

(19)日本国特許庁(JP)

(12)特許公報(B2)

(11)特許番号

特許第7204917号

(P7204917)

(45)発行日 令和5年1月16日(2023.1.16)

(24)登録日 令和5年1月5日(2023.1.5)

(51)国際特許分類

F I

C 3 0 B 29/04 (2006.01)

C 3 0 B

29/04

E

C 3 0 B 25/02 (2006.01)

C 3 0 B

29/04

G

C 2 3 C 16/27 (2006.01)

C 3 0 B

29/04

D

H 0 1 L 21/20 (2006.01)

C 3 0 B

25/02

P

C 3 0 B

25/02

Z

請求項の数 13 (全11頁) 最終頁に続く

(21)出願番号 特願2021-529457(P2021-529457)

(86)(22)出願日 令和1年11月27日(2019.11.27)

(65)公表番号 特表2022-510159(P2022-510159
A)

(43)公表日 令和4年1月26日(2022.1.26)

(86)国際出願番号 PCT/KR2019/016511

(87)国際公開番号 WO2020/111790

(87)国際公開日 令和2年6月4日(2020.6.4)

審査請求日 令和3年5月25日(2021.5.25)

(31)優先権主張番号 10-2018-0152579

(32)優先日 平成30年11月30日(2018.11.30)

(33)優先権主張国・地域又は機関

韓国(KR)

(31)優先権主張番号 10-2019-0088718

(32)優先日 令和1年7月23日(2019.7.23)

最終頁に続く

(73)特許権者 518344346

코리아 폴리테크닉 유니バーシティ

인ダ스트리 아카데미ック 코오페

레이션ョン ファウンデーション

KOREA POLYTECHNIC U

NIVERSITY INDUSTRY

ACADEMIC COOPERATI

ON FOUNDATION

大韓民国 15073 キョンギ - ド, シ

フン - シ, サンギデハク - ロ 237

237, Sangidaehak - ro

, Siheung - si, Gyeong

gi - do 15073 Republi

c of Korea

(74)代理人 100121382

最終頁に続く

(54)【発明の名称】 ダイヤモンド基板の製造方法

(57)【特許請求の範囲】

【請求項 1】

下部基板上に、繰り返されるフォトレジストパターンを形成するステップと、
エアギャップ形成膜を蒸着するステップと、
熱処理によって、前記フォトレジストを除去し、前記下部基板と前記エアギャップ形成
膜との間にエアギャップを形成するステップと、
バッファ層を形成するステップと、
ダイヤモンド厚膜を形成するステップと、
前記下部基板から前記ダイヤモンド厚膜が自己分離されるように冷却するステップとを
含むことを特徴とする、ダイヤモンド基板の製造方法。

【請求項 2】

前記フォトレジストパターンの形状は、陽刻又は陰刻の形態であって、ストライプ、円
形、または多角形の形状を含むことを特徴とする、請求項 1 に記載のダイヤモンド基板の
製造方法。

【請求項 3】

前記エアギャップを形成するステップにおいて、前記熱処理によって、前記エアギャッ
プ形成膜が、前記下部基板と同じ方位に結晶化されながら結合し、前記フォトレジストが
蒸発して、前記フォトレジストがあった位置に前記エアギャップを形成することを特徴と
する、請求項 1 に記載のダイヤモンド基板の製造方法。

【請求項 4】

10

20

前記エアギャップの形成によって、前記下部基板と、異種の前記ダイヤモンド厚膜との間における、格子定数及び熱膨張係数の差による応力を緩和させ、前記冷却時に、前記ダイヤモンド厚膜に欠陥やクラックの発生を減少させてダイヤモンド基板を取得することを特徴とする、請求項 1 に記載のダイヤモンド基板の製造方法。

【請求項 5】

前記下部基板は、

Al_2O_3 基板、 MgO 基板、イリジウム (Iridium) 基板、石英 (Quartz) 基板、白金 (Platinum) 基板、 SiC 基板、 YSZ 基板、 SrTiO_3 基板、シリコン基板、 SOI 基板、または III-V 族化合物半導体の基板であることを特徴とする、請求項 1 に記載のダイヤモンド基板の製造方法。

10

【請求項 6】

前記エアギャップ形成膜は、

Al_2O_3 、 MgO 、イリジウム (Iridium)、石英 (Quartz)、白金 (Platinum)、 SiC 、 YSZ 、 SrTiO_3 、 Si 、または III-V 族化合物の物質で形成されることを特徴とする、請求項 1 に記載のダイヤモンド基板の製造方法。

