

(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10月26日(26.10.2023)

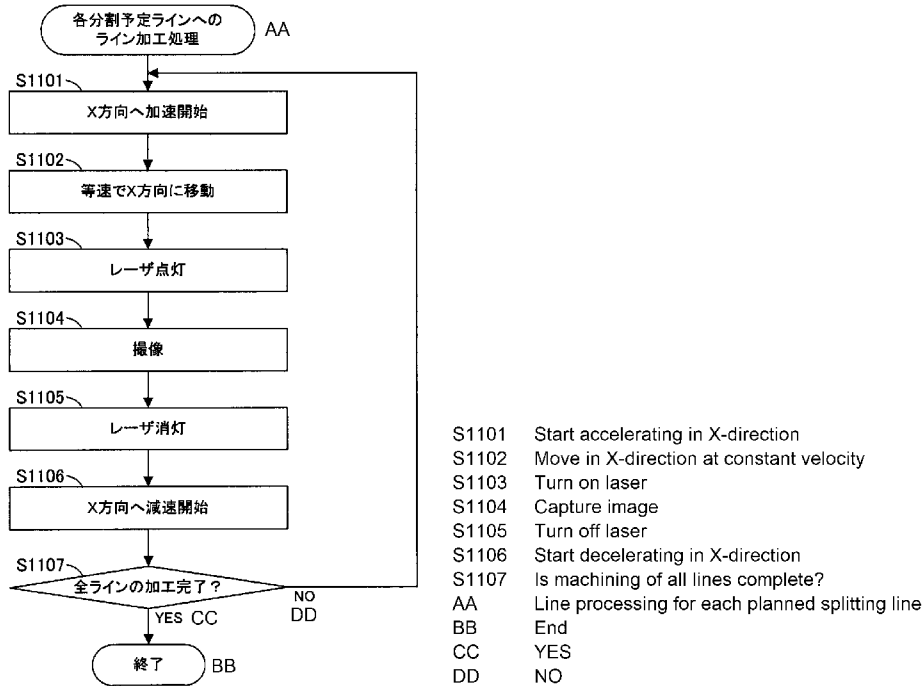


(10) 国際公開番号
WO 2023/203614 A1

- (51) 国際特許分類:
B23K 26/03 (2006.01)
- (21) 国際出願番号: PCT/JP2022/018064
- (22) 国際出願日: 2022年4月18日(18.04.2022)
- (25) 国際出願の言語: 日本語
- (26) 国際公開の言語: 日本語
- (71) 出願人: ヤマハ発動機株式会社 (YAMAHA HATSUDOKI KABUSHIKI KAISHA) [JP/JP]; 〒4388501 静岡県磐田市新貝2500番地 Shizuoka (JP).
- (72) 発明者: 鈴木 芳邦 (SUZUKI, Yoshikuni); 〒4388501 静岡県磐田市新貝2500番地 ヤマハ発動機株式会社内 Shizuoka (JP).
- (74) 代理人: 振角 正一, 外 (FURIKADO, Shoichi et al.); 〒5300047 大阪府大阪市北区西天満5丁目1番19号 高木ビル4階 Osaka (JP).
- (81) 指定国(表示のない限り、全ての種類の国内保護が可能): AE, AG, AL, AM, AO, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BN, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CL, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DJ, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IR, IS, IT, JM, JO, JP, KE, KG, KH, KN, KP, KR, KW, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LU, LY, MA, MD, ME, MG, MK, MN, MW, MX, MY, MZ, NA,

(54) Title: LASER PROCESSING DEVICE, LASER PROCESSING METHOD, LASER PROCESSING PROGRAM, RECORDING MEDIUM, SEMICONDUCTOR CHIP MANUFACTURING METHOD, AND SEMICONDUCTOR CHIP

(54) 発明の名称: レーザ加工装置、レーザ加工方法、レーザ加工プログラム、記録媒体、半導体チップ製造方法および半導体チップ



(57) Abstract: During execution of line processing (steps S1003 to S1004, S1103 to S1105) for processing a planned splitting line S by radiating a laser beam B onto a laser irradiation position Lb while moving the laser irradiation position Lb along the planned splitting line S, an imaging range Ri that moves relative to a semiconductor substrate W is imaged

WO 2023/203614 A1

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, 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, 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))

in order to acquire an image of a part of the semiconductor substrate W overlapped by the imaging range Ri (steps S1008 and S1104). In other words, a period in which the line processing is executed is utilized effectively for imaging of the semiconductor substrate W. In this way, imaging of the semiconductor substrate W can be performed efficiently in laser processing technology in which the laser beam B is radiated onto the planned splitting line S to process the planned splitting line S.

(57) 要約 : レーザ照射位置 L b を分割予定ライン S に沿って移動させつつレーザ照射位置 L b にレーザ光 B を照射することで分割予定ライン S を加工するライン加工処理 (ステップ S 1 0 0 3 ~ S 1 0 0 4、S 1 1 0 3 ~ S 1 1 0 5) の実行中に、半導体基板 W に対して相対的に移動する撮像範囲 Ri を撮像することで、半導体基板 W のうち撮像範囲 Ri に重複する部分の画像が取得される (ステップ S 1 0 0 8、S 1 1 0 4)。つまり、ライン加工処理の実行期間が半導体基板 W の撮像に有効活用されている。こうして、分割予定ライン S へレーザ光 B を照射して分割予定ライン S を加工するレーザ加工技術において、半導体基板 W の撮像を効率的に行うことが可能となっている。

明 細 書

発明の名称：

レーザー加工装置、レーザー加工方法、レーザー加工プログラム、記録媒体、半導体チップ製造方法および半導体チップ

技術分野

[0001] この発明は、加工対象物に設けられた加工ラインにレーザー光を照射することで加工ラインを加工する技術に関する。

背景技術

[0002] 特許文献1～3には、半導体基板に設けられた分割予定ラインにレーザー光を照射しつつ、半導体基板に対してレーザー光を相対的に移動させることで分割予定ラインを加工するレーザー加工技術が記載されている。例えば特許文献1に示されるように、このレーザー加工技術では、往路と復路でレーザー光を照射する分割予定ラインを変更しつつ、レーザー光を往復させることで、複数の分割予定ラインに対して順番に加工が実行される。この際、半導体基板の所定箇所を撮像することで取得した画像に基づき分割予定ラインの位置を認識するアライメント処理の結果に応じてレーザー光の位置を調整することで、分割予定ラインにレーザー光を的確に照射することができる（特許文献2）。また、特許文献3で指摘されるように、分割予定ラインをレーザー光により加工することで分割予定ラインの幅が膨張して、未加工の分割予定ラインの位置が加工方向に直交する送り方向にずれる場合がある。このような分割予定ラインの位置ずれに対応するためには、半導体基板の撮像を適宜実行することが適当となる。

先行技術文献

特許文献

- [0003] 特許文献1：特許第5804716号公報
特許文献2：特開第5554593号公報
特許文献3：特開第5037082号公報

発明の概要

発明が解決しようとする課題

[0004] 上記のようなレーザ加工技術では、加工ライン（分割予定ライン）へのレーザ光の照射による加工の影響を認識するために、加工対象物（半導体基板）の撮像を効率的に行うことが求められる。

[0005] この発明は上記課題に鑑みなされたものであり、加工ラインへレーザ光を照射して加工ラインを加工するレーザ加工技術において、加工対象物の撮像を効率的に行うことを可能とする技術の提供を目的とする。

課題を解決するための手段

[0006] 本発明に係るレーザ加工装置は、互いに平行な複数の加工ラインを有する加工対象物を、加工ラインが所定の加工方向に平行となるように支持する支持部材と、所定のレーザ照射位置にレーザ光を照射する加工ヘッドと、支持部材および加工ヘッドの少なくとも一方を加工方向に駆動することで、加工対象物に対してレーザ照射位置を加工方向に相対的に移動させる加工軸駆動部と、加工軸駆動部によってレーザ照射位置を加工ラインに沿って移動させつつ加工ヘッドによってレーザ照射位置にレーザ光を照射することで加工ラインを加工するライン加工処理を実行する制御部と、レーザ照射位置が加工対象物に対して相対的に移動するのに伴ってレーザ照射位置と一体的に加工対象物に対して相対的に移動する所定の撮像範囲を撮像する撮像部とを備え、撮像部は、ライン加工処理の実行中において加工対象物に対して相対的に移動する撮像範囲を撮像することで、加工対象物のうち撮像範囲に重複する部分の画像を取得する。

[0007] 本発明に係るレーザ加工方法は、互いに平行な複数の加工ラインを有する加工対象物を、加工ラインが所定の加工方向に平行となるように、支持部材により支持する工程と、所定のレーザ照射位置にレーザ光を照射する加工ヘッドおよび支持部材の少なくとも一方を加工方向に駆動することで加工対象物に対してレーザ照射位置を加工方向に相対的に移動させる加工軸駆動部によってレーザ照射位置を加工ラインに沿って移動させつつ加工ヘッドによっ

てレーザ照射位置にレーザ光を照射することで加工ラインを加工するライン加工処理を実行する工程と、レーザ照射位置が加工対象物に対して相対的に移動するのに伴ってレーザ照射位置と一体的に加工対象物に対して相対的に移動する所定の撮像範囲を撮像する撮像部が、ライン加工処理の実行中において加工対象物に対して相対的に移動する撮像範囲を撮像することで、加工対象物のうち撮像範囲に重複する部分の画像を取得する工程とを備える。

[0008] このように構成された本発明（レーザ加工装置およびレーザ加工方法）では、レーザ照射位置を加工ラインに沿って移動させつつレーザ照射位置にレーザ光を照射することで加工ラインを加工するライン加工処理の実行中に、加工対象物に対して相対的に移動する撮像範囲を撮像することで、加工対象物のうち撮像範囲に重複する部分の画像が取得される。つまり、ライン加工処理の実行期間が加工対象物の撮像に有効活用されている。こうして、加工ラインへレーザ光を照射して加工ラインを加工するレーザ加工技術において、加工対象物の撮像を効率的に行うことが可能となっている。

[0009] また、撮像部は、ライン加工処理においてレーザ照射位置が加工ラインに対して移動する方向の下流側に設けられた撮像範囲を撮像するように、レーザ加工装置を構成してもよい。かかる構成では、レーザ光によって加工中の位置（すなわち、レーザ照射位置）の未加工側の画像を取得することができる。したがって、レーザ光による加工が加工対象物の未加工部分に与える影響を当該画像に基づき認識することができる。

[0010] また、撮像部は、ライン加工処理を1回実行する期間に、撮像範囲の撮像を複数回実行するように、レーザ加工装置を構成してもよい。かかる構成では、ライン加工処理の実行期間を有効活用して、加工対象物の複数の画像を取得することができる。

[0011] また、支持部材および加工ヘッドの少なくとも一方を加工方向に直交する送り方向に駆動することで、加工対象物に対してレーザ照射位置を送り方向に相対的に移動させる送り軸駆動部をさらに備え、送り軸駆動部が加工対象物に対してレーザ照射位置を送り方向に移動させることで、複数の加工ライ

ンのうち、ライン加工処理の対象とする加工ラインが変更され、制御部は、加工方向の第1の側にレーザ照射位置を移動させるライン加工処理によって、複数の加工ラインのうち第1の加工ラインを加工する第1のライン加工処理と、加工方向の第1の側と逆の第2の側にレーザ照射位置を移動させるライン加工処理によって、複数の加工ラインのうち第1の加工ラインと異なる第2の加工ラインを加工する第2のライン加工処理とを、順番に実行し、第1のライン加工処理を終了してから第2のライン加工処理を開始するまでの切換期間において、加工軸駆動部は、加工方向において、第1の加工ラインを第1の側に通過したレーザ照射位置を第1の側に向けて減速させて停止させてから第2の側に向けて加速することで、レーザ照射位置を第2の加工ラインへ到達させる反転駆動を実行し、送り軸駆動部は、第1の加工ラインに沿って第1の加工ラインの外側まで加工方向に延設された第1の仮想直線上から、第2の加工ラインに沿って第2の加工ラインの外側まで加工方向に延設された第2の仮想直線上まで、レーザ照射位置を送り方向へ継続的に移動させる継続送り駆動を実行し、制御部は、加工軸駆動部が反転駆動でレーザ照射位置を停止させるより前に送り軸駆動部が継続送り駆動を開始し、加工軸駆動部が反転駆動でレーザ照射位置を停止させた後に送り軸駆動部が継続送り駆動を終了するように、加工軸駆動部および送り軸駆動部を制御して、反転駆動のために加工方向におけるレーザ照射位置の移動が停止する時点の前後を通じて送り軸駆動部にレーザ照射位置を送り方向に移動させるように、レーザ加工装置を構成してもよい。

[0012] かかる構成では、加工対象物に対してレーザ照射位置を加工方向に相対的に移動させる加工軸駆動部と、加工対象物に対してレーザ照射位置を送り方向に相対的に移動させる送り軸駆動部とを用いて、第1の加工ラインを加工する第1のライン加工処理と、第2の加工ラインを加工する第2のライン加工処理とが実行される。また、第1のライン加工処理と第2のライン加工処理との間の切換期間では、第1の加工ラインを通過したレーザ照射位置を、第2の加工ラインに向かわせるために、加工軸駆動部と送り軸駆動部とが次

の動作を実行する。つまり、加工軸駆動部は、加工方向において、第1の加工ラインを第1の側に通過したレーザ照射位置を第1の側に向けて減速させて停止させてから第2の側に向けて加速することで、レーザ照射位置を第2の加工ラインへ到達させる反転駆動を実行する。また、送り軸駆動部は、第1の加工ラインに沿って第1の加工ラインの外側まで加工方向に延設された第1の仮想直線上から、第2の加工ラインに沿って第2の加工ラインの外側まで加工方向に延設された第2の仮想直線上まで、レーザ照射位置を送り方向へ移動させる。

[0013] 特に、送り軸駆動部は、第1の仮想直線上から第2の仮想直線上まで、レーザ照射位置を送り方向へ継続的に移動させる継続送り駆動を実行する。そして、制御部は、加工軸駆動部が反転駆動でレーザ照射位置を停止させるより前に送り軸駆動部が継続送り駆動を開始し、加工軸駆動部が反転駆動でレーザ照射位置を停止させた後に送り軸駆動部が継続送り駆動を終了するように、加工軸駆動部および送り軸駆動部を制御して、反転駆動のために加工方向におけるレーザ照射位置の移動が停止する時点の前後を通じて送り軸駆動部にレーザ照射位置を送り方向に移動させる。つまり、切換期間においては、加工方向の第1の側へレーザ照射位置を減速させる期間と、加工方向の第2の側へレーザ照射位置を加速させる期間との両方が、レーザ照射位置の送り方向への移動に有効活用されている。その結果、レーザ光の移動方向を切り換える切換期間が加工対象物の加工完了に要する時間に与える影響を抑えることが可能となっている。しかも、上述の通り、ライン加工処理の実行期間を加工対象物の撮像に有効活用されていることから、ライン加工処理の対象となる加工ラインの切り換えに要する時間を抑えるとともに、加工対象物の撮像を効率的に行うことができ、加工対象物への加工を速やかに完了することが可能となっている。

[0014] また、撮像部は、ライン加工処理の実行中において加工ラインを少なくとも含む撮像範囲を撮像するように、レーザ加工装置を構成してもよい。このような撮像により取得される画像には、送り方向における加工ラインの両側

と当該加工ラインとのコントラストによって、加工ラインに相当する部分が加工方向に延設されて表れる。したがって、当該部分の送り方向の位置に基づき、レーザ加工が加工ラインの送り方向への位置に与える影響を的確に認識することができる。

[0015] また、撮像部の撮像範囲の中心とレーザ照射位置に照射されるレーザ光の焦点とが加工方向に並ぶように、レーザ加工装置を構成してもよい。かかる構成では、レーザ光の照射を受ける直前の状態を撮像範囲の画像によつて的確に捉えることができる。

[0016] また、複数の加工ラインのうちの一の対象ラインに対するライン加工処理の実行中において、撮像部は、一の対象ラインのうちレーザ光の照射による加工が未実行の未加工部分が撮像範囲に交差する期間を通じてカメラに露光を継続させる全期間撮像によって画像を取得するように、レーザ加工装置を構成してもよい。かかる構成では、撮像範囲の画像の輝度を加工方向に累積した情報を得ることができる。

[0017] また、カメラが、当該カメラに対して静止する加工対象物を撮像する際の露光時間 T_0 および照明強度 L_0 に対して、全期間撮像での露光時間 T_c および照明強度 T_c が、次の関係式

$$L_c = T_0 \times L_0 / T_c$$

を満たすように、レーザ加工装置を構成してもよい。かかる構成では、画像の輝度が飽和するのを抑止できる。

[0018] また、制御部は、全期間撮像によって取得された画像に基づき、加工ラインに対するレーザ照射位置の適否を判定するように、レーザ加工装置を構成してもよい。かかる構成では、レーザ照射位置の適否を確認することができる。

[0019] また、制御部は、画像のうち、加工方向に直交する直交方向の両端部を除いた中央部に基づき、加工ラインに対するレーザ照射位置の適否を判定するように、レーザ加工装置を構成してもよい。かかる構成では、画像の直交方向の両端部に表れる不要な情報を除いて、レーザ照射位置の適否を確認でき

る。

[0020] また、制御部は、レーザ照射位置が一の対象ラインに対して加工方向に直交する直交方向にずれる位置ずれの発生を画像に基づき確認すると、一の対象ラインに対するレーザ照射位置の直交方向への位置ずれ量を取得して、一の対象ラインより後にライン加工処理を実行する際のレーザ照射位置を位置ずれ量に基づき直交方向に補正するように、レーザ加工装置を構成してもよい。かかる構成では、レーザ照射位置の位置ずれを補正して、ライン加工処理を適切に実行することができる。

[0021] また、制御部は、一の対象ラインに対するレーザ照射位置の軌跡の傾斜を画像に基づき確認すると、傾斜を補正するアライメントを実行するように、レーザ加工装置を構成してもよい。かかる構成では、レーザ照射位置の加工ラインに対する傾斜を補正して、ライン加工処理を適切に実行することができる。

[0022] 本発明に係る半導体チップ製造方法は、加工ラインによって分けられた複数の半導体チップが配列された半導体基板を、上記のレーザ加工方法によって加工する工程と、レーザ加工方法によって加工された半導体基板を粘着力によって保持するテープを拡張することで複数の半導体チップのそれぞれを分離する工程とを備える。

[0023] 本発明に係る半導体チップは、加工ラインによって分けられた複数の半導体チップが配列された半導体基板を、上記のレーザ加工方法によって加工する工程と、レーザ加工方法によって加工された半導体基板を粘着力によって保持するテープを拡張することで複数の半導体チップのそれぞれを分離する工程とによって製造される。

[0024] 本発明に係るレーザ加工プログラムは、上記のレーザ加工方法をコンピュータに実行させる。

[0025] 本発明に係る記録媒体は、上記のレーザ加工プログラムを、コンピュータにより読み出し可能に記録する。

発明の効果

[0026] 本発明によれば、加工ラインへレーザ光を照射して加工ラインを加工するレーザ加工技術において、加工対象物の撮像を効率的に行うことが可能となる。

図面の簡単な説明

[0027] [図1]本発明に係るレーザ加工装置の一例を模式的に示す正面図。

[図2]図1のレーザ加工装置を模式的に示す平面図。

[図3]図1のレーザ加工装置が備える電氣的構成を示すブロック図。

[図4]レーザ加工が実行済みのレーザ加工基板を生産する方法の一例を示すフローチャート。

[図5]リングフレームの取り出しの一例を示すフローチャート。

[図6]リングフレームの移載の一例を示すフローチャート。

[図7A]図5および図6のフローチャートに従って実行される動作の一例を模式的に示す平面図。

[図7B]図5および図6のフローチャートに従って実行される動作の一例を模式的に示す平面図。

[図7C]図5および図6のフローチャートに従って実行される動作の一例を模式的に示す平面図。

[図7D]図5および図6のフローチャートに従って実行される動作の一例を模式的に示す平面図。

[図7E]図5および図6のフローチャートに従って実行される動作の一例を模式的に示す平面図。

[図8]リングフレームの収納の一例を示すフローチャート。

[図9]リングフレームアライメントの一例を示すフローチャートであり、

[図10]リングフレームアライメントで実行される動作の一例を模式的に示す平面図。

[図11]基板加工の一例を示すフローチャート。

[図12]図11のフローチャートに従って実行される動作の一例を模式的に示す平面図。

[図13A]キャリブレーションの一例を示すフローチャート。

[図13B]図13Aのキャリブレーションで実行されるステージ平面特定の一例を示すフローチャート。

[図13C]図13Aのキャリブレーションで実行される基板平面特定の一例を示すフローチャート。

[図14]各分割予定ラインへのライン加工処理の基本工程を示すフローチャート。

[図15A]図14のフローチャートに従って実行される動作の第1例を模式的に示す図。

[図15B]図14のフローチャートに従って実行される動作の第2例を模式的に示す図。

[図15C]図14のフローチャートに従って実行される動作の第3例を模式的に示す図。

[図15D]図14のフローチャートに従って実行される動作の第4例を模式的に示す図。

[図15E]図14のフローチャートに従って実行される動作の第5例を模式的に示す図。

[図15F]図14のフローチャートに従って実行される動作の第6例を模式的に示す図。

[図15G]図14のフローチャートに従って実行される動作の第7例を模式的に示す図。

[図16]各分割予定ラインへのライン加工処理の第1応用例を示すフローチャート。

[図17]図16のフローチャートに従って実行される動作の一例を模式的に示す図。

[図18]各分割予定ラインへのライン加工処理の第2応用例を示すフローチャート。

[図19A]図18のフローチャートに従って実行される動作の第1例を模式的に

示す図。

[図19B]図18のフローチャートに従って実行される動作の第2例を模式的に示す図。

[図20]図16のステップS1008あるいは図18のステップS1104で取得される半導体基板の画像の一例を模式的に示す図。

[図21]ライン加工処理でのレーザ加工条件の決定方法の一例を示すフローチャート。

[図22A]レーザ加工条件の決定に関わるパラメータを示す図。

[図22B]レーザ加工条件の時間的影響を示す図。

[図22C]図21のレーザ加工条件の決定で参照するテーブルの一例を示す図。

[図23]撮像範囲を撮像する詳細動作におけるレーザ照射位置と撮像範囲との位置関係を模式的に示す平面図。

[図24]撮像範囲を撮像する詳細動作での撮像対象を模式的に示す平面図。

[図25]カメラの露光制御の一例を示すフローチャート。

[図26]流し撮り動作によって撮像される流し撮り画像から取得できる情報を模式的に示す図。

[図27]撮り流し画像に対して実行される画像判定の一例を示すフローチャート。

[図28]図27の画像判定で使用されるマスクを模式的に示す図。

発明を実施するための形態

[0028] 図1は本発明に係るレーザ加工装置の一例を模式的に示す正面図であり、図2は図1のレーザ加工装置を模式的に示す平面図である。両図および以下の図では、水平方向であるX方向と、X方向に直交する水平方向であるY方向と、鉛直方向であるZ方向とを適宜示す。さらに、X方向の(+X)側(図2紙面の右側)と、X方向の(+X)側と逆の(-X)側(図2紙面の左側)とを適宜示すとともに、Y方向の(+Y)側(図2紙面の上側)と、Y方向の(+Y)側と逆の(-Y)側(図2紙面の下側)とを適宜示す。

[0029] レーザ加工装置1は半導体基板W(加工対象物)にレーザ光を照射するこ

とで、半導体基板Wを加工する。この半導体基板Wは、テープEを介してリングフレームF_rによって保持される。テープEは、ダイシングテープあるいはボンディングテープであり、テープEの表面（上面）は粘着性を有する。リングフレームF_rは、正八角形の一部を切り欠いてスリットF_sを設けた外形を有し、リングフレームF_rの中央には円形の開口F_oが設けられている。テープEの表面は、開口F_oの全体に重複するようにリングフレームF_rに下側から対向し、テープEの表面の周縁がリングフレームF_rの底面に粘着力により貼り付けられている。また、半導体基板WがテープEの表面に粘着力により貼り付けられている。こうして、半導体基板WはテープEを介してリングフレームF_rによって保持された状態で、レーザ加工装置1内で運搬される。なお、半導体基板Wは表面と当該表面と逆の裏面を有し、半導体基板Wの表面に電子回路が形成される一方、半導体基板Wの裏面は平坦である。そして、半導体基板Wの表面が下側を向いて、テープEの表面に貼り付けられている。つまり、半導体基板Wの裏面が上側を向いた状態で、半導体基板Wは保持される。

[0030] レーザ加工装置1は、半導体基板Wを収容する基板収容部2と、基板収容部2から取り出された半導体基板Wを保持するチャックステージ3（支持部材）とを備える。レーザ加工装置1は、平板形状のベースプレート11を備え、基板収容部2およびチャックステージ3は、ベースプレート11によって支持される。X方向において、チャックステージ3は基板収容部2の（+X）側に配置され、Y方向においてチャックステージ3は基板収容部2の（-Y）側に配置される。そして、X方向においてチャックステージ3の（-X）側であって、Y方向において基板収容部2の（-Y）側のスペースが基板受渡領域A_wとなる。

[0031] 基板収容部2は、基板収容カセット21を有する。基板収容カセット21は、X方向の両側に設けられた一对の側壁22と、側壁22の間に設けられた開口23とを有し、開口23は（-Y）側（すなわち、基板受渡領域A_w側）を向く。一对の側壁22は、X方向に対して垂直に設けられた平板であ

り、X方向に互いに対向する。また、一对の側壁22それぞれの内側には支持突起24が設けられる。こうして、X方向に対向する一对の支持突起24が互いに同一の高さに設けられる。そして、開口23を介して(-Y)側から一对の支持突起24の上側に対して、半導体基板Wを保持するリングフレームFrを差し込むことができる。こうして差し込まれたリングフレームFrのX方向の両端が、一对の支持突起24によって下側から支持される。つまり、一对の支持突起24の上側が、リングフレームFrを収容するスロット25として機能し、開口23を介して(-Y)側からスロット25に挿入されたリングフレームFrは、当該スロット25に対応する一对の支持突起24によって支持される。したがって、基板収容カセット21のスロット25にリングフレームFrを挿入することで、リングフレームFrに支持される半導体基板Wを基板収容カセット21に収容でき、基板収容カセット21のスロット25からリングフレームFrを引き出すことで、基板収容カセット21から半導体基板Wを取り出すことができる。

[0032] また、基板収容部2は、基板収容カセット21を支持するZ軸スライダ26と、Z軸スライダ26をZ方向に駆動するZ軸駆動機構27を有する。Z軸駆動機構27はベースプレート11に取り付けられた単軸ロボットであり、Z軸スライダ26をZ方向に移動可能に支持するZ軸駆動伝達部271と、Z軸駆動伝達部271に支持されるZ軸スライダ26をZ方向に駆動するZ軸カセットモータ272とを有する。Z軸駆動伝達部271は、Z軸カセットモータ272によって駆動されるボールネジを有し、当該ボールネジのナットにZ軸スライダ26が取り付けられている。ただし、Z軸駆動機構27の具体的構成はこの例に限られず、例えばリニアモータでもよい。かかるZ軸駆動機構27は、Z軸駆動伝達部271に支持されるZ軸スライダ26をZ軸カセットモータ272によって駆動することで、Z軸スライダ26に支持される基板収容カセット21をZ方向に移動させる。

[0033] 基板収容カセット21に対しては、基板挿入高さ211が設けられており、基板挿入高さ211に位置するスロット25に対して、半導体基板Wの挿

入および引き出しを実行することができる。したがって、Z軸駆動機構27によって基板收容カセット21をZ方向に移動させて、複数のスロット25のうち基板挿入高さ211に位置するスロット25を変更することで、半導体基板Wの挿入および引き出しを実行するスロット25を変更できる。

[0034] これに対して、レーザ加工装置1は、基板挿入高さ211のスロット25と基板受渡領域Awとの間でY方向にリングフレームFrを運搬するY軸運搬機構4を備える。Y軸運搬機構4は、リフトハンド41と、リフトハンド41を支持するY軸スライダ43と、Y軸スライダ43をY方向に駆動するY軸駆動機構45とを有する。Y軸駆動機構45は、付図示のフレームによってベースプレート11に取り付けられた単軸ロボットであり、Y軸スライダ43をY方向に移動可能に支持するY軸駆動伝達部451と、Y軸駆動伝達部451に支持されるY軸スライダ43をY方向に駆動するY軸リフトハンドモータ452とを有する。Y軸駆動伝達部451は、Y軸リフトハンドモータ452によって駆動されるボールネジを有し、当該ボールネジのナットにY軸スライダ43が取り付けられている。ただし、Y軸駆動機構45の具体的構成はこの例に限られず、例えばリニアモータでもよい。かかるY軸駆動機構45は、Y軸駆動伝達部451により支持されるY軸スライダ43をY軸リフトハンドモータ452により駆動することで、Y軸スライダ43に支持されるリフトハンド41をY方向に移動させる。

[0035] リフトハンド41は、Y軸スライダ43に支持されるベース部411と、ベース部411から(+Y)側に突出するフォーク412とを有する。フォーク412は、基板挿入高さ211に位置し、リングフレームFrを下側から保持することができる。Y軸運搬機構4は、後述するように、Y軸駆動機構45によってリフトハンド41をY方向に駆動することで、リフトハンド41のフォーク412に保持されるリングフレームFrを、基板收容カセット21と基板受渡領域Awとの間で移動させる。

[0036] また、レーザ加工装置1は、基板受渡領域Awに位置するリフトハンド41と、チャックステージ3との間でX方向にリングフレームFrを運搬する

XZ軸運搬機構5を備える。XZ軸運搬機構5は、吸着ハンド51と、吸着ハンド51を支持するX軸スライダ53と、X軸スライダ53をX方向に駆動するX軸駆動部55とを有する。X軸駆動部55は、付図示のフレームによってベースプレート11に取り付けられた単軸ロボットであり、X軸スライダ53をX方向に移動可能に支持するX軸駆動伝達部551と、X軸駆動伝達部551に支持されるX軸スライダ53をX方向に駆動するX軸吸着ハンドモータ552とを有する。X軸駆動伝達部551は、X軸吸着ハンドモータ552によって駆動されるボールネジを有し、当該ボールネジのナットにX軸スライダ53が取り付けられている。ただし、X軸駆動部55の具体的構成はこの例に限られず、例えばリニアモータでもよい。かかるX軸駆動部55は、X軸駆動伝達部551に支持されるX軸スライダ53をX軸吸着ハンドモータ552によって駆動することで、X軸スライダ53に支持される吸着ハンド51をX方向に移動させる。

[0037] また、XZ軸運搬機構5は、吸着ハンド51に取り付けられたZ軸スライダ56と、Z軸スライダ56をX軸スライダ53に対してZ方向に駆動するZ軸駆動部58とを有する。つまり、吸着ハンド51は、Z軸スライダ56およびZ軸駆動部58を介してX軸スライダ53によって支持される。Z軸駆動部58は、X軸スライダ53に取り付けられた単軸ロボットであり、Z軸スライダ56をZ方向に移動可能に支持するZ軸駆動伝達部581と、Z軸駆動伝達部581に支持されるZ軸スライダ56をZ方向に駆動するZ軸吸着ハンドモータ582とを有する。Z軸駆動伝達部581は、Z軸吸着ハンドモータ582により駆動されるボールネジを有し、当該ボールネジのナットにZ軸スライダ56が取り付けられている。ただし、Z軸駆動部58の具体的構成はこの例に限られず、例えばリニアモータでも良い。Z軸スライダ56は、Z軸駆動部58からX軸駆動伝達部551の下側まで延設されて、Z軸スライダ56の下端に吸着ハンド51が取り付けられている。かかるZ軸駆動部58は、Z軸駆動伝達部581に支持されるZ軸スライダ56をZ軸吸着ハンドモータ582によって駆動することで、Z軸スライダ56に

支持される吸着ハンド51をZ方向に移動させる。

[0038] 吸着ハンド51は、Z軸スライダ56に支持されるベース部511と、ベース部511から(+Y)側に突出した環状吸着部材512とを有する。環状吸着部材512は、円環形状を有して、環状吸着部材512の底面513には、複数の吸着孔が開口している。この環状吸着部材512の底面513をリングフレームFrに上側から当接しつつ当該底面513の各吸着孔に発生させた負圧によりリングフレームFrを吸引することで、吸着ハンド51によってリングフレームFrを上側から保持することができる。XZ軸運搬機構5は、後述するように、X軸駆動部55によって吸着ハンド51をX方向に駆動するとともにZ軸駆動部58によって吸着ハンド51をZ方向に駆動することで、吸着ハンド51の環状吸着部材512に保持されるリングフレームFrを基板受渡領域Awとチャックステージ3との間で移動させる。

[0039] チャックステージ3は、テープEを介して半導体基板Wを支持するリングフレームFrが載置される吸着プレート31を有する。吸着プレート31は円形を有し、吸着プレート31の上面311には複数の吸着孔が開口する。そして、吸着プレート31の上面311の各吸着孔に発生させた負圧によって当該上面311に接触するテープEを吸引することで、吸着プレート31にテープEを固定することができる。さらに、チャックステージ3は、吸着プレート31の周縁に設けられた複数のクランパ32を有する。このチャックステージ3は、吸着プレート31に載置されたリングフレームFrに対してクランパ32を上側から対向させて、クランパ32と吸着プレート31との間にリングフレームFrを挟み込むことで、リングフレームFrを吸着プレート31に固定する。また、チャックステージ3は、リングフレームFrからクランパ32を側方に退避させることで、リングフレームFrの吸着プレート31への固定を解除する。

[0040] このように、チャックステージ3は、吸着プレート31によるテープEの吸引と、クランパ32によるリングフレームFrの固定とによって、テープEを介してリングフレームFrに支持された半導体基板Wを保持する。この

ようにクランパ32を併用することで、吸着プレート31によるテープEの吸引のみによって半導体基板Wを保持する場合と比べて、吸着プレート31へのテープEの吸引を弱い吸引力で実行することができ、テープEの吸引が半導体基板Wに与える影響を緩和できる。

[0041] また、レーザ加工装置1は、チャックステージ3を支持するXY θ 駆動テーブル6を備える。XY θ 駆動テーブル6は、ベースプレート11上に配置されて、ベースプレート11に対してチャックステージ3をX方向、Y方向および θ 方向に駆動する。ここで、 θ 方向は、Z方向に平行な回転軸を中心とする回転方向である。つまり、XY θ 駆動テーブル6は、Y方向に平行にベースプレート11に取り付けられたY軸ガイド61と、Y軸ガイド61によってY方向に移動可能に支持されるY軸スライダ62と、Y軸スライダ62をY方向に駆動するY軸駆動部63とを有する。Y軸駆動部63は、ベースプレート11に取り付けられた単軸ロボットであり、Y軸スライダ62をY方向に移動可能に支持するY軸駆動伝達部631と、Y軸駆動伝達部631に支持されるY軸スライダ62をY方向に駆動するY軸テーブルモータ632とを有する。Y軸駆動伝達部631は、Y軸テーブルモータ632によって駆動されるボールネジを有し、当該ボールネジのナットにY軸スライダ62が取り付けられている。ただし、Y軸駆動部63の具体的構成はこの例に限られず、例えばリニアモータでも良い。

