(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
2016 年 5 月 26 日(26.05.2016)

WIPO | PCT

(10) 国際公開番号
WO 2016/080102 A1

(51) 国際特許分類:
H01L 21/301 (2006.01) *H01L 29/12* (2006.01)
H01L 21/336 (2006.01) *H01L 29/78* (2006.01)

(21) 国際出願番号: PCT/JP2015/078456

(22) 国際出願日: 2015 年 10 月 7 日(07.10.2015)

(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 2014-234840 2014 年 11 月 19 日(19.11.2014) JP

(71) 出願人: 住友電気工業株式会社 (SUMITOMO ELECTRIC INDUSTRIES, LTD.) [JP/JP]; 〒 5410041 大阪府大阪市中央区北浜四丁目５番３３号 Osaka (JP).

(72) 発明者: 酒井 光彦 (SAKAI, Mitsuhiko); 〒 5540024 大阪府大阪市此花区島屋一丁目１番３号 住友電気工業株式会社 大阪製作所内 Osaka (JP). 北林 弘之 (KITABAYASHI, Hiroyuki); 〒 5540024 大阪府大阪市此花区島屋一丁目１番３号 住友電気工業株式会社 大阪製作所内 Osaka (JP).

(74) 代理人: 特許業務法人深見特許事務所 (FUKAMI PATENT OFFICE, P.C.); 〒 5300005 大阪府大阪市北区中之島二丁目２番７号 中之島セントラルタワー Osaka (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, 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.

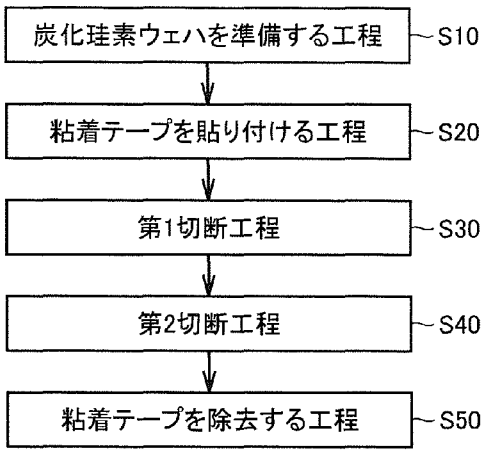
(84) 指定国 (表示のない限り、全ての種類の広域保護が可能): ARIPO (BW, GH, GM, KE, LR, LS, MW, MZ, NA, RW, SD, SL, ST, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), ユーラシア (AM, AZ, BY, KG, KZ, RU, TJ, TM), ヨーロッパ (AL, AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, LV, MC, MK, MT, NL, NO, PL, PT, RO, RS, SE, SI, SK, SM, TR),

[続葉有]

(54) **Title**: METHOD FOR MANUFACTURING SILICON CARBIDE SEMICONDUCTOR DEVICE

(54) 発明の名称 : 炭化珪素半導体装置の製造方法

[図1]



S10 Silicon carbide wafer preparing step
S20 Adhesive tape attaching step
S30 First cutting step
S40 Second cutting step
S50 Adhesive tape removing step

(57) **Abstract**: Provided is a method for manufacturing a MOSFET (2), comprising: a first cutting step of cutting a silicon carbide wafer (1) along a plane which is substantially parallel to a {11-20} plane; and a second cutting step of, after the first cutting step, cutting the silicon carbide wafer (1) along a plane which is substantially perpendicular to the {11-2} plane and is substantially perpendicular to a first main surface.

(57) 要約: ＭＯＳＦＥＴ（２）の製造方法は以下の工程によれば、｛１１－２０｝面に実質的に平行な面に沿って炭化珪素ウェハ（１）が切断される第１切断工程が行われる。第１切断工程後、｛１１－２０｝面に対して実質的に垂直でかつ第１の主面に対して実質的に垂直な面に沿って炭化珪素ウェハ（１）が切断される第２切断工程が行われる。

WO 2016/080102 A1

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)）

明　細　書

発明の名称 ： 炭化珪素半導体装置の製造方法

技術分野

[0001] 本発明は、炭化珪素半導体装置の製造方法に関する。

背景技術

[0002] 近年、半導体装置の高耐圧化、低損失化、高温環境下での使用などを可能とするため、半導体装置を構成する材料として炭化珪素の採用が進められつつある。

[0003] たとえば特開２０１４－８６４４６号公報（特許文献１）には、炭化珪素ウェハの切断方法が記載されている。当該炭化珪素ウェハの切断方法によれば、ｃ面上において｛１－２１０｝面が構成する直線と垂直な方向に沿って炭化珪素ウェハが切断された後、ｃ面上において｛１－２１０｝面と平行な方向に沿って炭化珪素ウェハが切断される。

先行技術文献

特許文献

[0004] 特許文献1：特開２０１４－８６４４６号公報

発明の概要

発明が解決しようとする課題

[0005] しかしながら、当該炭化珪素ウェハの切断方法を用いた場合であっても、チッピングの発生を抑制することは困難であった。

[0006] 本発明の一態様の目的は、チッピングの発生を抑制することができる炭化珪素半導体装置の製造方法を提供することである。

課題を解決するための手段

[0007] 本発明の一態様に係る炭化珪素半導体装置の製造方法は以下の工程を備えている。第１の主面と、第１の主面と反対側の第２の主面とを有する炭化珪素ウェハが準備される。｛１１－２０｝面に実質的に平行な面に沿って炭化珪素ウェハが切断される第１切断工程が行われる。第１切断工程後、｛１１

－２０｝面に対して実質的に垂直でかつ第１の主面に対して実質的に垂直な面に沿って炭化珪素ウェハが切断される第２切断工程が行われる。

発明の効果

[0008] 本発明の一態様によれば、チッピングの発生を抑制することができる炭化珪素半導体装置の製造方法を提供することができる。

図面の簡単な説明

[0009] [図1]本発明の実施の形態に係る炭化珪素半導体装置の製造方法を概略的に示すフロー図である。

[図2]本発明の実施の形態に係る炭化珪素半導体装置の製造方法の第１工程を示す斜視模式図である。

[図3]半導体素子の構成を示す断面模式図である。

[図4]本発明の実施の形態に係る炭化珪素半導体装置の製造方法の第２工程を示す断面模式図である。

[図5]本発明の実施の形態に係る炭化珪素半導体装置の製造方法の第３工程を切断面に対して平行な方向に沿って見た一部断面模式図である。

[図6]本発明の実施の形態に係る炭化珪素半導体装置の製造方法の第３工程を切断面に対して垂直な方向に沿って見た一部断面模式図である。

[図7]第１切断工程終了後の炭化珪素ウェハの構成を示す平面模式図である。

[図8]第１切断工程終了後の炭化珪素ウェハの構成を示す断面模式図である。

[図9]第２切断工程終了後の炭化珪素ウェハの構成を示す平面模式図である。

[図10]第２切断工程終了後の炭化珪素ウェハの構成を示す断面模式図である。

[図11]オフ方向を説明するための炭化珪素基板の側面模式図である。

[図12]炭化珪素半導体装置の構成を示す斜視模式図である。

[図13]本発明の実施の形態に係る炭化珪素半導体装置の製造方法の変形例を示す平面模式図である。

[図14]比較例に係る炭化珪素半導体装置の製造方法を示す平面模式図である。

発明を実施するための形態

[0010] ［本発明の実施形態の説明］

本発明者らは、チッピングが発生する原因について以下のような検討を行った。まず、特開２０１４－８６４４６号公報に記載の方法と同様の方法を用いて炭化珪素ウェハをダイシングすることにより複数のチップを形成した。具体的には、まず、炭化珪素ウェハの裏面全面に粘着テープを貼り付けた。次に、図１４に示されるように、第１切断工程において、ブレード４を用いて、[１１－２０]方向ＣＨ１に沿って炭化珪素ウェハ全体を所定の幅で切断し、複数の短冊状の断片１ｃを形成した。次に、第２切断工程において、ブレード４を用いて、[１１－２０]方向に対して垂直な[１－１００]方向ＣＨ２に沿って複数の短冊状の断片１ｃの各々を所定の幅で切断し、複数のチップ１ｄを形成した。なお、第２切断工程における炭化珪素ウェハの切断面は、六方晶炭化珪素の劈開面である｛１１－２０｝面である。また第１切断工程および第２切断工程の各々において、炭化珪素ウェハはブレードによって炭化珪素ウェハの厚み方向に完全に切断されるが、粘着テープは厚み方向において一部のみが切断されるだけで完全には切断されない。粘着テープは、炭化珪素ウェハが切断されて形成されるチップが飛び散らないようにチップの各々を保持している。

[0011] チッピングが発生した複数のチップを光学顕微鏡で観察し、複数のチップの各々においてチッピングが発生した位置を詳細に調査した。その結果、複数のチップの各々において同じ位置でチッピングが発生する傾向があることが判明した。具体的には、ブレード４を用いて炭化珪素ウェハの主面の一方側から他方側に向かって炭化珪素ウェハを切断する場合、チップ１ｄの他方側の角部において、チッピングが発生する傾向があった。第２切断工程において、六方晶炭化珪素の劈開面である｛１１－２０｝面に沿って炭化珪素ウェハを切断すると、炭化珪素ウェハの断片１ｃをブレード４によって機械的に切断して四角形のチップ１ｄを形成する前に、劈開面で断片１ｃが割れて四角形のチップ１ｄが形成される。当該チップ１ｄが、回転しているブレー

ド４に巻き込まれることでチップ１ｄが回転し、チップ１ｄの他方側の角部において、チッピングが発生すると考えられる。

[0012] 第１切断工程では、炭化珪素ウェハは複数の短冊状の断片に分断され、第２切断工程では、複数の短冊状の断片の各々が複数のチップに分断される。第１切断工程では、短冊状の断片が広い面積で粘着テープに接して保持されている。そのため、炭化珪素ウェハを切断する際、短冊状の断片がブレードに巻き込まれたとしても短冊状の断片は回転しづらい。一方、第２切断工程では、短冊状の断片が分断されたチップが、短冊状の断片よりも狭い面積で粘着テープに接して保持されている。そのため、短冊上の断片と比較して、チップは粘着テープに強固に固定されていない。それゆえ、炭化珪素ウェハを切断する際、チップがブレードに巻き込まれて回転し易くなると考えられる。

