

(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
2023年11月16日(16.11.2023)



(10) 国際公開番号

WO 2023/219026 A1

- (51) 国際特許分類:
H01L 21/306 (2006.01) H01L 21/304 (2006.01)
- (21) 国際出願番号: PCT/JP2023/017025
- (22) 国際出願日: 2023年5月1日(01.05.2023)
- (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 2022-079719 2022年5月13日(13.05.2022) JP
- (71) 出願人: 東京エレクトロン株式会社(TOKYO ELECTRON LIMITED) [JP/JP]; 〒1076325 東京都港区赤坂五丁目3番1号 Tokyo (JP).
- (72) 発明者: 坂口 慶介 (SAKAGUCHI, Keisuke); 〒8611116 熊本県合志市福原 1-1 東京エ

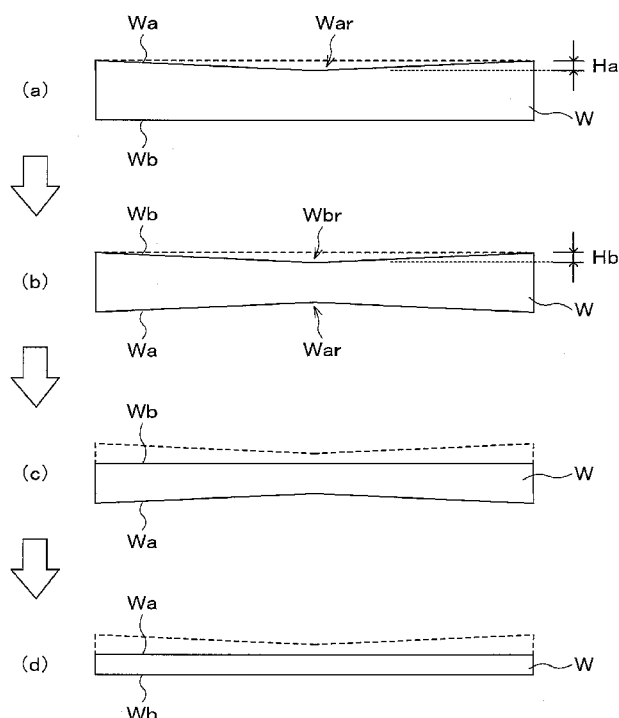
クトロン九州株式会社内 Kumamoto (JP). 早川 晋(HAYAKAWA, Susumu); 〒8691232 熊本県菊池郡大津町高尾野 2 7 2-4 東京エレクトロン九州株式会社内 Kumamoto (JP).

(74) 代理人: 金本 哲男, 外(KANEMOTO, Tetsuo et al.); 〒1620065 東京都新宿区住吉町 1-2 0 角張ビル 曙国際特許事務所 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, CV, CZ, DE, DJ, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IQ, IR, IS, IT, JM, JO, JP, KE, KG, KH, KN, KP, KR, KW, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LU, LY, MA, MD, MG, MK, MN, MU, MW, MX, MY,

(54) Title: SUBSTRATE PROCESSING METHOD AND SUBSTRATE PROCESSING SYSTEM

(54) 発明の名称: 基板処理方法及び基板処理システム



(57) Abstract: The present invention provides a substrate processing method for processing a substrate, the method comprising: a step in which one surface of the substrate is ground so as to form a recess wherein the central part of the one surface is recessed from the outer peripheral part; a step in which the thickness distribution of the substrate is acquired by measuring the thickness of the substrate after the grinding; a step in which the optimum etching conditions for optimizing the etching amount deviation distribution during the etching of the one surface are calculated on the basis of the thickness distribution; and a step in which the one surface is etched by supplying an etching liquid from an etching liquid supply unit to the one surface of the substrate after the grinding on the basis of the optimum etching conditions.

(57) 要約: 基板を処理する基板処理方法であって、前記基板の一面を研削して、前記一面の中心部が外周部より窪んだ凹部を形成することと、研削後の前記基板の厚みを測定して、当該基板の厚み分布を取得することと、前記厚み分布に基づいて、前記一面をエッチングする際のエッチング量偏差分布を最適化する最適エッチング条件を算出することと、前記最適エッチング条件に基づいて、研削後の前記基板の前記一面にエッチング液供給部からエッチング液を供給して当該一面をエッチングすることと、を含む。

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, ST, SV, SY, TH, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA,
UG, US, UZ, VC, VN, WS, 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, CV, GH, GM, KE, LR, LS, MW, MZ, NA, RW, SC, 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, ME, 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))

明 細 書

発明の名称：基板処理方法及び基板処理システム

技術分野

[0001] 本開示は、基板処理方法及び基板処理システムに関する。

背景技術

[0002] 特許文献1には、半導体インゴットをスライスして得られたウェハの少なくともおもて面を平坦化する工程と、平坦化されたウェハのおもて面をスピコンエッチングによりエッチングする工程と、を含む半導体ウェハの製造方法が開示されている。

先行技術文献

特許文献

[0003] 特許文献1：特開平11-135464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、エッチング処理時における基板の表面形状を適切に制御する。

課題を解決するための手段

[0005] 本開示の一態様は、基板を処理する基板処理方法であって、前記基板の一面を研削して、前記一面の中心部が外周部より窪んだ凹部を形成することと、研削後の前記基板の厚みを測定して、当該基板の厚み分布を取得することと、前記厚み分布に基づいて、前記一面をエッチングする際のエッチング量偏差分布を最適化する最適エッチング条件を算出することと、前記最適エッチング条件に基づいて、研削後の前記基板の前記一面にエッチング液供給部からエッチング液を供給して当該一面をエッチングすることと、を含む。

発明の効果

[0006] 本開示によれば、エッチング処理時における基板の表面形状を適切に制御

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の構成の概略を示す平面図である。
- [図2]エッチング装置の構成の概略を示す側面図である。
- [図3]ノズルが径方向に移動する様子を示す説明図である。
- [図4]研削ユニットの構成の概略を示す側面図である。
- [図5]研削ユニットでウェハ表面を研削する様子を示す説明図である。
- [図6]ウェハ処理の主な工程を示すフロー図である。
- [図7]ウェハ処理の主な工程を示す説明図である。
- [図8]エッチング量偏差分布の一例を示す説明図である。
- [図9]エッチング量偏差分布の最適化方法の主な工程を示すフロー図である。
- [図10]複数のパーツの一例を示す説明図である。
- [図11]重ね合わせに用いるパーツの一例を示す説明図である。
- [図12]最適化された複数のパーツを重ね合わせた一例を示す説明図である。
- [図13]ウェハ処理の主な工程を示すフロー図である。
- [図14]ウェハ処理の主な工程を示すフロー図である。
- [図15]ウェハ処理の主な工程を示す説明図である。
- [図16]ウェハ処理の主な工程を示すフロー図である。
- [図17]ウェハ処理の主な工程を示す説明図である。
- [図18]ウェハ処理の主な工程を示すフロー図である。
- [図19]ウェハ処理の主な工程を示す説明図である。
- [図20]エッチング量偏差分布の一例を示す説明図である。
- [図21]研削後のウェハの第1の面の形状の一例を示す説明図である。
- [図22]複数のパーツの一例を示す説明図である。

発明を実施するための形態

- [0008] 半導体デバイスの製造工程では、単結晶シリコンインゴットからワイヤーソー等により切り出して得られた円盤状のシリコンウェハ（以下、単に「ウェハ」という。）の切断面を平坦化、平滑化してウェハの厚みを均一化する

ことが行われている。切断面の平坦化は、例えば平面研削やラッピングにより行われる。切断面の平滑化は、例えばウェハを回転させながら当該ウェハの切断面上方からエッチング液を供給するスピネッチングにより行われる。

[0009] 上述した特許文献 1 には、半導体インゴットをスライスして得られたウェハの少なくともおもて面を平面研削又はラッピングにより平坦化した後、当該おもて面をスピネッチングによりエッチングすることが開示されている。特許文献 1 に記載のスピネッチング工程では、当該スピネッチングの開始時においては噴射ノズルをウェハの外周部分上方で移動させ、その後、外周部分をエッチングされたウェハの中心部上方に噴射ノズルの位置を固定し、エッチング液を供給してスピネッチングする。

[0010] しかしながら本発明者らは、特許文献 1 に開示される方法により、ウェハの中心部上方にノズルの位置を固定してエッチング液を供給した場合、特にエッチング液の吐出直下で、エッチング後のウェハの表面形状を適切に制御できなくなることを知見した。具体的には、エッチング液の吐出直下であるウェハの中心部におけるエッチング量が、当該中心部の周囲の外周部でのエッチング量と比較して小さくなることを知見した。ウェハの外周部においては、中心部に供給されたエッチング液が遠心力により通流されてエッチングが進行する。一方、エッチング液の吐出直下である中心部においては、遠心力により供給されたエッチング液が排除されてしまうとともに、当該遠心力による排除に際して、ウェハの表面でエッチングを進行させるために必要となる流れ（エッチング液の流速及び流量）を形成できない。

[0011] 本開示にかかる技術は、上記知見に鑑みてなされたものであり、エッチング処理時における基板の表面形状を適切に制御する。以下、本実施形態にかかる基板処理システム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。

- [0012] 本実施形態にかかるウェハ処理システム１では、インゴットから切り出して得られた基板としてのウェハWに対し、厚みの面内均一性を向上させるための処理を行う。以下、ウェハWの切り出し面を一面としての第１の面Waと他面としての第２の面Wbという。第１の面Waは第２の面Wbの反対側の面である。また、第１の面Waと第２の面Wbを総称してウェハWの表面という場合がある。
- [0013] 図１に示すようにウェハ処理システム１は、搬入出ステーション１０と処理ステーション１１を一体に接続した構成を有している。搬入出ステーション１０は、例えば外部との間で複数のウェハWを収容可能なカセットCが搬入出される。処理ステーション１１は、ウェハWに対して所望の処理を施す各種処理装置を備えている。
- [0014] 搬入出ステーション１０には、カセット載置台２０が設けられている。図示の例では、カセット載置台２０は、複数、例えば２つのカセットCをＹ軸方向に一例に載置可能に構成されている。
- [0015] 処理ステーション１１には、例えば３つの処理ブロックG１～G３が設けられている。第１の処理ブロックG１、第２の処理ブロックG２及び第３の処理ブロックG３は、Ｘ軸負方向側（搬入出ステーション１０側）から正方向側にこの順で並べて配置されている。
- [0016] 第１の処理ブロックG１には、反転装置３０、３１、厚み測定装置４０、エッチング装置５０、５１、及びウェハ搬送装置６０が設けられている。反転装置３０とエッチング装置５０はＸ軸負方向側から正方向側にこの順に並べて配置されている。反転装置３０、３１及び厚み測定装置４０は、例えば鉛直方向に下段からこの順で積層して設けられている。エッチング装置５０、５１は、例えば鉛直方向に下段からこの順で積層して設けられている。ウェハ搬送装置６０は、エッチング装置５０、５１のＹ軸正方向側に配置されている。なお、反転装置３０、３１、厚み測定装置４０、エッチング装置５０、５１、及びウェハ搬送装置６０の数や配置はこれに限定されない。
- [0017] 反転装置３０、３１は、ウェハWの第１の面Waと第２の面Wbを上下方

向に反転させる。反転装置 30、31 の構成は任意である。

[0018] 厚み測定装置 40 は、一例において測定部（図示せず）と算出部（図示せず）を備える。測定部は、研削後又はエッチング後のウェハ W の厚みを複数点で測定するセンサを備える。算出部は、測定部による測定結果（ウェハ W の厚み）からウェハ W の厚み分布を取得し、更にウェハ W の平坦度（TTV : Total Thickness Variation）を算出する。なお、かかるウェハ W の厚み分布及び平坦度の算出は、当該算出部に代えて、後述の制御装置 140 で行われてもよい。換言すれば、後述の制御装置 140 内に算出部（図示せず）が設けられてもよい。なお、厚み測定装置 40 の構成はこれに限定されず、任意に構成できる。

[0019] エッチング装置 50、51 は、後述の加工装置 110 における研削後の第 1 の面 W a 又は研削後の第 2 の面 W b のシリコン（Si）をエッチングする。

[0020] 図 2 に示すようにエッチング装置 50、51 は、基板保持部としてのウェハ保持部 52 と、回転機構 53 と、エッチング液供給部としてのノズル 54 とを有している。ウェハ保持部 52 は、ウェハ W の外縁部を複数点、本実施形態においては 3 点で保持する。なお、ウェハ保持部 52 の構成は図示の例には限定されず、例えばウェハ保持部 52 は、ウェハ W を下方から吸着保持するチャックを備えていてもよい。回転機構 53 は、ウェハ保持部 52 に保持されたウェハ W を鉛直な回転中心線 52 a を中心に回転させる。

[0021] ノズル 54 は、ウェハ保持部 52 に保持されたウェハ W の第 1 の面 W a 又は第 2 の面 W b にエッチング液 E を供給する。ノズル 54 は、当該ノズル 54 にエッチング液 E を供給するエッチング液供給源（図示せず）に接続されている。ノズル 54 は、ウェハ保持部 52 の上方に設けられ、移動機構 55 によって水平方向及び鉛直方向に移動可能に構成されている。一例においてノズル 54 は、ウェハ保持部 52 の回転中心線 52 a を通って、すなわち、図 3 に示すようにウェハ W の中心部上方を通して往復移動（スキャン移動）可能に構成される。

- [0022] エッチング液Eには、エッチング対象となり得るウェハWのシリコンを適切にエッチングするため、少なくともフッ酸又は硝酸が含まれている。また、エッチング液Eには、リン酸又は硫酸が含まれていてもよい。
- [0023] 図1に示すようにウェハ搬送装置60は、ウェハWを保持して搬送する、例えば2つの搬送アーム61を有している。各搬送アーム61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。そして、ウェハ搬送装置60は、カセット載置台20のカセットC、反転装置30、31、厚み測定装置40、エッチング装置50、51、後述するバッファ装置70、後述する洗浄装置80、及び後述する反転装置90に対して、ウェハWを搬送可能に構成されている。
- [0024] 第2の処理ブロックG2には、バッファ装置70、洗浄装置80、反転装置90、及びウェハ搬送装置100が設けられている。バッファ装置70、洗浄装置80、及び反転装置90は、例えば鉛直方向に下段からこの順で積層して設けられている。ウェハ搬送装置100は、バッファ装置70、洗浄装置80、及び反転装置90のY軸負方向側に配置されている。なお、バッファ装置70、洗浄装置80、反転装置90、及びウェハ搬送装置100の数や配置はこれに限定されない。
- [0025] バッファ装置70は、第1の処理ブロックG1から第2の処理ブロックG2に受け渡される処理前のウェハWを一時的に保持する。バッファ装置70の構成は任意である。
- [0026] 洗浄装置80は、後述する加工装置110による研削後の第1の面Wa又は第2の面Wbを洗浄する。例えば第1の面Wa又は第2の面Wbにブラシを当接させて、当該第1の面Wa又は第2の面Wbを洗浄する。なお、第1の面Wa又は第2の面Wbの洗浄には、加圧された洗浄液を用いてもよい。また、洗浄装置80は、ウェハWを洗浄する際、第1の面Waと第2の面Wbを同時に洗浄可能に構成されていてもよい。
- [0027] 反転装置90は、反転装置30、31と同様に、ウェハWの第1の面Waと第2の面Wbを上下方向に反転させる。反転装置90の構成は任意である

。

[0028] ウェハ搬送装置１００は、ウェハＷを保持して搬送する、例えば２つの搬送アーム１０１を有している。各搬送アーム１０１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。そして、ウェハ搬送装置１００は、エッチング装置５０、５１、バッファ装置７０、洗浄装置８０、反転装置９０、及び後述する加工装置１１０に対して、ウェハＷを搬送可能に構成されている。

[0029] 第３の処理ブロックＧ３には、加工装置１１０が設けられている。なお、加工装置１１０の数や配置はこれに限定されない。

[0030] 加工装置１１０は、回転テーブル１１１を有している。回転テーブル１１１は、回転機構（図示せず）によって、鉛直な回転中心線１１２を中心に回転自在に構成されている。回転テーブル１１１上には、ウェハＷを吸着保持する、チャック１１３が４つ設けられている。４つのチャック１１３のうち、２つの第１のチャック１１３ａは第１の加工位置Ｂ１で研削に用いられるチャックである。これら２つの第１のチャック１１３ａは、回転中心線１１２を挟んで点対称の位置に配置されている。残りの２つの第２のチャック１１３ｂは第２の加工位置Ｂ２で研削に用いられるチャックである。これら２つの第２のチャック１１３ｂも、回転中心線１１２を挟んで点対称の位置に配置されている。すなわち、第１のチャック１１３ａと第２のチャック１１３ｂは、周方向に交互に配置されている。

