

(19)日本国特許庁(JP)

(12)特許公報(B2)

(11)特許番号  
特許第7354420号  
(P7354420)

(45)発行日 令和5年10月2日(2023.10.2)

(24)登録日 令和5年9月22日(2023.9.22)

(51)国際特許分類	F I		
H 0 1 L 21/304 (2006.01)	H 0 1 L 21/304	6 0 1 Z	
B 2 3 K 26/36 (2014.01)	B 2 3 K 26/36		
B 2 3 K 26/53 (2014.01)	B 2 3 K 26/53		

請求項の数 18 (全16頁)

(21)出願番号	特願2022-511556(P2022-511556)	(73)特許権者	000219967 東京エレクトロン株式会社 東京都港区赤坂五丁目3番1号
(86)(22)出願日	令和3年1月18日(2021.1.18)	(74)代理人	100096389 弁理士 金本 哲男
(86)国際出願番号	PCT/JP2021/001526	(74)代理人	100101557 弁理士 萩原 康司
(87)国際公開番号	WO2021/199585	(74)代理人	100167634 弁理士 扇田 尚紀
(87)国際公開日	令和3年10月7日(2021.10.7)	(74)代理人	100187849 弁理士 齊藤 隆史
審査請求日	令和4年9月21日(2022.9.21)	(74)代理人	100212059 弁理士 三根 卓也
(31)優先権主張番号	特願2020-66397(P2020-66397)	(72)発明者	田之上 隼斗 熊本県菊池郡大津町高尾野272-4
(32)優先日	令和2年4月2日(2020.4.2)		最終頁に続く
(33)優先権主張国・地域又は機関	日本国(JP)		

(54)【発明の名称】 基板処理方法及び基板処理装置

(57)【特許請求の範囲】

【請求項1】

表面膜が積層して形成された第1の基板と、第2の基板と、が接合された重合基板を処理する基板処理方法であって、

除去対象の前記第1の基板を前記第2の基板から剥離することと、

前記第1の基板の剥離により露出した、前記第2の基板の周縁部に残る前記表面膜の露出表面に対してレーザー光を照射して、少なくとも前記第2の基板の周縁部における前記表面膜の表層を除去又は改質することと、を含む、基板処理方法。

【請求項2】

前記第1の基板の剥離においては、少なくとも当該第1の基板の周縁部を前記第2の基板から剥離する、請求項1に記載の基板処理方法。 10

【請求項3】

前記表面膜の除去又は改質においては、前記露出表面から前記第1の基板と前記第2の基板の接合界面までの前記表面膜を除去又は改質する、請求項1又は2に記載の基板処理方法。

【請求項4】

前記表面膜の除去又は改質においては、前記第2の基板の周縁部に残る前記表面膜をすべて除去し、前記第2の基板の表面を露出させる、請求項1又は2に記載の基板処理方法。

【請求項5】

前記表面膜の除去に際し、前記レーザー光をパルス状に照射し、 20

当該レーザー光のエネルギー密度、及びレーザー照射領域の重なりを制御する、請求項 4 に記載の基板処理方法。

【請求項 6】

前記レーザー光は超短パルスレーザー光である、請求項 4 又は 5 に記載の基板処理方法。

【請求項 7】

前記第 2 の基板の周縁部に残る前記表面膜の除去に際して、  
前記表面膜にレーザー光を照射して、前記表面膜を除去することと、  
前記表面膜の除去後の前記第 2 の基板の表面にレーザー光を照射して、前記表面膜の残膜を除去するとともに、当該第 2 の基板の表面に微細周期構造を形成することと、を順次行う、請求項 6 に記載の基板処理方法。

10

【請求項 8】

前記第 1 の基板の剥離に先立ち、  
前記第 1 の基板の裏面に形成された前記レーザー光の障害膜を除去することと、  
前記重合基板の内部にレーザー光を照射して、前記周縁部における前記第 1 の基板と前記第 2 の基板の接合強度を低下することと、を含む、請求項 1 ~ 7 のいずれか一項に記載の基板処理方法。

【請求項 9】

前記障害膜の除去を、前記第 1 の基板における前記周縁部と対応する位置において行う、請求項 8 に記載の基板処理方法。

【請求項 10】

表面膜が積層して形成された第 1 の基板と、第 2 の基板と、が接合された重合基板を処理する基板処理装置であって、  
除去対象の前記第 1 の基板を前記第 2 の基板から剥離する除去部と、  
前記第 1 の基板の剥離により露出した、前記第 2 の基板の周縁部に残る前記表面膜の露出表面に対してレーザー光を照射する第 1 のレーザー照射部と、  
前記除去部及び前記第 1 のレーザー照射部の動作を制御する制御部と、を有し、  
前記制御部は、  
前記レーザー光の照射により、少なくとも前記第 1 の基板の剥離により露出した、前記第 2 の基板の周縁部における前記表面膜の表層を除去又は改質するように、前記第 1 のレーザー照射部の動作を制御する、基板処理装置。

20

30

【請求項 11】

前記制御部は、少なくとも前記第 1 の基板の周縁部を前記第 2 の基板から剥離するように前記除去部の動作を制御する、請求項 10 に記載の基板処理装置。

【請求項 12】

前記制御部は、前記レーザー光の照射により、前記露出表面から前記第 1 の基板と前記第 2 の基板の接合界面までの前記表面膜を除去又は改質するように、前記第 1 のレーザー照射部の動作を制御する、請求項 10 又は 11 に記載の基板処理装置。

【請求項 13】

前記制御部は、前記レーザー光の照射により、前記第 2 の基板の周縁部に残る前記表面膜をすべて除去し、前記第 2 の基板の表面を露出させるように、前記第 1 のレーザー照射部の動作を制御する、請求項 10 又は 11 に記載の基板処理装置。

40

【請求項 14】

前記制御部は、前記表面膜の除去に際し、前記レーザー光をパルス状に照射し、当該レーザー光のエネルギー密度、及びレーザー照射領域の重なりを制御するように、前記第 1 のレーザー照射部の動作を制御する請求項 13 に記載の基板処理装置。

【請求項 15】

前記レーザー光は超短パルスレーザー光である、請求項 13 又は 14 に記載の基板処理装置。

【請求項 16】

前記制御部は、前記第 2 の基板の周縁部に残る前記表面膜の除去に際して、  
前記表面膜にレーザー光を照射して、前記表面膜を除去し、

50

前記表面膜の除去後の前記第 2 の基板の表面にレーザ光を照射して、前記表面膜の残膜を除去するとともに、当該第 2 の基板の表面に微細周期構造を形成するように、前記第 1 のレーザ照射部の動作を制御する、請求項 15 に記載の基板処理装置。

【請求項 17】

前記第 1 の基板の裏面に形成された前記レーザ光の障害膜を除去する障害膜除去部と、前記重合基板の内部にレーザ光を照射して、前記周縁部における前記第 1 の基板と前記第 2 の基板の接合強度を低下する第 2 のレーザ照射部と、を有する、請求項 10 ~ 16 のいずれか一項に記載の基板処理装置。