[0013] そこで発明者らは、第２切断工程において、劈開面である｛１１－２０｝面と実質的に垂直な面で炭化珪素ウェハを切断することにより、劈開性を利用して炭化珪素ウェハを切断するのではなく、ブレードで機械的に炭化珪素ウェハを切断することを考え出した。これにより、ブレードによって炭化珪素ウェハを切断する際、チップがブレードに巻き込まれて回転し、チップにチッピングが発生することを抑制することができる。

[0014] 次に、本発明の実施態様を列記して説明する。

（１）本発明の一態様に係る炭化珪素半導体装置の製造方法は以下の工程を備えている。第１の主面と、第１の主面と反対側の第２の主面とを有する炭化珪素ウェハが準備される。｛１１－２０｝面に実質的に平行な面に沿って炭化珪素ウェハが切断される第１切断工程が行われる。第１切断工程後、｛１１－２０｝面に対して実質的に垂直でかつ第１の主面に対して実質的に垂直な面に沿って炭化珪素ウェハが切断される第２切断工程が行われる。なお、｛１１－２０｝面に実質的に平行な面とは、｛１１－２０｝面が、たとえば５°以内の角度だけ傾いた面のことである。｛１１－２０｝面に対して実質的に垂直な面は、｛１１－２０｝面に対して垂直な面が、たとえば５°

以内の角度だけ傾いた面のことである。第１の主面に対して実質的に垂直な面とは、第１の主面に対して垂直な面が、たとえば５°以内の角度だけ傾いた面のことである。これにより、第２切断工程において、劈開面を利用して炭化珪素ウェハを切断するのではなくブレードで機械的に炭化珪素ウェハを切断してチップを形成することにより、チップがブレードに巻き込まれることでチッピングが発生することを抑制することができる。

[0015] （２）上記（１）に係る炭化珪素半導体装置の製造方法において好ましくは、第１の主面は、｛０００１｝面からオフ方向に向かって３°以上５°以下オフした面である。第２切断工程において、炭化珪素ウェハは、実質的にオフ方向に向かって切断される。なお、実質的にオフ方向とは、オフ方向からたとえば５°以内の角度だけ傾いた方向のことである。これにより、表面段差の影響によるブレードの摩耗を避ける事ができ、ブレードの摩耗に伴うブレードのひずみやばりによるチッピングの発生をさらに抑制することができる。

[0016] （３）上記（１）または（２）に係る炭化珪素半導体装置の製造方法において好ましくは、第１切断工程および第２切断工程の各々において、第１の主面と平行な方向における炭化珪素ウェハの切断速度は、１ｍｍ／秒以上４０ｍｍ／秒以下である。炭化珪素ウェハの切断速度を１ｍｍ／秒以上とすることにより、炭化珪素ウェハに対する力を低減することできるので、チップがブレードに巻き込まれることを抑制することができる。炭化珪素ウェハの切断速度を４０ｍｍ／秒以下とすることにより、ブレードの劣化を抑制することができる。

[0017] （４）上記（１）～（３）のいずれかに係る炭化珪素半導体装置の製造方法において好ましくは、第１切断工程および第２切断工程の各々において、回転するブレードによって炭化珪素ウェハが切断される。ブレードの回転速度は、５０００ｒｐｍ以上５００００ｒｐｍ以下である。ブレードの回転速度を５０００ｒｐｍ以上とすることにより、炭化珪素ウェハに対する力を低減することできるので、チップがブレードに巻き込まれることを抑制するこ

とができる。ブレードの回転速度を５００００ｒｐｍ以下とすることにより、ブレードの劣化を抑制することができる。

[0018] （５）上記（１）～（４）のいずれかに係る炭化珪素半導体装置の製造方法において好ましくは、炭化珪素ウェハを準備する工程後であり第１切断工程前に、第１の主面および第２の主面の一方の面に粘着テープを貼り付ける工程をさらに備える。粘着テープは、一方の面に接する粘着部と、粘着部から見て一方の面とは反対側に位置する基材とを有する。第１切断工程および第２切断工程の各々において、基材の厚みの１５％以上５０％以下の深さを有する切り込みが基材に形成される。基材に形成される切り込みの深さを基材の厚みの１５％以上とすることにより、炭化珪素ウェハ１において切断されていない箇所が発生することを抑制することができる。基材に形成される切り込みの深さを大きくすると、第１の主面と平行な方向におけるチップとチップとの距離が広がる。そのため、実際の切断位置が予定している切断位置からずれる場合がある。基材に形成される切り込みの深さを基材の厚みの５０％以下とすることにより、実際の切断位置が予定している切断位置からずれることを抑制することができる。

[0019] （６）上記（１）～（５）のいずれかに係る炭化珪素半導体装置の製造方法において好ましくは、第１切断工程において、炭化珪素ウェハ全体が所定の幅で切断されることにより、第１の主面に対して垂直な方向に沿って見て短冊状の複数の断片が形成される。第２切断工程において、複数の断片の全てが所定の幅で切断されることにより複数のチップが形成される。これにより、短時間で炭化珪素ウェハをチップに分離することができる。

[0020] （７）上記（１）～（５）のいずれかに係る炭化珪素半導体装置の製造方法において好ましくは、第１切断工程と、第２切断工程とが交互に繰り返される。これにより、任意のサイズのチップを任意の切断方法により形成することができるので、切断方法の自由度を高めることができる。

［本発明の実施形態の詳細］

以下、図面に基づいて本発明の実施の形態について説明する。なお、以下

の図面において同一または相当する部分には同一の参照番号を付しその説明は繰返さない。また、本明細書中の結晶学的記載においては、個別方位を［］、集合方位を＜＞、個別面を（）、集合面を｛｝でそれぞれ示している。また、負の指数については、結晶学上、”－”（バー）を数字の上に付けることになっているが、本明細書中では、数字の前に負の符号を付けている。

[0021] 本発明の実施の形態に係る炭化珪素半導体装置の一例としてのＭＯＳＦＥＴ（Ｍｅｔａｌ　Ｏｘｉｄｅ　Ｓｅｍｉｃｏｎｄｕｃｔｏｒ　Ｆｉｅｌｄ　Ｅｆｆｅｃｔ　Ｔｒａｎｓｉｓｔｏｒ）の製造方法について説明する。

[0022] 最初に炭化珪素ウェハを準備する工程（Ｓ１０：図１）が実施される。図２に示されるように、第１の主面１ａと、第１の主面１ａと反対側の第２の主面１ｂとを有する炭化珪素ウェハ１が準備される。炭化珪素ウェハ１には、複数の半導体素子２ａが設けられている。炭化珪素ウェハ１の第１の主面１ａ側には、ダイシングライン５０が設けられている。ダイシングライン５０は、ある特定の方向（たとえば＜１－１００＞方向）に沿って延在する第１ダイシングライン５０ａと、ある特定の方向に対して垂直な方向（たとえば＜１１－２０＞方向）に沿って延在する第２ダイシングライン５０ｂとを含む。複数の半導体素子２ａの各々は、たとえばダイシングライン５０に沿って炭化珪素ウェハ１を切断することにより分離可能に構成されている。

[0023] 炭化珪素ウェハ１には、オリエンテーションフラットＯＦと、インデックスフラットＩＦとが設けられていてもよい。オリエンテーションフラットＯＦは、たとえば＜１１－２０＞方向に沿って延在していてもよい。インデックスフラットＩＦは、たとえば＜１－１００＞方向に沿って延在していてもよい。炭化珪素ウェハ１は、六方晶炭化珪素から構成された炭化珪素基板１０を含んでいる。複数の半導体素子２ａの各々の表面には、たとえばゲート電極２７とソース電極１６とが露出しており、裏面にはドレイン電極２０が露出している。言い換えれば、ゲート電極２７およびソース電極１６は、炭化珪素ウェハ１の第１の主面１ａ側に露出しており、ドレイン電極２０は、炭化珪素ウェハ１の第２の主面１ｂ側に露出している。

[0024] 次に、半導体素子２ａの一例としてのＭＯＳＦＥＴの構成について説明する。

図３は、炭化珪素ウェハ１の第１の主面１ａに平行な方向に沿った視野（断面視）における、半導体素子２ａの構成を示す断面模式図である。図３に示されるように、半導体素子２ａの一例としてのＭＯＳＦＥＴは、たとえば縦型半導体素子であり、炭化珪素基板１０と、ゲート電極２７と、ゲート酸化膜１５と、層間絶縁膜２１と、ソース電極１６と、ドレイン電極２０とを主に有している。炭化珪素基板１０は、第３の主面１０ａと、第３の主面１０ａと反対側の第４の主面１０ｂとを有し、炭化珪素単結晶基板１１と、炭化珪素単結晶基板１１上に設けられた炭化珪素エピタキシャル層１７とを主に含む。

[0025] 炭化珪素単結晶基板１１は、たとえばポリタイプ４Ｈの六方晶炭化珪素単結晶からなる。炭化珪素基板１０の第３の主面１０ａの最大径は、たとえば１００ｍｍより大きく、好ましくは１５０ｍｍ以上である。炭化珪素基板１０の第３の主面１０ａは、たとえば｛０００１｝面または｛０００１｝面から４°以下オフした面である。具体的には、第３の主面１０ａは、たとえば（０００１）面または（０００１）面から４°以下程度オフした面であり、第４の主面１０ｂは、（０００－１）面または（０００－１）面から４°以下程度オフした面である。炭化珪素基板１０の厚みは、たとえば６００μｍ以下であり、好ましくは３００μｍ以下である。

[0026] 炭化珪素エピタキシャル層１７は、ドリフト領域１２と、ボディ領域１３と、ソース領域１４と、コンタクト領域１８とを有している。ドリフト領域１２は、たとえば窒素などのｎ型不純物を含むｎ型（第１導電型）領域である。ドリフト領域１２におけるｎ型不純物の濃度は、たとえば５．０×10^{15}ｃｍ$^{-3}$程度である。ボディ領域１３は、たとえばＡｌ（アルミニウム）またはＢ（ホウ素）などのｐ型不純物を含むｐ型（第２導電型）領域である。ボディ領域１３に含まれるｐ型不純物の濃度は、たとえば１×10^{17}ｃｍ$^{-3}$程度である。

[0027] ソース領域１４は、リンなどのｎ型不純物を含むｎ型領域である。ソース領域１４は、第３の主面１０ａに対して垂直な方向に沿って見た視野（平面視）において、ボディ領域１３に取り囲まれるように形成されている。ソース領域１４が含むｎ型不純物の濃度は、ドリフト領域１２が含むｎ型不純物の濃度よりも高い。ソース領域１４が含むｎ型不純物の濃度はたとえば$１\times１０^{20}ｃｍ^{-3}$である。ソース領域１４は、ボディ領域１３によりドリフト領域１２と隔てられている。

