

(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)



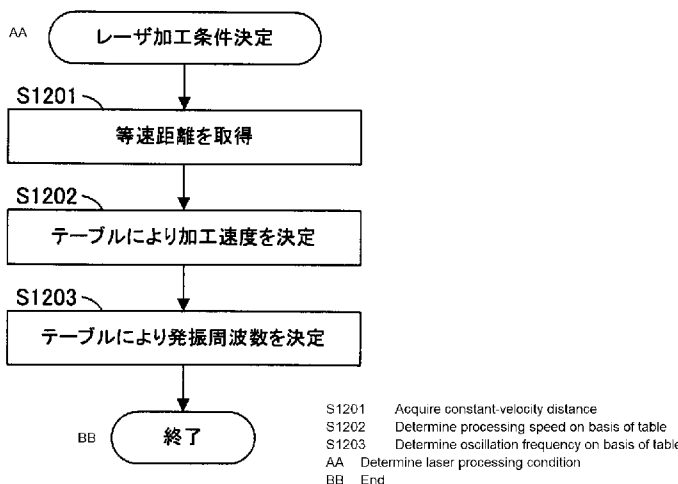
(10) 国際公開番号

WO 2023/203613 A1

- (51) 国際特許分類:  
B23K 26/08 (2014.01)
- (21) 国際出願番号: PCT/JP2022/018063
- (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, 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,

(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: In the X direction, the length of a constant-velocity section SC (constant-velocity distance Lsc) is set in accordance with the length of a line S to be divided, and a processing speed Vxd in irradiation position scanning is adjusted in accordance with the length of the constant-velocity section SC (constant-velocity distance Lsc) (speed adjustment process, step S1202). Therefore, the total period (scanning time t) of an acceleration period Ta, a constant-velocity period Tsc, and a deceleration period Td can be reduced. Thus, in the laser processing technology for processing the line S to be divided by moving laser beams B along the line S to be divided of a semiconductor substrate W, it is possible to efficiently process the line S to be divided.



WO 2023/203613 A1

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))

---

(57) 要約：X方向において、等速度区間SCの長さ（等速度距離 $L_{sc}$ ）は分割予定ラインSの長さに応じて設定され、等速度区間SCの長さ（等速度距離 $L_{sc}$ ）に応じて照射位置走査における加工速度 $V \times d$ が調整されている（速度調整処理、ステップS1202）。したがって、加速期間 $T_a$ 、等速度期間 $T_{sc}$ および減速期間 $T_d$ の合計期間（走査時間 $t$ ）を抑えることができる。こうして、半導体基板Wの分割予定ラインSに沿ってレーザー光Bを移動させることで分割予定ラインSを加工するレーザー加工技術において、分割予定ラインSの加工を効率的に実行することが可能となっている。

## 明 細 書

### 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

### 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光を照射しつつ、半導体基板に対してレーザ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、このレーザ加工技術では、往路と復路でレーザ光を照射する分割予定ラインを変更しつつ、レーザ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。

### 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] 上記の様なレーザ加工技術では、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の当該レーザ照射位置を、加工対象物（半導体基板）に対して相対的に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、加工ラインが加工される。つまり、加工対象物の一方側から他方側にレーザ光を移動させつつ、加工対象物の加工ライン（分割予定ライン）に沿って移動す

るレーザ照射位置にレーザ光が照射される。この際、加工ラインに対してレーザ光を一定の加工速度で移動させることが求められる。そのため、加工対象物の一方側から加工対象物に向けて移動を開始したレーザ照射位置が加工対象物に到達するまでに、レーザ照射位置の速度がゼロから加工速度まで加速される。また、加工対象物を他方側へ通過したレーザ照射位置の速度が加工速度からゼロまで減速される。

[0005] ところで、加工ラインに沿ってレーザ光を移動させる加工を短時間で完了するには、加工速度が高いことが有利となる。しかしながら、加工速度が高いと、レーザ照射位置をゼロから加工速度まで加速するのに要する時間や、レーザ照射位置を加工速度からゼロまで減速するのに要する時間が長くなる。そのため、加工速度が不適切であるために、加工ラインの加工に時間を要してしまう場合があった。

[0006] この発明は上記課題に鑑みなされたものであり、加工対象物の加工ラインに沿ってレーザ光を移動させることで加工ラインを加工するレーザ加工技術において、加工ラインの加工を効率的に実行する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

[0007] 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、レーザ光を発するレーザ光源を有し、レーザ光源から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、加工方向において加工対象物の一方側の開始地点から加工対象物の一方側の逆の他方側の終了地点まで、加工対象物に対してレーザ照射位置を加工軸駆動部により移動させつつ、複数の加工ラインのうちの一の対象ラインに沿って移動するレーザ照射位置に加工ヘッドからレーザ光を照射することで一の対象ラインを加工する照射位置走査を実行する制御部とを備え、照射位置走査では、加工方向にお

いて対象ラインを含む等速度区間が開始地点と終了地点との間に設定され、開始地点から等速度区間の一方側の端までレーザ照射位置が移動する第1期間において、加工対象物に対するレーザ照射位置の加工方向への速度がゼロから加工速度まで上昇し、等速度区間の一方側の端から他方側の端までレーザ照射位置が移動する第2期間を通じて、レーザ照射位置は加工対象物に対して加工方向へ加工速度で等速移動し、レーザ照射位置が等速度区間の他方側の端に到達してから終了地点に到達するまでの第3期間において、加工対象物に対するレーザ照射位置の加工方向への速度は加工速度からゼロまで低下し、制御部は、加工方向において等速度区間の長さを対象ラインの長さに応じて設定するとともに、等速度区間の長さに応じて照射位置走査における加工速度を調整する速度調整処理を実行する。

[0008] 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、レーザ光を発するレーザ光源を有し、レーザ光源から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、加工方向において加工対象物の一方側の開始地点から加工対象物の一方側の逆の他方側の終了地点まで、加工対象物に対してレーザ照射位置を移動させつつ、複数の加工ラインのうちの一の対象ラインに沿って移動するレーザ照射位置に加工ヘッドからレーザ光を照射することで一の対象ラインを加工する照射位置走査を実行する工程とを備え、照射位置走査では、加工方向において対象ラインを含む等速度区間が開始地点と終了地点との間に設定され、開始地点から等速度区間の一方側の端までレーザ照射位置が移動する第1期間において、加工対象物に対するレーザ照射位置の加工方向への速度がゼロから加工速度まで上昇し、等速度区間の一方側の端から他方側の端までレーザ照射位置が移動する第2期間を通じて、レーザ照射位置は加工対象物に対して加工方向へ加工速度で等速移動し、レーザ照射位置が等速度区間の他方側の端に到達してか

