

(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
2014 年 6 月 26 日(26.06.2014)



(10) 国際公開番号
WO 2014/097845 A1

- (51) 国際特許分類:
H01L 21/3065 (2006.01) *C30B 29/36* (2006.01)
- (21) 国際出願番号: PCT/JP2013/082024
- (22) 国際出願日: 2013 年 11 月 28 日(28.11.2013)
- (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 2012-276164 2012 年 12 月 18 日(18.12.2012) JP
- (71) 出願人: 昭和電工株式会社(SHOWA DENKO K.K.)
[JP/JP]; 〒1058518 東京都港区芝大門一丁目 1 3 番 9 号 Tokyo (JP).
- (72) 発明者: 佐々木 有三(SASAKI Yuzo); 〒3691893 埼玉県秩父市下影森 1 5 0 5 番地 昭和電工株式会社内 Saitama (JP).
- (74) 代理人: 志賀 正武, 外(SHIGA Masatake et al.); 〒1006620 東京都千代田区丸の内一丁目 9 番 2 号 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, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IR, IS, KE, KG, 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, 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.

- (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, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), ユーロパ (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).

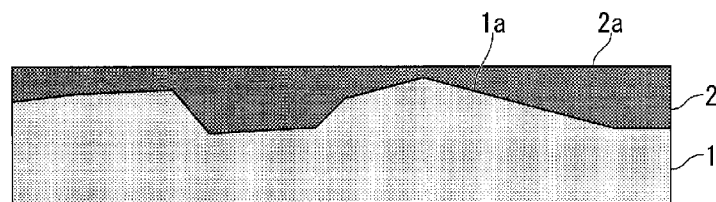
添付公開書類:

— 国際調査報告 (条約第 21 条(3))

(54) Title: METHOD FOR MANUFACTURING SiC SUBSTRATE

(54) 発明の名称: SiC 基板の製造方法

[図3]



(57) Abstract: This method for manufacturing an SiC substrate is provided with: a sacrifice-film-forming step for forming, on the surface of the SiC substrate, a sacrifice film having a film thickness at least as great as the maximum high-low difference of the surface; a sacrifice-film flattening step for flattening the surface of the sacrifice film using a mechanical process; and an SiC substrate flattening step for flattening the surface of the SiC substrate and simultaneously removing the sacrifice film by dry etching under conditions in which the etching selection ratio of the SiC substrate and the sacrifice film is within the range of 0.5-2.0.

(57) 要約: この SiC 基板の製造方法は、SiC 基板の表面に、表面の最大高低差以上の膜厚の犠牲膜を形成する犠牲膜形成工程と、犠牲膜の表面を機械加工により平坦化する犠牲膜平坦化工程と、SiC 基板と犠牲膜のエッチング選択比が 0.5~2.0 の範囲になる条件でドライエッチングすることにより、犠牲膜を除去すると同時に SiC 基板の前記表面を平坦化する SiC 基板平坦化工程と、を具備してなる。



WO 2014/097845 A1

明 細 書

発明の名称：S i C基板の製造方法

技術分野

[0001] 本発明は、S i C基板の製造方法に関する。

本願は、2012年12月18日に、日本に出願された特願2012-276164号に基づき優先権を主張し、その内容をここに援用する。

背景技術

[0002] 地球温暖化問題への対応として、省エネルギー技術の向上が求められている。その中で、電力変換時のエネルギーロスを低減するパワーエレクトロニクス技術は、基幹技術として位置づけられている。パワーエレクトロニクス技術は、従来、シリコン（S i）半導体を用いて技術改良がなされてきたが、シリコンの材料物性の限界からその性能向上も限界に近づきつつある。そのため、シリコンよりも高い物性限界を有する炭化珪素（S i C）に期待が集まっている。炭化珪素はシリコンに対して、例えば、バンドギャップは約3倍、絶縁破壊電界強度は約10倍、熱伝導度は約3倍という優れた物性を有しており、パワーデバイス、高周波デバイス、高温動作デバイス等への応用が期待されている。

[0003] ここで、S i Cデバイスの基板としてはS i Cエピタキシャルウェハが用いられる。S i Cエピタキシャルウェハは、S i Cのバルク結晶（インゴット）から切り出されたS i C単結晶ウェハ（以下、「S i C基板」ともいう。）に、S i Cデバイスの活性領域となるS i Cエピタキシャル膜を化学的气相成長法（CVD法）によって成膜することで製造される。

[0004] ところで、S i Cデバイスの特性を向上させるためには、S i C基板の表面のうちエピタキシャル成長させる面（以下、「エピタキシャル成長面」ともいう。）に高い平坦性、平滑性等が求められ、そのためには、S i Cのバルク結晶（インゴット）から切り出されたS i C単結晶ウェハの表面に対する高い加工精度が要求される。

[0005] インゴットから切り出したS i C基板の表面を平坦化するには、例えば、図9に示すような、S i C基板11の比較的粗れた表面11aに対し、図10に示すように機械加工によって表面を高低差がなくなるまで平坦化する。この機械加工は、一般的には、比較的加工速度が速いラップ加工により行われる。ラップ加工は、平坦な定盤の間にS i C基板をはさみ、研磨剤を供給しながら定盤を回転させてS i C基板の表面を削り取る加工である。このときの加工量は、表面11aの表面粗さやうねりの程度にもよるが、数十マイクロメートル程度に達する場合がある。ラップ加工の際、加工量が元のS i C基板表面の高低差だけ研削しただけでは平らにならない。そのため、元の高低差と同じ加工量で研削を止めた場合、次のダイヤモンド砥粒を用いた研磨加工において加工量が増大する。ダイヤモンド砥粒を用いた研磨は加工速度が遅いため、研磨加工時の加工量が増大すると、その加工時間が大幅に増大する。したがって、この工程では図10に示すように、加工前のS i C基板の高低差以上の加工量でラップ加工を行う必要があり、カーフロスを増大させる原因となっている。