[0042] また、XY θ 駆動テーブル6は、X軸スライダ64と、X軸スライダ64をY軸スライダ62に対してX方向に駆動するX軸駆動部65とを有する。X軸駆動部65は、Y軸スライダ62に取り付けられた単軸ロボットであり、X軸スライダ64をX方向に移動可能に支持するX軸駆動伝達部651と、X軸駆動伝達部651に支持されるX軸スライダ64をX方向に駆動するX軸テーブルモータ652とを有する。X軸駆動伝達部651は、X軸テーブルモータ652によって駆動されるボールネジを有し、当該ボールネジのナットにX軸スライダ64が取り付けられている。ただし、X軸駆動部65の具体的構成はこの例に限られず、例えばリニアモータでも良い。

- [0043] さらに、XY θ 駆動テーブル6は、X軸スライダ64に取り付けられた θ 軸テーブルモータ66を有する。この θ 軸テーブルモータ66は、X軸スライダ64に対してチャックステージ3を θ 方向に駆動する。
- [0044] このようなXY θ 駆動テーブル6は、Y軸テーブルモータ632によってチャックステージ3をY方向に駆動し、X軸テーブルモータ652によってチャックステージ3をX方向に駆動し、 θ 軸テーブルモータ66によってチャックステージ3を θ 方向に駆動することができる。
- [0045] また、レーザ加工装置1は、チャックステージ3に保持される半導体基板Wに対してレーザ加工を実行するレーザ加工部7を備える。レーザ加工部7は、チャックステージ3に保持される半導体基板Wに上側から対向する加工ヘッド71を有する。加工ヘッド71は所定の振動数のレーザ光Bを発生するレーザ光源72と、レーザ光源72から射出されたレーザ光Bを半導体基板Wに照射する光学系73（レンズおよび絞り等）とを有する。この加工ヘッド71は、所定のレーザ照射位置Lbを有して、当該レーザ照射位置LbにZ方向の上側から対向する。そして、加工ヘッド71は、レーザ光源72から射出されたレーザ光Bを光学系73によってレーザ照射位置Lbに集光することで、半導体基板Wのうちレーザ照射位置Lbに重複する部分に改質層を形成する。
- [0046] また、レーザ加工部7は、加工ヘッド71を支持するZ軸スライダ78と、Z軸スライダ78をZ方向に駆動するZ軸駆動部79とを有する。Z軸駆動部79はベースプレートに取り付けられた単軸ロボットであり、Z軸スライダ78をZ方向に移動可能に支持するZ軸駆動伝達部791と、Z軸駆動伝達部791に支持されるZ軸スライダ78をZ方向に駆動するZ軸ヘッドモータ792とを有する。Z軸駆動伝達部791は、Z軸ヘッドモータ792によって駆動されるボールネジを有し、当該ボールネジのナットにZ軸スライダ78が取り付けられている。ただし、Z軸駆動部79の具体的構成はこの例に限られず、例えばリニアモータでも良い。かかるZ軸駆動部79は、Z軸駆動伝達部791に支持されるZ軸スライダ78をZ軸ヘッドモータ

792によって駆動することで、Z軸スライダ78に支持される加工ヘッド71をZ方向に移動させて、赤外線カメラ81のレーザ照射位置LbをZ方向に移動させる。

[0047] また、レーザ加工装置1は、チャックステージ3に保持される半導体基板Wを撮像する撮像部8を備える。特に、X方向においてレーザ加工部7を挟むように配置された2台の撮像部8が設けられている。これら2台の撮像部8を区別する際には、レーザ加工部7の(+X)側の撮像部8を撮像部8Aと称し、レーザ加工部7の(-X)側の撮像部8を撮像部8Bと称することとする。このように撮像部8A、レーザ加工部7および撮像部8BがX方向に配列されている。なお、撮像部8Aおよび撮像部8Bそれぞれの基本的な構成は共通する。したがって、撮像部8A、8Bで共通する構成はこれらを区別せずに説明を行うこととする。

[0048] 撮像部8は、チャックステージ3に保持される半導体基板Wに上側から対向する赤外線カメラ81を有する。この赤外線カメラ81は、所定の撮像範囲R_i(換言すれば、視野)を有して、当該撮像範囲R_iに対してZ方向の上側から対向する。そして、赤外線カメラ81は、撮像範囲R_iから射出される赤外線を検出することで、撮像範囲R_iを撮像して、撮像範囲R_iの画像を取得する。

[0049] また、撮像部8は、赤外線カメラ81を支持するZ軸スライダ88と、Z軸スライダ88をZ方向に駆動するZ軸駆動部89とを有する。Z軸駆動部89はベースプレートに取り付けられた単軸ロボットであり、Z軸スライダ88をZ方向に移動可能に支持するZ軸駆動伝達部891と、Z軸駆動伝達部891に支持されるZ軸スライダ88をZ方向に駆動するZ軸カメラモータ892とを有する。Z軸駆動伝達部891は、Z軸カメラモータ892によって駆動されるボールネジを有し、当該ボールネジのナットにZ軸スライダ88が取り付けられている。ただし、Z軸駆動部89の具体的構成はこの例に限られず、例えばリニアモータでも良い。かかるZ軸駆動部89は、Z軸駆動伝達部891に支持されるZ軸スライダ88をZ軸カメラモータ89

2によって駆動することで、Z軸スライダ88に支持される赤外線カメラ81をZ方向に移動させて、赤外線カメラ81の撮像範囲R_iをZ方向に移動させる。

[0050] なお、撮像部8Aの赤外線カメラ81と、撮像部8Bの赤外線カメラ81とは互いに異なる解像度を有する。具体的には、撮像部8Aの赤外線カメラ81は、撮像部8Bの赤外線カメラ81よりも高い解像度を有し、換言すれば狭い視野を有する。ただし、撮像部8Aと撮像部8Bとで赤外線カメラ81の解像度が異なる必要はなく、これらの赤外線カメラ81が同一の解像度を有していてもよい。また、この例では、撮像部8Aの撮像範囲R_i、加工ヘッド71のレーザ照射位置L_bおよび撮像部8Bの撮像範囲R_iそれぞれの中心がX方向に平行に並ぶ。ただし、これらがX方向に平行である必要は必ずしもなく、加工ヘッド71のレーザ照射位置L_bに対して、撮像部8Aの撮像範囲R_iが(+X)側に位置し、撮像部8Bの撮像範囲R_iが(-X)側に位置していればよい。

[0051] 図3は図1のレーザ加工装置が備える電氣的構成を示すブロック図である。図3に示すように、レーザ加工装置1は、図1および図2に示した構成を制御する制御部100を備える。制御部100は、レーザ加工装置1内で、半導体基板Wの運搬に関わる基板運搬系(基板収容部2、Y軸運搬機構4およびXZ軸運搬機構5)の制御を担当するハンドリング制御演算部110と、半導体基板Wへのレーザ加工に関わるレーザ加工系(チャックステージ3、XYθ駆動テーブル6、レーザ加工部7および撮像部8)の制御を担当するレーザ加工制御演算部120とを有する。

[0052] また、制御部100は、ハンドリング制御演算部110からの指令に応じて、基板収容カセット21に対する半導体基板Wの挿脱動作を制御するカセット制御部111を有する。このカセット制御部111は、Z軸カセットモータ272を制御することで基板収容カセット21のZ方向の位置を調整し、Y軸リフトハンドモータ452を制御することでリフトハンド41のY方向の位置を調整する。

[0053] さらに、制御部100は、ハンドリング制御演算部110からの指令に応じて、吸着ハンド51による半導体基板Wの運搬動作を制御するハンド制御部112を有する。ハンド制御部112は、X軸吸着ハンドモータ552を制御することで吸着ハンド51のX方向の位置を調整し、ハンド制御部112は、Z軸吸着ハンドモータ582を制御することで吸着ハンド51のZ方向の位置を調整する。さらに、ハンド制御部112は、吸着ハンド51の環状吸着部材512の底面513に開口する吸着孔を吸引する吸引ポンプ591を制御する。つまり、ハンド制御部112は、吸引ポンプ591によって吸着孔へ負圧を供給することで吸着ハンド51によってリングフレームFrを吸着し、吸引ポンプ591による吸着孔への負圧の供給を停止することで吸着ハンド51からリングフレームFrを離す。

[0054] また、制御部100は、レーザ加工制御演算部120からの指令に応じて、チャックステージ3による基板固定動作やチャックステージ3の駆動を制御するステージ制御部121を有する。ステージ制御部121は、X軸テーブルモータ652、Y軸テーブルモータ632およびθ軸テーブルモータ66をそれぞれ制御することで、チャックステージ3のX方向、Y方向およびθ方向への位置を調整する。さらに、ステージ制御部121は、クランパ32を駆動するクランパ駆動部691を制御することで、クランパ駆動部691による吸着プレート31へのリングフレームFrの固定や、当該固定の解除を実行する。さらに、ステージ制御部121は、吸着プレート31の上面311に開口する吸着孔を吸引する吸引ポンプ692を制御する。つまり、ステージ制御部121は、吸引ポンプ692によって吸着孔へ負圧を供給することで吸着プレート31によってテープEを吸着し、吸引ポンプ692による吸着孔への負圧の供給を停止することで吸着プレート31によるテープEの吸着を解除する。

[0055] また、制御部100は、撮像部8Aを制御するカメラ制御部122Aと、撮像部8Bを制御するカメラ制御部122Bとを有する。これらハンド制御部112A、112Bは、それぞれの対象である撮像部8A、8Bの赤外線

カメラ81およびZ軸カメラモータ892に対して次の制御を実行する。つまり、カメラ制御部122A、122Bのそれぞれは、赤外線カメラ81に半導体基板Wを撮像させて半導体基板Wの画像を取得し、Z軸カメラモータ892によって赤外線カメラ81をZ方向に駆動することで赤外線カメラ81から半導体基板Wまでの距離をZ方向に調整する。

[0056] さらに、制御部100は、レーザ加工部7を制御する加工ヘッド制御部123を有する。加工ヘッド制御部123は、レーザ光源72を駆動して、レーザ光源72からレーザ光Bを射出させ、Z軸ヘッドモータ792によって加工ヘッド71をZ方向に駆動することで、加工ヘッド71から半導体基板Wまでの距離をZ方向に調整する。また、加工ヘッド71は、半導体基板Wからの高さ（Z方向への距離）を検出する高さ検出部74を有する。この高さ検出部74は、いわゆる距離センサである。さらに、加工ヘッド71の光学系73はフォーカス調整機構75を有する。フォーカス調整機構75は、光学系73の焦点をZ方向に変位させることで、レーザ光Bを集光する位置を調整する。特に、加工ヘッド制御部123は、高さ検出部74が検出した半導体基板Wから加工ヘッド71までの高さに基づきフォーカス調整機構75を制御することで、半導体基板Wの内部の所定位置にレーザ光Bを集光する。

[0057] なお、上述した制御部100の各機能は、CPU(Central Processing Unit)といったプロセッサやFPGA(Field Programmable Gate Array)等によって実現することができる。

[0058] さらに、制御部100は、HDD(Hard Disk Drive)あるいはSSD(Solid State Drive)といった記憶装置である記憶部190を有する。この記憶部190には、半導体基板Wのレーザ加工のためにレーザ加工装置1で実行される後述の動作を規定するレーザ加工プログラム191が保存されている。つまり、制御部100は、レーザ加工プログラム191を実行することで、図4～図22Cを用いて後述する各制御を実行する。なお、レーザ加工プログラム191は、レーザ加工装置1の外部の記録媒体192によって提供され

、制御部100（コンピュータ）は、記録媒体192に記録されたレーザ加工プログラム191を読み出して記憶部190に保存する。かかる記録媒体192としては、例えばUSB(Universal Serial Bus)メモリや、外部のコンピュータの記憶装置等が挙げられる。

[0059] 図4はレーザ加工が実行済みのレーザ加工基板を生産する方法の一例を示すフローチャートである。図4のフローチャートは、レーザ加工プログラム191に基づく制御部100の制御に従って実行される。ステップS101では、リフトハンド41がリングフレームFrを基板収容カセット21から基板受渡領域Awに取り出し、ステップS102では、基板受渡領域Awの吸着ハンド51がリフトハンド41からチャックステージ3にリングフレームFrを移載する。これによって、リングフレームFrに保持される半導体基板Wが、基板収容カセット21から基板受渡領域Awに取り出されてから、基板受渡領域Awからチャックステージ3に移載される。具体的には、ステップS101では、図5のリングフレームの取り出しが実行され、ステップS102では、図6のリングフレームの移載が実行される。

[0060] 図5はリングフレームの取り出しの一例を示すフローチャートであり、図6はリングフレームの移載の一例を示すフローチャートであり、図7A～図7Eは図5および図6のフローチャートに従って実行される動作の一例を模式的に示す平面図である。

[0061] 図5のステップS201では、制御部100は、リフトハンド41が空であるか、すなわちリフトハンド41にリングフレームFrが載置されていないかを確認する。リフトハンド41が空であるかの確認は、例えばリフトハンド41に実行させた動作の履歴等に基づき実行することができる。リフトハンド41が空でない場合（ステップS201で「NO」の場合）には、図5のフローチャートを終了する一方、リフトハンド41が空である場合（ステップS201で「YES」の場合）には、ステップS201に進む。

[0062] ステップS202では、制御部100は、リフトハンド41の少なくとも一部が基板収容カセット21内に位置するか、換言すれば基板収容カセット

21の開口23よりも基板收容カセット21の内側（すなわち、（+Y）側）に位置するかを確認する。リフトハンド41の一部が基板收容カセット21内に位置するかの確認は、例えばリフトハンド41をY方向に駆動するY軸リフトハンドモータ452のエンコーダの出力が示すリフトハンド41の位置に基づき実行することができる。リフトハンド41が基板收容カセット21から（-Y）側に退避している場合（ステップS202で「NO」の場合）には、ステップS203を実行せずにステップS204に進む一方、リフトハンド41の一部が基板收容カセット21内に位置する場合（ステップS202で「YES」の場合）には、ステップS203に進む。ステップS203では、制御部100は、Y軸リフトハンドモータ452によってリフトハンド41を（-Y）側に駆動することで、リフトハンド41を基板收容カセット21から（-Y）側に引き出して、基板收容カセット21の（-Y）側に退避させる。

[0063] ステップS204では、制御部100はZ軸カセットモータ272によって基板收容カセット21をZ方向に駆動することで、取り出し対象となるリングフレームFrを收容するスロット25を、基板挿入高さ211から所定高さだけ高い位置に位置決めする。この所定高さは、Z方向において隣接するスロット25の間隔より短い。これによって、取り出し対象となるリングフレームFrの底面が、リフトハンド41から所定高さだけ高い位置に調整される。

[0064] ステップS205では、図7Aに示すように、制御部100は、Y軸リフトハンドモータ452によってリフトハンド41を（+Y）側に駆動することで、リフトハンド41を基板收容カセット21の内側に挿入する。これによって、リフトハンド41は、取り出し対象となるリングフレームFrに下側から隙間を空けて対向する。

[0065] ステップS206では、制御部100は、Z軸カセットモータ272によって基板收容カセット21をZ方向に下降させる。これによって、取り出し対象となるリングフレームFrが、リフトハンド41の上に載置されるとと

もに、スロット25（すなわち、スロット25を規定する一对の支持突起24）に対して上昇する。

[0066] ステップS207では、制御部100は、Y軸リフトハンドモータ452によってリフトハンド41を（-Y）側に駆動することで、リフトハンド41を基板收容カセット21の外側に設けられた基板受渡領域Awまで引き出す。これによって、図7Bに示すように、リフトハンド41に載置されたリングフレームFrが基板受渡領域Awに位置する。

[0067] 図6のステップS301では、制御部100は、図7Cに示すように、X軸吸着ハンドモータ552によって吸着ハンド51のX方向の位置を調整することで、基板受渡領域Awでリフトハンド41に支持されるリングフレームFrに対して、吸着ハンド51を上側から対向させる。この際、制御部100は、Z軸吸着ハンドモータ582によって吸着ハンド51の高さを調整することで、リングフレームFrより高い位置に吸着ハンド51を調整する。したがって、吸着ハンド51は、リングフレームFrに対して間隔を空けて対向する。

[0068] ステップS302では、制御部100は、リングフレームFrに対向する吸着ハンド51をZ軸駆動伝達部581によって下降させて、吸着ハンド51の底面513をリングフレームFrの上面に当接させる。ステップS303では、制御部100は、吸着ハンド51の底面513に設けられた吸着孔に吸引ポンプ591によって負圧を発生させ、吸着ハンド51は、この負圧によってリングフレームFrを吸着する。こうして、吸着ハンド51によってリングフレームFrが保持される。ステップS304では、制御部100は、Z軸吸着ハンドモータ582によって吸着ハンド51を上昇させる。これによって、吸着ハンド51がリフトハンド41からリングフレームFrを持ち上げる。

[0069] ステップS305では、制御部100は、図7Dに示すように、X軸吸着ハンドモータ552によって吸着ハンド51を（+X）側に駆動することで、リングフレームFrの移載先であるチャックステージ3に対して、吸着ハ

ンド51を上側から対向させる。この際、制御部100は、Z軸吸着ハンドモータ582によって吸着ハンド51の高さを調整することで、吸着ハンド51に保持されるリングフレームFrをチャックステージ3より高い位置に調整する。したがって、吸着ハンド51に保持されるリングフレームFrは、チャックステージ3に対して間隔を空けて対向する。

[0070] ステップS306では、制御部100は、Z軸吸着ハンドモータ582によって吸着ハンド51を下降させることで、吸着ハンド51により保持されるリングフレームFr（およびテープE）をチャックステージ3の吸着プレート31に載置する。ステップS307では、制御部100は、吸引ポンプ591を停止させて、吸着ハンド51によるリングフレームFrの吸着を解除する。

[0071] ステップS308では、制御部100は、リングフレームFrの移載先がチャックステージ3であるか否かを確認する。例えば後述するステップS104のようにリングフレームFrの移載先がリフトハンド41である場合には、ステップS308で「NO」と判断されて、図6のフローチャートが終了する。ここでは、リングフレームFrの移載先はチャックステージ3であるため、ステップS308で「YES」と判断されて、ステップS309に進む。

[0072] ステップS309では、制御部100は、クランパ駆動部691によってクランパ32を駆動することで、チャックステージ3の吸着プレート31に載置されたリングフレームFrを、クランパ32と吸着プレート31との間に挟み込んで、リングフレームFrをクランプする。また、ステップS310では、制御部100は、吸着プレート31の上面311に設けられた吸着孔に吸引ポンプ692によって負圧を発生させ、吸着プレート31は、リングフレームFrに張り付けられたテープEをこの負圧によって吸着する。こうして、チャックステージ3によってリングフレームFrが保持される。ステップS311では、制御部100は、Z軸吸着ハンドモータ582によって吸着ハンド51を上昇させる。これによって、吸着ハンド51がチャック

ステージ3に保持されたリングフレームF_rから上方に退避する。こうして、図7Eに示すように、基板收容カセット21からチャックステージ3へのリングフレームF_rの移載が完了する(図4のステップS101、S102)。

[0073] 図4のステップS103では、チャックステージ3に保持される半導体基板Wをレーザ光Bによって加工する基板加工が実行されて、半導体基板Wに設けられた複数の分割予定ラインにレーザ光Bが照射される。この基板加工の詳細は後述する。

[0074] 基板加工が完了すると、ステップS104、S105が実行される。ステップS104では、吸着ハンド51がチャックステージ3から基板受渡領域A_wのリフトハンド41にリングフレームF_rを移載し、ステップS105では、リフトハンド41が基板受渡領域A_wから基板收容カセット21にリングフレームF_rを収納する。これによって、リングフレームF_rに保持される半導体基板Wが、チャックステージ3から基板受渡領域A_wに移載されてから、基板受渡領域A_wから基板收容カセット21に収納される。具体的には、ステップS104では、図6のリングフレームの移載が実行され、ステップS105では、図8のリングフレームの収納が実行されて、上述の図7A~図7Eと逆の動作が実行される。ここで、図8はリングフレームの収納の一例を示すフローチャートである。

[0075] ステップS104で実行される図6の動作は、ステップS102で実行される図6の上述の動作と同様であるので、ここでは、上述の動作との差を中心に説明し、共通する動作については適宜説明を省略する。図6のステップS301では、制御部100は、X軸吸着ハンドモータ552によって吸着ハンド51のX方向の位置を調整することで、チャックステージ3に載置されるリングフレームF_rに対して、吸着ハンド51を上側から対向させる。そして、制御部100は、吸着ハンド51をリングフレームF_rまで下降させて(ステップS302)、吸着ハンド51にリングフレームF_rを吸着させる(ステップS303)。続いて、制御部100は吸着ハンド51を上昇

させる（ステップS304）。これによって、吸着ハンド51がチャックステージ3からリングフレームFrを持ち上げる。

[0076] ステップS305では、制御部100は、X軸吸着ハンドモータ552によって吸着ハンド51を（-X）側に駆動する。この際、リフトハンド41は、基板受渡領域Awで待機している、これによって、リングフレームFrの移載先である基板受渡領域Awのリフトハンド41に対して、吸着ハンド51が上側から対向する。そして、制御部100は、Z軸吸着ハンドモータ582によって吸着ハンド51を下降させることで、吸着ハンド51により保持されるリングフレームFrをリフトハンド41に載置する（ステップS306）。そして、制御部100は、吸引ポンプ591を停止させて、吸着ハンド51によるリングフレームFrの吸着を解除する（ステップS307）。ステップS308では、制御部100は、リングフレームFrの移載先がチャックステージ3であるか否かを確認する。ここでは、リングフレームFrの移載先がリフトハンド41であってチャックステージ3ではないので、ステップS308で「NO」と判断されて、図6のフローチャートが終了する。

[0077] 図8のステップ401では、制御部100は、リングフレームFrがリフトハンド41に載置されたかを確認する。リフトハンド41へのリングフレームFrの載置の確認は、例えばリングフレームFrの載置を実行する吸着ハンド51の動作履歴に基づき実行できる。リフトハンド41へのリングフレームFrの載置が確認されると（ステップS401で「YES」）、制御部100は、上述のステップS202と同様にして、リフトハンド41の少なくとも一部が基板収容カセット21内に位置するかを確認する（ステップS402）。リフトハンド41が基板収容カセット21から（-Y）側に退避している場合（ステップS402で「NO」の場合）には、ステップS403を実行せずにステップS404に進む一方、リフトハンド41の一部が基板収容カセット21内に位置する場合（ステップS402で「YES」の場合）には、ステップS403に進む。ステップS403では、制御部100

0は、Y軸リフトハンドモータ452によってリフトハンド41を(-Y)側に駆動することで、リフトハンド41を基板收容カセット21から(-Y)側に引き出して、基板收容カセット21の(-Y)側に退避させる。

[0078] ステップS404では、制御部100はZ軸カセットモータ272によって基板收容カセット21をZ方向に駆動することで、リングフレームFrの収納対象となるスロット25(換言すれば、スロット25を規定する一对の支持突起24)を、基板挿入高さ211から所定高さだけ低い位置に位置決めする。これによって、収納対象となるスロット25が、リフトハンド41に支持されるリングフレームFrの底面より所定高さだけ低い位置に調整される。

[0079] ステップS405では、制御部100は、Y軸リフトハンドモータ452によってリフトハンド41を(+Y)側に駆動することで、リフトハンド41を基板收容カセット21の内側に挿入する。これによって、収納対象となるスロット25を規定する一对の支持突起24は、リフトハンド41に支持されるリングフレームFrに下側から隙間を空けて対向する。

[0080] ステップS406では、制御部100は、Z軸カセットモータ272によって基板收容カセット21をZ方向に上昇させる。これによって、リングフレームFrが収納対象となるスロット25を規定する一对の支持突起24の上に載置されるとともに、リフトハンド41に対して上昇する。ステップS407では、制御部100は、Y軸リフトハンドモータ452によってリフトハンド41を(-Y)側に駆動することで、リフトハンド41を基板收容カセット21の外側に引き出す。

[0081] なお、基板收容カセット21に対するリングフレームFrの取り出しあるいは収納を実行する際には、リフトハンド41に対してリングフレームFrを位置合わせするリングフレームアライメントを適宜実行できる。図9はリングフレームアライメントの一例を示すフローチャートであり、図10はリングフレームアライメントで実行される動作の一例を模式的に示す平面図である。なお、図9のフローチャートは、制御部100の制御によって実行さ

れる。

[0082] 図10では、吸着ハンド51を透かして吸着ハンド51の下側の部材（アライメント突起413等）を示している。つまり、この例では、リフトハンド41は、ベース部411から上方に突出する複数のアライメント突起413を有する。これら複数のアライメント突起413は、リングフレームF_rの複数のスリットF_sに対応する。そして、アライメント突起413とスリットF_sとを用いて、リングフレームアライメントが実行される。

[0083] このリングフレームアライメントでは、リフトハンド41上のリングフレームF_rを吸着ハンド51が吸着する（ステップS501）。そして、リングフレームF_rを保持する吸着ハンド51が上昇して、リングフレームF_rをリフトハンド41から上側に離間させる（ステップS502）。この際、Z方向においてアライメント突起413の下端と上端との間の高さにリングフレームF_rが位置するように、リングフレームF_rがリフトハンド41から離間する高さは調整されている。

[0084] ステップS503では、Z軸スライダ56に内蔵されているXYθフローティング機構561がオンにされる。このXYθフローティング機構561は、吸着ハンド51をフローティング支持するフローティング状態と、吸着ハンド51を固定支持するロック状態とを選択的にとる。ここで、フローティング支持とは、吸着ハンド51がXYθフローティング機構561に対してX方向、Y方向およびθ方向に移動可能な状態で吸着ハンド51を支持すること意味し、固定支持とは、吸着ハンド51がXYθフローティング機構561に対して固定された状態で吸着ハンド51を支持することを意味する。ステップS503でXYθフローティング機構561がオンとなると、XYθフローティング機構561は吸着ハンド51をフローティング支持し、吸着ハンド51はXYθフローティング機構561に対してX方向、Y方向およびθ方向に移動可能となる。

[0085] ステップS504では、リフトハンド41がY方向に移動して、吸着ハンド51に保持されるリングフレームF_rの周縁にリフトハンド41のアライ

メント突起413を当接させる。この際、アライメント突起413がリングフレームFrの周縁に追従するように吸着ハンド51がXYθフローティング機構561に対して移動する。その結果、図10のステップS504の欄に示すように、リフトハンド41の各アライメント突起413がリングフレームFrの各スリットFsに係合して、リフトハンド41に対してリングフレームFrが位置決めされる。

[0086] ステップS505では、XYθフローティング機構561がロックされる。これによって、吸着ハンド51がXYθフローティング機構561に固定支持される。そして、ステップS506では、吸着ハンド51によるリングフレームFrの吸着が解除されて、リングフレームFrがリフトハンド41上に載置される。ステップS507では、XYθフローティング機構561がオフにされて、吸着ハンド51はZ軸スライダ56に固定された状態で、Z軸スライダ56により支持される。こうして、リフトハンド41に対してリングフレームFrを位置決めすることができる（リングフレームアライメント）。

[0087] 続いては、基板加工の詳細について説明する。図11は基板加工の一例を示すフローチャートであり、図12は図11のフローチャートに従って実行される動作の一例を模式的に示す平面図である。図11のフローチャートは、制御部100の制御によって実行される。

[0088] 図11の基板加工のステップS601では、加工対象である半導体基板Wの上面（裏面）が有する平面を求めるキャリブレーションが実行される。図13Aはキャリブレーションの一例を示すフローチャートであり、図13Bは図13Aのキャリブレーションで実行されるステージ平面特定の一例を示すフローチャートであり、図13Cは図13Aのキャリブレーションで実行される基板平面特定の一例を示すフローチャートである。なお、図13Aのキャリブレーションでは、吸着プレート31あるいは半導体基板Wの撮像が適宜行われる。ここの説明では、撮像部8Bによって撮像が実行されるものとする。ただし、撮像部8Aによって撮像を行っても、以下の動作を同様に

実行できる。

[0089] 図13AのキャリブレーションのステップS701では、ステージ平面特定(図13B)が実行される。図13Bに示すように、ステージ平面特定では、チャックステージ3の吸着プレート31の上面311に設けられた複数(3個)の撮像点 $P_s(1)$ を識別するためのカウント値 l がゼロにリセットされて(ステップS801)、カウント値 l が1だけインクリメントされる(ステップS802)。撮像点 $P_s(1)$ は、例えば所定パターンを有するマークである。

[0090] ステップS803では、制御部100は、XY θ 駆動テーブル6によってチャックステージ3の位置を調整することで、撮像点 $P_s(1)$ を赤外線カメラ81に対して下側から対向させる。これによって、撮像点 $P_s(1)$ が赤外線カメラ81の視野に収まる。ステップS803では、赤外線カメラ81は、この撮像点 $P_s(1)$ を撮像して、撮像点 $P_s(1)$ を示す画像を取得する。ステップS804では、制御部100は、撮像点 $P_s(1)$ が有する所定パターンが当該画像から検知できるかを、パターンマッチング等の画像処理によって確認する。

[0091] 赤外線カメラ81のピントが撮像点 $P_s(1)$ からずれており、画像から所定パターンを検知できない場合(ステップS804で「NO」の場合)には、制御部100は、Z軸カメラモータ892によって赤外線カメラ81をZ方向に駆動することで、撮像点 $P_s(1)$ に対する赤外線カメラ81のZ方向への距離を変更する(ステップS805)。これによって、赤外線カメラ81のピントがZ方向に変更される。赤外線カメラ81のピントが撮像点 $P_s(1)$ に合って、所定パターンが検知されるまで(ステップS804で「YES」)、ステップS803~S805が繰り返される。

[0092] ステップS806では、制御部100は、撮像点 $P_s(1)$ を撮像することで取得した画像から検知された所定パターンに基づき、撮像点 $P_s(1)$ の位置(X、Y、Z)を算出する。撮像点 $P_s(1)$ のX座標およびY座標は、画像に含まれる所定パターンの位置に基づき算出される。撮像点 $P_s(1)$

1) のZ座標は、所定パターンが検知できた画像を撮像した際の赤外線カメラ81のZ方向への位置に基づき算出される。

[0093] ステップS807では、カウント値1が2に到達したか、すなわち2個の撮像点 $P_s(1)$ 、 $P_s(2)$ の位置(X、Y、Z)を取得したかが確認される。カウント値1が2未満である場合(ステップS807で「NO」の場合)には、ステップS802に戻って、ステップS802~S806が実行される。カウント値1が2である場合(ステップS807で「YES」の場合)には、ステップS808に進む。

[0094] ステップS808では、2点の撮像点 $P_s(1)$ 、 $P_s(2)$ を通る直線が水平となるように、 θ 方向にチャックステージ3を回転させるための回転角 θ_a が算出される。そして、現在の吸着プレート31の回転角(実回転角と回転角 θ_a)との差がゼロでない場合(ステップS809で「NO」の場合)には、チャックステージ3が回転角 θ_a だけ回転されて(ステップS810)、ステップS801に戻る。こうして、ステップS801~S809が実行される。

[0095] 現在の吸着プレート31の回転角(実回転角と回転角 θ_a)との差がゼロである場合(ステップS809で「YES」の場合)には、ステップS811に進む。ステップS811では、制御部100は、ステップS803と同じ要領で、赤外線カメラ81によって撮像点 $P_s(3)$ を撮像して、撮像点 $P_s(3)$ を示す画像を取得する。そして、ステップS812では、制御部100は、撮像点 $P_s(3)$ が有する所定パターンが当該画像から検知できるかを、パターンマッチング等の画像処理によって確認する。

[0096] 画像から所定パターンを検知できない場合(ステップS812で「NO」の場合)には、制御部100は、Z軸カメラモータ892によって赤外線カメラ81をZ方向に駆動することで、撮像点 $P_s(3)$ に対する赤外線カメラ81のZ方向への距離を変更する(ステップS813)。そして、所定パターンが検知されるまで(ステップS812で「YES」)、ステップS811~S813が繰り返される。

[0097] ステップS812で所定パターンを検知できると(YES)、制御部100は、撮像点Ps(3)を撮像することで取得した画像から検知された所定パターンに基づき、撮像点Ps(3)の位置(X、Y、Z)を算出する(ステップS814)。これによって、3個の撮像点Ps(1)、Ps(2)、Ps(3)それぞれの位置(X、Y、Z)が取得される。ステップS815では、これら3個の位置(X、Y、Z)を通る平面が、チャックステージ3の平面、具体的には、吸着プレート31の上面311を表す平面として特定される。

[0098] 図13AのキャリブレーションのステップS702では、基板平面特定(図13C)が実行される。図13Cに示すように、基板平面特定では、半導体基板Wが有する複数(3個)の撮像点Pw(1)を識別するためのカウント値Iがゼロにリセットされて(ステップS901)、カウント値Iが1だけインクリメントされる(ステップS902)。撮像点Pw(1)は、例えば所定パターンを有する領域である。

[0099] 具体的には、図12に示すように、半導体基板Wは互いに直交する分割予定ラインS(Sa、Sb)によって格子状に区分けされている。つまり、半導体基板Wには、互いに平行な複数の分割予定ラインSaと、互いに平行な複数の分割予定ラインSbとが設けられており、分割予定ラインSaと分割予定ラインSbとは互いに直交する。こうして、分割予定ラインSa、Sbを挟んで複数の半導体チップCが格子状に配列されている。これに対して、分割予定ラインSaと分割予定ラインSbとの交差点(換言すれば、四隅に配置された半導体チップCで囲まれた点)を含む領域が撮像点Pw(1)に設定される。なお、上述の通り、半導体基板Wの裏面が上側を向いているため、赤外線カメラ81は半導体基板Wの表面に形成された分割予定ラインSa、Sbや半導体チップCを、半導体基板Wの裏面を介して、赤外線によって撮像する。

[0100] ステップS903では、制御部100は、XYθ駆動テーブル6によってチャックステージ3の位置を調整することで、撮像点Pw(1)を赤外線カ

メラ81に対して下側から対向させる。これによって、撮像点 $P_w(1)$ が赤外線カメラ81の視野に収まる。ステップS903では、赤外線カメラ81は、この撮像点 $P_w(1)$ を撮像して、撮像点 $P_w(1)$ を示す画像を取得する。ステップS904では、制御部100は、撮像点 $P_w(1)$ が有する所定パターン（例えば、分割予定ライン S_a と分割予定ライン S_b とが交差するパターン）が当該画像から検知できるかを、パターンマッチング等の画像処理によって確認する。

[0101] 赤外線カメラ81のピントが撮像点 $P_w(1)$ からずれており、画像から所定パターンを検知できない場合（ステップS904で「NO」の場合）には、制御部100は、Z軸カメラモータ892によって赤外線カメラ81をZ方向に駆動することで、撮像点 $P_w(1)$ に対する赤外線カメラ81のZ方向への距離を変更する（ステップS905）。これによって、赤外線カメラ81のピントがZ方向に変更される。赤外線カメラ81のピントが撮像点 $P_w(1)$ に合っ、所定パターンが検知されるまで（ステップS904で「YES」）、ステップS903～S905が繰り返される。

