハおよびエピ層は、金属半導体電界効果トランジスタ（MESFET）および関連するデバイスに対する基盤を形成し得る。本発明に従う単結晶ウェーハは、炭化ケイ素とIII族窒化物との両方に密な格子適合（match）を提供する。ウェーハは、より大きな電力処理、および改善された信頼性を提供する、炭化ケイ素の高い熱伝導率を有する。SiC基板上のIII族窒化物のエピ層の使用は、より長い波長のダイオードに比べてかなり光学ストレージ容量を増大させ得る短波長のレーザダイオードに対する有利なアプローチを提供する。別の利点として、炭化ケイ素は、マイクロ波デバイスのために絶縁すること（例えば、米国特許第6,316,793号）から、発光ダイオード（例えば、米国特許第4,918,497号）およびレーザ（例えば、米国特許第5,592,501号）のために伝導することに及ぶ導電率を有して形成され得る。

40

【0051】

本発明に従う結晶およびウェーハは、すべての実施形態において、1平方センチメートル（ cm^2 ）あたり100未満のマイクロパイプ密度を有し、いくつかの実施形態にお

50

いて 30 cm^{-2} 未満、いくつかの実施形態において 15 cm^{-2} 未満、およびいくつかの実施形態において 5 cm^{-2} 以下のマイクロパイプ密度を有する。

【0052】

本発明に従う結晶およびウェーハはまた、品質を記述するための他の基準を用いて類別され得る。これらの基準のいくつかは、以下の用語の1つ以上において記述され得る。

【0053】

「(領域)汚染((area)contamination)」は、スマッジ(smudge)、ステイン(stain)、またはウォータースポット(water spot)に起因する外観において、変色するか、まだらであるか、または曇りであるように、高強度のまたは拡散照明下で明らかにされる、局所的な表面上のあらゆる外来性の問題を示す。

10

【0054】

「クラック(crack)」は、ウェーハの前側からウェーハの後側表面に延びるウェーハの破断または劈開を示す。品質の説明目的のために、「クラック」とは、高強度の照明下での長さに関して、 0.010 インチより大きくなければならない。このことは、許容される結晶性の線紋(striation)から破断線を識別することに役立つ。そのような破断線は一般に、それらを線紋から識別する鋭い細線の広がりを見せる。

【0055】

「エッジチップ(edge chip)」は、半径方向の深さまたは幅のいずれかにおける 1.5 ミリメートル以上のあらゆるエッジの異常(ウェーハ鋸の出口マークを含む)を示す。拡散照明下で見られるように、エッジチップは、ウェーハのエッジから意図的でなく落とされた材料として決定される。

20

【0056】

「エッジ除外(edge exclusion)」は、ウェーハ取扱い領域と称され、表面仕上げ基準から除外されるウェーハの規定された外側の環形を示す。

【0057】

「六角プレート(hex plate)」は、拡散照明下で肉眼によって色が銀色に見えるウェーハの表面上の六角形状の小板である。

【0058】

「マスキング欠陥(masking defect)」(「マウンド(mound)」)は、拡散照明によって見られるときに、ウェーハの前面上の隆起した明瞭な領域を示す。

30

【0059】

「オレンジ果皮(orange peel)」は、拡散照明下で見られるときに、視覚的に感知できる粗くなった表面を示す。

【0060】

「ピット(pit)」は、長さとの比率が5対1以上を有する、ウェーハ表面の窪みとして現われ、高強度の照明下で可視となる個々の認識可能な表面の異常を示す。

【0061】

「外来性ポリタイプ(foreign polytype)」(「インクルージョン(inclusion)」または「微結晶(crystallite)」)は、多結晶質であるか、またはウェーハの残りとは異なる他のポリタイプ材料(例えば、 6H に混じった 4H)であるウェーハ結晶の領域を示す。ポリ領域は、頻繁に色変化または明瞭な境界線を表し、拡散照明下で領域パーセントによって判断される。

40

【0062】

「スクラッチ(scratch)」は、ウェーハの前面上に、長さとの比率が5対1より大きい、高強度の照明下で可視となる単一の切れ目または溝と規定される。

【0063】

「線紋」は、ウェーハの表面から下に延び(ウェーハの厚さ全体を通過し得るか、または通過し得ない)、一般にそれらの長さによって結晶の平面が続く、線状の結晶欠陥と

50

規定される。

【0064】

「使用可能な総領域 (total usable area)」は、エッジ除外帯内の前面ウェーハの品質領域から、すべての顕著な欠陥領域の累積を減算することを示す。残りのパーセント値は、すべての顕著な欠陥がない (エッジ除外までの2ミリメートルを含めない)、前面の割合を示す。