[0028] コンタクト領域１８は、アルミニウムなどのｐ型不純物を含むｐ型領域である。コンタクト領域１８は、平面視においてソース領域１４に囲まれて設けられている。コンタクト領域１８は、ボディ領域１３に接している。コンタクト領域１８が含むｐ型不純物の濃度は、ボディ領域１３が含むｐ型不純物の濃度よりも高い。コンタクト領域１８が含むｐ型不純物の濃度はたとえば$１\times１０^{20}ｃｍ^{-3}$である。

[0029] ゲート酸化膜１５は、一方のソース領域１４の上部表面から他方のソース領域１４の上部表面にまで延在するように炭化珪素基板１０の第３の主面１０ａに接して形成されている。ゲート酸化膜１５は、炭化珪素基板１０の第３の主面１０ａにおいてソース領域１４、ボディ領域１３およびドリフト領域１２に接している。ゲート酸化膜１５は、たとえば二酸化珪素から構成されている。ゲート酸化膜１５の厚みは、たとえば４０ｎｍ以上６０ｎｍ以下程度である。

[0030] ゲート電極２７は、一方のソース領域１４上から他方のソース領域１４上にまで延在するように、ゲート酸化膜１５に接触して配置されている。ゲート電極２７は、炭化珪素基板１０との間にゲート酸化膜１５を挟むようにゲート酸化膜１５上に設けられている。ゲート電極２７は、ソース領域１４、ボディ領域１３およびドリフト領域１２にゲート酸化膜１５を介して形成されている。ゲート電極２７は、たとえば不純物がドーピングされたポリシリコンなどの導電体から構成されている。

[0031] ソース電極１６は、ソース電極部１６ａと表面保護電極１６ｂと有する。

ソース電極部１６ａは、炭化珪素基板１０の第３の主面１０ａにおいてソース領域１４およびコンタクト領域１８と接する。ソース電極部１６ａは、たとえばＴｉＡｌＳｉを含む。好ましくは、ソース電極部１６ａは、ソース領域１４およびコンタクト領域１８の各々とオーミック接合している。表面保護電極１６ｂは、ソース電極部１６ａと直接接触しており、層間絶縁膜２１を覆うように設けられている。表面保護電極１６ｂは、ソース電極１６を介してソース領域１４と電気的に接続されている。

[0032] 層間絶縁膜２１は、ゲート電極２７を覆うようにゲート電極２７およびゲート酸化膜１５の各々に接して設けられている。層間絶縁膜２１は、ゲート電極２７とソース電極１６とを電気的に絶縁している。層間絶縁膜２１は、たとえば二酸化珪素により構成されている。

[0033] ドレイン電極２０は、ドレイン電極部２０ａと、裏面保護電極２０ｂとを含む。ドレイン電極部２０ａは、炭化珪素基板１０の第４の主面１０ｂに接して設けられている。ドレイン電極部２０ａは、ｎ型の炭化珪素単結晶基板１１とオーミック接合可能であるＮｉＳｉ（ニッケルシリサイド）などの材料から構成されている。裏面保護電極２０ｂは、ドレイン電極部２０ａと電気的に接続されている。

[0034] 次に、粘着テープを貼り付ける工程（Ｓ２０：図１）が実施される。図４に示されるように、粘着テープ３は、たとえば炭化珪素ウェハ１の第２の主面１ｂに貼り付けられる。粘着テープ３は、炭化珪素ウェハ１の第１の主面１ａに貼り付けされてもよい。つまり、粘着テープ３は、炭化珪素ウェハ１の第１の主面１ａおよび第２の主面１ｂの一方の面に貼り付けられる。粘着テープは、第１の主面１ａおよび第２の主面１ｂの一方の面に接する粘着部３ａと、粘着部３ａから見て一方の面とは反対側に位置する基材３ｂとを有する。

[0035] 粘着部３ａとしては、たとえば粘着性を有するアクリル粘着剤が使用可能である。基材３ｂとしては、たとえばポリエステルなどの有機化合物が使用可能である。粘着部３ａとして、紫外線などのエネルギー線を照射すること

により粘着力が低下する材料が用いられてもよい。紫外線などのエネルギー線を照射することにより粘着力が低下する材料としては、たとえば紫外線硬化型樹脂が挙げられる。また、粘着部３ａとして、加熱されることにより粘着力が低下する材料が用いられても構わない。加熱されることにより粘着力が低下する材料としては、たとえば熱硬化型樹脂が挙げられる。なお、粘着テープを貼り付ける工程（Ｓ２０：図１）は、炭化珪素ウェハを準備する工程（Ｓ１０：図１）後であり、かつ第１切断工程（Ｓ３０：図１）前に実施される。

[0036] 次に、第１切断工程（Ｓ３０：図１）が実施される。図５に示されるように、ダイシング装置３０が準備される。ダイシング装置３０は、ブレード４と、ホーン５と、第１軸６と、第２軸７と、超音波スピンドル８と、モータ９とを主に有している。ブレード４は、ホーン５に挟まれて固定されている。ブレード４の幅Wは、たとえば５０μｍ以上１００μｍ以下である。ホーン５は、第１軸６に接続されている。第１軸６は、第２軸７に接続されている。第２軸７は、超音波スピンドル８に接続されている。超音波スピンドル８は、ブレード４の回転面に対して垂直な方向（ｘ方向）に振動する。超音波スピンドル８がｘ方向に振動することにより、ブレード４がｘ方向に収縮および伸長を繰り返す。これにより、ブレード４がブレード４の回転面に平行な方向（ｚ方向）に収縮および伸長を繰り返す。モータ９は、第２軸７と接続されておりブレード４を回転可能に構成されている。図６に示されるように、ブレード４は、第２軸７の周りを回転方向Ｒに回転可能に構成されている。

[0037] 図５および図６に示されるように、第１切断工程において、ブレード４が第２軸７の周りに回転しながら炭化珪素ウェハ１に接触することで、炭化珪素ウェハ１が切断される。言い換えれば、回転するブレード４によって炭化珪素ウェハ１が切断される。ブレード４は、炭化珪素ウェハ１と粘着部３ａとを貫通し、基材３ｂの一部を切断する。言い換えれば、基材３ｂに切り込み３ｂ１が形成される。切り込み３ｂの深さＤは、たとえば基材３ｂの厚み

Ｈの１５％以上５０％以下であり、好ましくは、基材３ｂの厚みＨの２０％以上３０％以下である。

[0038] 好ましくは、第１切断工程において、炭化珪素ウェハ１の第１の主面１ａと平行な方向における炭化珪素ウェハ１の切断速度は、１ｍｍ／秒以上４０ｍｍ／秒以下であり、より好ましくは１０ｍｍ／秒以上２０ｍｍ／秒以下である。炭化珪素ウェハ１の切断速度は、炭化珪素ウェハ１の第１の主面１ａと平行な切断方向における切断距離を切断時間で除することにより求められる。好ましくは、第１切断工程において、ブレード４の回転速度は、５０００ｒｐｍ以上５００００ｒｐｍ以下であり、より好ましくは、８０００ｒｐｍ以上２００００ｒｐｍ以下である。

[0039] 図６に示されるように、炭化珪素ウェハ１を切断する工程において、炭化珪素ウェハ１は、たとえばブレード４の回転面と平行な方向に移動する。これにより、平面視における第１の主面１ａの一端から他端まで、炭化珪素ウェハ１が切断される。炭化珪素ウェハ１を切断する工程において、炭化珪素ウェハ１およびブレード４の一方が他方に対して移動する。たとえば炭化珪素ウェハ１の第１の主面１ａ内において、ブレード４を固定し、炭化珪素ウェハ１を第１の主面１ａと平行な方向に移動させることにより、炭化珪素ウェハ１が切断されてもよい。反対に、炭化珪素ウェハ１の第１の主面１ａ内において、炭化珪素ウェハ１を固定し、ブレード４を第１の主面１ａと平行な方向に移動させることにより、炭化珪素ウェハ１が切断されてもよい。

[0040] 図７に示されるように、第１切断工程においては、｛１１－２０｝面に実質的に平行な面に沿って炭化珪素ウェハ１が切断される。言い換えれば、実質的に＜１－１００＞方向に沿って炭化珪素ウェハ１が切断される。好ましくは、炭化珪素ウェハ１は、（１１－２０）面、（－２１１０）面および（１－２１０）面のいずれかの面に実質的に平行な面に沿って炭化珪素ウェハ１が切断される。なお、（１１－２０）面、（－２１１０）面および（１－２１０）面の各々は、結晶学的に等価な面である。好ましくは、炭化珪素ウェハ１は、［１－１００]方向および[－１１００]方向のいずれかの方向に

実質的に平行な方向に沿って切断される。なお、（１１－２０）面は、[１１－２０]方向に対して垂直な面である。

[0041] 図７に示されるように、第１切断工程においては、炭化珪素ウェハ１の第１の主面１ａの中心から見て、オリエンテーションフラットＯＦと反対側から、オリエンテーションフラットＯＦ側に向かう方向ＣＨ１に、炭化珪素ウェハ１が切断されてもよい。反対に、オリエンテーションフラットＯＦ側からオリエンテーションフラットＯＦと反対側に向かって炭化珪素ウェハ１が切断されてもよい。図７に示されるように、炭化珪素ウェハ１全体が所定の幅で切断される。これにより、第１の主面１ａに対して垂直な方向に沿って見て短冊状の複数の断片１ｃが形成される。複数の断片１ｃの各々の長軸方向は、たとえばインデックスフラットＩＦが延在する方向と平行な方向である。複数の断片１ｃの各々の短軸方向は、たとえばオリエンテーションフラットＯＦが延在する方向と平行な方向である。

[0042] 次に、第２切断工程（Ｓ４０：図１）が実施される。図９に示されるように、第１切断工程後、｛１１－２０｝面に対して実質的に垂直でかつ第１の主面１ａに対して実質的に垂直な面に沿って炭化珪素ウェハ１が切断される。言い換えれば、実質的に＜１１－２０＞方向に沿って炭化珪素ウェハ１が切断される。好ましくは、｛１－１００｝面に実質的に平行な面に沿って炭化珪素ウェハ１が切断される。好ましくは、炭化珪素ウェハ１は、（１－１００）面、（０１－１０）面および（－１０１０）面のいずれかの面に実質的に平行な面に沿って炭化珪素ウェハ１が切断される。なお、（１－１００）面、（０１－１０）面および（－１０１０）面の各々は、結晶学的に等価な面である。好ましくは、炭化珪素ウェハ１は、[１１－２０]方向および[－１－１２０]方向のいずれかの方向に実質的に平行な方向に沿って切断される。なお、（１－１００）面は、[１－１００]方向に対して垂直な面である。