[0102] なお、先に実行されたステージ平面特定（図13B）によって、吸着プレート31の上面311を表す平面（ステージ平面）は特定されている。したがって、吸着プレート31に載置される半導体基板Wが有する撮像点 $P_w(1)$ が存在する高さの範囲は、このステージ平面に基づき推測できる。したがって、ステップS805では、ステージ平面から推測される撮像点 $P_w(1)$ の存在範囲に赤外線カメラ81のピントが収まるように、赤外線カメラ81の高さが変更される。

[0103] ステップS906では、制御部100は、撮像点 $P_w(1)$ を撮像することで取得した画像から検知された所定パターンに基づき、撮像点 $P_w(1)$ の位置（X、Y、Z）を算出する。撮像点 $P_w(1)$ のX座標およびY座標は、画像に含まれる所定パターンの位置に基づき算出される。撮像点 $P_w(1)$ のZ座標は、所定パターンが検知できた画像を撮像した際の赤外線カメラ81のZ方向への位置に基づき算出される。

- [0104] ステップS907では、カウント値1が2に到達したか、すなわち2個の撮像点Pw(1)、Pw(2)の位置(X、Y、Z)を取得したかが確認される。カウント値1が2未満である場合(ステップS907で「NO」の場合)には、ステップS902に戻って、ステップS902~S906が実行される。カウント値1が2である場合(ステップS907で「YES」の場合)には、ステップS908に進む。
- [0105] ステップS908では、分割予定ラインSaがX方向(加工方向)に平行となるように、 θ 方向にチャックステージ3を回転させるための回転角 θ_b が、2点の撮像点Pw(1)、Pw(2)に基づき算出される。そして、現在の吸着プレート31の回転角(実回転角と回転角 θ_b)との差がゼロでない場合(ステップS909で「NO」の場合)には、チャックステージ3が回転角 θ_b だけ回転されて(ステップS910)、ステップS901に戻る。こうして、ステップS901~S909が実行される。
- [0106] 現在の吸着プレート31の回転角(実回転角と回転角 θ_b)との差がゼロである場合(ステップS909で「YES」の場合)には、ステップS911に進む。ステップS911では、制御部100は、ステップS903と同じ要領で、赤外線カメラ81によって撮像点Pw(3)を撮像して、撮像点Pw(3)を示す画像を取得する。そして、ステップS912では、制御部100は、撮像点Pw(3)が有する所定パターンが当該画像から検知できるかを、パターンマッチング等の画像処理によって確認する。
- [0107] 画像から所定パターンを検知できない場合(ステップS912で「NO」の場合)には、制御部100は、Z軸カメラモータ892によって赤外線カメラ81をZ方向に駆動することで、撮像点Pw(3)に対する赤外線カメラ81のZ方向への距離を変更する(ステップS913)。そして、所定パターンが検知されるまで(ステップS912で「YES」)、ステップS911~S913が繰り返される。この際、赤外線カメラ81の高さを変更する範囲は、上述と同様に、ステージ平面に基づき設定される。
- [0108] ステップS912で所定パターンを検知できると(YES)、制御部100

0は、撮像点Pw(3)を撮像することで取得した画像から検知された所定パターンに基づき、撮像点Pw(3)の位置(X、Y、Z)を算出する(ステップS914)。これによって、3個の撮像点Pw(1)、Pw(2)、Pw(3)それぞれの位置(X、Y、Z)が取得される。ステップS915では、これら3個の位置(X、Y、Z)を通る平面が、半導体基板Wを表す平面として特定される。

[0109] 図11に戻って説明を続ける。上記のキャリブレーションの実行により、分割予定ラインSaがX方向に平行となるように半導体基板Wが位置決めされて、半導体基板Wを表す平面が特定されると(ステップS601)、各分割予定ラインSaへのライン加工処理(ステップS602)が実行される。つまり、対象の分割予定ラインSaに沿ってレーザ照射位置LbをX方向に移動させつつレーザ照射位置Lbにレーザ光Bを照射するライン加工処理を、複数の分割予定ラインSaのうちで対象の分割予定ラインSaを変更しつつ実行することで、複数の分割予定ラインSaのそれぞれにレーザ光Bによる加工が実行される。特に図12のステップS602の欄に示すように、X方向の(+X)側にレーザ照射位置Lbを移動させるライン加工処理と、X方向の(-X)側にレーザ照射位置Lbを移動させるライン加工処理とが交互に実行される。

[0110] この際、分割予定ラインSaに対するレーザ光Bの(+X)側への移動は、半導体基板Wを保持するチャックステージ3をX軸駆動部65によって(-X)側に駆動することで実行され、分割予定ラインSaに対するレーザ光Bの(-X)側への移動は、半導体基板Wを保持するチャックステージ3をX軸駆動部65によって(+X)側に駆動することで実行される。また、ライン加工処理の対象の分割予定ラインSaの変更は、半導体基板Wを保持するチャックステージ3をY軸駆動部63によってY方向に駆動することで実行される。また、ステップS601のキャリブレーションで特定された半導体基板Wを表す平面に基づき、Z軸カメラモータ892によって赤外線カメラ81のZ方向の位置を調整する制御が制御部100によって実行される。

これによって、レーザ光Bの集光位置が半導体基板Wの内部に調整されて、分割予定ラインS aに沿って半導体基板Wの内部に改質層が形成される。

[0111] こうして、複数の分割予定ラインS aのそれぞれへのライン加工処理が完了すると（ステップS 6 0 2）、半導体基板Wを保持するチャックステージ3が θ 軸テーブルモータ6 6によって θ 方向に9 0度だけ回転される。これによって、レーザ加工が実行された複数の分割予定ラインS aがX方向に平行に位置決めされた状態（図1 2の「S 6 0 2__e」の欄）から、複数の分割予定ラインS bがX方向に平行に位置決めされた状態（図1 2の「S 6 0 3」の欄）へと切り換わる。

[0112] ステップS 6 0 4では、上記のステップS 6 0 1と同様にして、キャリブレーションが実行される。また、ステップS 6 0 5では、上記のステップS 6 0 2と同様にして、複数の分割予定ラインS bのそれぞれに対してライン加工処理が実行される。

[0113] 図1 4は各分割予定ラインへのライン加工処理の基本工程を示すフローチャートであり、図1 5 Aは図1 4のフローチャートに従って実行される動作の第1例を模式的に示す図である。図1 5 Aでは、半導体基板Wに対して相対的に移動するレーザ照射位置L bの軌跡が点線で示されるとともに、分割予定ラインS 1、S 2、S 3に沿って分割予定ラインS 1、S 2、S 3の両外側の間でX方向に平行に延設された仮想直線S v 1、S v 2、S v 3が一点鎖線で示される。なお、レーザ照射位置L bの軌跡と仮想直線S v 1、S v 2、S v 3とが重複する部分では、レーザ照射位置L bの軌跡を示す点線が優先して示される。

[0114] 図1 5 Aに示す例では、X方向において半導体基板Wの（-X）側の位置P b 1にレーザ照射位置L bが停止している状態から、図1 4のフローチャートが開始される。この位置P b 1は、分割予定ラインS 1に沿った仮想直線S v 1上に設けられ、換言すれば、X方向から分割予定ラインS 1に対向する位置である。ただし、図1 4のフローチャートを開始する際のレーザ照射位置L bの位置は、この例に限られず、適宜変更できる。

- [0115] ステップS1001では、位置Pb1に停止するレーザ照射位置Lbが、X方向の(+X)側に向けて加速を開始して、X方向に平行に移動する。これによって、レーザ照射位置Lbが仮想直線Sv1に沿って(+X)側に移動する。そして、レーザ照射位置Lbが(-X)側の半導体基板Wの端に到達するまでに、レーザ照射位置Lbの速度Vxが加工速度Vxdまで増加すると、レーザ照射位置Lbは加工速度VxdでX方向の(+X)側へ等速移動する(ステップS1002)。
- [0116] さらに、レーザ照射位置Lbが(-X)側の半導体基板Wの端に到達するタイミングに合わせて、レーザ光源72が点灯して、加工ヘッド71からレーザ照射位置Lbへのレーザ光Bの照射が開始される(ステップS1003)。また、レーザ照射位置Lbが(+X)側の半導体基板Wの端に到達するタイミングに合わせて、レーザ光源72が消灯して、加工ヘッド71からレーザ照射位置Lbへのレーザ光Bの照射が終了する(ステップS1004)。こうして、ステップS1003~S1004までの期間では、レーザ照射位置Lbが分割予定ラインS1に沿って(+X)側に移動しつつ、レーザ照射位置Lbにレーザ光Bが照射されて、分割予定ラインS1に対してレーザ加工が実行される(ライン加工処理)。
- [0117] レーザ照射位置Lbが分割予定ラインS1を(+X)側に通過すると、レーザ照射位置LbがX方向の(+X)側に向けて減速を開始し(ステップS1005)、X方向において半導体基板Wの(+X)側の位置Pb2にレーザ照射位置Lbが停止する(ステップS1006)。この位置Pb2は、Y方向において仮想直線Sv1に隣接する仮想直線Sv2上に設けられ、換言すれば、X方向から分割予定ラインS2に対向する位置である。つまり、ステップS1005~S1006では、レーザ照射位置LbはX方向への減速と並行して、仮想直線Sv1から仮想直線Sv2までY方向へ移動する。
- [0118] ところで、撮像部8A、8Bの撮像範囲Ri(図1)と加工ヘッド71のレーザ照射位置Lbとの位置関係は固定されている。そのため、ステップS1001~S1006において、レーザ照射位置Lbが半導体基板Wに対し

て相対的に移動するのに伴って、撮像範囲 R_i も半導体基板 W に対して相対的に移動する。そして、レーザ照射位置 L_b が位置 P_{b2} に停止した状態では、撮像部 $8B$ の撮像範囲 R_i が撮像点 $P_w(S_2)$ を少なくとも含む位置で停止する。この撮像点 $P_w(S_2)$ は、半導体基板 W において分割予定ライン S_2 とこれに直交する分割予定ライン S とが交差する交差点である。そこで、ステップ $S1006$ では、制御部 100 は、撮像部 $8B$ に撮像範囲 R_i を撮像させて、撮像点 $P_w(S_2)$ を含む画像を取得する。これによって、制御部 100 は、未加工の分割予定ライン S_2 の位置を示す画像を取得できる。

[0119] ステップ $S1007$ では、 X 方向に平行な複数の分割予定ライン S に対してレーザ加工を完了したか否かが確認される。これらの分割予定ライン S のうち、未加工の分割予定ライン S がある場合（ステップ $S1007$ で「NO」の場合）には、ステップ $S1001$ に戻る。

[0120] 図 $15A$ の例では、ステップ $S1001$ において、位置 P_{b2} に停止するレーザ照射位置 L_b が、 X 方向の $(-X)$ 側に向けて加速を開始して、 X 方向に平行に移動する。これによって、レーザ照射位置 L_b が仮想直線 S_{v2} に沿って $(-X)$ 側に移動する。そして、レーザ照射位置 L_b が $(+X)$ 側の半導体基板 W の端に到達するまでに、レーザ照射位置 L_b の速度 V_x が加工速度 V_{xd} まで増加すると、レーザ照射位置 L_b は加工速度 V_{xd} で X 方向の $(-X)$ 側へ等速移動する（ステップ $S1002$ ）。

[0121] ここで、 X 方向において、分割予定ライン S_1 を $(+X)$ 側に通過したレーザ照射位置 L_b が減速を開始する位置（換言すれば、 $(+X)$ 側への等速移動を終了する X 座標）と、分割予定ライン S に向かって $(-X)$ 側に加速するレーザ照射位置 L_b が加速を終了する位置（換言すれば、 $(-X)$ 側への等速移動を開始する X 座標）とは、一致する。つまり、 n 番目にライン加工処理が実行される分割予定ライン S_n を通過したレーザ照射位置 L_b が等速移動を終了するとともに減速を開始する X 座標と、 $n+1$ 番目にライン加工処理が実行される分割予定ライン S_{n+1} に向かうレーザ照射位置 L_b が

加速を終了して等速移動を開始するX方向とは一致する。

[0122] さらに、レーザ照射位置L bが(+X)側の半導体基板Wの端に到達するタイミングに合わせて、レーザ光源72が点灯して、加工ヘッド71からレーザ照射位置L bへのレーザ光Bの照射が開始される(ステップS1003)。また、レーザ照射位置L bが(-X)側の半導体基板Wの端に到達するタイミングに合わせて、レーザ光源72が消灯して、加工ヘッド71からレーザ照射位置L bへのレーザ光Bの照射が終了する(ステップS1004)。こうして、ステップS1003~S1004までの期間では、レーザ照射位置L bが分割予定ラインS2に沿って(-X)側に移動しつつ、レーザ照射位置L bにレーザ光Bが照射されて、分割予定ラインS2に対してレーザ加工が実行される(ライン加工処理)。

[0123] レーザ照射位置L bが分割予定ラインS2を(-X)側に通過すると、レーザ照射位置L bがX方向の(-X)側に向けて減速を開始し(ステップS1005)、X方向において半導体基板Wの(-X)側の位置P b3にレーザ照射位置L bが停止する(ステップS1006)。この位置P b3は、Y方向において仮想直線S v2に隣接する仮想直線S v3上に設けられ、換言すれば、X方向から分割予定ラインS3に対向する位置である。つまり、ステップS1005~S1006では、レーザ照射位置L bはX方向への減速と並行して、仮想直線S v2から仮想直線S v3までY方向へ移動する。

[0124] また、レーザ照射位置L bが位置P b3に停止した状態では、撮像部8Aの撮像範囲R iが撮像点P w(S3)を少なくとも含む位置で停止する。この撮像点P w(S3)は、半導体基板Wにおいて分割予定ラインS3とこれに直交する分割予定ラインSとが交差する交差点である。そこで、ステップS1006では、制御部100は、撮像部8Aに撮像範囲R iを撮像させて、撮像点P w(S3)を含む画像を取得する。これによって、制御部100は、未加工の分割予定ラインS3の位置を示す画像を取得できる。

[0125] そして、X方向に平行な複数の分割予定ラインS(S1、S2、S3、...)に対してレーザ加工を完了したと確認されるまで(ステップS1007で

「YES」)、ステップS1001~S1007が繰り返される。

[0126] 続いては、図15Aの「X方向への速度変化」および「Y方向への速度変化」を参照しつつ、レーザ照射位置Lbの速度変化について説明する。ここで、速度 V_x は、半導体基板Wに対してレーザ照射位置LbがX方向に移動する速度を示し、速度 V_y は、半導体基板Wに対してレーザ照射位置LbがY方向に移動する速度を示す。また、加工速度 V_{xd} は、レーザ照射位置Lbが分割予定ラインSに沿ってX方向に等速移動する速度（すなわち、速度 V_x ）を示し、(+X)側への移動あるいは(-X)側への移動によらずに絶対値で表される。

[0127] 分割予定ラインS1に沿ってレーザ光Bを(+X)側に移動させるライン加工処理を実行するライン加工期間 T_{s1} （ステップS1002~S1004）では、レーザ照射位置Lbは、一定の加工速度 V_{xd} でX方向に移動しつつ、Y方向には移動しない。また、分割予定ラインS2に沿ってレーザ光Bを(-X)側に移動させるライン加工処理を実行するライン加工期間 T_{s2} （ステップS1002~S1004）では、レーザ照射位置Lbは、一定の加工速度 V_{xd} でX方向に移動しつつ、Y方向には移動しない。

[0128] また、ライン加工期間 T_{s1} からライン加工期間 T_{s2} に切り換わる切換期間 T_c （ステップS1005、S1006、S1001）では、次の動作が実行される。つまり、X軸駆動部65（加工軸駆動部）は、X方向（加工方向）において、分割予定ラインS1（第1の加工ライン）を(+X)側（第1の側）に通過したレーザ照射位置Lbを(+X)側に向けて減速させて停止させてから（ステップS1005）、(-X)側に向けて加速することで（ステップS1001）、レーザ照射位置Lbを分割予定ラインS2（第2の加工ライン）へ到達させる反転駆動を実行する。この反転駆動と並行して、Y軸駆動部63（送り軸駆動部）は、分割予定ラインS1に沿って分割予定ラインS1の外側までX方向に延設された仮想直線 S_{v1} （第1の仮想直線）から、分割予定ラインS2（第2の加工ライン）に沿って分割予定ラインS2の外側までX方向に延設された仮想直線 S_{v2} （第2の仮想直線）

まで、レーザ照射位置 L_b を Y 方向（送り方向）へ移動させる。

[0129] 特に、切換期間 T_c は、X 方向にレーザ照射位置 L_b を減速させる減速期間 T_d （ステップ S1005）と、X 方向にレーザ照射位置 L_b を加速させる加速期間 T_a （ステップ S1001）とを含み、レーザ照射位置 L_b の Y 方向への移動は、減速期間 T_d および加速期間 T_a のうち、減速期間 T_d の間に実行される。具体的には、減速期間 T_d が開始した後にレーザ照射位置 L_b の Y 方向への移動が開始し、減速期間 T_d が終了する前にレーザ照射位置 L_b の Y 方向への移動が終了する。さらに言えば、加速期間 T_a においてレーザ照射位置 L_b は Y 方向に移動しない。

[0130] ここで、減速期間 T_d の開始時点は、X 方向へのレーザ照射位置 L_b の減速（換言すれば、速度 V_x の絶対値の加工速度 V_{xd} からの減少）が開始した時点を示し、減速期間 T_d の終了時点は、X 方向へのレーザ照射位置 L_b の速度（換言すれば、速度 V_x ）がゼロになった時点を示す。加速期間 T_a の開始時点は、X 方向へのレーザ照射位置 L_b の加速（換言すれば、速度 V_x の絶対値のゼロからの増加）が開始した時点を示し、加速期間 T_a の終了時点は、X 方向へのレーザ照射位置 L_b の加速が終了した時点（換言すれば、速度 V_x の絶対値が加工速度 V_{xd} になった時点）を示す。

[0131] また、加速期間 T_a から減速期間 T_d へ移行する途中に設けられた停止期間 T_t では、レーザ照射位置 L_b の X 方向への速度 V_x および Y 方向への速度 V_y の両方がゼロとなり、レーザ照射位置 L_b は位置 P_{b2} において半導体基板 W に対して停止している。この停止期間 T_t では、撮像部 8A、8B の撮像範囲 R_i も半導体基板 W に対して停止しており、特に撮像部 8B の撮像範囲 R_i は、半導体基板 W の (+X) 側に位置するレーザ照射位置 L_b の (-X) 側に位置して、半導体基板 W に重複する。そこで、停止期間 T_t においては、撮像部 8B の赤外線カメラ 81 が半導体基板 W のうち撮像範囲 R_i に重複する部分を撮像する（ステップ S1006）。

[0132] 図 15B は図 14 のフローチャートに従って実行される動作の第 2 例を模式的に示す図である。図 15B での表記は図 15A のそれと同様である。図

15Bにおいても、図15Aと同様に図14のフローチャートに従って、分割予定ラインS1、S2、S3に対してレーザ加工処理が順番に実行される。ただし、レーザ加工処理の対象となる分割予定ラインSを変更する切換期間Tcでの動作が図15Bと図15Aとで異なる。そこで、図15Aとの差を中心に説明し、共通する動作については相当符号を付して適宜説明を省略する。

[0133] 分割予定ラインS1へのレーザ加工の終了に伴って、レーザ照射位置Lbが分割予定ラインS1を(+X)側に通過すると、レーザ照射位置LbがX方向の(+X)側に向けて減速を開始し(ステップS1005)、X方向において半導体基板Wの(+X)側の位置Pb2にレーザ照射位置Lbが停止する(ステップS1006)。この位置Pb2は、仮想直線Sv1上に設けられる。また、レーザ照射位置Lbが位置Pb2に停止した状態では、撮像部8Bの撮像範囲Riが撮像点Pw(S2)を少なくとも含む位置で停止する。そこで、ステップS1006では、制御部100は、撮像部8Bに撮像範囲Riを撮像させて、撮像点Pw(S2)を含む画像を取得する。これによって、制御部100は、未加工の分割予定ラインS2の位置を示す画像を取得できる。

[0134] 続いて、位置Pb2に停止するレーザ照射位置Lbが、X方向の(-X)側に向けて加速を開始する(ステップS1001)。そして、レーザ照射位置Lbが(+X)側の半導体基板Wの端に到達するまでに、レーザ照射位置Lbの速度Vxが加工速度Vxdまで増加すると、レーザ照射位置Lbは加工速度VxdでX方向の(-X)側へ等速移動する(ステップS1002)。また、レーザ照射位置Lbが加速を開始してから加工速度Vxdでの等速移動を開始するまでの期間において、レーザ照射位置Lbは、仮想直線Sv1から仮想直線Sv2へY方向に移動する。つまり、ステップS1001~S1002では、レーザ照射位置LbはX方向への加速と並行して、仮想直線Sv1から仮想直線Sv2までY方向へ移動する。これによって、レーザ照射位置Lbが分割予定ラインS2に到達して、分割予定ラインS2へのラ

イン加工を開始することができる。

[0135] 分割予定ラインS2へのレーザ加工の終了に伴って、レーザ照射位置Lbが分割予定ラインS2を(-X)側に通過すると、レーザ照射位置LbがX方向の(-X)側に向けて減速を開始し(ステップS1005)、X方向において半導体基板Wの(-X)側の位置Pb3にレーザ照射位置Lbが停止する(ステップS1006)。この位置Pb3は、仮想直線Sv2上に設けられる。また、レーザ照射位置Lbが位置Pb3に停止した状態では、撮像部8Aの撮像範囲Riが撮像点Pw(S3)を少なくとも含む位置で停止する。そこで、ステップS1006では、制御部100は、撮像部8Aに撮像範囲Riを撮像させて、撮像点Pw(S3)を含む画像を取得する。これによって、制御部100は、未加工の分割予定ラインS3の位置を示す画像を取得できる。

[0136] 続いては、図15Bの「X方向への速度変化」および「Y方向への速度変化」を参照しつつ、レーザ照射位置Lbの速度変化について説明する。分割予定ラインS1に沿ってレーザ光Bを(+X)側に移動させるライン加工処理を実行するライン加工期間Ts1(ステップS1002~S1004)では、レーザ照射位置Lbは、一定の加工速度VxdでX方向に移動しつつ、Y方向には移動しない。また、分割予定ラインS2に沿ってレーザ光Bを(-X)側に移動させるライン加工処理を実行するライン加工期間Ts2(ステップS1002~S1004)では、レーザ照射位置Lbは、一定の加工速度VxdでX方向に移動しつつ、Y方向には移動しない。

[0137] また、ライン加工期間Ts1からライン加工期間Ts2に切り換わる切換期間Tc(ステップS1005、S1006、S1001)では、上述と同様にX方向において反転駆動を行うのと並行して、仮想直線Sv1から仮想直線Sv2までレーザ照射位置LbをY方向(送り方向)へ移動させる。特に、切換期間Tcに含まれる減速期間Tdおよび加速期間Taのうち、レーザ照射位置LbのY方向への移動は、加速期間Taの間に実行される。具体的には、加速期間Taが開始した後にレーザ照射位置LbのY方向への移動

が開始し、加速期間 T_a が終了する前にレーザ照射位置 L_b の Y 方向への移動が終了する。さらに言えば、減速期間 T_d においてレーザ照射位置 L_b は Y 方向に移動しない。

[0138] また、加速期間 T_a から減速期間 T_d へ移行する途中に設けられた停止期間 T_t では、レーザ照射位置 L_b の X 方向への速度 V_x および Y 方向への速度 V_y の両方がゼロとなり、レーザ照射位置 L_b は位置 P_{b2} において半導体基板 W に対して停止している。この停止期間 T_t では、撮像部 8A、8B の撮像範囲 R_i も半導体基板 W に対して停止しており、特に撮像部 8B の撮像範囲 R_i は、半導体基板 W の (+X) 側に位置するレーザ照射位置 L_b の (-X) 側に位置して、半導体基板 W に重複する。そこで、停止期間 T_t においては、撮像部 8B の赤外線カメラ 81 が半導体基板 W のうち撮像範囲 R_i に重複する部分を撮像する (ステップ S1006)。

[0139] 図 15C は図 14 のフローチャートに従って実行される動作の第 3 例を模式的に示す図である。図 15C での表記は図 15A のそれと同様である。図 15C においても、図 15A と同様に図 14 のフローチャートに従って、分割予定ライン S_1 、 S_2 、 S_3 に対してレーザ加工処理が順番に実行される。ただし、レーザ加工処理の対象となる分割予定ライン S を変更する切換期間 T_c での動作が図 15C と図 15A とで異なる。そこで、図 15A との差を中心に説明し、共通する動作については相当符号を付して適宜説明を省略する。

[0140] 分割予定ライン S_1 へのレーザ加工の終了に伴って、レーザ照射位置 L_b が分割予定ライン S_1 を (+X) 側に通過すると、レーザ照射位置 L_b が X 方向の (+X) 側に向けて減速を開始し (ステップ S1005)、X 方向において半導体基板 W の (+X) 側の位置 P_{b2} にレーザ照射位置 L_b が停止する (ステップ S1006)。この位置 P_{b2} は、Y 方向において、仮想直線 S_{v1} と仮想直線 S_{v2} との間に設けられる。つまり、ステップ S1005 ~ S1006 では、レーザ照射位置 L_b は X 方向への減速と並行して、仮想直線 S_{v1} から位置 P_{b2} まで Y 方向へ移動する。また、レーザ照射位置

L b が位置 P b 2 に停止した状態では、撮像部 8 B の撮像範囲 R i が撮像点 P w (S 2) を少なくとも含む位置で停止する。そこで、ステップ S 1 0 0 6 では、制御部 1 0 0 は、撮像部 8 B に撮像範囲 R i を撮像させて、撮像点 P w (S 2) を含む画像を取得する。これによって、制御部 1 0 0 は、未加工の分割予定ライン S 2 の位置を示す画像を取得できる。

[0141] 続いて、位置 P b 2 に停止するレーザ照射位置 L b が、X 方向の (- X) 側に向けて加速を開始する (ステップ S 1 0 0 1) 。そして、レーザ照射位置 L b が (+ X) 側の半導体基板 W の端に到達するまでに、レーザ照射位置 L b の速度 V x が加工速度 V x d まで増加すると、レーザ照射位置 L b は加工速度 V x d で X 方向の (- X) 側へ等速移動する (ステップ S 1 0 0 2) 。また、レーザ照射位置 L b が加速を開始してから加工速度 V x d での等速移動を開始するまでの期間において、レーザ照射位置 L b は、位置 P b 2 から仮想直線 S v 2 へ Y 方向に移動する。つまり、ステップ S 1 0 0 1 ~ S 1 0 0 2 では、レーザ照射位置 L b は X 方向への加速と並行して、位置 P b 2 から仮想直線 S v 2 まで Y 方向へ移動する。これによって、レーザ照射位置 L b が分割予定ライン S 2 に到達して、分割予定ライン S 2 へのライン加工を開始することができる。

[0142] 分割予定ライン S 2 へのレーザ加工の終了に伴って、レーザ照射位置 L b が分割予定ライン S 2 を (- X) 側を通過すると、レーザ照射位置 L b が X 方向の (- X) 側に向けて減速を開始し (ステップ S 1 0 0 5) 、 X 方向において半導体基板 W の (- X) 側の位置 P b 3 にレーザ照射位置 L b が停止する (ステップ S 1 0 0 6) 。この位置 P b 3 は、Y 方向において仮想直線 S v 2 と仮想直線 S v 3 との間に設けられる。つまり、ステップ S 1 0 0 5 ~ S 1 0 0 6 では、レーザ照射位置 L b は X 方向への減速と並行して、仮想直線 S v 2 から位置 P b 3 まで Y 方向へ移動する。また、レーザ照射位置 L b が位置 P b 3 に停止した状態では、撮像部 8 A の撮像範囲 R i が撮像点 P w (S 3) を少なくとも含む位置で停止する。そこで、ステップ S 1 0 0 6 では、制御部 1 0 0 は、撮像部 8 A に撮像範囲 R i を撮像させて、撮像点 P

w (S3) を含む画像を取得する。これによって、制御部100は、未加工の分割予定ラインS3の位置を示す画像を取得できる。

[0143] 続いては、図15Cの「X方向への速度変化」および「Y方向への速度変化」を参照しつつ、レーザ照射位置Lbの速度変化について説明する。分割予定ラインS1に沿ってレーザ光Bを(+X)側に移動させるライン加工処理を実行するライン加工期間Ts1(ステップS1002~S1004)では、レーザ照射位置Lbは、一定の加工速度VxdでX方向に移動しつつ、Y方向には移動しない。また、分割予定ラインS2に沿ってレーザ光Bを(-X)側に移動させるライン加工処理を実行するライン加工期間Ts2(ステップS1002~S1004)では、レーザ照射位置Lbは、一定の加工速度VxdでX方向に移動しつつ、Y方向には移動しない。

[0144] また、ライン加工期間Ts1からライン加工期間Ts2に切り換わる切換期間Tc(ステップS1005、S1006、S1001)では、上述と同様にX方向において反転駆動を行うのと並行して、仮想直線Sv1から仮想直線Sv2までレーザ照射位置LbをY方向(送り方向)へ移動させる。特に、このレーザ照射位置Lbの移動は位置Pb2を経由して実行される。つまり、切換期間Tcに含まれる減速期間Tdおよび加速期間Taのうち、減速期間Tdにおいてレーザ照射位置Lbは仮想直線Sv1から位置Pb2までY方向に移動し、加速期間Taにおいてレーザ照射位置Lbは位置Pb2から仮想直線Sv2までY方向に移動する。具体的には、減速期間Tdが開始するのと同時にレーザ照射位置Lbが仮想直線Sv1から位置Pb2への移動を開始し、減速期間Tdが終了するのと同時にレーザ照射位置Lbが位置Pb2に到達する。また、加速期間Taが開始するのと同時にレーザ照射位置Lbが位置Pb2から仮想直線Sv2への移動を開始し、加速期間Taが終了するのと同時にレーザ照射位置Lbが仮想直線Sv2に到達する。

[0145] また、加速期間Taから減速期間Tdへ移行する途中に設けられた停止期間Ttでは、レーザ照射位置LbのX方向への速度VxおよびY方向への速度Vyの両方がゼロとなり、レーザ照射位置Lbは位置Pb2において半導

体基板Wに対して停止している。この停止期間 T_t では、撮像部8A、8Bの撮像範囲 R_i も半導体基板Wに対して停止しており、特に撮像部8Bの撮像範囲 R_i は、半導体基板Wの(+X)側に位置するレーザ照射位置 L_b の(-X)側に位置して、半導体基板Wに重複する。そこで、停止期間 T_t においては、撮像部8Bの赤外線カメラ81が半導体基板Wのうち撮像範囲 R_i に重複する部分を撮像する(ステップS1006)。

[0146] なお、切換期間 T_c において、仮想直線 S_v1 から位置 P_b2 までY方向に移動させてから、位置 P_b2 から仮想直線 S_v2 までY方向に移動させる具体的な態様は、図15Cの例に限られず、例えば図15D、図15Eおよび図15Fに示す態様でこの移動を実行してもよい。

[0147] 図15Dは図14のフローチャートに従って実行される動作の第4例を模式的に示す図であり、図15Eは図14のフローチャートに従って実行される動作の第5例を模式的に示す図であり、図15Fは図14のフローチャートに従って実行される動作の第6例を模式的に示す図である。図15D~図15Fでの表記は図15Cのそれと同様である。図15D~図15Fと図15Cとの差は、切換期間 T_c におけるレーザ照射位置 L_b の移動態様である。そこで、図15Cとの差を中心に説明し、共通する動作については相当符号を付して適宜説明を省略する。

[0148] 図15Dに示す第4例では、減速期間 T_d が開始すると同時にレーザ照射位置 L_b が仮想直線 S_v1 から位置 P_b2 へのY方向への移動を開始し、減速期間 T_d が終了するより前に、Y方向においてレーザ照射位置 L_b が位置 P_b2 に到達して当該位置 P_b2 で停止する(すなわち、速度 V_y がゼロ)。ただし、Y方向においてレーザ照射位置 L_b が位置 P_b2 に到達した後、減速期間 T_d は継続しており、レーザ照射位置 L_b はX方向への移動を継続する。また、加速期間 T_a が開始した後にレーザ照射位置 L_b が位置 P_b2 から仮想直線 S_v2 へのY方向への移動を開始し、加速期間 T_a が終了すると同時にレーザ照射位置 L_b が仮想直線 S_v2 に到達する。つまり、減速期間 T_d の途中から加速期間 T_a の途中までの期間 ΔT_y において、レー

ザ照射位置L bはY方向において停止する（すなわち、速度V yがゼロ）。

[0149] 図15Eに示す第5例では、減速期間T dが開始するのと同時にレーザー照射位置L bが仮想直線S v 1から位置P b 2へのY方向への移動を開始し、減速期間T dが終了するより前に、Y方向においてレーザー照射位置L bが位置P b 2に到達して当該位置P b 2で停止する（すなわち、速度V yがゼロ）。ただし、Y方向においてレーザー照射位置L bが位置P b 2に到達した後、減速期間T dは継続しており、レーザー照射位置L bはX方向への移動を継続する。また、加速期間T aが開始するのと同時にレーザー照射位置L bが位置P b 2から仮想直線S v 2へのY方向への移動を開始し、加速期間T aが終了するのと同時にレーザー照射位置L bが仮想直線S v 2に到達する。つまり、減速期間T dの途中から加速期間T aの開始までの期間 $\Delta T y$ において、レーザー照射位置L bはY方向において停止する（すなわち、速度V yがゼロ）。

[0150] 図15Fに示す第5例では、減速期間T dが開始するのと同時にレーザー照射位置L bが仮想直線S v 1から位置P b 2へのY方向への移動を開始する。ただし、減速期間T dの終了時点では、Y方向においてレーザー照射位置L bが位置P b 2に到達しない。なお、減速期間T dの終了時点で、X方向においてはレーザー照射位置L bの位置（すなわち、X座標）と位置P b 2の位置（すなわち、X座標）とは一致している。したがって、レーザー照射位置L bは、減速期間T dの終了後も位置P b 2に向けてY方向へ移動を継続する。また、減速期間T dの終了からレーザー照射位置L bが位置P b 2に向かってY方向に移動する間は、レーザー照射位置L bはX方向において停止している（すなわち、速度V xがゼロ）。そして、レーザー照射位置L bが位置P b 2に到達すると同時に、加速期間T aが開始されるとともに、レーザー照射位置L bが位置P b 2から仮想直線S v 2へのY方向への移動を開始する。また、加速期間T aが終了すると同時にレーザー照射位置L bが仮想直線S v 2に到達する。

[0151] 図15Gは図14のフローチャートに従って実行される動作の第7例を模

式的に示す図である。図15Gでの表記は図15Aのそれと同様である。図15Gにおいても、図15Aと同様に図14のフローチャートに従って、分割予定ラインS1、S2、S3に対してレーザ加工処理が順番に実行される。ただし、レーザ加工処理の対象となる分割予定ラインSを変更する切換期間Tcでの動作が図15Gと図15Aとで異なる。そこで、図15Aとの差を中心に説明し、共通する動作については相当符号を付して適宜説明を省略する。