【0065】

背景としてのこれらの基準によって、本発明に従うウェーハは、エッジチップが1つのウェーハあたり2未満の密度を示す。本発明に従うウェーハは、オレンジ果皮またはピットが、ウェーハ領域の30パーセント以下であり、いくつかの実施形態において、ウェーハ領域の10パーセント以下を示す。

10

【0066】

本発明に従うウェーハは、線紋が、1つのウェーハあたり20以下であり、他の実施形態において、1つのウェーハあたり3以下を示す。本発明に従うウェーハは、領域汚染またはクラックがない。六角プレートの密度は、ウェーハの累積領域の30パーセント未満であり、他の実施形態において、ウェーハの累積領域の10パーセント未満である。

【0067】

本発明に従うウェーハは、8以下のスクラッチ、またはいくつかの実施形態において、5以下のスクラッチを有する。

【0068】

本発明に従うウェーハは、200Xの顕微鏡下でマスキング欠陥 (マウンド) に関して検査される。すべての実施形態において、ウェーハは、クロスパターンで検査された9つのフィールドの3つ以下において10以下の欠陥、または他の実施形態において、クロスパターンで検査された9つのフィールドの5つ以下において10以下の欠陥を有する。ウェーハは汚染がない。総累積として表すと、領域欠陥の累積は、ウェーハ領域の30パーセント以下であり、いくつかの実施形態において、ウェーハ領域の10パーセント以下である。

20

【0069】

別の局面において、本発明は、高品質で大きな直径の炭化ケイ素の単結晶を成長させるための方法である。この局面において、本発明は、炭化ケイ素のバルク単結晶から該バルク結晶のc軸に関してある角度で炭化ケイ素の種結晶を切断して、該バルク結晶のc面に関して軸オフである面を有する種結晶を産生することと、該種結晶の種結晶面に垂直で、該c面に関して垂直でない方向の顕著な温度勾配を、シードされた成長システムにおける該軸オフの種結晶に対して、所望されたサイズのバルク結晶が得られるまで適用することと、該種結晶の原初の面に平行に該バルク結晶を切断することによって、該バルク結晶から軸オフのウェーハを切断して、該種結晶ウェーハのc軸に関して軸オフである面を有する種結晶ウェーハを産生することとを包含する。

30

【0070】

特に、該方法は、一般にバルク結晶から複数のウェーハを切断することを含んでいる。

【0071】

本発明の他の局面に関して述べられたように、結果としてもたらされるウェーハは、軸オフのウェーハ切断によって、バルク成長システムをシーディングするための適切な種結晶を提供する。炭化ケイ素のバルク成長は、次いでそのようなシードされたシステムにおいて実施され得る。

40

【0072】

該方法は、種結晶ウェーハの軸オフの面上のエピタキシャル層の少なくとも1つ、可能性として複数の層を成長させることをさらに含み得、エピタキシャル層は、炭化ケイ素、および特に有利なIII族窒化物材料のエピタキシャル層を有する。

【0073】

図7は、本発明に従い形成された炭化ケイ素ウェーハの3つの写真の組である。図7 (

50

A) および図7(B)は、わずかに垂直でない角度で撮られ、従ってウェーハは、写真の中で長円形に見える。しかしながら、図7(C)の正面写真によって例示されるように、ウェーハは円形である。これらの写真は、本発明に従い産生された100mmのウェーハを示す。

【0074】

図8は、該方法およびその利点の局面を例示する概略図である。図8は、向かい合う面71および72が、c面73に関して軸オフである、70で広く示されたバルク結晶を例示する。参照の目的のために、c軸74もまた示される。明瞭にするために、図8は、軸オフの配向の程度を誇張している。

【0075】

該方法に従うと、成長した結晶の面71、72は、結晶のc面に関してすでに軸オフであることから、結晶70が、均質の直立した円柱という形で(一般的であるように)成長すると仮定すれば、結晶70は、軸オフの表面を有する個々のウェーハ75を規定するために、その円筒の軸と直角に切断され得、長円形ではなく円形において切断され得る。

【0076】

本明細書中に記載された技術は、SiCの(0001)面および[0001]軸に関して記載されたけれども、該技術が、他の面(例えば、{0001}平面)を用いて、他の軸に関して、組込まれ得ることが理解されるであろう。多くの理由のために、(0001)面および