【請求項 18】

前記制御部は、前記第 1 の基板における周縁部と対応する位置において前記障害膜を除去するように、前記障害膜除去部の動作を制御する、請求項 17 に記載の基板処理装置。

10

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本開示は、基板処理方法及び基板処理装置に関する。

【背景技術】

【0002】

特許文献 1 には、ウェハの研削方法が開示されている。かかるウェハの研削方法は、ウェハの一方の面側から外周縁より所定量内側の位置で外周縁に沿ってレーザ光線を照射し、ウェハの外周部を除去する工程と、外周部が除去されたウェハの被研削面を研削して所定の仕上がり厚さに形成する工程と、を含む。

20

【先行技術文献】

【特許文献】

【0003】

【文献】日本国 特開 2006 - 108532 号公報

日本国 特開 2006 - 212646 号公報

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0004】

本開示にかかる技術は、第 1 の基板と第 2 の基板が接合された重合基板において、第 2 の基板からの第 1 の基板の除去により露出した第 2 の基板の周縁部におけるパーティクル等の飛散を適切に抑制する。

30

【課題を解決するための手段】

【0005】

本開示の一態様は、表面膜が積層して形成された第 1 の基板と、第 2 の基板と、が接合された重合基板を処理する基板処理方法であって、除去対象の前記第 1 の基板を前記第 2 の基板から剥離することと、前記第 1 の基板の剥離により露出した、前記第 2 の基板の周縁部に残る前記表面膜の露出表面に対してレーザ光を照射して、少なくとも前記第 2 の基板の周縁部における前記表面膜の表層を除去又は改質することと、を含む。

【発明の効果】

40

【0006】

本開示によれば、第 1 の基板と第 2 の基板が接合された重合基板において、第 2 の基板からの第 1 の基板の除去により露出した第 2 の基板の周縁部におけるパーティクル等の飛散を適切に抑制することができる。

【図面の簡単な説明】

【0007】

【図 1】ウェハ処理システムで処理される重合ウェハの一例を示す側面図である。

【図 2】ウェハ処理システムの構成の概略を模式的に示す平面図である。

【図 3】本実施形態にかかるウェハ処理の主な工程を示す説明図である。

【図 4】本実施形態にかかるウェハ処理の主な工程を示すフロー図である。

50

【図5】第1のウェハの裏面に形成されたレーザ透過阻害膜の様子を示す説明図である。

【図6】第1のウェハの内部に形成された周縁改質層の様子を示す説明図である。

【図7】重合ウェハに残留するパーティクル及びエッジボイドの様子を示す説明図である。

【図8】本実施形態にかかるパーティクル抑制処理の様子を示す説明図である。

【図9】本実施形態にかかるパーティクル抑制処理の様子を示す説明図である。

【図10】本開示内容に係る技術の他の適用例を示す説明図である。

【図11】本実施形態にかかるパーティクル抑制処理の様子を示す説明図である。

【発明を実施するための形態】

【0008】

近年、半導体デバイスの製造工程においては、表面に複数の電子回路等のデバイスが形成された半導体基板（以下、「ウェハ」という。）同士が接合された重合ウェハにおいて、当該重合ウェハを形成する第1のウェハを薄化することや、当該第1のウェハに形成されたデバイスを、当該重合ウェハを形成する第2のウェハに転写することが行われている。

10

【0009】

ところで、通常、ウェハの周縁部は面取り加工がされているが、上述したように重合ウェハにおいて薄化处理や転写処理を行うと、薄化後の第1のウェハや転写後の重合ウェハの周縁部が鋭く尖った形状（いわゆるナイフエッジ形状）になる場合がある。そうすると、これらウェハの周縁部でチッピングが発生し、ウェハが損傷を被るおそれがある。そのため、薄化处理や転写処理を行う前には、予め、このようにウェハの周縁部にナイフエッジ形状が形成されることを抑制するための処理を行う必要がある。

20

【0010】

上述した特許文献1に記載の研削方法は、薄化处理によりウェハにナイフエッジ形状が形成されるのを抑制する方法の一例として、薄化处理前のウェハの周縁部を除去、いわゆるエッジトリムを行うための研削方法である。しかしながら特許文献1に記載の方法でウェハのエッジトリムを行う場合、エッジトリム後の露出したウェハの表面にパーティクルや残膜が残留する場合があった。そして、このようにウェハの表面に残留したパーティクルや残膜は、搬送中や後工程において落下、飛散することで、装置やフープ、または他のウェハを汚染するおそれがある。したがって、従来のエッジトリム方法には改善の余地がある。

【0011】

本開示にかかる技術は、第1の基板と第2の基板が接合された重合基板において、第2の基板からの第1の基板の除去により露出した第2の基板の周縁部におけるパーティクル等の飛散を適切に抑制する。以下、本実施形態にかかる基板処理装置としてのウェハ処理システム、及び基板処理方法としてのウェハ処理方法について、図面を参照しながら説明する。なお、本明細書及び図面において、実質的に同一の機能構成を有する要素においては、同一の符号を付することにより重複説明を省略する。

30

【0012】

本実施形態にかかる後述のウェハ処理システム1では、図1に示すように第1の基板としての第1のウェハW1と第2の基板としての第2のウェハW2とが接合された重合基板としての重合ウェハTに対して処理を行う。そしてウェハ処理システム1では、第1のウェハW1の周縁部Weを除去する。以下、第1のウェハW1において、第2のウェハW2に接合される側の面を表面W1aといい、表面W1aと反対側の面を裏面W1bという。同様に、第2のウェハW2において、第1のウェハW1に接合される側の面を表面W2aといい、表面W2aと反対側の面を裏面W2bという。また、第1のウェハW1において、除去対象としての周縁部Weよりも径方向内側の領域を中央部Wcという。

40

【0013】

第1のウェハW1は、例えばシリコン基板等の半導体ウェハであって、表面W1aに複数のデバイスを含むデバイス層D1が形成されている。また、デバイス層D1にはさらに、接合用膜F1が形成され、当該接合用膜F1を介して第2のウェハW2と接合されている。接合用膜F1としては、例えば酸化膜（SiO<sub>2</sub>膜、TEOS膜）、SiC膜、Si

50

C N膜又は接着剤などが挙げられる。なお、第1のウェハW1の周縁部Weは面取り加工がされており、周縁部Weの断面はその先端に向かって厚みが小さくなっている。また、周縁部Weは後述のエッジトリムにおいて除去される部分であり、例えば第1のウェハW1の外端部から径方向に0.5mm~3mmの範囲である。なお、第1のウェハW1とデバイス層D1との界面には、周縁部Weの除去に際して重合ウェハTの内部に照射されるレーザー光を吸収できるレーザー吸収層(図示せず)がさらに形成されていてもよい。また、デバイス層D1に形成された接合用膜F1をレーザー吸収層として用いてもよい。