[0031] チャック１１３には例えばポーラスチャックが用いられる。チャック１１３の表面、すなわちウェハＷの保持面は、側面視において中央部が端部に比べて突出した凸形状を有している。なお、この中央部の突出は微小であるが、図４においては、説明の明瞭化のためチャック１１３の中央部の突出を大きく図示している。

[0032] 図４に示すように、チャック１１３はチャックベース１１４に保持されている。チャックベース１１４には、後述する各研削ユニット１２０、１３０が備える研削砥石１２１、１３１とチャック１１３の相対的な傾きを調整す

る傾き調整部 115 が設けられている。傾き調整部 115 は、チャックベース 114 の下面に設けられた固定軸 116 と複数、例えば 2 本の昇降軸 117 を有している。各昇降軸 117 は伸縮自在に構成され、チャックベース 114 を昇降させる。この傾き調整部 115 によって、チャックベース 114 の外周部の一端部（固定軸 116 に対応する位置）を基点に、他端部を昇降軸 117 によって鉛直方向に昇降させることで、チャック 113 及びチャックベース 114 を傾斜させることができる。そしてこれにより、後述する加工位置 B1～B2 の各研削ユニット 120、130 が備える研削砥石 121、131 の表面とチャック 113 の表面との相対的な傾きを調整することができる。

[0033] 図 1 に示すように 4 つのチャック 113 は、回転テーブル 111 が回転することにより、受渡位置 A1～A2 及び加工位置 B1～B2 に移動可能になっている。また、4 つのチャック 113 はそれぞれ、回転機構（図示せず）によって鉛直軸回りに回転可能に構成されている。

[0034] 第 1 の受渡位置 A1 は回転テーブル 111 の X 軸負方向側且つ Y 軸正方向側の位置であり、第 1 の面 Wa を研削する際に第 1 のチャック 113a に対するウェハ W の受け渡しが行われる。第 2 の受渡位置 A2 は回転テーブル 111 の X 軸負方向側且つ Y 軸負方向側の位置であり、第 2 の面 Wb を研削する際に第 2 のチャック 113b に対するウェハ W の受け渡しが行われる。

[0035] 第 1 の加工位置 B1 は回転テーブル 111 の X 軸正方向側且つ Y 軸負方向側の位置であり、第 1 の研削ユニット 120 が配置される。第 1 の研削ユニット 120 は、一例として、第 1 のチャック 113a に保持されたウェハ W の第 1 の面 Wa 又は第 2 の面 Wb を研削する。第 2 の加工位置 B2 は回転テーブル 111 の X 軸正方向側且つ Y 軸正方向側の位置であり、第 2 の研削ユニット 130 が配置される。第 2 の研削ユニット 130 は、一例として、第 2 のチャック 113b に保持されたウェハ W の第 2 の面 Wb 又は第 1 の面 Wa を研削する。

[0036] なお、受渡位置 A1、A2 又は加工位置 B1、B2 には、研削後のウェハ

Wの厚みを測定する厚み測定装置（図示せず）が設けられていてもよい。

[0037] 図4に示すように、第1の研削ユニット120は、下面に環状の研削砥石121を備える研削ホイール122と、研削ホイール122を支持するマウント123と、マウント123を介して研削ホイール122を回転させるスピンドル124と、例えばモータ（図示せず）を内蔵する駆動部125とを有している。また第1の研削ユニット120は、図1に示す支柱126に沿って鉛直方向に移動可能に構成されている。

[0038] 第2の研削ユニット130は、第1の研削ユニット120と同様の構成を有している。すなわち、第2の研削ユニット130は、環状の研削砥石131を備える研削ホイール132、マウント133、スピンドル134、駆動部135、及び支柱136を有している。

[0039] 図5に示すように第1の研削ユニット120を用いて第1の面Waを研削する際には、第1のチャック113aに保持されたウェハWの第1の面Waと、研削砥石121の表面とが、任意の角度になるように、第1のチャック113aを傾斜させる。例えば、第1の面Waと研削砥石121の表面と平行にすると、研削後の第1の面Waを平坦に研削することができる。また例えば、第1の面Waに対して研削砥石121の表面を径方向外側に向けて上方に傾斜させると、研削後の第1の面Waを断面視においてV字型に研削することができる。更に第1の研削ユニット120では、研削後の第1の面Waを縦断面視においてA字型、M字型、W字型に研削することも可能である。そして、環状の研削砥石121とウェハWの中心部から外周端部までが円弧線状に接触し、かかる状態で第1のチャック113aと研削ホイール122をそれぞれ回転させることによって、第1の面Waの全面が研削処理される。また、第2の研削ユニット130を用いて第2の面Wbを研削する際も同様である。

[0040] 以上のウェハ処理システム1には、図1に示すように制御装置140が設けられている。制御装置140は、例えばCPUやメモリ等を備えた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におけるウェハWの処理を制御するプログラムが格納されている。また制御装置１４０は、上述したように、厚み測定装置４０での測定結果（ウェハWの厚み）からウェハWの厚み分布を取得し、更にウェハWの平坦度を算出するための算出部（図示せず）を有していてもよい。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１４０にインストールされたものであってもよい。また、上記記憶媒体Hは、一時的なものであっても非一時的なものであってもよい。

[0041] 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。本実施形態では、インゴットからワイヤーソー等により切り出され、ラッピングされたウェハWに対し、厚みの面内均一性を向上させるための処理を行う。

[0042] 先ず、ウェハWを複数収納したカセットCが、搬入出ステーション１０のカセット載置台２０に載置される。カセットCにおいてウェハWは、第１の面Waが上側、第２の面Wbが下側を向いた状態で収納されている。次に、ウェハ搬送装置６０によりカセットC内のウェハWが取り出され、バッファ装置７０に搬送される。

[0043] 次に、ウェハWはウェハ搬送装置１００により加工装置１１０に搬送され、第１の受渡位置A１の第１のチャック１１３aに受け渡される。第１のチャック１１３aでは、ウェハWの第２の面Wbが吸着保持される。

[0044] 次に、回転テーブル１１１を回転させて、ウェハWを第１の加工位置B１に移動させる。そして、第１の研削ユニット１２０によって、ウェハWの第１の面Waが研削される（図６のステップS１０１）。ステップS１０１において、制御装置１４０は加工装置１１０を制御して、図７（a）に示すように研削後の第１の面Waに、中心部が外周部より窪んだ凹部Warを形成するように、当該第１の面WaをV字型に研削する。このV字型形状の詳細については後述する。

[0045] 次に、回転テーブル１１１を回転させて、ウェハWを第１の受渡位置A１

に移動させる。第1の受渡位置A1では、洗浄部（図示せず）によって研削後のウェハWの第1の面Waを洗浄してもよい。

[0046] 次に、ウェハWはウェハ搬送装置100により洗浄装置80に搬送される。洗浄装置80では、ウェハWの第1の面Wa及び第2の面Wbが洗浄される（図6のステップS102）。

[0047] 次に、ウェハWはウェハ搬送装置100により反転装置90に搬送される。反転装置90では、ウェハWの第1の面Waと第2の面Wbを上下方向に反転させる（図6のステップS103）。すなわち、第1の面Waが下側、第2の面Wbが上側を向いた状態にウェハWが反転される。

[0048] 次に、ウェハWはウェハ搬送装置100により加工装置110に搬送され、第2の受渡位置A2の第2のチャック113bに受け渡される。第2のチャック113bでは、ウェハWの第1の面Waが吸着保持される。

[0049] 次に、回転テーブル111を回転させて、ウェハWを第2の加工位置B2に移動させる。そして、第2の研削ユニット130によって、ウェハWの第2の面Wbが研削される（図6のステップS104）。ステップS104において、制御装置140は加工装置110を制御して、図7（b）に示すように研削後の第2の面Wbに、中心部が外周部より窪んだ凹部Wbrを形成するように、当該第2の面WbをV字型に研削する。このV字型形状の詳細については後述する。

[0050] 次に、回転テーブル111を回転させて、ウェハWを第2の受渡位置A2に移動させる。第2の受渡位置A2では、洗浄部（図示せず）によって研削後のウェハWの第2の面Wbを洗浄してもよい。

[0051] 次に、ウェハWはウェハ搬送装置100により洗浄装置80に搬送される。洗浄装置80では、ウェハWの第2の面Wb及び第1の面Waが洗浄される（図6のステップS105）。

[0052] 次に、ウェハWはウェハ搬送装置60により厚み測定装置40に搬送される。厚み測定装置40では、第1の面Waと第2の面Wbの両面を研削後のウェハWの厚みを測定する（図6のステップS106）。なお、加工装置1

10に厚み測定装置が設けられている場合、研削後のウェハWの厚みは、当該加工装置110の厚み測定装置で測定してもよい。

[0053] ステップS106において厚み測定装置40では、両面研削後のウェハWの厚みを複数点で測定することで研削後のウェハWの厚み分布を取得し、更にウェハWの平坦度を算出する。算出されたウェハWの厚み分布及び平坦度は、例えば制御装置140に出力される。

[0054] 制御装置140では、出力されたウェハWの厚み分布及び平坦度から、後続の第1の面Wa及び第2の面Wbのエッチング処理における最適エッチング条件を決定し、エッチング量偏差分布を最適化する（図6のステップS107）。制御装置140におけるエッチング量偏差分布の最適化の詳細方法については後述する。なお、エッチング量偏差は、ウェハ面内のエッチング量から、当該エッチング量の平均値を差し引いた値（偏差）を示す。エッチング量の平均値は、エッチング量をウェハ面内で平均した値である。

[0055] 次に、ウェハWはウェハ搬送装置60によりエッチング装置51に搬送される。エッチング装置51では、ステップS107で決定された最適エッチング条件で、ウェハWの第2の面Wbがエッチング液Eによりエッチングされる（図6のステップS108）。

[0056] ステップS108では、まず、ウェハ保持部52にウェハWが第2の面Wbを上側（ノズル54側）に向けて保持される。続いて、ウェハ保持部52（ウェハW）を鉛直な回転中心線52aを中心に回転させるとともに、ノズル54からのエッチング液Eの吐出を開始し、第2の面Wbのエッチングを開始する。

[0057] 第2の面Wbのエッチングに際しては、ノズル54からのエッチング液Eの吐出を継続しながら、図3に示したようにノズル54をウェハWの回転中心の上方、すなわち回転中心線52aを通るように、当該回転中心線52aを中間点として往復移動（スキャン）させる。なお、ウェハWの回転速度、ノズル54のスキャン幅、及びノズル54を往復移動させる際のスキャン速度等のエッチング条件の詳細な決定方法については後述する。

- [0058] 最適エッチング条件での第2の面Wbのエッチングが終了すると、ノズル54からのエッチング液Eの供給を停止し、ウェハWの第2の面Wbを純水でリンスした後、振り切り乾燥させる。その後、ウェハ保持部52（ウェハW）の回転を停止し、ウェハWのエッチングを終了する。
- [0059] ここで、ウェハWの最適エッチング条件は、上述したようにステップS107において、研削後のウェハWの厚み分布及び平坦度に基づいて決定される。具体的には、厚み測定装置40におけるウェハWの厚み分布及び平坦度の実測値と、目標とするエッチング後のウェハWの表面形状（以下、「目標形状」という。）における厚み分布及び平坦度との差分に基づいて最適エッチング条件を決定する。そしてステップS108では、最適エッチング条件で第2の面Wbをエッチングすることにより、エッチング量偏差分布を最適化し、図7（c）に示すように第2の面Wbを目標形状、本実施形態においては平坦に加工する。
- [0060] 次に、ウェハWはウェハ搬送装置60により反転装置31に搬送される。反転装置31では、ウェハWの第1の面Waと第2の面Wbを上下方向に反転させる（図6のステップS109）。すなわち、第1の面Waが上側、第2の面Wbが下側を向いた状態にウェハWが反転される。
- [0061] 次に、ウェハWはウェハ搬送装置60によりエッチング装置50に搬送される。エッチング装置50では、ステップS107で決定された最適エッチング条件で、ウェハWの第1の面Waがエッチング液Eによりエッチングされる（図6のステップS110）。
- [0062] ステップS110では、ステップS108における第2の面Wbと同様に、第1の面Waがエッチングされる。すなわち、先ず、ウェハ保持部52にウェハWが第1の面Waを上側に向けて保持される。続いて、ウェハ保持部52（ウェハW）を回転させるとともに、ノズル54からのエッチング液Eの吐出を開始し、第1の面Waのエッチングを開始する。その後、ノズル54からのエッチング液Eの吐出を継続しながら、図3に示したようにノズル54を、回転中心線52aを中間点として往復移動（スキャン）させ、第1

の面W aをエッチングする。

[0063] このステップS 1 1 0でも、ステップS 1 0 8と同様に、最適エッチング条件で第1の面W aをエッチングすることにより、エッチング量偏差分布を最適化し、図7（d）に示すように第1の面W aを目標形状、本実施形態においては平坦に加工する。すなわち、ウェハWの目標形状は平坦であり、ウェハWの厚み分布が均一になる。

[0064] 次に、ウェハWはウェハ搬送装置6 0により厚み測定装置4 0に搬送される。厚み測定装置4 0では、第1の面W aと第2の面W bの両面をエッチング後のウェハWの厚みを測定する（図6のステップS 1 1 1）。

[0065] ステップS 1 1 1において厚み測定装置4 0では、両面エッチング後のウェハWの厚みを複数点で測定することでウェハWのエッチング後の厚み分布を取得し、更にウェハWの平坦度を算出する。算出されたウェハWの厚み分布及び平坦度は、例えば制御装置1 4 0に出力され、一例として、次にウェハ処理システム1で処理される他のウェハWの処理に用いられる。

[0066] その後、全ての処理が施されたウェハWは、ウェハ搬送装置6 0によりカセット載置台2 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。なお、ウェハ処理システム1で処理が施されたウェハWには、ウェハ処理システム1の外部においてポリッシングが行われてもよい。

[0067] 次に、上述した第1の面W aの研削（ステップS 1 0 1）、第2の面W bの研削（ステップS 1 0 4）、及び第1の面W aと第2の面W bのエッチング量偏差分布の最適化（ステップS 1 0 7）の詳細方法について説明する。

[0068] 上述したようにステップS 1 0 8では、ウェハWを回転させるとともに、ノズル5 4をウェハWの中心を通る径方向に往復移動（スキャン）させながら、ノズル5 4からウェハWの第1の面W aにエッチング液Eを供給して当該第1の面W aをエッチングする。以下、このようなエッチングを「スキャンエッチング」という場合がある。また、ステップS 1 1 0でも、ウェハWの第2の面W bがスキャンエッチングされる。

[0069] ここで、エッチング後のウェハWの表面形状を制御するには、ウェハ径方向のエッチング量偏差分布（エッチングプロファイル）を最適化することが必要になる。そしてステップS107において、エッチング量偏差分布は、ウェハWの回転速度（回転数）、ノズル54の往復移動におけるスキャン速度、及びスキャン幅等のエッチング条件（エッチングレシピ）を調整することにより最適化される。

[0070] 一方、スキャンエッチングのエッチング量偏差分布は、プロセスの性質上、図8に示すようにウェハWの中心付近（横軸の0（ゼロ））のエッチング量偏差が小さくなり、下方に窪んだV字型形状になる傾向がある。図8の横軸は、ウェハの中心（横軸の0（ゼロ））から外端（横軸の±R）までの径方向位置を示し、縦軸はエッチング偏差（エッチング量の平均値からの差分）を示す。換言すれば、エッチング後のウェハ表面が上方に突出したA字型形状になりやすい。このため、例えば研削後のウェハ表面の形状がV字型形状でない場合に、ステップS107においてエッチング量偏差分布を最適化してウェハ表面を平坦にしようとする、当該最適化計算で所望のエッチング量偏差を生成できず、エッチング後のウェハ表面が平坦にならないおそれがある。すなわち、研削後のウェハ表面の形状がV字型形状でない場合、ステップS107におけるエッチング量偏差分布の最適化の誤差が大きくなる場合がある。そこで、研削後のウェハ表面の形状はV字型形状に形成するのが好ましい。