[0152] 分割予定ラインS1へのレーザ加工の終了に伴って、レーザ照射位置Lbが分割予定ラインS1を(+X)側に通過すると、レーザ照射位置LbがX方向の(+X)側に向けて減速を開始し(ステップS1005)、X方向において半導体基板Wの(+X)側の位置Pb2にレーザ照射位置Lbが停止する(ステップS1006)。この位置Pb2は、Y方向において、仮想直線Sv1と仮想直線Sv2との間の区間の外側(仮想直線Sv2に対して仮想直線Sv1の逆側)に設けられる。つまり、ステップS1005~S1006では、レーザ照射位置LbはX方向への減速と並行して、仮想直線Sv1から仮想直線Sv2を超えて位置Pb2までY方向へ移動する。また、レーザ照射位置Lbが位置Pb2に停止した状態では、撮像部8Bの撮像範囲Riが撮像点Pw(S3)を少なくとも含む位置で停止する。そこで、ステップS1006では、制御部100は、撮像部8Bに撮像範囲Riを撮像させて、撮像点Pw(S3)を含む画像を取得する。これによって、制御部100は、未加工の分割予定ラインS3の位置を示す画像を取得できる。

[0153] 続いて、位置Pb2に停止するレーザ照射位置Lbが、X方向の(-X)側に向けて加速を開始する(ステップS1001)。そして、レーザ照射位置Lbが(+X)側の半導体基板Wの端に到達するまでに、レーザ照射位置Lbの速度Vxが加工速度Vxdまで増加すると、レーザ照射位置Lbは加工速度VxdでX方向の(-X)側へ等速移動する(ステップS1002)。また、レーザ照射位置Lbが加速を開始してから加工速度Vxdでの等速移動を開始するまでの期間において、レーザ照射位置Lbは、位置Pb2か

ら仮想直線S v 2までY方向に移動する。つまり、ステップS 1 0 0 1～S 1 0 0 2では、レーザ照射位置L bはX方向への加速と並行して、位置P b 2から仮想直線S v 2までY方向へ移動する。これによって、レーザ照射位置L bが分割予定ラインS 2に到達して、分割予定ラインS 2へのライン加工を開始することができる。

[0154] 分割予定ラインS 2へのレーザ加工の終了に伴って、レーザ照射位置L bが分割予定ラインS 2を(−X)側に通過すると、レーザ照射位置L bがX方向の(−X)側に向けて減速を開始し(ステップS 1 0 0 5)、X方向において半導体基板Wの(−X)側の位置P b 3にレーザ照射位置L bが停止する(ステップS 1 0 0 6)。この位置P b 3は、Y方向において、仮想直線S v 2と仮想直線S v 3との間の区間の外側(仮想直線S v 3に対して仮想直線S v 2の逆側)に設けられる。つまり、ステップS 1 0 0 5～S 1 0 0 6では、レーザ照射位置L bはX方向への減速と並行して、仮想直線S v 2から仮想直線S v 3を超えて位置P b 2までY方向へ移動する。また、レーザ照射位置L bが位置P b 3に停止した状態では、撮像部8 Aの撮像範囲R iが撮像点P w (S 4)を少なくとも含む位置で停止する。そこで、ステップS 1 0 0 6では、制御部1 0 0は、撮像部8 Aに撮像範囲R iを撮像させて、撮像点P w (S 4)を含む画像を取得する。これによって、制御部1 0 0は、未加工の分割予定ラインS 4の位置を示す画像を取得できる。

[0155] 続いては、図1 5 Gの「X方向への速度変化」および「Y方向への速度変化」を参照しつつ、レーザ照射位置L bの速度変化について説明する。分割予定ラインS 1に沿ってレーザ光Bを(+X)側に移動させるライン加工処理を実行するライン加工期間T s 1(ステップS 1 0 0 2～S 1 0 0 4)では、レーザ照射位置L bは、一定の加工速度V x dでX方向に移動しつつ、Y方向には移動しない。また、分割予定ラインS 2に沿ってレーザ光Bを(−X)側に移動させるライン加工処理を実行するライン加工期間T s 2(ステップS 1 0 0 2～S 1 0 0 4)では、レーザ照射位置L bは、一定の加工速度V x dでX方向に移動しつつ、Y方向には移動しない。

[0156] また、ライン加工期間 T_{s1} からライン加工期間 T_{s2} に切り換わる切換期間 T_c (ステップ S_{1005} 、 S_{1006} 、 S_{1001}) では、上述と同様に X 方向において反転駆動を行うのと並行して、仮想直線 S_{v1} から仮想直線 S_{v2} までレーザ照射位置 L_b を Y 方向 (送り方向) へ移動させる。特に、このレーザ照射位置 L_b の移動は、Y 方向において仮想直線 S_{v1} と仮想直線 S_{v2} との間の区間の外側に設けられた位置 P_{b2} を経由して実行される。つまり、切換期間 T_c に含まれる減速期間 T_d および加速期間 T_a のうち、減速期間 T_d においてレーザ照射位置 L_b は仮想直線 S_{v1} から仮想直線 S_{v2} を超えて位置 P_{b2} まで Y 方向に移動し、加速期間 T_a においてレーザ照射位置 L_b は位置 P_{b2} から仮想直線 S_{v2} まで Y 方向に移動する。具体的には、減速期間 T_d が開始するのと同時にレーザ照射位置 L_b が仮想直線 S_{v1} から位置 P_{b2} への移動を開始し、減速期間 T_d が終了するのと同時にレーザ照射位置 L_b が位置 P_{b2} に到達する。また、加速期間 T_a が開始するのと同時にレーザ照射位置 L_b が位置 P_{b2} から仮想直線 S_{v2} への移動を開始し、加速期間 T_a が終了するのと同時にレーザ照射位置 L_b が仮想直線 S_{v2} に到達する。

[0157] また、加速期間 T_a から減速期間 T_d へ移行する途中に設けられた停止期間 T_t では、レーザ照射位置 L_b の X 方向への速度 V_x および Y 方向への速度 V_y の両方がゼロとなり、レーザ照射位置 L_b は位置 P_{b2} において半導体基板 W に対して停止している。この停止期間 T_t では、撮像部 $8A$ 、 $8B$ の撮像範囲 R_i も半導体基板 W に対して停止しており、特に撮像部 $8B$ の撮像範囲 R_i は、半導体基板 W の (+X) 側に位置するレーザ照射位置 L_b の (-X) 側に位置して、半導体基板 W に重複する。そこで、停止期間 T_t においては、撮像部 $8B$ の赤外線カメラ 81 が半導体基板 W のうち撮像範囲 R_i に重複する部分を撮像する (ステップ S_{1006}) 。

[0158] ところで、上記の例では、位置 P_{b2} は、Y 方向において仮想直線 S_{v2} に対して仮想直線 S_{v1} の逆側に設けられている。しかしながら、Y 方向において仮想直線 S_{v1} に対して仮想直線 S_{v2} の逆側に位置 P_{b2} を設けて

もよい。この場合、減速期間 T_d において、レーザ照射位置 L_b は、仮想直線 S_v1 から位置 P_b2 に Y 方向へ移動し、加速期間 T_a において、レーザ照射位置 L_b は位置 P_b2 から仮想直線 S_v1 を超えて仮想直線 S_v2 に Y 方向へ移動する。位置 P_b3 に対しても同様の変更が可能である。

[0159] 図16は各分割予定ラインへのライン加工処理の第1応用例を示すフローチャートであり、図17は図16のフローチャートに従って実行される動作の一例を模式的に示す図である。図17での表記は図15A~図15Gの表記と同様である。図16の例と図14の例とは、ライン加工処理の実行中に半導体基板 W を撮像するステップ $S1008$ の有無において異なり、他のステップ $S1001$ ~ $S1007$ において共通する。したがって、図16の例においては、図15A~図15Gに示す各動作（第1例~第7例）のいずれかが実行される。なお、図17では、切換期間 T_c におけるレーザ照射位置 L_b の軌跡を示していないが、図15A~図15Gのいずれかに示す軌跡をレーザ照射位置 L_b が移動することができる。

[0160] 図16のステップ $S1008$ は次のように実行される。つまり、分割予定ライン $S1$ に沿ったレーザ照射位置 L_b の移動中に半導体基板 W が撮像される（ステップ $S1008$ ）。具体的には、 $(+X)$ 側に移動するレーザ照射位置 L_b よりも当該レーザ照射位置 L_b の移動側（すなわち、 $(+X)$ 側）に位置する撮像範囲 R_i （すなわち、撮像部8Aの撮像範囲 R_i ）が撮像される。これによって、レーザ照射位置 L_b よりも当該レーザ照射位置 L_b の移動側の撮像点 $P_w(S11)$ を含む画像が取得される。こうして、ライン加工処理を実行中の分割予定ライン $S1$ のうち、未加工部分の位置を示す画像を取得できる。

[0161] つまり、ステップ $S1003$ 、 $S1108$ 、 $S1104$ の実行期間では、分割予定ライン $S1$ に対してライン加工処理が実行されるのと並行して、当該ライン加工処理の対象である分割予定ライン $S1$ のうちの未加工部分の画像が撮像される。

[0162] また、分割予定ライン $S2$ に沿ったレーザ照射位置 L_b の移動中に半導体

基板Wが撮像される（ステップS1008）。具体的には、（-X）側に移動するレーザ照射位置Lbよりも当該レーザ照射位置Lbの移動側（すなわち、（-X）側）に位置する撮像範囲Ri（すなわち、撮像部8Bの撮像範囲Ri）が撮像される。これによって、レーザ照射位置Lbよりも当該レーザ照射位置Lbの移動側の撮像点Pw（S21）を含む画像が取得される。こうして、ライン加工処理を実行中の分割予定ラインS2のうち、未加工部分の位置を示す画像を取得できる。

[0163] つまり、ステップS1003、S1108、S1104の実行期間では、分割予定ラインS2に対してライン加工処理が実行されるのと並行して、当該ライン加工処理の対象である分割予定ラインS2のうちの未加工部分の画像が撮像される。

[0164] さらに、分割予定ラインS3に沿ったレーザ照射位置Lbの移動中に半導体基板Wが撮像される（ステップS1008）。具体的には、（+X）側に移動するレーザ照射位置Lbよりも当該レーザ照射位置Lbの移動側（すなわち、（+X）側）に位置する撮像範囲Ri（すなわち、撮像部8Aの撮像範囲Ri）が撮像される。これによって、レーザ照射位置Lbよりも当該レーザ照射位置Lbの移動側の撮像点Pw（S31）を含む画像が取得される。こうして、ライン加工処理を実行中の分割予定ラインS3のうち、未加工部分の位置を示す画像を取得できる。

[0165] つまり、ステップS1003、S1108、S1104の実行期間では、分割予定ラインS3に対してライン加工処理が実行されるのと並行して、当該ライン加工処理の対象である分割予定ラインS3のうちの未加工部分の画像が撮像される。

[0166] そして、X方向に平行な複数の分割予定ラインS（S1、S2、S3、…）に対してレーザ加工を完了したと確認されるまで（ステップS1007で「YES」）、ステップS1001～S1007が繰り返される。

[0167] 図18は各分割予定ラインへのライン加工処理の第2応用例を示すフローチャートであり、図19Aは図18のフローチャートに従って実行される動

作の第1例を模式的に示す図である。図19Aでは、半導体基板Wに対して相対的に移動するレーザ照射位置Lbの軌跡が点線で示されるとともに、分割予定ラインS1、S2、S3に沿って分割予定ラインS1、S2、S3の両外側の間でX方向に平行に延設された仮想直線Sv1、Sv2、Sv3が一点鎖線で示される。なお、レーザ照射位置Lbの軌跡と仮想直線Sv1、Sv2、Sv3とが重複する部分では、レーザ照射位置Lbの軌跡を示す点線が優先して示される。

[0168] 図19Aに示す例では、X方向において半導体基板Wの(-X)側の位置Pb1にレーザ照射位置Lbが停止している状態から、図18のフローチャートが開始される。この位置Pb1は、分割予定ラインS1に沿った仮想直線Sv1上に設けられ、換言すれば、X方向から分割予定ラインS1に対向する位置である。ただし、図18のフローチャートを開始する際のレーザ照射位置Lbの位置は、この例に限られず、適宜変更できる。

[0169] ステップS1101では、位置Pb1に停止するレーザ照射位置Lbが、X方向の(+X)側に向けて加速を開始して、X方向に平行に移動する。これによって、レーザ照射位置Lbが仮想直線Sv1に沿って(+X)側に移動する。そして、レーザ照射位置Lbが(-X)側の半導体基板Wの端に到達するまでに、レーザ照射位置Lbの速度Vxが加工速度Vxdまで増加すると、レーザ照射位置Lbは加工速度VxdでX方向の(+X)側へ等速移動する(ステップS1102)。

[0170] さらに、レーザ照射位置Lbが(-X)側の半導体基板Wの端に到達するタイミングに合わせて、レーザ光源72が点灯して、加工ヘッド71からレーザ照射位置Lbへのレーザ光Bの照射が開始される(ステップS1103)。これによって、分割予定ラインS1に沿ってX方向の(+X)側に移動するレーザ照射位置Lbに対してレーザ光Bが照射されて、分割予定ラインS1が加工される(ライン加工処理)。

[0171] また、この例では、分割予定ラインS1に沿ったレーザ照射位置Lbの移動中に半導体基板Wが撮像される(ステップS1104)。具体的には、(

+X) 側に移動するレーザ照射位置 L_b よりも当該レーザ照射位置 L_b の移動側 (すなわち、(+X) 側) に位置する撮像範囲 R_i (すなわち、撮像部 8A の撮像範囲 R_i) が撮像される。これによって、レーザ照射位置 L_b よりも当該レーザ照射位置 L_b の移動側の撮像点 P_w (S11) を含む画像が取得される。こうして、ライン加工処理を実行中の分割予定ライン S1 のうち、未加工部分の位置を示す画像を取得できる。

[0172] そして、レーザ照射位置 L_b が (+X) 側の半導体基板 W の端に到達するタイミングに合わせて、レーザ光源 72 が消灯して、加工ヘッド 71 からレーザ照射位置 L_b へのレーザ光 B の照射が終了する (ステップ S1105)。こうして、ステップ S1103 ~ S1105 までの期間では、分割予定ライン S1 に対してライン加工処理が実行されるのと並行して、当該ライン加工処理の対象である分割予定ライン S1 のうちの未加工部分の画像が撮像される。

[0173] レーザ照射位置 L_b が分割予定ライン S1 を (+X) 側に通過すると、レーザ照射位置 L_b が X 方向の (+X) 側に向けて減速を開始する (ステップ S1106)。ステップ S1107 では、X 方向に平行な複数の分割予定ライン S に対してレーザ加工を完了したかが確認される。そして、これらの分割予定ライン S のうち、未加工の分割予定ライン S がある場合 (ステップ S1107 で「NO」の場合) には、ステップ S1101 に戻る。

[0174] その結果、X 方向の (+X) 側に減速したレーザ照射位置 L_b の X 方向への速度 V_x がゼロになるのに続いて、レーザ照射位置 L_b が X 方向の (-X) 側に加速する (ステップ S1101)。そして、レーザ照射位置 L_b が (+X) 側の半導体基板 W の端に到達するまでに、レーザ照射位置 L_b の速度 V_x が加工速度 V_{xd} まで増加すると、レーザ照射位置 L_b は加工速度 V_{xd} で X 方向の (-X) 側へ等速移動する (ステップ S1102)。

[0175] このように、図 18 および図 19A の例においても、上述と同様に X 方向に反転駆動が実行される。また、この反転駆動と並行して、レーザ照射位置 L_b が仮想直線 S_{v1} から仮想直線 S_{v2} まで Y 方向に移動する。これによ

って、X方向においてレーザ照射位置L bの速度 V_x が加工速度 V_{xd} に増加するまでに、Y方向においてレーザ照射位置L bが仮想直線 S_{v2} まで移動して、レーザ照射位置L bが分割予定ライン S_2 に到達する。

[0176] ただし、この例では、レーザ照射位置L bのY方向への移動態様が上述と異なる。つまり、レーザ照射位置L bがX方向において減速、停止および加速を行う反転駆動と並行して、レーザ照射位置L bは、分割予定ライン S_{b1} から分割予定ライン S_{b2} へのY方向への移動を継続的に実行する（継続送り駆動）。特に、反転駆動によってX方向へのレーザ照射位置L bの速度 V_x がゼロになる時点の前後に渡って、レーザ照射位置L bのY方向への継続送り駆動が実行される。したがって、レーザ照射位置L bのX方向への速度 V_x およびY方向への速度 V_y の両方がゼロになるタイミングは、この例では存在しない。

[0177] レーザ照射位置L bが(+X)側の半導体基板Wの端に到達するタイミングに合わせて、レーザ光源72が点灯して、加工ヘッド71からレーザ照射位置L bへのレーザ光Bの照射が開始される（ステップS1103）。これによって、分割予定ライン S_2 に沿ってX方向の(-X)側に移動するレーザ照射位置L bに対してレーザ光Bが照射されて、分割予定ライン S_2 が加工される（ライン加工処理）。

[0178] また、この例では、分割予定ライン S_2 に沿ったレーザ照射位置L bの移動中に半導体基板Wが撮像される（ステップS1104）。具体的には、(-X)側に移動するレーザ照射位置L bよりも当該レーザ照射位置L bの移動側（すなわち、(-X)側）に位置する撮像範囲 R_i （すなわち、撮像部8Bの撮像範囲 R_i ）が撮像される。これによって、レーザ照射位置L bよりも当該レーザ照射位置L bの移動側の撮像点 P_w （ S_{21} ）を含む画像が取得される。こうして、ライン加工処理を実行中の分割予定ライン S_2 のうち、未加工部分の位置を示す画像を取得できる。

[0179] そして、レーザ照射位置L bが(-X)側の半導体基板Wの端に到達するタイミングに合わせて、レーザ光源72が消灯して、加工ヘッド71からレ

ーザ照射位置L bへのレーザ光Bの照射が終了する（ステップS 1 1 0 5）。こうして、ステップS 1 1 0 3～S 1 1 0 5までの期間では、分割予定ラインS 2に対してライン加工処理が実行されるのと並行して、当該ライン加工処理の対象である分割予定ラインS 2のうちの未加工部分の画像が撮像される。

[0180] レーザ照射位置L bが分割予定ラインS 2を（-X）側に通過すると、レーザ照射位置L bがX方向の（-X）側に向けて減速を開始する（ステップS 1 1 0 6）。ステップS 1 1 0 7では、X方向に平行な複数の分割予定ラインSに対してレーザ加工を完了したかが確認される。そして、これらの分割予定ラインSのうち、未加工の分割予定ラインSがある場合（ステップS 1 1 0 7で「NO」の場合）には、ステップS 1 1 0 1に戻る。

[0181] その結果、X方向の（-X）側に減速したレーザ照射位置L bのX方向への速度V xがゼロになるのに続いて、レーザ照射位置L bがX方向の（+X）側に加速する（ステップS 1 1 0 1）。そして、レーザ照射位置L bが（-X）側の半導体基板Wの端に到達するまでに、レーザ照射位置L bの速度V xが加工速度V x dまで増加すると、レーザ照射位置L bは加工速度V x dでX方向の（+X）側へ等速移動する（ステップS 1 1 0 2）。

[0182] この際、上述と同様に、X方向への反転駆動と並行してY方向の継続送り駆動がレーザ照射位置L bに対して実行される。これによって、X方向においてレーザ照射位置L bの速度V xが加工速度V x dまで増加するまでに、Y方向においてレーザ照射位置L bが仮想直線S v 3まで移動して、レーザ照射位置L bが分割予定ラインS 3に到達する。

[0183] レーザ照射位置L bが（-X）側の半導体基板Wの端に到達するタイミングに合わせて、レーザ光源7 2が点灯して、加工ヘッド7 1からレーザ照射位置L bへのレーザ光Bの照射が開始される（ステップS 1 1 0 3）。これによって、分割予定ラインS 3に沿ってX方向の（+X）側に移動するレーザ照射位置L bに対してレーザ光Bが照射されて、分割予定ラインS 3が加工される（ライン加工処理）。

- [0184] また、この例では、分割予定ラインS 3に沿ったレーザ照射位置L bの移動中に半導体基板Wが撮像される（ステップS 1 1 0 4）。具体的には、（+X）側に移動するレーザ照射位置L bよりも当該レーザ照射位置L bの移動側（すなわち、（+X）側）に位置する撮像範囲R i（すなわち、撮像部8 Aの撮像範囲R i）が撮像される。これによって、レーザ照射位置L bよりも当該レーザ照射位置L bの移動側の撮像点P w（S 3 1）を含む画像が取得される。こうして、ライン加工処理を実行中の分割予定ラインS 3のうち、未加工部分の位置を示す画像を取得できる。
- [0185] そして、レーザ照射位置L bが（+X）側の半導体基板Wの端に到達するタイミングに合わせて、レーザ光源7 2が消灯して、加工ヘッド7 1からレーザ照射位置L bへのレーザ光Bの照射が終了する（ステップS 1 1 0 5）。こうして、ステップS 1 1 0 3～S 1 1 0 5までの期間では、分割予定ラインS 3に対してライン加工処理が実行されるのと並行して、当該ライン加工処理の対象である分割予定ラインS 3のうちの未加工部分の画像が撮像される。
- [0186] 続いては、図1 9 Aの「X方向への速度変化」および「Y方向への速度変化」を参照しつつ、レーザ照射位置L bの速度変化について説明する。分割予定ラインS 1に沿ってレーザ光Bを（+X）側に移動させるライン加工処理を実行するライン加工期間T s 1（ステップS 1 1 0 3～S 1 1 0 5）では、レーザ照射位置L bは、一定の加工速度V x dでX方向に移動しつつ、Y方向には移動しない。また、分割予定ラインS 2に沿ってレーザ光Bを（-X）側に移動させるライン加工処理を実行するライン加工期間T s 2（ステップS 1 1 0 3～S 1 1 0 5）では、レーザ照射位置L bは、一定の加工速度V x dでX方向に移動しつつ、Y方向には移動しない。
- [0187] また、ライン加工期間T s 1からライン加工期間T s 2に切り換わる切換期間T c（ステップS 1 1 0 6、S 1 1 0 1）では、次の動作が実行される。つまり、X軸駆動部6 5（加工軸駆動部）は、X方向（加工方向）において、分割予定ラインS 1（第1の加工ライン）を（+X）側（第1の側）に

通過したレーザ照射位置L bを(+X)側に向けて減速させて停止させてから(ステップS 1 1 0 6)、(-X)側に向けて加速することで(ステップS 1 1 0 1)、レーザ照射位置L bを分割予定ラインS 2(第2の加工ライン)へ到達させる反転駆動を実行する。この反転駆動と並行して、Y軸駆動部6 3(送り軸駆動部)は、分割予定ラインS 1に沿って分割予定ラインS 1の外側までX方向に延設された仮想直線S v 1(第1の仮想直線)上から、分割予定ラインS 2に沿って分割予定ラインS 2の外側までX方向に延設された仮想直線S v 2(第2の仮想直線)上まで、レーザ照射位置L bをY方向(送り方向)へ継続的に移動させる継続送り駆動を実行する。

[0188] 特に、制御部1 0 0は、X軸駆動部6 5が反転駆動でレーザ照射位置L bをX方向に停止させるより前にY軸駆動部6 3が継続送り駆動を開始し、X軸駆動部6 5が反転駆動でレーザ照射位置L bをX方向に停止させた後にY軸駆動部6 3が継続送り駆動を終了するように、X軸駆動部6 5およびY軸駆動部6 3を制御する。このように、反転駆動のためにX方向におけるレーザ照射位置L bの移動が停止する時点の前後を通じて(換言すれば、X軸駆動部6 5が反転駆動でレーザ照射位置L bをX方向において停止させる期間において)Y軸駆動部6 3がレーザ照射位置L bをY方向に移動させる。

[0189] 換言すれば、切換期間T cは、X方向にレーザ照射位置L bを減速させる減速期間T d(ステップS 1 0 0 6)と、X方向にレーザ照射位置L bを加速させる加速期間T a(ステップS 1 0 0 1)とを含む。これに対して、Y軸駆動部6 3は、レーザ照射位置L bのY方向への移動を、減速期間T dから加速期間T aへ移行する移行期間T xの前後に渡って継続的に実行する(すなわち、Y方向においてレーザ照射位置L bを停止させることなく実行する)。なお、移行期間T xの間、X方向においてはレーザ照射位置L bが停止している(すなわち、速度V xがゼロ)。

[0190] 図1 9 Bは図1 8のフローチャートに従って実行される動作の第2例を模式的に示す図である。図1 9 Bが図1 9 Aと異なるのは、ライン加工処理と並行して半導体基板Wを撮像する回数である。つまり、図1 9 Bの例では、

分割予定ラインS 1へのライン加工処理の実行のために、(+X)側に移動するレーザ照射位置L bよりも当該レーザ照射位置L bの移動側(すなわち、(+X)側)に位置する撮像範囲R i(すなわち、撮像部8 Aの撮像範囲R i)の撮像が複数回(ここの例では2回)実行される(ステップS 1 1 0 4)。これによって、レーザ照射位置L bよりも当該レーザ照射位置L bの移動側の2個の撮像点P w (S 1 1)、P w (S 1 2)をそれぞれ含む2枚の画像が取得される。こうして、ライン加工処理を実行中の分割予定ラインS 1のうち、未加工部分の位置を示す画像を取得できる。

[0191] 同様に、分割予定ラインS 2へのライン加工処理の実行のために、(-X)側に移動するレーザ照射位置L bよりも当該レーザ照射位置L bの移動側(すなわち、(-X)側)に位置する撮像範囲R i(すなわち、撮像部8 Bの撮像範囲R i)の撮像が複数回(ここの例では2回)実行される(ステップS 1 1 0 4)。これによって、レーザ照射位置L bよりも当該レーザ照射位置L bの移動側の2個の撮像点P w (S 2 1)、P w (S 2 2)をそれぞれ含む2枚の画像が取得される。こうして、ライン加工処理を実行中の分割予定ラインS 2のうち、未加工部分の位置を示す画像を取得できる。また、分割予定ラインS 3へのライン加工処理においても、同様に複数回の撮像が実行される(ステップS 1 1 0 4)。

[0192] 図20は図16のステップS 1 0 0 8あるいは図18のステップS 1 1 0 4で取得される半導体基板の画像の一例を模式的に示す図である。上記の例では、互いに直交する2本の分割予定ラインSの交差点を含む領域が撮像されて画像I Mが取得される。この際、撮像範囲R iが半導体基板Wに対してX方向に移動しつつ、画像I Mが取得されるため、画像I Mでは、輝度がX方向に平均化されて表れる。その結果、分割予定ラインSに対応してX方向に平行に延びる高輝度な高輝度領域と、半導体チップCに対応してX方向に平行に延びる高輝度領域より低輝度な低輝度領域とが表れる。特に、Y方向において、2個の低輝度領域に高輝度領域が挟まれる。したがって、制御部100は、分割予定ラインSに対応する高輝度領域に基づき、分割予定ライ

ンSのY方向への位置を確認することができる。

[0193] 以上の図16～図20を用いて説明した実施形態では、レーザ照射位置Lbを分割予定ラインSに沿って移動させつつレーザ照射位置Lbにレーザ光Bを照射することで分割予定ラインSを加工するライン加工処理（ステップS1003～S1004、S1103～S1105）の実行中に、半導体基板Wに対して相対的に移動する撮像範囲Riを撮像することで、半導体基板Wのうち撮像範囲Riに重複する部分の画像が取得される（ステップS1008、S1104）。つまり、ライン加工処理の実行期間が半導体基板Wの撮像に有効活用されている。こうして、分割予定ラインSへレーザ光Bを照射して分割予定ラインSを加工するレーザ加工技術において、半導体基板Wの撮像を効率的に行うことが可能となっている。

[0194] また、撮像部8は、ライン加工処理（ステップS1003～S1004、S1103～S1105）においてレーザ照射位置Lbが分割予定ラインSに対して移動する方向の下流側に設けられた撮像範囲Riを撮像する（ステップS1008、S1104）。かかる構成では、レーザ光Bによって加工中の位置（すなわち、レーザ照射位置Lb）の未加工側の画像を取得することができる。したがって、制御部100は、レーザ光Bによる加工が半導体基板Wの未加工部分に与える影響を当該画像に基づき認識することができる。

[0195] また、図19Bの例では、撮像部8は、ライン加工処理（ステップS1003～S1004、S1103～S1105）を1回実行する期間に、撮像範囲Riの撮像を複数回実行する（ステップS1008、S1104）。かかる構成では、ライン加工処理の実行期間を有効活用して、半導体基板Wの複数の画像を取得することができる。

[0196] また、図18および図19A～図19Bに示す例では、半導体基板Wに対してレーザ照射位置LbをX方向に相対的に移動させるX軸駆動部65と、半導体基板Wに対してレーザ照射位置LbをY方向に相対的に移動させるY軸駆動部63（送り軸駆動部）とを用いて、分割予定ラインS1（第1の加

エライン)を加工するライン加工処理(第1のライン加工処理)と、分割予定ラインS2(第2の加工ライン)を加工するライン加工処理(第2のライン加工処理)とが順番に実行される。また、分割予定ラインS1へのライン加工処理と分割予定ラインS2へのライン加工処理との間の切換期間Tcでは、分割予定ラインS1を通過したレーザ照射位置Lbを、分割予定ラインS2に向かわせるために、X軸駆動部65とY軸駆動部63とが次の動作を実行する。つまり、X軸駆動部65は、X方向において、分割予定ラインS1を(+X)側に通過したレーザ照射位置Lbを(+X)側に向けて減速させて停止させてから(-X)側に向けて加速することで、レーザ照射位置Lbを分割予定ラインS2へ到達させる反転駆動を実行する。また、Y軸駆動部63は、分割予定ラインS1に沿って分割予定ラインS1の外側までX方向に延設された仮想直線Sv1上から、分割予定ラインS2に沿って分割予定ラインS2の外側までX方向に延設された仮想直線Sv2上まで、レーザ照射位置LbをY方向へ移動させる。

[0197] 特に、Y軸駆動部63は、切換期間Tcにおいて、仮想直線Sv1上から仮想直線Sv2上まで、レーザ照射位置LbをY方向へ継続的に移動させる継続送り駆動を実行する。そして、制御部100は、X軸駆動部65が反転駆動でレーザ照射位置Lbを停止させるより前にY軸駆動部63が継続送り駆動を開始し、X軸駆動部65が反転駆動でレーザ照射位置Lbを停止させた後にY軸駆動部63が継続送り駆動を終了するように、X軸駆動部65およびY軸駆動部63を制御する。つまり、反転駆動のためにX方向におけるレーザ照射位置Lbの移動が停止する時点の前後を通じて(換言すれば、X軸駆動部65が反転駆動でレーザ照射位置Lbを停止させる期間において)Y軸駆動部63がレーザ照射位置LbをY方向に移動させる。このように、切換期間Tcにおいては、X方向の(+X)側へレーザ照射位置Lbを減速させる期間と、X方向の(-X)側へレーザ照射位置Lbを加速させる期間との両方が、レーザ照射位置LbのY方向への移動に有効活用されている。その結果、レーザ光Bの移動方向を切り換える切換期間Tcが半導体基板W

の加工完了に要する時間に与える影響を抑えることが可能となっている。しかも、上述の通り、ライン加工処理の実行期間を半導体基板Wの撮像に有効活用されていることから、ライン加工処理の対象となる分割予定ラインSの切り換えに要する時間を抑えるとともに、半導体基板Wの撮像を効率的に行うことができ、半導体基板Wへの加工を速やかに完了することが可能となっている。

[0198] また、撮像部8は、ライン加工処理の実行中において分割予定ラインSを少なくとも含む撮像範囲R_iを撮像する(図20)。このような撮像により取得される画像IMには、Y方向における分割予定ラインSの両側と当該分割予定ラインSとのコントラストによって、分割予定ラインSに相当する部分がX方向に延設されて表れる。したがって、制御部100@は、当該部分のY方向の位置に基づき、レーザ加工が分割予定ラインSのY方向への位置に与える影響を的確に認識することができる。

[0199] 図21はライン加工処理でのレーザ加工条件の決定方法の一例を示すフローチャートであり、図22Aはレーザ加工条件の決定に関わるパラメータを示す図であり、図22Bはレーザ加工条件の時間的影響を示す図であり、図22Cは図21のレーザ加工条件の決定で参照するテーブルの一例を示す図である。このテーブルは記憶部190に予め記憶されている。

[0200] 図22Aでは、ライン加工処理において、レーザ照射位置L_bがX方向に移動する速度V_xと時間との関係を表す上のグラフと、レーザ照射位置L_bがX方向に移動する速度V_xとレーザ照射位置L_bのX方向への位置(すなわち、X座標)との関係を表す下のグラフとが示されている。

[0201] 下のグラフに示されるように、分割予定ラインSに対してライン加工処理を実行するためには、分割予定ラインSの一方側の開始地点X_sから他方側(一方側の逆)の終了地点X_eまでレーザ照射位置L_bをX方向に移動させつつ、分割予定ラインSに重複するレーザ照射位置L_bにレーザ光Bを照射する照射位置走査が実行される。つまり、照射位置走査は、X軸駆動部65によってレーザ照射位置L_bを開始地点X_sから終了地点X_eまでX方向に

移動させつつ、分割予定ラインSに重複するレーザ照射位置L bに加工ヘッド7 1からレーザ光Bを照射する。こうして、上述のライン加工処理は、照射位置走査に伴って実行される。

[0202] この照射位置走査では、分割予定ラインSに対して等速度区間SCが設定される。この等速度区間SCは、X方向において、開始地点X sと終了地点X eとの間に位置して、分割予定ラインSを含むように設定される。この例では、X方向において等速度区間SCの両端が分割予定ラインSの両端と一致しており、換言すれば、等速度区間SCは分割予定ラインSと一致する。ただし、等速度区間SCの設定態様はこの例に限られず、分割予定ラインSの両端から外側にオフセットを加えて等速度区間SCを設定してもよい。この場合、等速度区間SCは分割予定ラインSより長くなる。オフセットの長さは、所定の一定値でもよいし、分割予定ラインSの長さに所定の倍率（例えば1%）を乗じた値でもよい。かかる等速度区間SCの長さは分割予定ラインSの長さに応じて設定され、具体的には、分割予定ラインSが長くなるほど等速度区間SCが長くなる（換言すれば、分割予定ラインSが短くなるほど等速度区間SCが短くなる）。