ら終了地点に到達するまでの第3期間において、加工対象物に対するレーザ照射位置の加工方向への速度は加工速度からゼロまで低下し、加工方向において等速度区間の長さが対象ラインの長さに応じて設定されるとともに、等速度区間の長さに応じて照射位置走査における加工速度が調整される。

[0009] 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）は、加工方向において加工対象物の一方側の開始地点から他方側の終了地点まで、加工対象物に対してレーザ照射位置を移動させつつ、複数の加工ラインのうちの一の対象ラインに沿って移動するレーザ照射位置に加工ヘッドからレーザ光を照射することで一の対象ラインを加工する（照射位置走査）。この照射位置走査では、加工方向において対象ラインを含む等速度区間が開始地点と終了地点との間に設定される。そして、開始地点から等速度区間の一方側の端までレーザ照射位置が移動する第1期間において、加工対象物に対するレーザ照射位置の加工方向への速度がゼロから加工速度まで上昇する。また、等速度区間の一方側の端から他方側の端までレーザ照射位置が移動する第2期間を通じて、レーザ照射位置は加工対象物に対して加工方向へ加工速度で等速移動する。さらに、レーザ照射位置が等速度区間の他方側の端に到達してから終了地点に到達するまでの第3期間において、加工対象物に対するレーザ照射位置の加工方向への速度は加工速度からゼロまで低下する。この際、加工方向において、等速度区間の長さは対象ラインの長さに応じて設定され、等速度区間の長さに応じて照射位置走査における加工速度が調整されている（速度調整処理）。したがって、第1期間、第2期間および第3期間の合計期間を抑えることができる。こうして、加工対象物の加工ラインに沿ってレーザ光を移動させることで加工ラインを加工するレーザ加工技術において、加工ラインの加工を効率的に実行することが可能となっている。

[0010] また、制御部は、複数の加工ラインの間で対象ラインを変更しつつ照射位置走査を繰り返すことで複数の照射位置走査を実行し、複数の照射位置走査のそれぞれに対して速度調整処理を実行するように、レーザ加工装置を構成してもよい。かかる構成では、複数の加工ラインのそれぞれの加工を効率的

に実行でき、加工対象物に対する加工を速やかに完了することが可能となる。

[0011] また、制御部は、照射位置走査において対象ラインに沿って移動するレーザ照射位置に照射されるレーザ光の周波数を、照射位置走査における加工速度に応じて調整する周波数調整処理を実行するように、レーザ加工装置を構成してもよい。かかる構成では、調整後の加工速度に応じた適切な周波数のレーザ光を加工ラインに照射して、加工ラインの加工を的確に行うことができる。

[0012] また、制御部は、複数の加工ラインの間で対象ラインを変更しつつ照射位置走査を繰り返すことで複数の照射位置走査を実行し、複数の照射位置走査のそれぞれに対して周波数調整処理を実行するように、レーザ加工装置を構成してもよい。かかる構成では、複数の加工ラインのそれぞれの加工を的確に行うことができる。

[0013] また、制御部は、複数の加工ラインの間で対象ラインを変更しつつ照射位置走査を繰り返すことで実行される複数の照射位置走査に対して共通する加工速度である共通加工速度を設定して、当該共通加工速度を加工速度として複数の照射位置走査のそれぞれを実行し、速度調整処理では、複数の照射位置走査それぞれの等速度区間の長さに応じて、共通加工速度を調整するように、レーザ加工装置を構成してもよい。あるいは、複数の加工ラインの間で対象ラインを変更しつつ照射位置走査を繰り返すことで実行される複数の照射位置走査に対して共通する加工速度である共通加工速度を設定する工程がさらに設けられ、複数の照射位置走査のそれぞれは、共通加工速度を加工速度として複数の照射位置走査のそれぞれが実行され、複数の照射位置走査それぞれの等速度区間の長さに応じて、共通加工速度が調整されているように、レーザ加工方法を構成してもよい。かかる構成では、複数の加工ラインの間で加工速度を切り換えることなく、当該複数の加工ラインへの加工を効率的に実行でき、加工対象物に対する加工を速やかに完了することが可能となる。

- [0014] また、制御部は、複数の照射位置走査に対して共通する共通周波数を共通加工速度に応じて求めて、複数の照射位置走査のそれぞれにおいて共通周波数のレーザ光をレーザ照射位置に照射するように、レーザ加工装置を構成してもよい。かかる構成では、複数の加工ラインの間でレーザ光の周波数を切り換える必要がなく、周波数の切り換えに要する時間が加工対象物に対する加工の完了に与える影響を排除できる。
- [0015] また、加工対象物の複数のサイズのそれぞれについて、サイズ、共通加工速度および共通周波数の対応関係を示す対応関係情報を記憶する記憶部をさらに備え、制御部は、照射位置走査の対象となる加工対象物のサイズと対応関係情報とに基づき、共通加工速度と共通周波数とを調整するように、レーザ加工装置を構成してもよい。かかる構成では、対応関係情報を参照することで、共通加工速度および共通周波数を簡便に調整できる。
- [0016] 具体的には、対応関係情報は、サイズとして加工対象物の直径を示し、200mmの直径および300mmの直径のそれぞれについて、サイズ、共通加工速度および共通周波数の対応関係を示すように、レーザ加工装置を構成してもよい。
- [0017] また、対象ラインに対する等速度区間の設定態様は種々想定される。要するに、加工方向において等速度区間が対象ラインを含んでいればよい。したがって、加工方向において、等速度区間の両端は対象ラインの両端と一致していてもよい。
- [0018] 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。
- [0019] 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。
- [0020] 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。

[0021] 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。

### 発明の効果

[0022] 本発明によれば、加工対象物の加工ラインに沿ってレーザ光を移動させることで加工ラインを加工するレーザ加工技術において、加工ラインの加工を効率的に実行することが可能となる。

### 図面の簡単な説明

[0023] [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]半導体基板単位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24]図23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25]図23のレーザ加工条件方法によって予め求められた加工条件を基板サイズに応じて設定するレーザ加工条件設定の一例を示すフローチャート。

