

(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
2015年9月17日(17.09.2015)



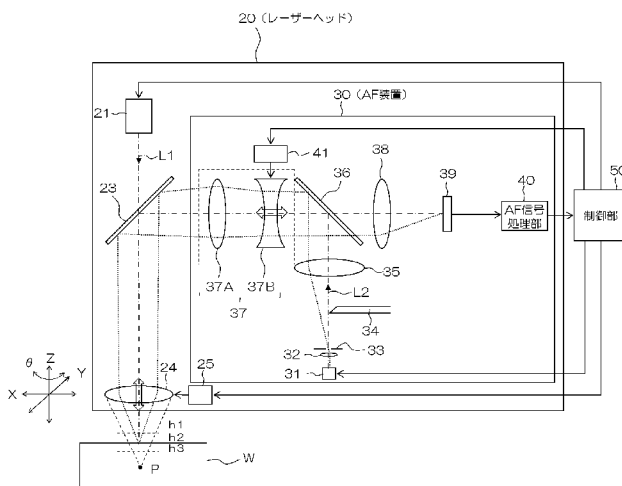
(10) 国際公開番号

WO 2015/137004 A1

- (51) 国際特許分類:
B23K 26/046 (2014.01) H01L 21/301 (2006.01)
B23K 26/53 (2014.01)
- (21) 国際出願番号: PCT/JP2015/052711
- (22) 国際出願日: 2015年1月30日(30.01.2015)
- (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 2014-052095 2014年3月14日(14.03.2014) JP
特願 2015-014324 2015年1月28日(28.01.2015) JP
- (71) 出願人: 株式会社東京精密(TOKYO SEIMITSU CO., LTD.) [JP/JP]; 〒1928515 東京都八王子市石川町2968-2 Tokyo (JP).
- (72) 発明者: 百村 和司(HYAKUMURA, Kazushi); 〒1928515 東京都八王子市石川町2968-2 株式会社東京精密内 Tokyo (JP).
- (74) 代理人: 松浦 憲三(MATSUURA, Kenzo); 〒1630223 東京都新宿区西新宿二丁目6番1号 新宿住友ビル23階 私書箱第176号 新都心国際特許事務所 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, 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), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, KM, ML, MR, NE, SN, TD, TG).
- 添付公開書類:
— 国際調査報告 (条約第21条(3))

(54) Title: LASER DICING DEVICE AND DICING METHOD

(54) 発明の名称: レーザーダイシング装置及びダイシング方法



- 20 Laser head
30 AF device
40 AF signal processing unit
50 Control unit

(57) Abstract: A laser dicing device (10) equipped with: a laser light source (21) that emits processing laser light (L1); an AF light source (31) that emits AF laser light (L2) which shares a portion of the light path of the processing laser light (L1); a collecting lens (24) arranged in the shared light path of the first and second laser lights (L1, L2); an AF signal processing unit (40) that generates a focus error signal on the basis of the AF laser light (L2) reflected by the surface of a wafer; a control unit (50) that, on the basis of the focus error signal, moves the collecting lens (24) in the wafer thickness direction so as to achieve a constant distance between the collecting lens (24) and the wafer surface; and a focus lens group (37) that adjusts the focal point position of the AF laser light (L2) in the wafer thickness direction while the focal point position of the processing laser light (L1) is fixed. Thus, it is possible to provide a laser dicing device and a laser dicing method which have a high degree of freedom with respect to changes in the processing depth of a modified region, and with which a modified region can be formed with good precision in the interior of a wafer.

(57) 要約:

[続葉有]

WO 2015/137004 A1



レーザーダイシング装置（１０）は、加工用レーザー光（Ｌ１）を出射するレーザー光源（２１）と、加工用レーザー光（Ｌ１）の光路と一部光路を共有するＡＦ用レーザー光（Ｌ２）を出射するＡＦ用光源（３１）と、第１及び第２レーザー光（Ｌ１）、（Ｌ２）の共有光路上に配置される集光レンズ（２４）と、ウェーハ表面で反射したＡＦ用レーザー光（Ｌ２）の反射光に基づいてフォーカス誤差信号を生成するＡＦ信号処理部（４０）と、フォーカス誤差信号に基づいて集光レンズ（２４）とウェーハ表面との距離が一定となるように集光レンズ（２４）をウェーハ厚み方向に移動させる制御部（５０）と、加工用レーザー光（Ｌ１）の集光点の位置を固定した状態でＡＦ用レーザー光（Ｌ２）の集光点の位置をウェーハ厚み方向に調整するフォーカスレンズ群（３７）と、を備えることで、改質領域の加工深さの変化に対する自由度が高く、ウェーハの内部に改質領域を精度良く形成することが可能なレーザーダイシング装置及びダイシング方法を実現する。

明 細 書

発明の名称： レーザーダイシング装置及びダイシング方法

技術分野

[0001] 本発明は、半導体装置や電子部品等が形成されたウェーハを個々のチップに分割するレーザーダイシング装置及びダイシング方法に関するものである。

背景技術

[0002] 従来、表面に半導体装置や電子部品等が形成されたウェーハを個々のチップに分割するには、細かなダイヤモンド砥粒で形成された厚さ30 μ m程度の薄い砥石により、ウェーハに研削溝を入れてウェーハをカットするダイシング装置が用いられていた。

[0003] ダイシング装置では、薄い砥石（以下、ダイシングブレードと称する）を例えば30,000～60,000rpmで高速回転させてウェーハを研削し、ウェーハを完全切断（フルカット）又は不完全切断（ハーフカット或いはセミフルカット）を行う。

[0004] しかし、このダイシングブレードによる研削加工の場合、ウェーハが高脆性材料であるため脆性モード加工となり、ウェーハの表面や裏面にチッピングが生じ、このチッピングが分割されたチップの性能を低下させる要因になっていた。特に裏面に生じたチッピングは、クラックが徐々に内部に進行するため大きな問題となっていた。

[0005] このような問題に対して、従来のダイシングブレードによる切断に替えて、ウェーハの内部に集光点を合わせてレーザー光を入射し、ウェーハ内部に多光子吸収による改質領域を形成して個々のチップに分割するレーザーダイシング装置が提案されている（例えば、特許文献1参照）。このようなレーザーダイシング装置では、ウェーハの内部に形成する改質領域をウェーハ表面から一定の深さに形成するため、オートフォーカス機構を用いてウェーハの表面の位置（高さ）を検出してレーザー光の集光点の位置を高精度に制御

する必要がある。

[0006] 例えば、特許文献1に開示された技術では、集光レンズによって、改質領域を形成するための加工用レーザー光と、ウェーハの表面の位置を検出するためのA F用（測距用）レーザー光とが共有する光路上でウェーハに向けて集光される。このとき、ウェーハの表面で反射されたA F用レーザー光の反射光が検出され、この検出信号に応じて加工用レーザー光の集光点の位置がウェーハの表面から一定の距離に位置するように集光レンズの位置がウェーハ厚み方向に微調整される。これにより、ウェーハの表面の変位に追従するように加工用レーザー光の集光点の位置を制御しながら、ウェーハの内部の所望の位置に改質領域を形成するリアルタイム加工を行うことが可能となる。

先行技術文献

特許文献

[0007] 特許文献1：特開2007-167918号公報

発明の概要

発明が解決しようとする課題

[0008] ところで、上述したような従来のレーザーダイシング装置では、開口数（NA：Numerical Aperture）が高い集光レンズ（高NAレンズ）が用いられるため、オートフォーカス機構の感度がきわめて高く、高精度検出の範囲が合焦位置の近傍に限られる。そのため、ウェーハの表面の変位を検出可能な測定範囲（フォーカス引き込み範囲）が極めて狭く、例えば通常数 μm の範囲でのみ測定が可能である。また、ウェーハの内部に形成される改質領域のウェーハの表面からの深さ（以下、「加工深さ」という。）を変えるために、加工用レーザー光の集光点を変更すると、それに伴ってA F用レーザー光の集光点の位置も変更されるため、ウェーハの表面の変位を検出できなくなってしまう。すなわち、改質領域の加工深さの変更に対して自由度がないことが問題となっている。

- [0009] 例えば、 $775\mu\text{m}$ の厚さを有するウェーハの表面から十数 μm から七百 μm を超える深さに改質領域を形成する場合、薄いウェーハ用のオートフォーカス機構では測定範囲を超えてしまうため、リアルタイムでの加工は不可能となる。この場合、事前に測定スキャンすることによりウェーハ表面の形状を測定して記憶し、記憶されたウェーハ表面形状データに基づきウェーハを加工していくトレース加工を実施する必要がある。
- [0010] しかし、このような方法では実際の加工を行う前段階で測定スキャンを実施してウェーハ表面形状の測定と記憶を行うため、実際の加工に加えて測定スキャンのための時間が必要となりスループット（加工効率）の低下を招く要因となっている。
- [0011] 一方、それぞれの加工深さに対応可能なオートフォーカス機構を別々のユニットとして用意することも考えられるが、コストアップや装置の複雑化を招くため好ましくない。
- [0012] 本発明は、このような事情に鑑みてなされたもので、改質領域の加工深さの変化に対する自由度が高く、ウェーハの内部に改質領域を精度良く形成することが可能なレーザーダイシング装置及びダイシング方法を提供することを目的とする。

課題を解決するための手段

- [0013] 上記目的を達成するために、本発明の第1態様に係るレーザーダイシング装置は、第1レーザー光をウェーハの内部に集光させることによりウェーハの内部に改質領域を形成するレーザーダイシング装置であって、第1レーザー光を出射する第1レーザー光源と、第1レーザー光の光路と一部光路を共有し、ウェーハの表面で反射させるための第2レーザー光を出射する第2レーザー光源と、第1レーザー光の光路と第2レーザー光の光路との共有光路上に配置され、第1レーザー光と第2レーザー光とを集光する集光レンズと、ウェーハの表面で反射した第2レーザー光の反射光に基づいて、第2レーザー光の集光点とウェーハの表面との距離を示すフォーカス誤差信号を生成するフォーカス誤差信号生成手段と、フォーカス誤差信号に基づいて、集光

レンズとウェーハの表面との距離が一定となるように集光レンズをウェーハの厚み方向に移動させる制御手段と、第1レーザー光の集光点の位置を固定した状態で第2レーザー光の集光点の位置をウェーハの厚み方向に調整する集光点調整手段と、を備える。

[0014] 本発明の第2態様に係るレーザーダイシング装置は、第1態様において、集光点調整手段は、第2レーザー光の光路上であって共有光路とは独立した位置に配置された1又は複数のレンズからなるフォーカスレンズ群を有し、フォーカスレンズ群の少なくとも一部のレンズが第2レーザー光の光路に沿って移動可能に構成される。

[0015] 本発明の第3態様に係るレーザーダイシング装置は、第2態様において、フォーカスレンズ群は、ウェーハ側から順に正レンズ及び負レンズを有し、負レンズが第2レーザー光の光路に沿って移動可能に構成される。

[0016] 本発明の第4態様に係るレーザーダイシング装置は、第3態様において、前記集光レンズの射出瞳と前記正レンズとの光学的距離が120mm以下である。

[0017] 本発明の第5態様に係るレーザーダイシング装置は、第3態様又は第4態様において、前記正レンズの焦点距離が20mm以上80mm以下である。

[0018] 本発明の第6態様に係るレーザーダイシング装置は、第3～5態様のいずれかにおいて、前記正レンズの焦点距離と前記負レンズの焦点距離との差が2mm以上15mm以下である。

[0019] 本発明の第7態様に係るレーザーダイシング装置は、第3～6態様のいずれかにおいて、前記集光レンズにより集光され前記ウェーハの表面に照射される前記第1レーザー光の集光像の直径が5 μ m以上50 μ m以下である。

[0020] 本発明の第8態様に係るレーザーダイシング装置は、第1～7態様のいずれかにおいて、フォーカス誤差信号生成手段は、ナイフエッジ法によりフォーカス誤差信号を生成する。

[0021] 本発明の第9態様に係るレーザーダイシング装置は、第1～7態様のいずれかにおいて、フォーカス誤差信号生成手段は、非点収差法によりフォーカ

ス誤差信号を生成する。

[0022] 本発明の第10態様に係るダイシング方法は、第1レーザー光をウェーハの内部に集光させることによりウェーハの内部に改質領域を形成するダイシング方法であって、第1レーザー光の光路とウェーハの表面で反射させるための第2レーザー光の光路との共有光路上に配置された集光レンズにより第1レーザー光及び第2レーザー光を集光させる集光工程と、ウェーハの表面で反射した第2レーザー光の反射光に基づいて、第2レーザー光の集光点とウェーハの表面との距離を示すフォーカス誤差信号を生成するフォーカス誤差信号生成工程と、フォーカス誤差信号に基づいて、集光レンズとウェーハの表面との距離が一定となるように集光レンズをウェーハの厚み方向に移動させる制御工程と、第1レーザー光の集光点の位置を固定した状態で第2レーザー光の集光点の位置をウェーハの厚み方向に調整する集光点調整工程と、を含む。

[0023] 本発明の第11態様に係るダイシング方法は、第10態様において、集光点調整工程は、第2レーザー光の光路上であって共有光路とは独立した位置に配置された1又は複数のレンズからなるフォーカスレンズ群の少なくとも一部のレンズを第2レーザー光の光路に沿って移動させることにより、第2レーザー光の集光点の位置をウェーハの厚み方向に調整する。

[0024] 本発明の第12態様に係るダイシング方法は、第11態様において、フォーカスレンズ群は、ウェーハ側から順に正レンズ及び負レンズを有し、集光点調整工程は、負レンズを第2レーザー光の光路に沿って移動させることにより、第2レーザー光の集光点の位置をウェーハの厚み方向に調整する。

[0025] 本発明の第13態様に係るダイシング方法は、第12態様において、前記集光レンズの射出瞳と前記正レンズとの光学的距離が120mm以下である。

[0026] 本発明の第14態様に係るダイシング方法は、第12態様又は第13態様において、前記正レンズの焦点距離が20mm以上80mm以下である。

[0027] 本発明の第15態様に係るダイシング方法は、第12～14態様のいずれ

かにおいて、前記正レンズの焦点距離と前記負レンズの焦点距離との差が2 mm以上15 mm以下である。

[0028] 本発明の第16態様に係るダイシング方法は、第12～15態様のいずれかにおいて、前記集光レンズにより集光され前記ウェーハの表面に照射される前記第1レーザー光の集光像の直径が5 μ m以上50 μ m以下である。

[0029] 本発明の第17態様に係るダイシング方法は、第10～16態様のいずれかにおいて、フォーカス誤差信号生成工程は、ナイフエッジ法によりフォーカス誤差信号を生成する。

[0030] 本発明の第18態様に係るダイシング方法は、第10～16態様のいずれかにおいて、フォーカス誤差信号生成工程は、非点収差法によりフォーカス誤差信号を生成する。