[0071] また、スキャンエッチングのエッチング量偏差分布は、プロセスの性質上、V字型形状の高さ H_e に上限がある。このエッチング量偏差分布の限界高さ H_e は、当該エッチング量偏差分布の最大値と最小値の差分であり、エッチングにおいて制御可能な上限値である。このため、例えば研削後のウェハ表面におけるV字型形状の高さが大きい場合に、ステップS107においてエッチング量偏差分布を最適化してウェハ表面を平坦にしようとする、当該最適化計算で所望のエッチング量偏差を生成できず、エッチング後のウェハ表面が平坦にならないおそれがある。すなわち、研削後のV字型形状の高

さが大きい場合、ステップS107におけるエッチング量偏差分布の最適化の誤差が大きくなる場合がある。そこで、研削後のウェハ表面におけるV字型形状の高さは、エッチング量偏差分布の限界高さ H_e 以下にするのが好ましい。

[0072] 以上を鑑みて、ステップS101では、制御装置140が加工装置110を制御して、図7(a)に示したように研削後の第1の面Waに、中心部が外周部より窪んだ凹部Warを形成するように、当該第1の面WaをV字型に研削する。そして、凹部Warの高さHaは、エッチング量偏差分布の限界高さ H_e 以下にする。この限界高さ H_e は、エッチング条件に基づいて決定され、例えばエッチング液Eの供給時間、ウェハWの回転速度、ノズル54の往復移動におけるスキャン速度、及びスキャン幅等のエッチング条件に基づいて決定される。限界高さ H_e は、例えば $1.0\mu\text{m}$ 以下である。

[0073] 同様に、ステップS104でも、制御装置140が加工装置110を制御して、図7(b)に示したように研削後の第2の面Wbに、中心部が外周部より窪んだ凹部Warを形成するように、当該第2の面WbをV字型に研削する。そして、凹部Wbrの高さHbは、エッチング量偏差分布の限界高さ H_e 以下にする。

[0074] このようにステップS101、S104において第1の面Waと第2の面Wbをエッチングで制御可能な形状に研削することで、ステップS108、S110における第1の面Waと第2の面Wbのエッチング量偏差分布を適切に最適化することができる。

[0075] ステップS107では、ステップS106で取得された両面研削後のウェハWの厚み分布及び平坦度から、後続の第1の面Wa及び第2の面Wbのエッチング処理における最適エッチング条件を決定し、エッチング量偏差分布を最適化する。

[0076] 最適エッチング条件の決定（エッチング量偏差分布の最適化）に際しては、ウェハ処理システム1におけるウェハWに対する処理に先立って、後述の最適化処理において用いられる複数のパーツを取得する（図9のステップS

107-0)。なお、パーツは、あるエッチング条件に対するウェハWのエッチング量偏差分布である。

[0077] ステップS107-0では、例えば複数の異なるエッチング条件でダミーウェハに対してエッチングを行う。具体的には、例えばエッチング時のダミーウェハの回転速度、ノズル54のスキャン速度、又は、ノズル54のスキャン幅（図3のスキャン幅Lを参照）等を変更して、ダミーウェハのエッチングを行う。この際、各ダミーウェハに対するエッチングの処理時間は同じである。ダミーウェハのエッチングは、ステップS108、S110におけるエッチングと同様に、ダミーウェハを回転させるとともに、ノズル54を往復移動させながら、ノズル54からダミーウェハにエッチング液Eを供給して行う。以下の説明では、ダミーウェハの両端部間におけるノズル54の往復移動を1ループとする。

[0078] 各エッチング条件でのダミーウェハのエッチングは、予め決められた所望の時間（所望のループ回数）で実施される。そして、ダミーウェハのエッチング量偏差分布が取得され、当該エッチング量偏差分布は制御装置140に出力される。更に制御装置140では、出力された各エッチング条件でのエッチング量偏差分布を単位時間（単位ループ回数）でのエッチング量偏差分布に圧縮し、当該圧縮された各々のエッチング量偏差分布を、上記パーツとして記憶する。

[0079] 図10は、複数のパーツの一例を示す。図10の横軸は、ウェハの中心（横軸の0（ゼロ））から外端（横軸の±R）までの径方向位置を示し、縦軸はエッチング偏差を示す。図10に示した例は、合計36種類のパーツが制御装置140に記憶された場合であり、換言すれば、合計36種類の異なるエッチング条件でエッチング量偏差分布を取得した場合の例である。

[0080] なお、上記単位時間（単位ループ回数）は目的に応じて任意に設定できるが、後述のパーツの重ね合わせにおいて適切に目標となるエッチング量偏差分布を取得するため、単位時間（単位ループ回数）は短いことが望ましい。一例において、制御装置140に記憶されるパーツの単位時間は1ループ（

図3に示したスキャン幅Lの一往復)分の時間、好ましくは0.5ループ(図3に示したスキャン幅Lの半往復)分の時間であり得る。

[0081] なお、上記においてはダミーウェハのエッチングにより上記パーツを取得する場合を例に説明を行ったが、パーツを取得する際のエッチング対象はダミーウェハには限定されない。具体的には、例えばウェハ処理システム1で実処理されるウェハWのエッチング処理結果を、上記パーツとして記憶するようにしてもよい。

[0082] 本開示にかかるウェハ処理システム1でのウェハ処理に際しては、このように取得された複数のパーツ(図10)を用いて最適エッチング条件の決定を行う。

[0083] 先ず、エッチング後のウェハWの目標形状における厚み分布と、上記ステップS106で取得された研削後のウェハWの表面形状(以下、「実測形状」という。)における厚み分布とに基づいて、上記ステップS108、S110のエッチング処理における目標エッチング量偏差分布を取得する(図9のステップS107-1)。本実施形態では、第1の面Waと第2の面Wbの目標形状はそれぞれ、平坦である。そして、第1の面Waと第2の面Wbの目標エッチング量偏差分布はそれぞれ、一例としてウェハWの目標形状の厚み分布と実測形状の厚み分布との差分に対し、当該差分の平均値を差し引いた値を半分にして算出することで取得できる。具体的に、第1の面Waと第2の面Wbの目標エッチング量偏差分布はそれぞれ、図8に示したようにV字型形状である。

[0084] 次に、複数のパーツを重ね合わせて、上記ステップS107-1で取得された目標エッチング量偏差分布になるように、最適化手法を用いて、重ね合わせに用いるパーツと、当該パーツの重ね合わせ回数を最適化する(図9のステップS107-2)。

[0085] ステップS107-2では、例えばエッチング量偏差分布の制御をナップサック問題に当てはめて、パーツとパーツの重ね合わせ回数を最適化する。例えば、エッチング量偏差分布がナップサック問題のナップサックであって

、パーツがナップサック問題のアイテムである。そして、重ね合わせたエッチング量偏差分布と、目標エッチング量偏差分布との差分が最小になるように、パーツとパーツの重ね合わせ回数を最適化する。

[0086] この最適化手法としては、例えば遺伝的アルゴリズムや動的計画法を用いることができる。そして、最適化計算を実行することにより、図10に示した複数のパーツから、図111に示すように重ね合わせに用いるパーツを1つ以上選択し、更に図12に示すように選択されたパーツを重ね合わせる。そうすると、重ね合わせたエッチング量偏差分布（図12中の実線）は、目標エッチング量偏差分布（図12中の破線）に近似する。

[0087] また、この最適化計算では、エッチング処理においてノズル54からウェハWへのエッチング液Eの供給時間が最小となるように、パーツとパーツの重ね合わせ回数が最適化される。以上のように本実施形態では、エッチング量偏差分布、すなわちエッチング精度と、エッチング液Eの供給時間とを両方最適化する、いわゆる多目的最適化が行われる。具体的には、下記式（1）を用いて最適化される。なお、エッチング精度は、エッチング量偏差分布のウェハ面内における精度である。

[0088] [数1]

$$\text{Min}\{\alpha \cdot TTV + (1 - \alpha) \cdot \text{RMSE}_{\text{centerized}}\} \text{ s.t. } L_{\text{lower}} \leq t_{\text{dispense}} \leq L_{\text{upper}} \quad \dots (1)$$

但し、 α ：0（ゼロ）～1の係数、TTV：実測形状の平坦度、 $\text{RMSE}_{\text{centerized}}$ ：ウェハの厚み分布のばらつき、 t_{dispense} ：エッチング液Eの供給時間、 L_{lower} ：任意に設定される下限値、 L_{upper} ：任意に設定される上限値

[0089] ステップS107-2では、上記式（1）に示すように、エッチング量偏差分布（エッチング精度）の損失関数は、実測形状の平坦度と、実測形状の厚み分布のばらつきとの重み付け線形和で算出する。例えば、上記式（1）において係数 α が0.5の場合、平坦度（TTV）と厚み分布のばらつき（

R M S E) は同じ重みをもつ。一方、例えば係数 α が1の場合、平坦度を重視したアルゴリズムになり、係数 α が0 (ゼロ) の場合、厚み分布のばらつきを重視したアルゴリズムになる。

[0090] ステップS 1 0 7 - 2において、パーツの重ね合わせ回数を最適化するには、0. 5 ループ単位で重ね合わせ回数を最適化してもよい。かかる場合、例えば、エッチング液Eの供給を、ウェハWの中心から始めて中心で終わることが可能となる。

[0091] パーツとパーツの重ね合わせ回数が最適化されると、次に、上記ステップS 1 0 7 - 2で最適化されたパーツに対応するエッチング条件を統合して、最適エッチング条件を決定する(図9のステップS 1 0 7 - 3)。具体的には、選択された複数のエッチング条件を、最適化された重ね合わせ回数で行うように、複数のエッチング条件を統合して、最適エッチング条件が決定される。この最適エッチング条件は、例えばエッチング時のウェハWの回転速度、ノズル54のスキャン速度、又は、ノズル54のスキャン幅等を含む。

[0092] 以上のように第1の面Waと第2の面Wbの最適エッチング条件がそれぞれ決定され、当該第1の面Waと第2の面Wbのエッチング量偏差分布が最適化される。

[0093] 以上の実施形態によれば、ステップS 1 0 1、S 1 0 4において第1の面Waと第2の面WbをV字型形状に研削し、凹部W a r、W b rの高さH a、H bをエッチング量偏差分布の限界高さH e以下にする。このようにステップS 1 0 1、S 1 0 4において第1の面Waと第2の面Wbをエッチングで制御可能な形状に研削することで、ステップS 1 0 8、S 1 1 0における第1の面Waと第2の面Wbのエッチング量偏差分布最適化の精度を向上させることができる。

[0094] また、ステップS 1 0 7において、ステップS 1 0 6で取得された両面研削後のウェハWの厚み分布及び平坦度から、後続の第1の面Wa及び第2の面Wbのエッチング処理における最適エッチング条件を決定するので、エッチング量偏差分布を最適化することができる。

[0095] しかも、ステップS 1 0 7において最適化手法を用いて、重ね合わせるパーツとパーツの重ね合わせ回数を最適化して、最適エッチング条件を決定するので、その後、ステップS 1 0 8、S 1 1 0において当該最適エッチング条件で第1の面W aと第2の面W bをエッチングできる。これにより、エッチング処理におけるエッチング量偏差分布を目標エッチング量偏差分布に近づけることができ、その結果、エッチング後のウェハWの表面形状を目標形状にすることができる。換言すれば、不定のエッチング条件から最適エッチング条件を決定することができ、エッチング後のウェハWの表面形状を適切に制御することができる。

[0096] また、1枚毎のウェハWに対してステップS 1 0 1～S 1 1 1を行うので、エッチング後のウェハWの表面形状を枚葉で制御することができる。

[0097] 以上の実施形態では、ステップS 1 0 7において、ステップS 1 0 6で取得された両面研削後のウェハWの厚み分布及び平坦度から、後続の第1の面W a及び第2の面W bのエッチング処理における最適エッチング条件を決定し、エッチング量偏差分布を最適化した。この点、第1の面W aと第2の面W bのエッチング量偏差分布を最適化する前に、都度ウェハWの厚み分布及び平坦度を取得してもよい。

[0098] 具体的には、図13に示すようにステップS 2 0 1～ステップS 2 0 6を行って、両面研削、両面洗浄、及び厚み測定を行う。これらステップS 2 0 1～S 2 0 6は、上記実施形態のステップS 1 0 1～S 1 0 6と同様である。ステップS 2 0 1、S 2 0 4において図7(a)、(b)に示したように第1の面W aと第2の面W bをV字型形状に研削する。

[0099] ステップS 2 0 7において、ステップS 2 0 6で取得されたウェハWの厚み分布及び平坦度から、第2の面W bの最適エッチング条件を決定して第2の面W bのエッチング量偏差分布を最適化した後、ステップS 2 0 8において図7(c)に示したように当該最適エッチング条件で第2の面W bをエッチングする。これらステップS 2 0 7、S 2 0 8は、上記実施形態のステップS 1 0 7、S 1 0 8と同様である。その後、ステップS 2 0 9において第

1の面Waと第2の面Wbを反転する。このステップS209は、上記実施形態のステップS109と同様である。

[0100] ステップS210においてウェハWの厚みを複数点で測定し、研削後のウェハWの厚み分布を取得し、更にウェハWの平坦度を算出する。そして、ステップS211においてこのウェハWの厚み分布及び平坦度から、第1の面Waの最適エッチング条件を決定して第1の面Waのエッチング量偏差分布を最適化した後、ステップS212において最適エッチング条件で第1の面Waをエッチングする。これらステップS210～S212は、上記実施形態のステップS106、S107、S110と同様である。

[0101] ステップS213において、ウェハWの厚みを複数点で測定し、研削後のウェハWの厚み分布を取得し、更にウェハWの平坦度を算出する。このステップS213は、上記実施形態のステップS111と同様である。かかる場合、第1の面Waと第2の面Wbを精緻にエッチングすることができる。

[0102] 以上の実施形態では、ウェハWの両面をV字型形状に研削した後、両面のエッチング量偏差分布を最適化した。が、ウェハWの研削形状とエッチング量偏差分布の最適化は、他のパターンであってもよい。

[0103] 図14及び図15に示すように、ウェハWの両面をV字型形状に研削した後、片面のみのエッチング量偏差分布を最適化してもよい。

[0104] ステップS301～ステップS305を行って、両面研削及び両面洗浄を行う。これらステップS301～S305は、上記実施形態のステップS101～S105と同様である。ステップS301において図15(a)に示すように、研削後の第1の面Waに、中心部が外周部より窪んだ凹部Warを形成するように、当該第1の面WaをV字型に研削する。ステップS304において図15(b)に示すように、研削後の第2の面Wbに、中心部が外周部より窪んだ凹部Wbrを形成するように、当該第2の面WbをV字型に研削する。

[0105] ステップS306において図15(c)に示すように、第2の面Wbがエッチングされる。この際、第2の面Wbのエッチング量偏差は面内で均一で

あり、すなわちエッチング量偏差分布は均一である。その後、ステップS 3 0 7において第1の面W aと第2の面W bを反転する。このステップS 3 0 7は、上記実施形態のステップS 1 0 9と同様である。

[0106] ステップS 3 0 8においてウェハWの厚みを複数点で測定し、研削後のウェハWの厚み分布を取得し、更にウェハWの平坦度を算出する。ステップS 3 0 9において、ステップS 3 0 8で取得されたウェハWの厚み分布及び平坦度から、第1の面W aのエッチング処理における最適エッチング条件を決定し、エッチング量偏差分布を最適化する。これらステップS 3 0 8、S 3 0 9は、上記実施形態のステップS 1 0 6、S 1 0 7と同様である。

[0107] ステップS 3 1 0において図1 5（d）に示すように、ステップS 3 0 9で決定された最適エッチング条件で、第1の面W aがエッチングされる。すなわち、エッチング後の本実施形態では、ウェハWの厚み分布が均一になる。このステップS 3 1 0は、上記実施形態のステップS 1 1 0と同様である。

[0108] その後、ステップS 3 1 1において、ウェハWの厚みを複数点で測定し、研削後のウェハWの厚み分布を取得し、更にウェハWの平坦度を算出する。このステップS 3 1 1は、上記実施形態のステップS 1 1 1と同様である。