[図26]図25のフローチャートで使用される対応関係テーブルを模式的に示す図。

### 発明を実施するための形態

[0024] 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。

[0025] 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Fr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Frは、正八角形の一部を切り欠いてスリットFsを設けた外形を有し、リングフレームFrの中央には円形の開口Foが設けられている。テープEの表面は、開口Foの全体に重複するようにリングフレームFr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Fr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Fr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。

[0026] 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。

[0027] 基板收容部 2 は、基板收容カセット 2 1 を有する。基板收容カセット 2 1 は、X 方向の両側に設けられた一对の側壁 2 2 と、側壁 2 2 の間に設けられた開口 2 3 とを有し、開口 2 3 は (-Y) 側 (すなわち、基板受渡領域 A w 側) を向く。一对の側壁 2 2 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 2 2 それぞれの内側には支持突起 2 4 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 2 4 が互いに同一の高さに設けられる。そして、開口 2 3 を介して (-Y) 側から一对の支持突起 2 4 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 F r 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 F r の X 方向の両端が、一对の支持突起 2 4 によって下側から支持される。つまり、一对の支持突起 2 4 の上側が、リングフレーム F r を收容するスロット 2 5 として機能し、開口 2 3 を介して (-Y) 側からスロット 2 5 に挿入されたリングフレーム F r は、当該スロット 2 5 に対応する一对の支持突起 2 4 によって支持される。したがって、基板收容カセット 2 1 のスロット 2 5 にリングフレーム F r を挿入することで、リングフレーム F r に支持される半導体基板 W を基板收容カセット 2 1 に收容でき、基板收容カセット 2 1 のスロット 2 5 からリングフレーム F r を引き出すことで、基板收容カセット 2 1 から半導体基板 W を取り出すことができる。

[0028] また、基板收容部 2 は、基板收容カセット 2 1 を支持する Z 軸スライダ 2 6 と、Z 軸スライダ 2 6 を Z 方向に駆動する Z 軸駆動機構 2 7 を有する。Z 軸駆動機構 2 7 はベースプレート 1 1 に取り付けられた単軸ロボットであり、Z 軸スライダ 2 6 を Z 方向に移動可能に支持する Z 軸駆動伝達部 2 7 1 と、Z 軸駆動伝達部 2 7 1 に支持される Z 軸スライダ 2 6 を Z 方向に駆動する Z 軸カセットモータ 2 7 2 とを有する。Z 軸駆動伝達部 2 7 1 は、Z 軸カセットモータ 2 7 2 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 2 6 が取り付けられている。ただし、Z 軸駆動機構 2 7 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に支持される基板收容カセット21をZ方向に移動させる。

[0029] 基板收容カセット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。

[0030] 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。

[0031] 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、基板収容カセット21と基板受渡領域Awとの間で移動させる。

[0032] 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。

[0033] 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。

[0034] 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。

[0035] 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。

[0036] 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。

[0037] 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 $\theta$ 駆動テーブル6を備える。XY $\theta$ 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 $\theta$ 方向に駆動する。ここで、 $\theta$ 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 $\theta$ 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。

[0038] また、XY $\theta$ 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。

[0039] さらに、XY $\theta$ 駆動テーブル6は、X軸スライダ64に取り付けられた $\theta$ 軸テーブルモータ66を有する。この $\theta$ 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 $\theta$ 方向に駆動する。

[0040] このようなXY $\theta$ 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、 $\theta$ 軸テーブルモータ66によってチャックステージ3を $\theta$ 方向に駆動することができる。

[0041] 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。

[0042] 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。

[0043] 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。

[0044] 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<sub>i</sub>(換言すれば、視野)を有して、当該撮像範囲R<sub>i</sub>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<sub>i</sub>から射出される赤外線を検出することで、撮像範囲R<sub>i</sub>を撮像して、撮像範囲R<sub>i</sub>の画像を取得する。

[0045] 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

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 892 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。

[0046] 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。

[0047] 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、XY $\theta$  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。

[0048] 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、基板收容カセット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收容カセット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。

[0049] 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。

[0050] 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。

[0051] 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。

[0052] 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。

[0053] 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。

[0054] 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 1

90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。

[0055] 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。

[0056] 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。

[0057] 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。

[0058] 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收容カセット21内に位置するか、換言すれば基板收容カセット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。

[0059] 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。

[0060] 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。

[0061] 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。

[0062] 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。

[0063] 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。

[0064] 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。

[0065] 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。

[0066] 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。

[0067] 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。

[0068] ステップS309では、制御部100は、クランプ駆動部691によってクランプ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、クランプ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Fr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Frの移載が完了する（図4のステップS101、S102）。

[0069] 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。

[0070] 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Awのリフトハンド41にリングフレームFr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Awから基板收容カセット21にリングフレームFrを収納する。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、チャックステージ3から基板受渡領域Awに移載されてから、基板受渡領域Aw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。

[0071] 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Fr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Fr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Fr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。

[0072] 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。

[0073] 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が基板收容カセット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の一部が基板收容カセット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。

[0074] 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。

[0075] 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。

[0076] 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。

[0077] 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。

[0078] 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Frの複数のスリットFsに対応する。そして、アライメント突起413とスリットFsとを用いて、リングフレームアライメントが実行される。

[0079] 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Fr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Frを保持する吸着ハンド51が上昇して、リングフレームFr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Frが位置するように、リングフレームFrがリフトハンド41から離間する高さは調整されている。

[0080] 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、X

Y $\theta$ 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XY $\theta$ フローティング機構561に対してX方向、Y方向および $\theta$ 方向に移動可能となる。

[0081] 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<sub>r</sub>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F<sub>r</sub>の周縁に追従するように吸着ハンド51がXY $\theta$ 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F<sub>r</sub>の各スリットF<sub>s</sub>に係合して、リフトハンド41に対してリングフレームF<sub>r</sub>が位置決めされる。

[0082] ステップS505では、XY $\theta$ 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XY $\theta$ 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F<sub>r</sub>の吸着が解除されて、リングフレームF<sub>r</sub>がリフトハンド41上に載置される。ステップS507では、XY $\theta$ 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F<sub>r</sub>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）。

[0083] 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。

[0084] 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。

[0085] 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。

[0086] ステップS803では、制御部100は、XY $\theta$ 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。