[0006] また、ラップ加工後のS i C基板11の新たな表面12aには、ラップ加工の影響によって、厚みが5～10 μ m程度の加工変質層12が形成される。そこで、図11に示すように、加工変質層12を除去するために、粒径1 μ m程度のダイヤモンド砥粒を用いた研磨加工を行う。この研磨加工は、定盤の加工面に不織布等の研磨布を貼り付け、ラッピングよりも微細な研磨剤を用いる。そのためこの研磨加工の加工速度は遅く、数時間程度の加工時間を要する。このように長時間を要する理由は、S i C自体がシリコン等に比べて極めて高い硬度を有しているためである。

また、研磨加工後のS i C基板11の新たな表面11bは光学的には平坦な鏡面であるが、研磨痕11cが発生する場合があります、また表面のダメージもあるので、最終的にエピタキシャル成長面を形成するために、CMP (Chemical Mechanical Polishing) 表面加工処理を行う。このCMP加工は非常に加工速度が遅いので、ダイヤモンドでの

研磨加工で残留する研磨痕や表面ダメージを除去するために長時間の加工時間を要する。

[0007] 以上のように、従来は、S i C基板の表面の平坦化のために、S i C基板の表層を数十 μ m以上（d 3）に渡って除去して新たな面を形成する必要がある、S i Cを除去した分だけ材料のロスが生じる。また、S i C基板は硬度が高いため、平坦化のための研磨、研削等の機械加工に長時間を要している。

[0008] 更に、インゴットからS i C基板を切り出す際にも、切り代分に相当するロスが生じる。この切り代分のロスと、先のS i C基板の表面平坦化の際の材料のロスとを合わせて一般にカーフロス（K e r f - l o s s）と呼んでいる。一つのS i Cインゴットから一枚でも多くのS i C基板を得るには、カーフロスを低減する必要がある。

[0009] 特許文献1には、S i Cインゴットからウェハを切り出した際に生じる加工変質層を実用的な速度で容易に除去する方法として、加工変質層の一部を気相エッチング法により除去する方法が記載されている。

[0010] また、特許文献2には、S i Cインゴットからウェハを切り出した際や表面研削中に生じるうねりを抑制・除去しつつ平坦化させる方法として、ウェハ表面に硬化性材料を塗布して硬化させ、当該硬化性材料とウェハと同時に研削して、ウェハを平坦化する方法が記載されている。

先行技術文献

特許文献

[0011] 特許文献1：特開2004-168649号公報

特許文献2：特開2011-103379号公報

発明の概要

発明が解決しようとする課題

[0012] しかし、特許文献1または2に記載された方法であっても、S i C基板を製造する際のカーフロスの低減や、表面の平坦化処理に要する時間の短縮は

、不十分であった。

[0013] 本発明は、カーフロスを低減し、S i Cインゴットから採取できるS i C基板の有効枚数を多く確保するとともに、平坦化処理に要する時間を大幅に低減することが可能なS i C基板の製造方法を提供することを課題とする。

課題を解決するための手段

[0014] 本発明者らは、上記目的を達成するために鋭意研究を重ねた結果、以下に示す本発明を完成させるに至った。

[0015] [1] S i C基板の表面に、前記表面の最大高低差以上の膜厚の犠牲膜を形成する犠牲膜形成工程と、

前記犠牲膜の表面を機械加工により平坦化する犠牲膜平坦化工程と、

前記S i C基板と前記犠牲膜のエッチング選択比が0.5～2.0の範囲になる条件でドライエッチングすることにより、前記犠牲膜を除去すると同時に前記S i C基板の前記表面を平坦化するS i C基板平坦化工程と、を具備してなることを特徴とするS i C基板の製造方法。

[2] S i C基板の表面に犠牲膜を形成する際に、前記犠牲膜表面全面が前記S i C基板の前記表面のうち最も突出した突出部よりも高い位置にあるように前記犠牲膜の膜厚を調整しつつ前記犠牲膜を形成する犠牲膜形成工程と、

前記犠牲膜の表面を機械加工により平坦化する犠牲膜平坦化工程と、

前記S i C基板と前記犠牲膜のエッチング選択比が0.5～2.0の範囲になる条件でドライエッチングすることにより、前記犠牲膜を除去すると同時に前記S i C基板の前記表面を平坦化するS i C基板平坦化工程と、を具備してなることを特徴とするS i C基板の製造方法。

[3] 前記犠牲膜平坦化工程において、前記犠牲膜を、研削、研磨、又はCMPにより平坦化することを特徴とする上記[1]または上記[2]に記載のS i C基板の製造方法。

[4] 前記犠牲膜平坦化工程において、前記S i C基板の前記表面を露出させずに前記犠牲膜を平坦化することを特徴とする上記[1]乃至上記[3]の何れ

か一項に記載のS i C基板の製造方法。

[5]前記犠牲膜としてカーボン膜を用い、前記カーボン膜をスパッタ法により形成することを特徴とする上記[1]乃至[4]のいずれか一項に記載のS i C基板の製造方法。

[6]前記犠牲膜形成工程に供する前記S i C基板として、S i Cインゴットから切り出されたS i C基板を用いることを特徴とする上記[1]乃至[5]のいずれか一項に記載のS i C基板の製造方法。

[7]前記S i C基板を前記S i Cインゴットから切り出した後、前記犠牲膜平坦化工程の前に、前記S i C基板の前記表面を機械加工によって予備的に平坦化することを特徴とする上記[1]乃至[6]のいずれか一項に記載のS i C基板の製造方法。

発明の効果

[0016] 本発明によれば、S i Cインゴットから切り出したS i C基板の表面を平坦化する際に、カーフロスを低減できるとともに、平坦化処理に要する時間を大幅に低減できる。