【請求項 7】

前記エアギャップを形成するステップにおいて、前記熱処理温度は $500 \sim 2000$ の範囲であることを特徴とする、請求項 1 に記載のダイヤモンド基板の製造方法。

【請求項 8】

前記エアギャップ形成膜が SiC 、 Si 、または III-V 族化合物半導体からなる場合に、前記バッファ層を形成するステップは、 $\alpha\text{-Al}_2\text{O}_3$ もしくは $\gamma\text{-Al}_2\text{O}_3$ 、 MgO 、 SrTiO_3 、または YSZ を含む金属酸化物からなる酸化物層と、 Ir 、 Pt 、もしくは Rh を含む白金族金属または Ni を含む物質からなる金属層とを、順次に積層するステップを含むことを特徴とする、請求項 1 に記載のダイヤモンド基板の製造方法。

20

【請求項 9】

前記エアギャップ形成膜が SiC 、 Si 、または III-V 族化合物半導体からなる場合に、前記バッファ層を形成するステップは、 SiC を含む層を形成するステップを含むことを特徴とする、請求項 1 に記載のダイヤモンド基板の製造方法。

【請求項 10】

前記エアギャップ形成膜が、 Al_2O_3 、 MgO 、 YSZ 、イリジウム (Iridium)、石英 (Quartz)、白金 (Platinum) または SrTiO_3 からなる場合に、

30

前記バッファ層を形成するステップは、 Ir 、 Pt 、もしくは Rh を含む白金族金属または Ni を含む物質からなる金属層を形成するステップを含むことを特徴とする、請求項 1 に記載のダイヤモンド基板の製造方法。

【請求項 11】

前記バッファ層を形成するステップは、

ALD (原子層蒸着法)、 CVD (化学気相蒸着法)、または PVD (物理的気相蒸着法) の装置を用いることを特徴とする、請求項 1 に記載のダイヤモンド基板の製造方法。

【請求項 12】

40

前記ダイヤモンド厚膜を形成するステップは、

CVD (化学気相蒸着法) 装置として、 HF-CVD (hot filament - CVD)、 MP-CVD (microwave plasma - CVD)、または RF-CVD (RF plasma - CVD) の装置を用いることを特徴とする、請求項 1 に記載のダイヤモンド基板の製造方法。

【請求項 13】

前記ダイヤモンド厚膜を形成するステップは、

核密度 10^5 cm^{-2} 以上のダイヤモンド結晶核層を形成するステップと、

前記ダイヤモンド結晶核層の上に、単結晶ダイヤモンド厚膜を成長させるステップとを含むことを特徴とする、請求項 1 に記載のダイヤモンド基板の製造方法。

50

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、単結晶ダイヤモンド基板の製造方法に関し、特に、高品質の単結晶ダイヤモンド基板を異種成長させて自己分離させる単結晶ダイヤモンド基板の製造方法に関する。

【背景技術】

【0002】

単結晶ダイヤモンド半導体は、非常に広いバンドギャップ（ 5.5 eV ）の物質であって、高い熱伝導率、電子／正孔移動度、絶縁破壊強度（ 10 MV/cm ）などの非常に優れた物性を有する半導体物質であり、これにより、単結晶ダイヤモンド半導体は、将来の極限性能を有する高周波、高出力の電子素子に多様に活用される見込みである。このような半導体素子用単結晶ダイヤモンドの成長は、現在、高温／高圧法ぐらいが唯一である。しかし、高温／高圧法によれば、非常に小さいサイズのダイ（ $10 \times 10\text{ mm}^2$ ）のみを取得できるだけであり、多くのコストを必要とするため、半導体素子に適用するには価格競争力がないのが現状である。

【0003】

これを克服するために、化学気相蒸着法を用いた異種成長技術が1990年代から本格的に研究されており、現在まで提示されたダイヤモンド単結晶の異種成長技術は、主に、単結晶Si基板や、 Al_2O_3 又は MgO などの単結晶酸化物基板上に、大口径の不完全な単結晶ダイヤモンドを成長させる程度に達している。すなわち、従来の単結晶ダイヤモンドの異種成長法は、大口径の薄膜又は基板を得ることができる利点があるが、異種基板との格子定数及び熱膨張係数の差により、大きな応力が導入され、成長後の温度下降時に多くの欠陥やクラック（*crack*）を誘発するため、収率が低下するという問題がある。