[0087] 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、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。

[0088] ステップS806では、制御部100は、撮像点Ps(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Ps(1)の位置(X、Y、Z)を算出する。撮像点Ps(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Ps(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。

[0089] ステップS807では、カウント値Iが2に到達したか、すなわち2個の撮像点Ps(1)、Ps(2)の位置(X、Y、Z)を取得したかが確認される。カウント値I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I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。

[0090] ステップS808では、2点の撮像点Ps(1)、Ps(2)を通る直線が水平となるように、 $\theta$ 方向にチャックステージ3を回転させるための回転角 $\theta_a$ 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 $\theta_a$ )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 $\theta_a$ 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。

[0091] 現在の吸着プレート31の回転角(実回転角と回転角 $\theta_a$ )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Ps(3)を撮像して、撮像点Ps(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Ps(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。

[0092] 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Ps(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。

[0093] 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。

[0094] 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。

[0095] 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S a、S b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。

[0096] ステップS903では、制御部100は、XY $\theta$ 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Pw(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Pw(1)を撮像して、撮像点Pw(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Pw(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。

[0097] 赤外線カメラ81のピントが撮像点Pw(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Pw(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Pw(1)に合って、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。

[0098] 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Pw(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Pw(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。

[0099] ステップS906では、制御部100は、撮像点Pw(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。

[0100] ステップ S907 では、カウント値  $l$  が 2 に到達したか、すなわち 2 個の撮像点  $P_w(1)$ 、 $P_w(2)$  の位置 (X、Y、Z) を取得したかが確認される。カウント値  $l$  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  $l$  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。

[0101] ステップ S908 では、分割予定ライン  $S_a$  が X 方向 (加工方向) に平行となるように、 $\theta$  方向にチャックステージ 3 を回転させるための回転角  $\theta_b$  が、2 点の撮像点  $P_w(1)$ 、 $P_w(2)$  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  $\theta_b$ ) 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  $\theta_b$  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。

[0102] 現在の吸着プレート 31 の回転角 (実回転角と回転角  $\theta_b$ ) 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  $P_w(3)$  を撮像して、撮像点  $P_w(3)$  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  $P_w(3)$  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。

[0103] 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  $P_w(3)$  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。

[0104] ステップS912で所定パターンを検知できると(YES)、制御部100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。

[0105] 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。

[0106] 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S a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軸ヘッドモータ792によって加工ヘッド71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。

[0107] 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S602）、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66によってθ方向に90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12の「S602\_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12の「S603」の欄）へと切り換わる。

[0108] ステップS604では、上記のステップS601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S605では、上記のステップS602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。

[0109] 図14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15Aは図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である。図15A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L b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L bの軌跡を示す点線が優先して示される。

[0110] 図15A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。

[0111] ステップ S 1 0 0 1 では、位置 P b 1 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 v 1 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 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)。

[0112] 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 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 0 0 3)。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 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 0 0 4)。こうして、ステップ S 1 0 0 3 ~ S 1 0 0 4 までの期間では、レーザ照射位置 L b が分割予定ライン S 1 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 S 1 に対してレーザ加工が実行される (ライン加工処理)。

[0113] 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 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 2 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 2 は、Y 方向において仮想直線 S v 1 に隣接する仮想直線 S v 2 上に設けられ、換言すれば、X 方向から分割予定ライン S 2 に対向する位置である。つまり、ス

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。

[0114] 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Ri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。この撮像点Pw（S2）は、半導体基板Wにおいて分割予定ラインS2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。

[0115] 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。

[0116] 図15Aの例では、ステップS1001において、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Sv2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）。

[0117] ここで、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。

[0118] 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 $S_2$ 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 $S_2$ に対してレーザ加工が実行される（ライン加工処理）。

[0119] 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 $S1005$ ）、 $X$ 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 $S_3$ 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。

[0120] 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 $P_w(S_3)$ を少なくとも含む位置で停止する。この撮像点 $P_w(S_3)$ は、半導体基板 $W$ において分割予定ライン $S_3$ 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

S 1 0 0 6では、制御部100は、撮像部8Aに撮像範囲R<sub>i</sub>を撮像させて、撮像点P<sub>w</sub>(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。

[0121] 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。

[0122] 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L<sub>b</sub>の速度変化について説明する。ここで、速度V<sub>x</sub>は、半導体基板Wに対してレーザ照射位置L<sub>b</sub>がX方向に移動する速度を示し、速度V<sub>y</sub>は、半導体基板Wに対してレーザ照射位置L<sub>b</sub>がY方向に移動する速度を示す。また、加工速度V<sub>x d</sub>は、レーザ照射位置L<sub>b</sub>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<sub>x</sub>)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。

[0123] 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<sub>s1</sub>(ステップS1002~S1004)では、レーザ照射位置L<sub>b</sub>は、一定の加工速度V<sub>x d</sub>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<sub>s2</sub>(ステップS1002~S1004)では、レーザ照射位置L<sub>b</sub>は、一定の加工速度V<sub>x d</sub>でX方向に移動しつつ、Y方向には移動しない。

[0124] また、ライン加工期間T<sub>s1</sub>からライン加工期間T<sub>s2</sub>に切り換わる切換期間T<sub>c</sub>(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L<sub>b</sub>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L<sub>b</sub>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Sv1(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Sv2(第2の仮想直線)まで、レーザ照射位置LbをY方向(送り方向)へ移動させる。

[0125] 特に、切換期間Tcは、X方向にレーザ照射位置Lbを減速させる減速期間Td(ステップS1005)と、X方向にレーザ照射位置Lbを加速させる加速期間Ta(ステップS1001)とを含み、レーザ照射位置LbのY方向への移動は、減速期間Tdおよび加速期間Taのうち、減速期間Tdの間に実行される。具体的には、減速期間Td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、減速期間Tdが終了する前にレーザ照射位置LbのY方向への移動が終了する。さらに言えば、加速期間Taにおいてレーザ照射位置LbはY方向に移動しない。

[0126] ここで、減速期間Tdの開始時点は、X方向へのレーザ照射位置Lbの減速(換言すれば、速度Vxの絶対値の加工速度Vxdからの減少)が開始した時点を示し、減速期間Tdの終了時点は、X方向へのレーザ照射位置Lbの速度(換言すれば、速度Vx)がゼロになった時点を示す。加速期間Taの開始時点は、X方向へのレーザ照射位置Lbの加速(換言すれば、速度Vx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Taの終了時点は、X方向へのレーザ照射位置Lbの加速が終了した時点(換言すれば、速度Vxの絶対値が加工速度Vxdになった時点)を示す。