[0109] なお、本実施形態において、複数のウェハWに対し連続してステップS 3 0 1～S 3 1 1を行う場合、ステップS 3 0 6では第2の面W bのエッチング量偏差は面内で均一である。換言すれば、複数のウェハWに対して、同じエッチング条件で第2の面W bをエッチングする。

[0110] 図1 6及び図1 7に示すように、ウェハWの片面をV字型形状に研削し、片面を平坦に研削した後、両面のエッチング量偏差分布を最適化してもよい。

[0111] ステップS 4 0 1～ステップS 4 0 6を行って、両面研削、両面洗浄、及び厚み測定を行う。これらステップS 4 0 1～S 4 0 6は、上記実施形態のステップS 1 0 1～S 1 0 6と同様であるが、第2の面W bは平坦に研削される。ステップS 4 0 1において図1 7（a）に示すように、研削後の第1

の面W aに、中心部が外周部より窪んだ凹部W a rを形成するように、当該第1の面W aをV字型に研削する。ステップS 3 0 4において図1 7（b）に示すように、第2の面W bを平坦に研削する。

[0112] ステップS 4 0 7において、ステップS 4 0 6で取得された両面研削後のウェハWの厚み分布及び平坦度から、第2の面W bのエッチング処理における最適エッチング条件を決定し、エッチング量偏差分布を最適化する。このステップS 4 0 7は、上記実施形態のステップS 1 0 7と同様である。

[0113] ステップS 4 0 8において図1 7（c）に示すように、ステップS 4 0 7で決定された最適エッチング条件で、第2の面W bがエッチングされる。その後、ステップS 4 0 9において第1の面W aと第2の面W bを反転する。これらステップS 4 0 8、S 4 0 9は、上記実施形態のステップS 1 0 8、S 1 0 9と同様である。

[0114] ステップS 4 1 0においてウェハWの厚みを複数点で測定し、研削後のウェハWの厚み分布を取得し、更にウェハWの平坦度を算出する。ステップS 4 1 1において、ステップS 4 1 0で取得されたウェハWの厚み分布及び平坦度から、第1の面W aのエッチング処理における最適エッチング条件を決定し、エッチング量偏差分布を最適化する。これらステップS 4 1 0、S 4 1 1は、上記実施形態のステップS 1 0 6、S 1 0 7と同様である。

[0115] ステップS 4 1 2において図1 7（d）に示すように、ステップS 4 1 1で決定された最適エッチング条件で、第1の面W aがエッチングされる。すなわち、エッチング後の本実施形態では、ウェハWの厚み分布が均一になる。このステップS 4 1 2は、上記実施形態のステップS 1 1 0と同様である。

[0116] その後、ステップS 4 1 3において、ウェハWの厚みを複数点で測定し、研削後のウェハWの厚み分布を取得し、更にウェハWの平坦度を算出する。このステップS 4 1 3は、上記実施形態のステップS 1 1 1と同様である。

[0117] 図1 8及び図1 9に示すように、ウェハWの片面をV字型形状に研削し、片面を平坦に研削した後、片面のみのエッチング量偏差分布を最適化しても

よい。

- [0118] ステップS501～ステップS505を行って、両面研削及び両面洗浄を行う。これらステップS501～S505は、上記実施形態のステップS101～S105と同様であるが、第2の面Wbは平坦に研削される。ステップS501において図19(a)に示すように、研削後の第1の面Waは、中心部が外周部より窪んだ凹部Warを形成するように、当該第1の面WaをV字型に研削する。ステップS504において図19(b)に示すように、第2の面Wbを平坦に研削する。
- [0119] ステップS506において図19(c)に示すように、第2の面Wbがエッチングされる。この際、第2の面Wbのエッチング量偏差は面内で均一であり、すなわちエッチング量偏差分布は均一である。その後、ステップS507において第1の面Waと第2の面Wbを反転する。このステップS507は、上記実施形態のステップS109と同様である。
- [0120] ステップS508においてウェハWの厚みを複数点で測定し、研削後のウェハWの厚み分布を取得し、更にウェハWの平坦度を算出する。ステップS509において、ステップS508で取得されたウェハWの厚み分布及び平坦度から、第1の面Waのエッチング処理における最適エッチング条件を決定し、エッチング量偏差分布を最適化する。これらステップS508、S509は、上記実施形態のステップS106、S107と同様である。
- [0121] ステップS510において図19(d)に示すように、ステップS509で決定された最適エッチング条件で、第1の面Waがエッチングされる。すなわち、エッチング後の本実施形態では、ウェハWの厚み分布が均一になる。このステップS510は、上記実施形態のステップS110と同様である。
- [0122] その後、ステップS511において、ウェハWの厚みを複数点で測定し、研削後のウェハWの厚み分布を取得し、更にウェハWの平坦度を算出する。このステップS511は、上記実施形態のステップS111と同様である。
- [0123] なお、本実施形態において、複数のウェハWに対し連続してステップS5

01～S511を行う場合、ステップS506では第2の面Wbのエッチング量偏差は面内で均一である。換言すれば、複数のウェハWに対して、同じエッチング条件で第2の面Wbをエッチングする。

[0124] 以上の図7、図15、図17、図19に示したいずれのパターンで研削及びエッチングを行うかどうかは、エッチング後の目標形状、研削及びエッチングの処理時間、エッチング液Eの消費量等に基づいて、任意に選択することができる。

[0125] ここで、上述したようにステップS101、S104における研削では、ウェハWの表面の最外周まで形状を制御できる。一方、ステップS108、S110におけるスキャンエッチングでは、エッチング液Eの液跳ね防止のため、図20に示すようにスキャン幅Lの内側の領域のみエッチング量偏差分布を制御できるものの、スキャン幅Lの外側の領域ではエッチング量偏差分布が平坦になり制御できない場合がある。かかる場合、ステップS107におけるエッチング量偏差分布の最適化の誤差が大きくなる場合がある。

[0126] そこで、ステップS101において図21に示すように、研削後の第1の面Waには、中心部が外周部より窪んだ凹部Warと、凹部Warの周囲に設けられた平坦部Wafとが形成されてもよい。凹部Warは、断面視においてV字型形状を有し、平面視において第1の面Waと同一中心を有する円形状に形成される。凹部Warの径Dは、スキャン幅L以下である。平坦部Wafは、平面視において第1の面Waと同一中心を有する円環形状に形成される。なお、凹部Warと平坦部Wafの境界点は、例えば加工装置110での研削の変曲点に応じて決定される。

[0127] また、ステップS104においても同様に、研削後の第2の面Wbには、中心部が外周部より窪んだ凹部Wbrと、凹部Wbrの周囲に設けられた平坦部Wbfとが形成されてもよい。

[0128] ステップS107において第1の面Waのエッチング量偏差分布を最適化する際には、ステップS107-0において図22に示す複数の複数のパーツを取得する。その後のステップS107-1における目標エッチング量偏

差分布、ステップS 1 0 7 - 2におけるパーツと重ね合わせ回数の最適化、ステップS 1 0 7 - 3における最適エッチング条件の決定は、上記実施形態と同様である。

[0129] 本実施形態によれば、ステップS 1 0 1、S 1 0 4において第1の面W aと第2の面W bをエッチングで制御可能な形状に研削することで、ステップS 1 0 8、S 1 1 0における第1の面W aと第2の面W bのエッチング量偏差分布最適化の精度を更に向上させることができる。

[0130] なお、ステップS 1 0 1において研削後の第1の面W aに凹部W a rと平坦部W a fを形成する場合、加工装置1 1 0は、2種類の研削ユニット（研削軸）を有していてもよい。例えば本実施形態では、第1の研削ユニット1 2 0において第1の面W aの全面を平坦に形成した後、第2の研削ユニット1 3 0において第1の面W aの中心部周辺を研削して、凹部W a rを形成する。

[0131] 以上の実施形態では、ウェハWの第1の面W aと第2の面W bのエッチング処理は、エッチング量偏差分布（ウェハ面内のエッチング量から、当該エッチング量の平均値を差し引いた値の分布）に基づいて制御したが、エッチング量（絶対値）の分布に基づいて制御してもよい。例えば、エッチング量偏差分布を最適化するとエッチング後のウェハWの形状（プロファイル）を精緻に制御することができ、エッチング量を最適化するとエッチング後のウェハWの形状を精緻に制御できるとともに、ウェハWの厚みを精緻に制御することができる。なお、ウェハWの形状の制御は、エッチング量偏差分布に基づいて制御するほうが、エッチング量に基づいて制御するより、より精緻に制御することができる。そのため、ウェハWの形状をより精微に制御したい場合は、エッチング量偏差分布に基づいて制御することを選択するのが好ましい。ウェハWの形状に合わせてウェハWの厚みを精緻に制御したい場合は、エッチング量に基づいて制御することが好ましい。また、ウェハWの第1の面W aと第2の面W bのエッチング処理において、エッチング量偏差分布に基づく制御と、エッチング量に基づく制御とを組み合わせる

もよい。

[0132] なお、以上の実施形態においてはインゴットからワイヤーソー等により切り出され、ラッピングされたウェハWの両面（第1の面Wa及び第2の面Wb）に各種処理を施す場合を例に説明を行ったが、ウェハWの片面のみに各種処理が施されてもよい。

[0133] また、以上の実施形態においてはインゴットからワイヤーソー等により切り出され、ラッピングされたウェハWに各種処理を施す場合を例に説明を行ったが、例えば半導体デバイスの製造工程における後処理工程においても、本開示の技術を適用できる。具体的には、例えば第1のウェハと第2のウェハが接合して構成される重合ウェハにおいて、第1のウェハを研削した後、研削後の第1のウェハの表面をエッチングする場合においても、本開示の技術を適用できる。

[0134] 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

[0135] 1 ウェハ処理システム
 40 厚み測定装置
 50、51 エッチング装置
 54 ノズル
 110 加工装置
 140 制御装置
 W ウェハ
 Wa r 凹部

請求の範囲

- [請求項1] 基板を処理する基板処理方法であって、
前記基板の一面を研削して、前記一面の中心部が外周部より窪んだ凹部を形成することと、
研削後の前記基板の厚みを測定して、当該基板の厚み分布を取得することと、
前記厚み分布に基づいて、前記一面をエッチングする際のエッチング量偏差分布を最適化する最適エッチング条件を算出することと、
前記最適エッチング条件に基づいて、研削後の前記基板の前記一面にエッチング液供給部からエッチング液を供給して当該一面をエッチングすることと、を含む、基板処理方法。
- [請求項2] 前記凹部の高さは、前記一面をエッチングする際に制御可能な前記エッチング量偏差分布の最大値と最小値の差分以下である、請求項1に記載の基板処理方法。
- [請求項3] 前記差分は、前記一面のエッチング条件に基づいて決定される、請求項2に記載の基板処理方法。
- [請求項4] 前記差分は $1.0\ \mu\text{m}$ 以下である、請求項3に記載の基板処理方法。
- [請求項5] 研削後の前記一面には、前記凹部と、当該凹部の周囲に環状に設けられた平坦部とが形成され、
前記凹部の径は、前記エッチング液供給部を前記一面の中心部を通る径方向に往復移動させる際のスキャン幅以下である、請求項1～4のいずれか一項に記載の基板処理方法。
- [請求項6] 前記一面を研削することは、
前記一面を平坦に研削することと、
平坦に研削された前記一面の中心部周辺を更に研削して前記凹部を形成することと、を含む、請求項5に記載の基板処理方法。
- [請求項7] 前記エッチング量偏差分布の最適化は、前記基板を回転させる際の回転速度、前記エッチング液供給部を往復移動させる際のスキャン速度

、及び前記エッチング液供給部を往復移動させる際のスキャン幅の少なくともいずれかに基づいて行われる、請求項 1 又は 2 に記載の基板処理方法。

[請求項8] 前記エッチング量偏差分布を最適化することは、
複数の異なるエッチング条件で前記一面をエッチングした際の、当該一面のエッチング量偏差分布を取得することと、
最適化手法を用いて、前記複数のエッチング条件に対応する前記エッチング量偏差分布を重ね合わせて、前記一面の形状が目標形状になるように、重ね合わせに用いる前記エッチング量偏差分布と、当該エッチング量偏差分布を重ね合わせる回数との組み合わせを最適化することと、を含む、請求項 1 又は 2 に記載の基板処理方法。

[請求項9] 前記一面のエッチングの前に、前記基板の他面を研削する、請求項 1 又は 2 に記載の基板処理方法。

[請求項10] 前記厚み分布に基づいて、前記他面をエッチングする際のエッチング量偏差分布を最適化する他の最適エッチング条件を算出することと、
前記他の最適エッチング条件に基づいて、研削後の前記他面をエッチングすることと、を含む、請求項 9 に記載の基板処理方法。

[請求項11] 前記一面のエッチングの前に、前記基板の他面を研削して、前記他面の中心部が外周部より窪んだ凹部を形成する、請求項 1 又は 2 に記載の基板処理方法。

[請求項12] 前記一面のエッチングの前に、前記基板の他面を研削することを含み、
、
前記他面の研削と前記一面の研削を複数の基板に対して連続して行い、
、
前記他面の研削は、前記複数の基板に対して同じエッチング条件で行う、請求項 1 又は 2 に記載の基板処理方法。

[請求項13] 基板を処理する基板処理システムであって、
前記基板の一面を研削して、前記一面の中心部が外周部より窪んだ凹

部を形成する加工装置と、
前記基板の厚みを測定する厚み測定装置と、
前記一面にエッチング液供給部からエッチング液を供給して当該一面をエッチングするエッチング装置と、
制御装置と、を有し、
前記制御装置は、
研削後に前記厚み測定装置で測定された前記基板の厚みから、当該基板の厚み分布を取得することと、
前記厚み分布に基づいて、前記一面をエッチングする際のエッチング量偏差分布を最適化する最適エッチング条件を算出することと、
前記エッチング装置を用いて、前記最適エッチング条件に基づいて前記一面をエッチングさせることと、を実行する、基板処理システム。

[請求項14] 前記制御装置は、前記凹部の高さを、前記一面をエッチングする際に制御可能な前記エッチング量偏差分布の最大値と最小値の差分以下に制御する、請求項13に記載の基板処理システム。

[請求項15] 前記制御装置は、前記差分を、前記一面のエッチング条件に基づいて決定する、請求項14に記載の基板処理システム。

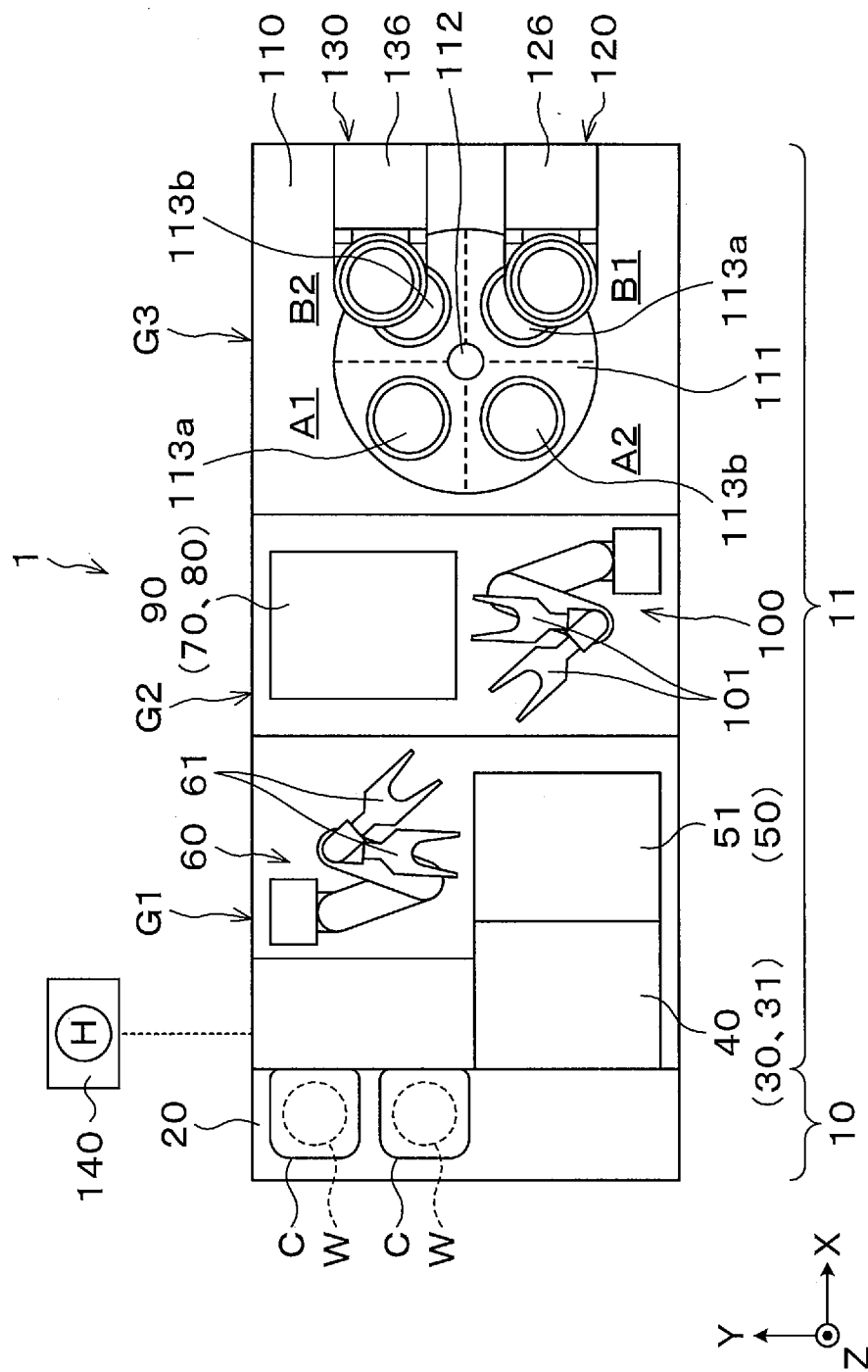
[請求項16] 前記制御装置は、
前記加工装置を用いて、研削後の前記一面に、前記凹部と、当該凹部の周囲に環状に設けられた平坦部とを形成する制御を行い、
前記凹部の径を、前記エッチング液供給部を前記一面の中心部を通る径方向に往復移動させる際のスキャン幅以下にする、請求項13～15のいずれか一項に記載の基板処理システム。