発明の効果

[0031] 本発明によれば、第1レーザー光（加工用レーザー光）の集光点と第2レーザー光（AF用レーザー光）の集光点との相対的な距離を調整することができるので、改質領域の加工深さに応じてウェーハの表面近傍に第2レーザー光の集光点を合わせることが可能となり、ウェーハの表面の変位を安定かつ高精度に検出することができる。したがって、改質領域の加工深さの変化に対する自由度を高くでき、ウェーハの内部の所望の位置に改質領域を精度良く形成することが可能となる。

図面の簡単な説明

[0032] [図1]本発明の一実施形態に係るレーザーダイシング装置の概略を示した構成図

[図2]フレームにテープを介してマウントされたウェーハを示した斜視図

[図3]ウェーハ内部の集光点近傍に形成される改質領域を説明する概念図

[図4]AF装置の構成例を示した概略図

[図5]2分割フォトダイオードの受光面に形成される集光像の様子を示した図

[図6]フォーカス誤差信号の出力特性を示したグラフ

[図7]AF用レーザー光の集光点がウェーハ厚み方向に変化する様子を示した

図

[図8]本実施形態のレーザーダイシング装置を用いたダイシング方法の流れを示したフローチャート

[図9]図8に示すキャリブレーション動作の詳細な流れを示したフローチャート

[図10]キャリブレーション動作によって測定されるフォーカス誤差信号の出力特性の一例を示した図

[図11]図8に示すリアルタイム加工動作の詳細な流れを示したフローチャート

[図12]シミュレーションによる評価結果（加工深さ毎のフォーカス誤差信号の出力特性）を示した図

[図13]シミュレーションによる評価結果（加工深さ毎のフォーカス誤差信号の出力特性）を示した図

[図14]シミュレーションによる評価結果（加工深さ毎のフォーカス誤差信号の出力特性）を示した図

[図15]シミュレーションによる評価結果（加工深さ毎のフォーカス誤差信号の出力特性）を示した図

[図16]シミュレーションによる評価結果（加工深さ毎のフォーカス誤差信号の出力特性）を示した図

[図17]AF装置30の他の構成例を示した概略図

[図18]4分割フォトダイオードの受光面を示した図

[図19]AF装置30の更に他の構成例を示した概略図

発明を実施するための形態

[0033] 以下、添付図面に従って本発明の実施の形態について説明する。

[0034] 図1は、本発明の一実施形態に係るレーザーダイシング装置10の概略を示した構成図である。同図に示すように、レーザーダイシング装置10は、ウェーハWを移動させるステージ12と、ウェーハWにレーザー光を照射するレーザーヘッド20と、レーザーダイシング装置10の各部を制御する制

御部 50 とを備える。

[0035] ステージ 12 は、XYZ θ 方向に移動可能に構成され、ウェーハ W を吸着保持する。ウェーハ W は、図 2 に示すように、一方の面に粘着材を有するダイシングシート S が貼付され、このダイシングシート S を介してフレーム F と一体化された状態でステージ 12 に載置される。

[0036] レーザーヘッド 20 は、ウェーハ W に対向する位置に配置されており、ウェーハ W の内部に多光子吸収による改質領域を形成するための加工用レーザー光 L1 をウェーハ W に対して照射する。

[0037] 制御部 50 は、CPU (Central Processing Unit)、メモリ、入出力回路部等からなり、レーザーダイシング装置 10 の各部の動作や加工に必要なデータの記憶等を行う。

[0038] レーザーダイシング装置 10 はこの他に、図示しないウェーハ搬送手段、操作板、テレビモニタ、及び表示灯等から構成されている。

[0039] 操作板には、レーザーダイシング装置 10 の各部の動作を操作するスイッチ類や表示装置が取り付けられている。テレビモニタは、図示しない CCD (Charge Coupled Device) カメラで撮像したウェーハ画像の表示、又はプログラム内容や各種メッセージ等を表示する。表示灯は、レーザーダイシング装置 10 の加工中、加工終了、非常停止等の稼働状況を表示する。

[0040] 次に、レーザーヘッド 20 の詳細構成について説明する。

[0041] 図 1 に示すように、レーザーヘッド 20 は、レーザー光源 (第 1 レーザー光源) 21 と、ダイクロイックミラー 23 と、集光レンズ 24 と、第 1 アクチュエータ 25 と、AF 装置 30 とを備える。

[0042] レーザー光源 21 は、ウェーハ W の内部に改質領域を形成するための加工用レーザー光 (第 1 レーザー光) L1 を出射する。例えば、レーザー光源 21 は、パルス幅が $1\ \mu\text{s}$ 以下であって、集光点におけるピークパワー密度が $1 \times 10^8\ (\text{W}/\text{cm}^2)$ 以上となるレーザー光を出射する。

[0043] 加工用レーザー光 L1 の第 1 光路上には、レーザー光源 21 側から順に、ダイクロイックミラー 23 と、集光レンズ 24 とが配置される。ダイクロイ

ックミラー 23 は、加工用レーザー光 L1 を透過し、かつ後述する AF 装置 30 から出射される AF 用レーザー光（第 2 レーザー光）L2 を反射する。なお、AF 用レーザー光 L2 の第 2 光路は、ダイクロイックミラー 23 により加工用レーザー光 L1 の第 1 光路と一部光路を共有するように屈曲され、その共有光路上に集光レンズ 24 が配置される。

[0044] レーザー光源 21 から出射された加工用レーザー光 L1 は、ダイクロイックミラー 23 を通過した後、集光レンズ 24 によりウェーハ W の内部に集光される。加工用レーザー光 L1 の集光点の Z 方向位置（ウェーハ厚み方向位置）は、第 1 アクチュエータ 25 によって集光レンズ 24 を Z 方向に微小移動させることにより調節される。なお、詳細は後述するが、第 1 アクチュエータ 25 は、集光レンズ 24 とウェーハ W の表面との距離が一定となるように、制御部 50 によって駆動が制御される。

[0045] 図 3 は、ウェーハ内部の集光点近傍に形成される改質領域を説明する概念図である。図 3（a）は、ウェーハ W の内部に入射された加工用レーザー光 L1 が集光点に改質領域 P を形成した状態を示し、図 3（b）は断続するパルス状の加工用レーザー光 L1 の下でウェーハ W が水平方向に移動され、不連続な改質領域 P、P、…が並んで形成された状態を表している。図 3（c）は、ウェーハ W の内部に改質領域 P が多層に形成された状態を示している。

[0046] 図 3（a）に示すように、ウェーハ W の表面から入射した加工用レーザー光 L1 の集光点がウェーハ W の厚さ方向の内部に設定されていると、ウェーハ W の表面を透過した加工用レーザー光 L1 は、ウェーハ W の内部の集光点でエネルギーが集中し、ウェーハ W の内部の集光点近傍に多光子吸収によるクラック領域、溶融領域、屈折率変化領域等の改質領域が形成される。図 3（b）に示すように、断続するパルス状の加工用レーザー光 L1 をウェーハ W に照射して複数の改質領域 P、P、…をダイシングストリートに沿って形成することで、ウェーハ W は分子間力のバランスが崩れ、改質領域 P、P、…を起点として自然に割断するか、或いは僅かな外力を加えることによって

切断される。

[0047] また、厚さの厚いウェーハWの場合は、改質領域Pの層が1層では切断できないので、図3(c)に示すように、ウェーハWの厚さ方向に加工用レーザー光L1の集光点を移動し、改質領域Pを多層に形成させて切断する。

[0048] なお、図3(b)、(c)に示した例では、断続するパルス状の加工用レーザー光L1で不連続な改質領域P、P、…を形成した状態を示したが、加工用レーザー光L1の連続波の下で連続的な改質領域Pを形成するようにしてもよい。不連続の改質領域Pを形成した場合は、連続した改質領域Pを形成した場合に比べて切断され難いので、ウェーハWの厚さや搬送中の安全等の状況によって、加工用レーザー光L1の連続波を用いるか、断続波を用いるかが適宜選択される。

[0049] AF装置30は、ウェーハWの表面の基準位置からのZ方向（ウェーハ厚み方向）の変位を検出するためのAF用レーザー光（第2レーザー光）L2を出射し、ウェーハWの表面で反射したAF用レーザー光L2の反射光を受光し、その受光した反射光に基づいて、ウェーハWの表面の基準位置からのZ方向の変位を検出する。

[0050] 図4は、AF装置30の構成例を示した概略図である。図4に示すAF装置30は、ナイフエッジ法を用いてウェーハWの表面の基準位置からのZ方向の変位を検出するものである。

[0051] AF装置30は、AF用光源（第2レーザー光源）31と、集光レンズ32と、ピンホール33と、ナイフエッジ34と、照明系レンズ35と、ハーフミラー36と、フォーカスレンズ群37と、結像レンズ38と、ディテクタ39と、AF信号処理部40と、第2アクチュエータ41と、を備える。

[0052] AF用光源31は、例えばLD（Laser Diode）光源やSLD（Super Luminescent Diode）光源等からなり、加工用レーザー光L1とは異なる波長であってウェーハWの表面で反射可能な波長を有するAF用レーザー光L2を出射する。

[0053] AF用光源31から出射されたAF用レーザー光L2は、集光レンズ32

、ピンホール３３を通過した後、ナイフエッジ３４によってその一部が遮光される、そして、ナイフエッジ３４によって遮光されることなく進行した光は、照明系レンズ３５を通過した後、ハーフミラー３６で反射されて、フォーカスレンズ群３７を介して、ダイクロイックミラー２３に導かれる。このダイクロイックミラー２３により反射されたＡＦ用レーザー光Ｌ２は、加工用レーザー光Ｌ１との共有光路に沿って進行し、集光レンズ２４により集光されてウェーハＷに照射される。なお、ナイフエッジ３４はピンホール３３とハーフミラー３６の間にあればよく、照明系レンズ３５の後に配置しても同様の効果を得られる。

[0054] ウェーハＷの表面で反射されたＡＦ用レーザー光Ｌ２の反射光は、集光レンズ２４に戻って共有光路に沿って進行し、ダイクロイックミラー２３により反射される。このダイクロイックミラー２３により反射されたＡＦ用レーザー光Ｌ２の反射光は、フォーカスレンズ群３７、ハーフミラー３６を順次通過する。ハーフミラー３６を通過したＡＦ用レーザー光Ｌ２の反射光は、結像レンズ３８により集光され、ディテクタ３９上に照射され、ディテクタ３９の受光面に集光像を形成する。

[0055] ディテクタ３９は、２分割された受光素子（光電変換素子）を有する２分割フォトダイオードからなり、ＡＦ用レーザー光Ｌ２の反射光の集光像を分割して受光し、それぞれの光量に応じた出力信号（電気信号）をＡＦ信号処理部４０に出力する。

[0056] ＡＦ信号処理部４０は、ディテクタ３９の各受光素子から出力された出力信号に基づいて、ウェーハＷの表面の基準位置からのＺ方向の変位（ウェーハＷの表面とＡＦ用レーザー光Ｌ２の集光点とのデフォーカス距離）を示すフォーカス誤差信号を生成して制御部５０に出力する。なお、ＡＦ信号処理部４０は、本発明のフォーカス誤差信号生成手段に相当する。

[0057] ここで、ウェーハＷの表面の変位の検出原理について説明する。

[0058] 図５は、ディテクタ３９を構成する２分割フォトダイオード４２の受光面に形成される集光像の様子を示した図である。なお、図５（ａ）～（ｃ）は

、図4においてウェーハWの表面がそれぞれh₁、h₂、h₃で示す位置にあるときに、2分割フォトダイオード42の受光面に形成される集光像の様子を示している。

[0059] まず、ウェーハWの表面がh₂の位置にある場合、すなわち、ウェーハWの表面とAF用レーザー光L₂の集光点とが一致している場合、図5（b）に示すように、2分割フォトダイオード42の受光面には真ん中にシャープな像（真円）が形成される。このとき、2分割フォトダイオード42の受光素子42A、42Bで受光される光量は共に等しくなり、ウェーハWの表面は合焦位置にあることが分かる。

[0060] 一方、ウェーハWの表面がh₁の位置にある場合、すなわち、ウェーハWの表面がAF用レーザー光L₂の集光点よりも集光レンズ24に近い位置にある場合、図5（a）に示すように、2分割フォトダイオード42の受光面には、受光素子42A側に半円状の集光像が形成され、その大きさ（ぼけ量）はウェーハWと集光レンズ24との距離に応じて変化する。

[0061] また、ウェーハWの表面がh₃の位置にある場合、すなわち、ウェーハWの表面がAF用レーザー光L₂の集光点よりも集光レンズ24から遠い位置にある場合、図5（c）に示すように、2分割フォトダイオード42の受光面には、受光素子42B側に半円状の集光像が形成され、その大きさ（ぼけ量）はウェーハWと集光レンズ24との距離に応じて変化する。

[0062] このように、2分割フォトダイオード42の受光素子42A、42Bで受光される光量は、ウェーハWの表面の変位に応じて変化する。したがって、このような性質を利用してウェーハWの表面の変位を検出することができる。

[0063] AF信号処理部40では、2分割フォトダイオード42の受光素子42A、42Bから出力された出力信号をそれぞれA、Bとしたとき、フォーカス誤差信号Eを、次式（1）に従って求める。

[0064]
$$E = (A - B) / (A + B) \quad \cdots (1)$$

図6は、フォーカス誤差信号の出力特性を示したグラフであり、横軸はウ

ウェーハWの表面の基準位置からZ方向（ウェーハ厚み方向）の変位を示し、縦軸はフォーカス誤差信号の出力値を示している。なお、ウェーハWの表面の基準位置（原点）にAF用レーザー光L2の集光点が一致するように予め調整されているものとする。

[0065] 図6に示すように、フォーカス誤差信号の出力特性は、ウェーハWの表面の基準位置（原点）をゼロクロス点としたS字状の曲線となる。また、ウェーハWの表面の位置が、図中に矢印で示した範囲、すなわち、ウェーハWの表面の変位を検出可能な測定範囲（フォーカス引き込み範囲）内にあるとき、ウェーハWの表面の変位とフォーカス誤差信号の出力との関係は、原点を通る単調な曲線となる。つまり、フォーカス誤差信号の出力がゼロであれば、ウェーハWの表面がAF用レーザー光L2の集光点と一致する合焦位置にあることが分かり、フォーカス誤差信号の出力がゼロでなければ、ウェーハWの表面の変位方向及び変位量を知ることができる。

[0066] このような出力特性を有するフォーカス誤差信号は、ウェーハWの表面の基準位置からZ方向の変位を示すウェーハ変位情報としてAF信号処理部40で生成され、制御部50に出力される。

[0067] 制御部50は、AF信号処理部40から出力されたフォーカス誤差信号に基づいて、集光レンズ24とウェーハWの表面との距離が一定となるように、第1アクチュエータ25の駆動を制御する。これにより、ウェーハWの表面の変位に追従するように集光レンズ24がZ方向（ウェーハ厚み方向）に微小移動され、ウェーハWの表面から一定の距離（深さ）に加工用レーザー光L1の集光点が位置するようになるので、ウェーハWの内部の所望の位置に改質領域を形成することができる。なお、制御部50は、本発明の制御手段に相当するものである。

