

(12) 特許協力条約に基づいて公開された国際出願

(19) 世界知的所有権機関
国際事務局

(43) 国際公開日
2019年7月4日(04.07.2019)



(10) 国際公開番号

WO 2019/130653 A1

(51) 国際特許分類:
H01L 21/322 (2006.01) *C30B 25/02* (2006.01)
C23C 16/24 (2006.01)

(21) 国際出願番号: PCT/JP2018/031435

(22) 国際出願日: 2018年8月24日(24.08.2018)

(25) 国際出願の言語: 日本語

(26) 国際公開の言語: 日本語

(30) 優先権データ:
特願 2017-249862 2017年12月26日(26.12.2017) JP

(71) 出願人: 株式会社SUMCO (SUMCO CORPORATION) [JP/JP]; 〒1058634 東京都港区芝浦一丁目2番1号 Tokyo (JP).

(72) 発明者: 門野 武(KADONO Takeshi); 〒1058634 東京都港区芝浦一丁目2番1号 株式会社SUMCO内 Tokyo (JP). 栗田 一成(KURITA

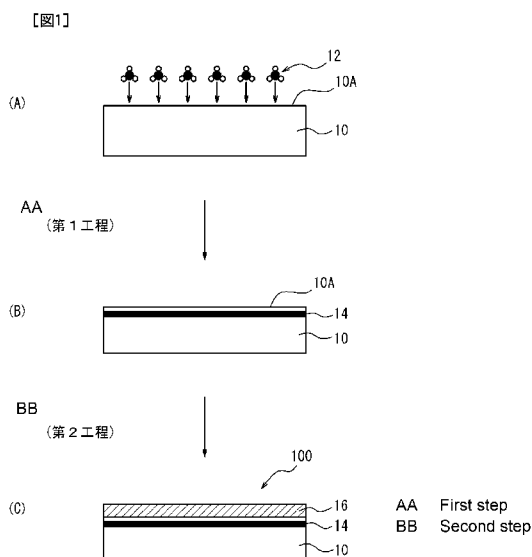
Kazunari); 〒1058634 東京都港区芝浦一丁目2番1号 株式会社SUMCO内 Tokyo (JP).

(74) 代理人: 杉村 憲司 (SUGIMURA Kenji); 〒1000013 東京都千代田区霞が関三丁目2番1号 霞が関コモンゲート西館36階 Tokyo (JP).

(81) 指定国(表示のない限り、全ての種類の国内保護が可能): AE, AG, AL, AM, AO, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BN, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CL, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DJ, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IR, IS, JO, KE, KG, KH, KN, KP, KR, KW, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LU, LY, MA, MD, ME, MG, MK, MN, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PA, PE, PG, PH, PL, PT, QA, RO, RS, RU, RW, SA, SC, SD, SE, SG, SK, SL, SM, ST, SV, SY, TH, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, ZA, ZM, ZW.

(54) Title: METHOD FOR PRODUCING EPITAXIAL SILICON WAFER, EPITAXIAL SILICON WAFER, AND METHOD FOR MANUFACTURING SOLID-STAGE IMAGING SENSOR

(54) 発明の名称: エピタキシャルシリコンウェーハの製造方法、エピタキシャルシリコンウェーハ、及び固体撮像素子の製造方法



(57) Abstract: Provided is a method for manufacturing an epitaxial silicon wafer, whereby it becomes possible to produce an epitaxial silicon wafer that has high gettering ability and can be reduced in the occurrence of white flaw defects in a back-illuminated solid-stage imaging sensor. The present invention comprises a first step of irradiating a surface 10A of a silicon wafer with cluster ions 12 of C_nH_m ($n = 1$ or 2 , $m = 1, 2, 3, 4$ or 5) generated using a burnous-type ion source or an IHC-type ion source to form a modified layer 14, in which carbon and hydrogen that are constituent elements of the cluster ions 12 are present in the forms of solid solutions, in the silicon wafer 10, and a second step of forming a silicon epitaxial layer 16 on the surface 10A, the method being characterized in that, in the first step, a peak of each of a carbon concentration profile and a hydrogen concentration profile in the modified layer 14 is allowed to be located at a depth of more than 150 nm and 2000 nm or less from the surface 10A.



(84) 指定国(表示のない限り、全ての種類の広域保護が可能): ARIPO (BW, GH, GM, KE, LR, LS, MW, MZ, NA, RW, SD, SL, ST, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), ユーラシア (AM, AZ, BY, KG, KZ, RU, TJ, TM), ヨーロッパ (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, RO, RS, SE, SI, SK, SM, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, KM, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

添付公開書類:

一 国際調査報告 (条約第21条(3))

(57) 要約: 高いゲッターリング能力を有しつつ、裏面照射型固体撮像素子における白傷欠陥をより抑制することができるエピタキシャルシリコンウェーハを得ることが可能なエピタキシャルシリコンウェーハの製造方法を提供する。本発明は、シリコンウェーハの表面10Åに、バーナス型イオン源またはIHC型イオン源を用いて生成した C_nH_m ($n=1$ または2, $m=1, 2, 3, 4$ または5)のクラスターイオン12を照射して、シリコンウェーハ10内に、クラスターイオン12の構成元素の炭素および水素が固溶してなる改質層14を形成する第1工程と、その後、表面10Å上にシリコンエピタキシャル層16を形成する第2工程と、を有し、第1工程では、改質層14における炭素および水素の濃度プロファイルのピークを、表面10Åから150nmを超え2000nm以内にそれぞれ位置させることを特徴とする。

明 細 書

発明の名称：

エピタキシャルシリコンウェーハの製造方法、エピタキシャルシリコンウェーハ、及び固体撮像素子の製造方法

技術分野

[0001] 本発明は、エピタキシャルシリコンウェーハの製造方法、エピタキシャルシリコンウェーハ、及び固体撮像素子の製造方法に関する。

背景技術

[0002] 半導体デバイスの特性を劣化させる要因として、金属汚染が挙げられる。例えば、裏面照射型固体撮像素子では、この素子の基板となるエピタキシャルシリコンウェーハに混入した金属が、固体撮像素子の暗電流を増加させる要因となり、白傷欠陥と呼ばれる欠陥を生じさせる。裏面照射型固体撮像素子は、配線層などをセンサー部よりも下層に配置することで、外からの光をセンサーに直接取り込み、暗所などでもより鮮明な画像や動画を撮影することができるため、近年、デジタルビデオカメラやスマートフォンなどの携帯電話に広く用いられている。そのため、白傷欠陥を極力減らすことが望まれている。

[0003] シリコンウェーハへの金属の混入は、主にエピタキシャルシリコンウェーハの製造工程および裏面照射型固体撮像素子の製造工程において生じる。前者のエピタキシャルシリコンウェーハの製造工程における金属汚染は、エピタキシャル成長炉の構成材からの重金属パーティクルによるもの、あるいは、エピタキシャル成長時の炉内ガスとして塩素系ガスを用いるために、その配管材料が金属腐食して発生する重金属パーティクルによるものなどが考えられる。近年、これら金属汚染は、エピタキシャル成長炉の構成材を耐腐食性に優れた材料に交換するなどによって改善されてきているが十分ではない。一方、後者の裏面照射型固体撮像素子の製造工程においては、イオン注入、拡散および酸化熱処理などの各処理中で、エピタキシャルシリコンウェー

ハの重金属汚染が懸念される。

[0004] そのため、一般的には、エピタキシャルシリコンウェーハに金属を捕獲するためのゲッタリング層を形成することにより、エピタキシャルシリコンウェーハへの金属汚染を回避している。例えば、特許文献1には、シリコンウェーハに炭素を含むクラスターイオンを照射して、該シリコンウェーハの表面に、炭素が固溶してなる改質層を形成する第1工程と、該改質層上にシリコンエピタキシャル層を形成する第2工程と、を有することを特徴とするエピタキシャルシリコンウェーハの製造方法が記載されている。ここで、第1工程では、近接ゲッタリングを可能とするために、シリコンウェーハの表面近傍に改質層を形成することが好ましいとしている。具体的には、シリコンウェーハの表面からの深さが150nm以下の範囲内に、改質層における炭素の深さ方向の濃度プロファイルのピークを位置させることが好ましいとしている。

先行技術文献

特許文献

[0005] 特許文献1：国際公開第2012／157162号

発明の概要

発明が解決しようとする課題

[0006] 特許文献1によれば、クラスターイオンを照射することにより形成した改質層が、モノマーイオン（シングルイオン）を注入することにより形成したイオン注入層よりも高いゲッタリング能力を有する。この高いゲッタリング能力によって、裏面照射型固体撮像素子の白傷欠陥を低減することができると考えられている。しかしながら、本発明者らがその後さらに検討したところ、さらなる改善の余地があることが判明した。

[0007] 本発明は上記課題に鑑み、高いゲッタリング能力を有しつつ、裏面照射型固体撮像素子における白傷欠陥をより抑制することができるエピタキシャルシリコンウェーハを得ることが可能なエピタキシャルシリコンウェーハの製

造方法を提供することを目的とする。また、本発明は、高いゲッタリング能力を有しつつ、裏面照射型固体撮像素子における白傷欠陥をより抑制することができるエピタキシャルシリコンウェーハを提供することを目的とする。