#### 【0014】

第2のウェハW2は、例えば第1のウェハW1と同様の構成を有しており、表面W2aにはデバイス層D2及び接合用膜F2が形成され、周縁部は面取り加工がされている。なお、第2のウェハW2はデバイス層D2が形成されたデバイスウェハである必要はなく、例えば第1のウェハW1を支持する支持ウェハであってもよい。かかる場合、第2のウェハW2は第1のウェハW1のデバイス層D1を保護する保護材として機能する。

10

#### 【0015】

なお、本実施形態においては、第1のウェハW1および第2のウェハW2に形成されたデバイス層D1、D2、及び接合用膜F1、F2のそれぞれを「表面膜」と呼称する場合がある。換言すれば、本実施形態にかかる第1のウェハW1および第2のウェハW2には、複数の表面膜が積層して形成されている。

#### 【0016】

図2に示すようにウェハ処理システム1は、搬入出ブロックG1、搬送ブロックG2、及び処理ブロックG3を一体に接続した構成を有している。搬入出ブロックG1、搬送ブロックG2及び処理ブロックG3は、X軸負方向側からこの順に並べて配置されている。

20

#### 【0017】

搬入出ブロックG1は、例えば外部との間で複数の重合ウェハTを収容可能なカセットCが搬入出される。搬入出ブロックG1には、カセット載置台10が設けられている。図示の例では、カセット載置台10には、複数、例えば3つのカセットCをY軸方向に一列に載置自在になっている。なお、カセット載置台10に載置されるカセットCの個数は、本実施形態に限定されず、任意に決定することができる。

#### 【0018】

搬送ブロックG2には、カセット載置台10のX軸正方向側において、当該カセット載置台10に隣接してウェハ搬送装置20が設けられている。ウェハ搬送装置20は、Y軸方向に延伸する搬送路21上を移動自在に構成されている。また、ウェハ搬送装置20は、重合ウェハTを保持して搬送する、例えば2つの搬送アーム22、22を有している。各搬送アーム22は、水平方向、鉛直方向、水平軸回り及び鉛直軸回りに移動自在に構成されている。なお、搬送アーム22の構成は本実施形態に限定されず、任意の構成を取り得る。そして、ウェハ搬送装置20は、カセット載置台10のカセットC、及び後述するトランジション装置30に対して、重合ウェハTを搬送可能に構成されている。

30

#### 【0019】

搬送ブロックG2には、ウェハ搬送装置20のX軸正方向側において、当該ウェハ搬送装置20に隣接して、重合ウェハTを受け渡すためのトランジション装置30が設けられている。

40

#### 【0020】

処理ブロックG3は、ウェハ搬送装置40、除去部としての周縁除去装置50、洗浄装置60、内部改質装置70、第2のレーザー照射部および酸化膜除去部としての界面改質装置80、及び第1のレーザー照射部としての膜処理装置90を有している。

#### 【0021】

ウェハ搬送装置40は、X軸方向に延伸する搬送路41上を移動自在に構成されている。また、ウェハ搬送装置40は、重合ウェハTを保持して搬送する、例えば2つの搬送アーム42、42を有している。各搬送アーム42は、水平方向、鉛直方向、水平軸回り及び鉛直軸回りに移動自在に構成されている。なお、搬送アーム42の構成は本実施形態に

50

限定されず、任意の構成を取り得る。そして、ウェハ搬送装置 40 は、トランジション装置 30、周縁除去装置 50、洗浄装置 60、内部改質装置 70、界面改質装置 80、及び膜処理装置 90 に対して、重合ウェハ T を搬送可能に構成されている。

#### 【0022】

周縁除去装置 50 は、第 1 のウェハ W1 の周縁部 We の除去、すなわちエッジトリム処理を行う。洗浄装置 60 は、重合ウェハ T を洗浄する。内部改質装置 70 は、第 1 のウェハ W1 の内部にレーザ光（内部用レーザ光、例えば YAG レーザ）を照射し、周縁部 We の剥離の基点となる周縁改質層 M1、及び周縁部 We の小片化の基点となる分割改質層 M2 を形成する。界面改質装置 80 は、第 1 のウェハ W1 と第 2 のウェハ W2 の界面にレーザ光（界面用レーザ光、例えば CO<sub>2</sub> レーザ）を照射し、後述の未接合領域 Ae を形成する。膜処理装置 90 は、エッジトリム処理による第 2 のウェハ W2 の周縁部における露出表面（表面膜）に対してレーザ光（膜処理用レーザ光、例えば CO<sub>2</sub> レーザ）を照射し、露出表面に付着したパーティクルの飛散を抑制する。

10

#### 【0023】

以上のウェハ処理システム 1 には、制御部としての制御装置 100 が設けられている。制御装置 100 は、例えばコンピュータであり、プログラム格納部（図示せず）を有している。プログラム格納部には、ウェハ処理システム 1 における重合ウェハ T の処理を制御するプログラムが格納されている。また、プログラム格納部には、上述の各種処理装置や搬送装置などの駆動系の動作を制御して、ウェハ処理システム 1 における後述のウェハ処理を実現させるためのプログラムも格納されている。なお、上記プログラムは、コンピュータに読み取り可能な記憶媒体 H に記録されていたものであって、当該記憶媒体 H から制御装置 100 にインストールされたものであってもよい。

20

#### 【0024】

次に、以上のように構成されたウェハ処理システム 1 を用いて行われるウェハ処理について説明する。なお、本実施形態では、ウェハ処理システム 1 の外部の接合装置（図示せず）において、第 1 のウェハ W1 と第 2 のウェハ W2 が接合され、予め重合ウェハ T が形成されている。

#### 【0025】

まず、複数の重合ウェハ T を収納したカセット C が、搬入出ブロック G1 のカセット載置台 10 に載置される。次に、ウェハ搬送装置 20 によりカセット C 内の重合ウェハ T が取り出される。カセット C から取り出された重合ウェハ T は、トランジション装置 30 を介してウェハ搬送装置 40 に受け渡された後、界面改質装置 80 に搬送される。界面改質装置 80 では、図 3 (a) に示すように、重合ウェハ T（第 1 のウェハ W1）を回転させながら第 1 のウェハ W1 とデバイス層 D1 の界面（より具体的には当該界面に形成された上述のレーザ吸収層）にレーザ光（例えば 8.9 μm ~ 11 μm の波長を有する CO<sub>2</sub> レーザ）を照射し、未接合領域 Ae を形成する（図 4 のステップ S1）。

30

#### 【0026】

未接合領域 Ae においては第 1 のウェハ W1 とデバイス層 D1 の界面が改質、又は剥離され、第 1 のウェハ W1 と第 2 のウェハ W2 の接合強度が低下、又は無くされる。これにより第 1 のウェハ W1 とデバイス層 D1 の界面には、環状の未接合領域 Ae と、当該未接合領域 Ae の径方向内側において、第 1 のウェハ W1 と第 2 のウェハ W2 とが接合された接合領域 Ac が形成される。後述するエッジトリムにおいては、除去対象である第 1 のウェハ W1 の周縁部 We が除去されるが、このように未接合領域 Ae が存在することで、かかる周縁部 We の除去を適切に行うことができる。