[0127] 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Ttでは、撮像部8A、8Bの撮像範囲Ri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Riは、半導体基板Wの(+X)側に位置するレーザ照射位置Lb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)。

[0128] 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 $T_c$ 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。

[0129] 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 $L_b$ 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、仮想直線 $S_v1$ 上に設けられる。また、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 $P_w(S2)$ 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 $R_i$ を撮像させて、撮像点 $P_w(S2)$ 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。

[0130] 続いて、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する(ステップS1001)。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)。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 $V_{xd}$ 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、仮想直線  $S_v1$  から仮想直線  $S_v2$  へ Y 方向に移動する。つまり、ステップ  $S1001 \sim S1002$  では、レーザ照射位置  $L_b$  は X 方向への加速と並行して、仮想直線  $S_v1$  から仮想直線  $S_v2$  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  $S2$  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。

[0131] 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  $L_b$  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、仮想直線  $S_v2$  上に設けられる。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。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。

[0132] 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  $L_b$  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  $T_{s1}$  (ステップ  $S1002 \sim S1004$ ) では、レーザ照射位置  $L_b$  は、一定の加工速度  $V \times d$  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  $S2$  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  $S1002 \sim S1004$ ) では、レーザ照射位置  $L_b$  は、一定の加工速度  $V \times d$  で X 方向に移動しつつ、Y 方向には移動しない。

[0133] 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、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 v 1から仮想直線S v 2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、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、レーザ照射位置L bのY方向への移動は、加速期間T aの間に実行される。具体的には、加速期間T a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、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。

[0134] 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 b 2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8 A、8 B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8 B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8 Bの赤外線カメラ8 1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 1 0 0 6）。

[0135] 図1 5 C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3例を模式的に示す図である。図1 5 Cでの表記は図1 5 Aのそれと同様である。図1 5 Cにおいても、図1 5 Aと同様に図1 4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1 5 Cと図1 5 Aとで異なる。そこで、図1 5 A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。

[0136] 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S 1 0 0 5）、X方向に

において半導体基板Wの(+X)側の位置P b 2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 2は、Y方向において、仮想直線S v 1と仮想直線S v 2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 1から位置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 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。

[0137] 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。

[0138] 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との間に設けられる。つまり、ステップS 1 0 0 5

～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Sv2から位置Pb3までY方向へ移動する。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。

[0139] 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。

[0140] 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L bが位置P b 2から仮想直線S v 2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 v 2に到達する。

[0141] 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 b 2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8 A、8 B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8 B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8 Bの赤外線カメラ8 1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 1 0 0 6)。

[0142] なお、切換期間T cにおいて、仮想直線S v 1から位置P b 2までY方向に移動させてから、位置P b 2から仮想直線S v 2までY方向に移動させる具体的な態様は、図1 5 Cの例に限られず、例えば図1 5 D、図1 5 Eおよび図1 5 Fに示す態様でこの移動を実行してもよい。

[0143] 図1 5 D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4例を模式的に示す図であり、図1 5 E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5例を模式的に示す図であり、図1 5 F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6例を模式的に示す図である。図1 5 D~図1 5 Fでの表記は図1 5 Cのそれと同様である。図1 5 D~図1 5 Fと図1 5 C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1 5 C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。

[0144] 図1 5 Dに示す第4例では、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 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  $\Delta T_y$  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）。

[0145] 図 15 E に示す第 5 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  $T_a$  が開始する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 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  $T_a$  の開始までの期間  $\Delta T_y$  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）。

[0146] 図 15 F に示す第 5 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照射位置  $L_b$  が位置  $P_{b2}$  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照射位置  $L_b$  の位置（すなわち、X 座標）と位置  $P_{b2}$  の位置（すなわち、X 座標）とは一致している。したがって、レーザ照射位置  $L_b$  は、減速期間  $T_d$  の終了後も位置  $P_{b2}$  に向けて Y 方向へ移動を継続する。また、減速期間  $T_d$  の終了からレーザ照射位置  $L_b$  が位置  $P_{b2}$  に向かって Y 方向に移動する間は、レーザ照射位置  $L_b$  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する。また、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。

[0147] 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 $S_1$ 、 $S_2$ 、 $S_3$ 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。

[0148] 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 $S_{v2}$ との間の区間の外側(仮想直線 $S_{v2}$ に対して仮想直線 $S_{v1}$ 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 $L_b$ はX方向への減速と並行して、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方向へ移動する。また、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 $P_w(S_3)$ 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 $R_i$ を撮像させて、撮像点 $P_w(S_3)$ 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 $S_3$ の位置を示す画像を取得できる。

[0149] 続いて、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する(ステップS1001)。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。

[0150] 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。

[0151] 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 $V \times d$ 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 $T_{s2}$ （ステップ $S_{1002} \sim S_{1004}$ ）では、レーザ照射位置 $L_b$ は、一定の加工速度 $V \times d$ でX方向に移動しつつ、Y方向には移動しない。

[0152] 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。

[0153] 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

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<sub>i</sub>に重複する部分を撮像する（ステップS1006）。

[0154] ところで、上記の例では、位置P<sub>b2</sub>は、Y方向において仮想直線S<sub>v2</sub>に対して仮想直線S<sub>v1</sub>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<sub>v1</sub>に対して仮想直線S<sub>v2</sub>の逆側に位置P<sub>b2</sub>を設けてもよい。この場合、減速期間T<sub>d</sub>において、レーザ照射位置L<sub>b</sub>は、仮想直線S<sub>v1</sub>から位置P<sub>b2</sub>にY方向へ移動し、加速期間T<sub>a</sub>において、レーザ照射位置L<sub>b</sub>は位置P<sub>b2</sub>から仮想直線S<sub>v1</sub>を超えて仮想直線S<sub>v2</sub>にY方向へ移動する。位置P<sub>b3</sub>に対しても同様の変更が可能である。

[0155] 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<sub>c</sub>におけるレーザ照射位置L<sub>b</sub>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<sub>b</sub>が移動することができる。