[0068] ところで、本実施形態のように、加工用レーザー光L1の第1光路とAF用レーザー光L2の第2光路との共有光路上に集光レンズ24が配置される構成においては、改質領域の加工深さを変えるために集光レンズ24とウェーハWとの相対的な距離が変化すると、加工用レーザー光L1の集光点とと

もにAF用レーザー光L2の集光点もウェーハWに対するZ方向位置が変化する。

[0069] 例えば、図7(a)に示すように、ウェーハWの表面から浅い位置に改質領域を形成する場合において、ウェーハWの表面にAF用レーザー光L2の集光点が一致していたとする。このような場合、図7(b)に示すように、ウェーハWの表面から深い位置に改質領域を形成するために、集光レンズ24とウェーハWとの相対的な距離を変化させると、AF用レーザー光L2の集光点がウェーハWの表面からZ方向（ウェーハ厚み方向）に大きくずれてしまう。そして、AF用レーザー光L2の集光点とウェーハWの表面との距離が測定範囲（フォーカス引き込み範囲）を超えてしまうと、ウェーハWの表面の変位を検出することができなくなってしまう。特に、集光レンズ24は高NAレンズが用いられるため、ウェーハWの表面の変位を検出可能な測定範囲がAF用レーザー光L2の集光点（合焦位置）の近傍に限られるため、上記問題はより顕著なものとなる。

[0070] そこで、本実施形態のAF装置30は、加工用レーザー光L1の集光点とは独立してAF用レーザー光L2の集光点をZ方向（ウェーハ厚み方向）に変化させる集光点調整手段としてフォーカスレンズ群37を備えている。

[0071] フォーカスレンズ群37は、AF用レーザー光L2の第2光路上であって加工用レーザー光L1の第1光路との共有光路とは独立した位置に配置される。具体的には、ダイクロイックミラー23とハーフミラー36との間に配置される。

[0072] フォーカスレンズ群37は、少なくとも第2光路に沿って移動可能に構成された移動レンズを含む複数のレンズからなり、本例では、被写体側（ウェーハW側）から順に、第2光路に沿って移動不能に設けられた固定レンズ（正レンズ）37Aと、第2光路に沿って移動可能に設けられた移動レンズ（負レンズ）37Bとから構成される。

[0073] 第2アクチュエータ41は、移動レンズ37Bを第2光路に沿って移動させる。移動レンズ37Bが第2光路に沿って移動すると、加工用レーザー光

L 1 の集光点の Z 方向位置は固定された状態で、移動レンズ 3 7 B の移動方向及び移動量に応じて A F 用レーザー光 L 2 の集光点の Z 方向位置が変化する。すなわち、加工用レーザー光 L 1 の集光点と A F 用レーザー光 L 2 の集光点との相対的な距離が変化する。

[0074] 制御部 5 0 は、A F 信号処理部 4 0 から出力されるフォーカス誤差信号に基づいて、A F 用レーザー光 L 2 の集光点がウェーハ W の表面に一致するように（具体的には、フォーカス誤差信号がゼロとなるように）、第 2 アクチュエータ 4 1 の駆動を制御する。

[0075] このように、制御部 5 0 が、A F 信号処理部 4 0 から出力されるフォーカス誤差信号に基づいて、第 2 アクチュエータ 4 1 の駆動を制御することにより、加工用レーザー光 L 1 の集光点とは独立して A F 用レーザー光 L 2 の集光点をウェーハ W の表面に一致させることが可能となる。

[0076] これにより、図 7（a）に示した状態から図 7（b）に示した状態のように、改質領域の加工深さを変化させるために集光レンズ 2 4 とウェーハ W との相対的な距離が変化する場合においても、上記のようにフォーカスレンズ群 3 7 の移動レンズ 3 7 B を第 2 光路に沿って移動させることにより、図 7（c）に示した状態のように、加工用レーザー光 L 1 の集光点の Z 方向位置を固定した状態で、A F 用レーザー光 L 2 の集光点をウェーハ W の表面に一致させることが可能となる。

[0077] このようなフォーカスレンズ群 3 7 の構成が好ましい理由について説明する。

[0078] ウェーハ W の内部に加工用レーザー光 L 1 の集光点を合わせた内部加工の状態において、集光レンズ 2 4 とウェーハ W との相対的な距離が短くなると、ウェーハ W の表面に集光する A F 用レーザー光 L 2 は集光レンズ 2 4 から発散光となる。フォーカスレンズ群 3 7 としては負レンズ先行タイプもあるが、集光レンズ 2 4 からの光が発散光であることを考慮すれば、本実施形態のように、正レンズ先行タイプが合理的である。正レンズ（群）及び負レンズ（群）のうちどちらを動かして集光点調整（フォーカス調整）するかに

ついても、正レンズを動かすタイプ、負レンズを動かすタイプがあり得るが、集光点調整によって集光レンズ24及びフォーカスレンズ群37の合成焦点距離の変動がなるべく小さい方が好ましい。この観点から負レンズを動かすタイプが好ましい。

[0079] 以上のような理由により、本実施形態においては、フォーカスレンズ群37は、被写体（ウェーハW側）から順に、固定レンズ（正レンズ）37A、移動レンズ（負レンズ）37Bとからなる構成が好ましく採用される。

[0080] 次に、本実施形態のレーザーダイシング装置10を用いたダイシング方法について説明する。図8は、本実施形態のレーザーダイシング装置10を用いたダイシング方法の流れを示したフローチャートである。なお、ウェーハWは、図3に示すように、一方の面に粘着材を有するダイシングシートSが貼付され、このダイシングシートSを介してフレームFと一体化された状態でステージ12に吸着保持されているものとする。また、ステージ12に吸着保持されたウェーハWは、画像処理装置を有するアライメント手段（不図示）によってアライメントが適宜行われるものとする。

[0081] 図8に示すように、レーザーダイシング装置10は、後述するリアルタイム加工動作に先立って、オートフォーカス誤差信号の出力特性を測定するキャリブレーション動作を実行する（ステップS10）。

[0082] キャリブレーション動作が完了した後、レーザーダイシング装置10は、ウェーハWの表面の変位に追従するように加工用レーザー光L1の集光点のZ方向位置を調整しながらウェーハWの内部に改質領域を形成するリアルタイム加工動作を実行する（ステップS12）。

[0083] 図9は、図8に示すキャリブレーション動作の詳細な流れを示したフローチャートである。

[0084] まず、制御部50は、第2アクチュエータ41の駆動を制御して、フォーカスレンズ群37の移動レンズ37Bを改質領域の加工深さに応じた位置に移動させる（ステップS20）。なお、制御部50のメモリ部（不図示）には、改質領域の加工深さとフォーカスレンズ群37の移動レンズ37Bの位

置との対応関係が保持されている。

[0085] 続いて、制御部50は、ステージ12の移動を制御して、ウェーハWの表面の基準位置を集光レンズ24の直下に移動させる（ステップS22）。なお、ウェーハWの表面の基準位置は、AF用レーザー光L2の集光点を一致させる位置であって、ウェーハWの表面のZ方向位置の変位の基準となる位置なので、ウェーハWの表面の段差が少ない部分（平滑面）であることが望ましく、例えば、ウェーハWの外周部を除く中央部分の所定位置を基準位置とする。

[0086] 続いて、制御部50は、集光点調整工程として、第2アクチュエータ41の駆動を制御して、AF信号処理部40から出力されるオートフォーカス誤差信号がゼロとなるように、フォーカスレンズ群37の移動レンズ37Bを第2光路に沿って移動させる（ステップS24）。これにより、図7（b）に示すように、AF用レーザー光L2の集光点とウェーハWの表面の基準位置とにずれがある場合でも、図7（c）に示すように、AF用レーザー光L2の集光点がウェーハWの表面の基準位置と一致するように集光点調整が行われる。なお、制御部50は、メモリ部（不図示）に保持されているフォーカスレンズ群37の移動レンズ37Bの位置を、集光点調整後の移動レンズ37Bの位置（補正位置）に書き換える。

[0087] 続いて、制御部50は、第1アクチュエータ25の駆動を制御して、集光レンズ24をZ方向に沿って移動可能範囲の全体にわたって移動させながらAF信号処理部40から出力されるオートフォーカス誤差信号の出力特性を測定して、その出力特性をルックアップテーブルとしてメモリ部（不図示）に保持しておく（ステップS26）。

[0088] なお、ウェーハWの内部に改質領域の層を複数形成する場合には、ステップS20からステップS26までの処理を改質領域の加工深さ毎に実行する。

[0089] 以上の処理により、制御部50は、図8のステップS12のリアルタイム加工動作において、メモリ部（不図示）に保持されたルックアップテーブル

を参照することにより、AF信号処理部40から出力されるオートフォーカス誤差信号の出力値からウェーハWの表面の基準位置からのZ方向の変位（ウェーハWの表面とAF用レーザー光L2の集光点とのデフォーカス距離）を簡単に求めることができるので、リアルタイム加工動作における加工効率（スループット）を向上させることが可能となる。

[0090] 図10は、キャリブレーション動作によって測定されるフォーカス誤差信号の出力特性の一例を示した図であり、改質領域の加工深さMを0～800 μ mの範囲で変化させたときの出力特性を示している。

[0091] 本実施形態では、改質領域の加工深さに応じてAF用レーザー光L2の集光点のZ方向位置がウェーハWの表面の基準位置と一致するように調節されるので、図10に示すように、各加工深さに対応するフォーカス誤差信号の出力特性は略揃ったものとなり、いずれもウェーハWの表面の基準位置（原点）をゼロクロス点としたS字状の曲線となる。したがって、このような出力特性を有するフォーカス誤差信号を用いてリアルタイム加工動作を実行することにより、改質領域の加工深さの変更に影響されることなく、ウェーハWの表面の変位を安定かつ高精度に検出することが可能となる。

[0092] 図11は、図8に示すリアルタイム加工動作の詳細な流れを示したフローチャートである。

[0093] まず、制御部50は、図9のステップS20と同様に、第2アクチュエータ41の駆動を制御して、フォーカスレンズ群37の移動レンズ37Bを改質領域の加工深さに応じた位置に移動させる（ステップS30）。このとき、制御部50は、メモリ部（不図示）に保持されている移動レンズ37Bの位置（補正位置）に移動させる。これにより、AF用レーザー光L2の集光点がウェーハWの表面の基準位置と一致し、AF装置30は、ウェーハWの表面の基準位置を基準としたZ方向の変位を検出することが可能となる。

[0094] 続いて、制御部50は、ステージ12の移動を制御して、ステージ12に吸着保持されたウェーハWを所定の加工開始位置に移動させる（ステップS32）。

- [0095] 続いて、制御部50は、レーザー光源21をONとした後、ウェーハWを水平方向（XY方向）に移動させながら、レーザー光源21から出射された加工用レーザー光L1により、ダイシングストリートに沿ってウェーハWの内部に改質領域を形成する（ステップS34）。
- [0096] このとき、制御部50は、レーザー光源21をONにするタイミングと略同時、或いはそれよりも先のタイミングで、AF用光源31をONとする。これにより、集光工程として、加工用レーザー光L1とAF用レーザー光L2が集光レンズ24によりウェーハWに向かって集光される。AF用光源31から出射されたAF用レーザー光L2はウェーハWの表面で反射され、その反射光はディテクタ39の受光面に集光像を形成する。AF信号処理部40は、フォーカス誤差信号生成工程として、ディテクタ39から出力された出力信号（電気信号）に基づいて、ウェーハWの表面の基準位置からのZ方向の変位を示すフォーカス誤差信号を生成して制御部50に出力する。
- [0097] そして、制御部50は、制御工程として、AF信号処理部40から出力されるフォーカス誤差信号に基づいて、第1アクチュエータ25の駆動を制御することによって、加工用レーザー光L1の集光点のZ方向位置を調整しながら、ウェーハWの内部に改質領域を形成する。
- [0098] 続いて、制御部50は、ウェーハWの全てのダイシングストリートに対して改質領域の形成が終了しているか否かを判断する（ステップS36）。全てのダイシングストリートに対して改質領域の形成が終了していない場合（Noの場合）、次のダイシングストリートに移動し（ステップS38）、そのダイシングストリートについてステップS34からステップS36までの処理を繰り返す。一方、全てのダイシングストリートに対して改質領域の形成が終了した場合（Yesの場合）、次のステップS40に進む。
- [0099] 続いて、制御部50は、全ての加工深さについて改質領域の形成が終了しているか否かを判断する（ステップS40）。全ての加工深さについて改質領域の形成が終了していない場合には、次の加工深さに移動し（ステップS42）、ステップS30からステップS36までの処理を繰り返す。一方、

全ての加工深さについて改質領域の形成が終了した場合には、リアルタイム加工動作を終了する。

[0100] このようにして、ウェーハの内部の所望の位置に改質領域を形成することにより、改質領域を起点としてウェーハWを複数のチップに分割することが可能となる。

[0101] 以上のとおり、本実施形態によれば、加工用レーザー光L1の集光点とは独立してAF用レーザー光L2の集光点のZ方向位置（ウェーハ厚み方向位置）を調整可能な集光点調整手段としてフォーカスレンズ群37を備えたので、加工用レーザー光L1の集光点とAF用レーザー光L2の集光点との相対的な距離を調整することができる。これにより、改質領域の加工深さに応じてウェーハWの表面近傍にAF用レーザー光L2の集光点を合わせることが可能となり、ウェーハWの表面の変位を安定かつ高精度に検出することができる。したがって、改質領域の加工深さの変化に対する自由度が高く、ウェーハの内部の所望の位置に改質領域を精度良く形成することが可能となる。

[0102] ところで、本発明者が鋭意検討したところによれば、集光レンズ24とフォーカスレンズ群37との光学的距離とフォーカス引き込み範囲、フォーカス感度には相関があり、良好な結果を得るためには、この光学的距離Dをある範囲に保つことが必要であることを見出した。具体的には、集光レンズ24の射出瞳とフォーカスレンズ群37の固定レンズ（正レンズ）37Aとの光学的距離Dが長すぎると加工深さ毎のフォーカス誤差信号の出力特性のばらつきが大きくなることから、光学的距離Dは120mm以下であることが好ましい。

[0103] ここで、上述した本実施形態のレーザーダイシング装置10と実質的に等価なモデルを用いてシミュレーションを行い、光学的距離Dを変化させたときの加工深さ毎のフォーカス誤差信号の出力特性（AF特性）の変化について評価した結果について図12及び図13を参照して説明する。

[0104] 図12及び図13は、光学的距離Dをそれぞれ所定値に設定したときの加

工深さ毎のフォーカス誤差信号の出力特性を示したものである。なお、 D の単位はmmとする（以下、同様とする）。

[0105] 図12は $D=30$ とした場合であり、図13は $D=90$ とした場合である。これらの図に示すように、光学的距離 D が長くなるにつれて、フォーカス引き込み範囲は広くなるものの、フォーカス誤差信号の出力特性のカーブの傾き（合焦位置（すなわち、変位=0）を中心とした比例関係にある略直線部分の傾き）が緩やかなものとなり、フォーカス感度が低下する傾向にある。また、加工深さ毎のフォーカス誤差信号の出力特性のばらつきが大きくなる。