[請求項17] 前記制御装置は、前記加工装置を用いて、
前記一面を平坦に研削する制御を行うことと、
平坦に研削された前記一面の中心部周辺を更に研削して前記凹部を形成する制御を行うことと、を実行する、請求項16に記載の基板処理システム。

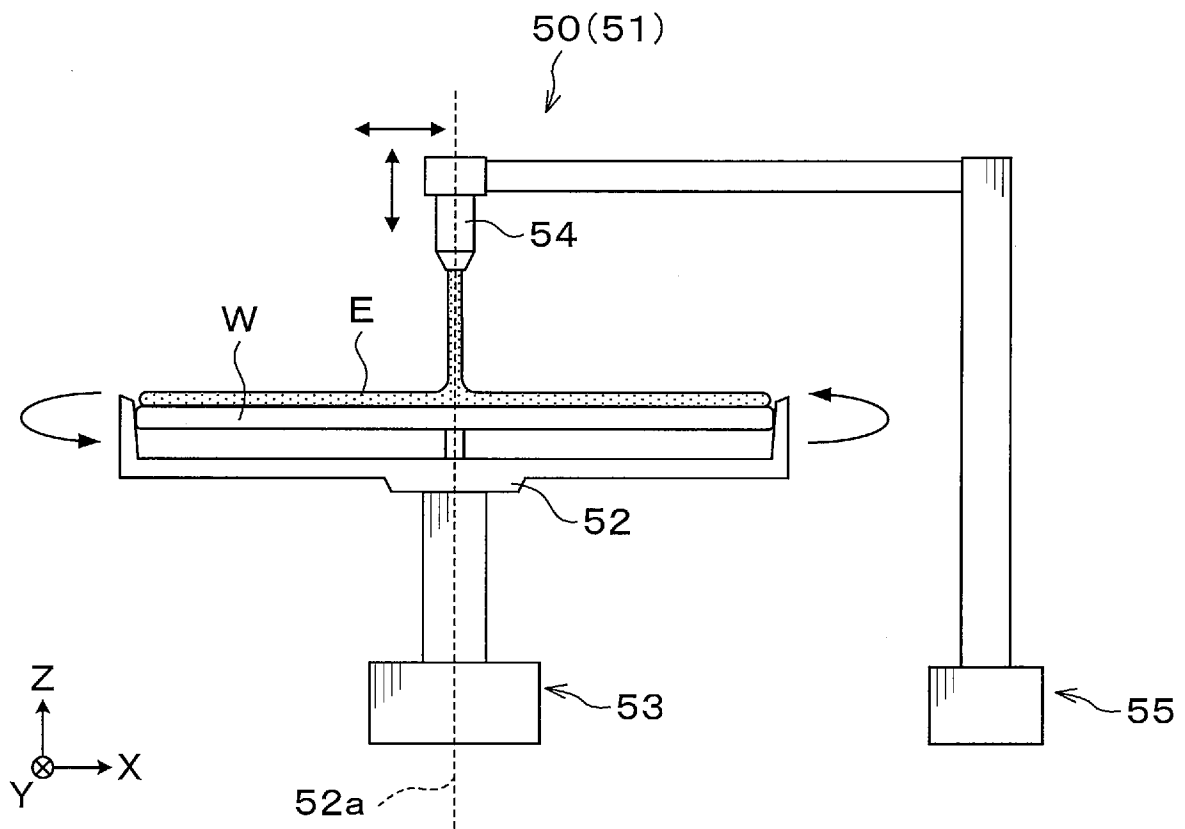
[請求項18] 前記制御装置は、前記エッチング量偏差分布の最適化を、前記基板を回転させる際の回転速度、前記エッチング液供給部を往復移動させる際のスキャン速度、及び前記エッチング液供給部を往復移動させる際のスキャン幅の少なくともいずれかに基づいて行う、請求項13又は14に記載の基板処理システム。

[請求項19] 前記制御装置は、
前記エッチング量偏差分布を最適化する際に、
複数の異なるエッチング条件で前記一面をエッチングした際の、当該一面のエッチング量偏差分布を取得することと、
最適化手法を用いて、前記複数のエッチング条件に対応する前記エッチング量偏差分布を重ね合わせて、前記一面の形状が目標形状になるように、重ね合わせに用いる前記エッチング量偏差分布と、当該エッチング量偏差分布を重ね合わせる回数との組み合わせを最適化することと、実行する、請求項13又は14に記載の基板処理システム。

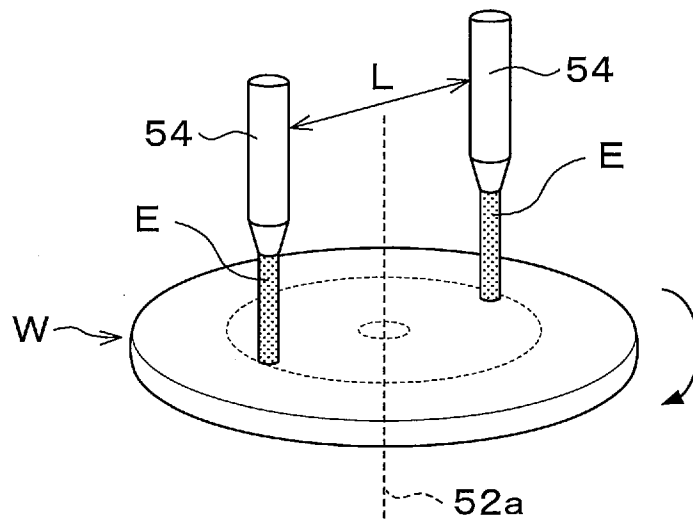
[図1]



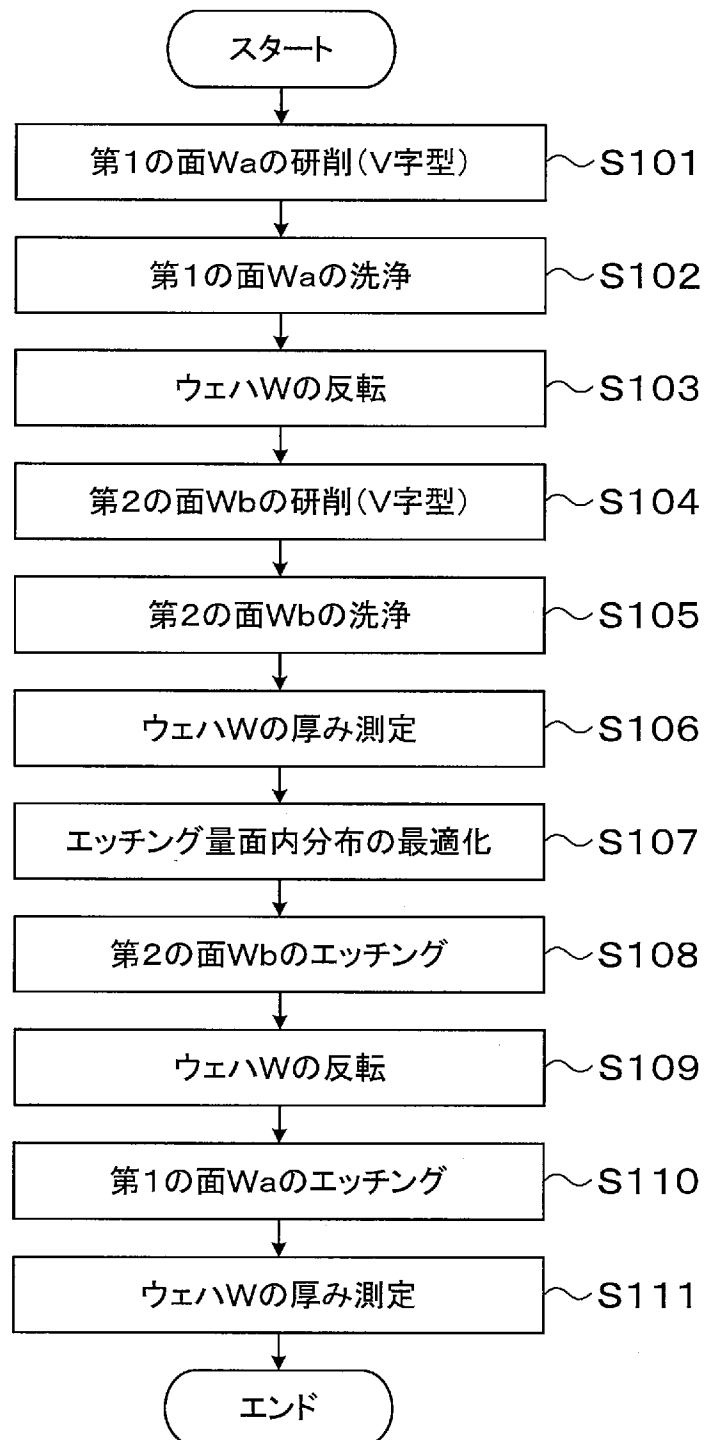
[図2]



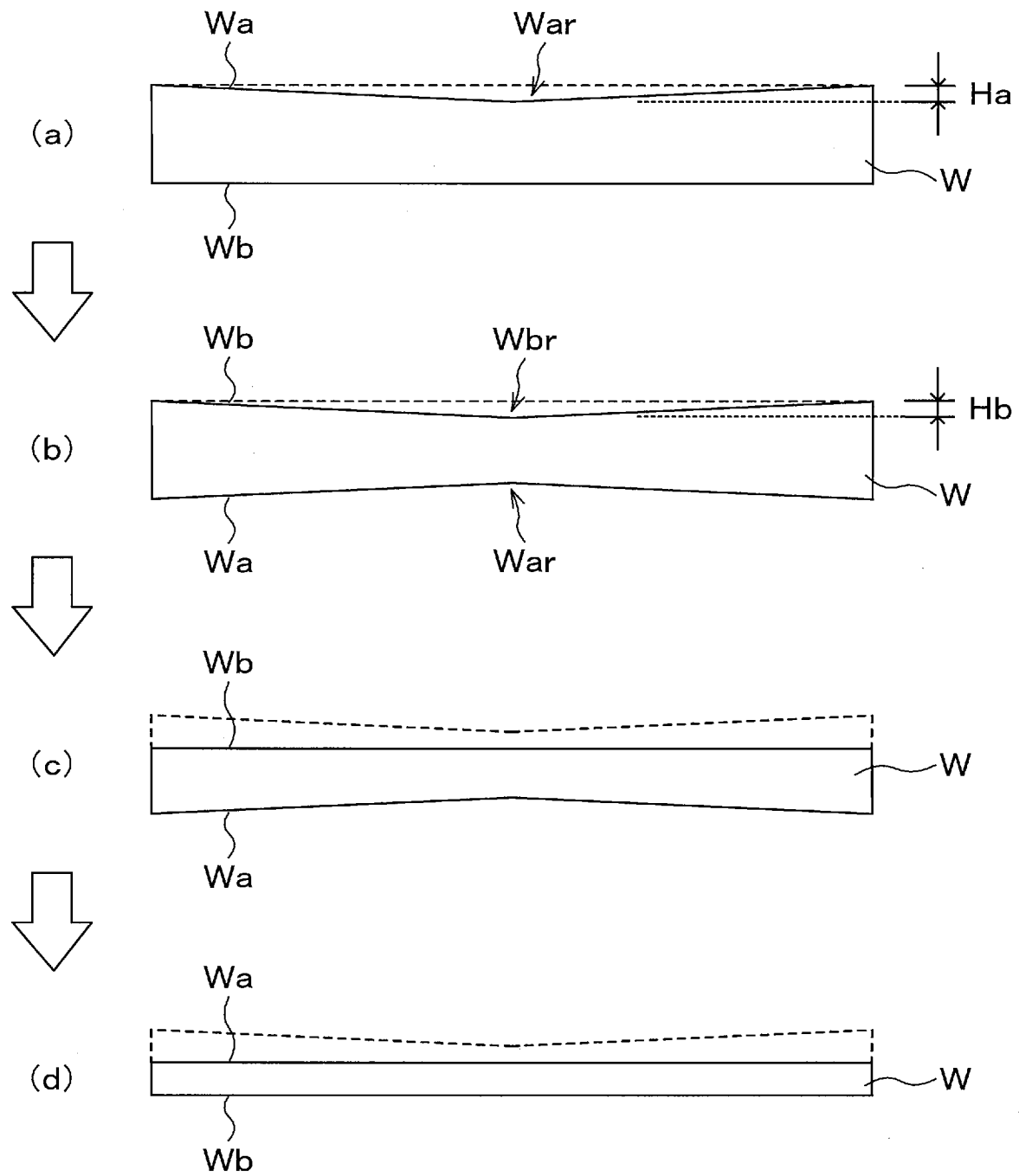
[図3]



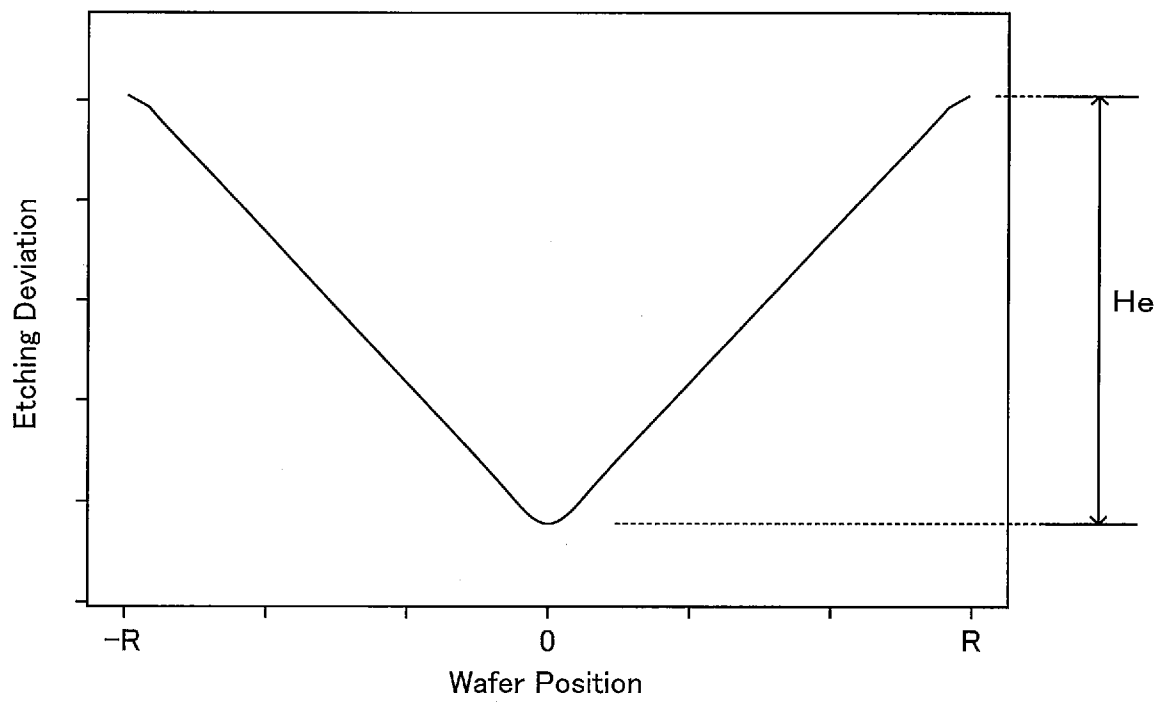
[図6]