図面の簡単な説明

[0017] [図1]図1は本発明の実施形態であるS i C基板の製造方法を説明する工程図である。

[図2]図2は本発明の実施形態であるS i C基板の製造方法を説明する工程図である。

[図3]図3は本発明の実施形態であるS i C基板の製造方法を説明する工程図である。

[図4]図4は本発明の実施形態であるS i C基板の製造方法を説明する工程図である。

[図5]図5は、従来のS i C基板の製造方法によって製造されたCMP加工後のS i C基板表面のAFM顕微鏡による観察結果を示す図である。

[図6]図6は、従来のS i C基板の製造方法によって製造されたCMP加工後のS i C基板表面のAFM顕微鏡による観察結果を示す図である。

[図7]図7は、本発明のS i C基板の製造方法によって製造された反応性イオンエッチング後CMP加工前のS i C基板表面のAFM顕微鏡による観察結果を示す図である。

[図8]図8は、ドライエッチング法におけるバイアス電力とエッチング選択比との関係を示すグラフである。

[図9]図9は従来のS i C基板の製造方法を説明する工程図である。

[図10]図10は従来のS i C基板の製造方法を説明する工程図である。

[図11]図11は従来のS i C基板の製造方法を説明する工程図である。

発明を実施するための形態

[0018] 以下、本発明の実施形態であるS i C基板の製造方法について、図面を参照して説明する。図1～図4は、本実施形態のS i C基板の製造方法を説明する工程図である。

[0019] まず、図1に示すように、S i C基板1を用意する。このS i C基板1は、例えば昇華法によって製造されたS i Cインゴットからワイヤーソーイング等の切断加工によって切り出されたものである。S i C基板1の表面1aは、切断加工によって形成された表面であり、うねりが大きく、また、表面粗さも比較的大きくなっている。S i C基板1の表面1aには、最も突出した部分1a₁と、最も凹んだ部分1a₂との間に最大高低差d1を有している。最大高低差d1は例えば30μm程度である。

[0020] また、S i C基板1をS i Cインゴットから切り出した後、次の犠牲膜形成工程を行う前に、S i C基板1の表面1aを機械加工による予備的な平坦化加工をしてもよい。凸部のみを除去することで、S i C基板1の表面1aの最大高低差はd1' (d1 > d1') に低減される。これにより、次の犠牲膜形成工程の成膜時間及び犠牲膜平坦化工程のエッチング時間を短縮することが可能である。予備的な平坦化加工としては、凸部のみを優先的に加工して凹部に加工変質層を発生させないことがカーフロス低減のためには重要なため、砥粒を用いるラップよりも研削加工の方が望ましい。また予備的な平坦化加工の加工量の目安としては、予備的な平坦化加工後のS i C基板1

の表面 1 a の最大高低差: d_1' が加工変質層の厚さ以上あれば犠牲膜平坦化工程において除去されるので、追加でのカーフロスが発生することはない。

[0021] 次に、図 2 に示すように、犠牲膜形成工程として、S i C 基板 1 の表面 1 a を覆うように、犠牲膜 2 を成膜する。犠牲膜 2 は、例えばスパッタ法により形成されたカーボン膜である。犠牲膜 2 の表面 2 a は、S i C 基板 1 の表面 1 a の表面形状をある程度反映した凹凸面になる。犠牲膜 2 の材質は、ドライエッチング時の S i C に対するエッチング選択比が 0.5 ~ 2.0 程度に制御可能な材質であればどのようなものでもよく、例えば、カーボン膜、シリコン膜の何れでもよいが、特にカーボン膜が好ましい。また、犠牲膜 2 の成膜方法は、犠牲膜 2 の材質にもよるが、スパッタリング法、蒸着法、C V D 法、めっき、スピコートといった手段を採用できる。

[0022] また、犠牲膜 2 は図 2 に示す単層膜でもよく、多層膜でもよい。例えば、犠牲膜 2 として n 層の多層膜にする場合は、S i C 基板 1 上に順次、第 1 膜、第 2 膜と積層し、第 n 膜まで積層する。このとき、第 n 膜と第 $(n-1)$ 膜の界面近傍をエッチングする場合は、第 n 膜と第 $(n-1)$ 膜のエッチング選択比が 0.5 ~ 2.0 程度になるようにエッチング条件を選択する。次に、第 n 膜のエッチングの終了後に、第 $(n-1)$ 膜と第 $(n-2)$ 膜の界面近傍をエッチングする場合は、第 $(n-1)$ 膜と第 $(n-2)$ 膜のエッチング選択比が 0.5 ~ 2.0 程度になるようにエッチング条件を選択する。そして、第 1 膜と S i C 基板 1 をエッチングする場合は、第 1 膜と S i C 基板 1 のエッチング選択比が 0.5 ~ 2.0 程度になるようにエッチング条件を選択する。以上の場合において、多層膜を構成する各膜のエッチング条件は、同一でもよいし異なってもよい。

[0023] また、犠牲膜 2 の成膜条件として、犠牲膜 2 の厚みが最大高低差 d_1 または d_1' よりも大きくなるように成膜条件を調整することが好ましい。具体的には、最大高低差 d_1 または d_1' の 1.1 倍以上、好ましくは 1.2 倍以上、更には 1.5 倍以上でもよい。また、犠牲膜 2 が必要以上に厚すぎると犠牲膜 2 の平坦化のために時間を要するので、最大高低差 d_1 または d_1'

' の2倍以下がよい。

[0024] また、犠牲膜2の別の膜厚の条件として、犠牲膜2の表面2a全部が、SiC基板1の表面1aの最も突出した部分1a₁よりも高い位置になるように、犠牲膜2の膜厚を設定する条件としてもよい。すなわち、犠牲膜2の表面2a最も凹んだ部分2a₁の高さが、SiC基板1の表面1aの最も突出した部分1a₁よりも高くなるように犠牲膜2の膜厚を設定すればよい。これにより、次工程で犠牲膜を平坦化する際に、犠牲膜2のみを平坦化できる。