課題を解決するための手段

[0008] 本発明者らは、上記課題を解決すべく、裏面照射型固体撮像素子の製造工程について検討した。裏面照射型固体撮像素子は、例えば図3に示す工程を経て作製される。まず、裏面照射型固体撮像素子の基板となるエピタキシャルシリコンウェーハを用意する（図3（A））。このシリコンエピタキシャルウェーハは、 p^+ シリコンウェーハと、該 p^+ シリコンウェーハの表層に形成された、クラスターイオンの構成元素である炭素が固溶してなる改質層（ゲッタリング層）と、該改質層上に形成された p -シリコンエピタキシャル層と、を有する。次に、 p -シリコンエピタキシャル層にフォトダイオードなどのデバイスを形成した後に、 p -シリコンエピタキシャル層上に配線層を形成する（図3（B））。次に、エピタキシャルシリコンウェーハをアニールして、基板内に拡散した重金属を改質層に引き寄せて、デバイスを形成した領域（デバイス形成領域）の重金属の濃度を低減させる（図3（C））。次に、エピタキシャルシリコンウェーハの表裏面を反転させた後に、支持基板とエピタキシャルシリコンウェーハとの間に配線層が位置するように、支持基板とエピタキシャルシリコンウェーハを接合する（図3（D））。次に、 p^+ シリコンウェーハを研削して除去した後に、デバイス形成領域（厚さ： $3\mu\text{m}$ 程度）が残るように、 p -シリコンエピタキシャル層を薄膜化する（図3（E））。以上の工程を経て、裏面照射型固体撮像素子が完成する。

[0009] 裏面照射型固体撮像素子では、 p -シリコンエピタキシャル層が最終的に薄膜化されるので、薄膜化する前の p -シリコンエピタキシャル層は、表面照射型固体撮像素子における $10\mu\text{m}$ 程度と比較して、 $6\mu\text{m}$ 程度と薄く設計されている。そのため、従来のようにシリコンウェーハの表面近傍に改質層が存在すると、改質層における炭素のピークは、 p -シリコンエピタキシャル層に形成されたデバイス形成領域の近くに位置することになる。このように炭

素のピーク位置がデバイス形成領域に近いと、図3（C）に示すアニール後の重金属の深さ方向の濃度プロファイルは、改質層に近づくにつれて高い濃度を示すが、その濃度プロファイルの裾（テイル）はデバイス形成領域にまで広がる。これに起因して裏面照射型固体撮像素子の暗電流が増加して、白傷欠陥が生じる場合があることが判明した。

[0010] そこで、本発明者らは、さらなる検討を進めたところ、モノマーイオンを生成するための装置として従来から用いられているバーナス型イオン源またはIHC型イオン源を用いて、 C_nH_m （ $n=1$ または2、 $m=1, 2, 3, 4$ または5）のクラスターイオンを生成すれば、従来と同じ照射エネルギーで比較した場合に、改質層におけるクラスターイオンの構成元素の深さ方向の濃度プロファイルのピークをシリコンウェーハの表面からより深い位置（150nm超えの位置）に形成することができ、その結果、高いゲッタリング能力を有しつつ、裏面照射型固体撮像素子における白傷欠陥をより抑制することができるエピタキシャルシリコンウェーハが得られることを知見した。

[0011] 本発明は、上記知見に基づいて完成されたものであり、その要旨構成は以下のとおりである。

（1）シリコンウェーハの表面に、バーナス型イオン源またはIHC型イオン源を用いて生成した C_nH_m （ $n=1$ または2、 $m=1, 2, 3, 4$ または5）のクラスターイオンを照射して、前記シリコンウェーハ内に、前記クラスターイオンの構成元素である炭素および水素が固溶してなる改質層を形成する第1工程と、

前記第1工程の後に、前記表面上にシリコンエピタキシャル層を形成する第2工程と、を有し、

前記第1工程では、前記改質層における前記炭素および前記水素の深さ方向の濃度プロファイルのピークを、前記シリコンウェーハの前記表面からの深さが150nm超え2000nm以内の範囲にそれぞれ位置させることを特徴とするエピタキシャルシリコンウェーハの製造方法。

- [0012] (2) 前記第1工程では、前記クラスターイオンを $170\mu\text{A}$ 以上のビーム電流値で照射する、上記(1)に記載のエピタキシャルシリコンウェーハの製造方法。
- [0013] (3) 前記第1工程では、前記シリコンウェーハのチルト角およびツイスト角がともに 0° となるように、前記クラスターイオンの照射を行う、上記(1)または(2)に記載のエピタキシャルシリコンウェーハの製造方法。
- [0014] (4) 前記第1工程と前記第2工程の間に、前記シリコンウェーハの表面を洗浄する工程をさらに有する、上記(1)～(3)のいずれか一つに記載のエピタキシャルシリコンウェーハの製造方法。
- [0015] (5) シリコンウェーハと、前記シリコンウェーハ内に形成された、炭素および水素が固溶してなる改質層と、前記改質層上に形成されたシリコンエピタキシャル層と、を有し、
前記シリコンウェーハの表面からの深さが 150nm を超え 2000nm 以内の範囲に、前記改質層における前記炭素および前記水素の深さ方向の濃度プロファイルのピークがそれぞれ位置することを特徴とするエピタキシャルシリコンウェーハ。
- [0016] (6) 前記炭素の深さ方向の濃度プロファイルのピーク位置と前記水素の深さ方向の濃度プロファイルのピーク位置との差が 1000nm 以内である、上記(5)に記載のエピタキシャルシリコンウェーハ。
- [0017] (7) 前記炭素の深さ方向の濃度プロファイルのピーク濃度と前記水素の深さ方向の濃度プロファイルのピーク濃度がともに $1\times 10^{16}\text{atoms}/\text{cm}^3$ 以上である、上記(5)または(6)に記載のエピタキシャルシリコンウェーハ。
- [0018] (8) 上記(1)～(4)のいずれか一つに記載のエピタキシャルシリコンウェーハの製造方法で製造されたエピタキシャルシリコンウェーハまたは上記(5)～(7)のいずれか一つに記載のエピタキシャルシリコンウェーハのシリコンエピタキシャル層に、固体撮像素子を形成することを特徴とする固体撮像素子の製造方法。

発明の効果

[0019] 本発明によれば、高いゲッタリング能力を有しつつ、裏面照射型固体撮像素子における白傷欠陥をより抑制することができるエピタキシャルシリコンウェーハを得ることができる。

図面の簡単な説明

[0020] [図1]本発明の一実施形態によるエピタキシャルシリコンウェーハ100の製造方法を説明する模式断面図である。

[図2] (A) は、本発明の一実施形態において用いることができるイオン照射装置70の概略図であり、(B) は、イオン源20として、バーナス型イオン源を用いる場合の概略図であり、(C) は、イオン源20として、IHC型イオン源を用いる場合の概略図である。

[図3]裏面照射型固体撮像素子の製造方法を説明する模式断面図である。

[図4] IHC型イオン源を用いて生成した複数の種類のイオンのマス値に対するビーム電流値を示すグラフである。

[図5] (A) は、発明例によるエピタキシャルシリコンウェーハ100の深さ方向の炭素および水素の濃度プロファイルを示すグラフであり、(B) は、(A) に示すピーク位置近傍での拡大図である。

[図6] (A) は、比較例によるエピタキシャルシリコンウェーハの深さ方向の炭素および水素の濃度プロファイルを示すグラフであり、(B) は、(A) に示すピーク位置近傍での拡大図である。

[図7]発明例および比較例について、エピタキシャルシリコンウェーハの深さ方向のNiの濃度プロファイルを示すグラフである。

発明を実施するための形態

[0021] 以下、図面を参照しつつ本発明の実施形態を詳細に説明する。なお、図1では説明の便宜上、実際の厚さの割合とは異なり、シリコンウェーハ10に対して改質層14およびシリコンエピタキシャル層16の厚さを誇張して示す。

[0022] (エピタキシャルシリコンウェーハの製造方法)

図1を参照して、本発明の一実施形態によるエピタキシャルシリコンウェーハ100の製造方法を説明する。本実施形態では、第1工程にて、シリコンウェーハの表面10Aに、バーナス型イオン源またはIHC型イオン源を用いて生成した C_nH_m ($n=1$ または2、 $m=1, 2, 3, 4$ または5)のクラスターイオン12を照射して、シリコンウェーハ10内に、クラスターイオン12の構成元素である炭素および水素が固溶してなる改質層14を形成する(図1(A), (B))。この時、改質層14における炭素および水素の深さ方向の濃度プロファイルのピークを、シリコンウェーハの表面10A(すなわち、クラスターイオン12を照射した側の表面)からの深さが150nmを超え2000nm以内の範囲にそれぞれ位置させる。次に、第2工程にて、当該表面10A上にシリコンエピタキシャル層16を形成する(図1(B), (C))。図1(C)は、この製造方法によって得られたエピタキシャルシリコンウェーハ100の模式断面図である。以下、各工程を詳細に説明する。

[0023] [第1工程]

図1(A), (B)を参照して、第1工程では、シリコンウェーハの表面10Aに、バーナス型イオン源またはIHC型イオン源を用いて生成した C_nH_m ($n=1, 2$ 、 $m=1, 2, 3, 4$ または5)のクラスターイオン12を照射する。シリコンウェーハ10内に注入されたクラスターイオン12は、瞬間的に1350~1400℃程度の高温状態となり融解し、その後、急速に冷却され、シリコンウェーハ10の所定の深さ位置で、クラスターイオン12の構成元素である炭素および水素が再結晶化する。これにより、局所的に高濃度に固溶してなる改質層14が形成される。なお、シリコンウェーハ10としては、チョクラルスキー法(CZ法)や浮遊帯域熔融法(FZ法)により育成された単結晶シリコンインゴットをワイヤーソー等でスライスして得た単結晶シリコンウェーハを使用することができる。あるいは、このような単結晶シリコンウェーハに対して、任意の不純物を添加して、n型またはp型シリコンウェーハとしたものを用いてもよく、炭素および/または窒