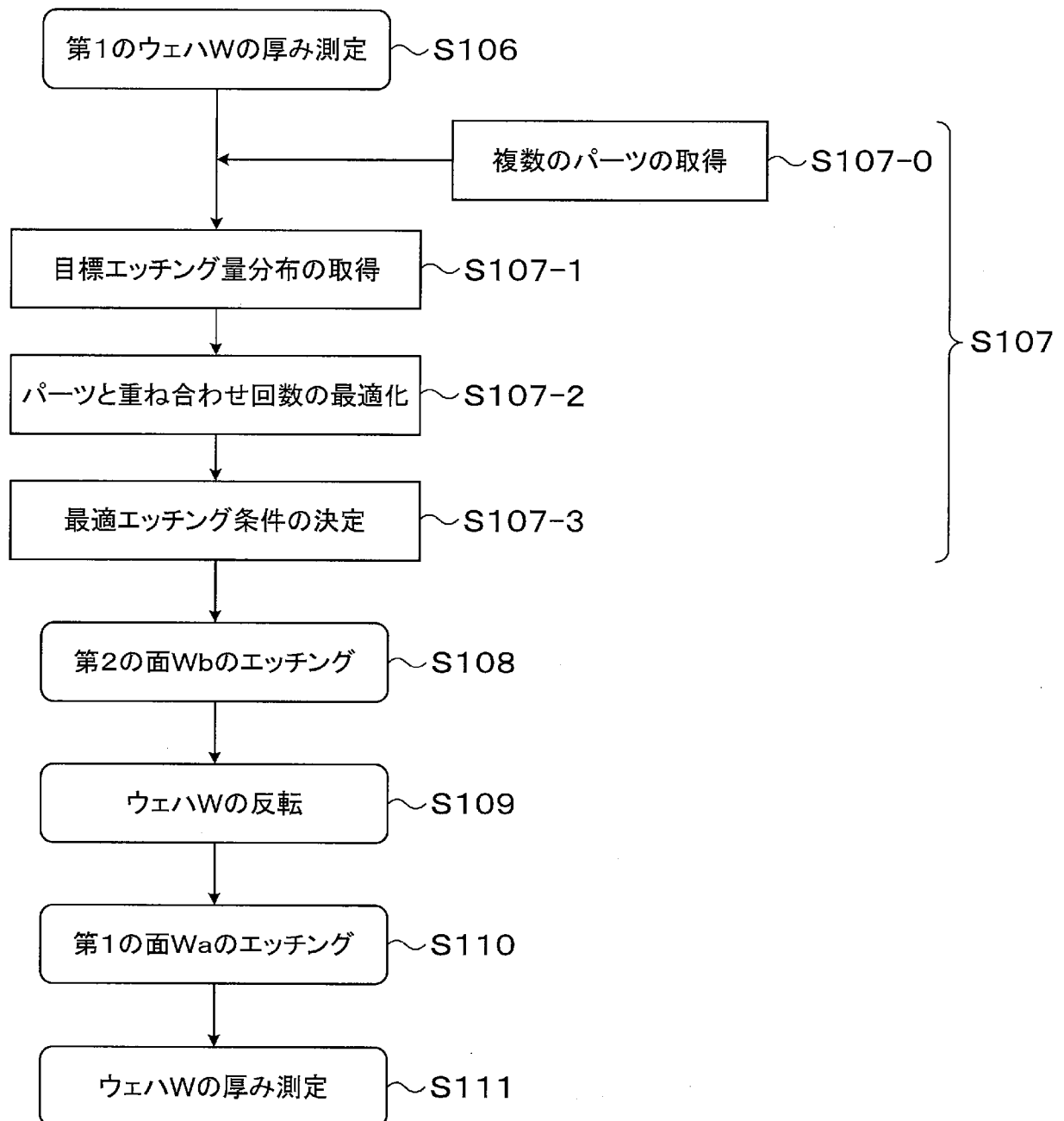
[図7]



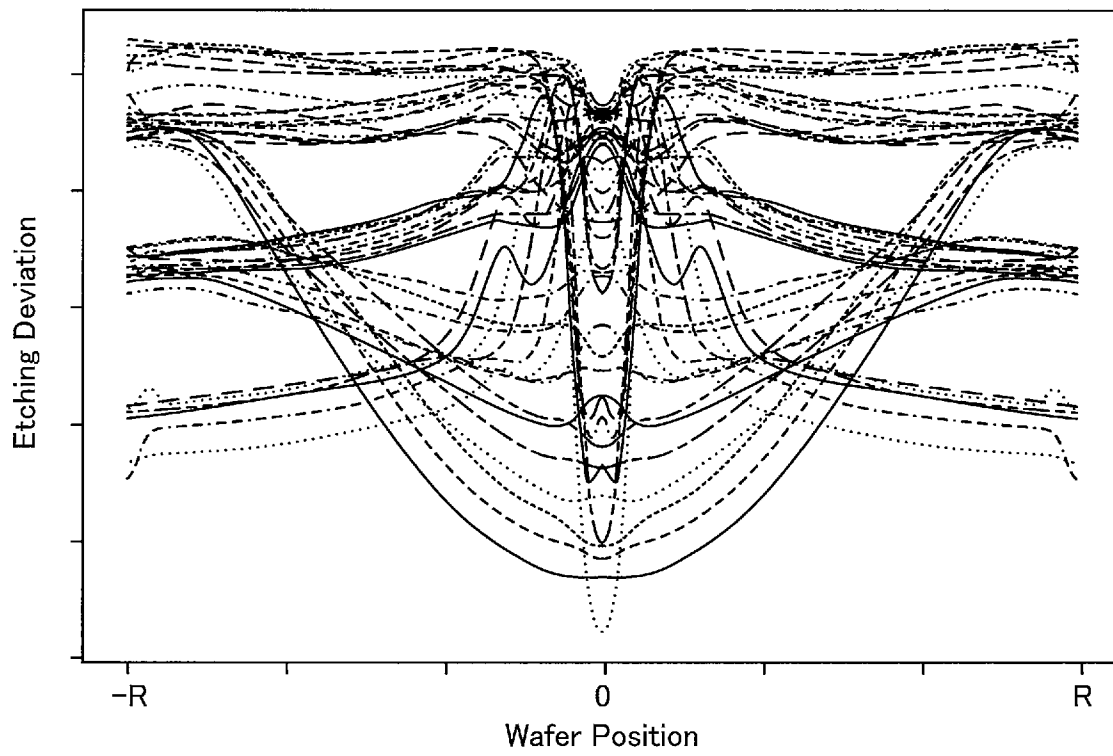
[図8]



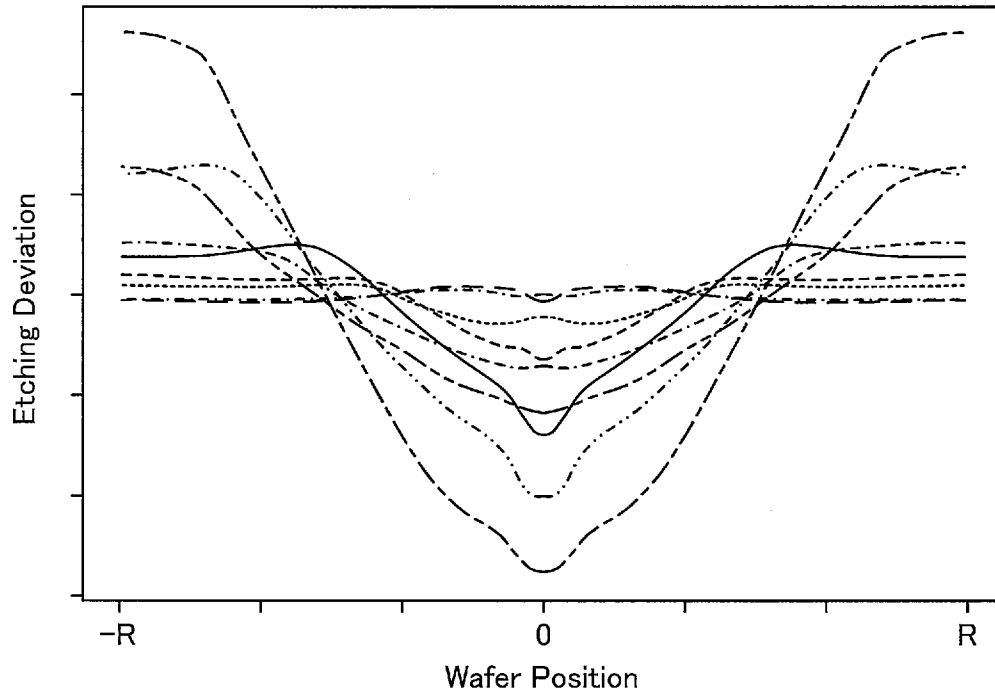
[図9]



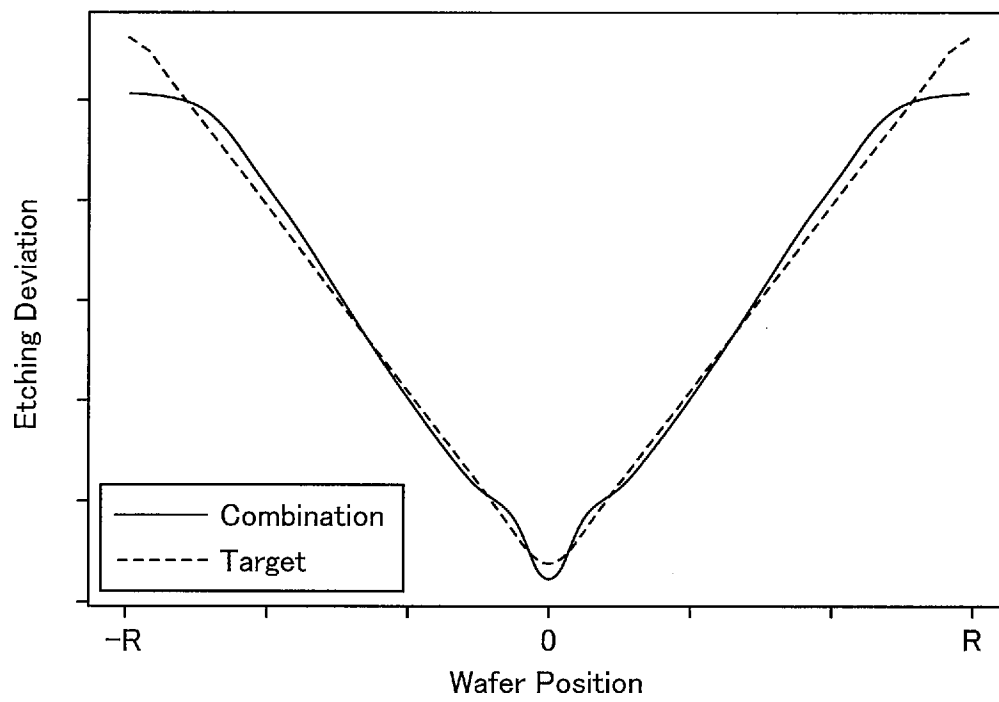
[図10]



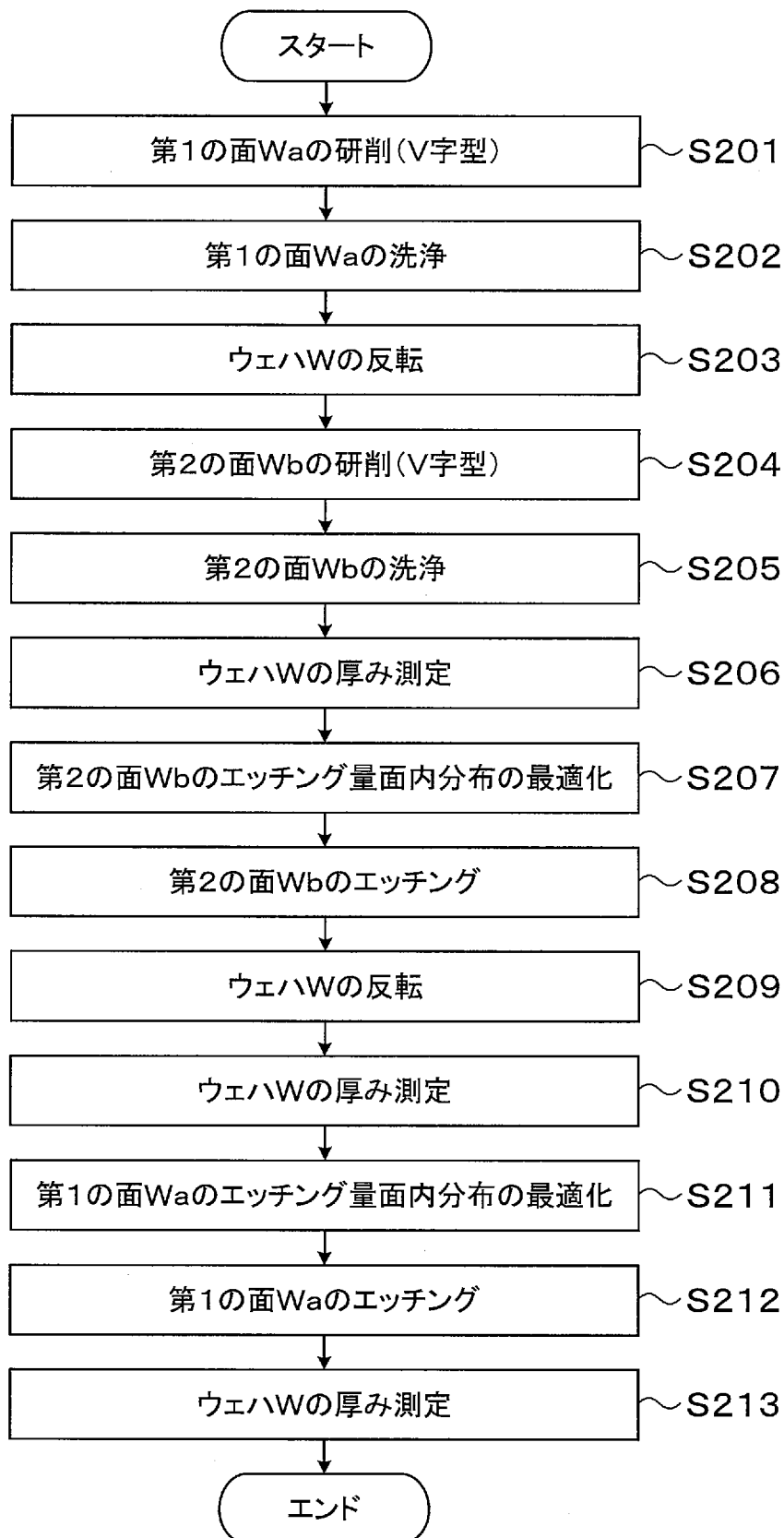
[図11]