[0025] 次に、図3に示すように、犠牲膜平坦化工程として、犠牲膜2の表面2aを機械加工により平坦化する。機械加工としては、研削、研磨、又はCMP（化学的機械的研磨）のいずれかの手段を用いることができるが、CMPが好ましく、コロイダルシリカを研磨液に用いたCMPがより好ましい。また、最初に表面2aを研削または研磨してある程度平坦化してから、仕上げとしてCMP処理を行ってもよい。平坦化後の犠牲膜2の表面2aが、最終的なSiC基板の表面の平坦性に反映されるので、本工程において犠牲膜2を可能な限り平坦化しておくことが好ましく、例えば表面粗さRaとして0.1nm以下にすることが好ましい。また、本工程においては、SiC基板1の表面1aを露出させずに犠牲膜2を平坦化することが好ましい。SiC基板1の表面1aを露出させるまで平坦化すると、SiC自体の加工レートが著しく低いので、露出したSiC基板に局所的に荷重が掛かって、割れやクラックの危険性が高くなるので好ましくない。

[0026] 次に、図4に示すように、SiC基板平坦化工程として、SiC基板1と犠牲膜2のエッチング選択比が0.5～2.0の範囲になる条件でドライエッチングすることにより、犠牲膜2を除去すると同時にSiC基板1の表面1aを平坦化して新たな表面1bとする。SiC基板1に対するエッチング量は、最大高低差d₁（またはd₁'）を超える量d₂とすることが好ましく、d₁（またはd₁'）に対してd₂を1μm、好ましくは2μm、より好ましくは5μmよりも大きな加工量にすることが好ましい。なお、SiCのエッチング開始時は、エッチングによりスパッタされた原子を分析するこ

とで検知できる。

[0027] ドライエッチングとしては、反応性イオンエッチングを用いることが、S i C基板1と犠牲膜2のエッチング選択比を容易に調整でき、かつ、S i C基板1の表面1 aを平坦化するまでの加工時間を従来に比べて大幅に短縮できる点で好ましい。具体的には、S F₆やC F₄を反応ガスとする高密度プラズマエッチング法が好ましく、より好ましくは、有磁場ICP (ISM=Inductively Super Magnetron)方式の高密度プラズマエッチング法が好ましい。また、S i C基板1をエッチング可能であれば、マグネトロン方式等を採用してもよい。

[0028] 犠牲膜2とS i C基板1のエッチング選択比を1に近づけるには、反応ガス種、反応ガス流量、反応ガス圧、高周波パワー (RF-Power)、バイアス電力等といった各種エッチング条件の調整が有効であるが、とくにバイアス電力を調整することが、エッチング選択比を容易に1に近づけることができるので好ましい。例えば、反応ガス種としてS F₆またはC F₄からなる反応ガスを用い、反応ガス流量を10～80 s c c mとし、反応ガス圧を0.1～5 P aとし、高周波パワーを100～900 Wとし、バイアス電力を10～100 Wの範囲で調整すればよいが、特にバイアス電力を調整することが、エッチング選択比を容易に1に近づけることができるので好ましい。図8には、エッチング選択比 (S i C / カーボン) とバイアス電力との関係を示しており、バイアス電力を調整することで、エッチング選択比を容易に1に近づけることがわかる。

[0029] また、エッチング速度は、条件により10 μ m / 時以上になるので、S i C基板1の表面1 aを平坦化するまでの加工時間が従来に比べて大幅に短縮できる。

[0030] 反応性イオンエッチング法は、エッチング選択比を1近くに調整すれば、加工前の平坦度を殆ど変化させずに加工可能であるため、加工前の犠牲膜2が平坦な面であれば、加工後のS i C基板1の表面1 bを平坦な面に維持可能である。また、従来の機械加工による直接的なS i C基板の平坦化では加

工変質層が発生するが、反応性イオンエッチング法による加工では、S i C基板に対するダメージはほぼ無視できると考えられる。反応性イオンエッチング法では、化学的な作用と物理的な作用（イオン衝撃）の2つの作用がS i C基板1に加わり、S i C表面に対する化学的な作用により原子間の結合力が弱まった部分がイオン衝撃で削られる。従って、反応性イオンエッチング法によるS i C基板1へのダメージが残ったとしても、化学的な作用で原子間の結合が弱まった数原子層分（nmオーダー）に対するものに過ぎず、機械加工のように数 μ mまで及ぶことはない。数原子層分のダメージも、最終的にCMP処理されて除去されるので、加工変質層を除去するための工程を別途設ける必要がない。

[0031] S i C基板1と犠牲膜2のエッチング速度の比であるエッチング選択比（S i C／犠牲膜）は、0.5～2.0の範囲が好ましく、0.8～1.2の範囲がより好ましく、0.9～1.1の範囲が最も好ましい。S i Cに対する犠牲膜2のエッチング速度が大きすぎると、犠牲膜2を機械加工によって平坦化しておいたとしても、犠牲膜2が優先して削られるため、加工後の表面1bに凹凸が残ってしまうので好ましくない。S i Cに対する犠牲膜2のエッチング速度が小さすぎる場合も同様に、加工後に凹凸ができてしまうので好ましくない。

[0032] S i C基板平坦化工程後は、最終的にエピタキシャル成長面を形成するために、更に粒径の小さなダイヤモンド粒による研磨加工やCMP法等の表面処理を行う。このようにして、エピタキシャル成長面を有するS i C基板1を製造できる。更に、S i C基板のエピタキシャル成長面に、S i Cエピタキシャル層を形成することで、S i Cエピタキシャルウエハを製造できる。

[0033] 以上説明したように、本実施形態のS i C基板の製造方法によれば、S i C基板1に犠牲膜2を積層した後に平坦化し、その後、S i C基板1と犠牲膜2のエッチング選択比が0.5～2.0の範囲になる条件でドライエッチングして犠牲膜2を除去するとともにS i C基板1を平坦化することで、平坦化した犠牲膜2の表面形状を、ドライエッチング後のS i C基板1の表面

形状に反映させて、S i C基板1の表面1bを平坦化できる。また、S i C基板1をドライエッチングによって平坦化するので、従来の機械加工による平坦化処理に比べて加工時間を大幅に短縮できる。更に、ドライエッチングは数マイクロメートルの精度でエッチング量をコントロールできるので、カーフロスを最小限に抑えることができる。