素を添加したものをを用いてもよい。

[0024] 第1工程にて形成された改質層14は、ゲッタリングサイトとして働き、その理由は以下のように推測される。すなわち、シリコンウェーハ10に注入された炭素および水素は、シリコン単結晶の置換位置・格子間に高密度で局在する。そして、シリコン単結晶の平衡濃度以上で炭素および水素が固溶すると、重金属の固溶度（遷移金属の飽和溶解度）が極めて増加することが実験的に確認されている。つまり、平衡濃度以上に固溶した炭素および水素により重金属の固溶度が増加し、これにより重金属に対する捕獲率が顕著に増加するものと考えられる。

[0025] ここで、本発明は、バーナス型イオン源またはIHC型イオン源を用いて生成した C_nH_m （ $n=1$ または2、 $m=1, 2, 3, 4$ または5）のクラスターイオンを照射して、改質層14における炭素および水素の深さ方向の濃度プロファイルのピークを、シリコンウェーハの表面10Aからの深さが150nmを超え2000nm以内の範囲にそれぞれ位置させることが重要である。以下では、バーナス型イオン源およびIHC型イオン源、ならびにこれらのイオン源を備えるイオン照射装置70の一形態を、図2（A）～（C）を参照して詳細に説明する。なお、本明細書において「クラスターイオン」とは、2種以上の原子が複数集合して塊となったクラスターであって、正または負の電荷を有するものを意味する。また、本明細書において「クラスターサイズ」とは、1つのクラスターを構成する原子の個数を意味する。

[0026] 図2（A）を参照して、イオン照射装置70は、イオン源20と、前段加速機構30と、質量分析機構40と、後段加速機構50と、照射室60と、を有する。まず、イオン源20にてクラスターイオンを生成して、これをイオンビームとして取り出し、前段加速機構30に送る。次に、前段加速機構30にて、クラスターイオンを加速（前段加速）させて、イオンビームとして取り出し、質量分析機構40に送る。次に、質量分析機構40にて、磁場による質量分析を行って、所定の質量を有するクラスターイオンのみをイオンビームとして取り出し、後段加速機構50に送る。次に、後段加速機構50

0にて、クラスターイオンをさらに加速（後段加速）させて、イオンビームとして取り出し、照射室60に送る。次に、照射室60にて、ウェーハ固定台に載置および固定されたシリコンウェーハ10に対して、イオンビームを照射する。なお、イオンビームとは、クラスターイオンが集束し、束状に並進するビームであり、図2（A）における矢印はイオンビームを表わす。

[0027] 図2（A）に示すイオン源20としては、バーナス型イオン源またはIHC（Indirectly Heated Cathode）型イオン源を用いることができる。以下では、図2（B）、（C）を参照して、バーナス型イオン源またはIHC型イオン源を用いて、クラスターイオンを生成する方法をそれぞれ説明する。

[0028] 図2（B）を参照して、バーナス型イオン源20は、アークチャンバ21と、原料ガス導入口22と、イオン取出口23と、U字型のフィラメント24と、リフレクタ25と、電流電圧印加装置26と、磁場発生装置27と、真空ポンプ28と、を有する。アークチャンバ21は、イオン生成室を区画するチャンバである。原料ガス導入口22は、アークチャンバ21に設けられており、そこから原料ガスをアークチャンバ21内に導入する。イオン取出口23は、アークチャンバ21に、好ましくは原料ガス導入口22に対向する位置に設けられており、アークチャンバ21内で生成したクラスターイオンは、前段加速機構30によって加速される。フィラメント24およびリフレクタ25は、アークチャンバ21内に互いに対向する位置に設けられている。電流電圧印加装置26は、アークチャンバ21の外に設けられており、アークチャンバ21とフィラメント24に接続されている。磁場発生装置27は、アークチャンバ21の外に互いに対向するように設けられている。真空ポンプ28は、アークチャンバ21に接続されている。

[0029] バーナス型イオン源20では、以下の方法によりクラスターイオンを生成する。まず、真空ポンプ28により、アークチャンバ21内を減圧する。次に、原料ガス導入口22からアークチャンバ21内に原料ガスを導入する。次に、電流電圧印加装置26により、アークチャンバ21に正の電圧を印加するとともに、フィラメント24に負の電圧を印加する。次に、磁場発生装

置 27 により、アークチャンバ 21 内に磁場を発生させる。次に、電流電圧印加装置 26 によりフィラメント 24 に電流を流して、フィラメント 24 を加熱する。これにより、フィラメント 24 から放出された熱電子 e^- が、電場と磁場の影響を受けて、フィラメント 24 とリフレクタ 27 との間を往復運動し、原料ガスと高い確率で衝突する。その結果、原料ガスが高い効率で電離し、密度の高い原料ガスのプラズマが生成する。次に、生成したプラズマに含まれる原料ガスのクラスターイオンをイオンビームとしてイオン取出口 23 から取り出す。

[0030] 図 2 (C) を参照して、IHC 型イオン源は、バーナス型イオン源と異なり、フィラメント 24 が、プラズマに直接曝されないようにアークチャンバ 21 の外に設けられている。さらに、カソード 29 がフィラメント 24 に対向するように、アークチャンバ 21 の壁に設けられており、カソード 29 にも電流電圧印加装置 26 が接続されている。なお、その他の構成は、図 2 (B) を参照して説明したバーナス型イオン源と同様である。

[0031] IHC 型イオン源 20 では、以下の方法によりクラスターイオンを生成する。まず、真空ポンプ 28 により、アークチャンバ 21 内を減圧する。次に、原料ガス導入口 22 からアークチャンバ 21 内に原料ガスを導入する。次に、電流電圧印加装置 26 により、アークチャンバ 21 とフィラメント 24 に正の電圧を印加するとともに、カソード 29 に負の電圧を印加する。次に、磁場発生装置 27 により、アークチャンバ 21 内に磁場を発生させる。次に、電流電圧印加装置 26 によりフィラメント 24 に電流を流して、フィラメント 24 を加熱する。これにより、フィラメント 24 から放出された熱電子 e^- が、カソード 29 に衝突し、カソード 29 を加熱させる。すると、カソード 29 からさらなる熱電子 e^- が発生し、この熱電子 e^- が電場と磁場の影響を受けて、カソード 29 とリフレクタ 25 との間を往復運動し、原料ガスと高い確率で衝突する。その結果、原料ガスが高い効率で電離し、密度の高い原料ガスのプラズマが生成する。次に、生成したプラズマに含まれる原料ガスのクラスターイオンをイオンビームとしてイオン取出口 23 から取り出す。

。

[0032] なお、IHC型イオン源は、バーナス型イオン源に比べて、高密度のプラズマ形成に対して制御性がよいので、高いビーム電流値を確保しやすく、また、フィラメント24が直接プラズマに曝されないので長寿命である。

[0033] 原料ガスは、2-メチルペンタンや2,4ジメチルペンタンなどが挙げられる。2-メチルペンタンや2,4ジメチルペンタンは、分子構造中にCH系を有しており、イオン源20における熱電子 e^- によってC=C結合が切断される。その結果、 C_nH_m ($n=1$ または2、 $m=1, 2, 3, 4$ または5)といったクラスターサイズが小さなクラスターイオンが得られる。第1工程では、 C_nH_m ($n=1$ または2、 $m=1, 2, 3, 4$ または5)のクラスターイオンを単独で、または2種以上を組み合わせで照射してもよいが、 CH_3 を照射することが特に好ましい。 CH_3 は、炭素に対する水素の濃度比が大きく、より多くの水素を注入することができるので、パッシベーション効果により界面準位起因の白傷欠陥をより抑制することができるからである。なお、このような特定の種類のクラスターイオンは、図2(A)に示す質量分析機構40にて、公知または任意の方法で質量分析を行うことで取り出すことができる。

[0034] さらに、原料ガスとして、ジエチルエーテルや2プロパノールや2メチル2プロパノールやテトラヒドロピランのように酸素を含むガスを用いてもよい。酸素を含むと、アークチャンバ21内やフィラメント24に堆積した炭素起因の堆積物が酸素イオンによりスパッタされるので、イオン源の寿命と性能を向上させることができるからである。なお、酸素に対する炭素の組成比は2倍以上にすることが好ましい。例えば、炭素と酸素の組成比が1:1のように酸素の比率が高くと、酸素イオンがフィラメント24を過剰にスパッタしてしまい、熱電子が発生しにくくなるおそれがあるからである。

[0035] アークチャンバ21内の圧力は 5.0×10^{-2} Pa以下とすることが好ましい。

[0036] アークチャンバ21内の電圧（アーク電圧）は45 V以上90 V以下とす

ることが好ましく、アークチャンバ21内の電流（アーク電流）は100mA以上5000mA以下とすることが好ましい。このような電圧および電流の範囲であれば、170 μ A以上のビーム電流を実現することができる。

[0037] 磁場発生装置27により発生させる外部磁場は0.5A/m以上1.5A/m以下とすることが好ましい。

[0038] 原料ガスの流量は、3cc/min以上5cc/min以下とすることが好ましい。3cc/min以上であれば、 C_nH_m （ $n=1$ または2、 $m=1, 2, 3, 4$ または5）といったクラスターサイズが小さなクラスターイオンであっても170 μ A以上のビーム電流値を確保することができ、5cc/min以下であれば、炭化堆積物の影響によるビーム電流値低下のおそれが少ないからである。