40

#### 【0027】

なお、第 1 のウェハ W1 の裏面 W1b には、図 5 (a) に示すように、例えば大気との接触等により、酸化膜（例えば SiO<sub>2</sub> 膜）がレーザ透過阻害膜 Ox として自然形成されている場合や、ウェハの反り耐性やエッチング耐性を向上させるための酸化膜（例えば SiO<sub>2</sub> 膜）や窒化膜（例えば Si<sub>3</sub>N<sub>4</sub> 膜）がレーザ透過阻害膜 Ox として意図的に形成されている場合がある。上記ステップ S1 においては、第 1 のウェハ W1 の裏面 W1b 側か

50

らレーザー光の照射を行って未接合領域A eを形成するが、このように裏面W 1 bにレーザー透過障害膜O xが形成されている場合、未接合領域A eを適切に形成できない場合がある。具体的には、重合ウェハTに対して照射されたレーザー光が、レーザー透過障害膜O xに吸収、反射されてしまうため、適切に未接合領域A eの形成位置である第1のウェハW 1とデバイス層D 1の界面にレーザー光を照射することができない。

#### 【0028】

そこで本実施形態においては、未接合領域A eの形成(ステップS 1)に先立って、第1のウェハW 1の裏面W 1 bに形成されたレーザー透過障害膜O xの除去を行ってもよい(図4のステップS 0)。レーザー透過障害膜O xは任意の方法により除去することができる。例えば、界面改質装置8 0においてレーザー光(C O<sub>2</sub>レーザー)を照射することによりレーザー透過障害膜O xを除去してもよい。また例えば、界面改質装置8 0の外部に、例えば洗浄装置6 0と積層して障害膜除去部としての障害膜除去装置(図示せず)を設け、当該障害膜除去装置においてレーザー透過障害膜O xの除去を行ってもよい。障害膜除去装置におけるレーザー透過障害膜O xの除去方法としては、例えば第1のウェハW 1の裏面W 1 bに対するウェットエッチング、研削、研磨等の処理を、単独又は組み合わせて行うことができる。また、例えば洗浄装置6 0の内部にウェットエッチング、研削、研磨等の処理を行うための機構を設けてもよい。

10

#### 【0029】

また、レーザー透過障害膜O xの除去は、第1のウェハW 1の裏面W 1 bの全面で行われてもよいし、図5(b)に示すように、少なくともレーザー光の照射位置である第1のウェハW 1の周縁部W eのみにおいて行われてもよい。ただし、このように周縁部W eのみにおいてレーザー透過障害膜O xの除去を行う方が、裏面W 1 bの全面でレーザー透過障害膜O xの除去を行う場合と比較して処理時間の短縮、及び資源(使用する薬液量やレーザー光の照射量)の節約になり、コストを低減、及び省エネルギー化をすることができる。

20

#### 【0030】

未接合領域A eが形成された重合ウェハTは、次に、ウェハ搬送装置4 0により内部改質装置7 0へと搬送される。内部改質装置7 0では、図3(b)及び図6に示すように、第1のウェハW 1の内部に周縁改質層M 1及び分割改質層M 2を形成する(図4のステップS 2)。周縁改質層M 1は、後述のエッジトリムにおいて周縁部W eを除去する際の基点となるものである。分割改質層M 2は、除去される周縁部W eの小片化の基点となるものである。なお以降の説明に用いる図面においては、図示が複雑になることを回避するため、分割改質層M 2の図示を省略する場合がある。

30

#### 【0031】

ここで周縁改質層M 1の形成位置は、ステップS 1で形成された未接合領域A eの内端よりも若干径方向内側に決定される。周縁改質層M 1は、接合領域A cと未接合領域A eの境界(以下、単に「境界」という。)と重なる位置に形成されることが理想であるが、例えば加工誤差などにより径方向にずれて形成される場合がある。そして、これにより周縁改質層M 1が境界から径方向外側に離れた位置、すなわち未接合領域A eに形成されると、周縁部W eが除去された後に第2のウェハW 2に対して第1のウェハW 1が浮いた状態になってしまう場合がある。この点、周縁改質層M 1を境界よりも径方向内側に形成するように制御することにより、例えば加工誤差により形成位置がずれたとしても、境界と重なる位置、または境界よりも径方向外側であっても当該境界に近接した位置に周縁改質層M 1を形成することができ、境界から径方向外側に離れた位置に周縁改質層M 1が形成されるのを抑制できる。

40

#### 【0032】

なお、第1のウェハW 1の内部に形成された周縁改質層M 1からは、図3(b)に示したように、第1のウェハW 1の厚み方向にクラックC 1が伸展する。クラックC 1の下端部は、例えば第1のウェハW 1の表面W 1 aに到達させる。

#### 【0033】

第1のウェハW 1の内部に周縁改質層M 1及び分割改質層M 2が形成された重合ウェハ

50

Tは、次に、ウェハ搬送装置40により周縁除去装置50へと搬送される。周縁除去装置50では、図3(c)に示すように、第1のウェハW1の周縁部Weの除去、すなわちエッジトリム処理が行われる(図4のステップS3)。この時、周縁部Weは、周縁改質層M1及びクラックC1を基点として第1のウェハW1の中央部Wcから剥離されるとともに、未接合領域Aeを基点としてデバイス層D1(第2のウェハW2)から剥離される。またこの時、除去される周縁部Weは分割改質層M2及び当該分割改質層M2から伸展する図示しないクラックを基点として小片化される。

#### 【0034】

周縁部Weの除去にあたっては、重合ウェハTを形成する第1のウェハW1と第2のウェハW2との界面に、例えばくさび形状からなるブレードを挿入してもよい。また例えば、エアブローやウォータジェットを噴射し、当該周縁部Weを打圧して除去してもよい。このように、エッジトリムにあたっては第1のウェハW1の周縁部Weに対して衝撃を加えることにより、周縁部Weが周縁改質層M1及びクラックC1を基点に適切に剥離される。また、上述のように、未接合領域Aeにより第1のウェハW1と第2のウェハW2の接合強度が低下しているため、周縁部Weが適切に除去される。

#### 【0035】

第1のウェハW1の周縁部Weが除去された重合ウェハTは、次に、ウェハ搬送装置40により膜処理装置90へと搬送される。膜処理装置90では、図3(d)に示すように、周縁部Weが除去された後の第2のウェハW2の周縁部におけるパーティクルの飛散を抑制するための処理(以下、「膜処理」という場合がある。)が行われる(図4のステップS4)。

#### 【0036】

周縁部Weの除去後の第2のウェハW2の表面、具体的には、第1のウェハW1の除去により露出した第2のウェハW2の周縁部に残る表面膜の露出面Feには、図7に示すように残膜やパーティクルP(以下、「パーティクル等」という。)が残留している。このパーティクル等は、重合ウェハTの搬送中やプロセス中に剥離、落下、又は飛散することで、ウェハ処理システム1の内部、カセットCの内部や他の重合ウェハTを汚染する原因となり得る。