[0203] この照射位置走査では、X方向において、等速度区間SCの一方側に設けられた開始地点X sから等速度区間SCの他方側に設けられた終了地点X eまでレーザ照射位置L bが移動する。また、X方向において、レーザ照射位置L bが開始地点X sから等速度区間SCの一方側の端X s sに移動する加速期間T aでは、レーザ照射位置L bはX方向において加速度Aで加速して、レーザ照射位置L bのX方向の速度V xはゼロから加工速度V x dまで増加する。また、X方向において、レーザ照射位置L bが等速度区間SCの一方側の端X s sから他方側の端X s eまで移動する等速度期間T s c（この例では、ライン加工期間T sに一致）では、レーザ照射位置L bはX方向に一定の加工速度V x dで移動する。さらに、X方向において、レーザ照射位置L bが等速度区間SCの他方側の端X s eから終了地点X eまで移動する減速期間T dでは、レーザ照射位置L bはX方向に加速度Aで減速し、レ

ーザ照射位置 L_b の X 方向の速度 V_x は加工速度 V_{xd} からゼロまで減少する。

[0204] この際、加速期間 T_a は、速度 V_x が加速度 A でゼロから加工速度 V_{xd} まで増加するのに要する期間 (V_{xd}/A) となり、等速度期間 T_{sc} は、等速度区間 SC の長さである等速度距離 L_{sc} を加工速度 V_{xd} で移動するのに要する期間 (L_{sc}/V_{xd}) となり、減速期間 T_d は、速度 V_x が加速度 A で加工速度 V_{xd} からゼロまで減少するのに要する期間 (V_{xd}/A) となる。したがって、照射位置走査に要する走査時間 t は、

$$t = 2 \times V_{xd} / A + L_{sc} / V_{xd}$$

となる。そのため、加工速度 V_{xd} と走査時間 t との間には、図 22B に示す関係が成立する。つまり、加工速度 V_{xd} が V_{xd_min} ($= (L_{sc} \times A / 2)^{1/2}$) のとき、走査時間 t が最小値となる。したがって、等速度区間 SC の長さ (等速度距離 L_{sc}) に応じて加工速度 V_{xd} を設定することで、ライン加工処理を効率的に実行できる。

[0205] ただし、加工速度 V_{xd} を変更した場合には、レーザ光源 72 から射出するレーザ光 B の周波数を変更する必要がある。具体的には、加工速度 V_{xd} を速くするほど、レーザ光 B の周波数を高くする必要がある。これに対して、レーザ光 B の周波数は、段階的に変えることしかできず、連続的には変えられない。そこで、図 22C のテーブルが用いられる。このテーブルは、等速度距離 L_{sc} (この例では、分割予定ライン S の長さ) と、加工速度 V_{xd} と、レーザ光 B の周波数 f_c との関係の規定する。具体的には、等速度距離 L_{sc} が $L_{sc}(1)$ 以下である場合には、加工速度 V_{xd} が $V_{xd}(1)$ に設定され、レーザ光 B の周波数が $f_c(1)$ に設定され、等速度距離 L_{sc} が $L_{sc}(1)$ より大きく $L_{sc}(2)$ 以下である場合には、加工速度 V_{xd} が $V_{xd}(2)$ に設定され、レーザ光 B の周波数が $f_c(2)$ に設定されるといったレーザ加工条件がテーブルに規定される。

[0206] つまり、図 21 のレーザ加工条件決定では、ライン加工処理の対象となる分割予定ライン S に対して設定される等速度区間 SC の長さ (等速度距離 L

s c) が取得される (ステップ S 1 2 0 1)。そして、ステップ S 1 2 0 1 で取得された等速度距離 L_{sc} と図 2 2 C のテーブルとに基づき、加工速度 $V \times d$ が決定されるとともに (ステップ S 1 2 0 2)、レーザ光 B の周波数 f_c が決定される (ステップ S 1 2 0 3)。こうして図 2 1 によって決定されたレーザ加工条件 (加工速度 $V \times d$ および周波数 f_c) に従って、照射位置走査が実行される。

[0207] ところで、照射位置走査は、X 方向に平行な複数の分割予定ライン S に対して順番に実行される。換言すれば、互いに異なる分割予定ライン S を対象とする複数の照射位置走査が実行される。これに対して、図 2 1 のレーザ加工条件決定は、複数の照射位置走査のそれぞれに対して実行され、各照射位置走査は、それを対象として決定されたレーザ加工条件に従ってレーザ照射位置 L_b の移動とレーザ光 B の照射とを実行する。

[0208] 特に、上記の例のように X 方向に平行な複数の分割予定ライン S が形成された半導体基板 W が円形である場合には、円の中心から Y 方向に遠ざかるほど分割予定ライン S が短くなり、当該分割予定ライン S に設定される等速度距離 L_{sc} も短くなる。つまり、照射位置走査で設定される等速度距離 L_{sc} は、当該照射位置走査が対象とする分割予定ライン S の Y 方向の位置に応じて異なる。そこで、複数の分割予定ライン S に対して順番に実行される照射位置走査のそれぞれに対して、レーザ加工条件決定を実行することが適当となる。

[0209] なお、レーザ加工条件決定は、当該レーザ加工条件決定が対象とする照射位置走査の開始前の任意のタイミングで実行できる。例えば、X 方向に平行な複数の分割予定ライン S にそれぞれ対応する複数の照射位置走査を開始する前に、当該複数の照射位置走査の全てに対してレーザ加工条件決定を実行してもよい。あるいは、一の照射位置走査を行うのに続いて次の照射位置走査を行う場合に、一の照射位置走査の実行中に、次の照射位置走査に対するレーザ加工条件決定を実行してもよい。

[0210] なお、図 2 2 C に示すように、加工速度 $V \times d$ の調整は、複数の離散的な

加工速度 $V \times d$ (1)、 $V \times d$ (2)、 $V \times d$ (3)、 $V \times d$ (4) のうちから1つを選択することで実行され、発信周波数 f_c の調整は、複数の離散的な発信周波数 f_c (1)、 $V \times d$ (2)、 $V \times d$ (3)、 $V \times d$ (4) のうちから1つを選択することで実行される。つまり、レーザ加工条件決定では、等速度距離 L_{sc} が図 2 2 C に示す複数 (4 個) の範囲のいずれに属するかに応じて、加工速度 $V \times d$ および発信周波数 f_c が選択される。この際、複数の照射位置走査のそれぞれに対してレーザ加工条件決定を実行して加工速度 $V \times d$ および発信周波数 f_c を調整した際に、連続して実行される 2 回のレーザ照射位置走査の間で等速度距離 L_{sc} の属する範囲が同じ場合には、加工速度 $V \times d$ および発信周波数 f_c は維持される。一方、連続して実行される 2 回のレーザ照射位置走査の間で等速度距離 L_{sc} の属する範囲が異なる場合には、加工速度 $V \times d$ および発信周波数 f_c とは変更される (換言すれば、切り換えられる)。つまり、加工速度 $V \times d$ の調整には、加工速度 $V \times d$ の維持と、加工速度 $V \times d$ の変更 (切換) とが含まれ、発信周波数 f_c の調整には、発信周波数 f_c の維持と、発信周波数 f_c の変更 (切換) とが含まれる。

[0211] このように上記の実施形態では、レーザ加工装置 1 が本発明の「レーザ加工装置」の一例に相当し、チャックステージ 3 が本発明の「支持部材」の一例に相当し、Y 軸駆動部 6 3 が本発明の「送り軸駆動部」の一例に相当し、X 軸駆動部 6 5 が本発明の「加工軸駆動部」の一例に相当し、加工ヘッド 7 1 が本発明の「加工ヘッド」の一例に相当し、撮像部 8 が本発明の「撮像部」の一例に相当し、制御部 1 0 0 が本発明の「制御部」の一例に相当し、制御部 1 0 0 が本発明の「コンピュータ」の一例に相当し、レーザ加工プログラム 1 9 1 が本発明の「レーザ加工プログラム」の一例に相当し、記録媒体 1 9 2 が本発明の「記録媒体」の一例に相当し、レーザ光 B が本発明の「レーザ光」の一例に相当し、レーザ照射位置 L_b が本発明の「レーザ照射位置」の一例に相当し、撮像範囲 R_i が本発明の「撮像範囲」の一例に相当し、分割予定ライン S が本発明の「加工ライン」の一例に相当し、仮想直線 S_v

が本発明の「仮想直線」の一例に相当し、切換期間 T_c が本発明の「切換期間」の一例に相当し、半導体基板 W が本発明の「加工対象物」の一例に相当し、 X 方向が本発明の「加工方向」の一例に相当し、 Y 方向が本発明の「送り方向」の一例に相当し、 $(+X)$ 側および $(-X)$ 側が本発明の「第 1 の側」および「第 2 の側」あるいは本発明の「第 2 の側」および「第 1 の側」に相当する。

[0212] ところで、図 16～図 20 を用いて説明した、ライン加工処理の実行に伴って X 方向に移動する撮像範囲 R_i を赤外線カメラ 81 により撮像する詳細動作を次のように変形してもよい。図 23 は撮像範囲を撮像する詳細動作におけるレーザ照射位置と撮像範囲との位置関係を模式的に示す平面図であり、図 24 は撮像範囲を撮像する詳細動作での撮像対象を模式的に示す平面図である。

[0213] 図 23 に示すように、平面視において、撮像部 8 (8A、8B) の撮像範囲 R_i の中心 R_{ic} と、加工ヘッド 71 により照射されるレーザ光 B の焦点 (すなわち、レーザ照射位置 L_b) とが X 方向に平行に並ぶように、撮像部 8 (8A、8B) と加工ヘッド 71 とが X 方向に配列されている。また、上述の通り、2 個の撮像範囲 R_i のうち、レーザ照射位置 L_b の移動方向の下流側の撮像範囲 R_i が赤外線カメラ 81 によって撮像される。

[0214] つまり、図 24 に示すように、レーザ照射位置 L_b に照射されたレーザ光 B が X 方向に平行な走査方向 D_s に移動し、走査方向 D_s においてレーザ照射位置 L_b の下流側を撮像範囲 R_i が走査方向 D_s に移動する。ここで、分割予定ライン S のうち、レーザ照射位置 L_b より走査方向 D_s の下流側はレーザ光 B の照射による加工が実行されていない未加工部分 S_d であり、レーザ照射位置 L_b より走査方向 D_s の上流側はレーザ光 B の照射による加工が実行された加工済み部分 S_u となる。したがって、レーザ照射位置 L_b より走査方向 D_s の下流側の撮像範囲 R_i は分割予定ライン S の未加工部分 S_d を含み、レーザ加工制御演算部 120 (制御部) は、当該撮像範囲 R_i を撮像することで分割予定ライン S の未加工部分 S_d の画像 IM を取得すること

ができる。

[0215] 特に、レーザ加工制御演算部120は、走査方向D_sにおいてレーザ照射位置L_bの下流（換言すれば、未加工部分S_d）において分割予定ラインSが撮像範囲R_iを交差している期間（交差期間）を通じて、赤外線カメラ81に露光を実行させる（流し撮り動作）。ここで、分割予定ラインSが撮像範囲R_iに交差するとは、分割予定ラインSが撮像範囲R_iに重複しつつ、分割予定ラインSの両端が撮像範囲R_iの外側に位置する状態を示す。

[0216] 図25はカメラの露光制御の一例を示すフローチャートである。図25のフローチャートは、レーザ加工制御演算部120がカメラ制御部122A、122Bを介して赤外線カメラ81を制御することで実行され、分割予定ラインSに対するライン加工処理に並行して実行される。ステップS1301では、2台の赤外線カメラ81それぞれの2個の撮像範囲R_iのうち、走査方向D_sの下流側の撮像範囲R_i（「下流撮像範囲R_i」と適宜称する）に、分割予定ラインSが交差したか（すなわち、分割予定ラインSのうち未加工部分S_dが交差したか）が判断される。

[0217] そして、下流撮像範囲R_iに分割予定ラインSが交差するタイミングで（ステップS1301で「YES」）、下流撮像範囲R_iを撮像する赤外線カメラ81が露光を開始する（ステップS1302）。ステップS1303では、下流撮像範囲R_iが分割予定ラインSの未加工部分S_dから外れた、すなわち交差しなくなったかが判断される。そして、下流撮像範囲R_iが分割予定ラインSの未加工部分S_dから外れるタイミングで（ステップS1303で「YES」）、当該撮像範囲R_iを撮像する赤外線カメラ81の露光を終了する（ステップS1304）。

[0218] このように、レーザ照射位置L_bの移動に伴って走査方向D_sに移動する撮像範囲R_iが赤外線カメラ81により撮像される。特に、走査方向D_sにおいてレーザ照射位置L_bの下流側において撮像範囲R_iが分割予定ラインSと交差している交差期間（ステップS1301～S1303の期間）を通じて、当該撮像範囲R_iを撮像する赤外線カメラ81の露光が継続される。し

たがって、交差期間を通じて、撮像範囲 R_i からの光を累積した画像 I_M （「流し撮り画像 I_M 」と適宜称する）が取得される。具体的には、赤外線カメラ 81 は、内蔵する個体撮像素子によって検出した光（赤外線）を累積することで、流し撮り画像 I_M を取得する。なお、この例では、露光を継続する期間は交差期間に一致するが、露光を継続する期間は例えば交差期間を含んで交差期間より長い期間であっても構わない。

[0219] 図 26 は流し撮り動作によって撮像される流し撮り画像から取得できる情報を模式的に示す図である。図 26 では、分割予定ライン S と、分割予定ライン S を流し撮り動作によって撮像することで得られる流し撮り画像 I_M と、当該流し撮り画像 I_M から取得できる情報（判定）とが対応付けて、互いに異なる 3 通りのアライメント状態 1 ~ 3 それぞれについて示されている。また、同図では、半導体基板 W に対して相対的に X 方向に移動するレーザ照射位置 L_b の軌跡 J （換言すれば、撮像範囲 R_i の中心 R_{ic} の軌跡 J ）が破線で示されている。特に、画像 I_M では、分割予定ライン S からの光を累積した累積ライン像 A_l が表れ、この累積ライン像 A_l に基づき情報が取得される。

[0220] アライメント状態 1 では、分割予定ライン S は X 方向に平行であり、軌跡 J に一致している。そのため、流し撮り画像 I_M では、累積ライン像 A_l が、 Y 方向における軌跡 J の位置 Y_j （ Y 座標）において X 方向に平行に延設され、細い幅（ Y 方向への幅）と高い輝度を有する。このような累積ライン像 A_l から、分割予定ライン S の位置は良好であると判定できる。

[0221] アライメント状態 2 では、分割予定ライン S は、 X 方向に平行に延設される一方、 Y 方向において軌跡 J に対してずれている。そのため、流し撮り画像 I_M では、累積ライン像 A_l が、 Y 方向において軌跡 J の位置 Y_j からずれた位置 Y_d において X 方向に延設され、細い幅と高い輝度を有する。このような累積ライン像 A_l から、分割予定ライン S と軌跡 J との間には、 Y 方向にずれ量（ $Y_d - Y_j$ ）の位置ずれが発生していると判定できる。

[0222] アライメント状態 3 では、分割予定ライン S は、 X 方向に対して傾斜して

延設される。そのため、画像IMでは、累積ライン像A1が、太い幅と低い輝度を有する。このような累積ライン像A1から、分割予定ラインSが軌跡Jに対して傾斜していると判定できる。

[0223] かかる知見に基づき、レーザ加工制御演算部120は、撮り流し画像IMに対して図27に示す判定を行う。図27は撮り流し画像に対して実行される画像判定の一例を示すフローチャートであり、図28は図27の画像判定で使用されるマスクを模式的に示す図である。

[0224] ステップS1401では、撮り流し画像IMに対してマスク処理が実行される。マスク処理で使用されるマスクM(図28)は、Y方向において、撮り流し画像IMの両側の端部Meを隠して、これら端部Meの間の中央部Mcを抽出する機能を果たす。端部Meは、X方向に平行に延設されており、中央部Mcは矩形を有する。ステップS1402は、流し撮り画像IMのうちの中央部Mcから累積ライン像A1を抽出する。具体的には、所定の閾値によって累積ライン像A1の各画素値(輝度)を二値化することで、累積ライン像A1を抽出することができる。また、クロージングやオープニングといった画像処理を適宜併用してもよい。

[0225] ステップS1403では、累積ライン像A1の輝度(例えば、輝度の平均値あるいは中央値)が閾輝度以上であるかが判断される。累積ライン像A1の輝度が閾輝度以上である場合(ステップS1403で「YES」の場合)には、流し撮り画像IMは、図26に例示するアライメント状態1~3のうち、加工結果1あるいは2のそれに該当すると推定できる。

[0226] そこで、ステップS1404では、Y方向において、軌跡Jの位置Yjと累積ライン像A1との間に位置ずれが発生しているかが判断される。具体的には、Y方向において軌跡Jの位置Yjと累積ライン像A1との距離が閾距離未満であれば、位置ずれは発生していない(NO)と判断される一方、当該距離が閾距離以上であれば、位置ずれが発生している(YES)と判断される。位置ずれが発生していない場合(ステップS1404で「NO」の場合)は、良好と判定されて(ステップS1405)、半導体基板Wに対する

ライン加工処理が継続される。

[0227] これに対して、位置ずれが発生している場合（ステップS1404で「YES」の場合には、流し撮り画像IMの撮像と並行して実行されたライン加工処理より後に実行されるライン加工処理において、レーザ照射位置Lbの軌跡Jに対する分割予定ラインSの位置が補正される（位置ずれ補正）。具体的には、流し撮り画像IMで撮像された分割予定ラインS（撮像分割予定ラインS）より後にライン加工処理が実行される分割予定ラインSと、レーザ照射位置Lbの位置とが、Y方向への位置ずれ量（ $=Y_d - Y_j$ ）だけY方向に補正される。こうして位置ずれが補正された状態で、当該分割予定ラインSに対するライン加工処理が開始される。これによって、Y方向において適正な位置にあるレーザ照射位置Lbによって、当該分割予定ラインSへのライン加工処理を開始できる。なお、位置ずれ補正は、撮像分割予定ラインSの次にライン加工処理が実行される分割予定ラインSについて間に合わない場合には、分割予定ラインSの次の次にライン加工処理が実行される分割予定ラインSについて実行するようにしてもよい。

[0228] ステップS1403で累積ライン像A1の輝度が閾輝度未満である場合（ステップS1403で「NO」の場合）には、流し撮り画像IMは、図26に例示するアライメント状態1～3のうち、アライメント状態3のそれに該当すると推定できる。そこで、ステップS1407では、累積ライン像A1のY方向の幅が下限幅未満であるかが判断される。そして、累積ライン像A1の幅が下限幅未満である場合（ステップS1407で「YES」の場合）には、図26に示す各アライメント状態とは異なる異常が発生したと考えられる。そのため、レーザ加工制御演算部120は、ディスプレイやブザーによってユーザに警告を報知する（ステップS1408）。

[0229] 一方、累積ライン像A1の幅が下限幅以上である場合（ステップS1407で「NO」の場合）には、アライメント状態3に例示するように分割予定ラインSがレーザ照射位置Lbの軌跡Jに対して傾斜していると推定される。そこで、ステップS1409では、Y方向の累積ライン像A1の幅が上限

幅（下限幅より広い）以上であるかが判断される。累積ライン像A1の幅が上限幅以上である場合（ステップS1409で「YES」の場合）には、レーザ照射ラインGの傾きが過大であることから、レーザ加工制御演算部120は、ディスプレイやブザーによってユーザに傾きエラーを報知する（ステップS1410）。

[0230] これに対して、累積ライン像A1の幅が上限幅未満である場合（ステップS1409で「NO」の場合）には、2点アライメントが実行される（ステップS1411）。この2点アライメントでは、半導体基板Wの所定の2点を赤外線カメラ81によって撮像した結果に基づき、これら2点の位置（X座標、Y座標）が算出される。さらに、これら2点の位置から、 θ 方向における半導体基板Wの角度ずれが算出されて、この角度ずれに基づき半導体基板Wの θ 方向への回転角度が調整される。これによって、半導体基板Wの分割予定ラインSがX方向に平行に調整される。

[0231] このように、上で示す変形例では、撮像部8の撮像範囲Riの中心Ricと、レーザ照射位置Lbに照射されるレーザ光Bの焦点とがX方向に並ぶ。したがって、レーザ光Bの照射を受ける直前の状態を撮像範囲Riの画像IMによつて的確に捉えることができる。

[0232] また、複数の分割予定ラインSのうちの一の分割予定ラインS（対象ライン）に対するライン加工処理の実行中において、撮像部8は、当該一の分割予定ラインSのうち未加工部分S_dが撮像範囲Riに交差する期間を通じて赤外線カメラ81に露光を継続させる全期間撮像（流し撮り動作）によって画像IMを取得する。かかる構成では、撮像範囲Riの画像IMの輝度をX方向に累積した情報（累積ライン像A1）を得ることができる。

[0233] ところで、このような流し撮り画像では、累積された輝度が赤外線カメラ81（固体撮像素子）のダイナミクスレンジに到達して、画像IMの輝度が飽和する恐れがある。そこで、撮像部8は、当該撮像部8から撮像範囲Riに照射する照明強度を調整する。具体的には、赤外線カメラ81を半導体基板Wに対して静止させて赤外線カメラ81により撮像する静止撮像の際の露

光時間 T_0 および照明強度 L_0 に対して、流し撮り動作での露光時間 T_c および照明強度 T_c が、次の関係式

$$L_c = T_0 \times L_0 / T_c$$

を満たすように、照明強度 T_c が調整されている。これによって、画像 I_M の輝度が飽和するのを抑止できる。

[0234] また、レーザ加工制御演算部 120 は、流し撮り動作（全期間撮像）によって取得された流し撮り画像 I_M に基づき、分割予定ライン S に対するレーザ照射位置 L_b の適否を判定する（図 27）。かかる構成では、流し撮り画像 I_M に基づき、レーザ照射位置 L_b の適否を確認することができる。

[0235] また、レーザ加工制御演算部 120 は、流し撮り画像 I_M のうち、 Y 方向（直交方向）の両端部 M_e を除いた中央部 M_c に基づき、分割予定ライン S に対するレーザ照射位置 L_b の適否を判定する。かかる構成では、流し撮り画像 I_M の Y 方向の両端部 M_e に表れる不要な情報を除いて、レーザ照射位置 L_b の適否を確認できる。

[0236] また、レーザ加工制御演算部 120 は、レーザ照射位置 L_b が一の分割予定ライン S （対象ライン）に対して Y 方向にずれる位置ずれの発生を流し撮り画像 I_M に基づき確認すると（ステップ S1404 で「YES」）、一の分割予定ライン S に対するレーザ照射位置 L_b の Y 方向への位置ずれ量（ $Y_d - Y_j$ ）を取得して、一の分割予定ライン S へのライン加工処理より後にライン加工処理を実行する際のレーザ照射位置 L_b を位置ずれ量（ $Y_d - Y_s$ ）に基づき補正する（ステップ S1406）。これによって、レーザ照射位置 L_b の位置ずれを Y 方向に補正して、ライン加工処理を適切に実行することができる。

[0237] また、レーザ加工制御演算部 120 は、一の分割予定ライン S （対象ライン）に対するレーザ照射位置 L_b の軌跡 J の傾斜を流し撮り画像 I_M に基づき確認すると、傾斜を補正するアライメントを実行する（ステップ S1411）。かかる構成では、レーザ照射位置 L_b の分割予定ライン S に対する傾斜を補正して、ライン加工処理を適切に実行することができる。

- [0238] なお、本発明は上記実施形態に限定されるものではなく、その趣旨を逸脱しない限りにおいて上述したものに対して種々の変更を加えることが可能である。具体的には、次の通りである。
- [0239] また、上記の例では、撮像部8は互いに直交する2本の分割予定ラインSの交差点を撮像するが、撮像部8の撮像対象はこれに限られず、例えば半導体チップCに付されたアライメントマーク等でも良い。
- [0240] また、レーザ照射位置Lbを半導体基板Wに対して相対的に移動させる具的構成は、上記のXY θ 駆動テーブル6に限られず、例えば加工ヘッド71をX方向およびY方向に駆動する駆動機構でも構わない。
- [0241] また、撮像部8の台数は2台に限られず、例えば1台でも構わない。
- [0242] また、上記に示したレーザ加工方法（図11の基板加工等）によって、個々に分離された半導体チップCを製造してもよい（半導体チップ製造方法）。この半導体チップ製造方法では、上記のレーザ加工方法によって半導体基板Wの分割予定ラインSに対してライン加工処理を行って、改質層が形成される（レーザ加工工程）。続いて、半導体基板Wを保持するテープEを引き延ばして、当該テープEを拡張することで、複数の半導体チップCのそれぞれが分離される（エキスパンド工程）。

符号の説明

- [0243] 1…レーザ加工装置
3…チャックステージ（支持部材）
63…Y軸駆動部（送り軸駆動部）
65…X軸駆動部（加工軸駆動部）
71…加工ヘッド
72…レーザ光源
8…撮像部
100…制御部（コンピュータ）
191…レーザ加工プログラム
192…記録媒体

請求の範囲

- [請求項1] 互いに平行な複数の加工ラインを有する加工対象物を、前記加工ラインが所定の加工方向に平行となるように支持する支持部材と、
所定のレーザ照射位置にレーザ光を照射する加工ヘッドと、
前記支持部材および前記加工ヘッドの少なくとも一方を前記加工方向に駆動することで、前記加工対象物に対して前記レーザ照射位置を前記加工方向に相対的に移動させる加工軸駆動部と、
前記加工軸駆動部によって前記レーザ照射位置を前記加工ラインに沿って移動させつつ前記加工ヘッドによって前記レーザ照射位置にレーザ光を照射することで前記加工ラインを加工するライン加工処理を実行する制御部と、
前記レーザ照射位置が前記加工対象物に対して相対的に移動するのに伴って前記レーザ照射位置と一体的に前記加工対象物に対して相対的に移動する所定の撮像範囲を撮像する撮像部と
を備え、
前記撮像部は、前記ライン加工処理の実行中において前記加工対象物に対して相対的に移動する前記撮像範囲を撮像することで、前記加工対象物のうち前記撮像範囲に重複する部分の画像を取得するレーザ加工装置。
- [請求項2] 前記撮像部は、前記ライン加工処理において前記レーザ照射位置が前記加工ラインに対して移動する方向の下流側に設けられた前記撮像範囲を撮像する請求項1に記載のレーザ加工装置。
- [請求項3] 前記撮像部は、前記ライン加工処理を1回実行する期間に、前記撮像範囲の撮像を複数回実行する請求項1または2に記載のレーザ加工装置。
- [請求項4] 前記支持部材および前記加工ヘッドの少なくとも一方を前記加工方向に直交する送り方向に駆動することで、前記加工対象物に対して前記レーザ照射位置を前記送り方向に相対的に移動させる送り軸駆動部

をさらに備え、

前記送り軸駆動部が前記加工対象物に対して前記レーザ照射位置を前記送り方向に移動させることで、前記複数の加工ラインのうち、前記ライン加工処理の対象とする前記加工ラインが変更され、

前記制御部は、前記加工方向の第1の側に前記レーザ照射位置を移動させる前記ライン加工処理によって、前記複数の加工ラインのうち第1の加工ラインを加工する第1のライン加工処理と、前記加工方向の前記第1の側と逆の第2の側に前記レーザ照射位置を移動させる前記ライン加工処理によって、前記複数の加工ラインのうち前記第1の加工ラインと異なる第2の加工ラインを加工する第2のライン加工処理とを、順番に実行し、

前記第1のライン加工処理を終了してから前記第2のライン加工処理を開始するまでの切換期間において、前記加工軸駆動部は、前記加工方向において、前記第1の加工ラインを前記第1の側に通過した前記レーザ照射位置を前記第1の側に向けて減速させて停止させてから前記第2の側に向けて加速することで、前記レーザ照射位置を前記第2の加工ラインへ到達させる反転駆動を実行し、前記送り軸駆動部は、前記第1の加工ラインに沿って前記第1の加工ラインの外側まで前記加工方向に延設された第1の仮想直線上から、前記第2の加工ラインに沿って前記第2の加工ラインの外側まで前記加工方向に延設された第2の仮想直線上まで、前記レーザ照射位置を前記送り方向へ継続的に移動させる継続送り駆動を実行し、

前記制御部は、前記加工軸駆動部が前記反転駆動で前記レーザ照射位置を停止させるより前に前記送り軸駆動部が前記継続送り駆動を開始し、前記加工軸駆動部が前記反転駆動で前記レーザ照射位置を停止させた後に前記送り軸駆動部が前記継続送り駆動を終了するように、前記加工軸駆動部および前記送り軸駆動部を制御して、前記反転駆動のために前記加工方向における前記レーザ照射位置の移動が停止する

時点の前後を通じて前記送り軸駆動部に前記レーザー照射位置を前記送り方向に移動させる請求項 1 ないし 3 のいずれか一項に記載のレーザー加工装置。

[請求項5] 前記撮像部は、前記ライン加工処理の実行中において前記加工ラインを少なくとも含む前記撮像範囲を撮像する請求項 1 ないし 4 のいずれか一項に記載のレーザー加工装置。

[請求項6] 前記撮像部の前記撮像範囲の中心と前記レーザー照射位置に照射されるレーザー光の焦点とが前記加工方向に並ぶ請求項 1 ないし 5 のいずれか一項に記載のレーザー加工装置。

[請求項7] 前記複数の加工ラインのうちの一の対象ラインに対する前記ライン加工処理の実行中において、前記撮像部は、前記一の対象ラインのうち前記レーザー光の照射による加工が未実行の未加工部分が前記撮像範囲に交差する期間を通じてカメラに露光を継続させる全期間撮像によって前記画像を取得する請求項 6 に記載のレーザー加工装置。

[請求項8] 前記カメラが、当該カメラに対して静止する前記加工対象物を撮像する際の露光時間 T_0 および照明強度 L_0 に対して、前記全期間撮像での露光時間 T_c および照明強度 L_c が、次の関係式

$$L_c = T_0 \times L_0 / T_c$$

を満たす請求項 7 に記載のレーザー加工装置。

[請求項9] 前記制御部は、前記全期間撮像によって取得された前記画像に基づき、前記加工ラインに対する前記レーザー照射位置の適否を判定する請求項 7 または 8 に記載のレーザー加工装置。

[請求項10] 前記制御部は、前記画像のうち、前記加工方向に直交する直交方向の両端部を除いた中央部に基づき、前記加工ラインに対する前記レーザー照射位置の適否を判定する請求項 9 に記載のレーザー加工装置。

[請求項11] 前記制御部は、前記レーザー照射位置が前記一の対象ラインに対して前記加工方向に直交する直交方向にずれる位置ずれの発生を前記画像に基づき確認すると、前記一の対象ラインに対する前記レーザー照射位

置の前記直交方向への位置ずれ量を取得して、前記一の対象ラインより後に前記ライン加工処理を実行する際の前記レーザ照射位置を前記位置ずれ量に基づき前記直交方向に補正する請求項 9 または 10 に記載のレーザ加工装置。

[請求項12] 前記制御部は、前記一の対象ラインに対する前記レーザ照射位置の軌跡の傾斜を前記画像に基づき確認すると、前記傾斜を補正するアライメントを実行する請求項 9 ないし 11 のいずれか一項に記載のレーザ加工装置。

[請求項13] 互いに平行な複数の加工ラインを有する加工対象物を、前記加工ラインが所定の加工方向に平行となるように、支持部材により支持する工程と、

所定のレーザ照射位置にレーザ光を照射する加工ヘッドおよび前記支持部材の少なくとも一方を前記加工方向に駆動することで前記加工対象物に対して前記レーザ照射位置を前記加工方向に相対的に移動させる加工軸駆動部によって前記レーザ照射位置を前記加工ラインに沿って移動させつつ加工ヘッドによって前記レーザ照射位置にレーザ光を照射することで前記加工ラインを加工するライン加工処理を実行する工程と、

前記レーザ照射位置が前記加工対象物に対して相対的に移動するのに伴って前記レーザ照射位置と一体的に前記加工対象物に対して相対的に移動する所定の撮像範囲を撮像する撮像部が、前記ライン加工処理の実行中において前記加工対象物に対して相対的に移動する前記撮像範囲を撮像することで、前記加工対象物のうち前記撮像範囲に重複する部分の画像を取得する工程とを備えたレーザ加工方法。