[0039] なお、フィラメント24の材料は、一般的なタングステンを用いることができる。原料ガスに含まれ、かつ電離されていない炭化水素化合物とフィラメント24の材料との反応生成物がフィラメント24に形成されるのを抑制することで、イオン源20を長寿命化する観点から、タンタルを用いることがより好ましい。

[0040] このようなバーナス型イオン源やIHC型イオン源は、従来、二酸化炭素やホスフィン为原料として炭素イオンやリンイオンなどのモノマーイオンを生成するための装置として用いられており、原料ガスの分子結合を完全に切断して原子イオンを生成することを目的とした装置であるため、原料ガスの電離効率が非常に高い。本実施形態は、このように電離効率が非常に高いバーナス型イオン源やIHC型イオン源を、クラスターイオンを生成するための装置として用いる、つまり、これらのイオン源にクラスターイオンを生成するための原料ガスを導入するので、例えば従来の C_nH_m （ $3 \leq n \leq 16$ 、 $3 \leq m \leq 10$ ）といったクラスターイオンよりもクラスターサイズが小さなクラスターイオンを170 μ A以上という高いビーム電流値で生成することができる。そのため、従来と同じ照射エネルギーで比較した場合に、改質層14における炭素および水素の深さ方向の濃度プロファイルのピークを従来

よりも深い位置、具体的には、シリコンウェーハの表面10Åから150nm超えの位置に形成することができる。その結果、高いゲッタリング能力を有しつつ、裏面照射型固体撮像素子における白傷欠陥をより抑制することができるエピタキシャルシリコンウェーハを得ることができる。なお、本明細書において「濃度プロファイル」とは、二次イオン質量分析法（SIMS：Secondary Ion Mass Spectrometry）による測定で得られた深さ方向の濃度分布を意味する。これに対して、特許文献1に記載の技術は、好ましくは近接ゲッタリングを可能とする技術であり、実際には表面照射型固体撮像素子に適したゲッタリング技術である。そのため、特許文献1に記載のイオン源は、本来、 C_nH_m （ $3 \leq n \leq 16$ 、 $3 \leq m \leq 10$ ）といったクラスターサイズが大きなクラスターイオンを生成することを目的とした装置であり、イオン源のチャンバ内ではプラズマが発生しない。したがって、クラスターサイズが小さなクラスターイオンを高いビーム電流値で生成することは技術的に困難である。

[0041] クラスターイオンの加速エネルギーは、前段加速機構30では30keV/Cluster以上40keV/Cluster以下とすることが好ましい。後段加速機構50では、40keV/Cluster以上970keV/Cluster以下とすることが好ましい。前段加速機構30および後段加速機構50による加速エネルギーが合計で70keV/Cluster以上であれば、炭素および水素の濃度プロファイルのピークをシリコンウェーハ表面10Åから深さが150nm以上にそれぞれ位置させることができ、970keV/Cluster以下であれば、改質層14における炭素および水素の深さ方向の濃度プロファイルのピークを、シリコンウェーハの表面10Åからの深さが2000nm以内の範囲にそれぞれ位置させることができるからである。なお、本実施形態では、後段加速機構50通過後の加速エネルギーがシリコンウェーハ10に対するクラスターイオンの照射エネルギーとなる。

[0042] クラスターイオンのドーズ量は、以下の範囲になるように、ビーム電流値

やイオン照射時間を制御することにより調整することができる。本実施形態では、イオン源20にて $170\mu\text{A}$ 以上という高いビーム電流値が得られるので、イオン照射時間は、従来のクラスターイオンの照射に比べて短く設定することができる。例えば、ドーズ量を $1.0 \times 10^{15} \text{ atoms/cm}^2$ として、 CH_3 のクラスターイオンを照射する場合、イオン照射時間は $180\text{s} \sim 2120\text{s}$ の範囲から調整することができる。そのため、クラスターイオン照射に伴う、シリコンウェーハの表面10Aのダメージを抑制することができ、サイズ 150nm 以上のエピタキシャル欠陥を10個/ウェーハ以下に抑制することができる。ドーズ量は $1 \times 10^{13} \text{ atoms/cm}^2$ 以上 $1 \times 10^{16} \text{ atoms/cm}^2$ 以下とすることが好ましく、 $5 \times 10^{13} \text{ atoms/cm}^2$ 以下とすることがより好ましい。 $1 \times 10^{13} \text{ atoms/cm}^2$ 以上であれば、炭素および水素の深さ方向の濃度プロファイルのピーク濃度をともに $1 \times 10^{16} \text{ atoms/cm}^3$ 以上にすることができるので、より高いゲッターリング能力を得ることができ、 $1 \times 10^{16} \text{ atoms/cm}^2$ 以下であれば、エピタキシャル欠陥が発生するおそれがないからである。

[0043] クラスターイオンの照射においては、シリコンウェーハの表面10Aの法線とイオンビームとがなす角度で定義されるチルト角を 0° とすることが好ましく、シリコンウェーハ10をその中心まわりに基準位置（ノッチ）から回転させた角度で定義されるツイスト角を 0° とすることが好ましい。クラスターイオンの照射に伴うシリコンウェーハの表面10Aのダメージを抑制することができるので、エピタキシャル欠陥を10個/ウェーハ以下に抑制することができるからである。

[0044] [第2工程]

図1（B）、（C）を参照して、第2工程では、化学気相成長（CVD：chemical vapor deposition）法により、シリコンウェーハ10の表面のうち改質層を形成した側の表面10A（すなわち、クラスターイオン12を照射した側の表面）上にシリコンエピタキシャル層16を一般的な条件で形成する。例えば、水素をキャリアガスとして、ジクロロシラン、トリクロロシラ

ンなどの原料ガスをチャンバ内に導入し、 1000°C 以上 1150°C 以下で、シリコンエピタキシャル層16をエピタキシャル成長させる。シリコンエピタキシャル層16の厚さは、 $1\mu\text{m}$ 以上 $10\mu\text{m}$ 以下とすることが好ましい。 $1\mu\text{m}$ 以上であれば、シリコンウェーハから外方拡散したドーパントにより、シリコンエピタキシャル層の抵抗率が変化するおそれもなく、 $10\mu\text{m}$ 以下であれば、固体撮像素子の分光感度特性に影響が生じるおそれがないからである。特に、シリコンエピタキシャル層16の一部を、裏面照射型固体撮像素子を製造するためのデバイス形成領域とする場合には、シリコンエピタキシャル層16の厚さは $3\mu\text{m}$ 以上 $6\mu\text{m}$ 以下とすることがより好ましい。

[0045] 以上、本実施形態を例にして本発明のエピタキシャルシリコンウェーハの製造方法を説明したが、本発明は、上記実施形態に限定されず、特許請求の範囲内において適宜変更を加えることができる。

[0046] 例えば、第1工程と第2工程との間に、シリコンウェーハの表面10AをSC-1洗浄（例えば、体積比で $\text{H}_2\text{O}:\text{H}_2\text{O}_2:\text{NH}_4\text{OH}=5:1:1$ の溶液）やSC-2洗浄（例えば、体積比で $\text{H}_2\text{O}:\text{H}_2\text{O}_2:\text{HCl}=6:1:1$ の溶液）を行う工程を有してもよい。これにより表面10Aのパーティクルや重金属を除去することができるからである。

[0047] （エピタキシャルシリコンウェーハ）

図1（C）を参照して、上記製造方法によって得られるエピタキシャルシリコンウェーハ100について説明する。エピタキシャルシリコンウェーハ100は、シリコンウェーハ10と、シリコンウェーハ10内に形成された、炭素および水素が固溶してなる改質層14と、改質層14上に形成されたシリコンエピタキシャル層16と、を有する。また、シリコンウェーハの表面10Aからの深さが 150nm を超え 2000nm 以内の範囲に、改質層14における炭素および水素の深さ方向の濃度プロファイルのピークがそれぞれ位置することを特徴とする。

[0048] エピタキシャルシリコンウェーハ100によれば、以下の作用効果が得ら

れる。すなわち、エピタキシャルシリコンウェーハ100は、クラスターイオン12の構成元素である炭素および水素の析出領域を局所的かつ高濃度に行うことができるので、高いゲッタリング能力を有する。また、エピタキシャルシリコンウェーハ100は、シリコンウェーハの表面10Åからの深さが150nmを超え2000nm以内の範囲に、改質層14における炭素および水素の深さ方向の濃度プロファイルのピークがそれぞれ位置する。そのため、裏面照射型固体撮像素子における白傷欠陥をより抑制することができる。

[0049] 改質層14は、 C_nH_m ($n=1$ または 2 、 $m=1, 2, 3, 4$ または 5) のクラスターイオンの構成元素が固溶しているので、クラスターイオンを構成する元素種、および原子個数から、炭素の深さ方向の濃度プロファイルのピーク位置と水素の深さ方向の濃度プロファイルのピーク位置との差を1000nm以内とすることができる。

[0050] より高いゲッタリング能力を得る観点から、炭素の深さ方向の濃度プロファイルのピーク濃度と水素の深さ方向の濃度プロファイルのピーク濃度がともに $1 \times 10^{16} \text{ atoms/cm}^3$ 以上であることが好ましい。

[0051] 以上、本実施形態を例にして本発明のエピタキシャルシリコンウェーハを説明したが、本発明は、上記実施形態に限定されず、特許請求の範囲内において適宜変更を加えることができる。

[0052] (固体撮像素子の製造方法)