[0043] 図５、図６、図９および図１０に示されるように、第２切断工程において、ブレード４が第２軸７の周りに回転しながら炭化珪素ウェハ１に接触することで、炭化珪素ウェハ１が切断される。言い換えれば、回転するブレード

４によって炭化珪素ウェハ１が切断される。ブレード４は、炭化珪素ウェハ１と粘着部３ａとを貫通し、基材３ｂの一部を切断する。言い換えれば、基材３ｂに切り込み３ｂ１が形成される。切り込み３ｂの深さＤは、たとえば基材３ｂの厚みＨの１５％以上５０％以下であり、好ましくは、基材３ｂの厚みＨの２０％以上３０％以下である。

[0044] 好ましくは、第２切断工程において、炭化珪素ウェハ１の第１の主面１ａと平行な方向における炭化珪素ウェハ１の切断速度は、１ｍｍ／秒以上４０ｍｍ／秒以下であり、より好ましくは１０ｍｍ／秒以上２０ｍｍ／秒以下である。炭化珪素ウェハ１の切断速度は、炭化珪素ウェハ１の第１の主面１ａと平行な切断方向における切断距離を切断時間で除することにより求められる。好ましくは、第２切断工程において、ブレード４の回転速度は、５０００ｒｐｍ以上５００００ｒｐｍ以下であり、より好ましくは、８０００ｒｐｍ以上２００００ｒｐｍ以下である。

[0045] 図９に示されるように、第２切断工程においては、インデックスフラットＩＦから、炭化珪素ウェハ１の第１の主面１ａの中心から見てインデックスフラットＩＦと反対側に向かう方向ＣＨ２に、炭化珪素ウェハ１が切断されてもよい。反対に、炭化珪素ウェハ１の第１の主面１ａの中心から見てインデックスフラットＩＦと反対側から、インデックスフラットＩＦ側に向かって炭化珪素ウェハ１が切断されてもよい。図９に示されるように、第２切断工程において、複数の断片１ｃ（図７参照）の全てが所定の幅で切断される。これにより、複数のチップ１ｄが形成される。炭化珪素ウェハ１の第１の主面１ａに対して垂直な方向に沿って見て、チップ１ｄの外形はたとえば四角形であり、好ましくは、長方形または正方形である。

[0046] 図１１に示されるように、炭化珪素ウェハ１の第１の主面１ａは、｛０００１｝面からオフ方向に向かって３°以上５°以下オフした面であってもよい。好ましくは、炭化珪素ウェハ１が含む炭化珪素基板１０の第３の主面１０ａは、｛０００１｝面からオフ方向に向かって３°以上５°以下オフした面である。好ましくは、第２切断工程において、炭化珪素ウェハ１は、実質

的にオフ方向に向かって切断される。

[0047] 図１１において、破線で示す面は、｛０００１｝面であり、好ましくは（０００１）面である。方向Ｃ１は、＜０００１＞方向であり、好ましくは[０００１]方向である。炭化珪素基板１０の第３の主面１０ａは、たとえば｛０００１｝面（破線で示す面）からオフ角θだけオフした面である。図１１において、方向Ｃ２は、炭化珪素基板１０の第３の主面１０ａに対して垂直な方向である。オフ方向は、方向Ｃ１が方向Ｃ２に傾斜する方向である。たとえば、方向Ｃ２が、＜０００１＞方向から＜１１－２０＞方向に傾斜した方向である場合、オフ方向は＜１１－２０＞方向である。

[0048] 次に、粘着テープを除去する工程（Ｓ５０：図１）が実施される。たとえば、粘着テープ３の粘着部３ａとして、紫外線を照射することにより粘着力が低下する材料が用いられている場合、粘着部３ａに紫外性が照射される。これにより、粘着部３ａの粘着力が低下する。次に、チップ１ｄが、粘着テープ３の粘着部３ａから取り除かれる。チップ１ｄは、少なくとも１以上の半導体素子２ａを含んでおり、炭化珪素半導体装置２を構成する。以上により炭化珪素半導体装置２の製造が完了する。図１２に示されるように、炭化珪素半導体装置２としてのＭＯＳＦＥＴ２は、炭化珪素基板１０と、ソース電極１６と、ゲート電極２７と、ドレイン電極２０とを含む。

[0049] 次に、本実施の形態の炭化珪素半導体装置の製造方法の変形例について説明する。

炭化珪素ウェハ１を切断する際に、第１切断工程（Ｓ３０：図１）と、第２切断工程（Ｓ４０：図１）とが交互に繰り返されてもよい。図１３に示されるように、第１回目の切断工程Ｄ１において、｛１１－２０｝面に実質的に平行な面に沿って炭化珪素ウェハ１が切断される。炭化珪素ウェハ１は、たとえばオリエンテーションフラットＯＦ側からオリエンテーションフラットＯＦと反対側に向かって切断される。これにより、炭化珪素ウェハ１は、２つの断片に分離される。次に、第２回目の切断工程Ｄ２において、｛１１－２０｝面に対して実質的に垂直でかつ第１の主面１ａに対して実質的に垂

直な面に沿って炭化珪素ウェハ１が切断される。炭化珪素ウェハ１は、インデックスフラットＩＦから、炭化珪素ウェハ１の第１の主面１ａの中心から見てインデックスフラットＩＦと反対側に向かう方向に切断される。これにより、炭化珪素ウェハ１は、４つの断片に分離される。

[0050] 次に、第３回目の切断工程Ｄ３において、｛１１－２０｝面に実質的に平行な面に沿って炭化珪素ウェハ１が切断される。第１回目の切断工程において切断された領域から、たとえばインデックスフラットＩＦ側にある距離だけシフトした位置において、炭化珪素ウェハ１は、たとえばオリエンテーションフラットＯＦ側からオリエンテーションフラットＯＦと反対側に向かって切断される。これにより、炭化珪素ウェハ１は、６つの断片に分離される。次に、第４回目の切断工程Ｄ４において、｛１１－２０｝面に対して実質的に垂直でかつ第１の主面１ａに対して実質的に垂直な面に沿って炭化珪素ウェハ１が切断される。第２回目の切断工程において切断された領域から、たとえばオリエンテーションフラットＯＦ側にある距離だけシフトした位置において、炭化珪素ウェハ１は、インデックスフラットＩＦから、炭化珪素ウェハ１の第１の主面１ａの中心から見てインデックスフラットＩＦと反対側に向かう方向に切断される。以上のように、第１切断工程と、第２切断工程とが交互に繰り返されて、炭化珪素ウェハ１が切断されてもよい。また第１切断工程が複数回実施された後に、第２切断工程が複数回実施されてもよい。

[0051] なお、上記実施の形態において、第１導電型はｎ型であり、かつ第２導電型はｐ型であるとして説明したが、第１導電型をｐ型とし、かつ第２導電型をｎ型としてもよい。半導体素子の一例として平面型ＭＯＳＦＥＴを例に挙げて説明したが、半導体素子はトレンチ型ＭＯＳＦＥＴであってもよい。また半導体素子は、ダイオード、ＩＧＢＴ（Ｉｎｓｕｌａｔｅｄ Ｇａｔｅ Ｂｉｐｏｌａｒ Ｔｒａｎｓｉｓｔｏｒ）およびＪＦＥＴ（Ｊｕｎｃｔｉｏｎ Ｆｉｅｌｄ Ｅｆｆｅｃｔ Ｔｒａｎｓｉｓｔｏｒ）などであってもよい。

[0052] 次に、本実施の形態に係る炭化珪素半導体装置の製造方法の作用効果について説明する。

[0053] 本実施の形態に係るＭＯＳＦＥＴ２の製造方法は以下の工程によれば、｛１１－２０｝面に実質的に平行な面に沿って炭化珪素ウェハ１が切断される第１切断工程が行われる。第１切断工程後、｛１１－２０｝面に対して実質的に垂直でかつ第１の主面に対して実質的に垂直な面に沿って炭化珪素ウェハ１が切断される第２切断工程が行われる。これにより、第２切断工程において、劈開面を利用して炭化珪素ウェハ１を切断するのではなくブレードで機械的に炭化珪素ウェハ１を切断してチップを形成することにより、チップがブレードに巻き込まれることでチッピングが発生することを抑制することができる。

[0054] また本実施の形態に係るＭＯＳＦＥＴ２の製造方法は以下の工程によれば、第１の主面１ａは、｛０００１｝面からオフ方向に向かって３°以上５°以下オフした面である。第２切断工程において、炭化珪素ウェハ１は、実質的にオフ方向に向かって切断される。これにより、表面段差の影響によるブレードの摩耗を避ける事ができ、ブレードの摩耗に伴うブレードのひずみやばりによるチッピングの発生をさらに抑制することができる。

[0055] さらに本実施の形態に係るＭＯＳＦＥＴ２の製造方法は以下の工程によれば、第１切断工程および第２切断工程の各々において、第１の主面１ａと平行な方向における炭化珪素ウェハ１の切断速度は、１ｍｍ／秒以上４０ｍｍ／秒以下である。炭化珪素ウェハ１の切断速度を１ｍｍ／秒以上とすることにより、炭化珪素ウェハ１に対する力を低減することできるので、チップ１ｄがブレード４に巻き込まれることを抑制することができる。炭化珪素ウェハ１の切断速度を４０ｍｍ／秒以下とすることにより、ブレード４の劣化を抑制することができる。

[0056] さらに本実施の形態に係るＭＯＳＦＥＴ２の製造方法は以下の工程によれば、第１切断工程および第２切断工程の各々において、回転するブレード４によって炭化珪素ウェハ１が切断される。ブレード４の回転速度は、５００

０ｒｐｍ以上５００００ｒｐｍ以下である。ブレード４の回転速度を５０００ｒｐｍ以上とすることにより、炭化珪素ウェハ１に対する力を低減することできるので、チップ１ｄがブレード４に巻き込まれることを抑制することができる。ブレード４の回転速度を５００００ｒｐｍ以下とすることにより、ブレード４の劣化を抑制することができる。