#### 【0037】

また、周縁部Weの除去後の第1のウェハW1と第2のウェハW2の接合界面には、図7に示したように、第1のウェハW1と第2のウェハW2の接合時において形成されたエッジボイドV(空気層)が残留している場合がある。このエッジボイドVは、後工程における重合ウェハTの加熱や冷却、加圧や減圧の影響で破裂することで、パーティクル等の発生原因となり得る。

#### 【0038】

そこで本発明者らが鋭意検討を行ったところ、この周縁部Weの除去後におけるパーティクル等の飛散を抑制するための手法として、下記の2つの方法を知見した。

#### 【0039】

1つ目の方法は、パーティクル等の発生源となり得る露出面Feを除去する方法である。すなわち、例えば露出面Feに対してレーザ光(例えばCO<sub>2</sub>レーザ)を照射し、図8(a)に示すように少なくともパーティクル等が残留する表面膜の表層を除去する。

また例えば、第1のウェハW1と第2のウェハW2の接合界面にエッジボイドVが形成されている場合には、当該接合界面にレーザ光を照射し、図8(b)に示すように第1のウェハW1の表面膜(デバイス層D1、及び接合用膜F1)を除去してもよい。

更に例えば、露出面Feに対してレーザ光(例えばCO<sub>2</sub>レーザ)を照射し、図8(c)に示すように周縁部Weの除去後の第2のウェハW2の周縁部に残る全ての表面膜(デバイス層D1、D2及び接合用膜F1、F2)を除去してもよい。

#### 【0040】

かかる場合、レーザ光の照射により除去される表面膜と共に、露出面Feの表面に残留していたパーティクル等が除去されるため、このパーティクル等が剥離、落下、又は飛散

10

20

30

40

50

することが抑制される。

また、このように表面膜を除去して図 8 ( b ) に示したようにエッジボイド V ( 接合界面 ) を露出させることにより、エッジボイド V の形成部に蓄積されていた空気が解放され、当該エッジボイド V の破裂が抑制される。

更に、図 8 ( c ) に示したように第 2 のウェハ W 2 の周縁部に残る表面膜を全て除去することで、後工程において、当該第 2 のウェハ W 2 の周縁部からパーティクル P 等が剥離、落下、又は飛散することがなくなる。

#### 【 0 0 4 1 】

2 つ目の方法は、パーティクル等の発生源となり得る露出面 F e を改質する方法である。すなわち、例えば露出面 F e に対してレーザ光 ( 例えば C O <sub>2</sub> レーザ ) を照射し、図 9 ( a ) に示すように少なくともパーティクル等が残留する表面膜の表層を溶融させ、更に当該溶融部分を固着させる ( 以下、この表面膜の「溶融」、及び「固着」を合わせて「表面膜の改質」という。 ) 。

10

また例えば、第 1 のウェハ W 1 と第 2 のウェハ W 2 の接合界面にエッジボイド V が形成されている場合には、第 1 のウェハ W 1 の表面膜の内部にレーザ光を照射し、図 9 ( b ) に示すように第 1 のウェハ W 1 の表面膜 ( デバイス層 D 1、及び接合用膜 F 1 ) を一体に改質してもよい。換言すれば、周縁部 W e の除去後に第 2 のウェハ W 2 に残留するデバイス層 D 1、及び接合用膜 F 1 の露出部分をレーザ光の照射により溶融させた後、溶融したデバイス層 D 1、及び接合用膜 F 1 を一体の固着物として形成してもよい。

更に例えば、露出面 F e に対してレーザ光 ( 例えば C O <sub>2</sub> レーザ ) を照射し、図 9 ( c ) に示すように周縁部 W e の除去後の第 2 のウェハ W 2 の周縁部に残る全ての表面膜 ( デバイス層 D 1、D 2 及び接合用膜 F 1、F 2 ) を一体に改質してもよい。換言すれば、周縁部 W e の除去後に第 2 のウェハ W 2 に残留するデバイス層 D 1、D 2 及び接合用膜 F 1、F 2 の露出部分をレーザ光の照射により溶融させた後、溶融したデバイス層 D 1、D 2 及び接合用膜 F 1、F 2 を一体の固着物として形成してもよい。

20

#### 【 0 0 4 2 】

かかる場合、レーザ光の照射により溶融される表面膜と共に、露出面 F e の表面に残留していたパーティクル等が固着するため、換言すれば、表面膜とパーティクル等が一体の固着物として形成されるため、このパーティクル等の飛散が抑制される。

また、図 9 ( b ) に示したように第 1 のウェハ W 1 の表面膜を一体に改質することにより、この表面膜の改質にかかる過程においてエッジボイド V に蓄積された空気が外部へ解放され、これにより当該エッジボイド V の破裂を抑制できる。

30

更に、図 9 ( c ) に示したように第 2 のウェハ W 2 の周縁部に残る全ての表面膜を一体に改質することで、後工程において、当該第 2 のウェハ W 2 の周縁部からパーティクル P 等が剥離、落下、又は飛散することがなくなる。

#### 【 0 0 4 3 】

露出面 F e における表面膜の除去、又は改質が行われた重合ウェハ T は、次に、ウェハ搬送装置 4 0 により洗浄装置 6 0 へと搬送される。洗浄装置 6 0 では、周縁部 W e を除去し、膜処理が行われた後の第 1 のウェハ W 1 の裏面 W 1 b、及び露出部分が洗浄される ( 図 4 のステップ S 5 )。なお、洗浄装置 6 0 では、第 1 のウェハ W 1 の裏面 W 1 b と共に、第 2 のウェハ W 2 の裏面 W 2 b が洗浄されてもよい。

40

#### 【 0 0 4 4 】

その後、全てのウェハ処理が施された重合ウェハ T は、トランジション装置 3 0 を介してウェハ搬送装置 2 0 によりカセット載置台 1 0 のカセット C に搬送される。こうして、ウェハ処理システム 1 における一連のウェハ処理が終了する。

#### 【 0 0 4 5 】

以上の実施形態によれば、周縁部 W e の除去後に露出部分の少なくとも表層を、レーザ光の照射により除去又は改質することにより、適切にパーティクル等の飛散を抑制することができる。またこの時、露出面 F e から第 1 のウェハ W 1 と第 2 のウェハ W 2 の接合界面までを一体に除去又は改質することにより、エッジボイド V に蓄積された空気を解放で

50

き、当該エッジボイドVに起因するパーティクルの発生も適切に抑制することができる。

【0046】

また、以上の実施形態においてはエッジトリムに先立って、第1のウェハW1と第2のウェハW2の接合強度を低下させる未接合領域Aeを形成している。これにより、周縁部Weは第2のウェハW2から容易に剥離されるため、剥離界面(露出面Fe)にパーティクル等が残留することが抑制される。すなわち、周縁部Weの除去後におけるパーティクル等の飛散が更に適切に抑制される。