[0106] したがって、集光レンズ24の射出瞳とフォーカスレンズ群37の固定レンズ37Aとの光学的距離 D は120mm以下であることが好ましい。これにより、フォーカス感度が高く、フォーカス引き込み範囲が広く、加工深さによらず安定したAF特性を得ることが可能となる。

[0107] また、本実施形態では、フォーカスレンズ群37は、固定レンズ（正レンズ）37A及び移動レンズ（負レンズ）37Bから構成されるが、その固定レンズ37Aの焦点距離は20mm以上80mm以下であることが好ましい。固定レンズ37Aの焦点距離が長すぎると移動レンズ37Bの移動量が大きくなりすぎる。また、固定レンズ37Aの焦点距離が短すぎると加工深さ毎のフォーカス誤差信号の出力特性のばらつきが大きくなる。したがって、これらの点を考慮すると、固定レンズ37Aの焦点距離は上記範囲であることが好ましく、移動レンズ37Bの移動量を小さくでき、かつ加工深さ毎のフォーカス誤差信号の出力特性のばらつきを小さくすることができる。

[0108] また、本実施形態では、固定レンズ37Aの焦点距離（絶対値）と移動レンズ37Bとの焦点距離（絶対値）との差が2mm以上15mm以下であることが好ましい。固定レンズ37Aと移動レンズ37Bとの焦点距離の差が2mmよりも小さい場合には、ウェーハWの表面にAF用レーザー光L2の集光点を調整する際に固定レンズ37Aと移動レンズ37Bとの距離が短くなりすぎるため、フォーカスレンズ群37を構成する上で困難となる。一方

、この焦点距離の差が大きすぎると、移動レンズ37Bの焦点距離が小さくなり、収差上の観点から望ましくない。これらの点を考慮すると、固定レンズ37Aの焦点距離（絶対値）と移動レンズ37Bとの焦点距離（絶対値）との差を2mm以上15mm以下であることが好ましく、フォーカスレンズ群37を容易に構成することができ、収差の発生を抑制することができる。

[0109] また、本実施形態では、集光レンズ24により集光されウェーハWの表面に照射されるAF用レーザー光L2の集光像（ピンホール像）の直径（スポット径）Nは5 μ m以上50 μ m以下であることが好ましい。

[0110] ここで、上述した本実施形態のレーザーダイシング装置10と実質的に等価なモデルを用いてシミュレーションを行い、スポット径Nを変化させたときの加工深さ毎のAF特性の変化について評価した結果について図14～図16を参照して説明する。

[0111] 図14～図16は、スポット径Nをそれぞれ所定値に設定したときの加工深さ毎のフォーカス誤差信号の出力特性を示したものである。なお、Nの単位は μ mとする。また、光学的距離Dは60mmとした。

[0112] 図14は、N=10とした場合のフォーカス誤差信号の出力特性を示した図である。図14に示すように、N=10とした場合には、合焦位置（変位=0）付近でフォーカス誤差信号の出力特性のカーブが急激に変化し、合焦位置以外ではほぼ一定の値となっている。

[0113] 図15は、N=100とした場合のフォーカス誤差信号の出力特性を示した図である。図15に示すように、N=100とした場合には、N=10とした場合に比べて（図14参照）、合焦位置付近のフォーカス誤差信号の出力特性のカーブの変化が緩やかなものとなる。このことから、フォーカス引き込み範囲を拡大するためには、スポット径Nを大きくすればよいことが分かる。

[0114] 図16は、N=200とした場合のフォーカス誤差信号の出力特性を示した図である。図16に示すように、N=200とした場合には、フォーカス誤差信号の出力特性のカーブの振幅が減少し、そのカーブに変曲点が発生す

る現象が生じる。また、改質領域の加工深さが深くなるほど、フォーカス誤差信号の出力特性のカーブの傾き（合焦位置を中心とした比例関係にある略直線部分の傾き）が緩やかなものとなり、フォーカス感度が低下する問題も生じる。

[0115] これらの結果から分かるように、スポット径Nは $5\mu\text{m}$ 以上 $50\mu\text{m}$ 以下であることが好ましく、フォーカス感度が高く、フォーカス引き込み範囲が広く、加工深さによらず安定したAF特性を得ることが可能となる。

[0116] なお、本実施形態では、AF用レーザー光L2の反射光を受光する手段としてのディテクタ39が2分割フォトダイオードで構成される例を示したが、これに限らず、光量バランスを測定できるもの（例えば、4分割フォトダイオード、2次元撮像素子等）を用いてもよい。

[0117] また、本実施形態では、ウェーハWの表面の変位を検出する方法としてナイフエッジ法を用いたが、これに限らず、例えば、非点収差法等を用いることも可能である。

[0118] 図17は、AF装置30の他の構成例を示した概略図である。なお、図17において、図4と共通又は類似する構成要素には同一の符号を付して、その説明を省略する。

[0119] 図17に示すAF装置30は、非点収差法を用いてウェーハWの表面の変位を検出するものである。AF装置30は、図4に示したナイフエッジ34に代えて、結像レンズ38とディテクタ39との間に、AF用レーザー光L2の反射光に非点収差を付与する非点収差付与手段としてシリンドリカルレンズ43が配置される。また、ディテクタ39は、4分割フォトダイオードによって構成される。

[0120] 非点収差法によるウェーハWの表面の検出原理については公知であるため（例えば特開2009-152288号公報参照）、ここでは詳細な説明は省略するが、簡単に説明すれば、ディテクタ39を構成する4分割フォトダイオードの受光面上に形成されるAF用レーザー光L2の反射光の集光像は、ウェーハWの表面とAF用レーザー光L2の集光点が一致している場合に

は真円となる。一方、ウェーハWの表面とAF用レーザー光L2の集光点がずれている場合には、ウェーハWの表面の変位方向に応じて集光像が縦方向又は横方向に引き伸ばされた楕円となり、その大きさはウェーハWの表面の変位量に依存する。したがって、この性質を利用することで、ウェーハWの表面の変位を検出することができる。

[0121] 図18は、4分割フォトダイオードの受光面を示した図である。同図に示すように、4分割フォトダイオード44は、4つの受光素子（光電変換素子）44A～44Dを有し、各受光素子44A～44Dは、AF用レーザー光L2の反射光の集光像を分割して受光し、それぞれの光量に応じた出力信号（電気信号）をAF信号処理部40に出力する。

[0122] AF信号処理部40では、各受光素子44A～44Dからそれぞれ出力される出力信号をA～Dとしたとき、フォーカス誤差信号Eを、次式（2）に従って求める。

[0123]
$$E = [(A + C) - (B + D)] / [(A + C) + (B + D)] \cdots (2)$$

制御部50は、AF信号処理部40から出力されるフォーカス誤差信号に基づいて、上述した実施形態と同様に、第1アクチュエータ25や第2アクチュエータ41の駆動を制御することにより、改質領域の加工深さに対する変更に影響を受けることなく、ウェーハWの表面の変位を追従するように加工用レーザー光L1の集光点を高精度に制御することができ、ウェーハWの内部の所望の位置に改質領域を高精度に形成することが可能となる。

[0124] 図19は、AF装置30の更に他の構成例を示した概略図である。なお、図19において、図4と共通又は類似する構成要素には同一の符号を付して、その説明を省略する。

[0125] 図19に示すAF装置30は、2つのディテクタで受光された反射光の光量比を利用してウェーハWの表面の変位を検出するものである。AF装置30は、図4に示したナイフエッジ34、結像レンズ38、ディテクタ39に代えて、ハーフミラー45、集光レンズ46、マスク（遮光板）47、第1

ディテクタ４８、第２ディテクタ４９を備えて構成される。

[0126] A F 用光源３１から出射されたA F 用レーザー光Ｌ２は、集光レンズ３２、ピンホール３３、照明系レンズ３５を経由して、ハーフミラー３６で反射される。更に、このA F 用レーザー光Ｌ２は、フォーカスレンズ群３７を経由して、ダイクロイックミラー２３で反射され、加工用レーザー光Ｌ１との共有光路に沿って進行し、集光レンズ２４により集光されてウェーハＷに照射される。

[0127] ウェーハＷの表面で反射されたA F 用レーザー光Ｌ２の反射光は、集光レンズ２４により屈折され、ダイクロイックミラー２３で反射され、フォーカスレンズ群３７を経由して、ハーフミラー３６を透過する。更に、この反射光は、ハーフミラー４５によって２つの分岐経路に分岐される。一方の分岐経路に分岐された反射光は、集光レンズ４６により１００％集光され第１ディテクタ４８の受光面に結像される。そして、第１ディテクタ４８は、受光した光量に応じた出力信号（電気信号）をA F 信号処理部４０に出力する。他方の分岐経路に分岐された反射光は、マスク４７の孔部を通過して（受光領域が制限され）、第２ディテクタ４９の受光面に結像される。そして、第２ディテクタ４９は、受光した光量に応じた出力信号（電気信号）をA F 信号処理部４０に出力する。

[0128] A F 信号処理部４０は、第１ディテクタ４８及び第２ディテクタ４９から出力された出力信号に基づいて、ウェーハＷの表面の基準位置からのＺ方向の変位（デフォーカス距離）を示すA F 信号を生成して制御部５０に出力する。

[0129] ここで、ウェーハＷの表面の変位の検出原理について説明する。

[0130] 第１ディテクタ４８に受光される反射光は、集光レンズ４６によって１００％集光されるので受光量は一定であり、第１ディテクタ４８の出力は一定となる。一方、第２ディテクタ４９に受光される反射光は、マスク４７によって受光領域が中心部分に制限されるので、集光レンズ２４からウェーハＷの表面までの距離、すなわち、ウェーハＷの表面の高さ位置（Ｚ方向位置）

によって第2ディテクタ49の受光量は変化する。そのため、第2ディテクタ49の出力は、AF用レーザー光が照射されるウェーハWの表面の高さ位置によって変化する。したがって、このような性質を利用することで、ウェーハWの表面の変位を検出することができる。

[0131] AF信号処理部40では、第1ディテクタ48及び第2ディテクタ49から出力された出力信号をそれぞれS1、S2としたとき、フォーカス誤差信号Eを、次式(3)に従って求める。

$$[0132] \quad E = S1 / S2 \quad \cdots (3)$$

制御部50は、AF信号処理部40から出力されるフォーカス誤差信号に基づいて、上述した実施形態と同様に、第1アクチュエータ25や第2アクチュエータ41の駆動を制御することにより、改質領域の加工深さに対する変更に影響を受けることなく、ウェーハWの表面の変位に追従するように加工用レーザー光L1の集光点を高精度に制御することができ、ウェーハWの内部の所望の位置に改質領域を高精度に形成することが可能となる。

[0133] なお、ディテクタ39は、4分割フォトダイオードに限らず、光量バランスを測定できるものであればよく、例えば、2次元撮像素子等を用いてもよい。

[0134] 以上、本発明の実施形態について説明したが、本発明は、以上の例には限定されず、本発明の要旨を逸脱しない範囲において、各種の改良や変形を行ってもよいのはもちろんである。

符号の説明

[0135] 10…レーザーダイシング装置、12…ステージ、20…レーザーヘッド、21…レーザー光源、23…ダイクロイックミラー、24…集光レンズ、25…第1アクチュエータ、30…AF装置、31…AF用光源、32…集光レンズ、33…ピンホール、34…ナイフエッジ、35…照明系レンズ、36…ハーフミラー、37…フォーカスレンズ群、37A…固定レンズ、37B…移動レンズ、38…結像レンズ、39…ディテクタ、40…AF信号処理部、41…第2アクチュエータ、42…2分割フォトディテクタ、43

…シリンドリカルレンズ、４４…４分割フォトダイオード、４５…ハーフミラー、４６…集光レンズ、４７…マスク、４８…第１ディテクタ、４９…第２ディテクタ、５０…制御部、Ｌ１…加工用レーザー光、Ｌ２…ＡＦ用レーザー光

請求の範囲

- [請求項1] 第1レーザー光をウェーハの内部に集光させることにより前記ウェーハの内部に改質領域を形成するレーザーダイシング装置であって、
前記第1レーザー光を出射する第1レーザー光源と、
前記第1レーザー光の光路と一部光路を共有し、前記ウェーハの表面で反射させるための第2レーザー光を出射する第2レーザー光源と、
、
前記第1レーザー光の光路と前記第2レーザー光の光路との共有光路上に配置され、前記第1レーザー光と前記第2レーザー光とを集光する集光レンズと、
前記ウェーハの表面で反射した前記第2レーザー光の反射光に基づいて、前記第2レーザー光の集光点と前記ウェーハの表面との距離を示すフォーカス誤差信号を生成するフォーカス誤差信号生成手段と、
前記フォーカス誤差信号に基づいて、前記集光レンズと前記ウェーハの表面との距離が一定となるように前記集光レンズを前記ウェーハの厚み方向に移動させる制御手段と、
前記第1レーザー光の集光点の位置を固定した状態で前記第2レーザー光の集光点の位置を前記ウェーハの厚み方向に調整する集光点調整手段と、
を備えるレーザーダイシング装置。
- [請求項2] 前記集光点調整手段は、前記第2レーザー光の光路上であって前記共有光路とは独立した位置に配置された1又は複数のレンズからなるフォーカスレンズ群を有し、前記フォーカスレンズ群の少なくとも一部のレンズが前記第2レーザー光の光路に沿って移動可能に構成される請求項1に記載のレーザーダイシング装置。
- [請求項3] 前記フォーカスレンズ群は、前記ウェーハ側から順に正レンズ及び負レンズを有し、前記負レンズが前記第2レーザー光の光路に沿って移動可能に構成される請求項2に記載のレーザーダイシング装置。

- [請求項4] 前記集光レンズの射出瞳と前記正レンズとの光学的距離が120 mm以下である請求項3に記載のレーザーダイシング装置。
- [請求項5] 前記正レンズの焦点距離が20 mm以上80 mm以下である請求項3又は4に記載のレーザーダイシング装置。
- [請求項6] 前記正レンズの焦点距離と前記負レンズの焦点距離との差が2 mm以上15 mm以下である請求項3～5のいずれか1項に記載のレーザーダイシング装置。
- [請求項7] 前記集光レンズにより集光され前記ウェーハの表面に照射される前記第1レーザー光の集光像の直径が5 μ m以上50 μ m以下である請求項3～6のいずれか1項に記載のレーザーダイシング装置。
- [請求項8] 前記フォーカス誤差信号生成手段は、ナイフエッジ法により前記フォーカス誤差信号を生成する請求項1～7のいずれか1項に記載のレーザーダイシング装置。
- [請求項9] 前記フォーカス誤差信号生成手段は、非点収差法により前記フォーカス誤差信号を生成する請求項1～7のいずれか1項に記載のレーザーダイシング装置。
- [請求項10] 第1レーザー光をウェーハの内部に集光させることにより前記ウェーハの内部に改質領域を形成するダイシング方法であって、
前記第1レーザー光の光路と前記ウェーハの表面で反射させるための第2レーザー光の光路との共有光路上に配置された集光レンズにより前記第1レーザー光及び前記第2レーザー光を集光させる集光工程と、
前記ウェーハの表面で反射した前記第2レーザー光の反射光に基づいて、前記第2レーザー光の集光点と前記ウェーハの表面との距離を示すフォーカス誤差信号を生成するフォーカス誤差信号生成工程と、
前記フォーカス誤差信号に基づいて、前記集光レンズと前記ウェーハの表面との距離が一定となるように前記集光レンズを前記ウェーハの厚み方向に移動させる制御する制御工程と、