- [0034] また、切り出した直後のS i C基板1を予備的に加工することで、犠牲膜2の必要膜厚を低減できるとともにドライエッチング時間を短縮でき、S i C基板の平坦化に要する全体の処理時間を短縮化できる。この場合、予備的な加工後の最大高低差 $d1'$ が加工変質層の厚さ($\sim 10\mu\text{m}$)以上あれば、加工変質層はエッチングで除去可能なので好ましい。

実施例

- [0035] (比較例1)

インゴットから切り出され、表面の最大高低差が $30\mu\text{m}$ であるS i C基板を用意した。このS i C基板をラップ加工し、次いで粒径 $1\mu\text{m}$ のダイヤモンド砥粒を用いて研磨加工し、最後にCMP加工を行って、加工変質層が完全に除去されたS i C基板を製造した。ダイヤモンド砥粒を用いた研磨加工の加工量は $10\mu\text{m}$ 超であり、CMP加工後のS i C基板の表面粗さ Ra は 0.05nm であり、非常に平坦な面になっていた。図5に、比較例1のS i C基板の表面のAFM像($5\mu\text{m}$ 角の範囲)を示す。比較例1における研磨加工およびCMP加工の所要時間は12時間であった。

- [0036] (比較例2)

インゴットから切り出され、表面の最大高低差が $30\mu\text{m}$ であるS i C基板を用意した。このS i C基板をラップ加工し、次いで粒径 $1\mu\text{m}$ のダイヤモンド砥粒を用いて研磨加工し、最後にCMP加工を行って、S i C基板を製造した。ダイヤモンド砥粒を用いた研磨加工の加工量は $3\mu\text{m}$ であった。図6に、比較例2のS i C基板の表面のAFM像($5\mu\text{m}$ 角の範囲)を示す。比較例2では、研磨加工の加工量が不足していたため、CMP加工後にも加工変質層が一部残留していた。なお、比較例2における研磨加工およびC

M P加工の所要時間は9時間であった。ダイヤモンド砥粒で研磨する量を減らし、研磨時間を短縮したことにより、加工変質層が残留した。

[0037] (実施例1)

インゴットから切り出され、表面の最大高低差が $30\mu\text{m}$ であるS i C基板を用意した。

まず予備的な平坦化加工として、研削加工により高低差を $10\mu\text{m}$ まで低減した。このS i C基板の表面に、スパッタリング法により、成膜時の膜厚条件として高低差超である $12\mu\text{m}$ となる条件でカーボン膜からなる犠牲膜を成膜した。犠牲膜表面を粒径 $1\mu\text{m}$ のダイヤモンド砥粒を用いて研磨加工し、その後にC M P加工して平坦化した。

[0038] 次に、 CF_4 を反応ガスとして用い、反応ガス流量を 40sccm とし、反応ガス圧を 0.5Pa とし、高周波出力を 500W とし、バイアス出力を 50W とする条件で、反応性イオンエッチングを行って、犠牲膜を除去するとともにS i C基板を平坦化した。この条件でのS i Cのエッチング速度とカーボン膜のエッチング速度の比であるエッチング選択比(S i C／カーボン膜)は 1.11 であった。反応性イオンエッチング後のS i C基板の表面粗さ R_a は 0.1nm であり、非常に平坦な面になっていた。図7に、実施例1のS i C基板の表面のA F M像($5\mu\text{m}$ 角の範囲)を示す。最終的に比較例と同じ面状態にするため、仕上げのC M P加工を行った。実施例1における予備的な平坦化加工、犠牲膜形成、犠牲膜平坦化、反応性イオンエッチング及びC M P加工の所要時間は 9.5 時間であった。

所要時間の内訳は、予備的な平坦化加工が1時間、スパッタが1時間、犠牲膜平坦化加工が2時間、R I Eが5時間、仕上げC M P加工が 0.5 時間であった。

[0039] 実施例1では、平坦化加工に要する所要時間が、比較例1よりも大幅に短くなった。また、実施例1は、比較例2の平坦化加工に要する所要時間と同程度であったが、加工変質層はほとんど残っていなかった。また、実施例1のカーフロスは $32\mu\text{m}$ 程度であり、比較例1のカーフロス($55\mu\text{m}$)程

度に比べて大幅に少なくなった。

また、実施例 1 の表面は R I E が終了した段階で比較例 1 の表面に比べて若干粗れているが、表面粗さ R a で 0.1 nm 程度であり、スクラッチはなく、ダイヤモンドでの研磨加工に比べて表面ダメージも少ない。そのため、15 分から 30 分程度の CMP 加工で比較例 1 と同等の R a 0.05 nm まで加工することは容易である。比較例の条件では 5 時間程度必要であった CMP 加工を大幅に短縮することができた。また予備研磨の時間はラップ加工と同程度である。比較例 1 の条件では 5 ～ 6 時間を要するダイヤモンドでの研磨工程もない。そのため、スパッタ、犠牲膜平坦化、R I E の工程を加えても、工程全体では加工時間を短縮することができた。