【0047】

また更に、未接合領域Aeの形成に先立って、第1のウェハW1の裏面W1bに形成されたレーザ透過阻害膜Oxの除去が行われるため、未接合領域Aeの形成を適切に行うことができる。

10

【0048】

なお、以上の実施形態においては未接合領域Aeの形成を界面改質装置80で、露出面Feの膜処理を膜処理装置90でそれぞれ行ったが、これら未接合領域Aeの形成及び膜処理がいずれもレーザ光(CO<sub>2</sub>レーザ)の照射により行われる場合、未接合領域Aeの形成及び膜処理を同一の装置内で行うように構成することができる。具体的には、例えば第1のウェハW1の周縁部Weが除去された後の重合ウェハTを、ウェハ搬送装置40により周縁除去装置50から界面改質装置80に再度搬入し、当該界面改質装置80において膜処理を行うようにしてもよい。

【0049】

20

なお、以上の実施形態においては、第1のウェハW1と第2のウェハW2が接合された重合ウェハTにおいて、第2のウェハW2から第1のウェハW1の周縁部Weを剥離することにより露出した、第2のウェハW2の周縁部に残る表面膜を処理する場合を例に説明を行ったが、本開示内容に係る技術の適用例はこれに限定されない。例えば、第1のウェハW1の全面を第2のウェハW2から剥離し、第1のウェハW1に形成されたデバイス層D1を第2のウェハW2に転写する場合においても、本開示内容に係る技術を適用することができる。

【0050】

具体的には、第2のウェハW2へのデバイス層D1の転写においては、図10(a)に示すように第1のウェハW1とデバイス層D1の界面全面に形成された未接合領域Aeを基点として第1のウェハW1の剥離を行う。しかしながら、この際、未接合領域Aeの形成界面において例えば接合用膜F1が第2のウェハW2に対して浮いた状態となり、図10(b)に示すようにナイフエッジ形状Kを形成する場合がある。そして、このように第1のウェハW1の除去後の第2のウェハW2の周縁部においてナイフエッジ形状Kが形成された場合、当該第2のウェハW2の周縁部でチップングが発生し、第1のウェハW1の剥離後における第2のウェハW2の周縁部にパーティクルが付着するおそれがある。

30

【0051】

そこで、このようにデバイス層D1の転写後の第2のウェハW2の周縁部において上記実施形態に示した膜処理を行うことで、当該ナイフエッジ形状Kに起因するパーティクル等の飛散を抑制することができる。すなわち、図10(c)に示すように第1のウェハW1の剥離によりナイフエッジ形状Kが形成された第2のウェハW2の周縁部にレーザ光を照射し、これにより当該第2のウェハW2の周縁部に残る表面膜(ナイフエッジ形状K)の除去、又は改質を行って、好ましくは接合用膜F1と接合用膜F2の隙間を無くすことで、適切にパーティクル等の飛散を抑制することができる。

40

【0052】

また図10(b)に示したように、第1のウェハW1を第2のウェハW2の未接合箇所(例えば周縁部における面取り加工がされた箇所)においては適切に未接合領域Aeが形成されず、剥離後の第1のウェハW1の周縁部や表面に残留膜K2が残る可能性がある。そして、このように第1のウェハW1に残留膜K2が残った場合、やはりパーティクルを発生させる原因となるおそれがある。そこで本実施形態にかかるウェハ処理システム1に

50

おいては、このように剥離後の第1のウェハW1に残った残留膜K2を除去するための処理、例えばウェットエッチング等が更に行われてもよい。

【0053】

なお、図9(c)に示したように、第2のウェハW2の周縁部に残る全ての表面膜をレーザー光(例えばCO<sub>2</sub>レーザー)の照射により除去する場合、換言すれば、表面膜を除去して第2のウェハW2の表面W2aを露出させる場合、当該レーザー光の照射により第2のウェハW2の表面W2aの平坦度が悪化する(表面状態が粗くなる)おそれがある。このように表面W2aの平坦度が悪化した場合、後工程におけるウェハ処理を適切に実行できなくなるおそれ、具体的には、例えば表面W2aに対する膜の形成を適切に実行できなくなるおそれがある。

10

【0054】

そこで本実施形態においては、第2のウェハW2の表面W2aに残る表面膜(接合用膜F1、F2及びデバイス層D1、D2)の除去に際してのレーザー光の照射条件を制御し、表面膜除去後の表面W2aに微細周期構造を形成する。微細周期構造は例えばナノスケール以下の凹凸により構成される表面構造(例えば特許文献2を参照)であって、このように微細周期構造を形成することで、表面W2aの平坦度を改善することができる。

【0055】

そこで以下、第1のウェハWの周縁部Weの除去後において、第2のウェハW2の周縁部に残る全ての表面膜を除去し、かつ、これら表面膜の除去後に露出する第2のウェハW2aの表面W2aに微細周期構造を形成するための手法について説明する。

20

【0056】

第2のウェハW2の周縁部に残る表面膜の完全除去に際しては、周縁部Weの除去後の表面膜の露出面Feに対してレーザー光(例えばフェムト秒レーザーやピコ秒レーザー等の超短パルスレーザー)を照射し、図11に示すように第2のウェハW2の周縁部に残る全ての表面膜(デバイス層D1、D2及び接合用膜F1、F2)を完全に除去する。

【0057】

またこの際、照射されるレーザー光の作用により第2のウェハW2の表面W2aの平坦度が悪化するのを抑制するため、当該レーザー光の照射条件を、表面W2aに微細周期構造Fp(図11を参照)を形成し得る照射条件で制御する。具体的には、表面膜に照射するレーザー光のフルエンス(Fluence:エネルギー密度)及びオーバーラップ(Overlap:パルスレーザー照射領域の重なり)を所望の条件で調整する。

30

そして、かかる照射条件で第2のウェハW2の表面W2aにレーザー光を更に照射することで、表面膜の除去後の当該表面W2aに微細周期構造Fpを形成する。

【0058】

このように、本実施形態においては、微細周期構造Fpを形成し得る所望の条件で表面W2aにレーザー光を照射することで表面W2aの平坦度の悪化を抑制する。

【0059】

なお、表面W2aへの微細周期構造Fpの形成に際してのレーザー光の照射条件(フルエンス及びオーバーラップ)は、上述したように第2のウェハW2の周縁部に残る表面膜の除去に際してのレーザー光の照射条件と同様であってもよい。換言すれば、レーザー照射条件を途中で変更することなく、一貫して表面膜の除去、及び微細周期構造Fpの形成が行われてもよい。

40

しかしながらレーザー光の照射条件はこれに限られず、表面膜の除去と微細周期構造Fpの形成において、それぞれ異なる照射条件が設定されてもよい。

【0060】

具体的には、例えば、第2のウェハW2の周縁部に残る表面膜の除去に際しては、当該表面膜の除去に係る時間を短縮し得る照射条件、換言すれば、レーザー光の照射時における表面膜の除去体積が大きくなる処理条件でレーザー光を照射してもよい。かかる場合、当該照射条件は、例えば表面W2aに微細周期構造Fpを形成することができない条件であってもよい。