前記第1レーザー光の集光点の位置を固定した状態で前記第2レーザー光の集光点の位置を前記ウェーハの厚み方向に調整する集光点調整工程と、

を含むダイシング方法。

[請求項11] 前記集光点調整工程は、前記第2レーザー光の光路上であって前記共有光路とは独立した位置に配置された1又は複数のレンズからなるフォーカスレンズ群の少なくとも一部のレンズを前記第2レーザー光の光路に沿って移動させることにより、前記第2レーザー光の集光点の位置を前記ウェーハの厚み方向に調整する請求項10に記載のダイシング方法。

[請求項12] 前記フォーカスレンズ群は、前記ウェーハ側から順に正レンズ及び負レンズを有し、

前記集光点調整工程は、前記負レンズを前記第2レーザー光の光路に沿って移動させることにより、前記第2レーザー光の集光点の位置を前記ウェーハの厚み方向に調整する請求項11に記載のダイシング方法。

[請求項13] 前記集光レンズの射出瞳と前記正レンズとの光学的距離が120mm以下である請求項12に記載のダイシング方法。

[請求項14] 前記正レンズの焦点距離が20mm以上80mm以下である請求項12又は13に記載のダイシング方法。

[請求項15] 前記正レンズの焦点距離と前記負レンズの焦点距離との差が2mm以上15mm以下である請求項12～14のいずれか1項に記載のダイシング方法。

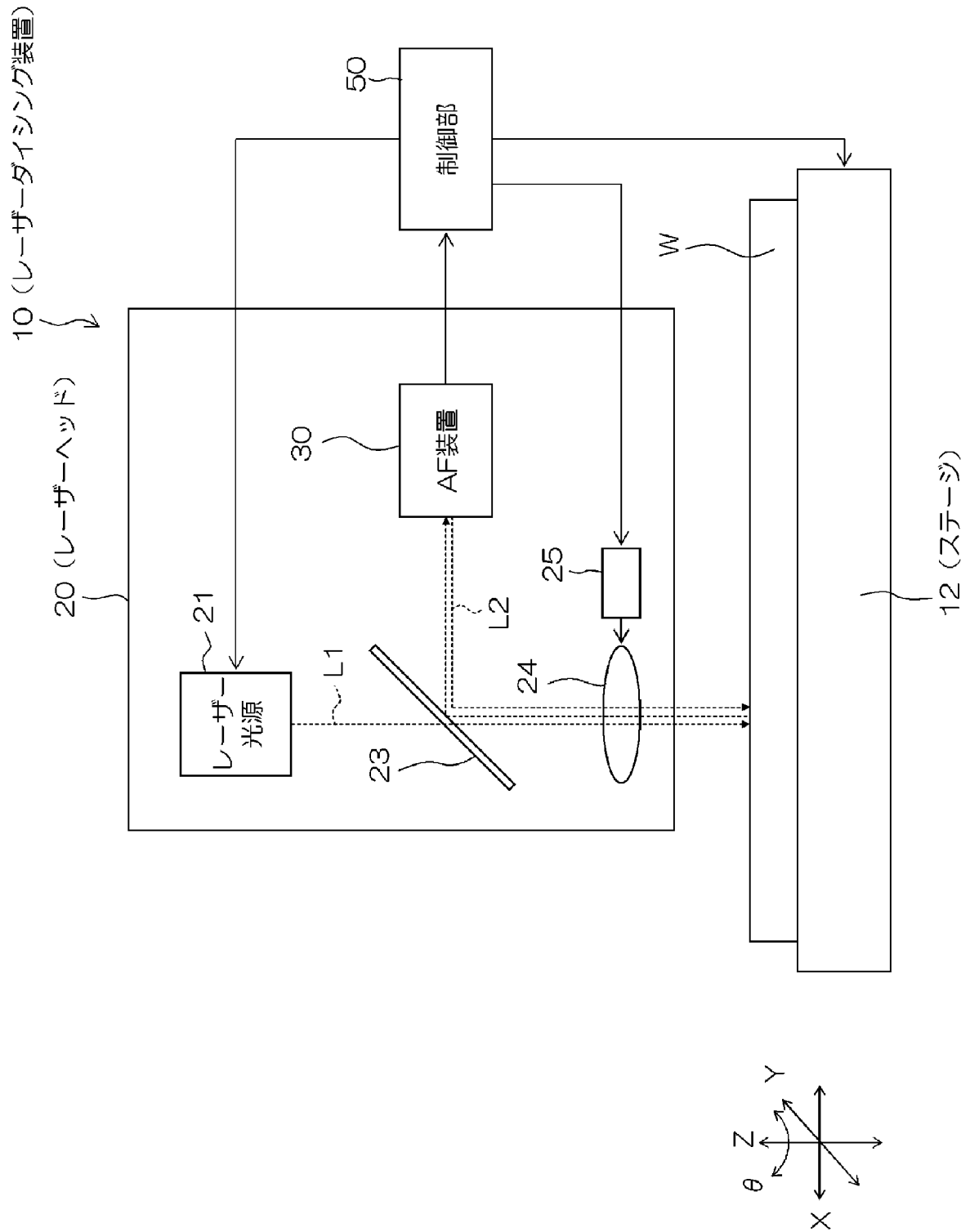
[請求項16] 前記集光レンズにより集光され前記ウェーハの表面に照射される前記第1レーザー光の集光像の直径が5 μ m以上50 μ m以下である請求項12～15のいずれか1項に記載のダイシング方法。

[請求項17] 前記フォーカス誤差信号生成工程は、ナイフエッジ法により前記フォーカス誤差信号を生成する請求項10～16のいずれか1項に記載

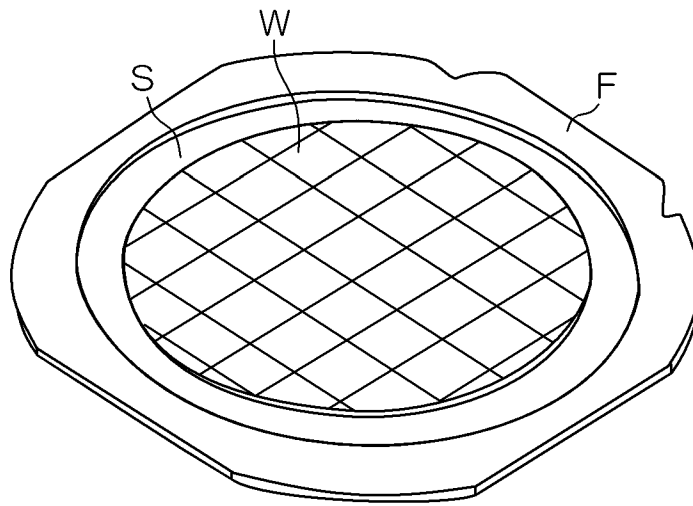
のダイシング方法。

[請求項18] 前記フォーカス誤差信号生成工程は、非点収差法により前記フォーカス誤差信号を生成する請求項10～16のいずれか1項に記載のダイシング方法。

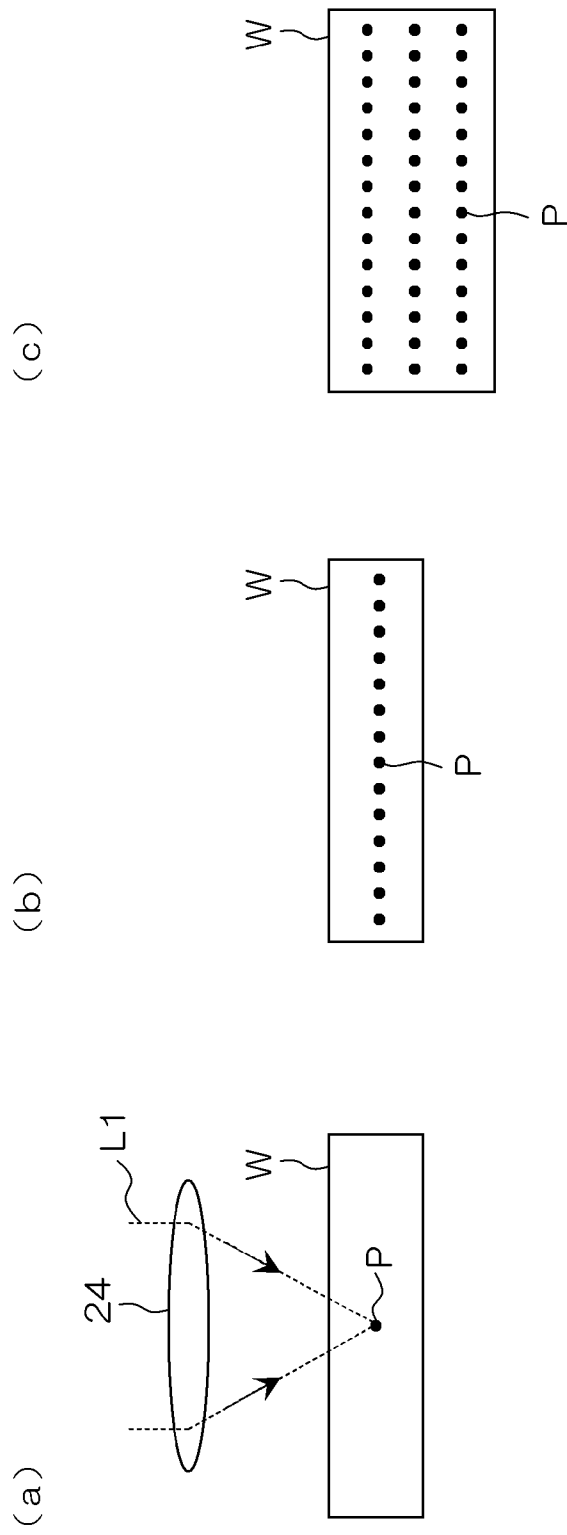
[図1]



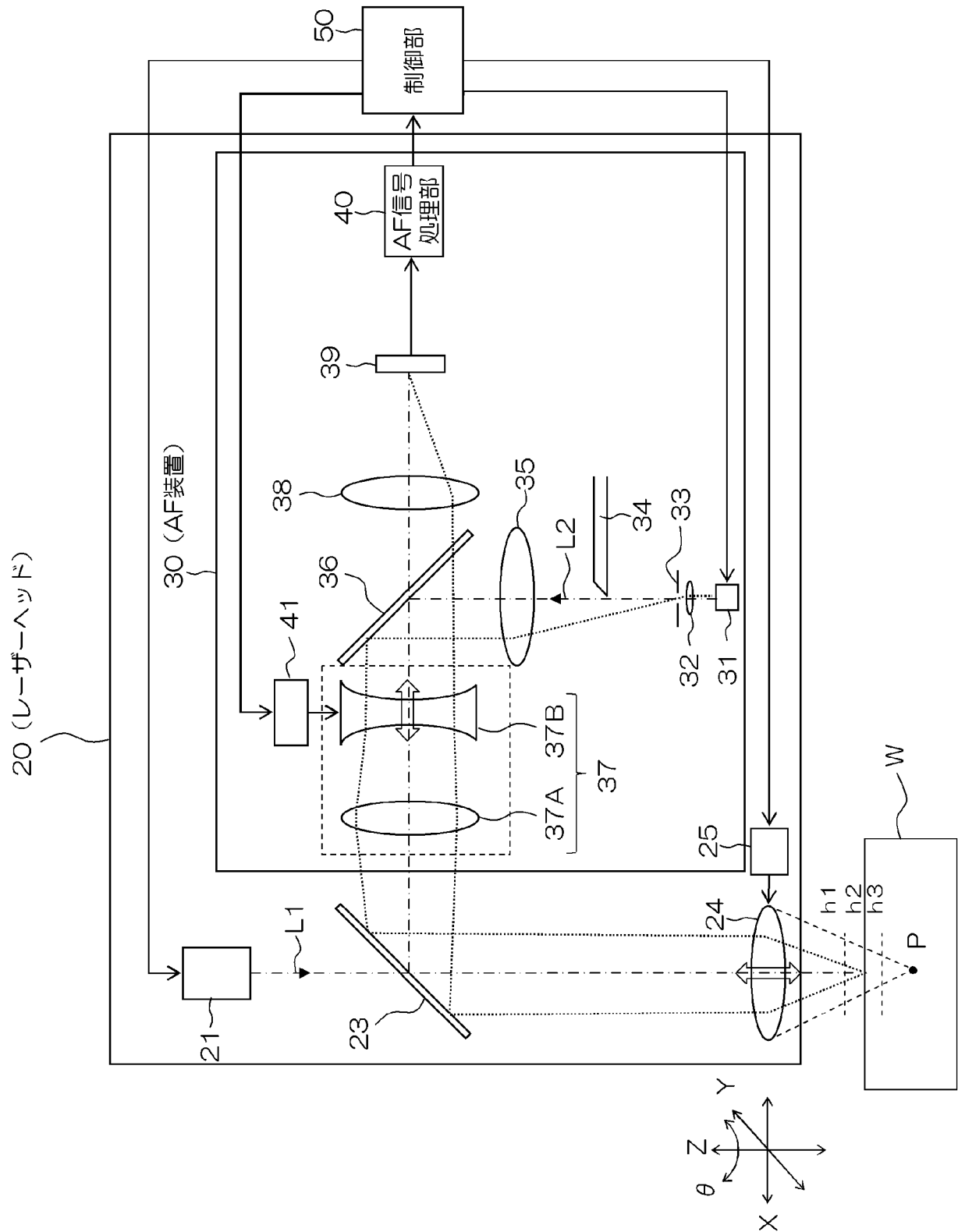
[図2]



[図3]

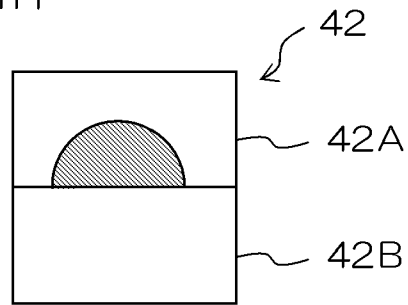


[図4]

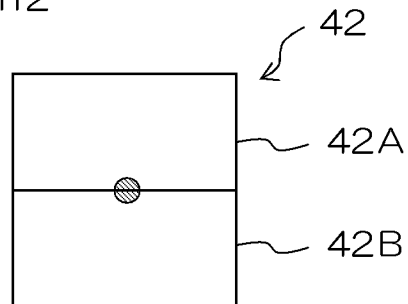


[図5]