本発明の一実施形態による裏面照射型固体撮像素子の製造方法は、上記エピタキシャルシリコンウェーハの製造方法で製造されたエピタキシャルシリコンウェーハまたは上記エピタキシャルシリコンウェーハ、すなわちエピタキシャルシリコンウェーハ100の表面に位置するシリコンエピタキシャル層16に、固体撮像素子を形成することを特徴とする。この製造方法により得られる固体撮像素子は、従来に比べ白傷欠陥の発生をさらに抑制することができる。

実施例

[0053] (発明例)

[クラスターイオンの生成]

原料ガスを2-メチルペンタンとして、図2 (C) に示すIHC型イオン源(日新イオン機器社製、型番: IMPHEAT)を用いて、イオンを生成した。アークチャンバ内の圧力を $2.2 \times 10^{-2} \text{ Pa}$ 、アークチャンバの電圧を76 Vとし、電流を2200 mAとし、外部磁場を0.6 A/mとし、原料ガスの流量を4.0 cc/minとした。

[0054] ここで、図2 (A) に示す質量分析機構を用いて、IHC型イオン源で生成したイオンの質量を分析した。分析結果を図4に示す。図4に示すマス値(AMU) 15に該当するフラグメントが CH_3 のクラスターイオンであり、マス値(AMU) 26に該当するフラグメントが C_2H_2 のクラスターイオンある。 CH_3 のビーム電流値は $325 \mu\text{A}$ であり、 C_2H_2 のビーム電流値は $250 \mu\text{A}$ であった。したがって、IHC型イオン源を用いて、従来よりもクラスターサイズが小さなクラスターイオンを $170 \mu\text{A}$ 以上という高いビーム電流値で生成することができることを確認した。なお、図4に示す CH_3 や C_2H_2 以外のフラグメントは、水素や炭素の原子イオンまたは単原子や分子イオンなどである。

[0055] [エピタキシャルシリコンウェーハの作製]

上記の条件で生成したイオンの中から CH_3 のクラスターイオンを取り出し、これをp型シリコンウェーハ10(厚さ: $725 \mu\text{m}$ 、ドーパント: ボロン、ドーパント濃度: $8.5 \times 10^{18} \text{ atoms/cm}^3$)の表面に照射して(図1 (A))、シリコンウェーハ内に、クラスターイオンの構成元素である炭素および水素が固溶してなる改質層14を形成した(図1 (B))。ドーズ量は $1 \times 10^{15} \text{ atoms/cm}^2$ とし、前段加速および後段加速の合計の照射エネルギーは 80 keV/Cluster とし、チルト角は 0° とし、ツイスト角は 0° とした。

[0056] 次に、シリコンウェーハを枚葉式エピタキシャル成長装置(アプライドマテリアルズ社製)内に搬送し、装置内で 1120°C の温度で30秒の水素ベ

ーク処理を施した後、水素をキャリアガス、ジクロロシランをソースガスとして 1150°C で CVD 法により、シリコンウェーハの表面のうち改質層を形成した側の表面上にシリコンエピタキシャル層（厚さ： $6\mu\text{m}$ ）、ドーパント：ボロン、ドーパント濃度： $1.0 \times 10^{15} \text{ atoms/cm}^3$ ）をエピタキシャル成長させ、本発明に従うエピタキシャルシリコンウェーハ 100 を作製した（図 1（C））。

[0057] （比較例）

〔クラスターイオンの生成〕

原料ガスをシクロヘキサンとして、クラスターイオン発生装置（日新イオン機器社製、型番：CLARIS）を用いて、 C_3H_5 のクラスターイオンを生成した。なお、クラスターイオンのビーム電流値は $850\mu\text{A}$ であった。

[0058] 〔エピタキシャルシリコンウェーハの作製〕

このクラスターイオンを p 型シリコンウェーハ（厚さ： $725\mu\text{m}$ 、ドーパント：ボロン、ドーパント濃度： $8.5 \times 10^{18} \text{ atoms/cm}^3$ ）の表面に照射して、シリコンウェーハの表面に、クラスターイオンの構成元素である炭素および水素が固溶してなる改質層を形成した。ドーズ量は $1 \times 10^{15} \text{ atoms/cm}^2$ とし、照射エネルギーは 80 keV/Cluster とし、チルト角は 0° とし、ツイスト角は 0° とした。

[0059] 次に、シリコンウェーハを枚葉式エピタキシャル成長装置（アプライドマテリアルズ社製）内に搬送し、装置内で 1120°C の温度で 30 秒の水素ベーク処理を施した後、水素をキャリアガス、ジクロロシランをソースガスとして 1150°C で CVD 法により、シリコンウェーハの表面のうち改質層を形成した側の表面上にシリコンエピタキシャル層（厚さ： $6\mu\text{m}$ ）、ドーパント：ボロン、ドーパント濃度： $1.0 \times 10^{15} \text{ atoms/cm}^3$ ）をエピタキシャル成長させ、エピタキシャルシリコンウェーハを作製した。

[0060] （評価方法および評価結果）

まず、各発明例および比較例について、二次イオン質量分析法（SIMS）により測定を行い、照射元素である炭素および水素の深さ方向の濃度プロ

ファイルを得た。評価結果を図5 (A), (B) 及び図6 (A), (B) に示す。

[0061] 発明例では、図5 (A), (B) に示すように、炭素の濃度プロファイルのピークは、シリコンエピタキシャル層とシリコンウェーハとの界面（すなわちシリコンウェーハの表面のうちクラスターイオンを照射した側の表面）から167 nmの位置にあり、ピーク濃度は $5.37 \times 10^{19} \text{ atoms/cm}^3$ であった。また、水素の濃度プロファイルのピークは、シリコンエピタキシャル層とシリコンウェーハとの界面から167 nmの位置にあり、ピーク濃度は $7.36 \times 10^{17} \text{ atoms/cm}^3$ であった。一方、比較例では、図6 (A), (B) に示すように、炭素の濃度プロファイルのピークは、シリコンエピタキシャル層とシリコンウェーハとの界面から80 nmの位置にあり、ピーク濃度は $8.65 \times 10^{19} \text{ atoms/cm}^3$ であった。また、水素の濃度プロファイルのピークは、シリコンエピタキシャル層とシリコンウェーハとの界面から、80 nmの位置にあり、ピーク濃度は $1.35 \times 10^{18} \text{ atoms/cm}^3$ であった。したがって、発明例はピーク位置を比較例よりも深い位置に形成することができていた。

[0062] 次に、各発明例および比較例のシリコンエピタキシャル層の表面をNi汚染液（ $1.0 \times 10^{13} \text{ atoms/cm}^2$ ）でスピンコート汚染法により故意に汚染した後に、窒素雰囲気下で900℃、30分の熱処理を行った。その後、二次イオン質量分析法（SIMS）により測定を行い、Niの深さ方向の濃度プロファイルを得た。評価結果を図7に示す。

[0063] 図7に示すように、各発明例および比較例とも、改質層がゲッターリングサイトとして機能することによって、高いゲッターリング能力を発揮することを確認することができた。さらに、発明例では、炭素および水素のピーク位置が比較例よりも深い位置に存在していたことに起因して、Niの濃度プロファイルの裾のシリコンエピタキシャル層への広がりを比較例よりも抑制することができていた。このことから、発明例によるエピタキシャルシリコンウェーハを用いて裏面照射型固体撮像素子を作製すれば、白傷欠陥を比較例よ

りも抑制することができることがわかる。

産業上の利用可能性

[0064] 本発明によれば、高いゲッタリング能力を有しつつ、裏面照射型固体撮像素子における白傷欠陥をより抑制することができるエピタキシャルシリコンウェーハを得ることができる。

符号の説明

[0065] 100 エピタキシャルシリコンウェーハ
10 シリコンウェーハ
10A シリコンウェーハの表面
12 クラスタイオン
14 改質層
16 シリコンエピタキシャル層
20 イオン源
21 アークチャンバ
22 原料ガス導入口
23 イオン取出口
24 フィラメント
25 リフレクタ
26 電流電圧印加装置
27 磁場発生装置
28 真空ポンプ
29 カソード
30 前段加速機構
40 質量分析機構
50 後段加速機構
60 照射室
70 イオン照射装置

請求の範囲

- [請求項1] シリコンウェーハの表面に、バーナス型イオン源またはIHC型イオン源を用いて生成した C_nH_m ($n=1$ または 2 、 $m=1, 2, 3, 4$ または 5) のクラスターイオンを照射して、前記シリコンウェーハ内に、前記クラスターイオンの構成元素である炭素および水素が固溶してなる改質層を形成する第1工程と、
- 前記第1工程の後に、前記表面上にシリコンエピタキシャル層を形成する第2工程と、を有し、
- 前記第1工程では、前記改質層における前記炭素および前記水素の深さ方向の濃度プロファイルのピークを、前記シリコンウェーハの前記表面からの深さが 150 nm を超え 2000 nm 以内の範囲にそれぞれ位置させることを特徴とするエピタキシャルシリコンウェーハの製造方法。
- [請求項2] 前記第1工程では、前記クラスターイオンを $170\text{ }\mu\text{A}$ 以上のビーム電流値で照射する、請求項1に記載のエピタキシャルシリコンウェーハの製造方法。
- [請求項3] 前記第1工程では、前記シリコンウェーハのチルト角およびツイスト角がともに 0° となるように、前記クラスターイオンの照射を行う、請求項1または2に記載のエピタキシャルシリコンウェーハの製造方法。
- [請求項4] 前記第1工程と前記第2工程の間に、前記シリコンウェーハの表面を洗浄する工程をさらに有する、請求項1～3のいずれか一項に記載のエピタキシャルシリコンウェーハの製造方法。
- [請求項5] シリコンウェーハと、前記シリコンウェーハ内に形成された、炭素および水素が固溶してなる改質層と、前記改質層上に形成されたシリコンエピタキシャル層と、を有し、
- 前記シリコンウェーハの表面からの深さが 150 nm を超え 2000 nm 以内の範囲に、前記改質層における前記炭素および前記水素の深