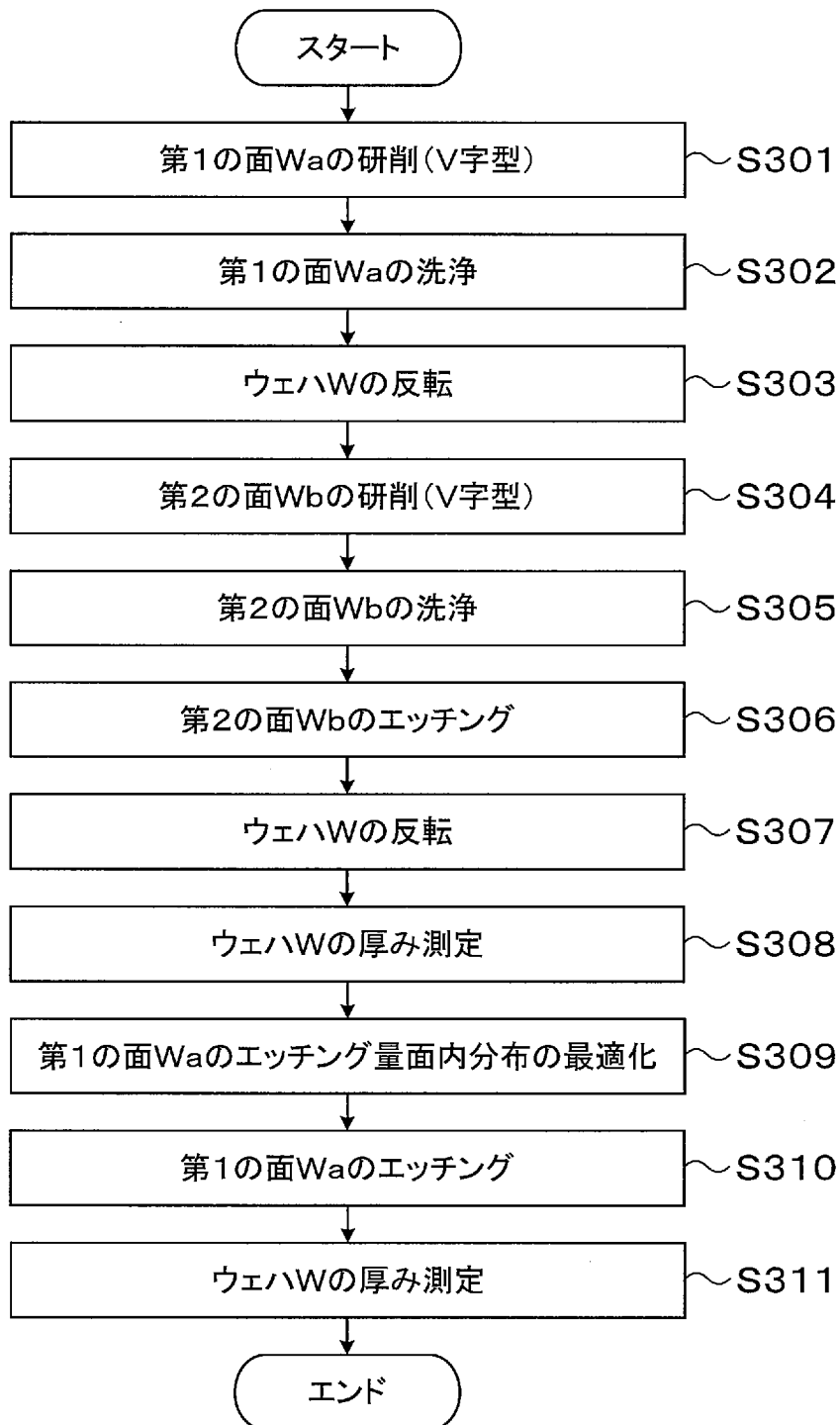
[図12]



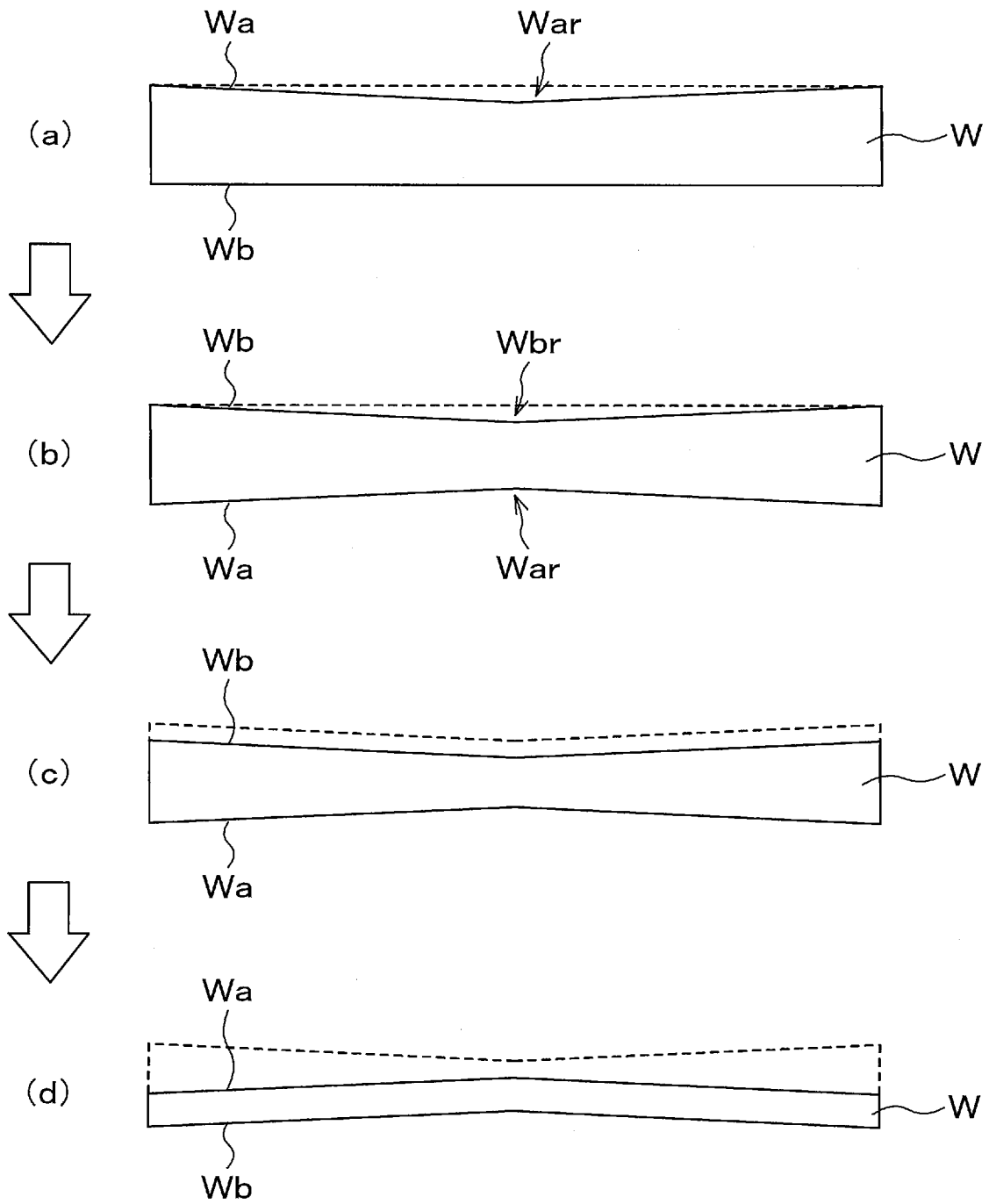
[図13]



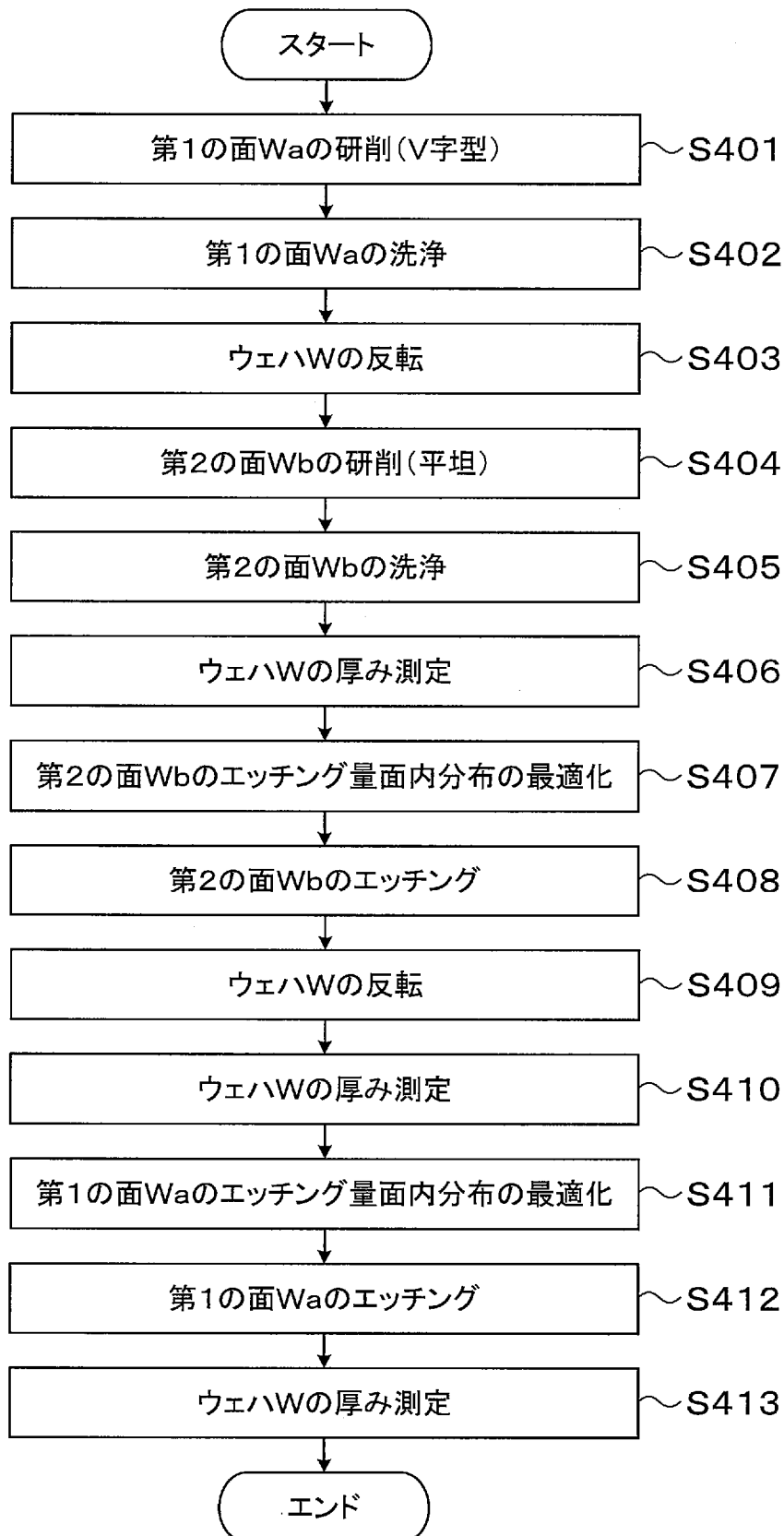
[図14]



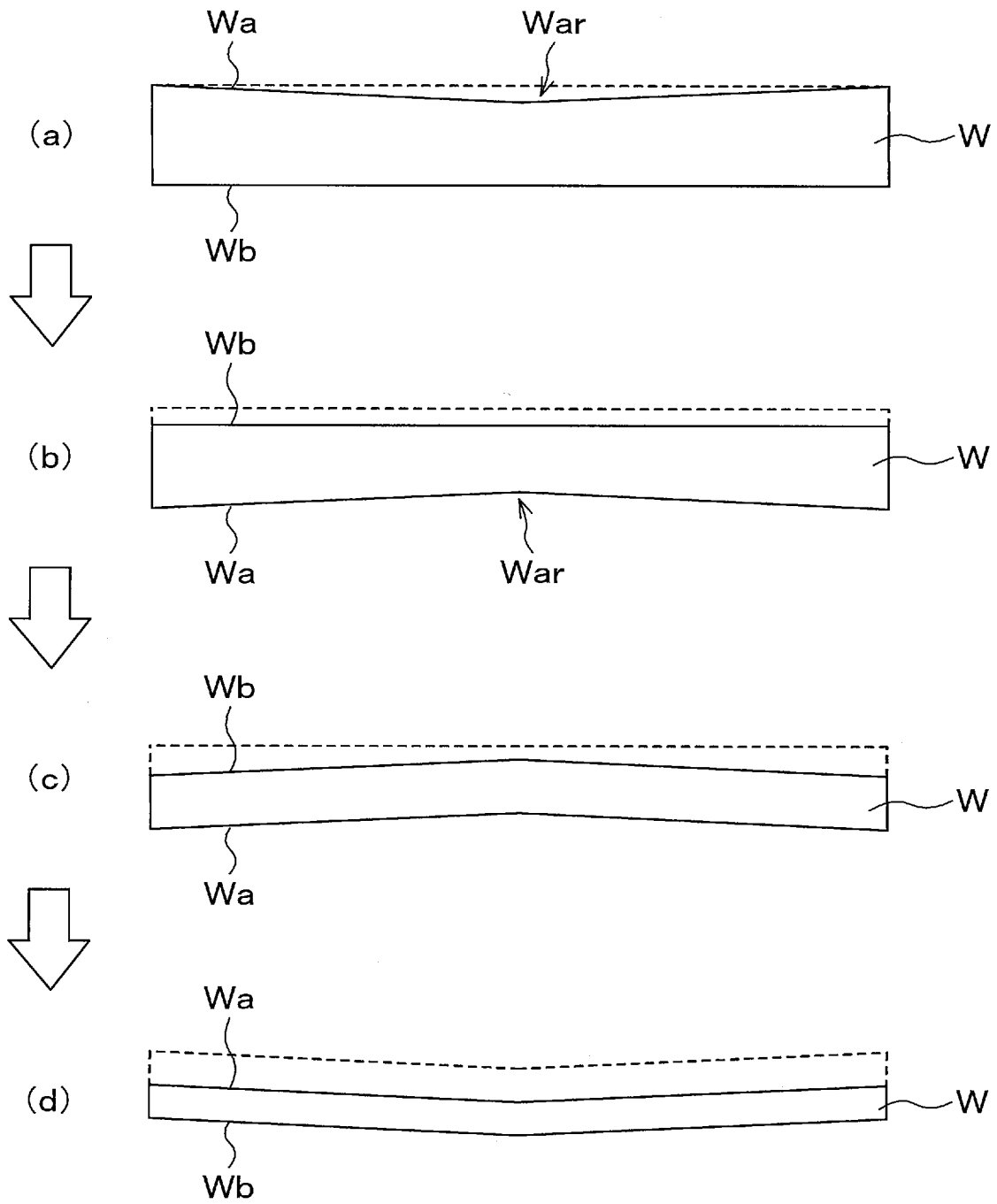
[図15]