50

そして、例えば表面膜を概ね除去した後、表面W 2 aに残る残膜を除去するとともに、表面W 2 aの表面処理（微細周期構造F pの形成）を行うに際して、微細周期構造F pを形成し得る照射条件に調整を行ってもよい。

換言すれば、表面膜の除去と微細周期構造F pの形成のそれぞれにおいて、レーザ光のフルエンス及びオーバーラップを所望の条件でとなるように変更し、これによりレーザ処理全体の処理時間を短縮するようにしてもよい。

【0061】

また、図示の例においては表面膜（デバイス層D 1、D 2及び接合用膜F 1、F 2）が除去された第2のウェハW 2の周縁部の全面に微細周期構造F pを形成したが、微細周期構造F pの形成範囲はこれに限定されない。例えばウェハ処理等の目的に応じて、第2のウェハW 2の周縁部の一部のみに微細周期構造F pが形成されてもよい。

10

【0062】

なお、以上の実施形態においては、例えば図3に示したように第1のウェハW 1とデバイス層D 1の界面において未接合領域A eの形成し、更に当該界面において周縁部W eの除去（エッジトリム）を行ったが、第1のウェハW 1の周縁部W eの除去界面は当該界面に限定されるものではない。すなわち、例えばデバイス層D 1と接合用膜F 1の界面やデバイス層D 2と接合用膜F 2の界面に未接合領域A eの形成し、未接合領域A eが形成された当該界面において周縁部W eの除去（エッジトリム）を行ってもよい。

かかる場合であっても、周縁部W eの除去後の露出面F eに対してレーザ光の照射を行うことで、図8や図9に示したようにパーティクル等の飛散を抑制できる。

20

また、このように第1のウェハW 1とデバイス層D 1の界面よりも第2のウェハW 2側に位置する界面において周縁部W eの除去を行うことで、第2のウェハW 2の周縁部に残る表面膜の厚みが小さくなる。換言すれば、第2のウェハW 2の周縁部に残る表面膜の体積が小さくなるため、上述したように当該表面膜を完全除去する際において、表面膜の除去体積が減少し、当該表面膜の除去に係るスループットを向上できる。

【0063】

今回開示された実施形態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。上記の実施形態は、添付の請求の範囲及びその主旨を逸脱することなく、様々な形態で省略、置換、変更されてもよい。

【符号の説明】

30

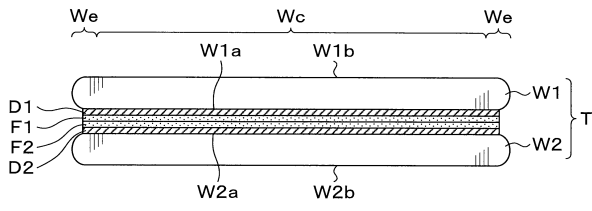
【0064】

D 1	デバイス層
D 2	デバイス層
F 1	接合用膜
F 2	接合用膜
F e	露出面
T	重合ウェハ
W 1	第1のウェハ
W 2	第2のウェハ
W e	周縁部