符号の説明

- [0040] 1 S i C 基板
 1 a、1 b 表面
 2 犠牲膜
 d 1 最大高低差

請求の範囲

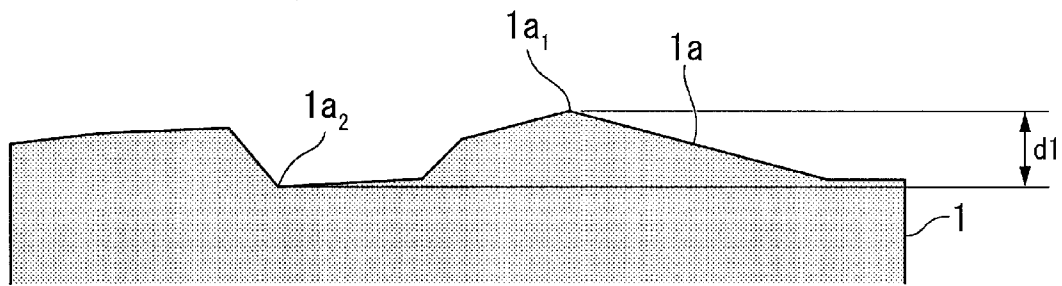
- [請求項1] S i C基板の表面に、前記表面の最大高低差以上の膜厚の犠牲膜を形成する犠牲膜形成工程と、
前記犠牲膜の表面を機械加工により平坦化する犠牲膜平坦化工程と、
、
前記S i C基板と前記犠牲膜のエッチング選択比が0.5～2.0の範囲になる条件でドライエッチングすることにより、前記犠牲膜を除去すると同時に前記S i C基板の前記表面を平坦化するS i C基板平坦化工程と、を具備してなることを特徴とするS i C基板の製造方法。
- [請求項2] S i C基板の表面に犠牲膜を形成する際に、前記犠牲膜表面全面が前記S i C基板の前記表面のうち最も突出した突出部よりも高い位置にあるように前記犠牲膜の膜厚を調整しつつ前記犠牲膜を形成する犠牲膜形成工程と、
前記犠牲膜の表面を機械加工により平坦化する犠牲膜平坦化工程と、
、
前記S i C基板と前記犠牲膜のエッチング選択比が0.5～2.0の範囲になる条件でドライエッチングすることにより、前記犠牲膜を除去すると同時に前記S i C基板の前記表面を平坦化するS i C基板平坦化工程と、を具備してなることを特徴とするS i C基板の製造方法。
- [請求項3] 前記犠牲膜平坦化工程において、前記犠牲膜を、研削、研磨、又はCMPにより平坦化することを特徴とする請求項1または請求項2に記載のS i C基板の製造方法。
- [請求項4] 前記犠牲膜平坦化工程において、前記S i C基板の前記表面を露出させずに前記犠牲膜を平坦化することを特徴とする請求項1乃至請求項3の何れか一項に記載のS i C基板の製造方法。
- [請求項5] 前記犠牲膜としてカーボン膜を用い、前記カーボン膜をスパッタ法

により形成することを特徴とする請求項 1 乃至請求項 4 のいずれか一項に記載の S i C 基板の製造方法。

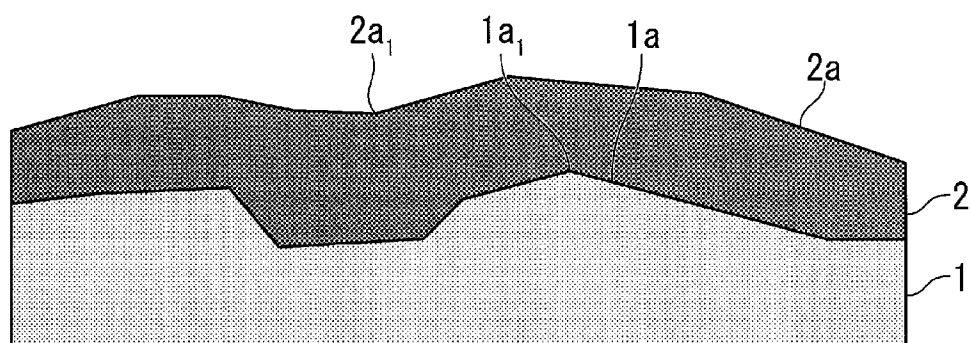
[請求項6] 前記犠牲膜形成工程に供する前記 S i C 基板として、S i C インゴットから切り出された S i C 基板を用いることを特徴とする請求項 1 乃至請求項 5 のいずれか一項に記載の S i C 基板の製造方法。

[請求項7] 前記 S i C 基板を前記 S i C インゴットから切り出した後、前記犠牲膜平坦化工程の前に、前記 S i C 基板の前記表面を機械加工によって予備的に平坦化することを特徴とする請求項 1 乃至請求項 6 のいずれか一項に記載の S i C 基板の製造方法。

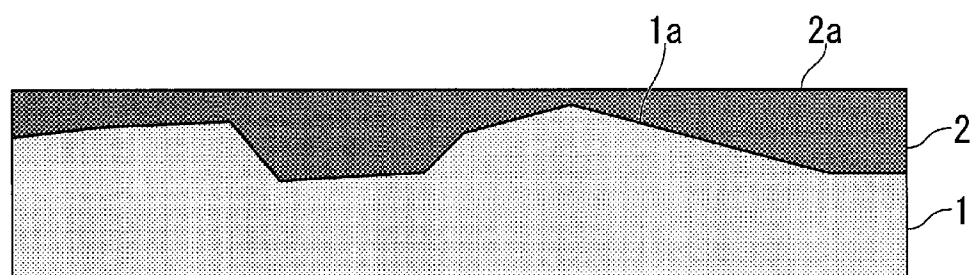
[図1]



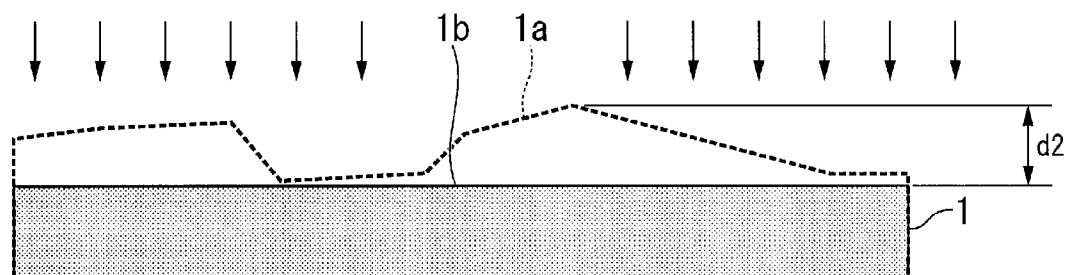
[図2]



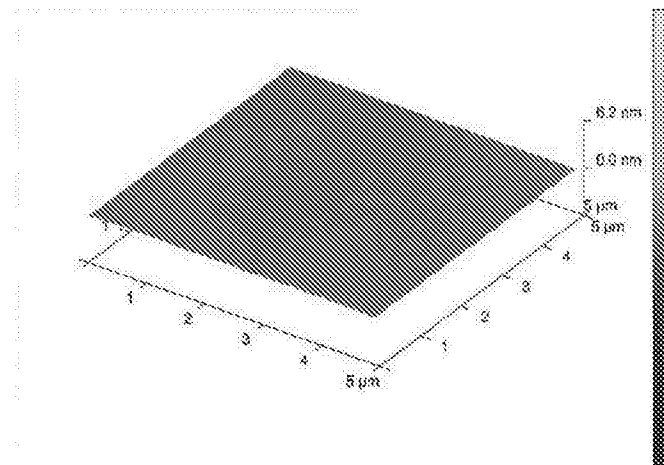
[図3]