[0057] さらに本実施の形態に係るＭＯＳＦＥＴ２の製造方法は以下の工程によれば、炭化珪素ウェハ１を準備する工程後であり第１切断工程前に、第１の主面１ａおよび第２の主面１ｂの一方の面に粘着テープ３を貼り付ける工程をさらに備える。粘着テープ３は、一方の面に接する粘着部３ａと、粘着部３ａから見て一方の面とは反対側に位置する基材３ｂとを有する。第１切断工程および第２切断工程の各々において、基材３ｂの厚みの１５％以上５０％以下の深さを有する切り込み３ｂ１が基材に形成される。基材３ｂに形成される切り込み３ｂ１の深さを基材３ｂの厚みの１５％以上とすることにより、炭化珪素ウェハ１において切断されていない箇所が発生することを抑制することができる。基材３ｂに形成される切り込み３ｂ１の深さを大きくすると、第１の主面１ａと平行な方向におけるチップ１ｄとチップ１ｄとの距離が広がる。そのため、実際の切断位置が予定している切断位置からずれる場合がある。基材３ｂに形成される切り込み３ｂ１の深さＤを基材３ｂの厚みの５０％以下とすることにより、実際の切断位置が予定している切断位置からずれることを抑制することができる。

[0058] さらに本実施の形態に係るＭＯＳＦＥＴ２の製造方法は以下の工程によれば、第１切断工程において、炭化珪素ウェハ１全体が所定の幅で切断されることにより、第１の主面に対して垂直な方向に沿って見て短冊状の複数の断片１ｃが形成される。第２切断工程において、複数の断片１ｃの全てが所定の幅で切断されることにより複数のチップ１ｄが形成される。これにより、短時間で炭化珪素ウェハ１をチップ１ｄに分離することができる。

[0059] さらに本実施の形態に係るＭＯＳＦＥＴ２の製造方法は以下の工程によれば、第１切断工程と、第２切断工程とが交互に繰り返される。これにより、

任意のサイズのチップ１ｄを任意の切断方法により形成することができるので、切断方法の自由度を高めることができる。

実施例

[0060] 実施例に係る切断方法と比較例に係る切断方法とを用いて炭化珪素ウェハ１を切断することにより、実施例に係る切断方法によって炭化珪素ウェハ１を切断した場合のチッピングの発生率と、比較例に係る切断方法によって炭化珪素ウェハ１を切断した場合のチッピングの発生率とを比較した。実施例に係る切断方法においては、[１１－２０]方向に垂直な方向に沿って炭化珪素ウェハ１を所定のピッチで切断（第１切断工程）することにより、複数本の短冊状の断片を形成した。次に、[１１－２０]方向に平行な方向に沿って短冊状の断片を所定のピッチで切断（第２切断工程）することにより、複数個のチップを形成した。実施例に係る切断方法を用いて、合計４２枚の炭化珪素ウェハ１を切断した。各炭化珪素ウェハ１を光学顕微鏡により観察することにより、チップにチッピングが発生しているかどうかを確認した。第２切断工程の切断面に平行なチップ配列を１ラインとし、５ライン毎に全数のチップを観察した。炭化珪素ウェハ１の第１の主面１ａ内において、１以上のチッピングが観測された場合にチッピングが発生したウェハと判定した。

[0061] 比較例に係る切断方法においては、[１１－２０]方向に平行な方向に沿って炭化珪素ウェハ１を所定のピッチで切断（第２切断工程）することにより、複数本の短冊状の断片を形成した。次に、[１１－２０]方向に垂直な方向に沿って短冊状の断片を所定のピッチで切断（第１切断工程）することにより、複数個のチップを形成した。比較例に係る切断方法を用いて、合計１１枚の炭化珪素ウェハ１を切断した。各炭化珪素ウェハ１を光学顕微鏡により観察することにより、チップにチッピングが発生しているかどうかを確認した。第１切断工程の切断面に平行なチップ配列を１ラインとし、５ライン毎に全数のチップを観察した。炭化珪素ウェハ１の第１の主面１ａ内において、１以上のチッピングが観測された場合にチッピングが発生したウェハと判定した。

[0062] [表1]

切断順序	処理枚数	チッピング発生回数[回]	チッピング発生率[%]
第２切断工程→第１切断工程	11	8	72.7
第１切断工程→第２切断工程	42	8	19.0

表１は、炭化珪素ウェハの切断方法と、チッピングの発生率との関係を示している。実施例の切断方法（第１切断工程→第２切断工程）によれば、４２枚中８枚の炭化珪素ウェハにおいて、チップのチッピングが確認された。つまり、チッピングの発生率は、８枚／４２枚×１００＝１９．０％であった。一方、比較例の切断方法（第２切断工程→第１切断工程）によれば、合計１１枚中８枚の炭化珪素ウェハにおいて、チップのチッピングが確認された。つまり、チッピングの発生率は、８枚／１１枚×１００＝７２．７％であった。以上の結果より、先に[１１－２０]方向に平行な方向に沿って炭化珪素ウェハ１を切断（第２切断工程）した後に、[１１－２０]方向に垂直な方向に沿って炭化珪素ウェハ１を切断（第１切断工程）する切断方法と比較して、先に[１１－２０]方向に垂直な方向に沿って炭化珪素ウェハ１を切断（第１切断工程）した後に、[１１－２０]方向に平行な方向に沿って炭化珪素ウェハ１を切断（第２切断工程）する切断方法は、チッピングの発生率を大幅に低減可能であることが実証された。

[0063] 今回開示された実施の形態および実施例はすべての点で例示であって、制限的なものではないと考えられるべきである。本発明の範囲は上記した説明ではなくて請求の範囲によって示され、請求の範囲と均等の意味、および範囲内でのすべての変更が含まれることが意図される。

符号の説明

[0064] １　炭化珪素ウェハ、１ａ　第１の主面、１ｂ　第２の主面、１ｃ　断片、１ｄ　チップ、２　炭化珪素半導体装置（ＭＯＳＦＥＴ）、２ａ　半導体素子、３　粘着テープ、３ａ　粘着部、３ｂ　基材、４　ブレード、５　ホーン、６　第１軸、７　第２軸、８　超音波スピンドル、９　モータ、１０

炭化珪素基板、１０ａ　第３の主面、１０ｂ　第４の主面、１１　炭化珪素単結晶基板、１２　ドリフト領域、１３　ボディ領域、１４　ソース領域、１５　ゲート酸化膜、１６　ソース電極、１６ａ　ソース電極部、１６ｂ　表面保護電極、１７　炭化珪素エピタキシャル層、１８　コンタクト領域、２０　ドレイン電極、２０ａ　ドレイン電極部、２０ｂ　裏面保護電極、２１　層間絶縁膜、２７　ゲート電極、３０　ダイシング装置、５０　ダイシングライン、５０ａ　第１ダイシングライン、５０ｂ　第２ダイシングライン、Ｃ１，Ｃ２，ＣＨ１，ＣＨ２　方向、Ｄ　深さ、Ｄ１，Ｄ２，Ｄ３，Ｄ４　切断工程、Ｈ　厚み、ＩＦ　インデックスフラット、ＯＦ　オリエンテーションフラット、Ｒ　回転方向、Ｗ　幅。

請求の範囲

[請求項1] 第１の主面と、前記第１の主面と反対側の第２の主面とを有する炭化珪素ウェハを準備する工程と、

｛１１－２０｝面に実質的に平行な面に沿って前記炭化珪素ウェハを切断する第１切断工程と、

前記第１切断工程後、｛１１－２０｝面に対して実質的に垂直でかつ前記第１の主面に対して実質的に垂直な面に沿って前記炭化珪素ウェハを切断する第２切断工程とを備えた、炭化珪素半導体装置の製造方法。

[請求項2] 前記第１の主面は、｛０００１｝面からオフ方向に向かって３°以上５°以下オフした面であり、

前記第２切断工程において、前記炭化珪素ウェハは、実質的に前記オフ方向に向かって切断される、請求項１に記載の炭化珪素半導体装置の製造方法。

[請求項3] 前記第１切断工程および前記第２切断工程の各々において、前記第１の主面と平行な方向における前記炭化珪素ウェハの切断速度は、１ｍｍ／秒以上４０ｍｍ／秒以下である、請求項１または請求項２に記載の炭化珪素半導体装置の製造方法。

[請求項4] 前記第１切断工程および前記第２切断工程の各々において、回転するブレードによって前記炭化珪素ウェハが切断され、

前記ブレードの回転速度は、５０００ｒｐｍ以上５００００ｒｐｍ以下である、請求項１～請求項３のいずれか１項に記載の炭化珪素半導体装置の製造方法。

[請求項5] 前記炭化珪素ウェハを準備する工程後であり前記第１切断工程前に、前記第１の主面および前記第２の主面の一方の面に粘着テープを貼り付ける工程をさらに備え、

前記粘着テープは、前記一方の面に接する粘着部と、前記粘着部から見て前記一方の面とは反対側に位置する基材とを有し、

前記第１切断工程および前記第２切断工程の各々において、前記基材の厚みの１５％以上５０％以下の深さを有する切り込みが前記基材に形成される、請求項１～請求項４のいずれか１項に記載の炭化珪素半導体装置の製造方法。

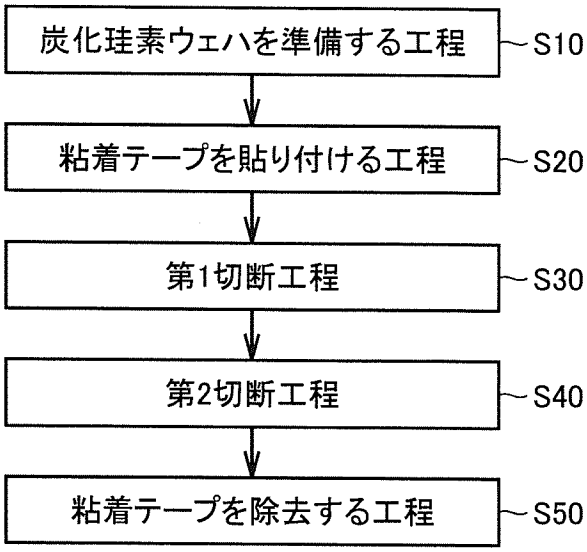
[請求項6] 前記第１切断工程において、前記炭化珪素ウェハ全体が所定の幅で切断されることにより、前記第１の主面に対して垂直な方向に沿って見て短冊状の複数の断片が形成され、

前記第２切断工程において、複数の前記断片の全てが所定の幅で切断されることにより複数のチップが形成される、請求項１～請求項５のいずれか１項に記載の炭化珪素半導体装置の製造方法。