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0004】

したがって、本発明は、上述した問題点を解決するために案出されたものであって、本発明の目的は、サファイア（ Al_2O_3 ）などの基板上にフォトレジストパターンを用いたエアギャップ（*air gap*）の構造物を形成する方法で、大面積／大口径の単結晶ダイヤモンドを異種成長させる、簡単な工程と低コストの成長法を適用して、異種基板との格子定数及び熱膨張係数の差による応力を緩和させ、温度下降時にも欠陥やクラックの発生を減少させて、高品質の単結晶ダイヤモンド基板を作製し、異種基板からダイヤモンド基板の自己分離が容易に行われ得る単結晶ダイヤモンドの製造方法を提供することにある。

【課題を解決するための手段】

【0005】

まず、本発明の特徴を要約すると、上記の目的を達成するための本発明の一様態によるダイヤモンド基板の製造方法は、下部基板上に、繰り返されるフォトレジストパターンを形成するステップと；エアギャップ形成膜を蒸着するステップと；熱処理によって前記フォトレジストを除去し、前記下部基板と前記エアギャップ形成膜との間にエアギャップを形成するステップと；バッファ層を形成するステップと；ダイヤモンド厚膜を形成するステップと；前記下部基板から前記ダイヤモンド厚膜が自己分離されるように冷却するステップとを含む。

【0006】

前記フォトレジストパターンの形状は、陽刻又は陰刻の形態であって、ストライプ、円形、または多角形の形状を含む。

【0007】

前記エアギャップを形成するステップにおいて、前記熱処理によって、前記エアギャップ形成膜が、前記下部基板と、同じ方位に結晶化されながら結合し、前記フォトレジストが蒸発して、前記フォトレジストがあった位置に前記エアギャップを形成することができ

10

20

30

40

50

る。

【0008】

前記エアギャップの形成によって、前記下部基板と、異種の前記ダイヤモンド厚膜との間における、格子定数及び熱膨張係数の差による応力を緩和させ、前記冷却時に、前記ダイヤモンド厚膜における欠陥やクラックの発生を減少させてダイヤモンド基板を取得する。

【0009】

前記下部基板は、 Al_2O_3 基板、 MgO 基板、イリジウム(Iridium)基板、石英(Quartz)基板、白金(Platinum)基板、 SiC 基板、 YSZ 基板、 $SrTiO_3$ 基板、シリコン基板、 SOI 基板、またはIII-V族化合物半導体の基板などでありうる。

10

【0010】

前記エアギャップ形成膜は、 Al_2O_3 、 MgO 、イリジウム(Iridium)、石英(Quartz)、白金(Platinum)、 SiC 、 YSZ 、 $SrTiO_3$ 、 Si 、またはIII-V族化合物の物質などで形成されうる。

【0011】

前記エアギャップを形成するステップにおいて、前記熱処理温度は $500 \sim 2000$ の範囲でありうる。

【0012】

前記エアギャップ形成膜が SiC 、 Si 、またはIII-V族化合物半導体からなる場合に、前記バッファ層を形成するステップは、 $\alpha-Al_2O_3$ もしくは $\gamma-Al_2O_3$ 、 MgO 、 $SrTiO_3$ 、または YSZ を含む金属酸化物からなる酸化物層、及び、 Ir 、 Pt もしくは Rh を含む白金族金属または Ni を含む物質からなる金属層を順次に積層するステップを含むことができる。

20

【0013】

前記エアギャップ形成膜が SiC 、 Si 、またはIII-V族化合物半導体からなる場合に、前記バッファ層を形成するステップは、 SiC を含む層を形成するステップを含むことができる。

【0014】

前記エアギャップ形成膜が Al_2O_3 、 MgO 、 YSZ 、イリジウム(Iridium)、石英(Quartz)、白金(Platinum)または $SrTiO_3$ からなる場合に、前記バッファ層を形成するステップは、 Ir 、 Pt 、または Rh を含む白金族金属または Ni を含む物質からなる金属層を形成するステップを含むことができる。

30

【0015】

前記バッファ層を形成するステップは、 ALD (原子層蒸着法)、 CVD (化学気相蒸着法)、または PVD (物理的気相蒸着法)の装置を用いる。

【0016】

前記ダイヤモンド厚膜を形成するステップは、 CVD (化学気相蒸着法)装置として、 $HF-CVD$ (hot filament-CVD)、 $MP-CVD$ (microwave plasma-CVD)、または $RF-CVD$ (RF plasma-CVD)の装置を用いる。