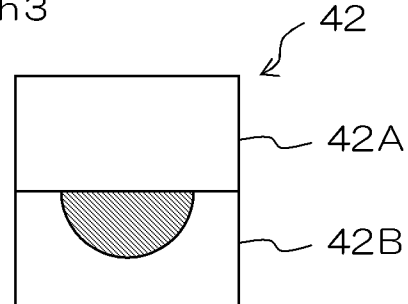
(a) h1



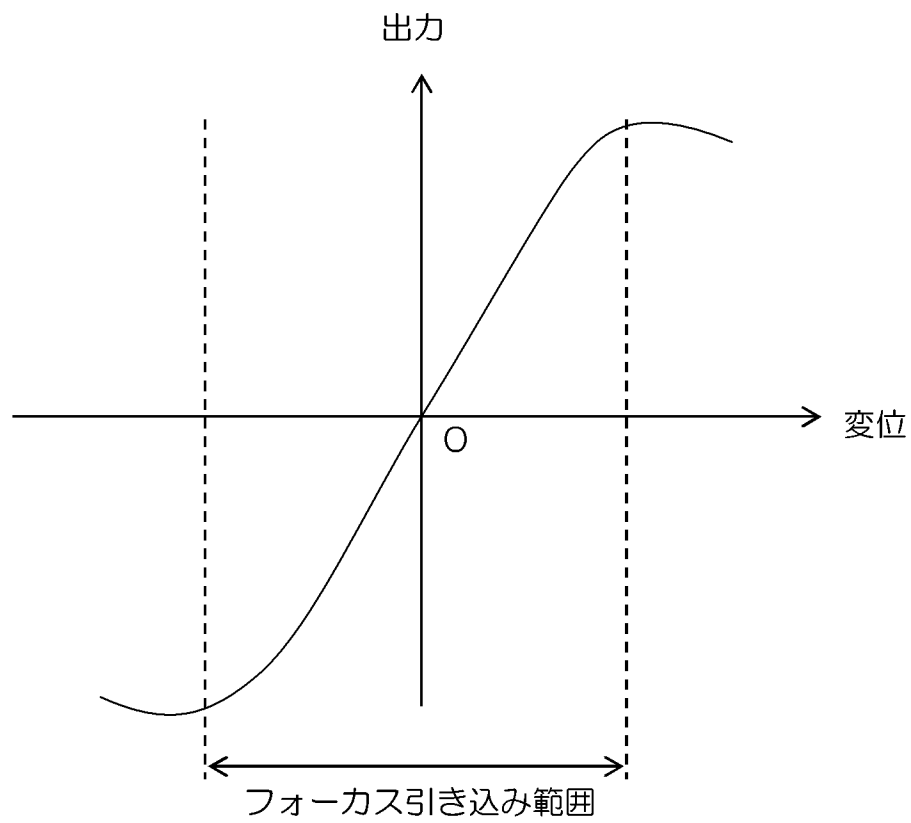
(b) h2



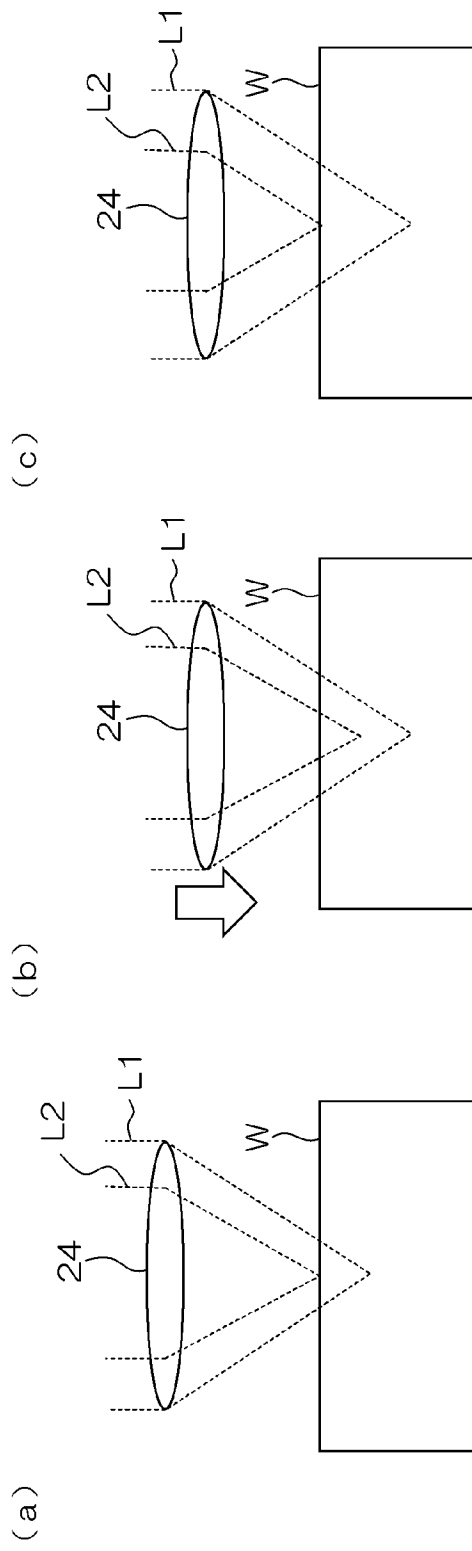
(c) h3



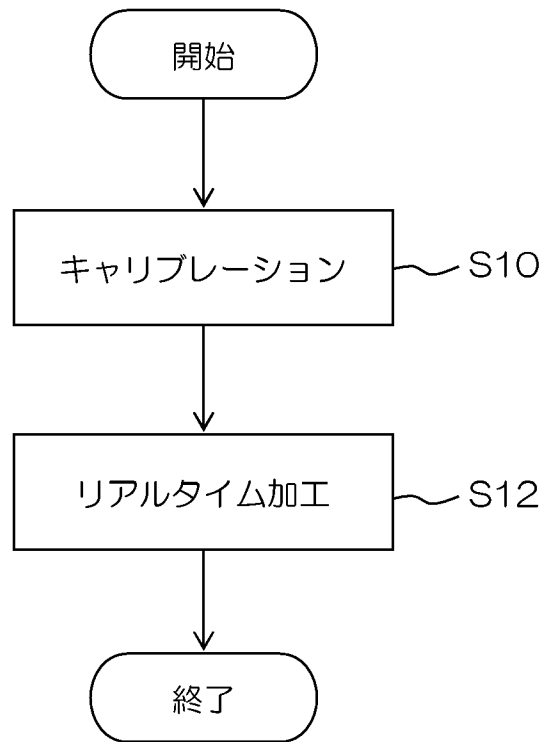
[図6]



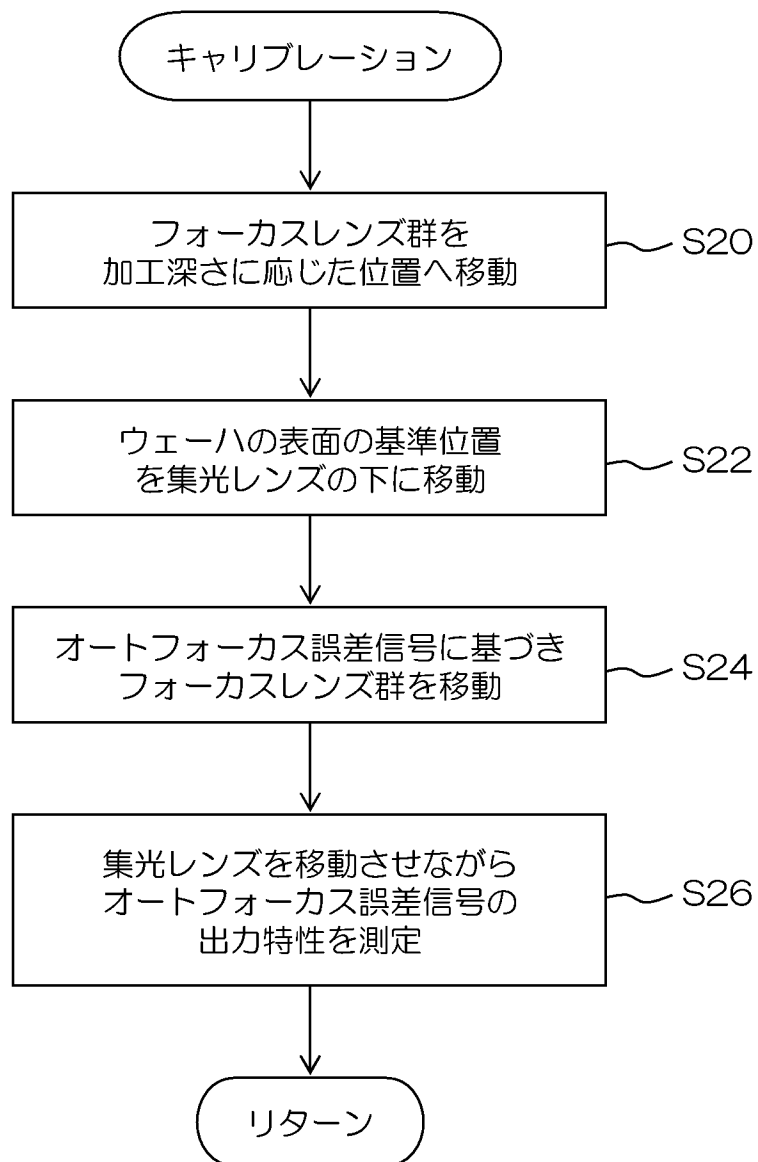
[図7]



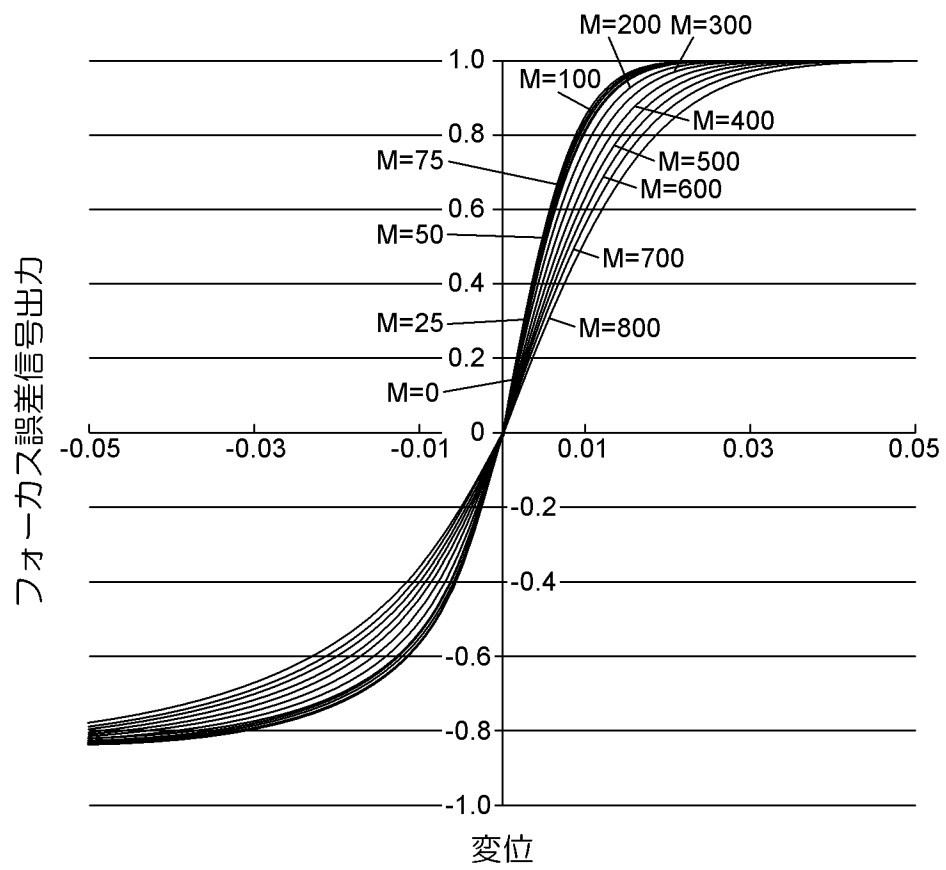
[図8]



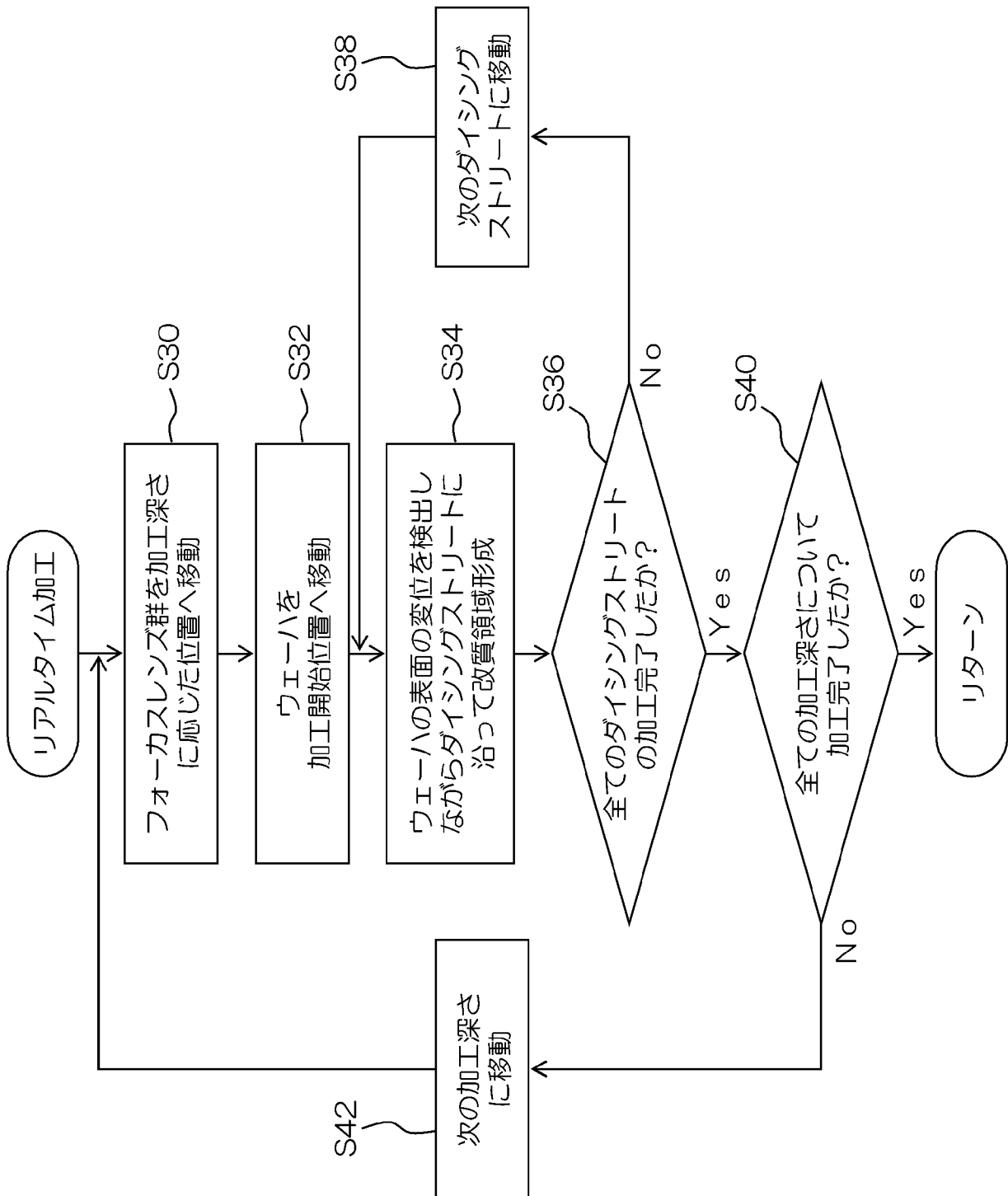
[図9]