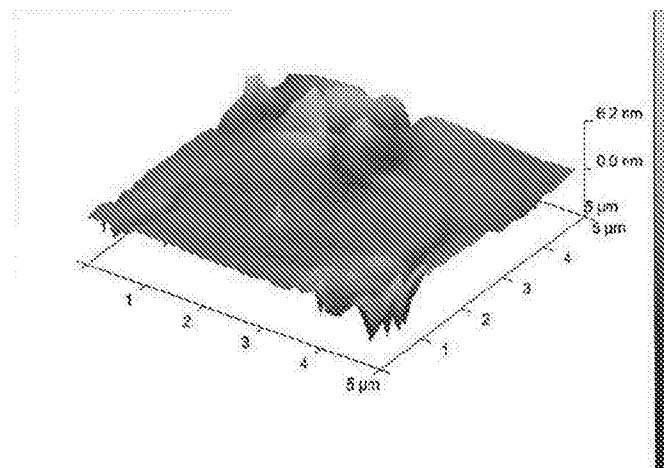
[図4]



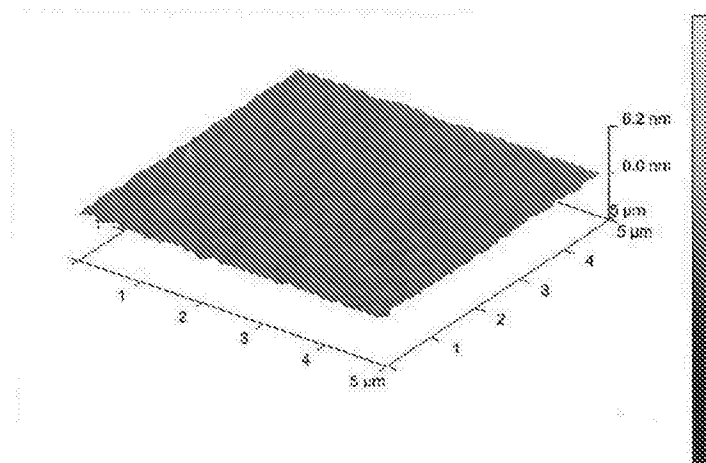
[図5]



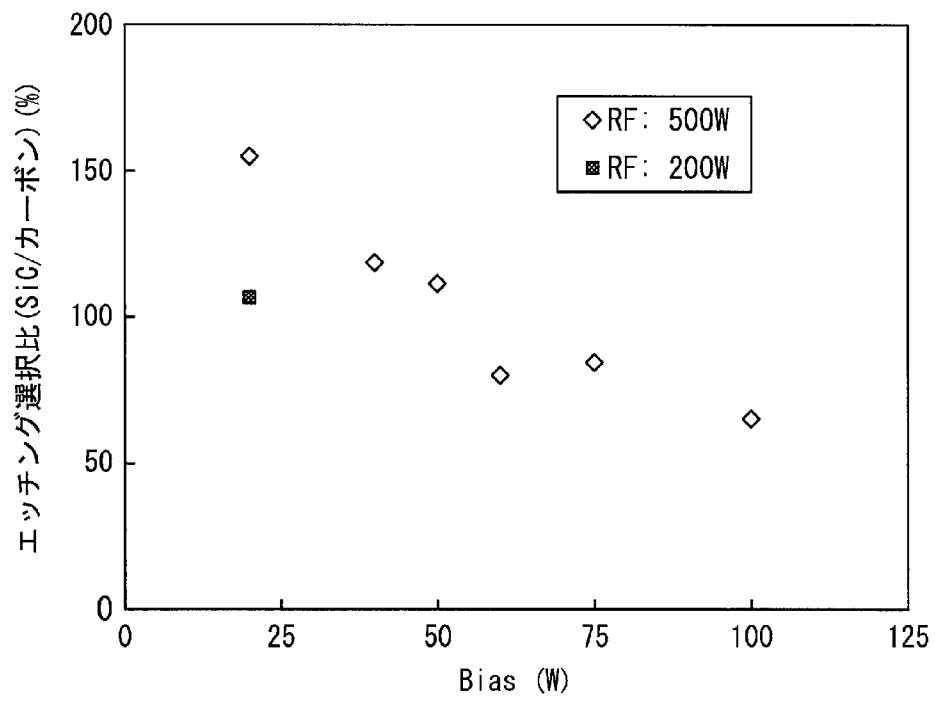
[図6]



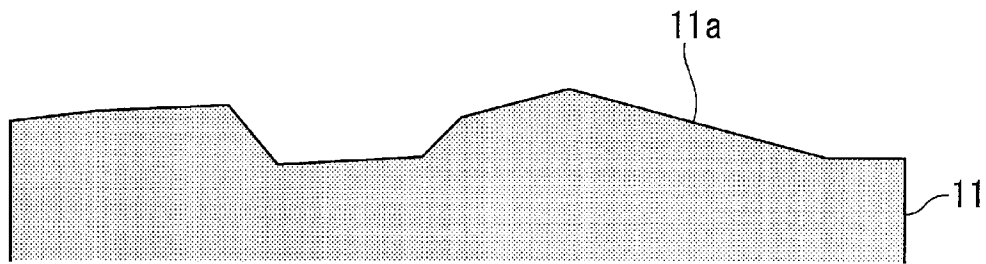
[図7]