[0156] 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S<sub>1</sub>に沿ったレーザ照射位置L<sub>b</sub>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<sub>b</sub>よりも当該レーザ照射位置L<sub>b</sub>の移動側（すなわち、(+X)側）に位置する撮像範囲R<sub>i</sub>（すなわち、撮像部8Aの撮像範囲R<sub>i</sub>）が撮像される。これによって、レーザ照射位置L<sub>b</sub>よりも当該レーザ照射位置L<sub>b</sub>の移動側の撮像点P<sub>w</sub>(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S<sub>1</sub>のうち、未加工部分の位置を示す画像を取得できる。

- [0157] 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。
- [0158] また、分割予定ラインS2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。
- [0159] 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。
- [0160] 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。
- [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。

- [0162] 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。
- [0163] 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。
- [0164] 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。
- [0165] 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）。
- [0166] 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S 1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 1が加工される(ライン加工処理)。

[0167] また、この例では、分割予定ラインS 1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 1104)。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(S 11)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 1のうち、未加工部分の位置を示す画像を取得できる。

[0168] 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 1105)。こうして、ステップS 1103~S 1105までの期間では、分割予定ラインS 1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 1のうちの未加工部分の画像が撮像される。

[0169] 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する(ステップS 1106)。ステップS 1107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 1107で「NO」の場合)には、ステップS 1101に戻る。

[0170] 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 1101)。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 $S_{1102}$ )。

[0171] 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。

[0172] 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。

[0173] 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 $S_{1103}$ )。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)。

[0174] 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 $S_{1104}$ )。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 2 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 2のうち、未加工部分の位置を示す画像を取得できる。

[0175] 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 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。

[0176] 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。

[0177] 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)。

[0178] 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。

[0179] 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  $S_{1103}$ ）。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）。

[0180] 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  $S_{1104}$ ）。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  $P_w$ （ $S_{31}$ ）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。

[0181] 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  $S_{1105}$ ）。こうして、ステップ  $S_{1103}$ ～ $S_{1105}$  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。

[0182] 続いては、図 19 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  $T_{s1}$ （ステップ  $S_{1103}$ ～ $S_{1105}$ ）では、レーザ照射位置  $L_b$  は、一定の加工速度  $V \times d$  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  $T_{s2}$ （ステップ  $S_{1103}$ ～ $S_{1105}$ ）では、レーザ照射位置  $L_b$  は、一定の加工

速度  $V \times d$  で X 方向に移動しつつ、Y 方向には移動しない。

[0183] 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 S1106、S1101) 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  $L_b$  を (+X) 側に向けて減速させて停止させてから (ステップ S1106)、(-X) 側に向けて加速することで (ステップ S1101)、レーザ照射位置  $L_b$  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) 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  $S_{v2}$  (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。

[0184] 特に、制御部 100 は、X 軸駆動部 65 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 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  $L_b$  を X 方向に停止させた後に 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。このように、X 軸駆動部 65 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 63 がレーザ照射位置  $L_b$  を Y 方向に移動させる。

[0185] 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 S1006) 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) とを含む。これに対して、Y 軸駆動部 63 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）。

[0186] 図19Bは図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である。図19Bが図19A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19Bの例では、分割予定ラインS1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）の撮像が複数回（この例では2回）実行される（ステップS1104）。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2個の撮像点Pw(S11)、Pw(S12)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S1のうち、未加工部分の位置を示す画像を取得できる。

[0187] 同様に、分割予定ラインS2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）の撮像が複数回（この例では2回）実行される（ステップS1104）。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2個の撮像点Pw(S21)、Pw(S22)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S2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S3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S1104）。

[0188] 図20は図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IMが取得される。この際、撮像範囲Riが半導体基板Wに対してX方向に移動しつつ、画像IMが取得されるため、画像IM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。

[0189] 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。

[0190] 図22Aでは、ライン加工処理において、レーザ照射位置LbがX方向に移動する速度Vxと時間との関係を表す上のグラフと、レーザ照射位置LbがX方向に移動する速度Vxとレーザ照射位置Lb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。

[0191] 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Xsから他方側（一方側の逆）の終了地点Xeまでレーザ照射位置Lb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Lb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Lbを開始地点Xsから終了地点Xe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Lbに加工ヘッド71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。

[0192] 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Xsと終了地点Xe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）。

[0193] 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 $X_{ss}$ 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 $V_{xd}$ 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 $X_{ss}$ から他方側の端 $X_{se}$ まで移動する等速度期間 $T_{sc}$ （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 $V_{xd}$ 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 $X_{se}$ 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。

[0194] 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、

$$t = 2 \times V \times d / A + L_{sc} / V \times d$$

となる。そのため、加工速度  $V \times d$  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  $V \times d$  が  $V \times d_{min} (= (L_{sc} \times A / 2)^{1/2})$  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  $V \times d$  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。

[0195] ただし、加工速度  $V \times d$  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  $V \times d$  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  $V \times d$  と、レーザ光 B の周波数  $f_c$  との関係を規定する。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  $V \times d$  が  $V \times d(1)$  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  $V \times d$  が  $V \times d(2)$  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。

[0196] 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  $L_{sc}$ ）が取得される（ステップ S1201）。そして、ステップ S1201 で取得された等速度距離  $L_{sc}$  と図 22C 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 S1202）、レーザ光 B の周波数  $f_c$  が決定される（ステップ S1203）。こうして図 21 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。

[0197] 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21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。

[0198] 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。

[0199] 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。

[0200] 以上に説明する実施形態では、 $X$ 方向（加工方向）において半導体基板 $W$ （加工対象物）の一方側の開始地点 $X_s$ から他方側の終了地点 $X_e$ まで、半導体基板 $W$ に対してレーザ照射位置 $L_b$ を移動させつつ、複数の分割予定ライン $S$ （加工ライン）のうち対象となる分割予定ライン $S$ （一の対象ライン）に沿って移動するレーザ照射位置 $L_b$ に加工ヘッド71からレーザ光 $B$ を照射することで分割予定ライン $S$ を加工する（照射位置走査）。この照射位置走査では、 $X$ 方向において分割予定ライン $S$ （対象ライン）を含む等速度区間 $SC$ が開始地点 $X_s$ と終了地点 $X_e$ との間に設定される。そして、開始地点 $X_s$ から等速度区間 $SC$ の一方側の端 $X_{ss}$ までレーザ照射位置 $L_b$ が