40

【0017】

前記ダイヤモンド厚膜を形成するステップは、核密度 10^5 cm^{-2} 以上のダイヤモンド結晶核層を形成するステップと；前記ダイヤモンド結晶核層の上に単結晶ダイヤモンド厚膜を成長させるステップとを含む。

【発明の効果】

【0018】

本発明に係る単結晶ダイヤモンド基板の製造方法によれば、サファイア(Al_2O_3)などの基板上に、フォトリソパターンを用いたエアギャップの構造物を形成する方法でもって、大面積/大口径の単結晶ダイヤモンドを異種成長させる、簡単な工程と低コストの成長法を適用して、異種基板との格子定数及び熱膨張係数の差による応力を緩和させ

50

、温度下降時にも欠陥やクラックの発生を減少させることで、高品質の単結晶ダイヤモンド基板を作製するのであり、異種基板からのダイヤモンド基板の自己分離が容易に行われ得る。

【 0 0 1 9 】

例えば、本発明は、サファイア（ Al_2O_3 ）基板上に、半導体フォトリソグラフィ工程を用いてパターンを様々な形状に形成し、その上に Al_2O_3 を蒸着して熱処理を行うことで、パターンの内部のフォトレジストが除去される際に、パターンの外部の Al_2O_3 薄膜は、下方のサファイア基板と同じ方位に結晶化されて、サファイア基板と Al_2O_3 薄膜との間にエアギャップ（air gap）が形成される構造物を作り、その上に単結晶ダイヤモンドを成長させる。このように、エアギャップの構造物上にダイヤモンドを成長させる場合、互いに離隔しているパターン上に成長したダイヤモンド物質は、側面成長を通じてダイヤモンド内の欠陥が減少するのであり、異種基板とダイヤモンド成長層との間の応力減少の効果により、冷却時に欠陥やクラックの発生を減少させて、自己分離される大口径の単結晶ダイヤモンド基板の作製が可能である。

10

【 0 0 2 0 】

本発明に関する理解を助けるために詳細な説明の一部として含まれる添付の図面は、本発明に対する実施例を提供し、詳細な説明と共に本発明の技術的思想を説明する。

【図面の簡単な説明】

【 0 0 2 1 】

【図 1】本発明の一実施例に係る単結晶ダイヤモンド基板の製造方法を説明するための工程フローの図である。

20

【図 2】従来のダイヤモンド基板と、図 1 の工程に基づくダイヤモンド基板との欠陥の差を比較するための図である。

【図 3】図 1 の工程に基づいたエアギャップが形成された形態に対する走査電子顕微鏡写真の例である。

【発明を実施するための形態】

【 0 0 2 2 】

以下では、添付の図面を参照して本発明について詳細に説明する。ここで、それぞれの図面において、同一の構成要素は可能な限り同一の符号で表す。また、公知の機能及び／又は構成についての詳細な説明は省略する。以下に開示された内容は、様々な実施例に係る動作を理解するのに必要な部分を重点的に説明し、その説明の要旨をばやけさせる可能性がある要素についての説明は省略する。また、図面の一部の構成要素は誇張されたり、省略されたり、または概略的に図示され得る。各構成要素の大きさは、実際の大きさを全的に反映するものではなく、よって、それぞれの図面に図示された構成要素の相対的な大きさや間隔によってここに記載される内容が制限されるものではない。

30

【 0 0 2 3 】

本発明の実施例を説明するにおいて、本発明と関連する公知の技術に関する具体的な説明が本発明の要旨を不必要に曖昧にすると判断される場合には、その詳細な説明を省略する。そして、後述する用語は、本発明での機能を考慮して定義された用語であって、これは、使用者、運用者の意図又は慣例などによって変わり得る。したがって、その定義は、本明細書全般にわたる内容に基づいてなされるべきである。詳細な説明で使用される用語は、単に本発明の実施例を記述するためのものであり、決して制限的であってはならない。明確に別の意味を示すものでない限り、単数形の表現は、複数形の意味を含む。本説明において、「含む」又は「備える」のような表現は、ある特性、数字、段階、動作、要素、これらの一部または組み合わせを示すためのものであり、記述されたもの以外に、一つ又はそれ以上の他の特性、数字、段階、動作、要素、これらの一部または組み合わせの存在又は可能性を排除するように解釈されてはならない。

40

【 0 0 2 4 】

また、「第 1」、「第 2」などの用語は、様々な構成要素を説明するために使用されうるが、前記構成要素は、前記用語によって限定されるものではなく、前記用語は、一つの