[請求項7] 前記第１切断工程と、前記第２切断工程とが交互に繰り返される、請求項１～請求項５のいずれか１項に記載の炭化珪素半導体装置の製造方法。

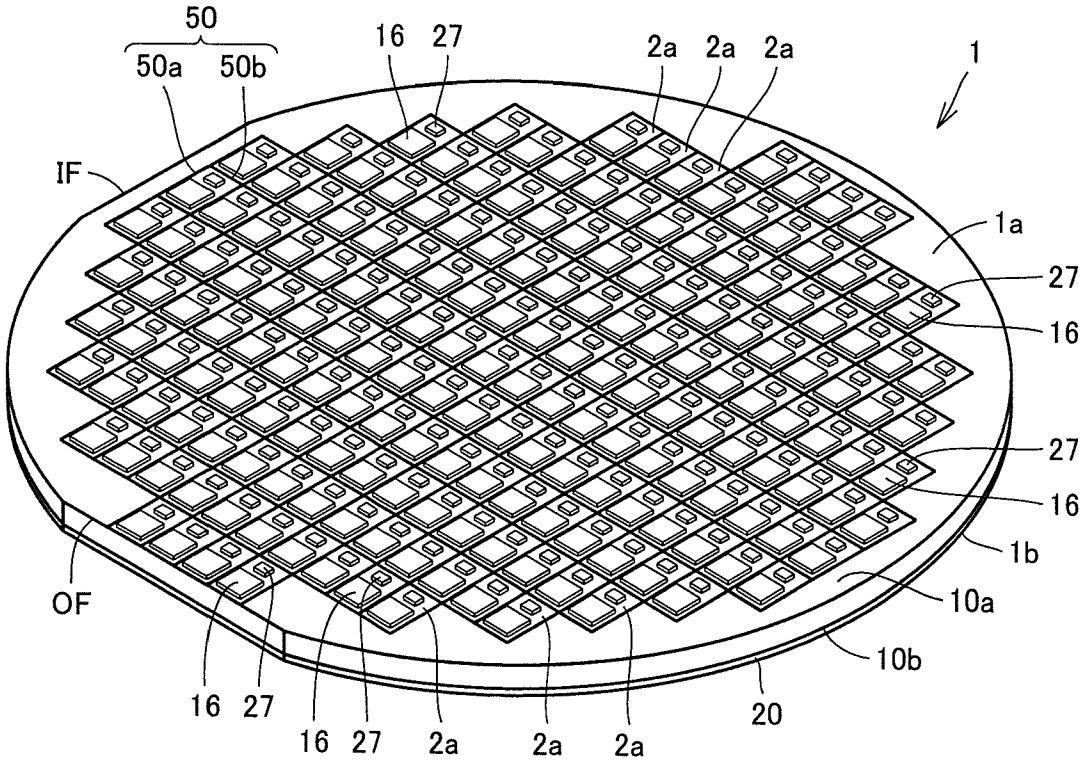
[図1]

FIG.1



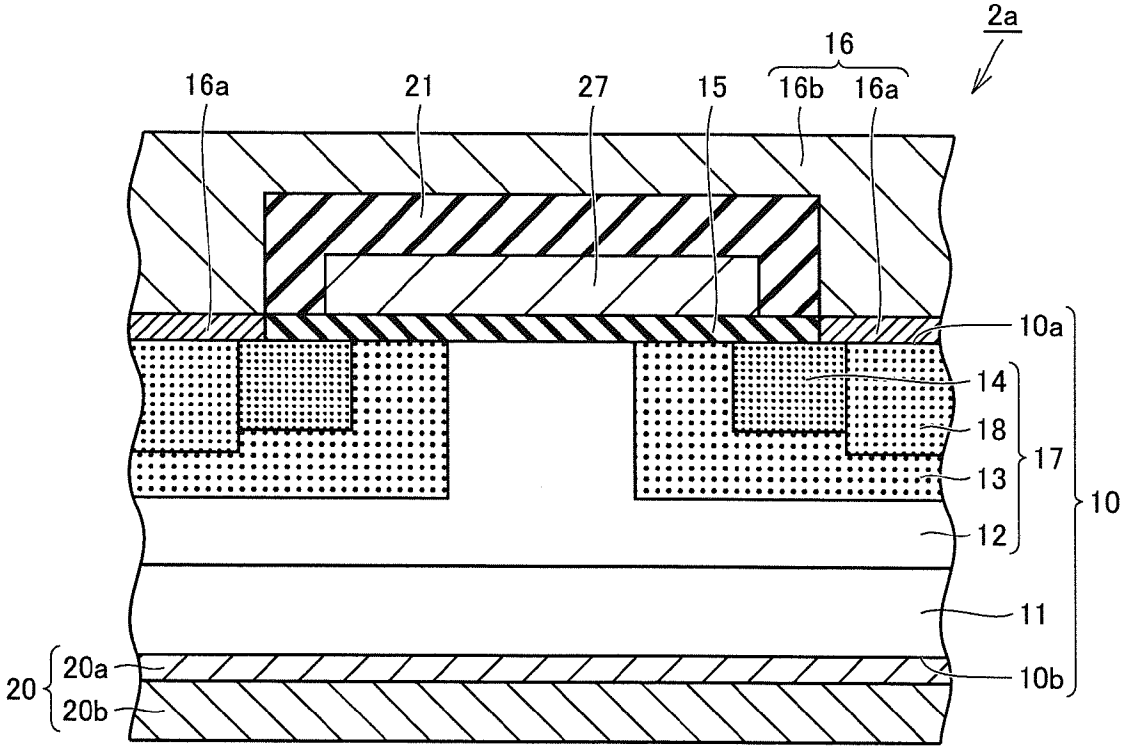
[図2]

FIG.2



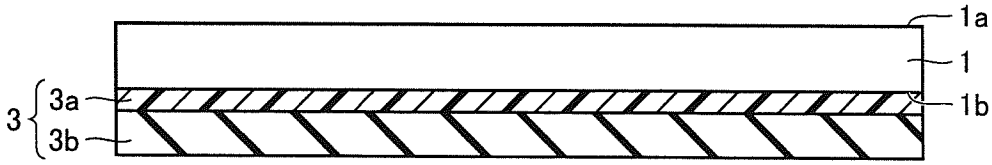
[図3]

FIG.3



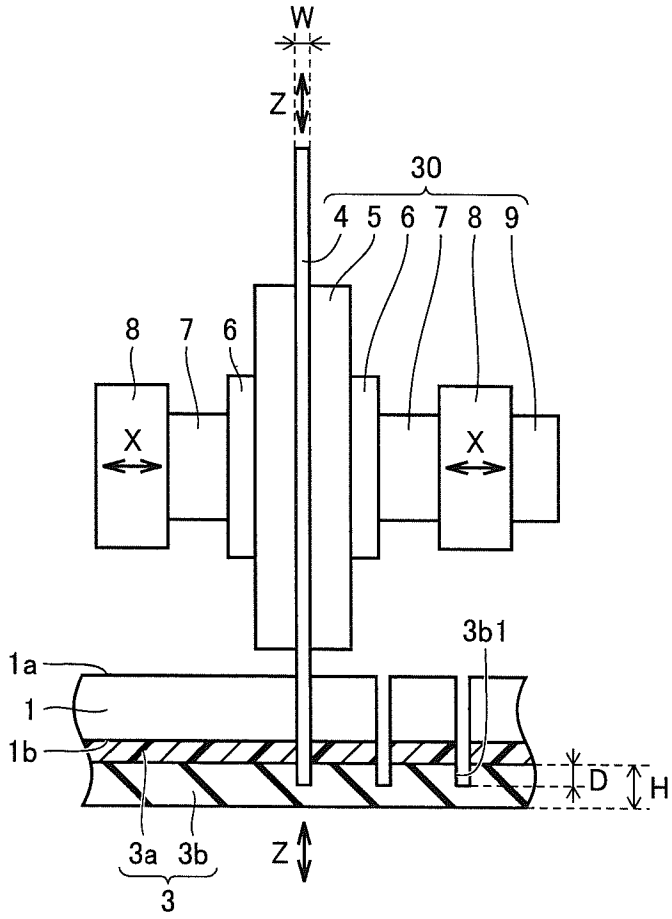
[図4]

FIG.4



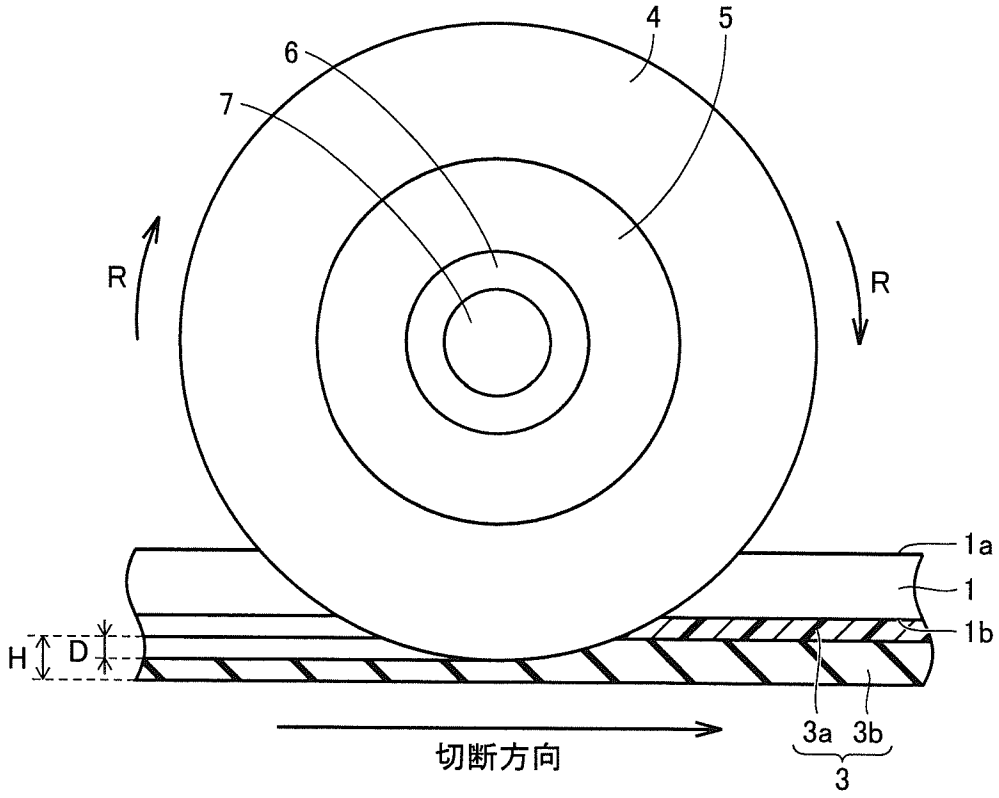
[図5]