[請求項14] 請求項 13 に記載のレーザ加工方法をコンピュータに実行させるレーザ加工プログラム。

[請求項15] 請求項 14 に記載のレーザ加工プログラムを、コンピュータにより

読み出し可能に記録する記録媒体。

[請求項16] 加工ラインによって分けられた複数の半導体チップが配列された半導体基板を、請求項13に記載のレーザ加工方法によって加工する工程と、

前記レーザ加工方法によって加工された半導体基板を粘着力によって保持するテープを拡張することで前記複数の半導体チップのそれぞれを分離する工程と

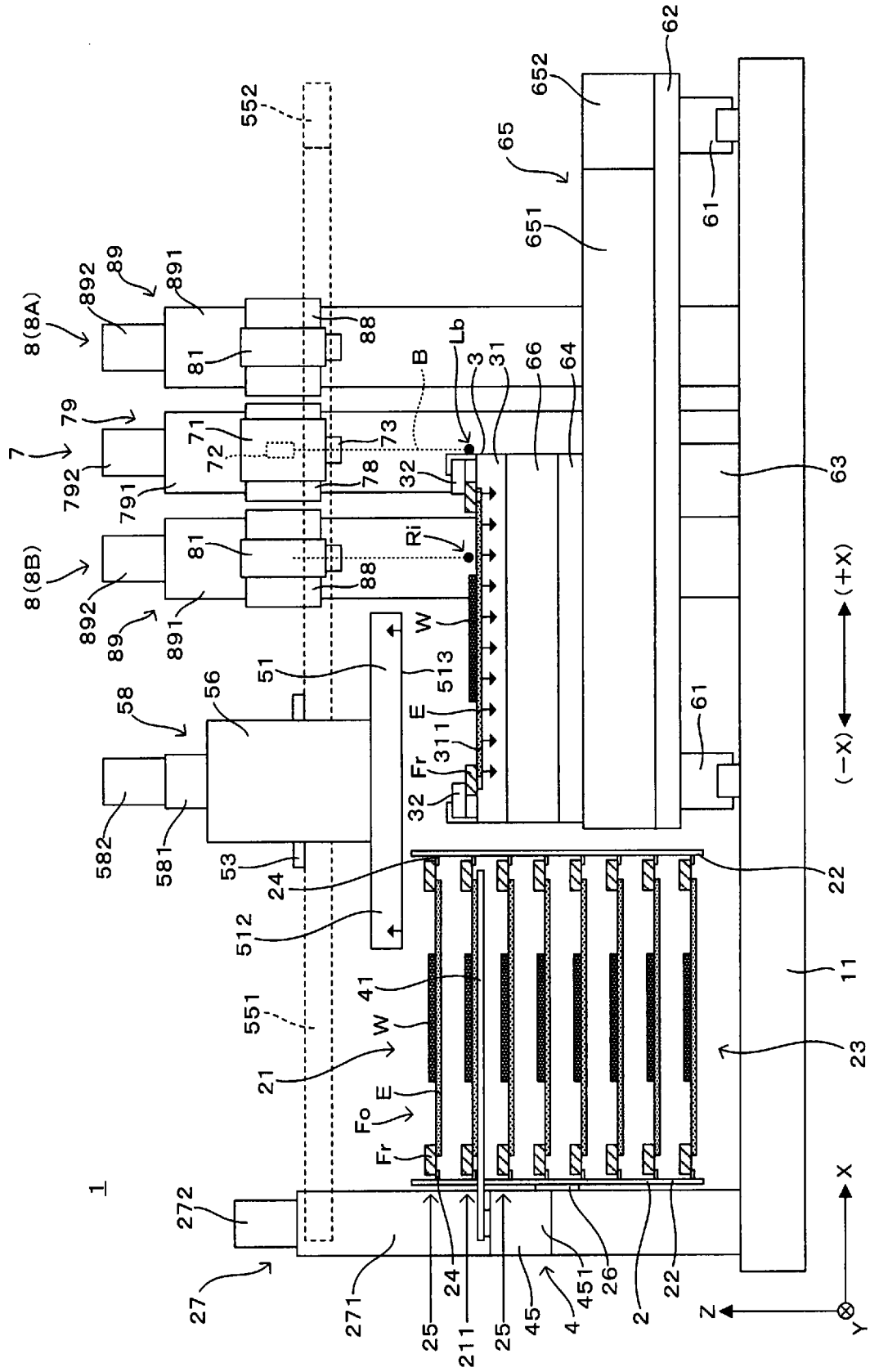
を備えた半導体チップ製造方法。

[請求項17] 加工ラインによって分けられた複数の半導体チップが配列された半導体基板を、請求項13に記載のレーザ加工方法によって加工する工程と、

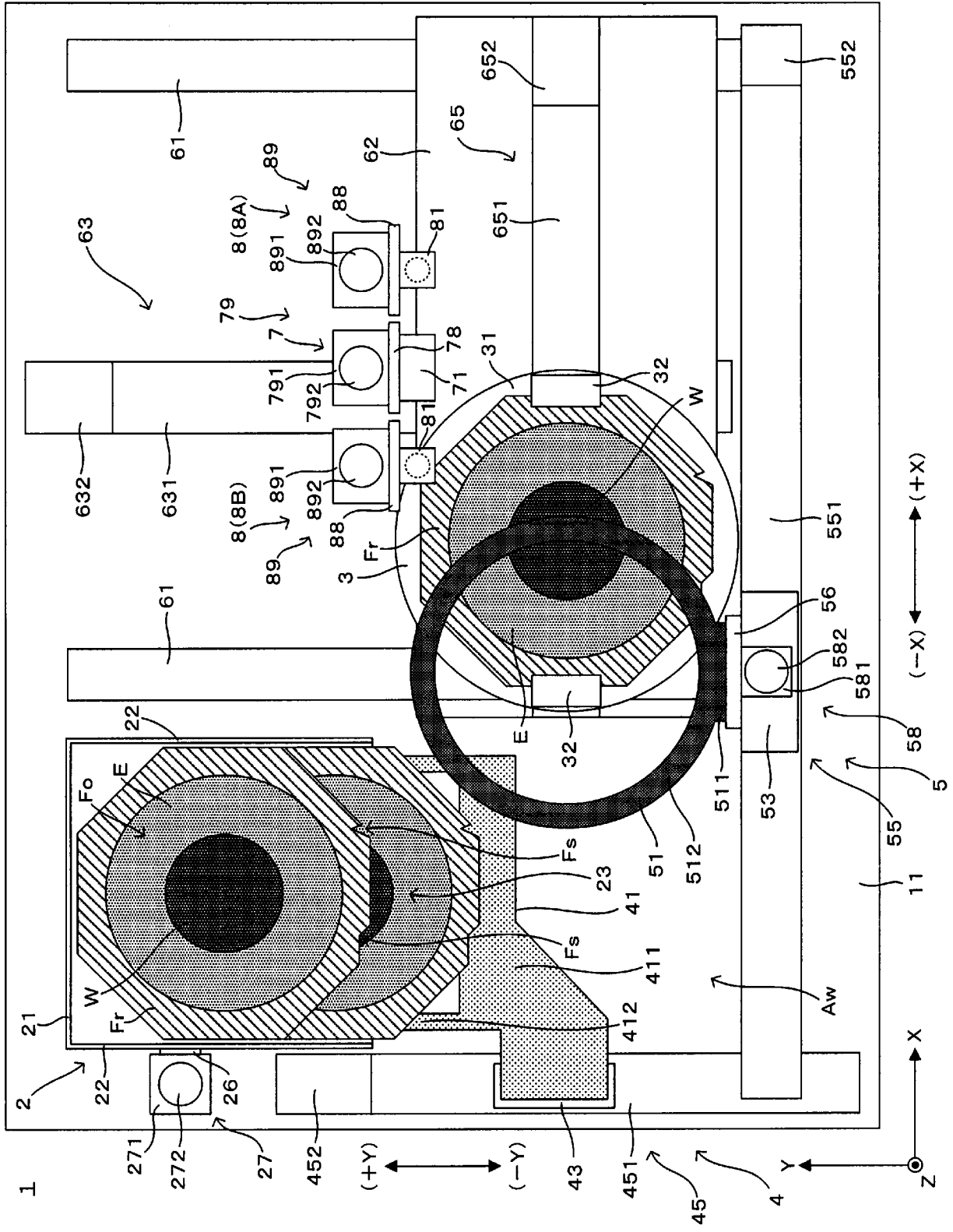
前記レーザ加工方法によって加工された半導体基板を粘着力によって保持するテープを拡張することで前記複数の半導体チップのそれぞれを分離する工程と

によって製造された半導体チップ。

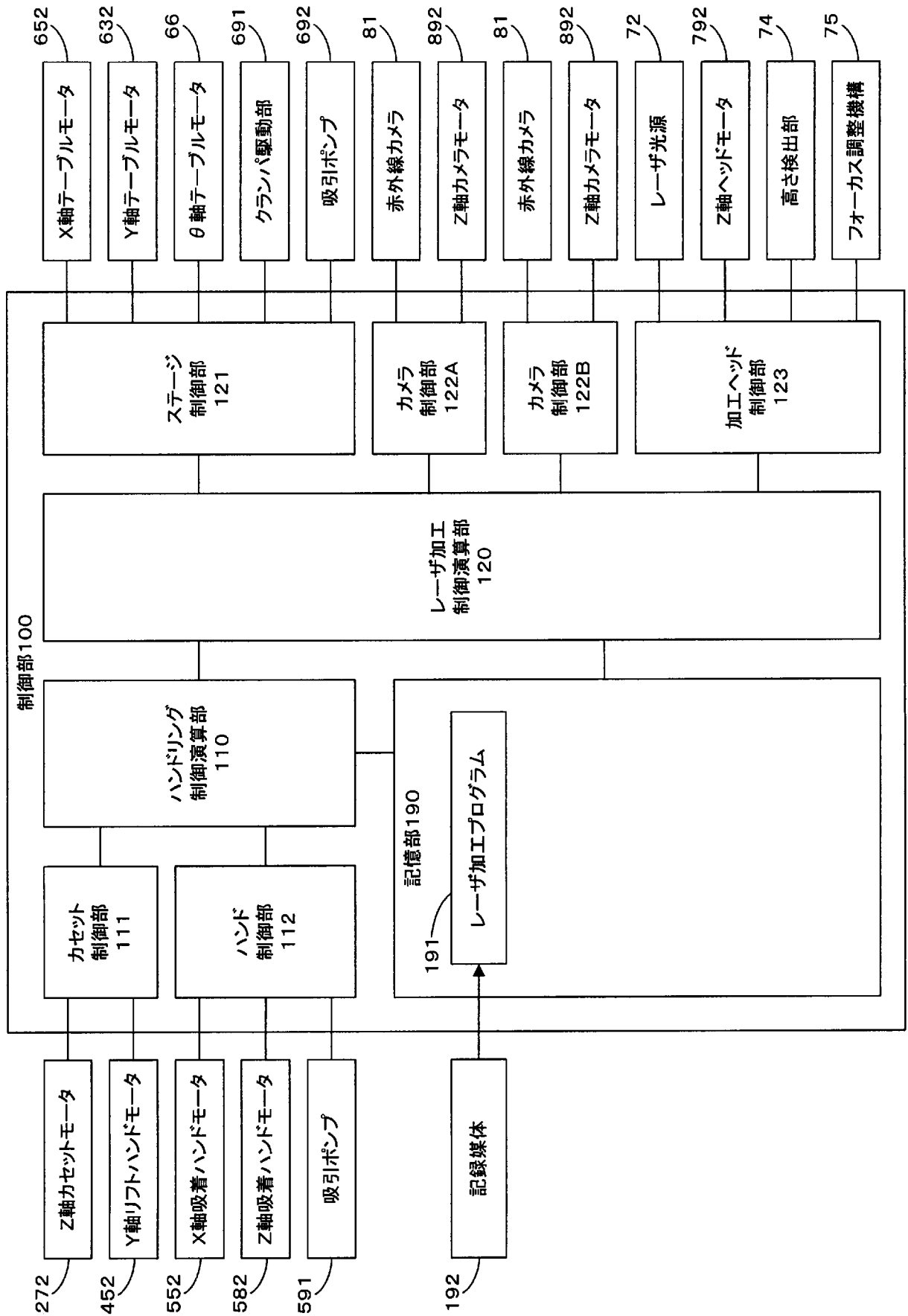
[1]



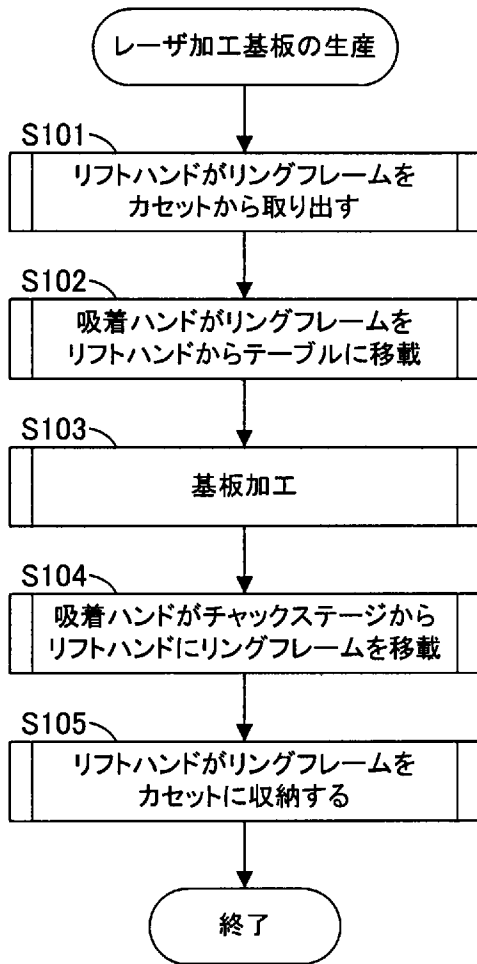
[図2]



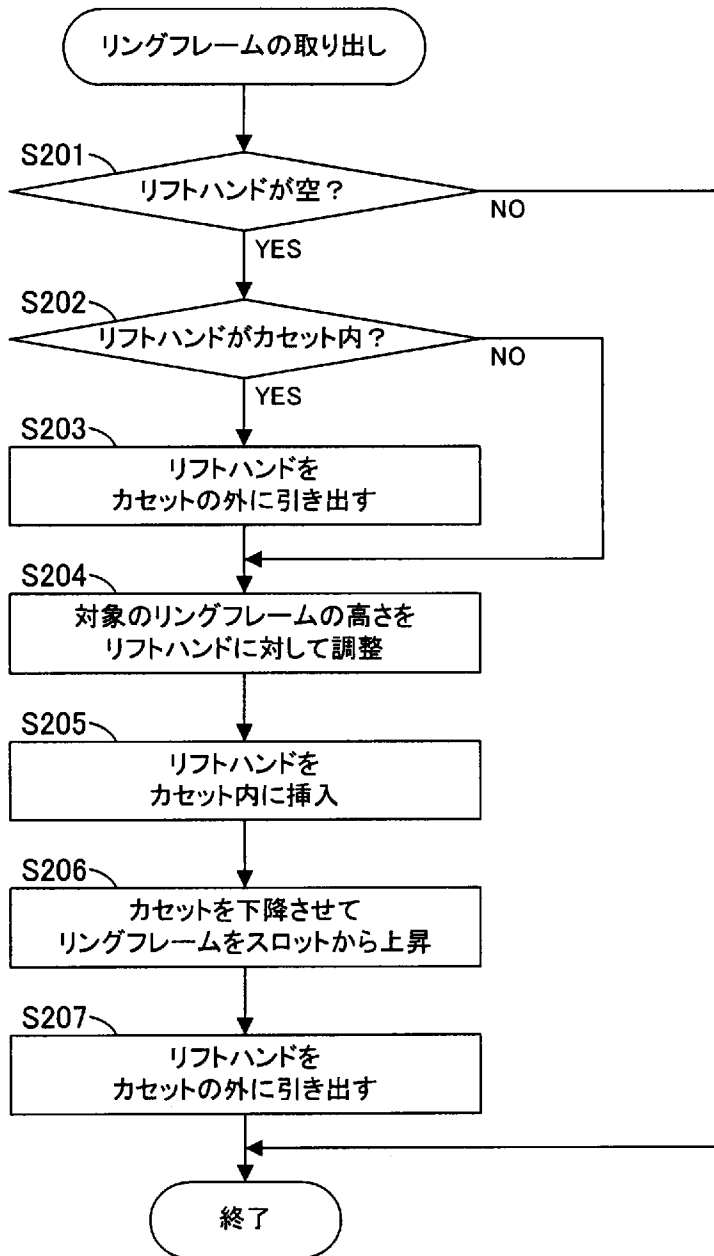
[図3]



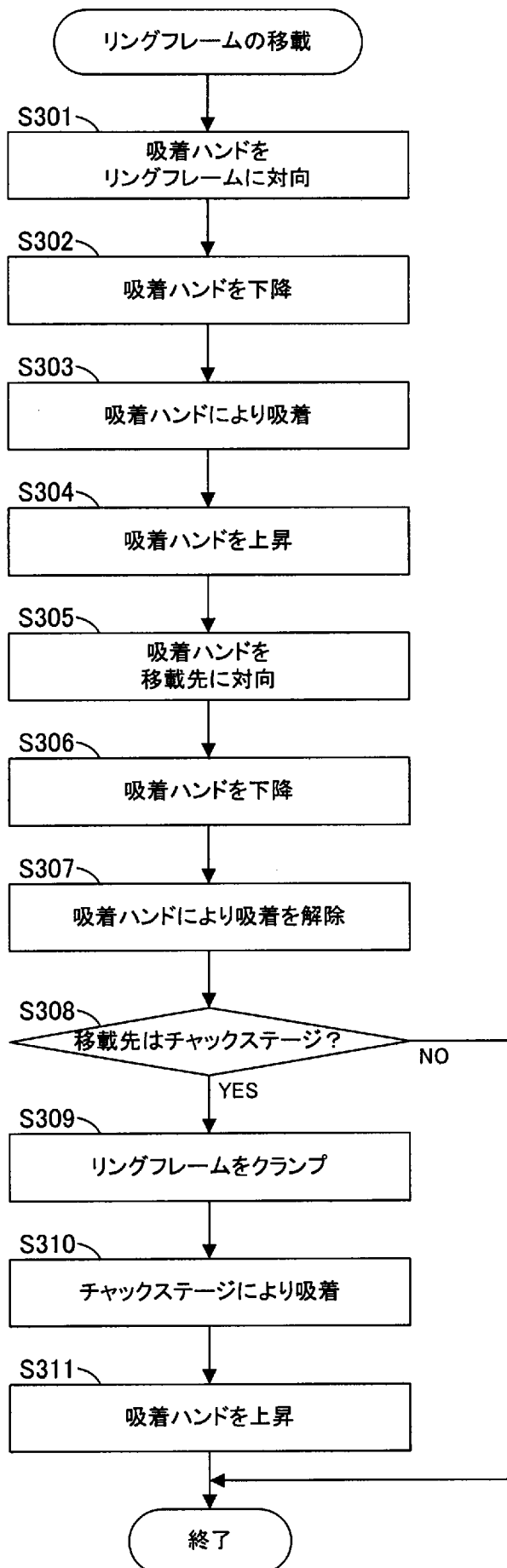
[図4]



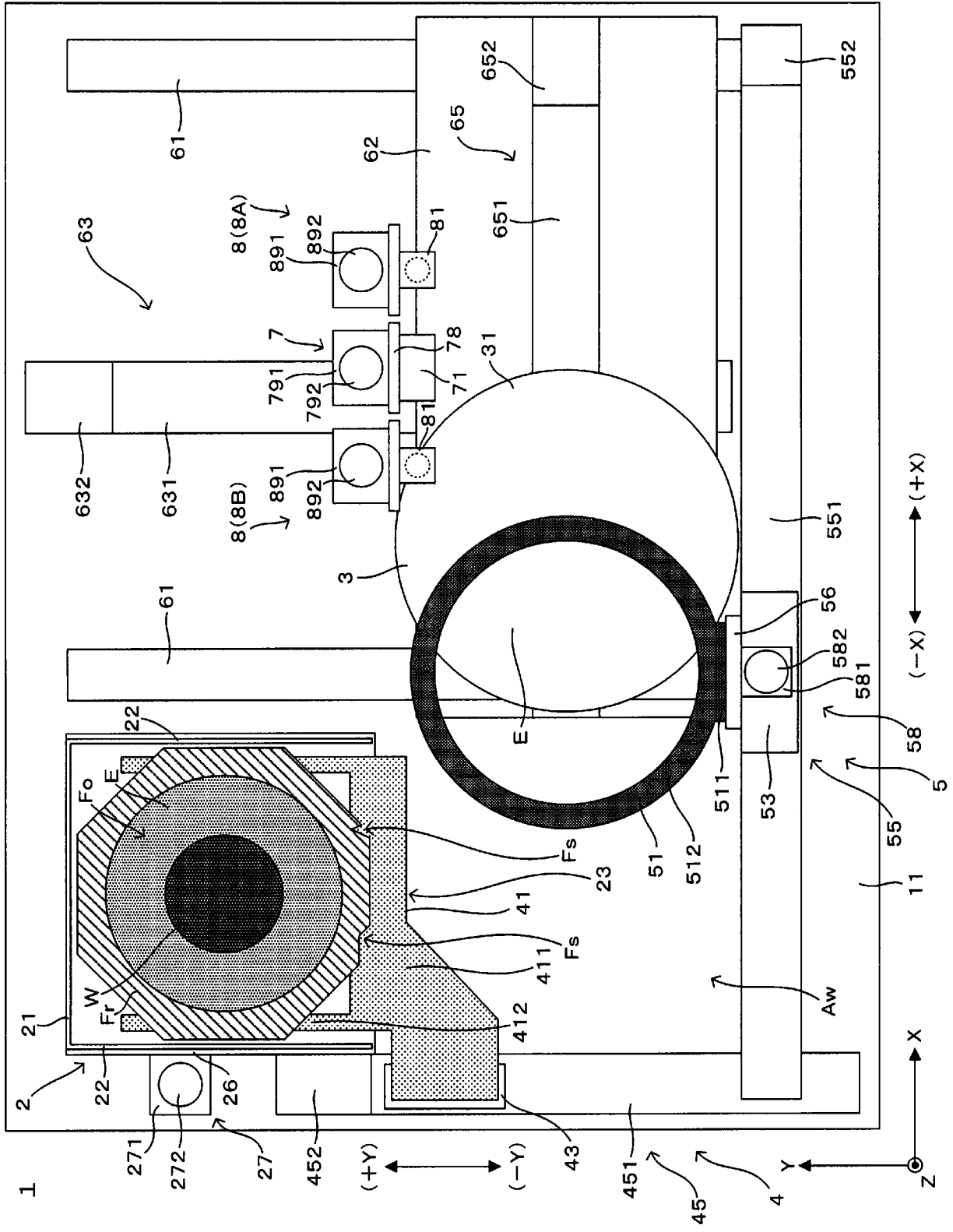
[図5]



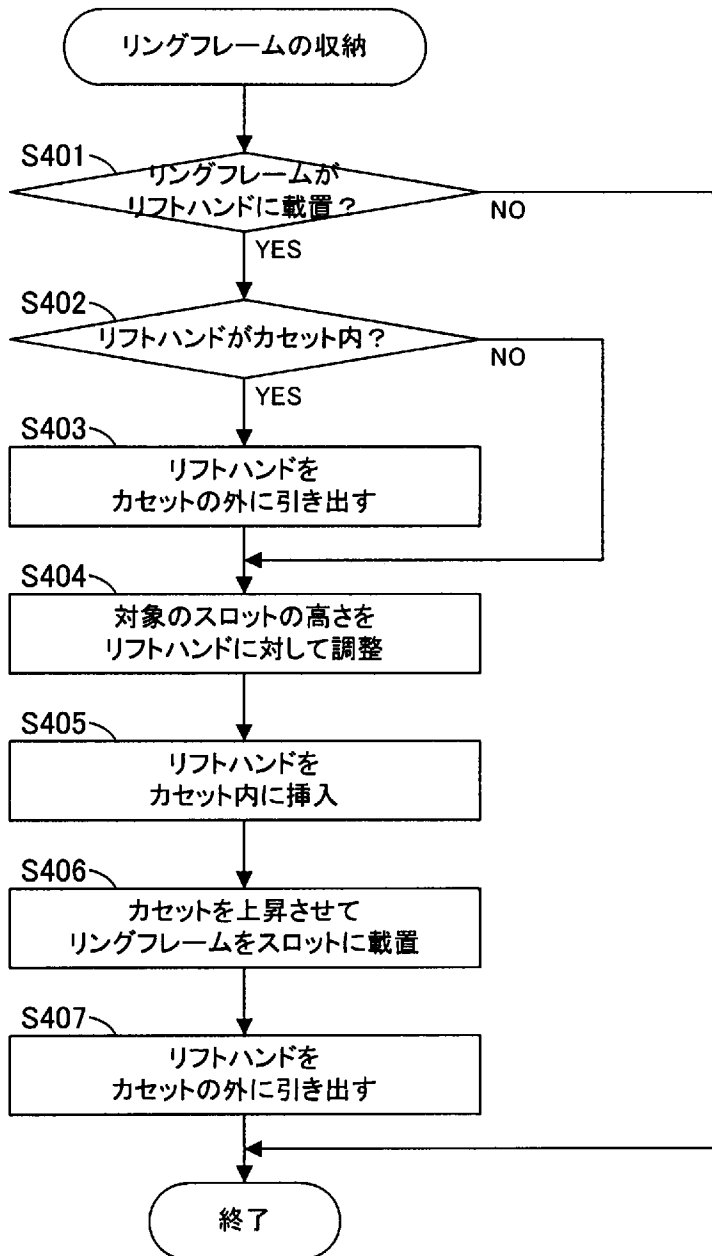
[図6]



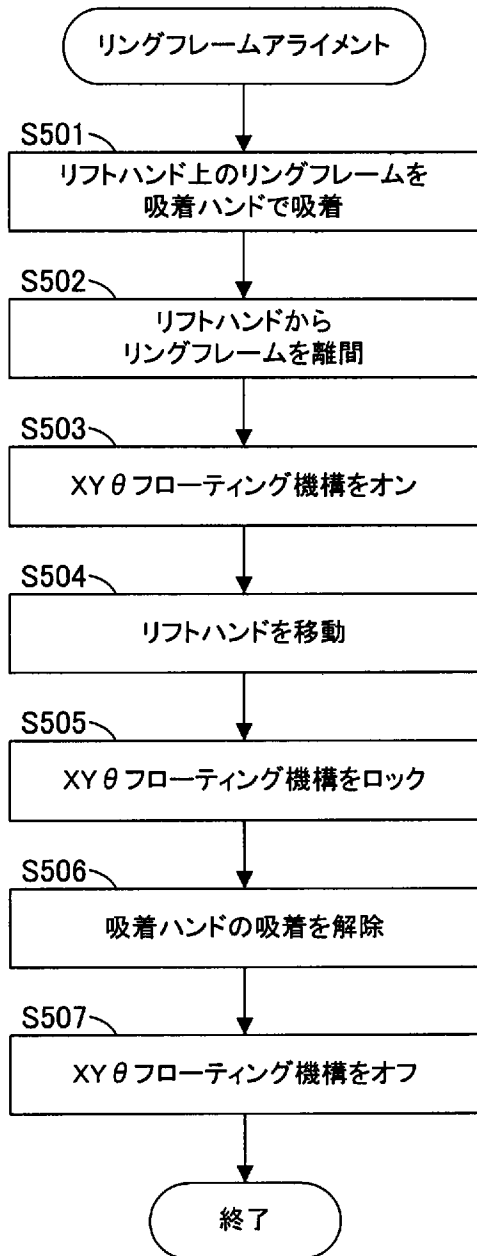
[7A]



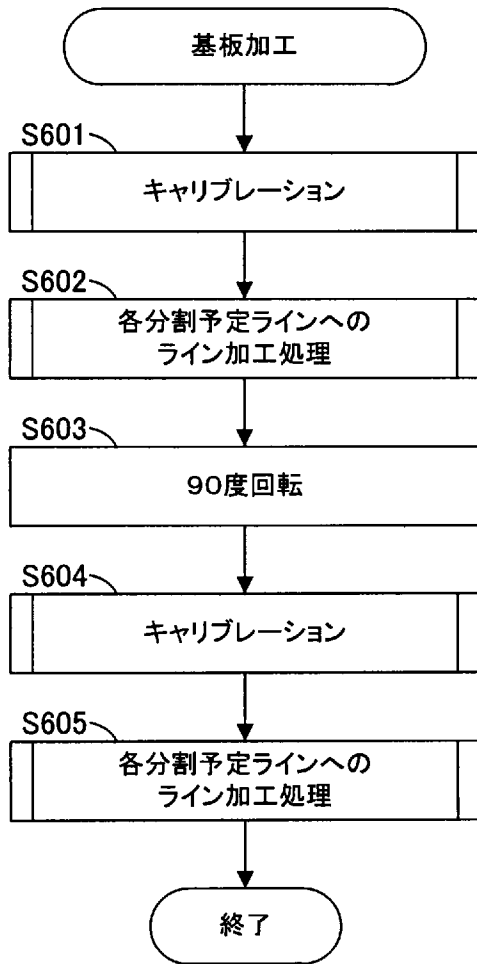
[図8]



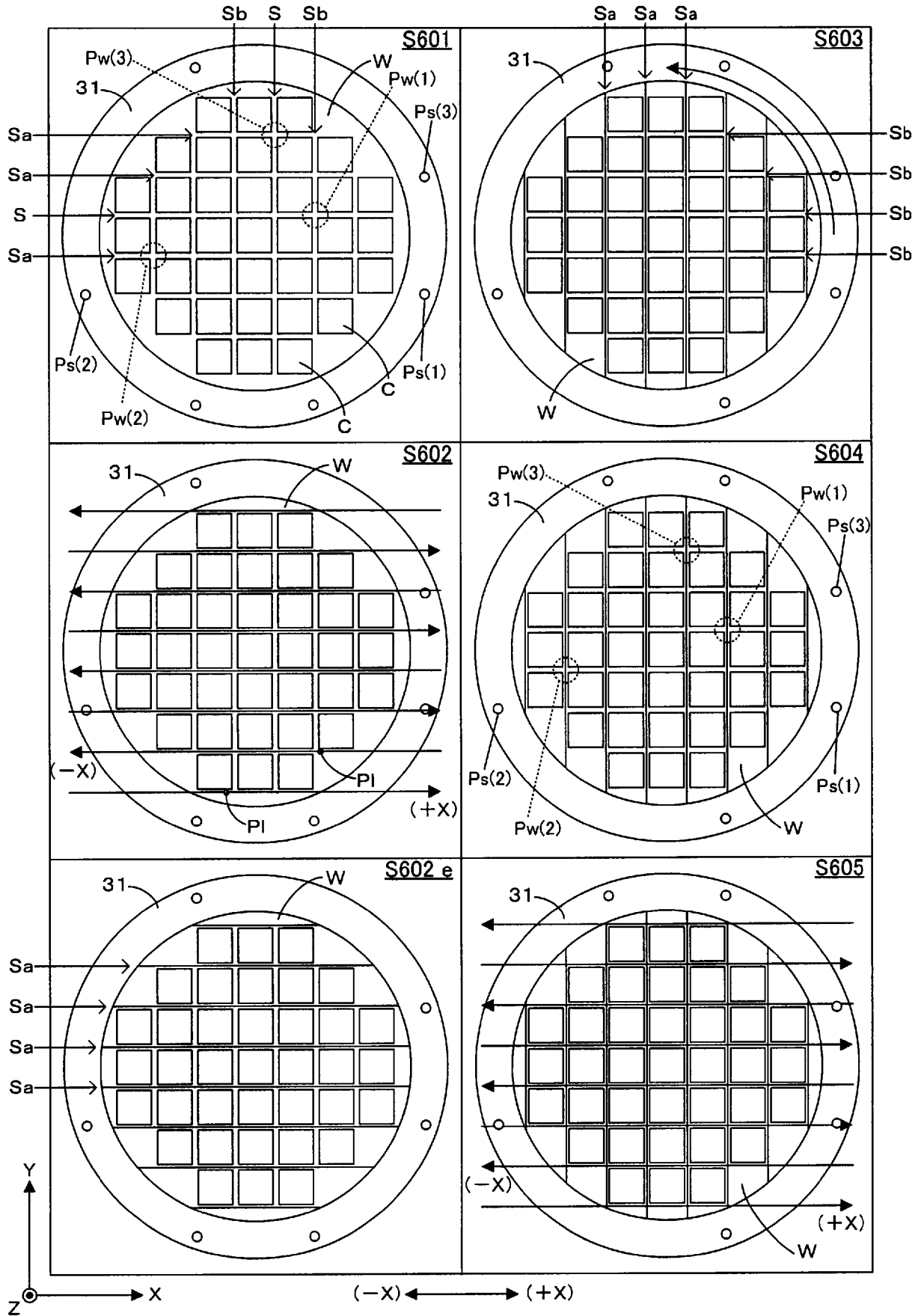
[図9]



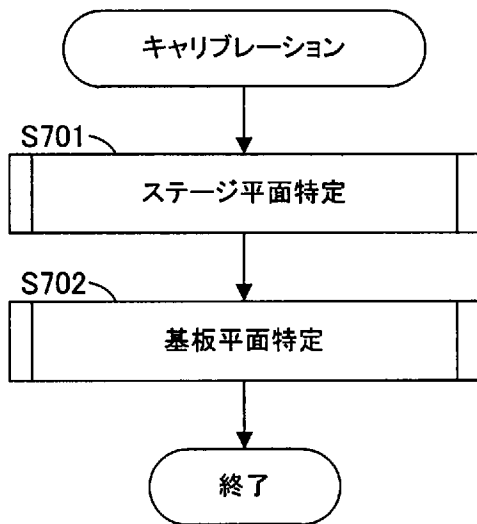
[図11]



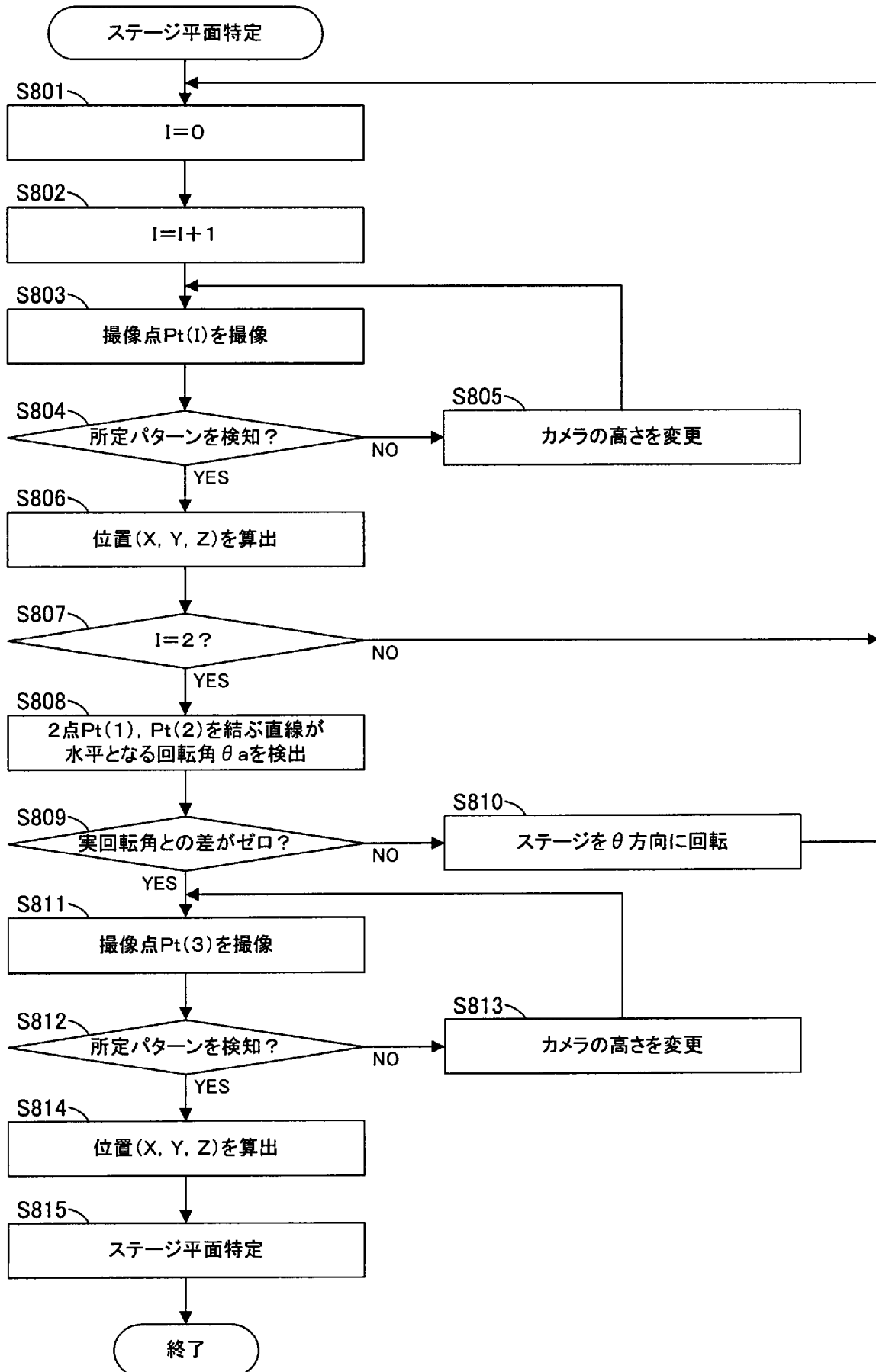
[図12]