50

構成要素を他の構成要素と区別する目的でのみ使用される。

【0025】

図1は、本発明の一実施例に係る単結晶ダイヤモンド基板の製造方法を説明するための工程フローチャートである。

【0026】

図1を参照すると、本発明の一実施例に係る単結晶ダイヤモンド基板の製造方法は、下部基板10上に繰り返されるフォトレジストパターン20を形成するステップ(S111)、エアギャップ形成膜30を蒸着するステップ(S112)、熱処理によって前記フォトレジストを除去し、下部基板10とエアギャップ形成膜30との間にエアギャップ25を形成するステップ(S121)、バッファ層40を形成するステップ(S122)、ダイヤモンド核形成層50、ダイヤモンド厚膜60を形成するステップ(S131, S132)、及び、下部基板10からダイヤモンド厚膜50, 60が自己分離されるように冷却して(S141)、下部基板10から分離された高品質のダイヤモンド基板を取得するステップ(S142)を含む。ダイヤモンド厚膜50, 60は、例えば、厚さが1000nm~100mmでありうるものであり、下部基板10から分離して、トランジスタ、ダイオード、LED(light emitting diode)などの各種電子素子の形成のためのバルク基板として活用することができる。

10

【0027】

以下、本発明の一実施例に係る単結晶ダイヤモンド基板の製造方法を、さらに詳しく説明する。

20

【0028】

まず、下部基板10を準備する。下部基板10は、サファイア(Al_2O_3)基板であることが好ましいが、その他にも、MgO基板、イリジウム(Iridium)基板、石英(Quartz)基板、白金(Platinum)基板、SiC基板、YSZ(Yttria Stabilized Zirconia)基板、SrTiO₃基板、シリコン基板、SOI(Silicon on Insulator)基板、またはIII-V族化合物半導体(例、GaNなど)基板などが使用されうる。以下で、下部基板10としてサファイア(Al_2O_3)基板を使用した例を主として説明するが、これに限定されるものではなく、前記のような様々な基板が下部基板10として使用されても、ほぼ同一に適用され得るということは、当業者によく理解され得る。下部基板10のサイズは、実験目的では、1×1mm²程度の試験片も可能であるが、大面積/大口径の単結晶ダイヤモンド基板の取得のために、12インチの大口径ウエハやそれ以上の大きさまで、目的に合う様々な大きさの基板が可能である。

30

【0029】

このように下部基板10が準備されると、下部基板10上に繰り返されるフォトレジストパターン20を形成する(S111)。例えば、下部基板10上にフォトレジスト20を塗布し、ステッパなどのフォトリソグラフィ装置を用いて、電子ビーム、X線、紫外線などで露光し、現像することによって、フォトレジストパターン20を形成することができる。このように形成される、フォトレジストパターン20の形状は、ストライプ、円形、または多角形(例、三角形、四角形など)などを含む。フォトレジストパターン20は、陽刻または陰刻の形態で、このような形状になるようにすることができる。フォトレジストパターン20のそれぞれのサイズは、直径1nm~100μmの範囲でありうるものであり、厚さ1nm~100μmの範囲でありうる。

40

【0030】

このように、下部基板10上に繰り返されるフォトレジストパターン20が形成されると、以降、エアギャップ形成膜30を蒸着する(S112)。エアギャップ形成膜30は、 Al_2O_3 、MgO、イリジウム(Iridium)、石英(Quartz)、白金(Platinum)、SiC、YSZ、SrTiO₃、Si、またはIII-V族化合物半導体の物質などにより、厚さ10nm~10μmの範囲で形成されうる。例えば、下部基板10がサファイア(Al_2O_3)基板である場合に、エアギャップ形成膜30も Al_2O_3 で

50

形成することが好ましいが、これに限定されるものではなく、下記のように、下部基板 10 と結合することができる、前記のような様々な材質でもってエアギャップ形成膜 30 を形成することが可能である。

【0031】

以降、ファーンズなどを用いた熱処理によって、フォトリソパターン 20 をなすフォトリソを除去し、下部基板 10 とエアギャップ形成膜 30 との間にエアギャップ 25 を形成する (S121)。エアギャップ 25 を形成するために、熱処理温度 500 ~ 2000 の範囲で行うことができる。このような熱処理によって、エアギャップ形成膜 30 が下部基板 10 と、同じ方位に結晶化されながら結合 (例、共有結合、イオン結合など) するのであり、フォトリソは、エアギャップ形成膜 30 の小さな隙間から蒸発して、フォトリソがあった位置に、空き空間としてエアギャップ 25 が形成される。