【0077】

【数7】

$$(000\overline{1})$$

面は、炭化ケイ素のバルク成長に都合がよいけれども、全くそうというわけではない。従って、当業者は、本明細書中に記載された角度および面に加えて、複数の角度および面を用いて、特許請求の範囲に記載される発明を組込み得る。

【0078】

用語「単結晶」が、なんらかのモザイク模様の性質を有する大型のブール結晶を記述するために用いられ得ることはまた、炭化ケイ素の結晶の成長に詳しい人々によって理解される。当業者にさらに公知であるように、モザイク模様の性質を有する結晶は、単結晶を形成するために、共に成長する複数の核になる領域とともに成長する。結果としてもたらされる領域は、転位または他の欠陥に接し得るけれども、それにもかかわらず、よく理解されている技術(特に、X線回折)によって分析されるときに、単結晶の特性を有する。これらの領域の集合体は、粒(grain)間で非常に小傾角の領域(small tilt region)によってモザイク構造を有し得るけれども、領域は、なお共に成長して単結晶を形成する。

【0079】

X線回折によって、本発明に従って成長した結晶の単結晶の特性は、角度の約36秒と180秒との間の回折角からの角度の幅を有する。これは、40秒~60秒(sec⁻¹)の角度の幅が高品質な単結晶を表す、当該分野における単結晶の許容範囲の標準的範囲を満足する。角度の幅は、当該分野においてよく理解されている標準と一致する、ブラッグ角におけるスペクトル半値幅(FWHM)として測定される。

【0080】

図面および明細書において、本発明の好適な実施形態が示され、特定の用語が利用されたけれども、それらは、単に一般的な、説明的な意味において用いられ、特許請求の範囲に規定される本発明の範囲を制限する目的のためではない。