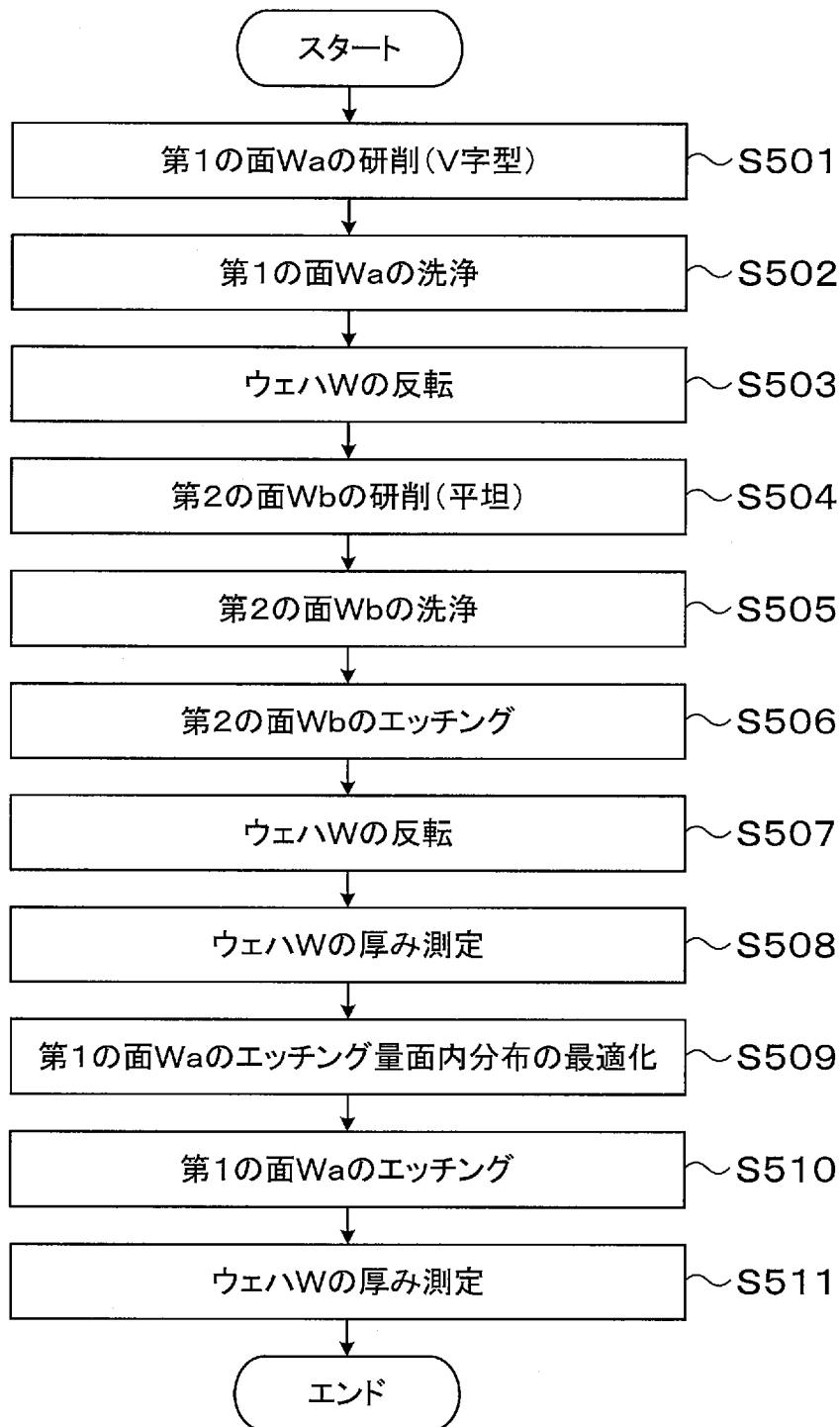
[図16]



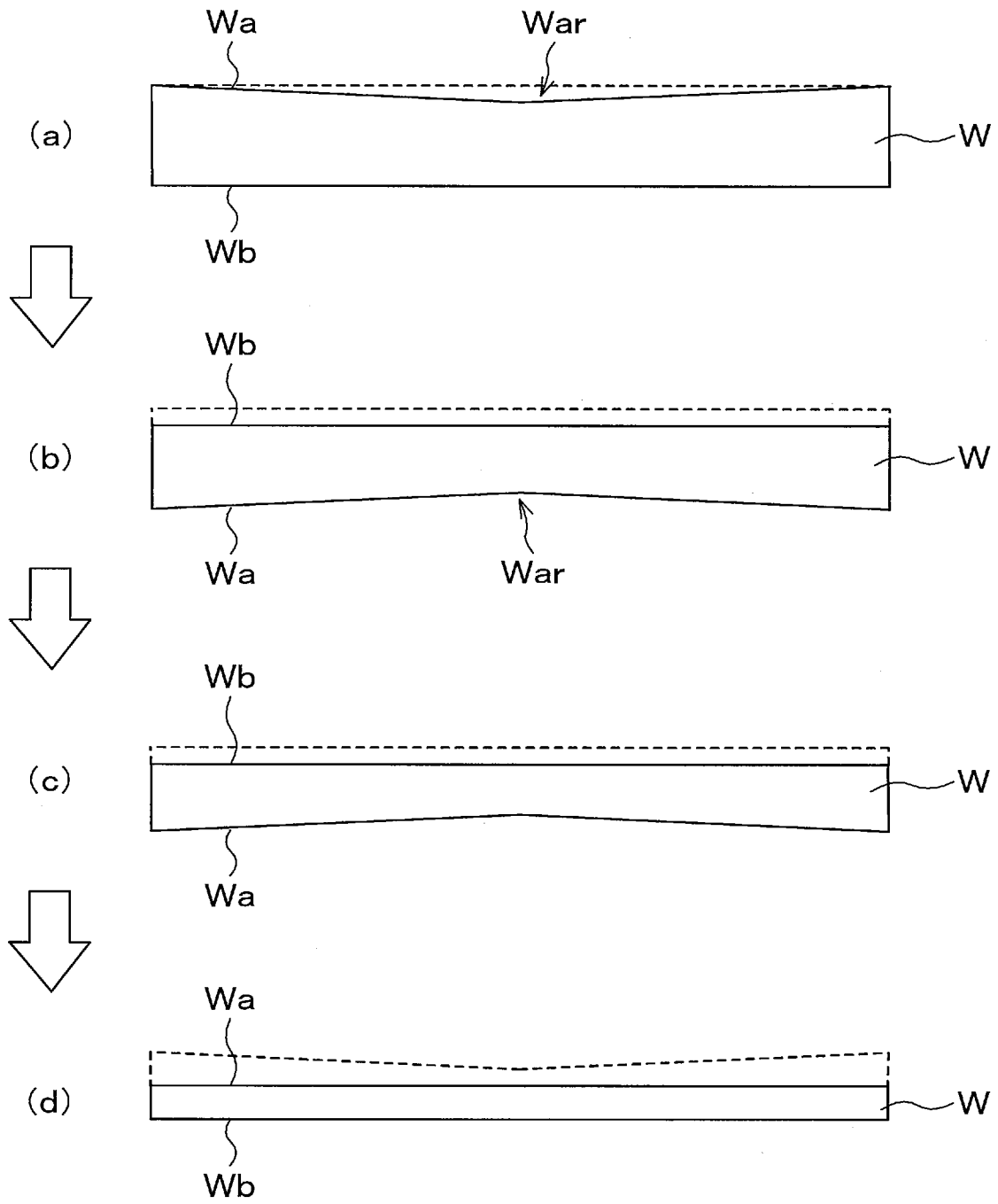
[図17]



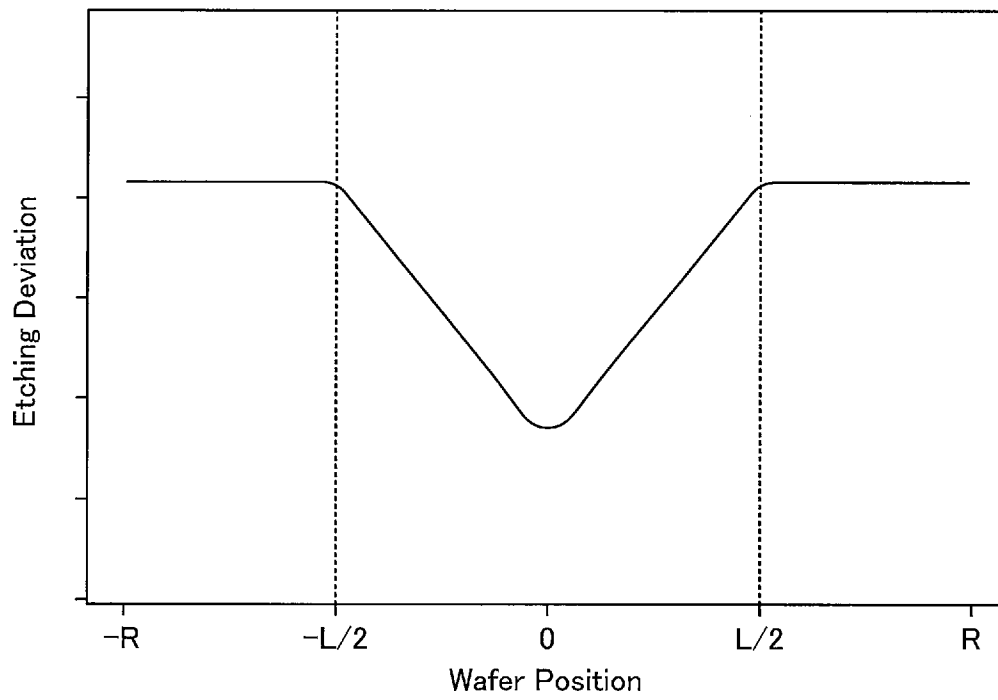
[図18]



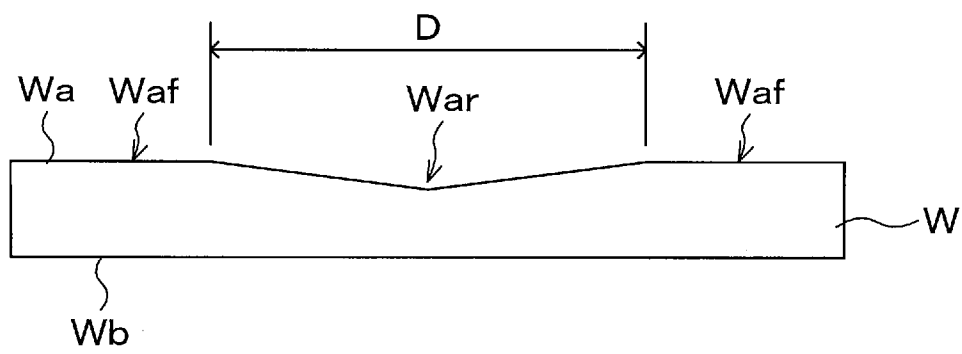
[図19]



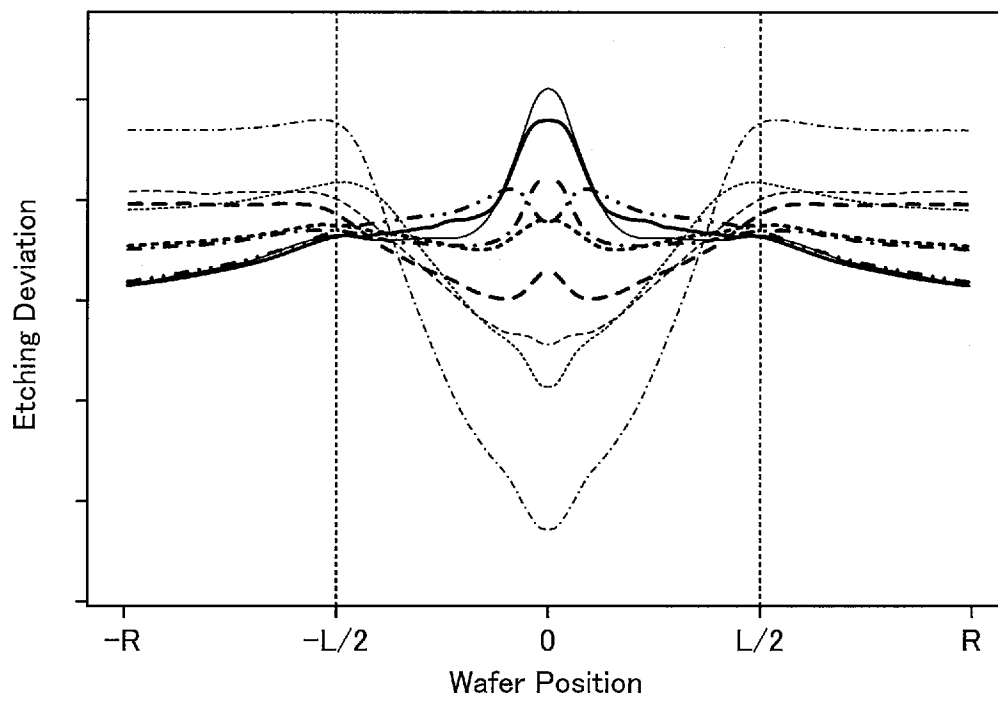
[図20]



[図21]



[図22]



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2023/017025

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER**H01L 21/306**(2006.01)i; **H01L 21/304**(2006.01)i

FI: H01L21/306 B; H01L21/304 622P; H01L21/304 631

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)

H01L21/306; H01L21/304

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 1971-2023

Registered utility model specifications of Japan 1996-2023

Published registered utility model applications of Japan 1994-2023

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	JP 2017-188549 A (MIMASU SEMICONDUCTOR IND CO LTD) 12 October 2017 (2017-10-12)	1, 5, 7, 13, 16, 18
Y	paragraphs [0028]-[0037], fig. 1-3, 6-7	6, 9-11, 17
A		2-4, 8, 12, 14-15, 19
Y	US 5821166 A (KOMATSU ELECTRONIC METALS CO., LTD.) 13 October 1998 (1998-10-13)	6, 9-11, 17
A	column 2, lines 34-39, fig. 1a-1d	1-5, 7-8, 12-16, 18-19
A	JP 2014-127618 A (DISCO CORPORATION) 07 July 2014 (2014-07-07)	1-19
A	JP 2021-34533 A (TOKYO ELECTRON LTD) 01 March 2021 (2021-03-01)	1-19



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

20 June 2023

Date of mailing of the international search report

04 July 2023

Name and mailing address of the ISA/JP

Japan Patent Office (ISA/JP)

3-4-3 Kasumigaseki, Chiyoda-ku, Tokyo 100-8915

Japan

Authorized officer

Telephone No.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT
Information on patent family members

International application No.

PCT/JP2023/017025

Patent document cited in search report			Publication date (day/month/year)	Patent family member(s)			Publication date (day/month/year)
JP	2017-188549	A	12 October 2017	TW	201802929	A	
US	5821166	A	13 October 1998	(Family: none)			
JP	2014-127618	A	07 July 2014	US	2014/0183163	A1	
				CN	103903975	A	
JP	2021-34533	A	01 March 2021	CN	112420506	A	
				KR	10-2021-0023750	A	
				TW	202113962	A	

A. 発明の属する分野の分類（国際特許分類（IPC）） H01L 21/306(2006.01)i; H01L 21/304(2006.01)i FI: H01L21/306 B; H01L21/304 622P; H01L21/304 631										
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）） H01L21/306; H01L21/304										
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 <table border="0"> <tr> <td>日本国実用新案公報</td> <td>1922 - 1996年</td> </tr> <tr> <td>日本国公開実用新案公報</td> <td>1971 - 2023年</td> </tr> <tr> <td>日本国実用新案登録公報</td> <td>1996 - 2023年</td> </tr> <tr> <td>日本国登録実用新案公報</td> <td>1994 - 2023年</td> </tr> </table>			日本国実用新案公報	1922 - 1996年	日本国公開実用新案公報	1971 - 2023年	日本国実用新案登録公報	1996 - 2023年	日本国登録実用新案公報	1994 - 2023年
日本国実用新案公報	1922 - 1996年									
日本国公開実用新案公報	1971 - 2023年									
日本国実用新案登録公報	1996 - 2023年									
日本国登録実用新案公報	1994 - 2023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	JP 2017-188549 A（三益半導体工業株式会社）12.10.2017（2017 - 10 - 12） 段落[0028]-[0037], 図1-3, 6-7	1, 5, 7, 13, 16, 18								
Y		6, 9-11, 17								
A		2-4, 8, 12, 14-15, 19								
Y	US 5821166 A（KOMATSU ELECTRONIC METALS CO., LTD.）13.10.1998（1998 - 10 - 13） 第2欄第34行-第39行, 図1a-1d	6, 9-11, 17								
A		1-5, 7-8, 12-16, 18-19								
A	JP 2014-127618 A（株式会社ディスコ）07.07.2014（2014 - 07 - 07）	1-19								
A	JP 2021-34533 A（東京エレクトロン株式会社）01.03.2021（2021 - 03 - 01）	1-19								
☐ 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抵触するものではなく、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 20.06.2023	国際調査報告の発送日 04.07.2023									
名称及びあて先 日本国特許庁(ISA/JP) 〒100-8915 日本国 東京都千代田区霞が関三丁目4番3号	権限のある職員（特許庁審査官） 小▲高▼ 孔頌 50 1982 電話番号 03-3581-1101 内線 3559									

国際調査報告
パテントファミリーに関する情報

国際出願番号

PCT/JP2023/017025

引用文献			公表日	パテントファミリー文献			公表日
JP	2017-188549	A	12.10.2017	TW	201802929	A	
US	5821166	A	13.10.1998	(ファミリーなし)			
JP	2014-127618	A	07.07.2014	US	2014/0183163	A1	
				CN	103903975	A	
JP	2021-34533	A	01.03.2021	CN	112420506	A	
				KR	10-2021-0023750	A	
				TW	202113962	A	