10

【0032】

このようなエアギャップ 25 の形成によって、エアギャップ形成膜 30 における弾性を増大させることで、以降の工程にて、単結晶ダイヤモンド厚膜 50, 60 の形成時に、格子定数及び熱膨張係数の差による応力を緩和させ、冷却時に、ダイヤモンド厚膜 50, 60 における欠陥やクラックの発生を減少させてダイヤモンド基板を取得できるようになる。

【0033】

このようにエアギャップ 25 が形成された後、次に、バッファ層 40 を形成する (S122)。バッファ層 40 は、単結晶ダイヤモンド厚膜 50, 60 を形成する前に、格子定数の比較、応力の発生などを考慮して、緩衝層として形成される。バッファ層 40 は、上下層の結合性などを考慮して、単層又は二重層で総厚さ 10 nm ~ 100 μm に形成され得る。バッファ層 40 は、ALD (原子層蒸着法、atomic layer deposition)、CVD (化学気相蒸着法、chemical vapor deposition)、または PVD (物理的気相蒸着法、physical vapor deposition) の装置を用いて形成され得る。

20

【0034】

例えば、エアギャップ形成膜 30 が、 Al_2O_3 、MgO、YSZ、イリジウム (Iridium)、石英 (Quartz)、白金 (Platinum) または $SrTiO_3$ といった酸化物の種類からなる場合に、バッファ層 40 は、Ir、Pt、または Rh を含む白金族金属または Ni を含む物質からなる金属層として形成され得る。

30

【0035】

また、例えば、エアギャップ形成膜 30 が、SiC、Si、または III-V 族化合物半導体といった半導体の種類からなる場合に、バッファ層 40 は、SiC を含む層として形成され得る。

【0036】

また、エアギャップ形成膜 30 が、SiC、Si、または III-V 族化合物半導体といった半導体の種類からなる場合に、二重層として、 $\alpha-Al_2O_3$ もしくは $\gamma-Al_2O_3$ 、MgO、 $SrTiO_3$ 、または YSZ を含む金属酸化物からなる酸化物層と、Ir、Pt もしくは Rh を含む白金族金属または Ni を含む物質からなる金属層とを、順次に積層した二重層に形成され得る。

40

【0037】

以降、バッファ層 40 上に単結晶ダイヤモンド厚膜 50, 60 を形成する (S131, S132)。単結晶ダイヤモンド厚膜 50, 60 は、CVD (化学気相蒸着法) 装置として、HF-CVD (hot filament-CVD)、MP-CVD (microwave plasma-CVD)、または RF-CVD (RF plasma-CVD) の装置などを用いることができる。

【0038】

単結晶ダイヤモンド厚膜 50, 60 は、まず、核密度 (例、BEN (Bias Enhanced Nucleation) diamond density) 10^5 cm^{-2} 以上のダイヤモンド結晶核層 50 を形成した後 (S131)、ダイヤモンド結晶核をシー

50

ド (s e e d) として用いて、その上に全面にダイヤモンド単結晶が形成されながら蒸着されるようにして (f u l l y c o a l e s c e d)、単結晶ダイヤモンド厚膜層 6 0 を、例えば、厚さ 1 0 0 0 n m ~ 1 0 0 μ m の範囲で成長 (S 1 3 2) させることによって形成される。例えば、M P - C V D 法を用いて単結晶ダイヤモンド厚膜層 6 0 を成長させる場合に、チャンバー内の成長温度 1 0 0 ~ 1 5 0 0 、プラズマパワー 0 . 5 ~ 1 0 0 K W、成長圧力 0 ~ 1 0 0 0 t o r r にて、H₂ に対する C H₄、O₂、A r、N₂ の比率 (供給ガスの比率) を 0 . 1 ~ 5 0 % の範囲で適切に合わせることで、厚さ成長率 1 0 n m ~ 1 0 0 0 μ m / h r で取得することができる。このような方法でもって、フォトレジストパターン 2 0 によって互いに離隔しているパターン上にダイヤモンド結晶が成長するに伴い、側面成長を通じて、パターン間における段差がある溝部・凹部も充填されて、ダイヤモンド内の欠陥が減少した形態で、単結晶ダイヤモンド厚膜層 6 0 が形成され得る。