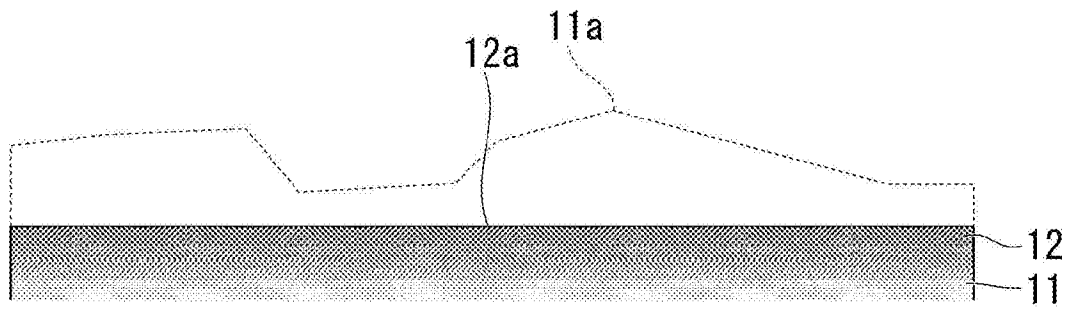
[図8]



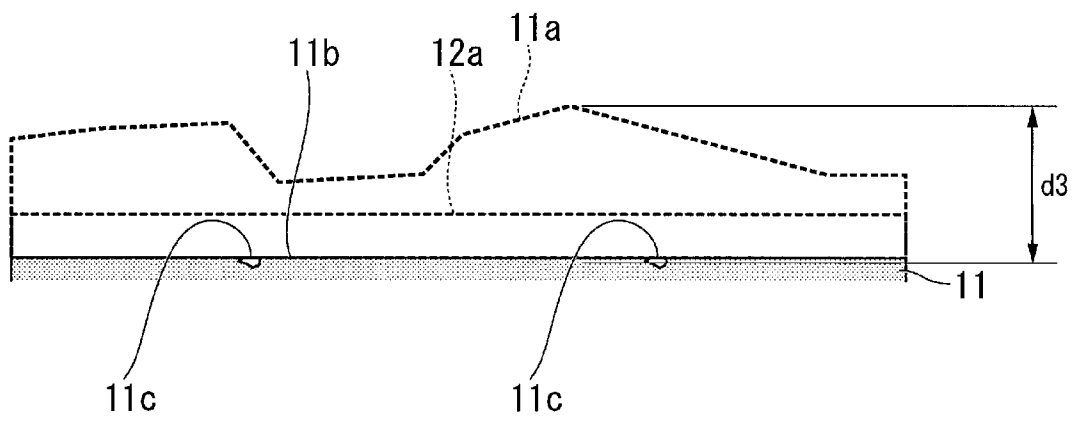
[図9]



[図10]



[図11]



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2013/082024

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

H01L21/3065(2006.01)i, C30B29/36(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)

H01L21/3065, C30B29/36

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

Jitsuyo Shinan Koho	1922-1996	Jitsuyo Shinan Toroku Koho	1996-2014
Kokai Jitsuyo Shinan Koho	1971-2014	Toroku Jitsuyo Shinan Koho	1994-2014

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.
Y	JP 2010-135552 A (Mitsubishi Electric Corp.), 17 June 2010 (17.06.2010), paragraphs [0020] to [0027]; fig. 2 (Family: none)	1-7
Y	JP 7-297187 A (NEC Corp.), 10 November 1995 (10.11.1995), paragraphs [0001], [0014] to [0017]; fig. 1 & US 5498574 A	1-7
Y	JP 2011-146662 A (MES Afty Corp.), 28 July 2011 (28.07.2011), paragraphs [0011], [0026] to [0034], [0053] to [0065]; fig. 1 (Family: none)	5

☒ 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
18 February, 2014 (18.02.14)

Date of mailing of the international search report
04 March, 2014 (04.03.14)

Name and mailing address of the ISA/
Japanese Patent Office

Authorized officer

Facsimile No.

Telephone No.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2013/082024

C (Continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
Y	JP 8-167587 A (Yamaha Corp.), 25 June 1996 (25.06.1996), paragraph [0002] (Family: none)	6, 7
A	WO 2009/031270 A1 (Panasonic Corp.), 12 March 2009 (12.03.2009), paragraphs [0020] to [0046]; fig. 1 to 5 & US 2010/0173431 A1 & TW 200913044 A	1-7

A. 発明の属する分野の分類（国際特許分類（I P C））
Int.Cl. H01L21/3065(2006.01)i, C30B29/36(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. H01L21/3065, C30B29/36

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	1 9 2 2 - 1 9 9 6 年
日本国公開実用新案公報	1 9 7 1 - 2 0 1 4 年
日本国実用新案登録公報	1 9 9 6 - 2 0 1 4 年
日本国登録実用新案公報	1 9 9 4 - 2 0 1 4 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
Y	JP 2010-135552 A（三菱電機株式会社）2010.06.17, 段落【0020】 －【0027】，図2（ファミリーなし）	1－7
Y	JP 7-297187 A（日本電気株式会社）1995.11.10, 段落【0001】，【0014】 －【0017】，図1 & US 5498574 A	1－7
Y	JP 2011-146662 A（エム・イー・エス・アフティ株式会社）2011.07.28, 段落【0011】，【0026】－【0034】，【0053】－【0065】，図1（ファミ リーなし）	5

☒ 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	の日の後に公表された文献
「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	「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
「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	「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
「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）	「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
「O」口頭による開示、使用、展示等に言及する文献	「&」同一パテントファミリー文献
「P」国際出願日前で、かつ優先権の主張の基礎となる出願	

国際調査を完了した日

1 8 . 0 2 . 2 0 1 4

国際調査報告の発送日

0 4 . 0 3 . 2 0 1 4

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）

佐久 聖子

5 F

3 1 4 2

電話番号 03-3581-1101 内線 3516

C (続き) . 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
Y	JP 8-167587 A (ヤマハ株式会社) 1996. 06. 25, 段落【0002】 (ファ ミリーなし)	6, 7
A	WO 2009/031270 A1 (パナソニック株式会社) 2009. 03. 12, 段落 【0020】 - 【0046】, 図 1-5 & US 2010/0173431 A1 & TW 200913044 A	1-7