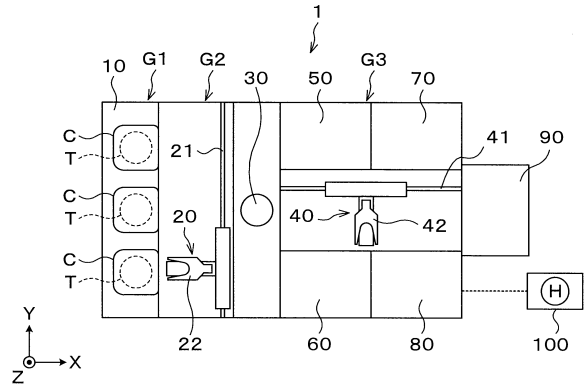
40

【図面】

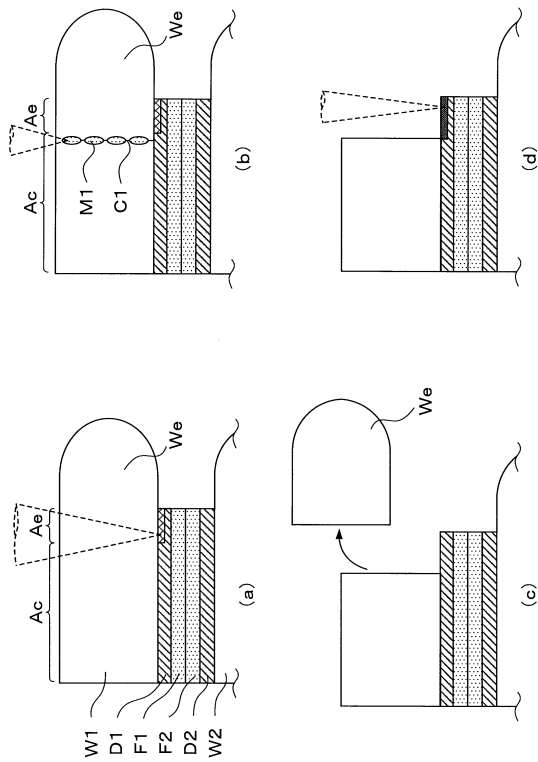
【図 1】



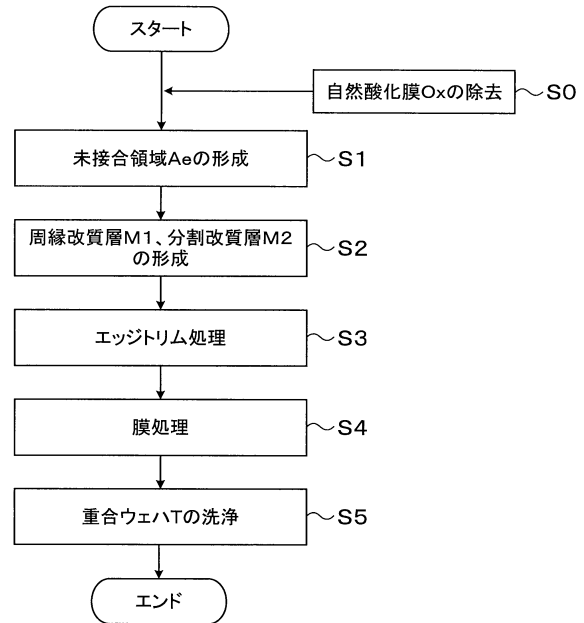
【図 2】



【図 3】



【図 4】



10

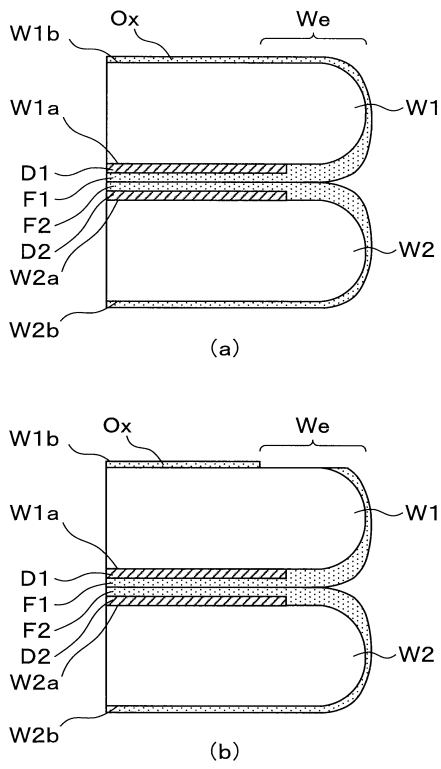
20

30

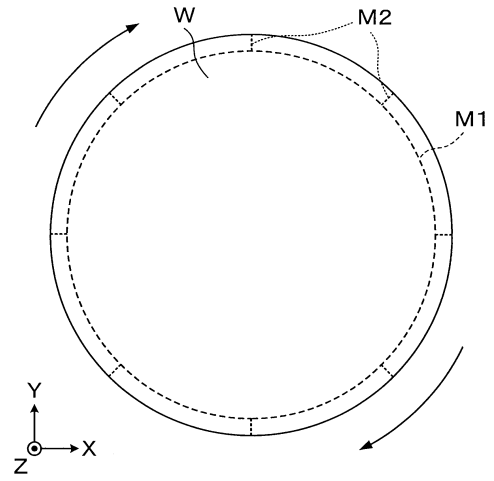
40

50

【 図 5 】



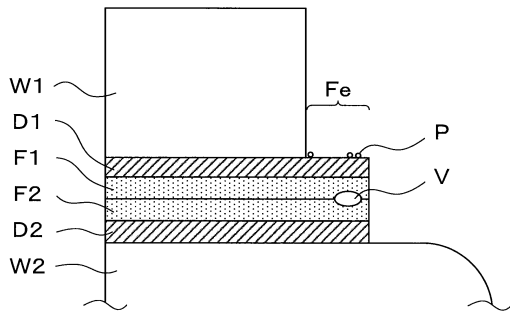
【 図 6 】



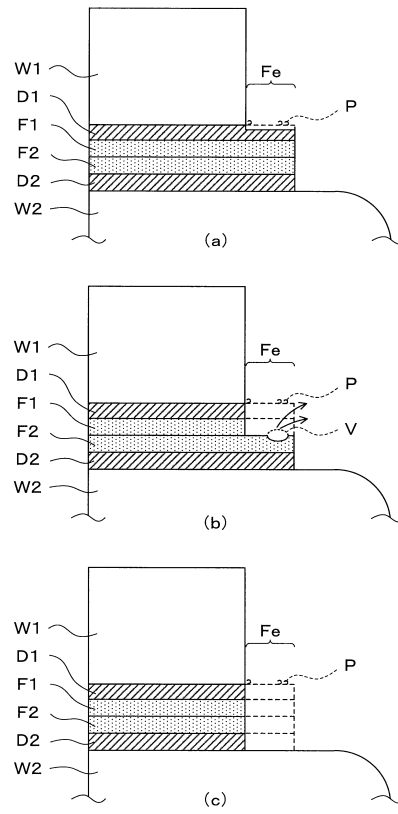
10

20

【 図 7 】



【 図 8 】

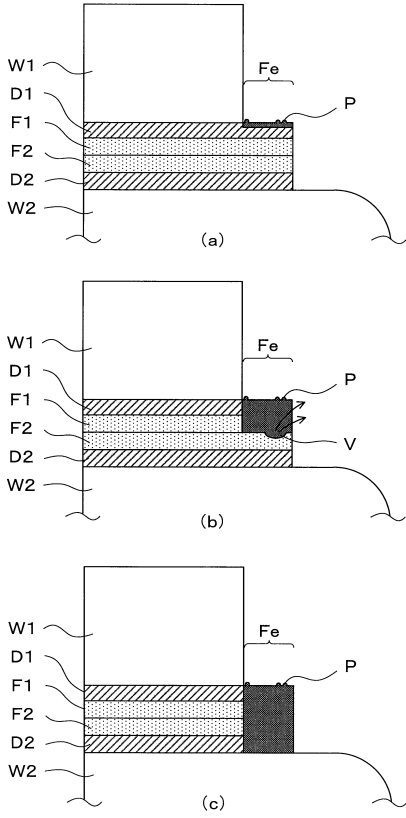


30

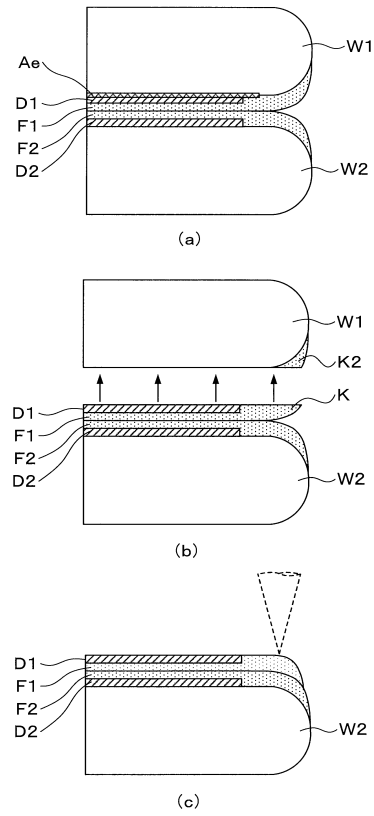
40

50

【図 9】



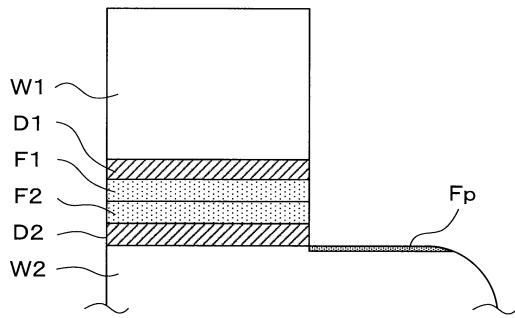
【図 10】



10

20

【図 11】



30

40

50

## フロントページの続き

東京エレクトロン九州株式会社内

(72)発明者 山下 陽平

熊本県菊池郡大津町高尾野 2 7 2 - 4 東京エレクトロン九州株式会社内

(72)発明者 溝本 康隆

熊本県菊池郡大津町高尾野 2 7 2 - 4 東京エレクトロン九州株式会社内

審査官 内田 正和

(56)参考文献 国際公開第 2 0 1 9 / 1 7 6 5 8 9 ( W O , A 1 )

国際公開第 2 0 2 0 / 0 1 2 9 8 6 ( W O , A 1 )

国際公開第 2 0 2 0 / 0 6 6 4 9 2 ( W O , A 1 )

特開 2 0 0 1 - 2 5 7 1 3 9 ( J P , A )

(58)調査した分野 (Int.Cl. , D B 名)

H 0 1 L 2 1 / 3 0 4

B 2 3 K 2 6 / 3 6

B 2 3 K 2 6 / 5 3