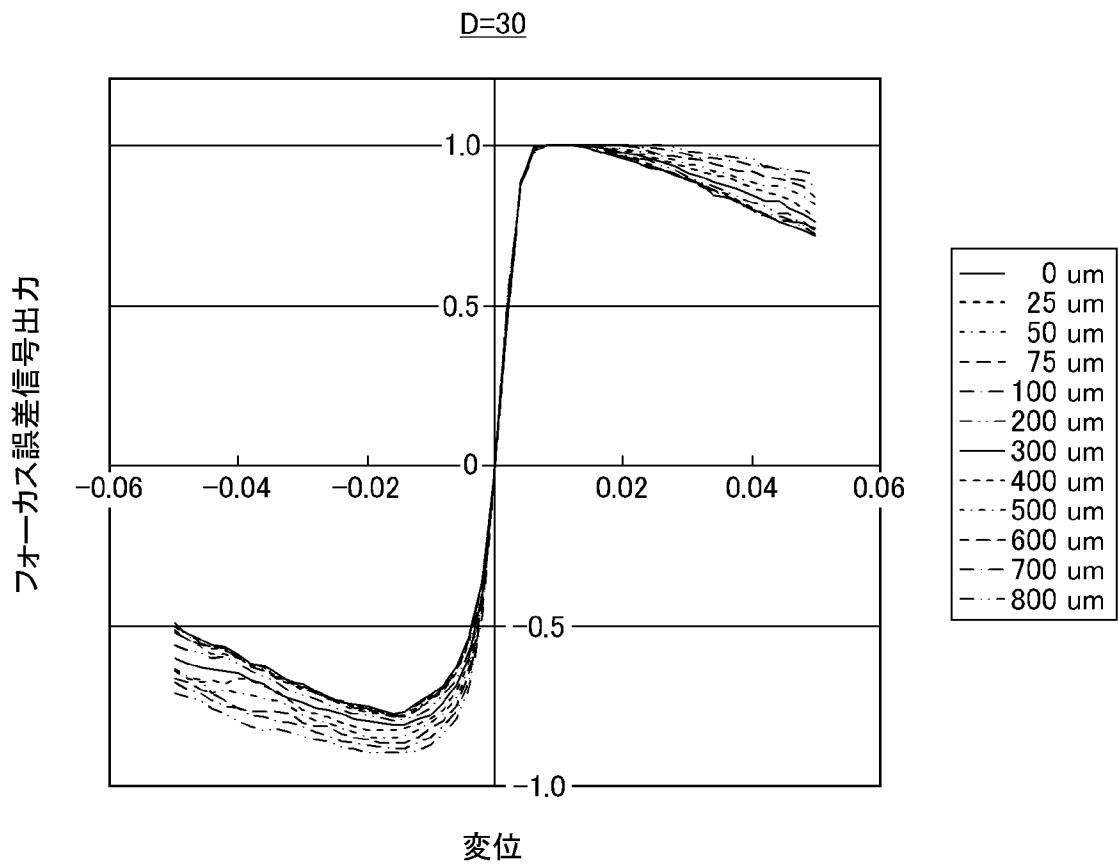
[図10]



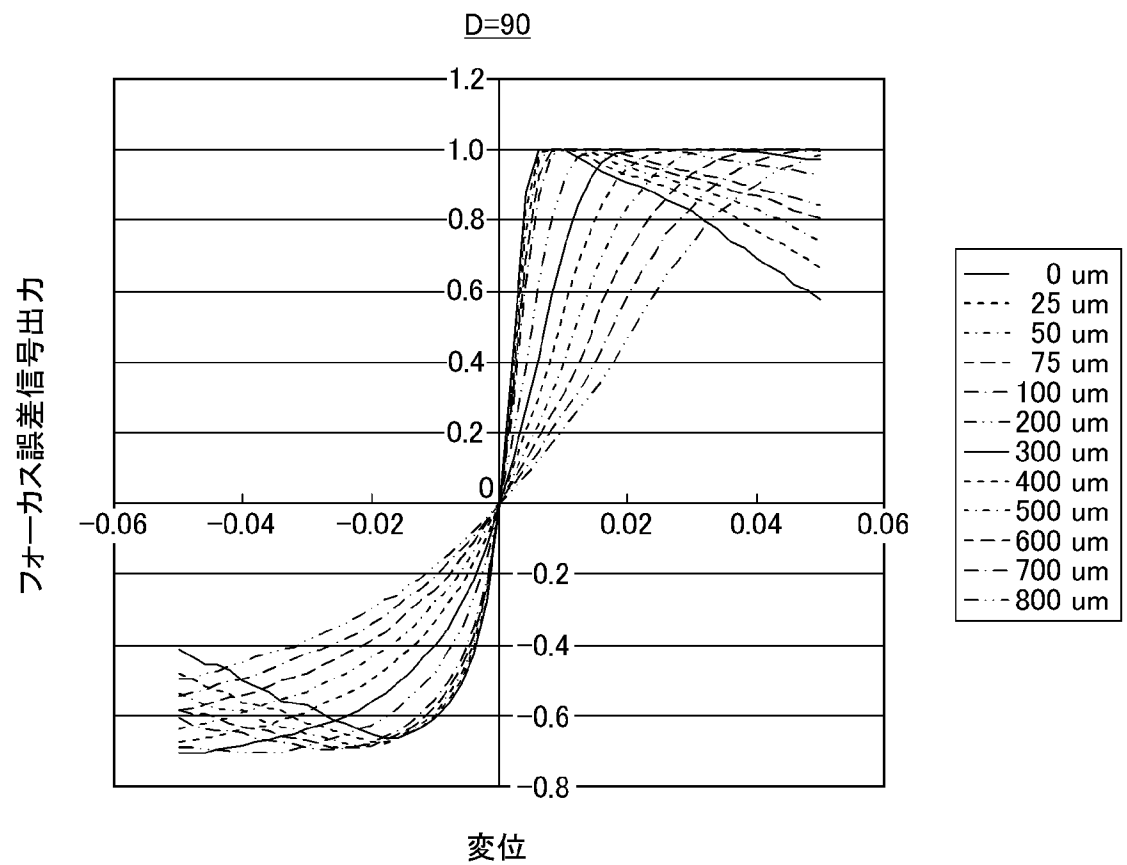
[図11]



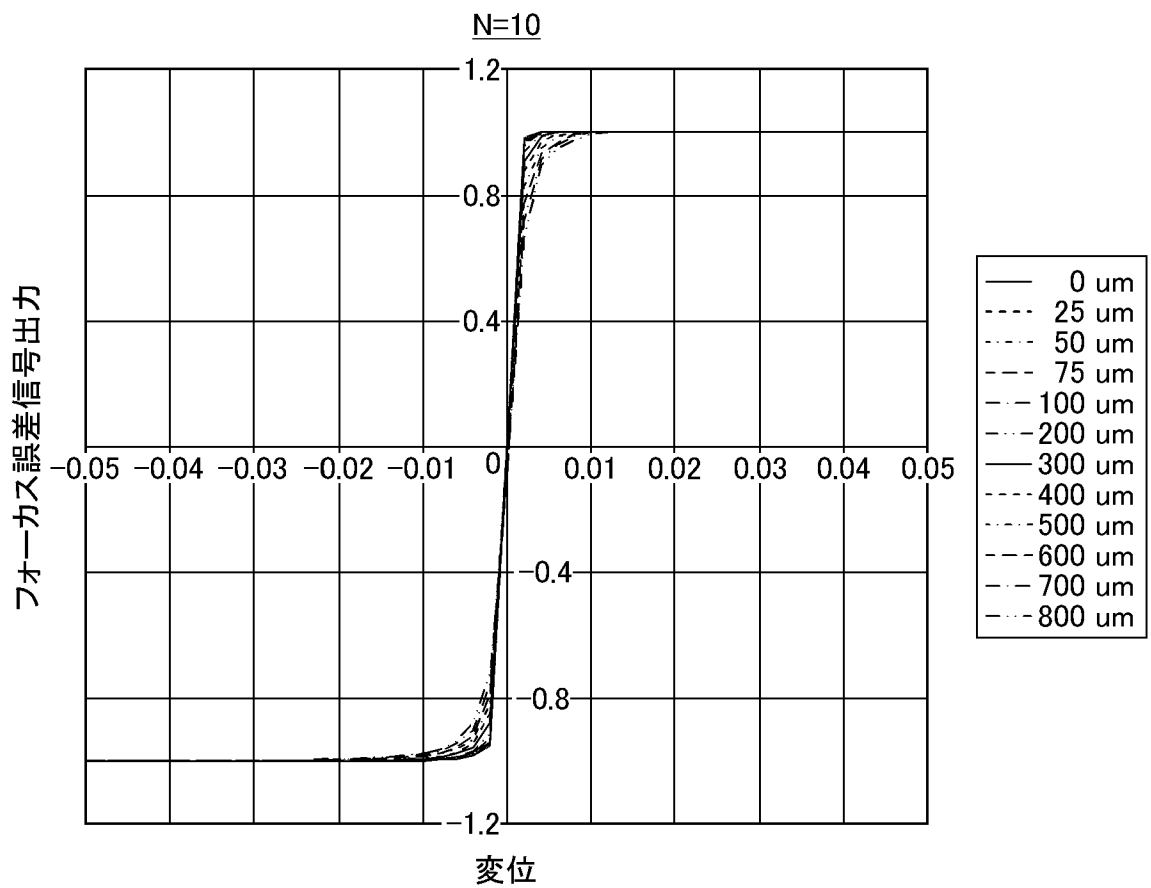
[図12]



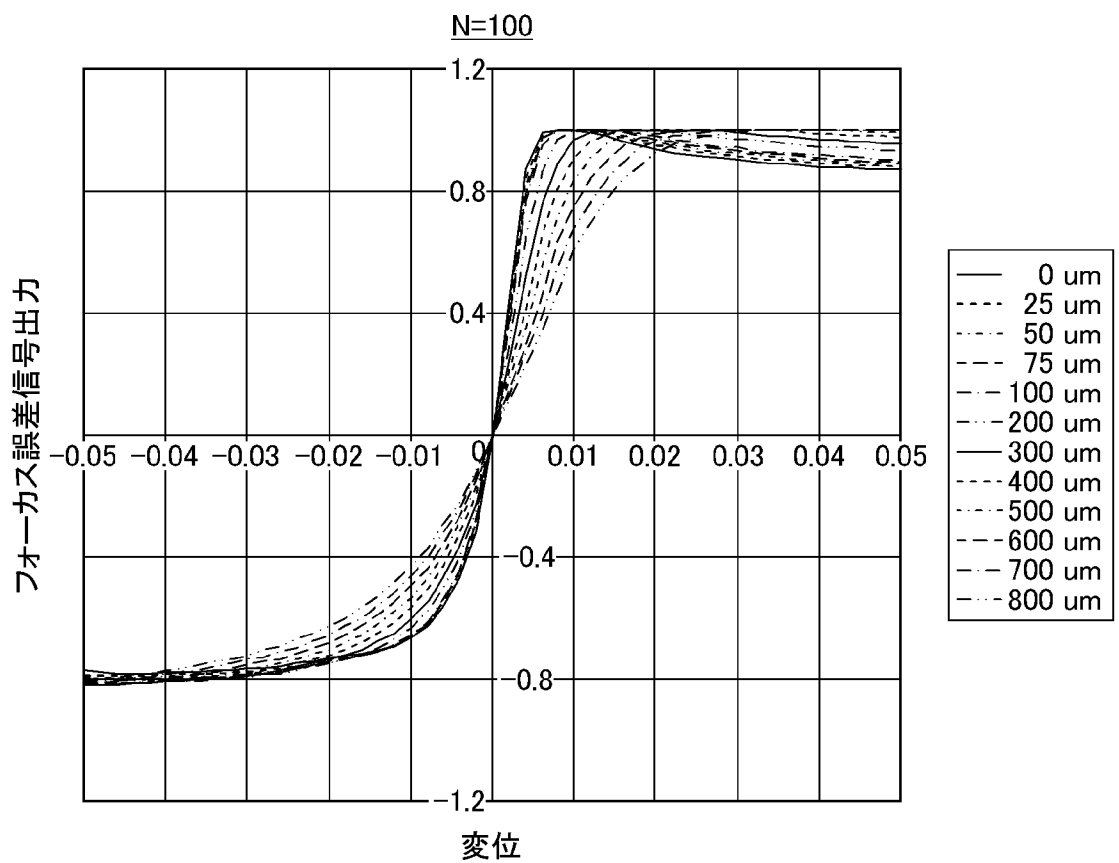
[図13]