移動する加速期間 $T_a$ （第1期間）において、半導体基板 $W$ に対するレーザ照射位置 $L_b$ の $X$ 方向への速度がゼロから加工速度 $V \times d$ まで上昇する。また、等速度区間 $SC$ の一方側の端 $X_{ss}$ から他方側の端 $X_{se}$ までレーザ照射位置 $L_b$ が移動する等速度期間 $T_{sc}$ （第2期間）を通じて、レーザ照射位置 $L_b$ は半導体基板 $W$ に対して $X$ 方向へ加工速度 $V \times d$ で等速移動する。さらに、レーザ照射位置 $L_b$ が等速度区間 $SC$ の他方側の端 $X_{se}$ に到達してから終了地点 $X_e$ に到達するまでの減速期間 $T_d$ （第3期間）において、半導体基板 $W$ に対するレーザ照射位置 $L_b$ の $X$ 方向への速度は加工速度 $V \times d$ からゼロまで低下する。この際、 $X$ 方向において、等速度区間 $SC$ の長さ（等速度距離 $L_{sc}$ ）は分割予定ライン $S$ の長さに応じて設定され、等速度区間 $SC$ の長さ（等速度距離 $L_{sc}$ ）に応じて照射位置走査における加工速度 $V \times d$ が調整されている（速度調整処理、ステップ $S1202$ ）。したがって、加速期間 $T_a$ 、等速度期間 $T_{sc}$ および減速期間 $T_d$ の合計期間（走査時間 $t$ ）を抑えることができる。こうして、半導体基板 $W$ の分割予定ライン $S$ に沿ってレーザ光 $B$ を移動させることで分割予定ライン $S$ を加工するレーザ加工技術において、分割予定ライン $S$ の加工を効率的に実行することが可能となっている。

[0201] また、制御部100は、複数の分割予定ライン $S$ の間で対象となる分割予定ライン $S$ （対象ライン）を変更しつつ照射位置走査を繰り返すことで複数の照射位置走査を実行する。そして、制御部100は、複数の照射位置走査のそれぞれに対して速度調整処理（ステップ $S1202$ ）を実行する。かかる構成では、複数の分割予定ライン $S$ のそれぞれの加工を効率的に実行でき、半導体基板 $W$ に対する加工を速やかに完了することが可能となる。

[0202] また、制御部100は、照射位置走査において対象となる分割予定ライン $S$ （対象ライン）に沿って移動するレーザ照射位置 $L_b$ に照射されるレーザ光 $B$ の周波数を、照射位置走査における加工速度 $V \times d$ に応じて調整する周波数調整処理（ステップ $S1203$ ）を実行する。かかる構成では、調整後の加工速度 $V \times d$ に応じた適切な周波数のレーザ光 $B$ を分割予定ライン $S$ に

照射して、分割予定ラインSの加工を的確に行うことができる。

[0203] また、制御部100は、複数の分割予定ラインSの間で対象となる分割予定ラインS（対象ライン）を変更しつつ照射位置走査を繰り返すことで複数の照射位置走査を実行する。そして、制御部100は、複数の照射位置走査のそれぞれに対して周波数調整処理（ステップS1203）を実行する。かかる構成では、複数の分割予定ラインSのそれぞれの加工を的確に行うことができる。

[0204] なお、図22C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22C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。

[0205] ところで、上記の例では、1本の分割予定ラインSに対して実行される照射位置走査毎に図21のレーザ加工条件決定が実行される。しかしながら、レーザ加工条件（加工速度 $V \times d$ およびレーザ光Bの周波数 $f_c$ ）を決定する単位は、1回の照射位置走査である必要は無く、1枚の半導体基板Wであ

ってもよい。つまり、制御部100は、図21のフローチャートに代えて、次の図23のフローチャートを実行してもよい。

[0206] 図23は半導体基板単位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24は図23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。この例では、チャックステージ3に保持された半導体基板Wが有するX方向に平行な複数の分割予定ラインSをカウントするカウント値nが付される。例えば、X方向に平行な20本の分割予定ラインSを半導体基板Wが有する場合には、カウント値nは1～20の値を取る。

[0207] ステップS1301では、カウント値nがゼロにリセットされ、ステップS1302では、カウント値nがインクリメントされる。ステップS1303では、n番目の分割予定ラインSに対して設定された等速度区間SCの長さである等速度距離Lsc(n)が取得される。そして、n番目の分割予定ラインSに対する照射位置走査に要する走査時間t(n)が次式

$$t(n) = 2 \times V \times d / A + L_{sc}(n) / V \times d$$

に基づき算出される(ステップS1304)。

[0208] ステップS1305では、カウント値nがその最大値nx(半導体基板Wが有するX方向に平行な分割予定ラインSの本数に相当)に到達したか否かが判断される。カウント値nが最大値nxに到達しない場合(ステップS1305で「NO」の場合)には、ステップS1302～S1304が繰り返される。こうして、カウント値nが最大値nxに到達するまでステップS1302～S1304が繰り返されることで、半導体基板Wが有するX方向に平行な複数の分割予定ラインSの全てについて、走査時間t(n)が算出される。

[0209] カウント値nが最大値nxに到達すると(ステップS1305で「YES」)、走査総時間Ttlが次式

$$\begin{aligned} T_{tl} &= t(1) + t(2) + \dots + t(nx-1) + t(nx) \\ &= \sum t(n) \end{aligned}$$