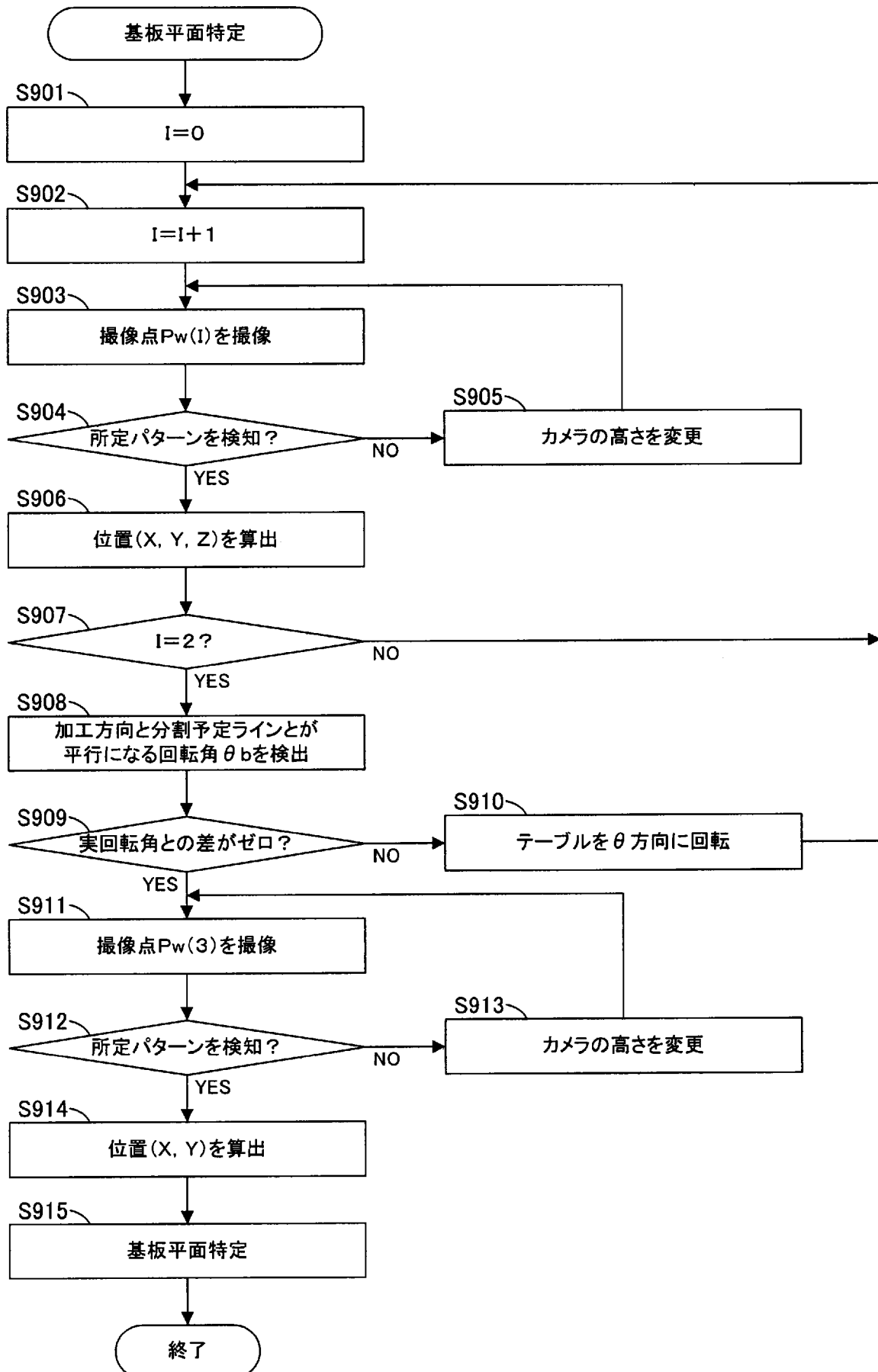
[図13A]



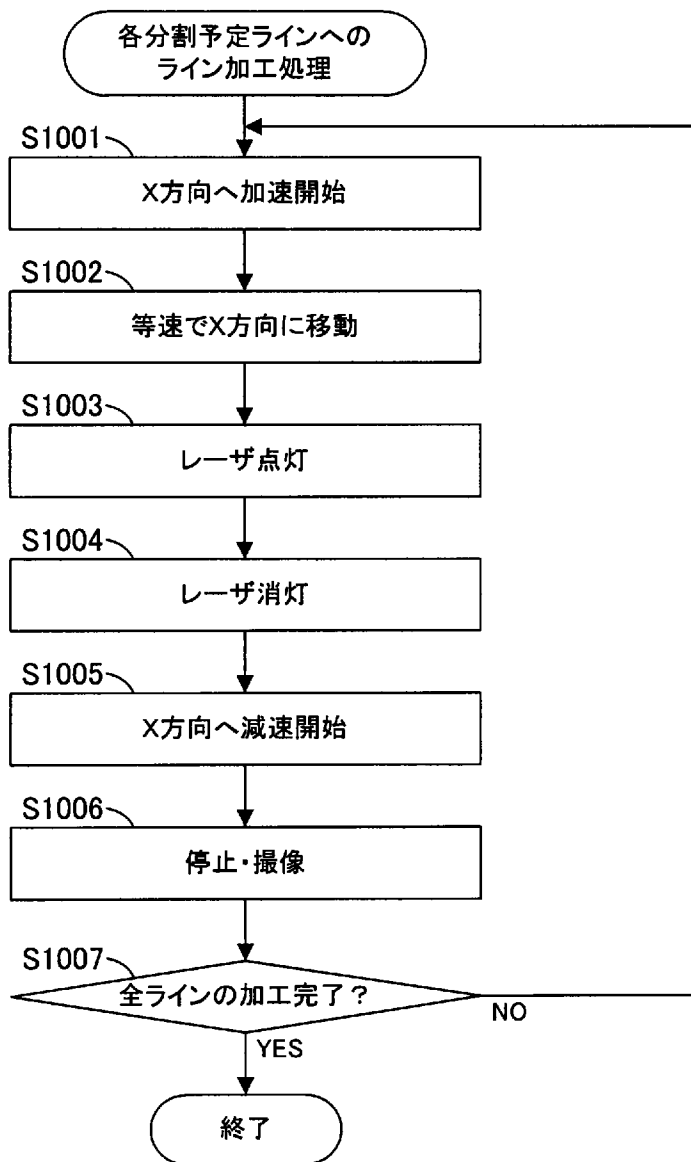
[図13B]



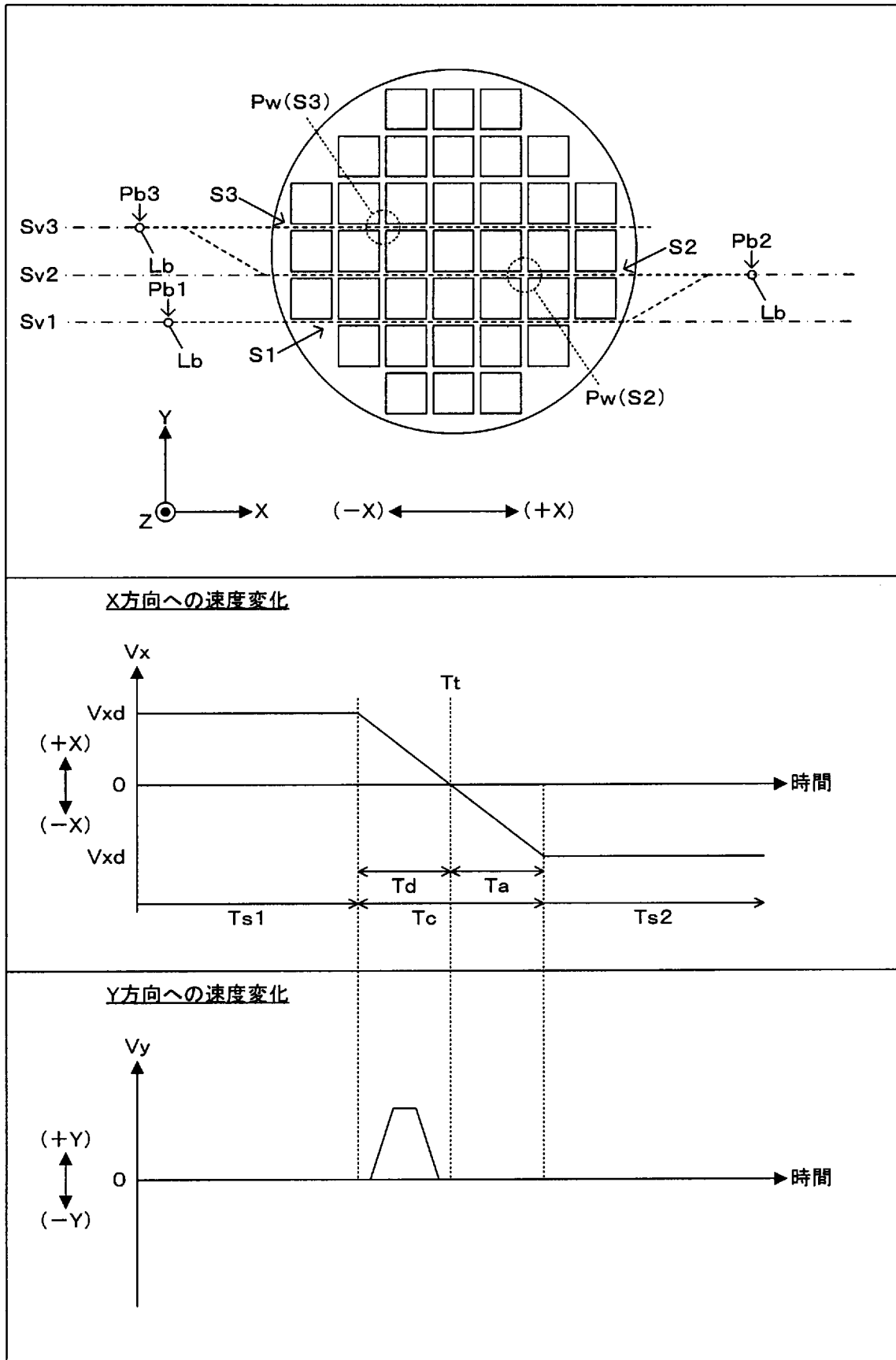
[図13C]



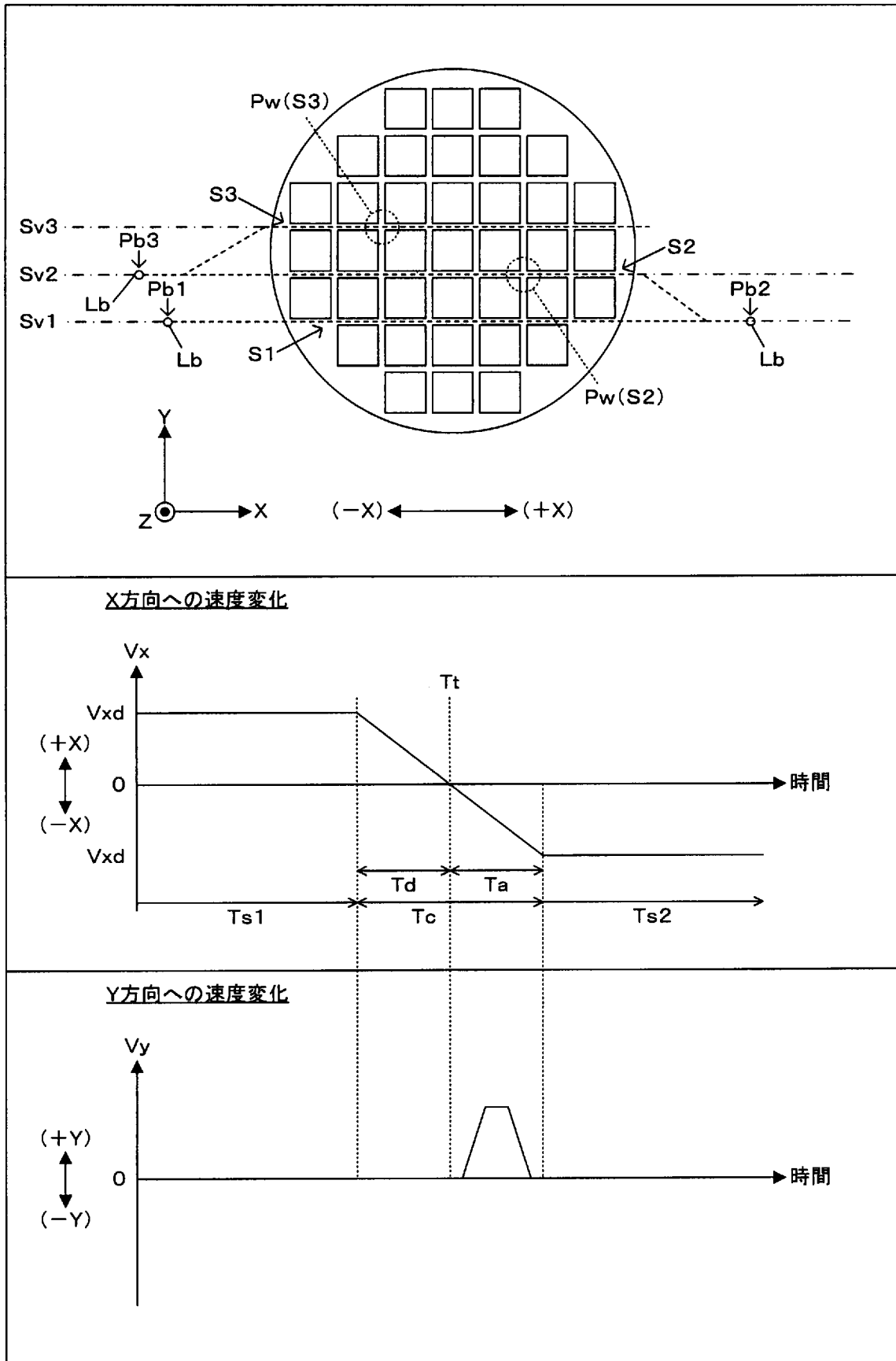
[図14]



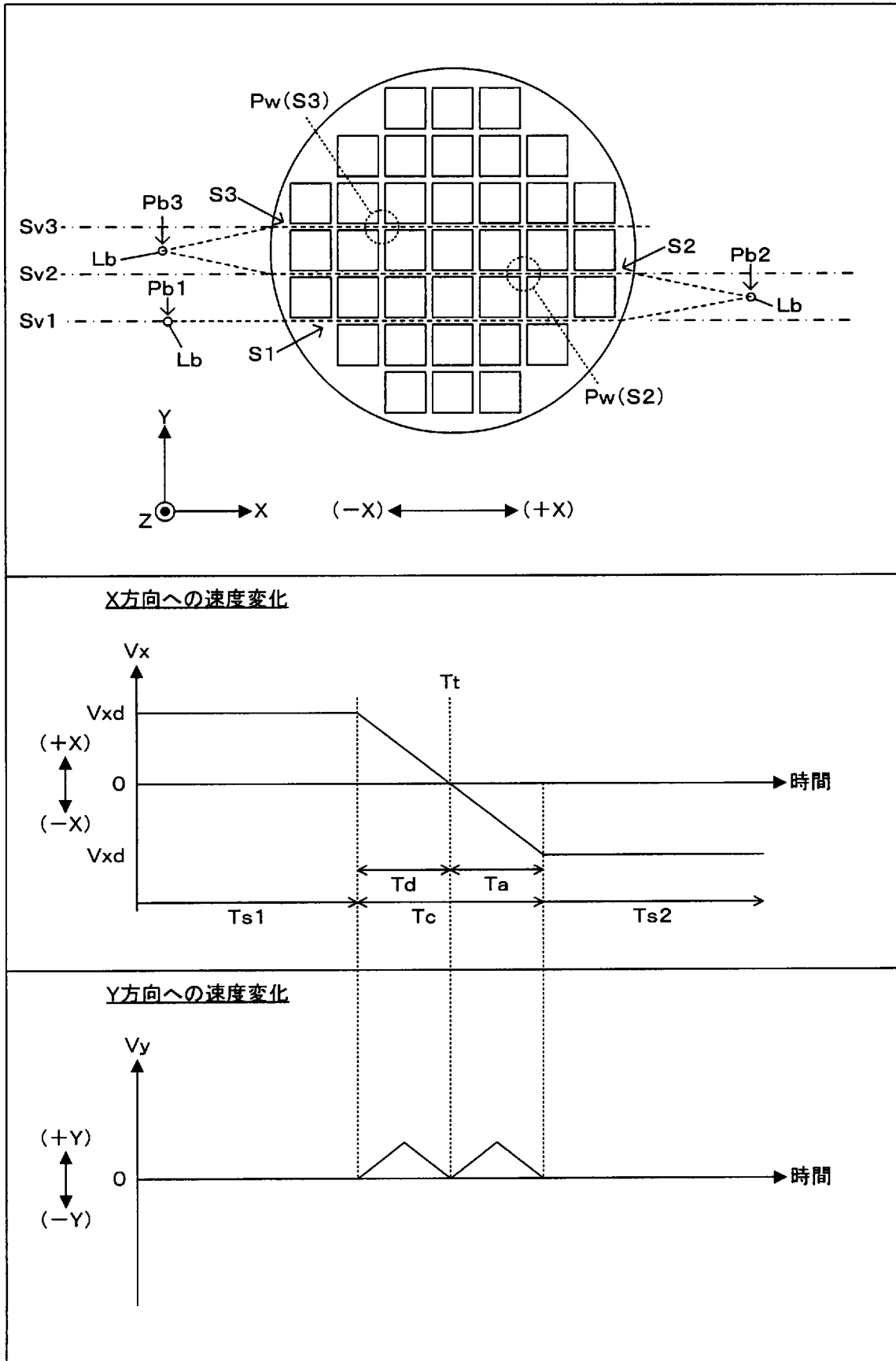
[図15A]



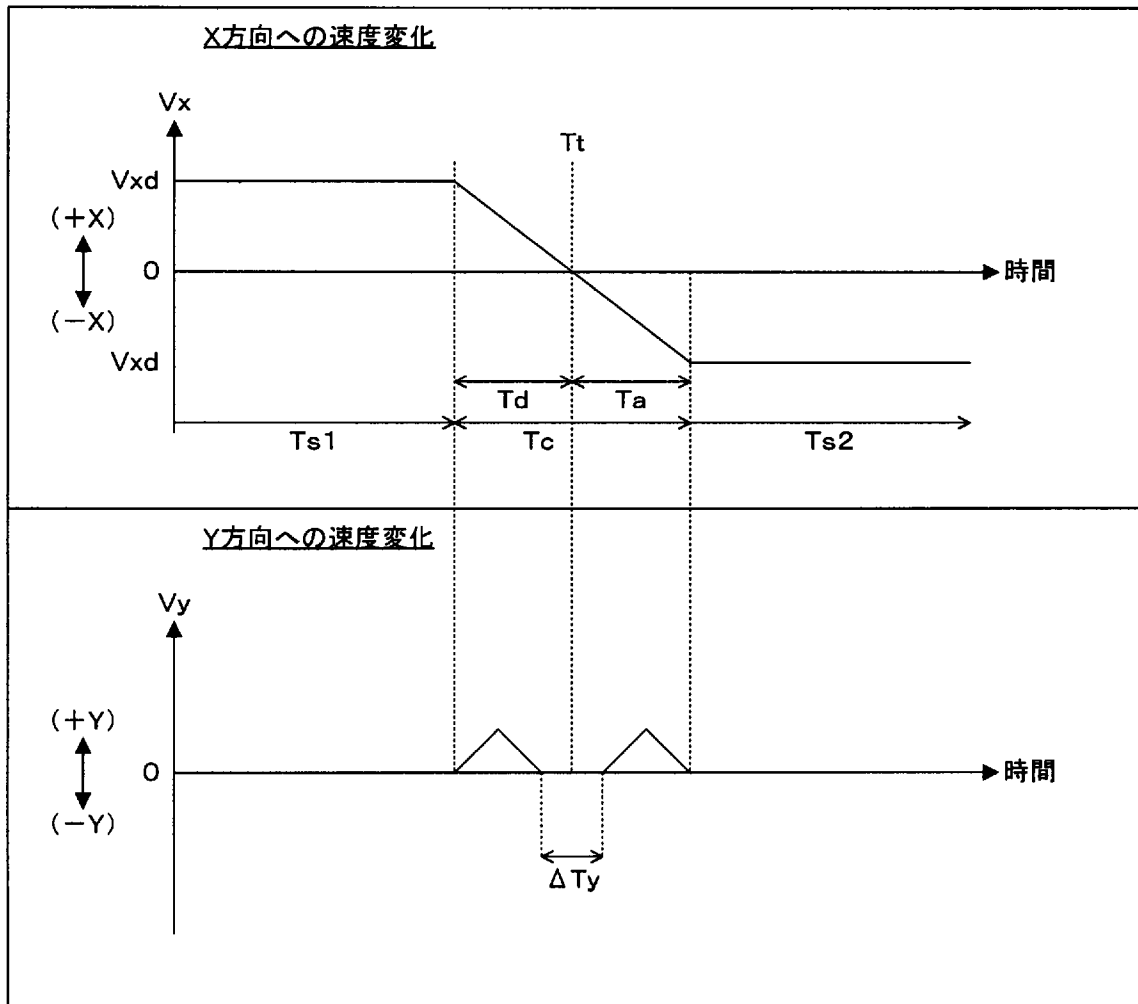
[図15B]



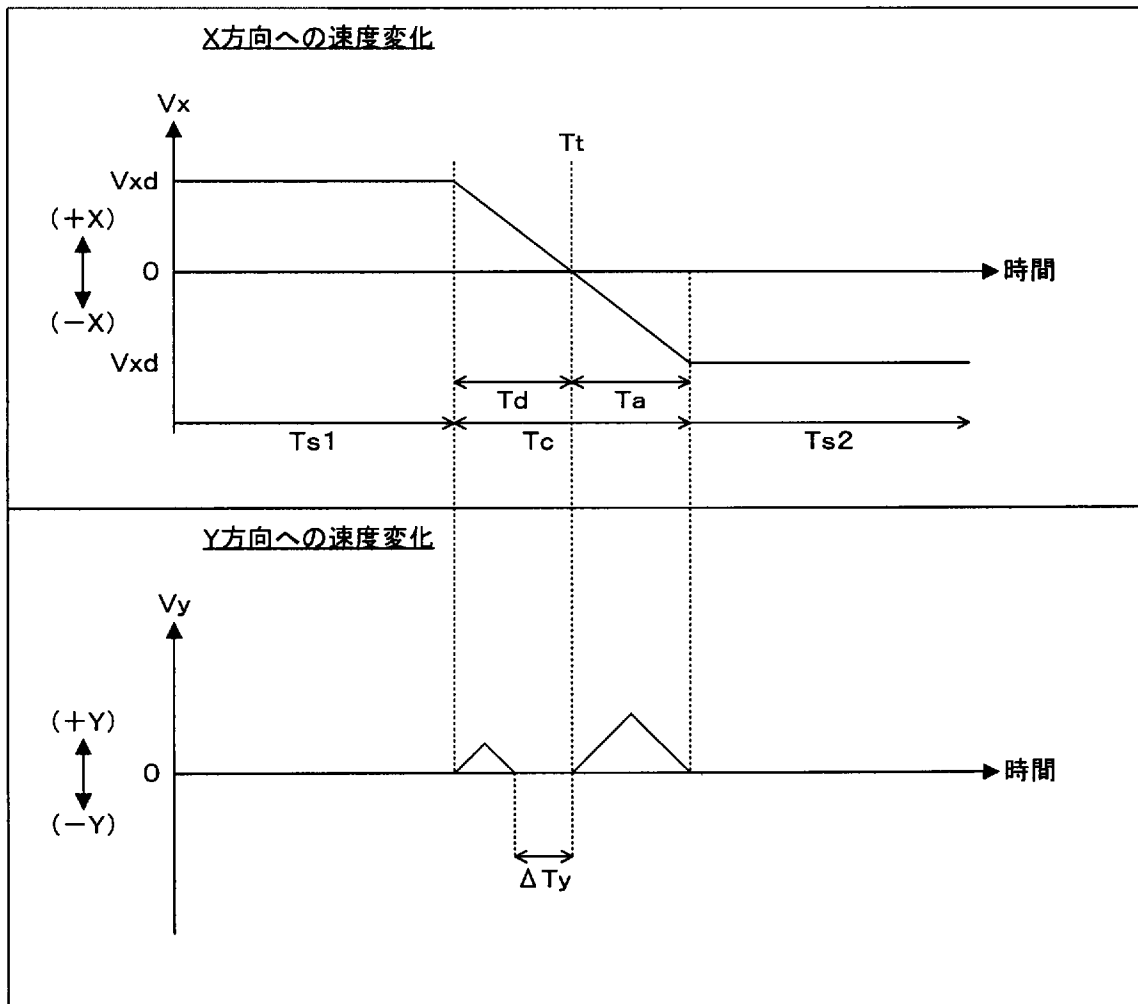
[図15C]



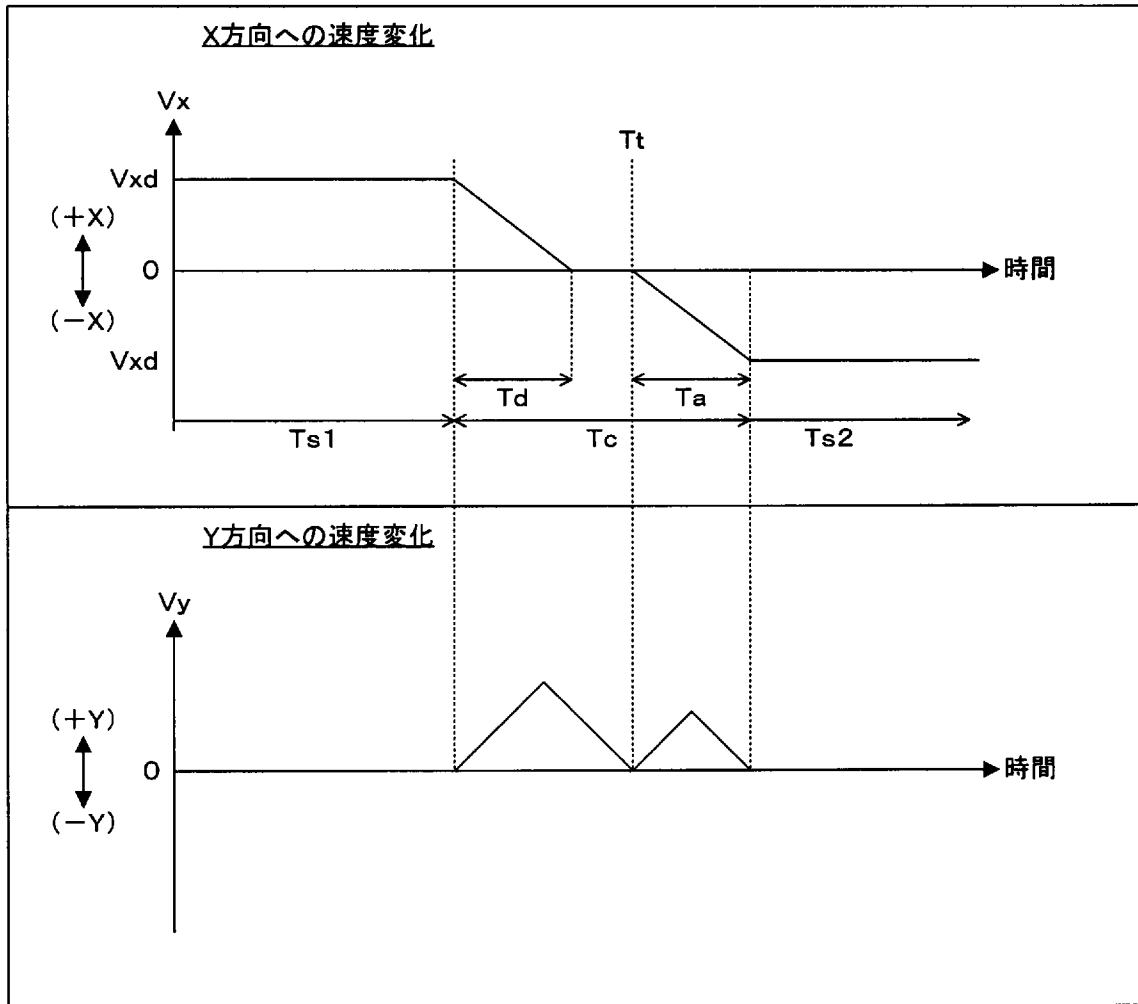
[図15D]



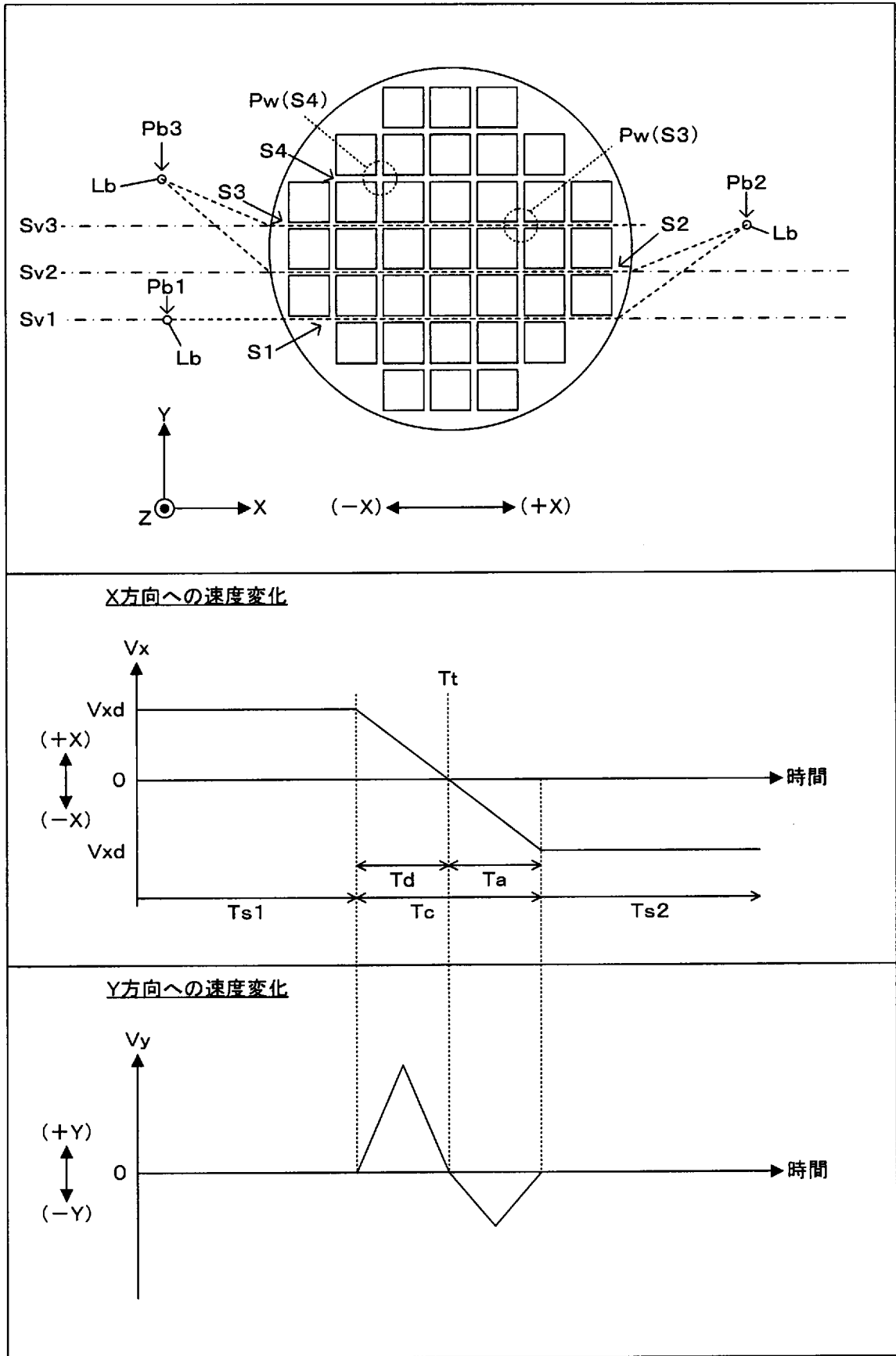
[図15E]



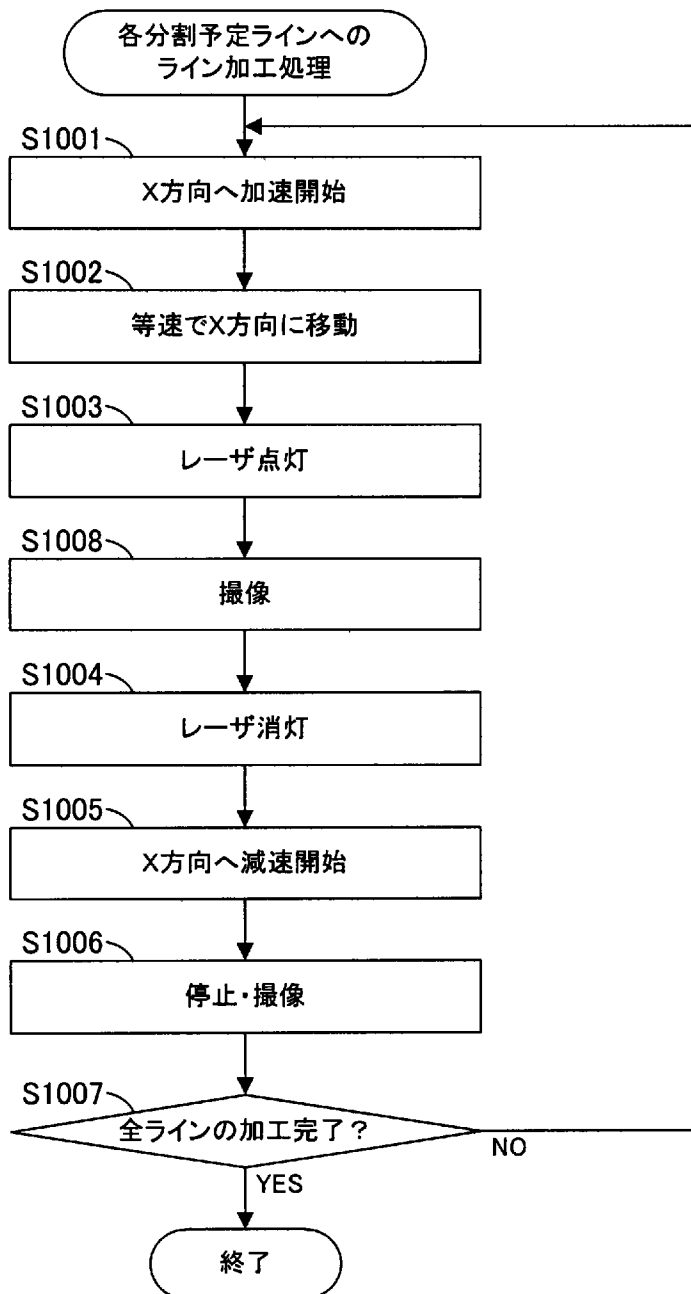
[図15F]