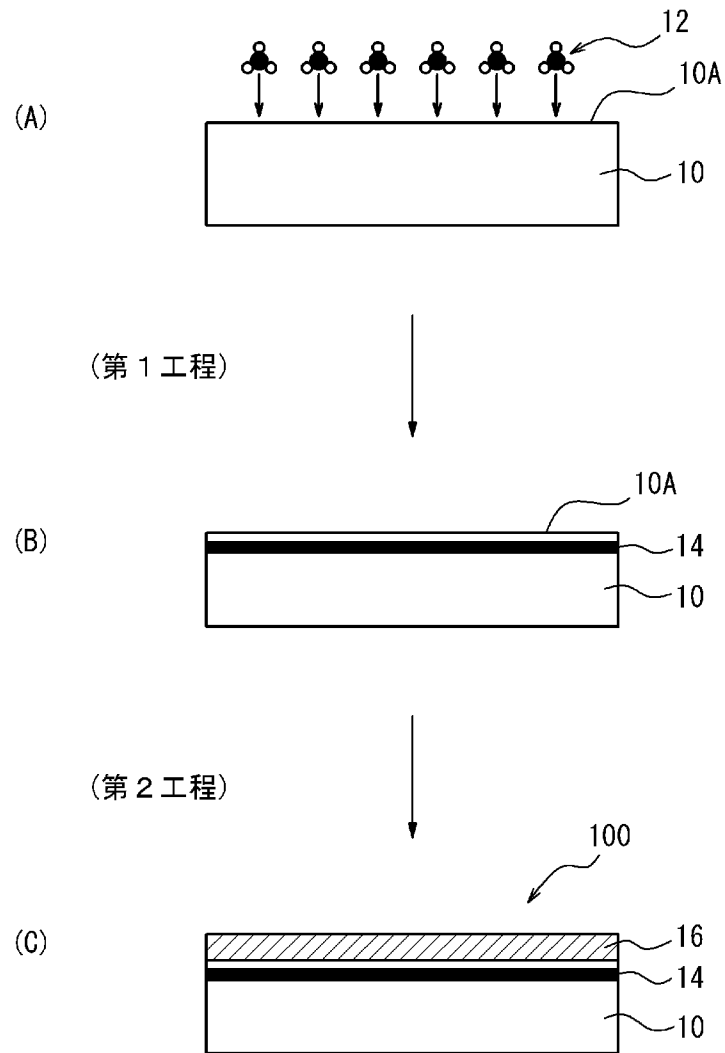
さ方向の濃度プロファイルのピークがそれぞれ位置することを特徴とするエピタキシャルシリコンウェーハ。

[請求項6] 前記炭素の深さ方向の濃度プロファイルのピーク位置と前記水素の深さ方向の濃度プロファイルのピーク位置との差が1000nm以内である、請求項5に記載のエピタキシャルシリコンウェーハ。

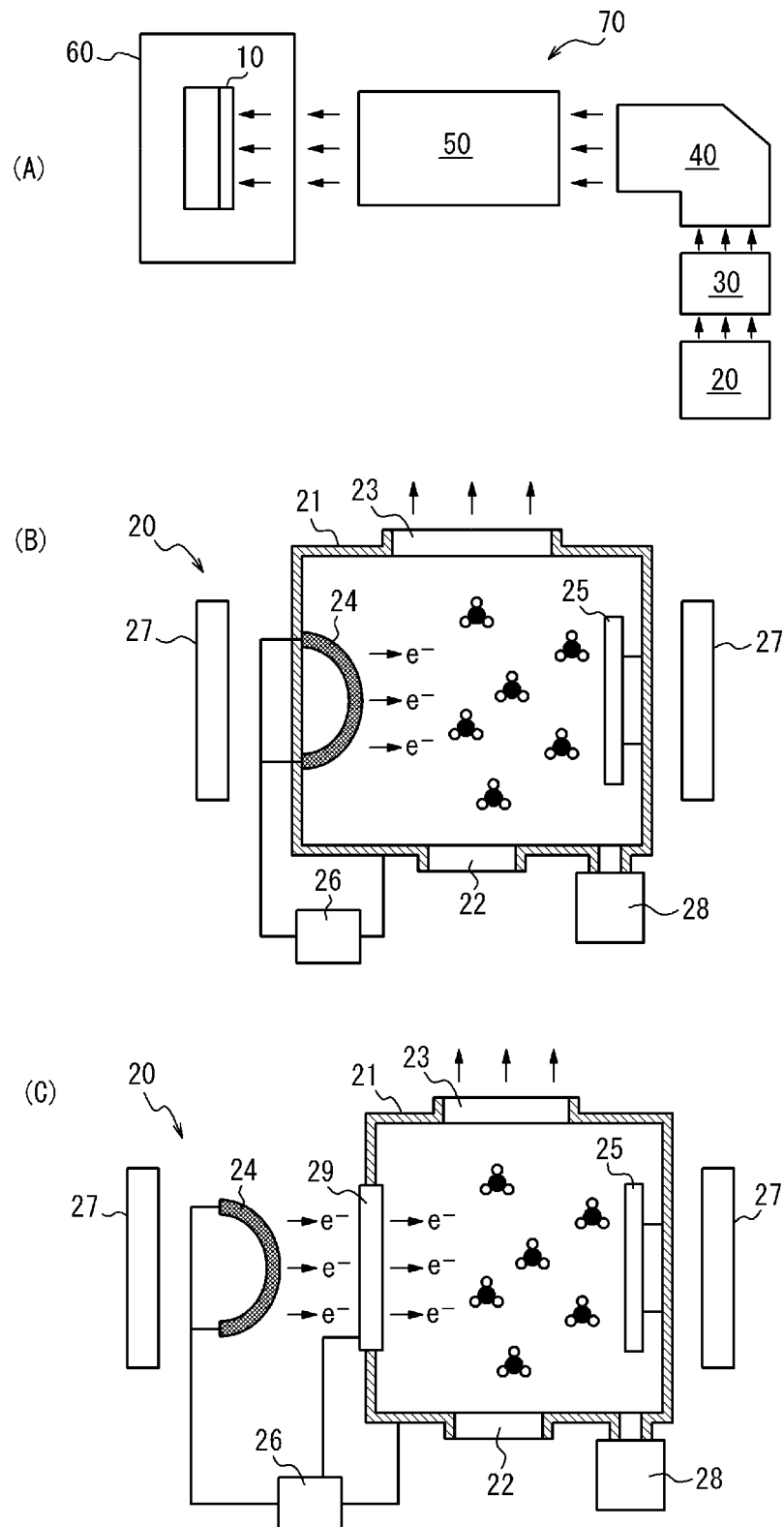
[請求項7] 前記炭素の深さ方向の濃度プロファイルのピーク濃度と前記水素の深さ方向の濃度プロファイルのピーク濃度がともに $1 \times 10^{16} \text{ atoms/cm}^3$ 以上である、請求項5または6に記載のエピタキシャルシリコンウェーハ。

[請求項8] 請求項1～4のいずれか一項に記載のエピタキシャルシリコンウェーハの製造方法で製造されたエピタキシャルシリコンウェーハまたは請求項5～7のいずれか一項に記載のエピタキシャルシリコンウェーハのシリコンエピタキシャル層に、固体撮像素子を形成することを特徴とする固体撮像素子の製造方法。

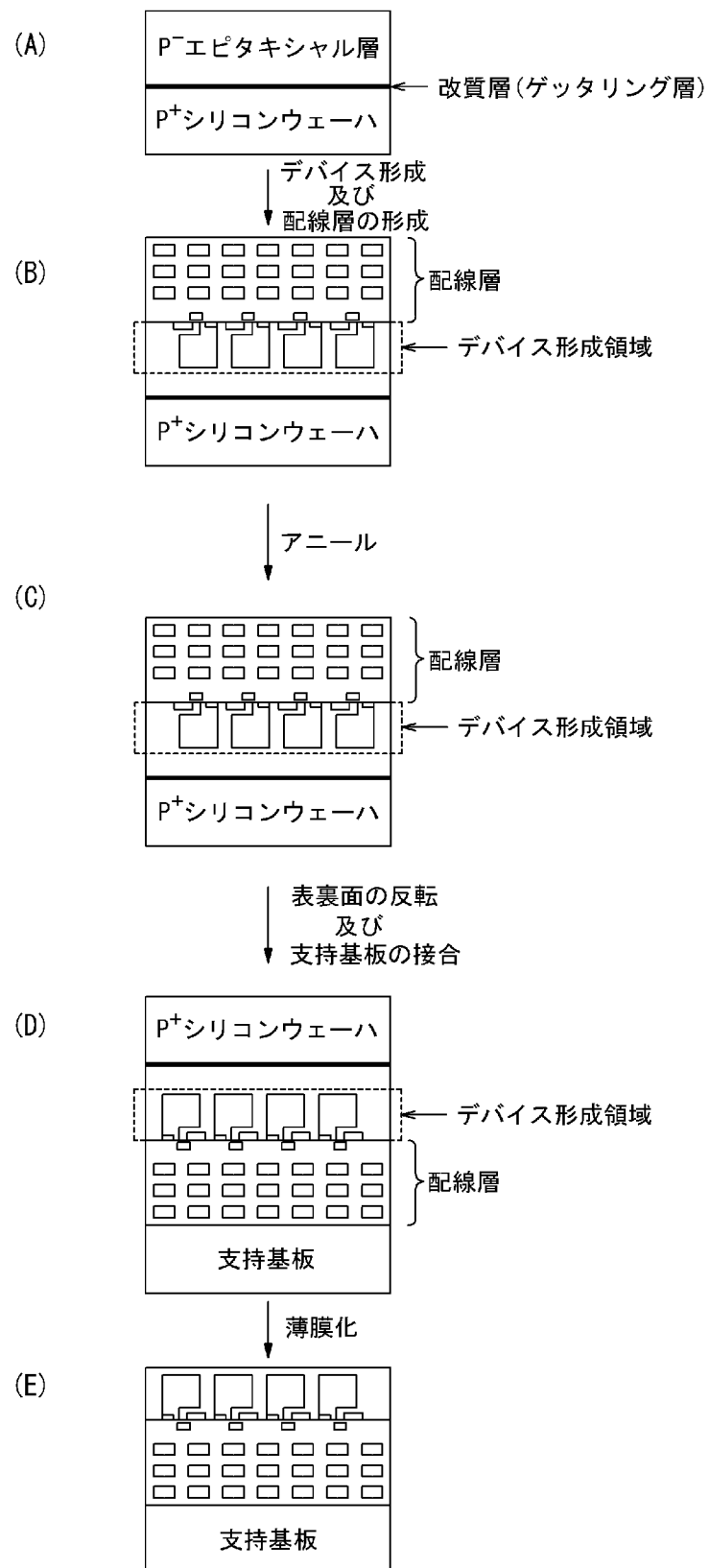
[図1]