FIG.5



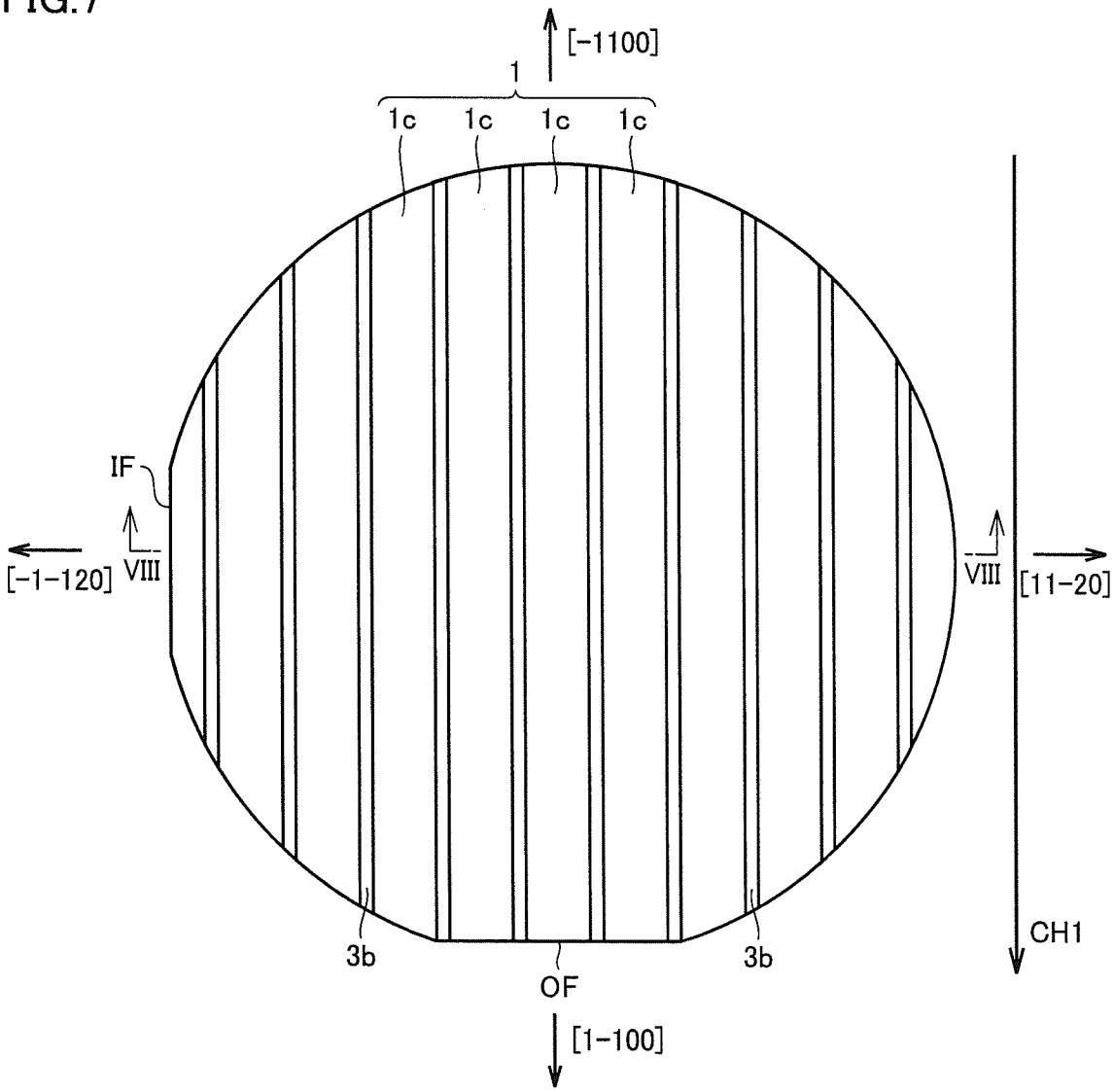
[図6]

FIG.6



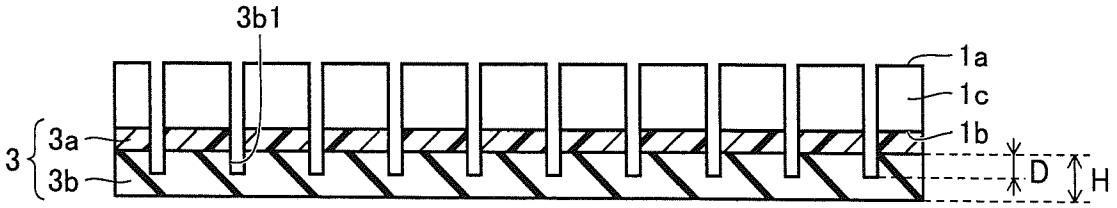
[図7]

FIG.7



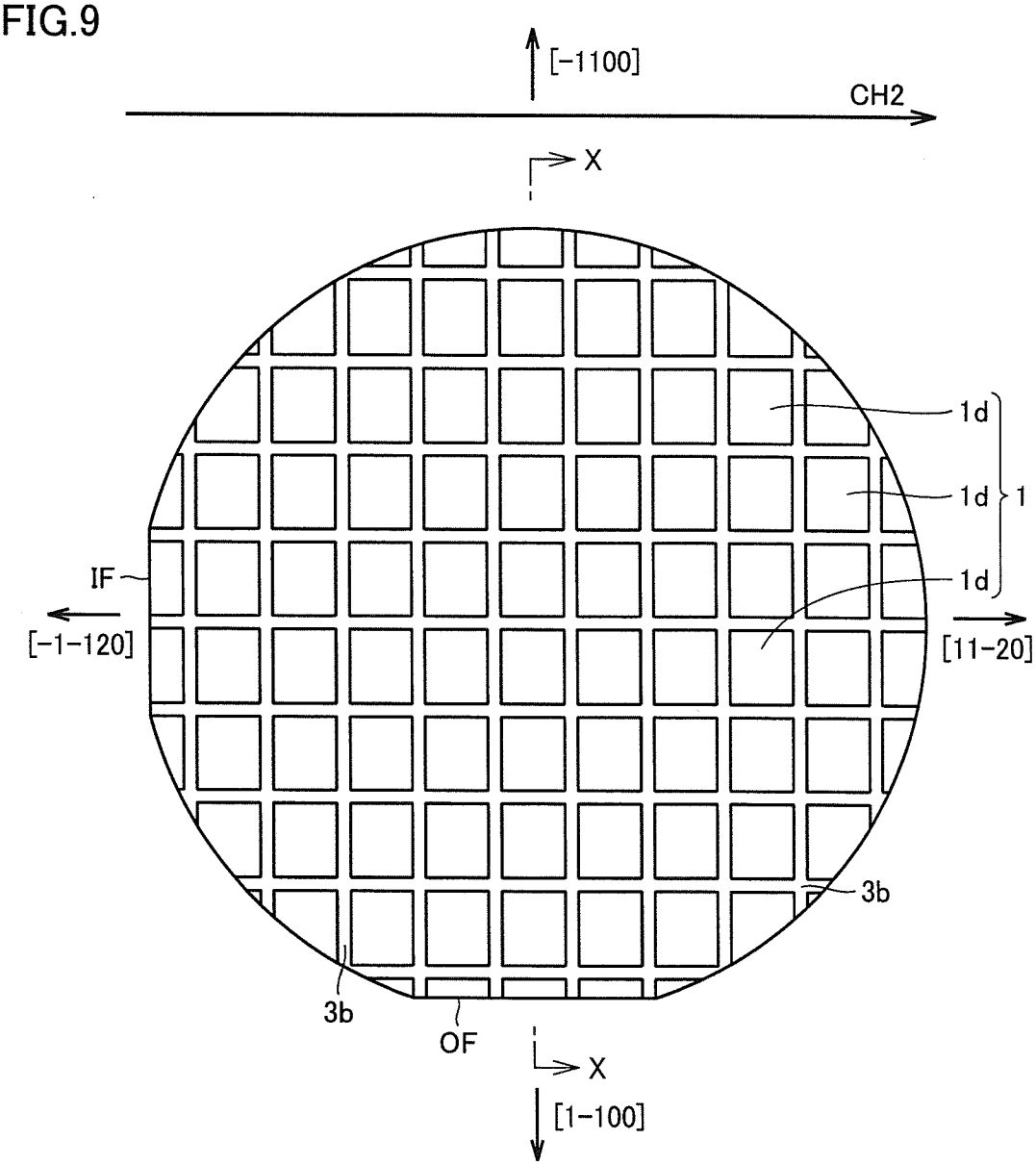
[図8]

FIG.8



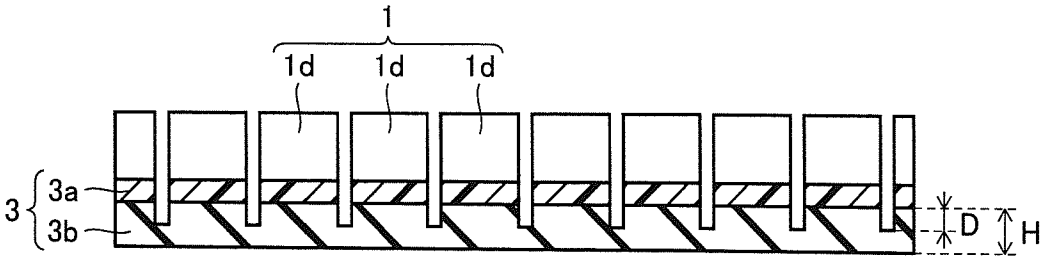
[図9]