10

【 0 0 3 9 】

以降、下部基板 1 0 からダイヤモンド厚膜 5 0 , 6 0 が自己分離 (s e l f s e p a r a t i o n) されるように冷却して (S 1 4 1)、下部基板 1 0 から分離された高品質のダイヤモンド基板を取得する (S 1 4 2)。

【 0 0 4 0 】

このように分離された、厚膜 (例、厚さ 1 0 0 0 n m ~ 1 0 0 μ m) 形態の単結晶ダイヤモンド厚膜 5 0 , 6 0 を有する基板は、各種電子素子の形成のためのバルク基板として使用できる単結晶ダイヤモンド基板となり得る。

【 0 0 4 1 】

図 2 は、従来のダイヤモンド基板 (a) と、図 1 の工程に基づくダイヤモンド基板 (b) との欠陥の差を比較するための図である。

20

【 0 0 4 2 】

図 2 の (b) のように、エアギャップ 2 5 の形成によって、下部基板 1 0 と、異種のダイヤモンド厚膜 5 0 , 6 0 との間に、格子定数及び熱膨張係数の差による応力を緩和させ、冷却時にダイヤモンド厚膜 5 0 , 6 0 に欠陥やクラックの発生を減少させて、ダイヤモンド基板を取得できるようにした。

【 0 0 4 3 】

図 3 は、図 1 の工程に基づいたエアギャップ 2 5 が形成された形態についての走査電子顕微鏡 (S E M) 写真の例である。

30

【 0 0 4 4 】

図 3 は、下部基板 1 0 としてサファイア (A l₂O₃) 基板を使用し、エアギャップ形成膜 3 0 としてサファイア (A l₂O₃) を使用して形成した場合に、左上の一番目の図に表示した 5 つの点についての、当該結晶面方位に対する、それぞれの S A E D (制限視野電子回折 ; s e l e c t e d a r e a e l e c t r o n d i f f r a c t i o n) パターンを示す。このような電子回折パターンを通じて、エアギャップ形成膜 3 0 が、下部基板 1 0 と同じサファイア (A l₂O₃) の結晶面方位に結晶化されて結合 (例、共有結合、イオン結合など) された状態を示すのであり、繰り返されるフォトレジストパターン 2 0 に対応して形成された、エアギャップ 2 5 の構造物が良好に形成されたことが分かる。

40

【 0 0 4 5 】

上述したように、本発明に係る単結晶ダイヤモンド基板の製造方法によれば、サファイア (A l₂O₃) などの基板上に、フォトレジストパターン 2 0 を用いたエアギャップ 2 5 の構造物を形成する方法でもって、大面積 / 大口径の単結晶ダイヤモンドを異種成長させる、簡単な工程と低コストの成長法を適用するようにして、異種基板との格子定数及び熱膨張係数の差による応力を緩和させ、温度下降時にも欠陥やクラックの発生を減少させることで、高品質の単結晶ダイヤモンド基板を作製するのであり、異種基板からのダイヤモンド基板の自己分離が容易に行われ得る。例えば、本発明は、サファイア (A l₂O₃) 基板上に、半導体フォトリソグラフィ工程を用いてパターンを様々な形状に形成し、その上に A l₂O₃ を蒸着して熱処理を行うことで、パターンの内部のフォトレジストが除

50

去されるに伴い、パターンの外部の Al_2O_3 膜は、下方のサファイア基板と同じ方位に結晶化されて、サファイア基板と Al_2O_3 薄膜との間にエアギャップ (air gap) が形成される構造物を作り、その上に単結晶ダイヤモンドを成長させる。このように、エアギャップの構造物上にダイヤモンドを成長させる場合、互いに離隔しているパターン上に成長したダイヤモンド物質は、側面成長を通じてダイヤモンド内の欠陥が減少するのであり、異種基板とダイヤモンド成長層との間の応力減少の効果に起因して、冷却時に、欠陥やクラックの発生を減少させ、自己分離される大口径の単結晶ダイヤモンド基板の作製が可能である。

【0046】

以上のように、本発明では、具体的な構成要素などのような特定の事項と限定された実施例及び図面によって説明されたが、これは、本発明のより全般的な理解を助けるために提供されたものに過ぎず、本発明は、前記の実施例に限定されるものではなく、本発明の属する分野で通常の知識を有する者であれば、本発明の本質的な特性から逸脱しない範囲で様々な修正及び変形が可能である。したがって、本発明の思想は、説明された実施例に限定されて定められてはならず、後述の特許請求の範囲だけでなく、この特許請求の範囲と均等又は等価的な変形があるすべての技術思想は、本発明の権利範囲に含まれるものと解釈されなければならない。