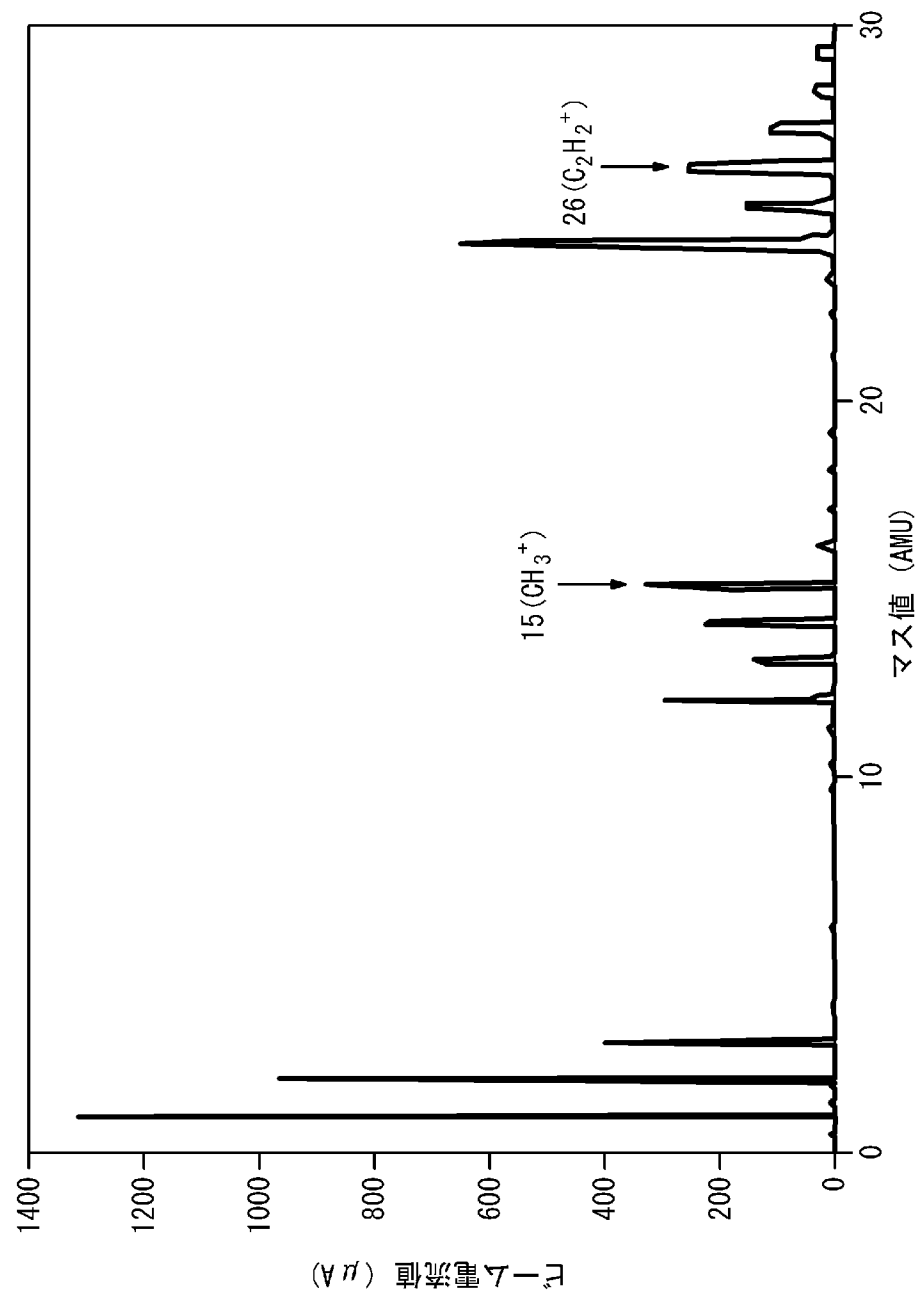
[図2]



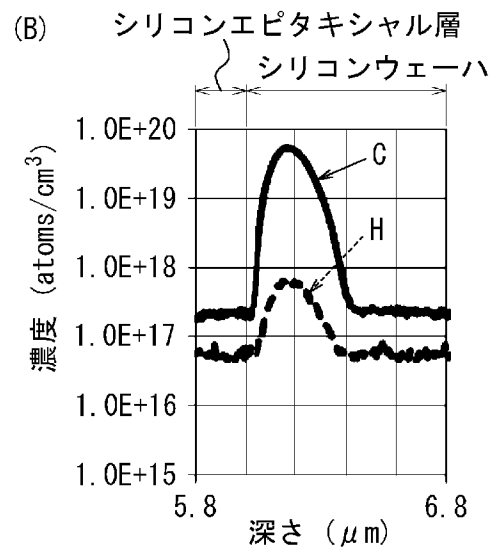
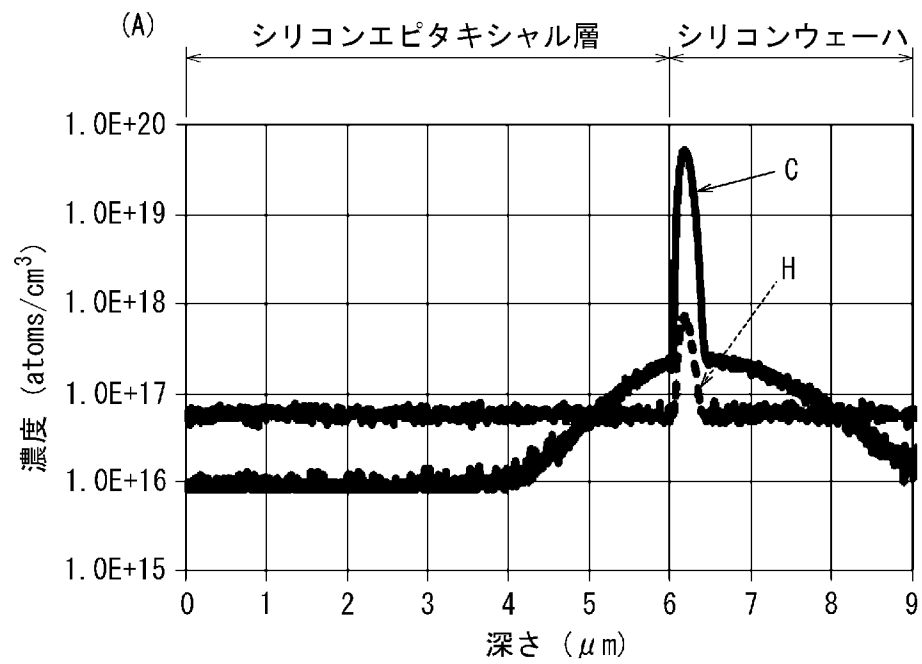
[図3]