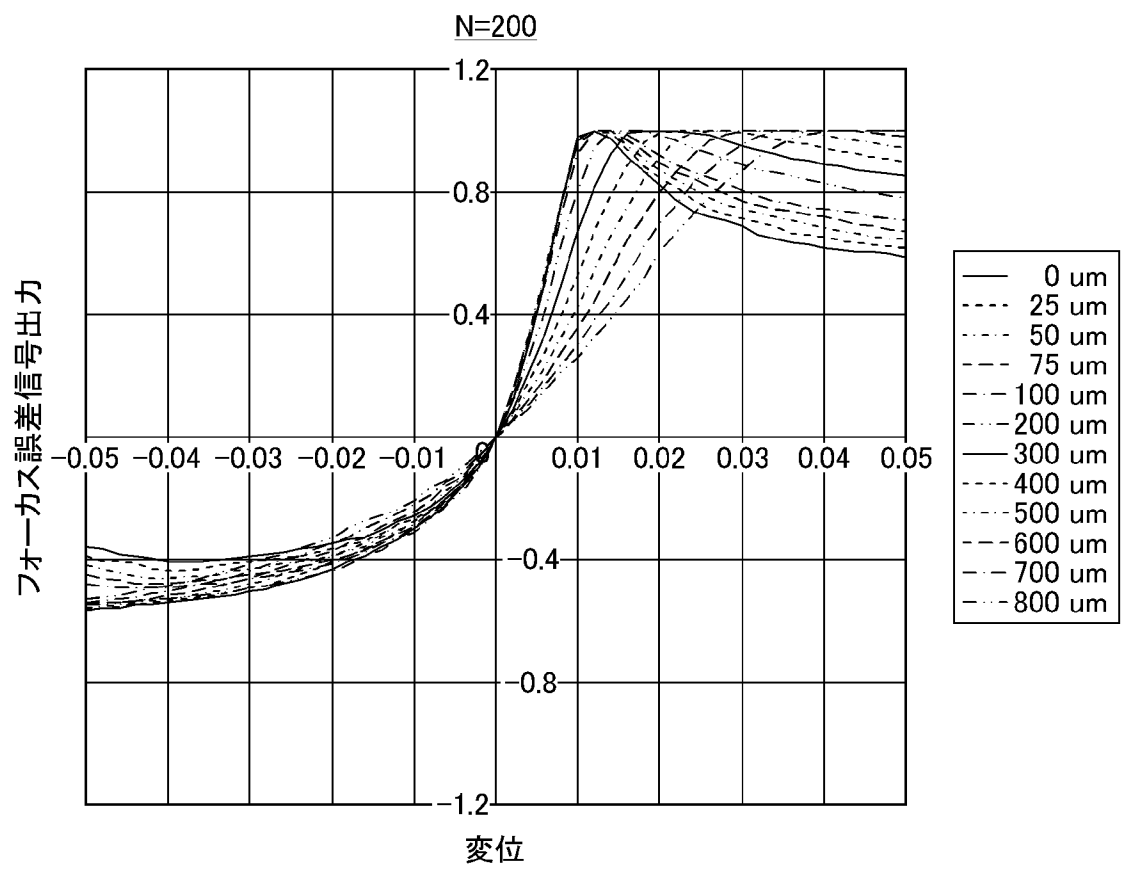
[図14]



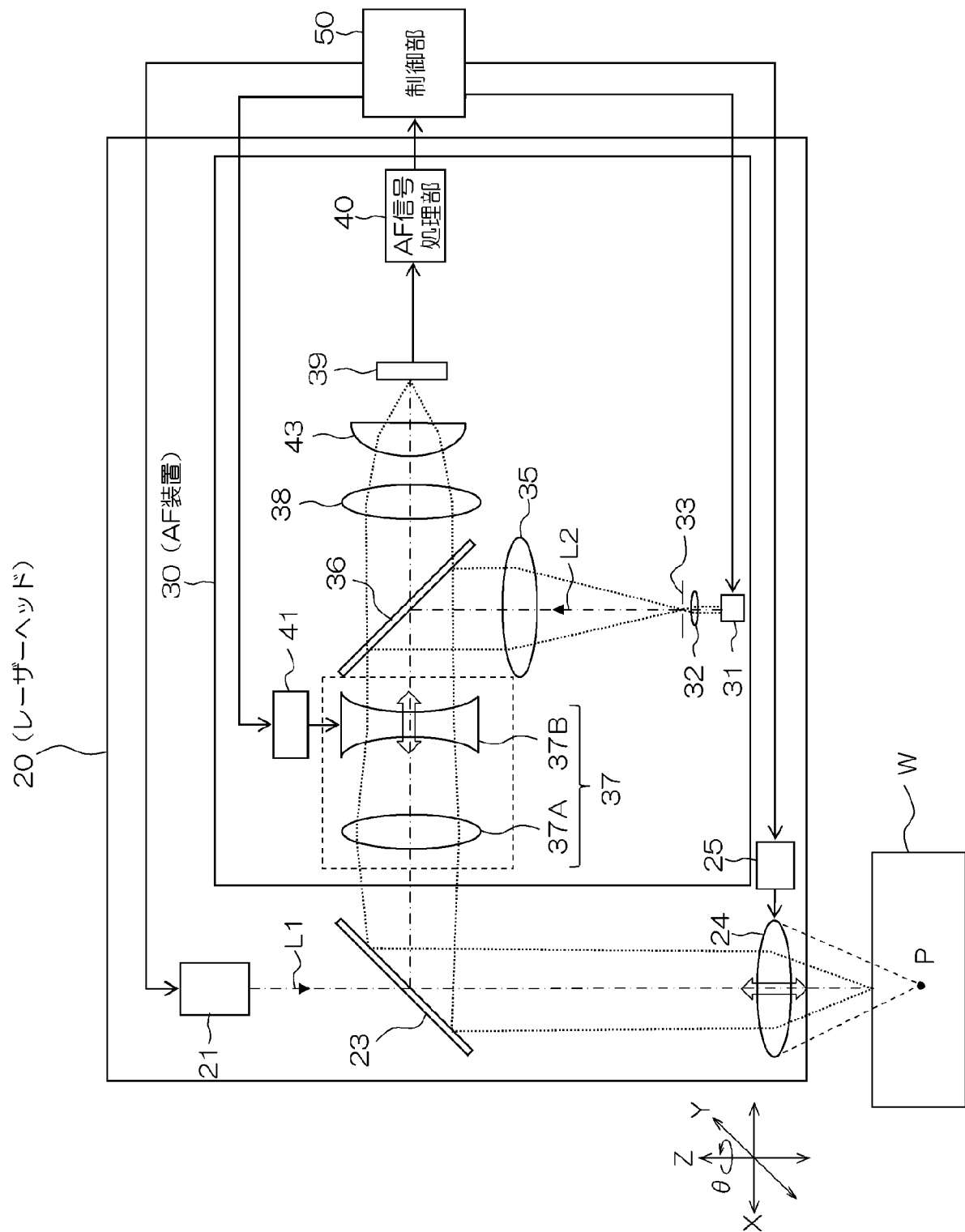
[図15]



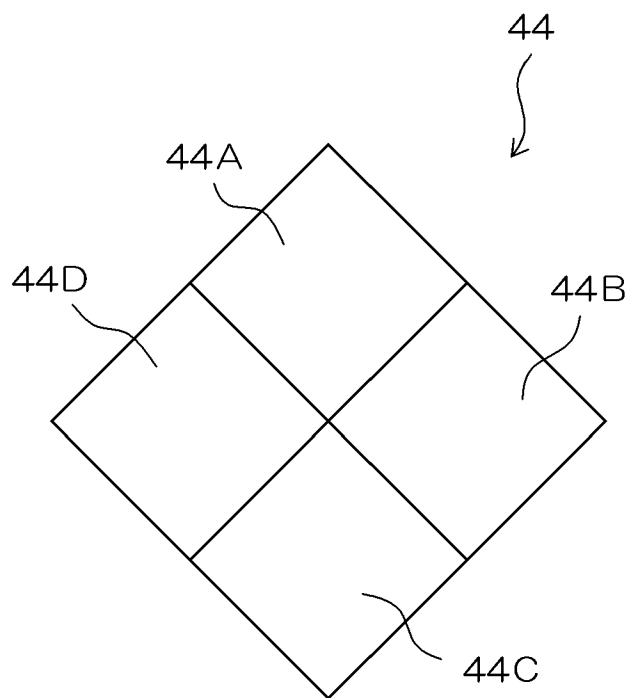
[図16]



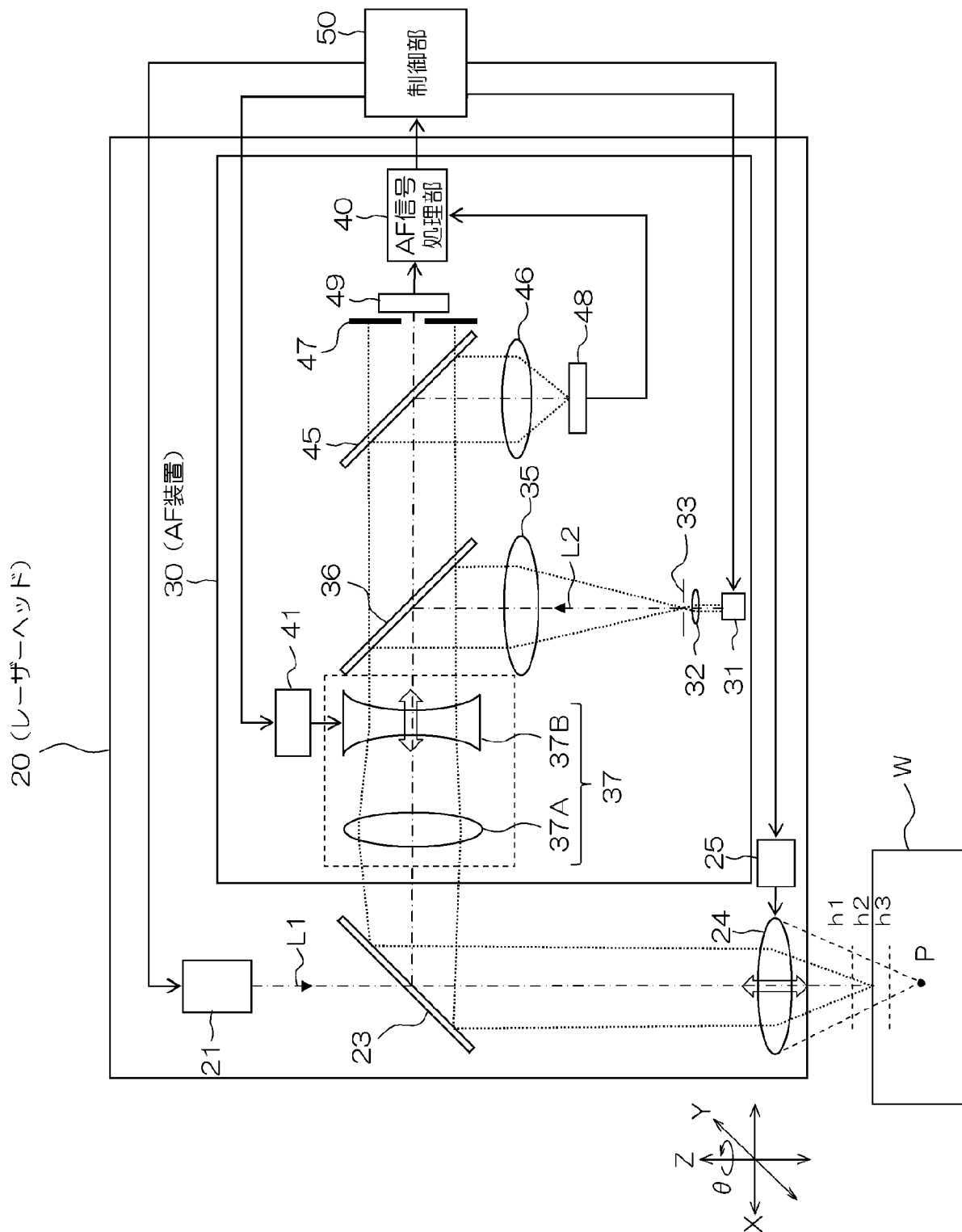
[図17]



[図18]



[図19]



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2015/052711

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

B23K26/046(2014.01)i, B23K26/53(2014.01)i, H01L21/301(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)

B23K26/046, B23K26/53, H01L21/301

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.
X Y	JP 2010-52014 A (Disco Inc.), 11 March 2010 (11.03.2010), paragraphs [0018] to [0042]; fig. 2 to 5 (Family: none)	1-2, 10-11 3-9, 12-18
Y	JP 2008-58077 A (Sunx Ltd.), 13 March 2008 (13.03.2008), paragraph [0032]; fig. 1 (Family: none)	3-9, 12-18
Y	JP 2011-205115 A (Semiconductor Energy Laboratory Co., Ltd.), 13 October 2011 (13.10.2011), paragraph [0013] & US 2005/0255716 A1 & KR 10-2006-0047578 A & CN 1725441 A & TW 200950163 A	8-9, 17-18

☒ 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
16 February 2015 (16.02.15)

Date of mailing of the international search report
03 March 2015 (03.03.15)

Name and mailing address of the ISA/
Japan Patent Office
3-4-3, Kasumigaseki, Chiyoda-ku,
Tokyo 100-8915, Japan

Authorized officer

Telephone No.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2015/052711

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 2009-271289 A (Fujifilm Corp.), 19 November 2009 (19.11.2009), paragraph [0082] (Family: none)	8-9, 17-18
A	JP 2013-4584 A (Tokyo Seimitsu Co., Ltd.), 07 January 2013 (07.01.2013), paragraphs [0089] to [0092]; fig. 1 (Family: none)	1-18
A	JP 2013-157452 A (Hamamatsu Photonics Kabushiki Kaisha), 15 August 2013 (15.08.2013), paragraphs [0053] to [0064]; fig. 11 (Family: none)	1-18
A	WO 2013/126927 A2 (SOLEXEL, INC.), 29 August 2013 (29.08.2013), paragraphs [049] to [054]; fig. 1 & US 2014/0038392 A1 & AU 2013222069 A	1-18

A. 発明の属する分野の分類（国際特許分類（I P C））

Int.Cl. B23K26/046(2014.01)i, B23K26/53(2014.01)i, H01L21/301(2006.01)i

B. 調査を行った分野

調査を行った最小限資料（国際特許分類（I P C））

Int.Cl. B23K26/046, B23K26/53, H01L21/301

最小限資料以外の資料で調査を行った分野に含まれるもの

日本国実用新案公報	1 9 2 2 - 1 9 9 6 年
日本国公開実用新案公報	1 9 7 1 - 2 0 1 5 年
日本国実用新案登録公報	1 9 9 6 - 2 0 1 5 年
日本国登録実用新案公報	1 9 9 4 - 2 0 1 5 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 2010-52014 A (株式会社ディスコ) 2010.03.11, 段落【0018】 －【0042】、【図2】－【図5】（ファミリーなし）	1－2, 10－11
Y		3－9, 12－18
Y	JP 2008-58077 A (サンクス株式会社) 2008.03.13, 段落【0032】、 【図1】（ファミリーなし）	3－9, 12－18

☒ 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

1 6 . 0 2 . 2 0 1 5

国際調査報告の発送日

0 3 . 0 3 . 2 0 1 5

国際調査機関の名称及びあて先

日本国特許庁（I S A / J P）

郵便番号100-8915

東京都千代田区霞が関三丁目4番3号

特許庁審査官（権限のある職員）

青木 正博

3 P

3 9 3 5

電話番号 03-3581-1101 内線 3364

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 2011-205115 A (株式会社半導体エネルギー研究所) 2011. 10. 13, 段落【0013】 & US 2005/0255716 A1 & KR 10-2006-0047578 A & CN 1725441 A & TW 200950163 A	8-9, 17-18
Y	JP 2009-271289 A (富士フイルム株式会社) 2009. 11. 19, 段落【0082】 (ファミリーなし)	8-9, 17-18
A	JP 2013-4584 A (株式会社東京精密) 2013. 01. 07, 段落【0089】 - 【0092】, 【図1】 (ファミリーなし)	1-18
A	JP 2013-157452 A (浜松ホトニクス株式会社) 2013. 08. 15, 段落【0053】 - 【0064】, 【図11】 (ファミリーなし)	1-18
A	WO 2013/126927 A2 (SOLEXEL, INC.) 2013. 08. 29, 段落【049】 - 【054】, 【Fig. 1】 & US 2014/0038392 A1 & AU 2013222069 A	1-18