【符号の説明】

【0047】

- 10 下部基板
- 20 フォトレジストパターン
- 25 エアギャップ
- 30 エアギャップ形成膜
- 40 バッファ層
- 50 ダイヤモンド結晶核層
- 60 ダイヤモンド厚膜層
- 50, 60 ダイヤモンド厚膜

10

20

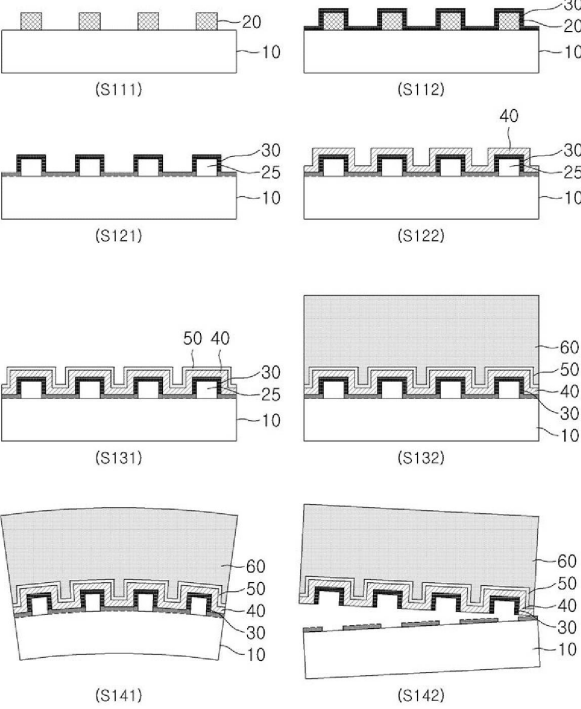
30

40

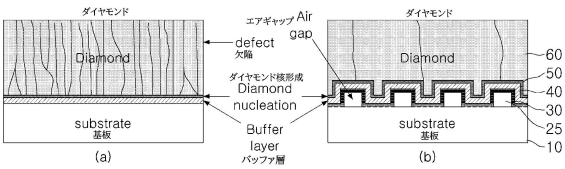
50

【図面】

【図 1】



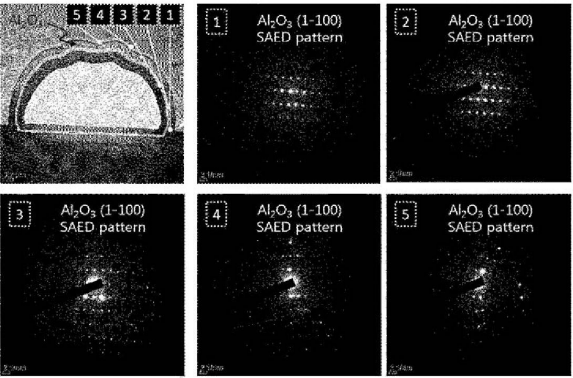
【図 2】



10

20

【図 3】



30

40

50

フロントページの続き

(51)国際特許分類

F I
C 2 3 C 16/27
H 0 1 L 21/20

(33)優先権主張国・地域又は機関

韓国(KR)

弁理士 山下 託嗣

(72)発明者 ナム, オク ヒョン

大韓民国, 0 5 8 3 4 ソウル, ソンパ - グ, ジュンデ - ロ, 2 4, 3 0 4 - 1 5 0 2

(72)発明者 チェ, ウィ ホ

大韓民国, 1 4 9 9 5 キョンギ - ド, シフン - シ, スンジ - ロ, 3 3, 6 0 5 - 3 0 1

(72)発明者 ユ, グン ホ

大韓民国, 2 1 6 8 0 インチョン, ナムドン - グ, アアム - デロ 1 5 0 3 ボン - ギル, 9 8, 6
0 1 - 2 0 4

審査官 今井 淳一

(56)参考文献 特開平 0 6 - 1 8 3 8 9 2 (J P , A)

特開平 0 9 - 1 2 4 3 9 3 (J P , A)

米国特許第 0 5 2 9 0 3 9 2 (U S , A)

(58)調査した分野 (Int.Cl., D B 名)

C 3 0 B 2 9 / 0 4

C 3 0 B 2 5 / 0 2

C 2 3 C 1 6 / 2 7

H 0 1 L 2 1 / 2 0