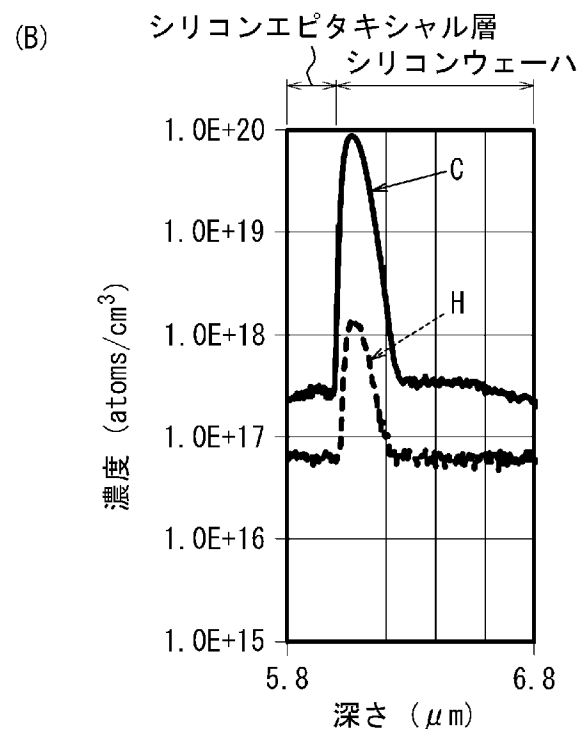
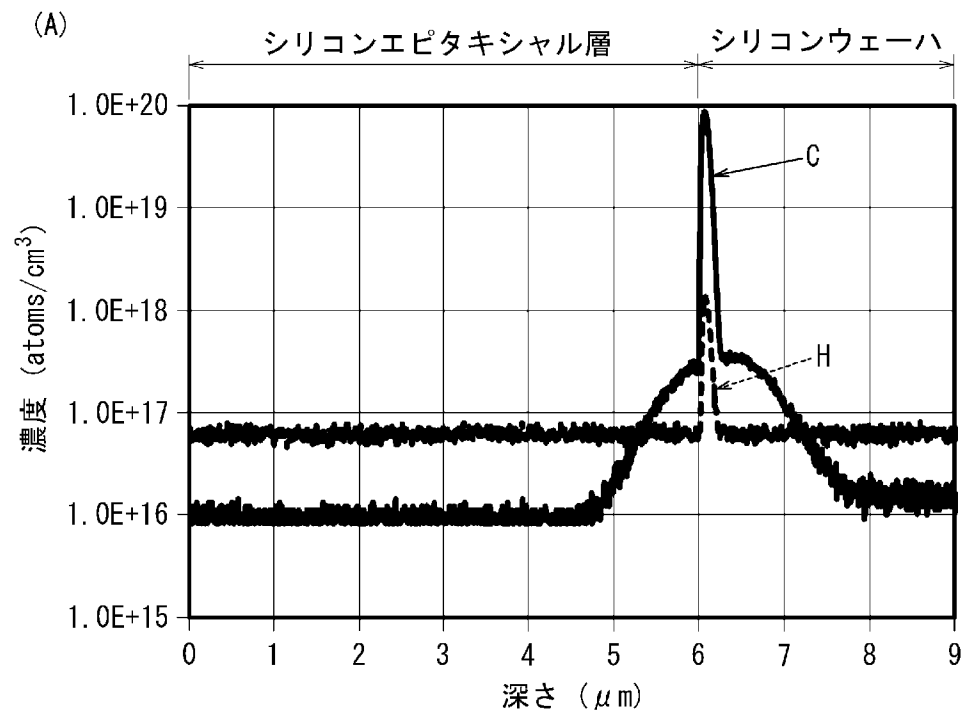
[図4]



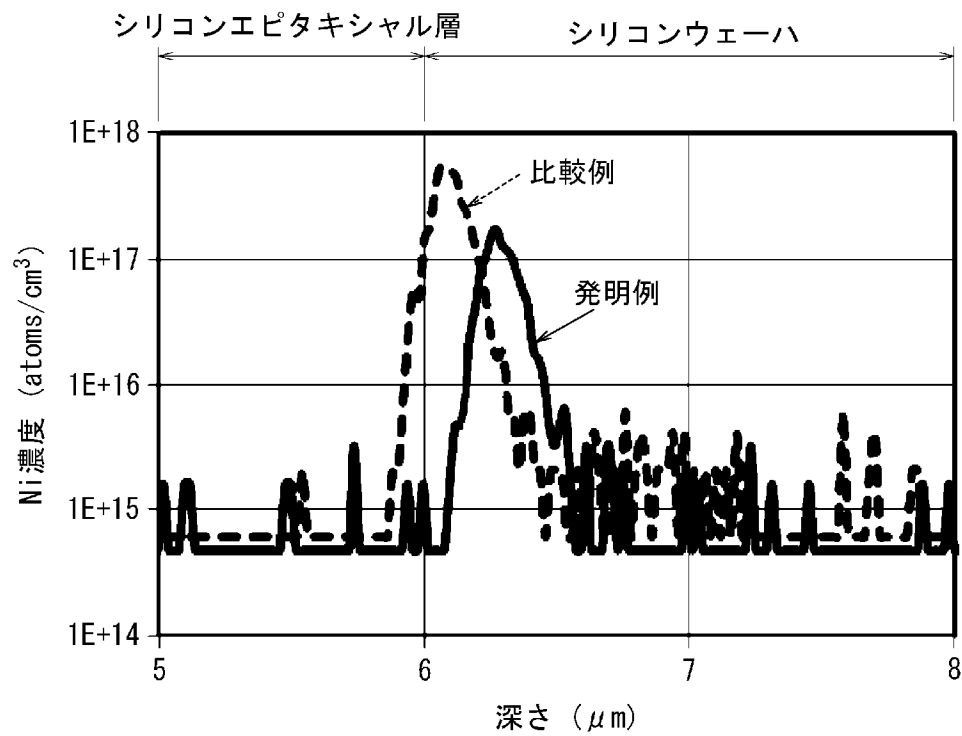
[図5]



[図6]



[図7]



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2018/031435

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

Int.Cl. H01L21/322 (2006.01) i, C23C16/24 (2006.01) i, C30B25/02 (2006.01) i

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)

Int.Cl. H01L21/322, C23C16/24, C30B25/02

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Published examined utility model applications of Japan	1922-1996
Published unexamined utility model applications of Japan	1971-2018
Registered utility model specifications of Japan	1996-2018
Published registered utility model applications of Japan	1994-2018

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used)

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X A	JP 2010-114409 A (SONY CORPORATION) 20 May 2010, paragraphs [0001], [0036]-[0039], [0045], [0091]-[0094], [0233], [0234], [0250], [0251], fig. 9 & US 2010/0090303 A1, paragraphs [0002], [0077]-[0080], [0093], [0191]-[0197], [0428], [0429], fig. 9 & KR 10-2010-0040673 A & CN 101728311 A & TW 201021097 A	5-8 1-4
A	JP 2017-157613 A (SUMCO CORPORATION) 07 September 2017, entire text, all drawings & CN 107134404 A & KR 10-2017-0101833 A & TW 201742155 A	1-8



Further documents are listed in the continuation of Box C.



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 application or patent 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

"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

06.09.2018

Date of mailing of the international search report

18.09.2018

Name and mailing address of the ISA/

Japan Patent Office
3-4-3, Kasumigaseki, Chiyoda-ku,
Tokyo 100-8915, Japan

Authorized officer

Telephone No.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2018/031435

C (Continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	JP 2009-283459 A (SEMEQUIP INC.) 03 December 2009, entire text, all drawings & US 2009/0283695 A1	1-8

A. 発明の属する分野の分類（国際特許分類（I P C））

Int.Cl. H01L21/322(2006.01)i, C23C16/24(2006.01)i, C30B25/02(2006.01)i

B. 調査を行った分野

調査を行った最小限資料（国際特許分類（I P C））

Int.Cl. H01L21/322, C23C16/24, C30B25/02

最小限資料以外の資料で調査を行った分野に含まれるもの

日本国実用新案公報	1922-1996年
日本国公開実用新案公報	1971-2018年
日本国実用新案登録公報	1996-2018年
日本国登録実用新案公報	1994-2018年

国際調査で使用した電子データベース（データベースの名称、調査に使用した用語）

C. 関連すると認められる文献

引用文献の カテゴリー*	引用文献名 及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	関連する 請求項の番号
X A	JP 2010-114409 A (ソニー株式会社) 2010.05.20, 段落 [0001]、 [0036] ~ [0039]、[0045]、[0091] ~ [0094]、 [0233]、[0234]、[0250]、[0251]、図9 & US 2010/0090303 A1, [0002], [0077]-[0080], [0093], [0191]-[0197], [0428]-[0429], FIG. 9 & KR 10-2010-0040673 A & CN 101728311 A & TW 201021097 A	5-8 1-4
A	JP 2017-157613 A (株式会社SUMCO) 2017.09.07, 全文、全図 & CN 107134404 A & KR 10-2017-0101833 A & TW 201742155 A	1-8

☒ C欄の続きにも文献が列挙されている。☐ パテントファミリーに関する別紙を参照。

* 引用文献のカテゴリー

「A」特に関連のある文献ではなく、一般的技術水準を示すもの
「E」国際出願日前の出願または特許であるが、国際出願日以後に公表されたもの
「L」優先権主張に疑義を提起する文献又は他の文献の発行日若しくは他の特別な理由を確立するために引用する文献（理由を付す）
「O」口頭による開示、使用、展示等に言及する文献
「P」国際出願日前で、かつ優先権の主張の基礎となる出願

の日の後に公表された文献

「T」国際出願日又は優先日後に公表された文献であって出願と矛盾するものではなく、発明の原理又は理論の理解のために引用するもの
「X」特に関連のある文献であって、当該文献のみで発明の新規性又は進歩性がないと考えられるもの
「Y」特に関連のある文献であって、当該文献と他の1以上の文献との、当業者にとって自明である組合せによって進歩性がないと考えられるもの
「&」同一パテントファミリー文献

国際調査を完了した日

06.09.2018

国際調査報告の発送日

18.09.2018

国際調査機関の名称及びあて先

日本国特許庁（I S A/J P）

郵便番号100-8915

東京都千代田区霞が関三丁目4番3号

特許庁審査官（権限のある職員）

山本 一郎

50

8395

電話番号 03-3581-1101 内線 3559

C (続き) . 関連すると認められる文献		
引用文献の カテゴリ*	引用文献名 及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	関連する 請求項の番号
A	JP 2009-283459 A (セムイクウィップ・インコーポレーテッド) 2009.12.03, 全文、全図 & US 2009/0283695 A1	1-8