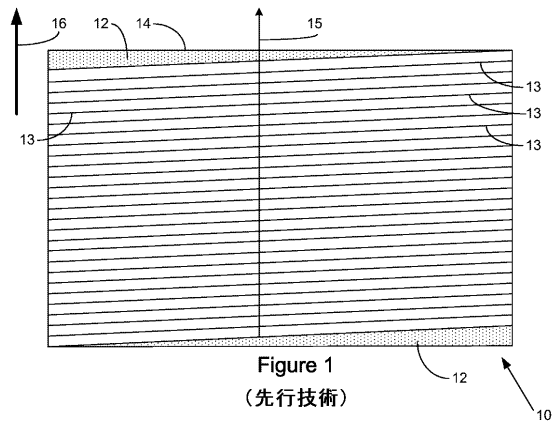
10

20

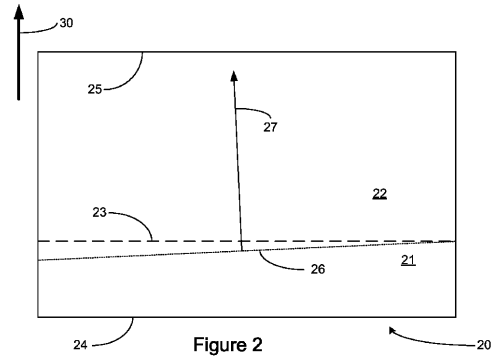
30

40

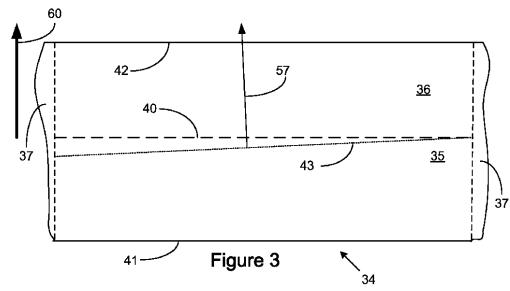
【 図 1 】



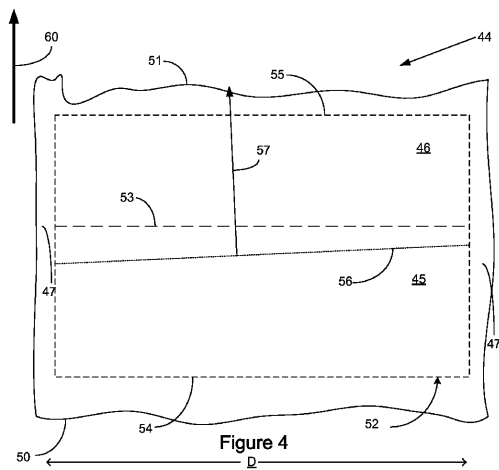
【 図 2 】



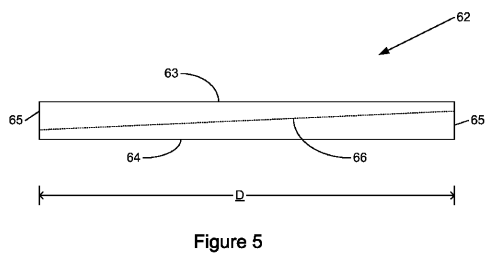
【 図 3 】



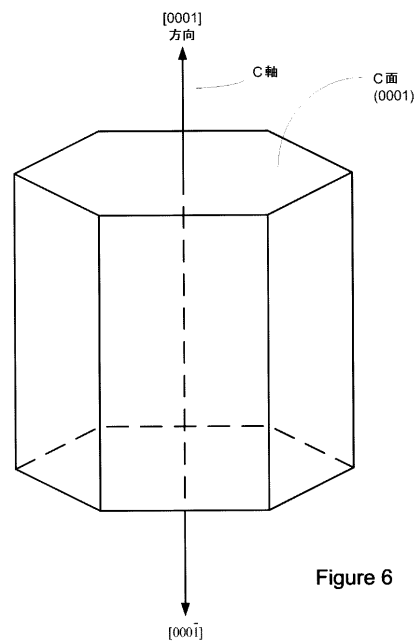
【 図 4 】



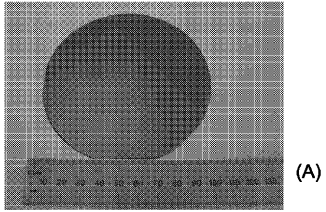
【 図 5 】



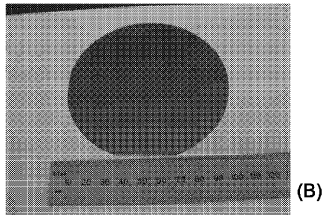
【 図 6 】



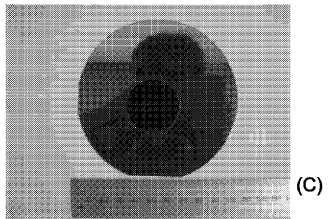
【図 7 (A)】



【図 7 (B)】



【図 7 (C)】



【図 8】

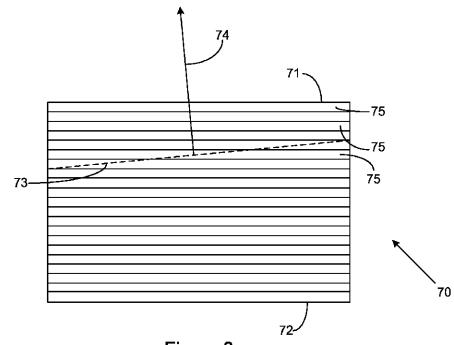


Figure 8

【国際調査報告】

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No
PCT/US2007/069946

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER INV. C30B29/36		
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) C30B		
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, 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	WO 2006/011976 A (CREE INC [US]; JENNY JASON RONALD [US]) 2 February 2006 (2006-02-02) the whole document	1-6, 12-20
Y		7-11, 21-29
Y	JP 04 016597 A (SHARP KK) 21 January 1992 (1992-01-21) abstract	7-11, 21-29
	----- -/-	
<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 doubt 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 "T" 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 1 November 2007		Date of mailing of the international search report 23/11/2007
Name and mailing address of the ISA/ European Patent Office, P.B. 5818 Patentlaan 2 NL - 2280 HV Rijswijk Tel (+31-70) 340-2040, Tx. 31 651 epo nl, Fax: (+31-70) 340-3016		Authorized officer Cook, Steven