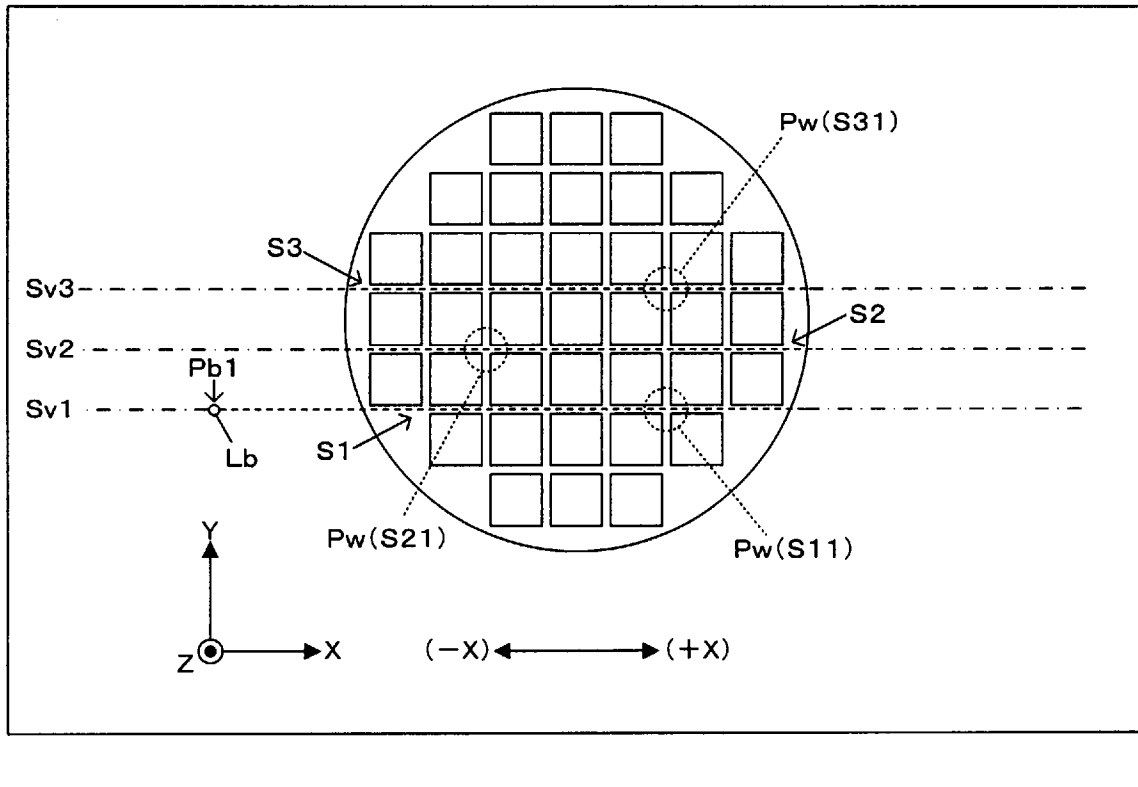
[図15G]



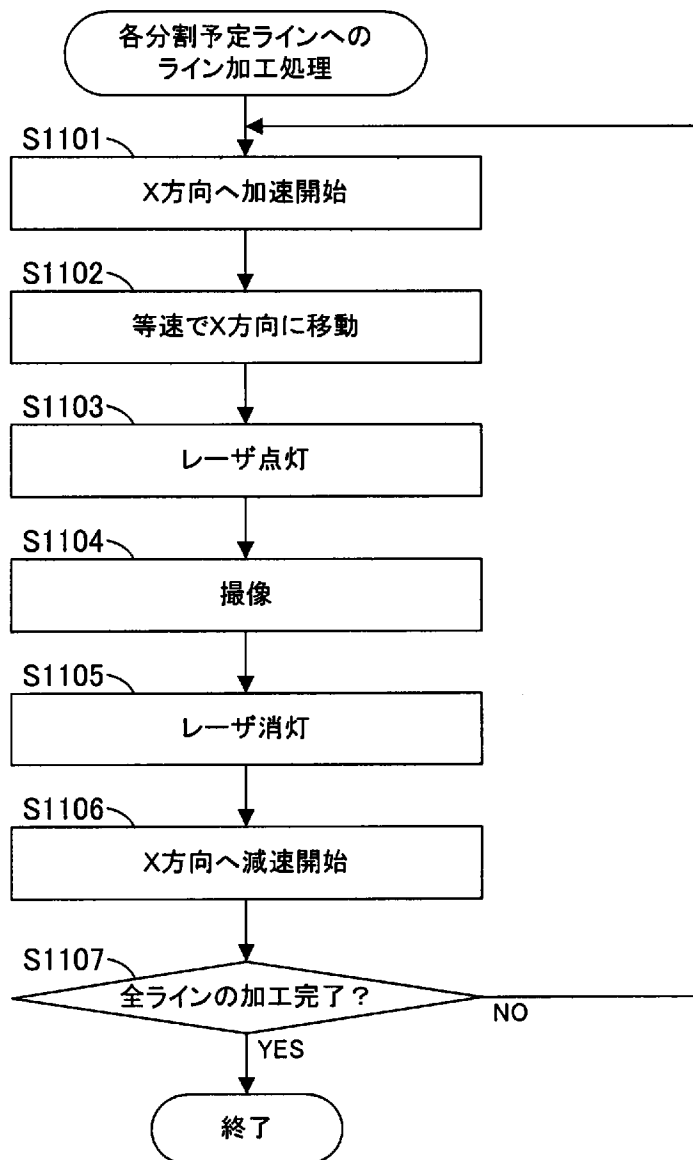
[図16]



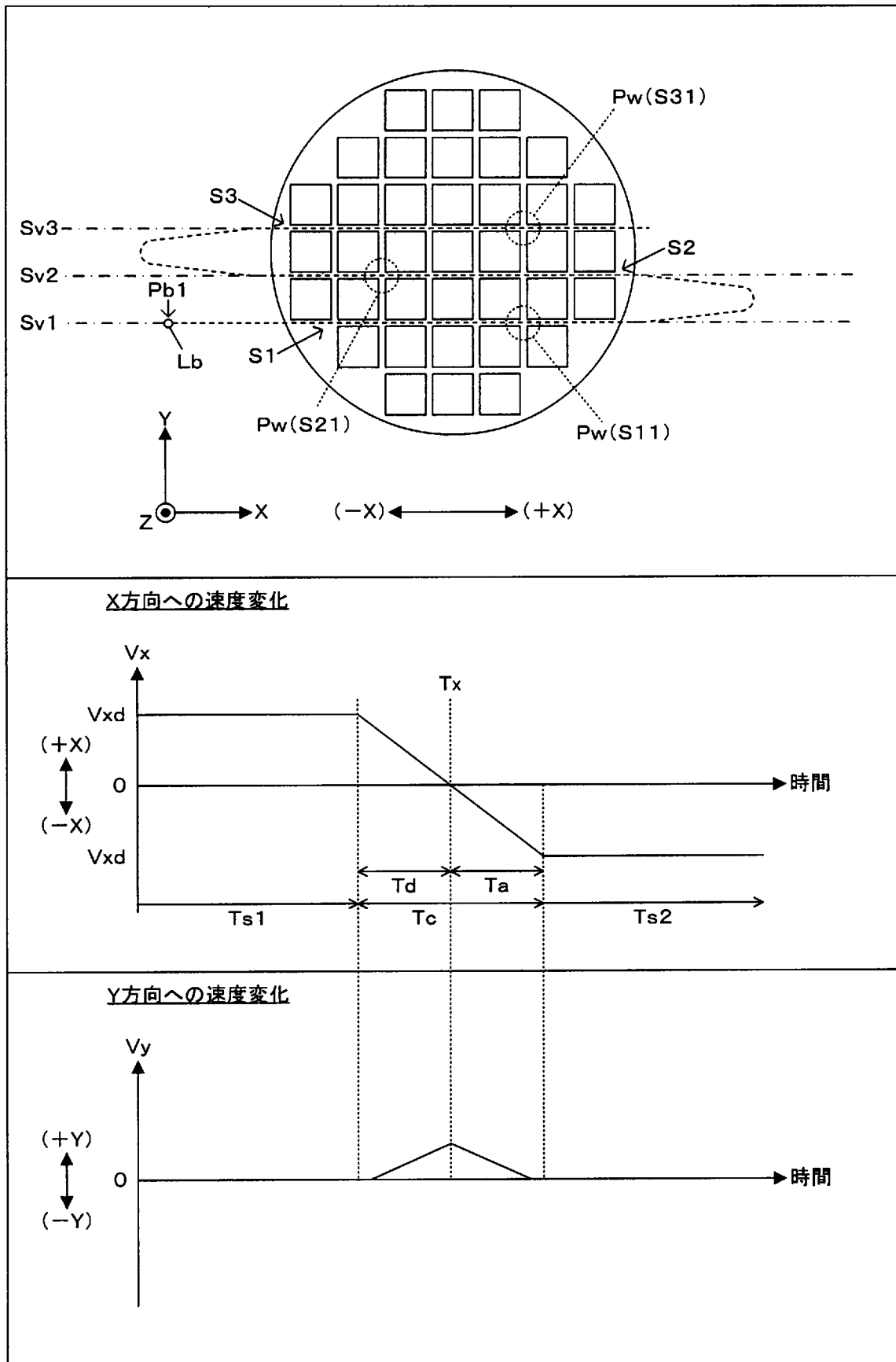
[図17]



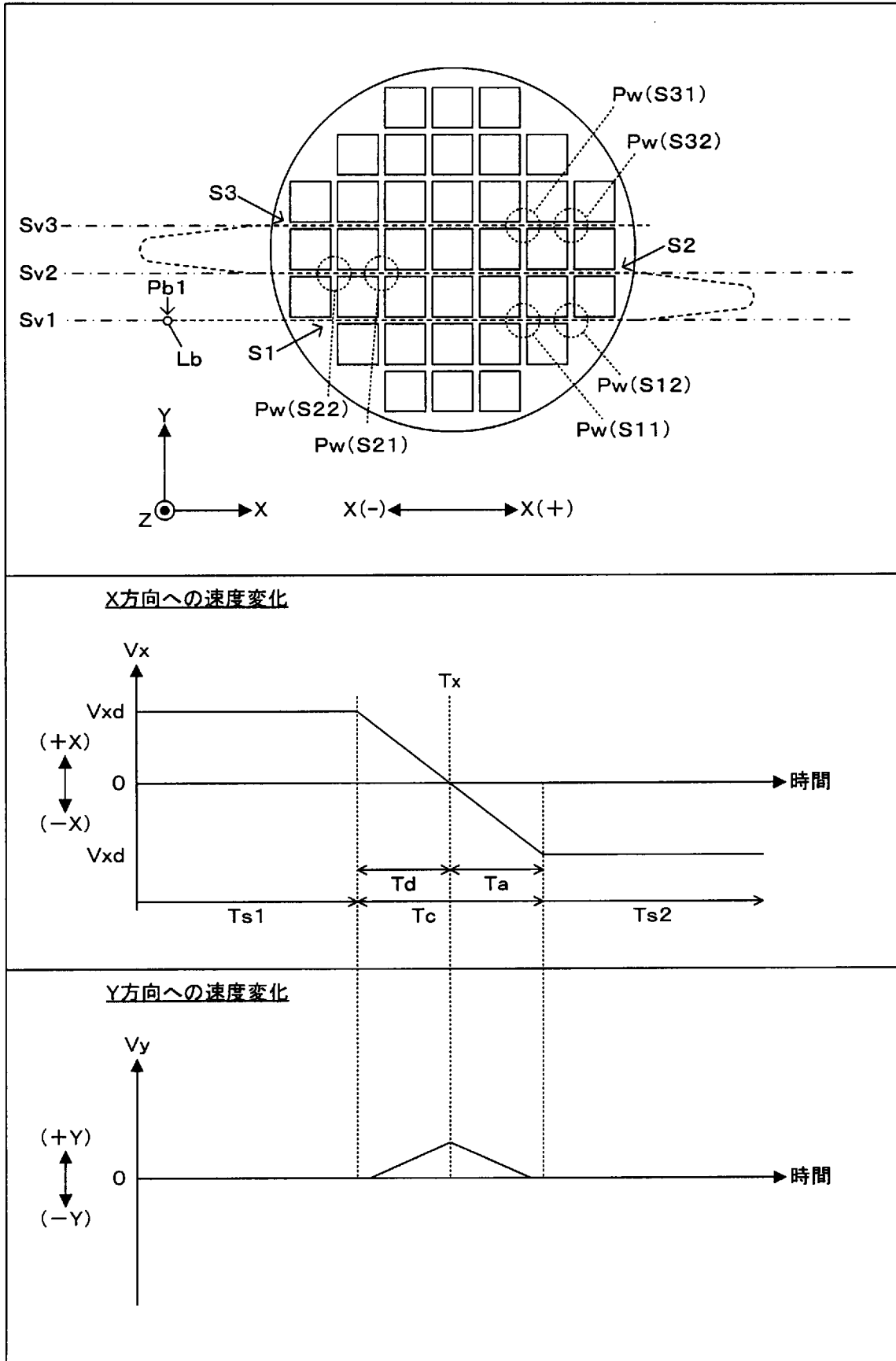
[図18]



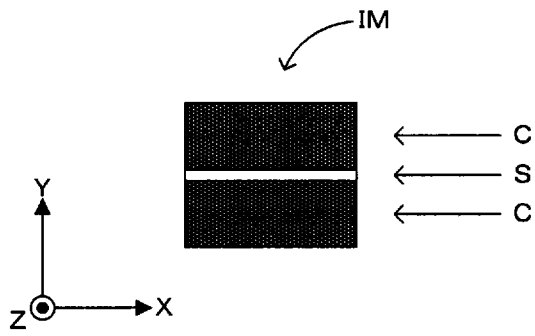
[図19A]



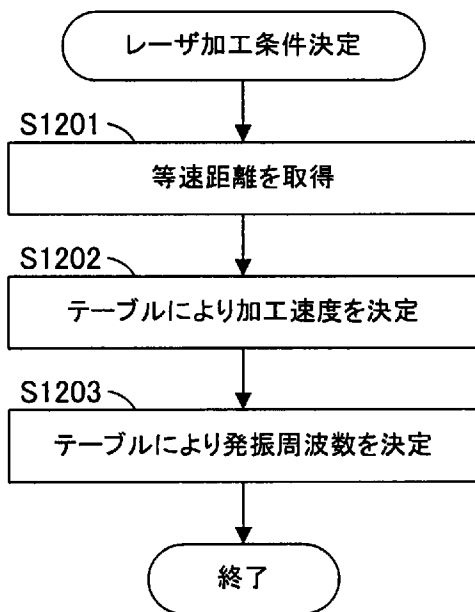
[図19B]



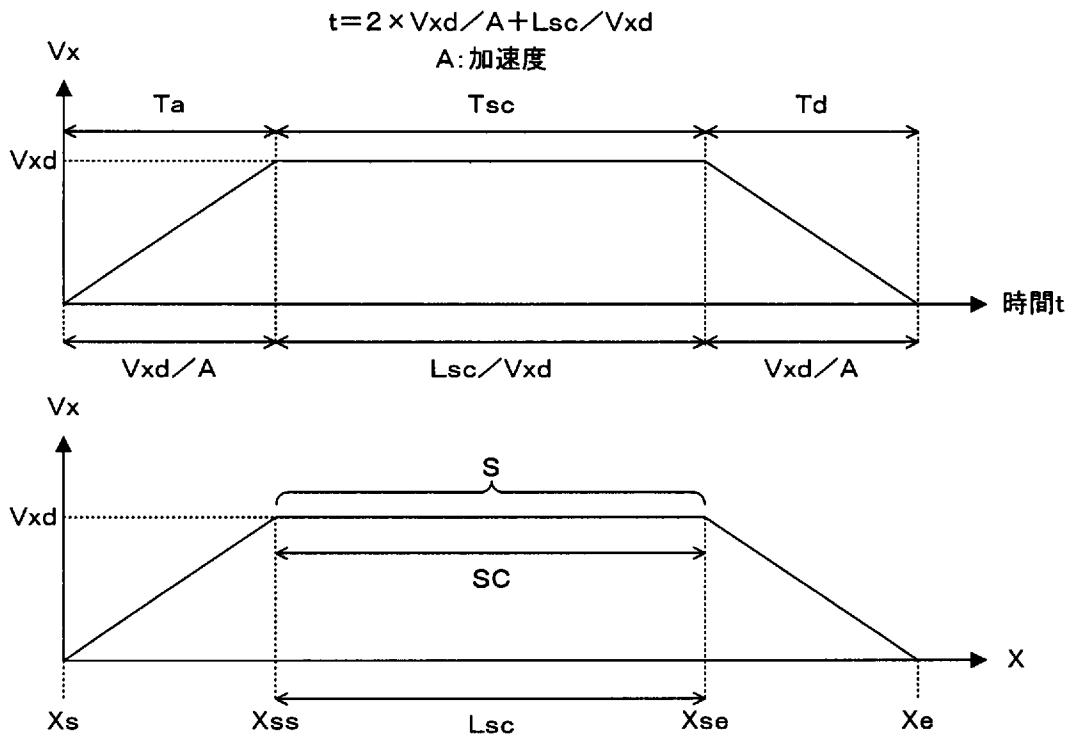
[図20]



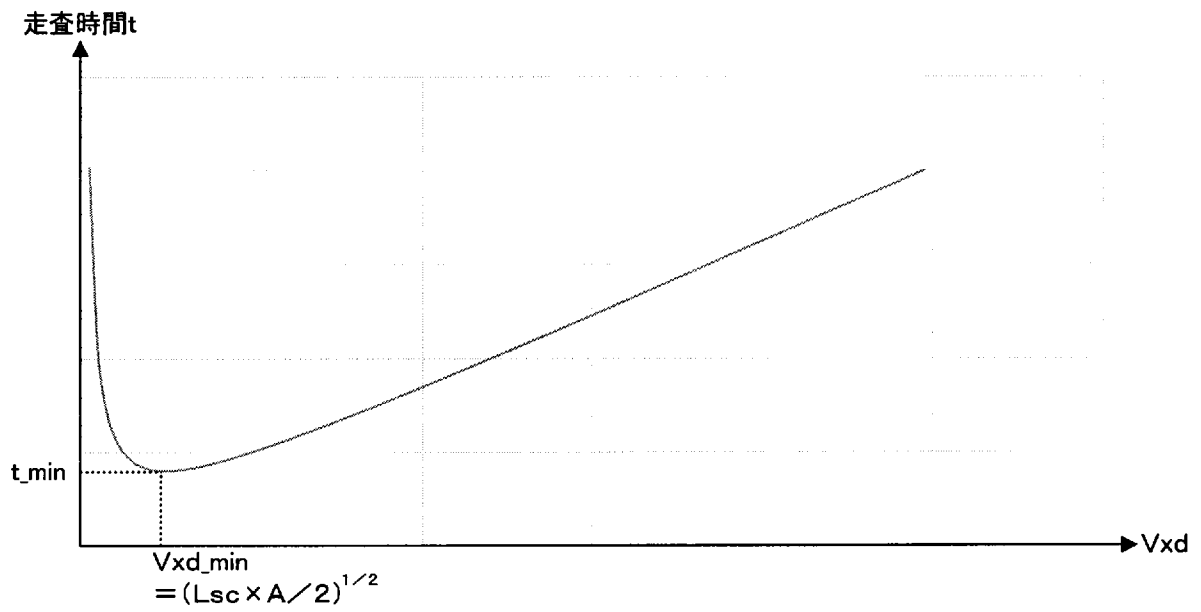
[図21]



[図22A]



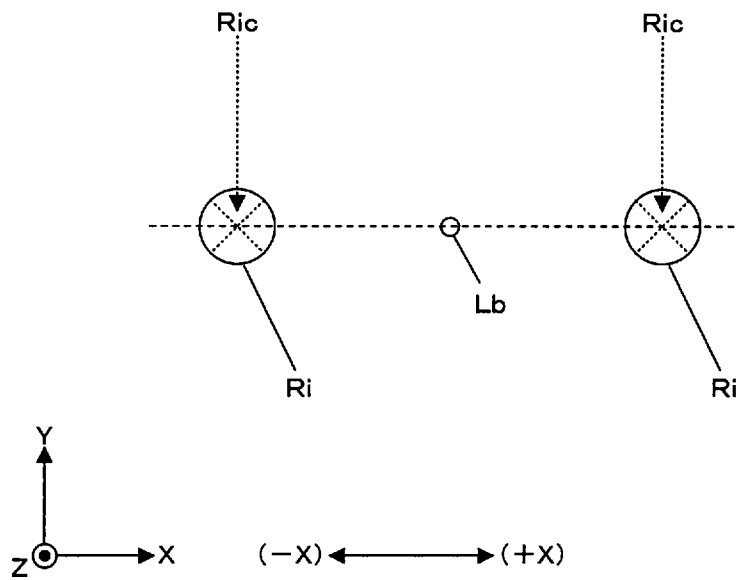
[図22B]



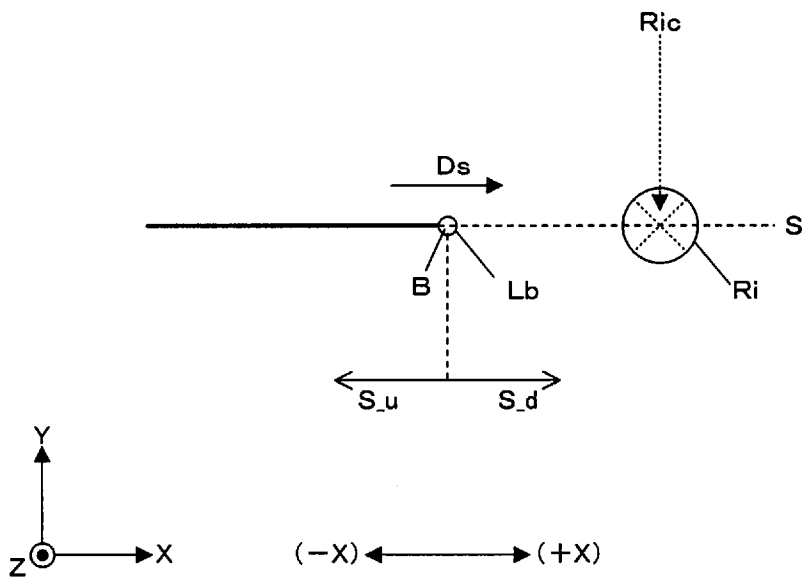
[図22C]

等速度距離 L_{sc} [m]	加工速度 V_{xd} [m/s]	発振周波数 f_c [kHz]
$L_{sc} \leq L_{sc}(1)$	$V_{xd}(1)$	$f_c(1)$
$L_{sc}(1) < L_{sc} \leq L_{sc}(2)$	$V_{xd}(2)$	$f_c(2)$
$L_{sc}(2) < L_{sc} \leq L_{sc}(3)$	$V_{xd}(3)$	$f_c(3)$
$L_{sc}(3) < L_{sc}$	$V_{xd}(4)$	$f_c(4)$

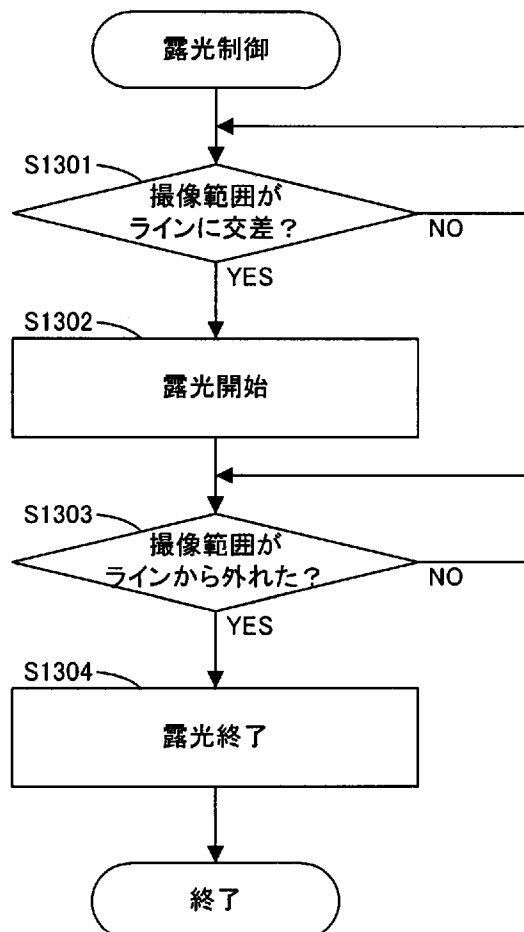
[図23]



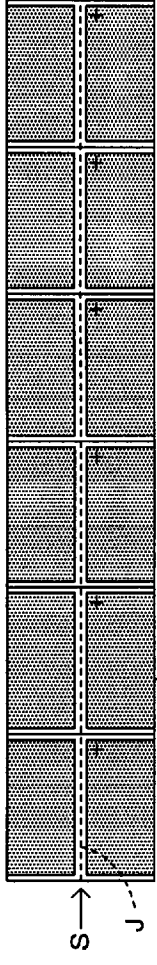
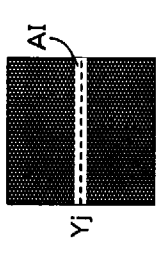
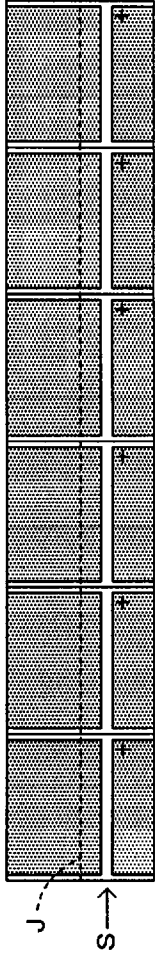
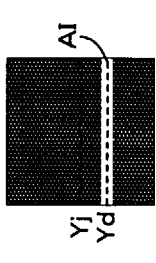
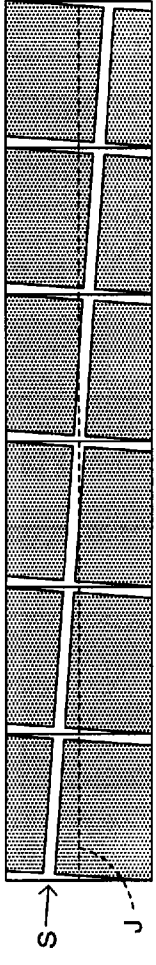
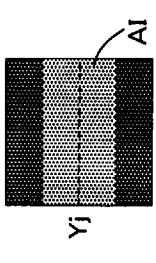
[図24]

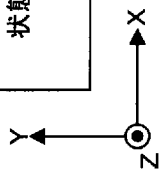


[図25]

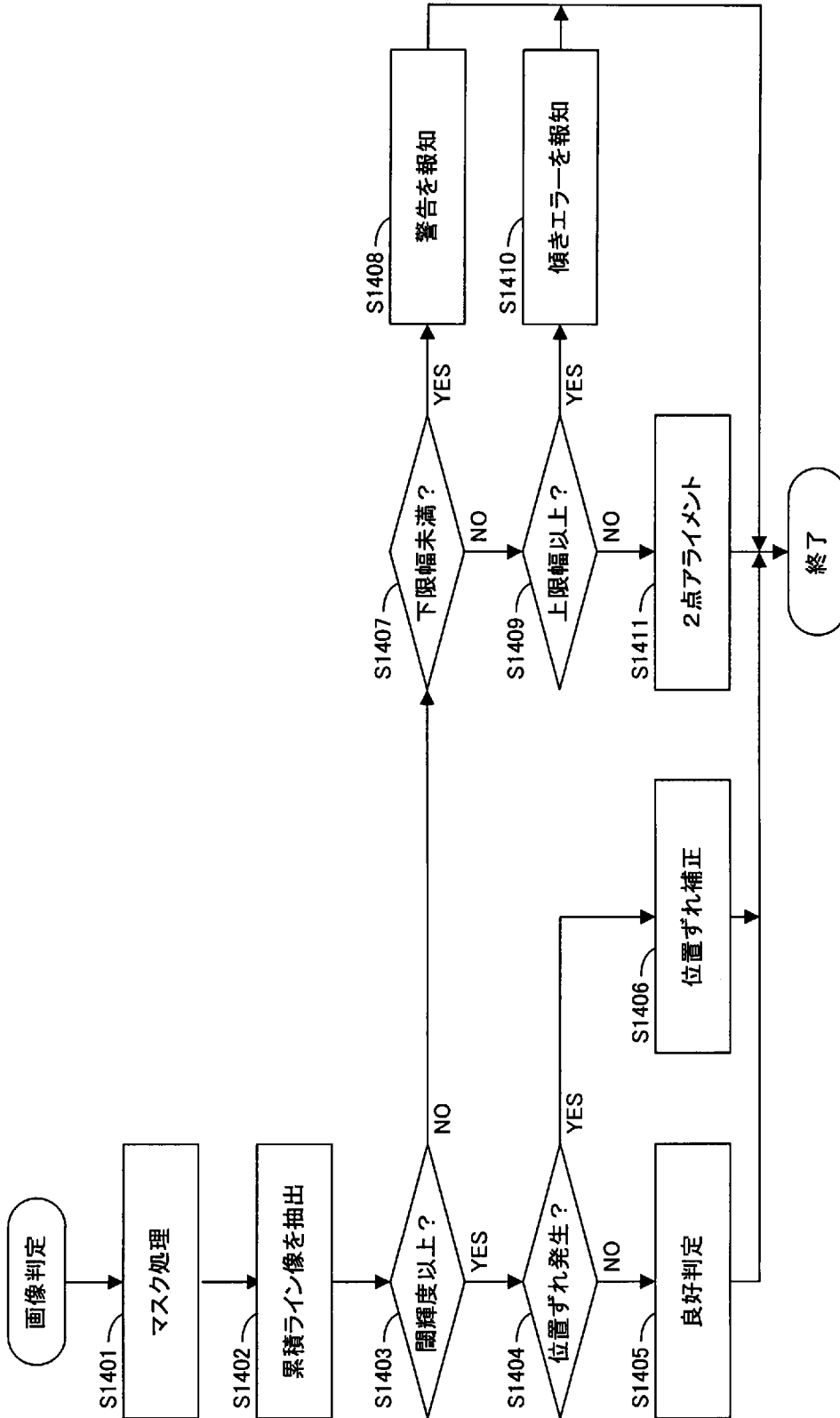


[図26]

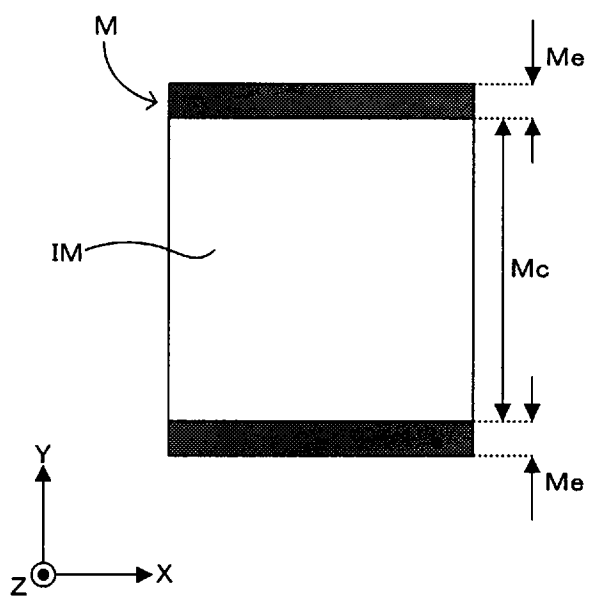
	分割予定ライン	流し撮り画像	判定
アライメント 状態1			良好
アライメント 状態2			位置ずれ
アライメント 状態3			傾斜



[図27]



[図28]



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2022/018064

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER		
<i>B23K 26/03</i> (2006.01) FI: B23K26/03		
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) B23K26/00-26/70; H01L21/78		
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 1971-2022 Registered utility model specifications of Japan 1996-2022 Published registered utility model applications of Japan 1994-2022		
Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used)		
C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT		
Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
Y	JP 2008-42032 A (SUMITOMO HEAVY INDUSTRIES, LTD.) 21 February 2008 (2008-02-21) paragraphs [0017]-[0082], fig. 1-4	1-5, 13-17
A		6-12
Y	JP 2018-152494 A (DISCO CORP.) 27 September 2018 (2018-09-27) paragraphs [0018]-[0047], fig. 1-4	1-5, 13-17
A	JP 2000-106340 A (NIKON CORP.) 11 April 2000 (2000-04-11) entire text, all drawings	1-17
A	JP 2012-256796 A (DISCO CORP.) 27 December 2012 (2012-12-27) entire text, all drawings	1-17
<input type="checkbox"/> Further documents are listed in the continuation of Box C. <input checked="" type="checkbox"/> 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 2022		Date of mailing of the international search report 05 July 2022
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/JP2022/018064

Patent document cited in search report	Publication date (day/month/year)	Patent family member(s)	Publication date (day/month/year)
JP 2008-42032	A 21 February 2008	(Family: none)	
JP 2018-152494	A 27 September 2018	US 2018/0264599 A1 paragraphs [0019]-[0051], fig. 1-4 CN 108568593 A KR 10-2018-0105079 A	
JP 2000-106340	A 11 April 2000	US 6331885 B1 entire text, all drawings WO 1999/016113 A1 EP 1028456 A1 KR 10-0521704 B1	
JP 2012-256796	A 27 December 2012	(Family: none)	

A. 発明の属する分野の分類（国際特許分類（IPC）） B23K 26/03(2006.01)i FI: B23K26/03		
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）） B23K26/00-26/70; H01L21/78 最小限資料以外の資料で調査を行った分野に含まれるもの 日本国実用新案公報 1922-1996年 日本国公開実用新案公報 1971-2022年 日本国実用新案登録公報 1996-2022年 日本国登録実用新案公報 1994-2022年		
国際調査で使用した電子データベース（データベースの名称、調査に使用した用語）		
C. 関連すると認められる文献		
引用文献の カテゴリー*	引用文献名 及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	関連する 請求項の番号
Y A	JP 2008-42032 A（住友重機械工業株式会社）21.02.2008（2008-02-21） 段落0017-0082、図1-4	1-5, 13-17 6-12
Y	JP 2018-152494 A（株式会社ディスコ）27.09.2018（2018-09-27） 段落0018-0047、図1-4	1-5, 13-17
A	JP 2000-106340 A（株式会社ニコン）11.04.2000（2000-04-11） 全文、全図	1-17
A	JP 2012-256796 A（株式会社ディスコ）27.12.2012（2012-12-27） 全文、全図	1-17
<input type="checkbox"/> C欄の続きにも文献が列挙されている。 <input checked="" type="checkbox"/> 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、一般的な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 20.06.2022	国際調査報告の発送日 05.07.2022	
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） 山下 浩平 3P 5788 電話番号 03-3581-1101 内線 3363	

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/JP2022/018064

引用文献	公表日	パテントファミリー文献	公表日
JP 2008-42032 A	21.02.2008	(ファミリーなし)	
JP 2018-152494 A	27.09.2018	US 2018/0264599 A1 [0019]-[0051], Figs. 1-4 CN 108568593 A KR 10-2018-0105079 A	
JP 2000-106340 A	11.04.2000	US 6331885 B1 全文、全図 WO 1999/016113 A1 EP 1028456 A1 KR 10-0521704 B1	
JP 2012-256796 A	27.12.2012	(ファミリーなし)	