FIG.9



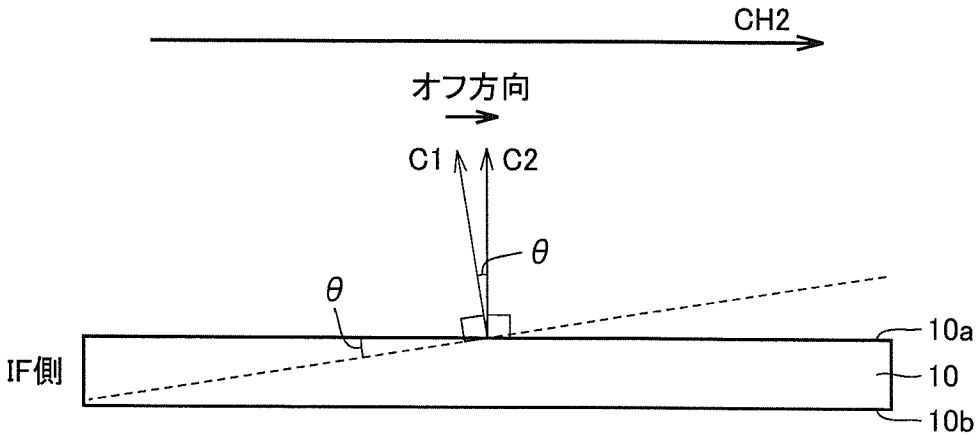
[図10]

FIG.10



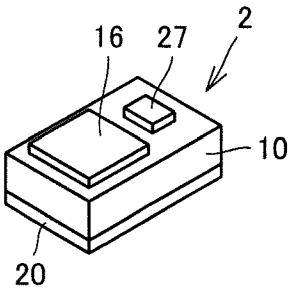
[図11]

FIG.11



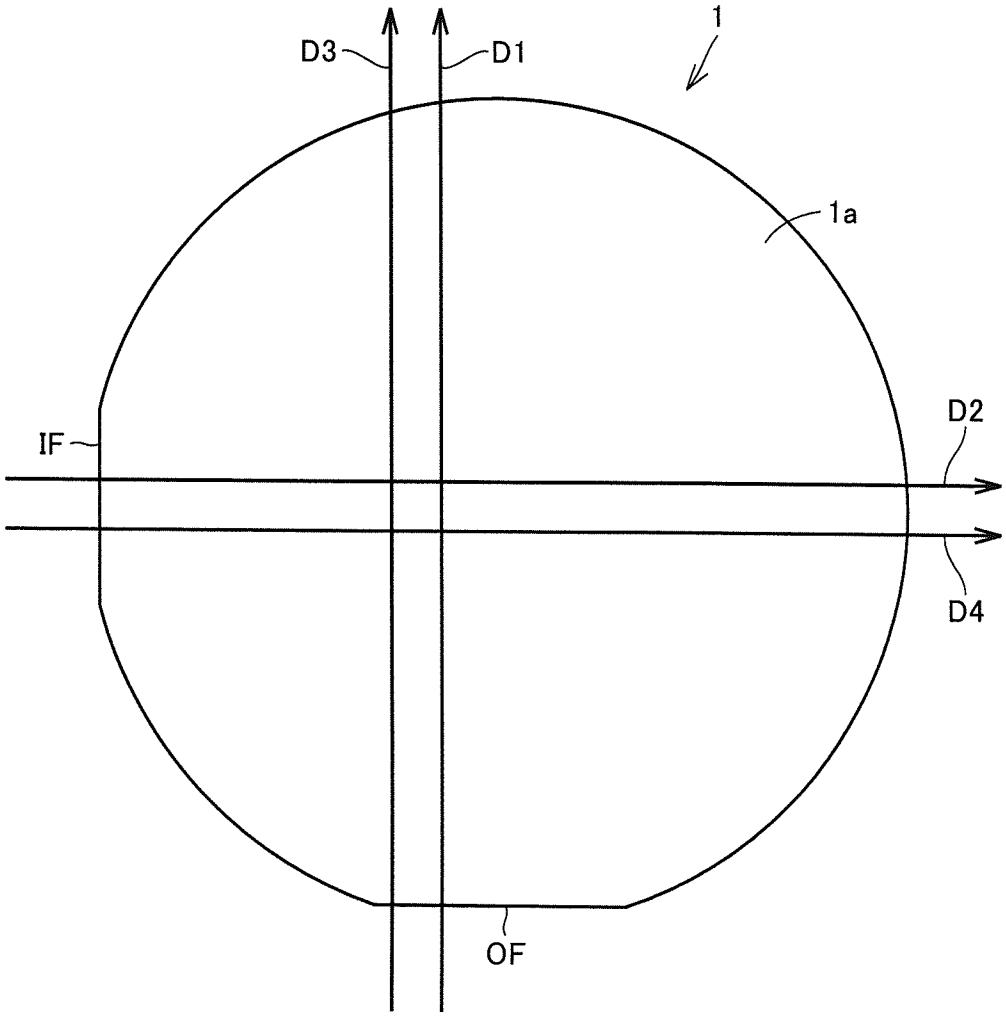
[図12]

FIG.12



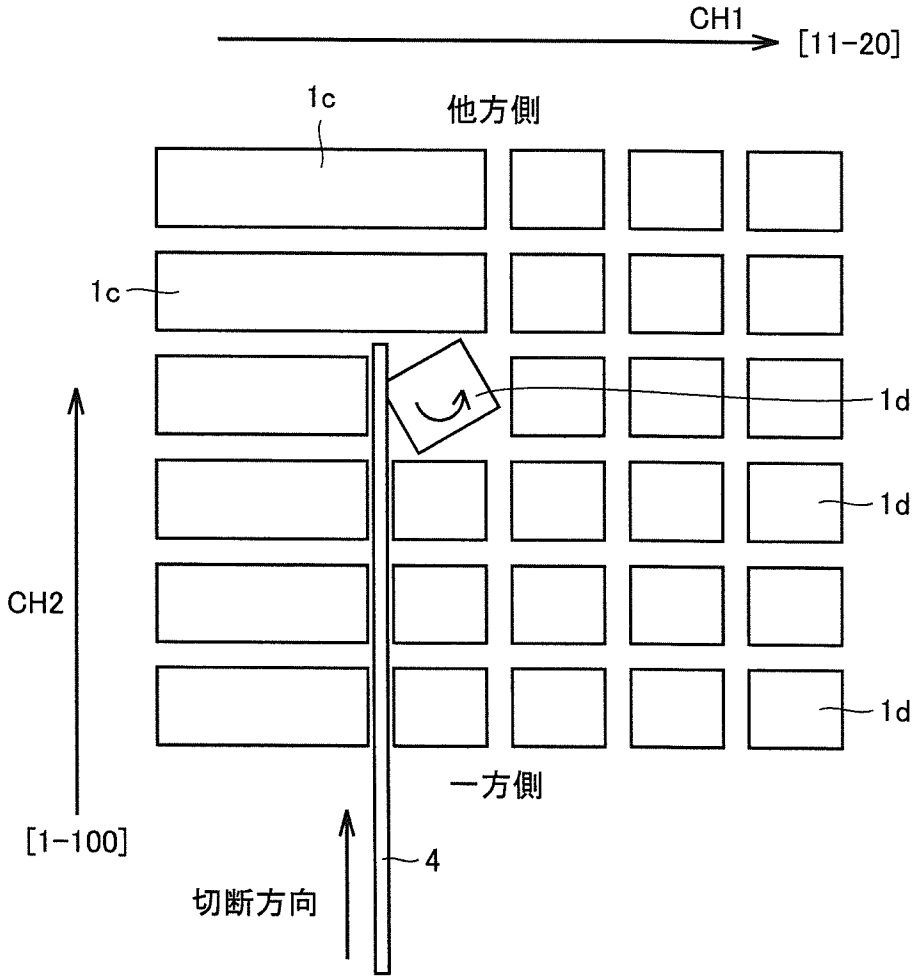
[図13]

FIG.13



[図14]

FIG.14



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.
PCT/JP2015/078456

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER
H01L21/301(2006.01)i, *H01L21/336*(2006.01)i, *H01L29/12*(2006.01)i, *H01L29/78*(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)
H01L21/301, H01L21/336, H01L29/12, H01L29/78

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	1996-2015
Kokai Jitsuyo Shinan Koho	1971-2015	Toroku Jitsuyo Shinan Koho	1994-2015

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 2013-051298 A (Nichia Chemical Industries, Ltd.), 14 March 2013 (14.03.2013), paragraphs [0050], [0080], [0088], [0107], [0108], [0112], [0115]; fig. 1 (Family: none)	1-7
Y	JP 2014-086446 A (Sanken Electric Co., Ltd.), 12 May 2014 (12.05.2014), paragraphs [0014], [0023]; fig. 2 (Family: none)	1-7
Y	JP 2014-011342 A (Denso Corp.), 20 January 2014 (20.01.2014), paragraph [0013] (Family: none)	2

☒ 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	Date of mailing of the international search report
22 December 2015 (22.12.15)	12 January 2016 (12.01.16)

Name and mailing address of the ISA/	Authorized officer
Japan Patent Office 3-4-3,Kasumigaseki,Chiyoda-ku, Tokyo 100-8915,Japan	Telephone No.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.
PCT/JP2015/078456

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 2014-192463 A (Lintec Corp.), 06 October 2014 (06.10.2014), paragraph [0130] (Family: none)	3,4
Y	JP 2012-227234 A (Nichia Chemical Industries, Ltd.), 15 November 2012 (15.11.2012), paragraph [0032] (Family: none)	5

国際調査報告

国際出願番号　ＰＣＴ／ＪＰ２０１５／０７８４５６

Ａ．　発明の属する分野の分類（国際特許分類（ＩＰＣ））

Int.Cl.　H01L21/301(2006.01)i, H01L21/336(2006.01)i, H01L29/12(2006.01)i, H01L29/78(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（ＩＰＣ））

Int.Cl.　H01L21/301, H01L21/336, H01L29/12, H01L29/78

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	１９７１－２０１５年
日本国実用新案登録公報	１９９６－２０１５年
日本国登録実用新案公報	１９９４－２０１５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 2013-051298 A (日亜化学工業株式会社) 2013.03.14, 段落[0050], [0080], [0088], [0107], [0108], [0112], [0115], 第１図（ファミリーなし）	1-7
Y	JP 2014-086446 A (サンケン電気株式会社) 2014.05.12, 段落[0014], [0023], 第２図（ファミリーなし）	1-7
Y	JP 2014-011342 A (株式会社デンソー) 2014.01.20, 段落[0013]（ファミリーなし）	2

☑　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	国際調査報告の発送日
２２．１２．２０１５	１２．０１．２０１６

国際調査機関の名称及びあて先
日本国特許庁（ＩＳＡ／ＪＰ）
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）　５Ｏ　３３５６
西出　隆二
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 2014-192463 A (リンテック株式会社) 2014.10.06, 段落[0130] (ファミリーなし)	3, 4
Y	JP 2012-227234 A (日亜化学工業株式会社) 2012.11.15, 段落[0032] (ファミリーなし)	5