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No
PCT/US2007/069946

C(Continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT		
Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X	MULLER S G ET AL: "Progress in the industrial production of SiC substrates for semiconductor devices" MATERIALS SCIENCE AND ENGINEERING B, ELSEVIER SEQUOIA, LAUSANNE, CH, vol. 80, no. 1-3, 22 March 2001 (2001-03-22), pages 327-331, XP004234723 ISSN: 0921-5107 page 328; figure 1	1
X	US 2004/187766 A1 (LETERTRE FABRICE [FR]) 30 September 2004 (2004-09-30) paragraph [0045] - paragraph [0051]	1
X	WO 2006/041660 A (CREE INC [US]; BRADY MARK [US]; LEONARD ROBERT TYLER [US]; POWELL ADRI) 20 April 2006 (2006-04-20) claims 1-14	1
A	US 2006/073707 A1 (POWELL ADRIAN [US] ET AL) 6 April 2006 (2006-04-06) paragraph [0053]	1-29
T	CREE: "Silicon Carbide Substrates and Epitaxy - Product Catalogue" INTERNET ARTICLE, [Online] XP002457352 Retrieved from the Internet: URL: http://www.cree.com/products/pdf/mat-catalog.00g.pdf [retrieved on 2007-11-01] pages 4,9	1-29
A	US 2006/032434 A1 (MUELLER STEPHAN [US] ET AL) 16 February 2006 (2006-02-16) the whole document	1-29
A	EP 1 619 276 A (NORSTEL AB [SE]) 25 January 2006 (2006-01-25) the whole document	1-29
A	WO 00/49207 A (SIEMENS AG [DE]; STEIN RENE [DE]; VOELKL JOHANNES [DE]; KUHN HARALD [D]) 24 August 2000 (2000-08-24)	
A	EP 1 233 085 A (SIXON INC [JP]; KANSAI ELECTRIC POWER CO [JP]; MITSUBISHI CORP [JP]; S) 21 August 2002 (2002-08-21)	
A	WO 2005/111277 A (TOYOTA MOTOR CO LTD [JP]; SIXON LTD [JP]; KIMOTO TSUNENOBU [JP]; SHIOMI) 24 November 2005 (2005-11-24)	

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

Information on patent family members

International application No

PCT/US2007/069946

Patent document cited in search report	Publication date	Patent family member(s)	Publication date
WO 2006011976 A	02-02-2006	CN 1973064 A EP 1784528 A1 KR 20070028589 A US 2007240630 A1	30-05-2007 16-05-2007 12-03-2007 18-10-2007
JP 4016597 A	21-01-1992	NONE	
US 2004187766 A1	30-09-2004	FR 2852974 A1 WO 2004090201 A2	01-10-2004 21-10-2004
WO 2006041660 A	20-04-2006	CA 2581856 A1 EP 1807558 A2 KR 20070088561 A US 2007209577 A1	20-04-2006 18-07-2007 29-08-2007 13-09-2007
US 2006073707 A1	06-04-2006	EP 1797225 A2 KR 20070054719 A WO 2006041659 A2	20-06-2007 29-05-2007 20-04-2006
US 2006032434 A1	16-02-2006	EP 1786956 A1 KR 20070040406 A US 2007157874 A1 WO 2006019692 A1	23-05-2007 16-04-2007 12-07-2007 23-02-2006
EP 1619276 A	25-01-2006	JP 2006028016 A	02-02-2006
WO 0049207 A	24-08-2000	CA 2368380 A1 EP 1155171 A1 JP 2002537209 T US 2002014199 A1	24-08-2000 21-11-2001 05-11-2002 07-02-2002
EP 1233085 A	21-08-2002	DE 60024667 T2 WO 0118287 A1 JP 2001080997 A TW 231320 B	10-08-2006 15-03-2001 27-03-2001 21-04-2005
WO 2005111277 A	24-11-2005	CN 1950548 A EP 1751329 A1 JP 2005324994 A US 2007221119 A1	18-04-2007 14-02-2007 24-11-2005 27-09-2007

フロントページの続き

(81)指定国 AP(BW, GH, GM, KE, LS, MW, MZ, NA, SD, SL, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), EA(AM, AZ, BY, KG, KZ, MD, RU, TJ, TM), EP(AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, LV, MC, MT, NL, PL, PT, RO, SE, SI, SK, TR), OA(BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, ML, MR, NE, SN, TD, TG), AE, AG, AL, AM, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, 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, PG, PH, PL, PT, RO, RS, RU, SC, SD, SE, SG, SK, SL, SM, SV, SY, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, ZA, ZM, ZW

(72)発明者 ブレイディ, マーク

アメリカ合衆国 ノースカロライナ 27510, カーボロ, オールド フェイエットビル
ロード 222, アパートメント エム103

(72)発明者 パウエル, エイドリアン

アメリカ合衆国 ノースカロライナ 27519, カリー, キャッスルベリー クリーク
コート 206

F ターム(参考) 4G077 AA02 AB01 AB02 AB09 AB10 BE08 DA02 DA18 EA01 ED01
ED02 FJ06 HA06 HA12 SA01 SA04 SA06