に基づき算出される（ステップS1306）。

- [0210] この走査総時間 $T_{t1}$ は、加工速度 $V \times d$ の関数となる。これに対して、ステップS1307では、走査総時間 $T_{t1}$ が最小となる加工速度 $V \times d$ が最適加工速度 $V \times g$ として算出される。ステップS1308では、こうして算出された最適加工速度 $V \times g$ と図24のテーブルとを用いて、加工条件（加工速度 $V \times d$ およびレーザ光Bの周波数 $f_c$ ）が決定される。
- [0211] 図24のテーブルは、最適加工速度 $V \times g$ と、加工速度 $V \times d$ と、レーザ光Bの周波数 $f_c$ との関係を規定する。具体的には、最適加工速度 $V \times g$ が $V \times g(1)$ 以下である場合には、加工速度 $V \times d$ が $V \times d(11)$ に設定され、レーザ光Bの周波数が $f_c(11)$ に設定され、最適加工速度 $V \times g$ が $V \times g(1)$ より大きく $V \times g(2)$ 以下である場合には、加工速度 $V \times d$ が $V \times d(12)$ に設定され、レーザ光Bの周波数が $f_c(12)$ 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。図22Cのテーブルと同様に、図24のテーブルに従うことで、加工速度 $V \times d$ が速くなるほど、レーザ光Bの周波数が高くなる。
- [0212] つまり、この例では、チャックステージ3に保持された1枚の半導体基板Wが有するX方向に平行な複数の分割予定ラインSに照射位置走査を実行する期間を通じて、加工速度 $V \times d$ およびレーザ光Bの周波数 $f_c$ を変更しない。これによって、レーザ光Bの周波数 $f_c$ の変更に要する時間が、半導体基板Wへの加工完了に及ぼす影響を排除できる。
- [0213] なお、最適加工速度 $V \times d$ は、 $n \times$ 本の分割予定ラインSそれぞれに設定された等速度距離 $L_{sc}$ と相関を有する。このような最適加工速度 $V \times d$ に基づき加工速度 $V \times d$ を決定する上記制御は、 $n \times$ 本の分割予定ラインSそれぞれに設定された等速度区間SCの長さ（等速度距離 $L_{sc}$ ）に応じて照射位置走査における加工速度 $V \times d$ を調整する処理に相当する。また、このような最適加工速度 $V \times d$ に基づきレーザ光Bの周波数 $f_c$ を決定する上記制御は、レーザ照射位置 $L_b$ に照射されるレーザ光Bの周波数 $f_c$ を、照射位置走査における加工速度 $V \times d$ に応じて調整する処理に相当する。

[0214] このように、制御部100は、複数の分割予定ラインSの間で、を変更しつつ照射位置走査を繰り返すことで実行される複数の照射位置走査に対して共通する加工速度 $V \times d$ （共通加工速度）を設定する（ステップS1308）。そして、複数の照射位置走査のそれぞれは、ステップS1308で設定された加工速度 $V \times d$ に基づき実行される。特に、ステップS1308（速度調整処理）では、複数の照射位置走査それぞれの等速度区間SCの長さである等速度距離 $L_{sc}(n)$ を反映した走査総時間 $T_{tl}$ に応じて、加工速度 $V \times d$ が調整される。かかる構成では、複数の分割予定ラインSの間で加工速度 $V \times d$ を切り換えることなく、当該複数の分割予定ラインSへの加工を効率的に実行でき、半導体基板Wに対する加工を速やかに完了することが可能となる。

[0215] また、制御部100は、複数の分割予定ラインSに共通に設定された加工速度 $V \times d$ に応じて、複数の照射位置走査に対して共通する周波数 $f_c$ を求める（ステップS1308）。そして、複数の照射位置走査のそれぞれにおいて、共通の周波数 $f_c$ のレーザ光Bをレーザ照射位置 $L_b$ に照射する。かかる構成では、複数の分割予定ラインSの間でレーザ光Bの周波数 $f_c$ を切り換える必要がなく、周波数 $f_c$ の切り換えに要する時間が半導体基板Wに対する加工の完了に与える影響を排除できる。

[0216] なお、図24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、最適加工速度 $V \times d$ が図24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、複数の半導体基板W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、連続して加工される2枚の半導体基板Wの間で最適加工速度 $V \times d$ 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、連続して加工される 2 枚の半導体基板  $W$  の間で最適加工速度  $V \times d$  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。

[0217] ところで、上で説明する例では、チャックステージ 3 に保持された 1 枚の半導体基板  $W$  が有する  $X$  方向に平行な複数の分割予定ライン  $S$  に照射位置走査を実行する期間を通じて、加工速度  $V \times d$  およびレーザ光  $B$  の周波数  $f_c$  を変更しない。換言すれば、分割予定ライン  $S$  の単位ではなく、半導体基板  $W$  の単位で、レーザ加工条件（加工速度  $V \times d$  およびレーザ光  $B$  の周波数）が調整される。この際、レーザ加工装置 1 で使用される半導体基板  $W$  の直径が想定される場合がある。このような場合には、これら半導体基板  $W$  の直径について、図 23 のレーザ加工条件決定方法を予め実行することで、各直径に対応する加工条件（加工速度  $V \times d$  とレーザ光  $B$  の周波数  $f_c$ ）を求めて記憶部 190 に保存しておいてもよい。

[0218] 図 25 は図 23 のレーザ加工条件方法によって予め求められた加工条件を基板の直径に応じて設定するレーザ加工条件設定の一例を示すフローチャートであり、図 26 は図 25 のフローチャートで使用される対応関係テーブルを模式的に示す図である。この例では、レーザ加工装置 1 で使用される直径 200 mm の半導体基板  $W$  および直径 300 mm の半導体基板  $W$  それぞれに対して、図 23 のレーザ加工条件決定が予め実行されて、加工速度  $V \times d$  およびレーザ光  $B$  の周波数  $f_c$  が求められている。こうして半導体基板  $W$  の各直径について求められた加工速度  $V \times d$  およびレーザ光  $B$  の周波数  $f_c$  は、対応関係テーブル  $T_{svf}$  として、記憶部 190 に保存されている。

[0219] つまり、図 26 の対応関係テーブル  $T_{svf}$  では、直径 200 mm の半導体基板  $W$  に対して加工速度  $V \times d$  ( $= V_{200}$ ) およびレーザ光  $B$  の周波数  $f$

$c$  ( $=f_{c\_200}$ ) が対応付けられ、直径 300 mm の半導体基板  $W$  に対して加工速度  $V \times d$  ( $=V_{300}$ ) およびレーザ光  $B$  の周波数  $f_c$  ( $=f_{c\_300}$ ) が対応付けられている。

[0220] ステップ  $S1401$  では、レーザ加工制御演算部 120 は、照射位置走査の対象となる半導体基板  $W$  のサイズ（直径）を取得する。そして、レーザ加工制御演算部 120 は、ステップ  $S1401$  で取得した半導体基板  $W$  のサイズに対応付けられた加工速度  $V \times d$  を対応関係テーブル  $T_{svf}$  から読み出して、読み出した加工速度  $V \times d$  を照射位置走査の実行時の加工速度  $V \times d$  に設定する（ステップ  $S1402$ ）。また、レーザ加工制御演算部 120 は、ステップ  $S1401$  で取得した半導体基板  $W$  のサイズに対応付けられたレーザ光  $B$  の周波数  $f_c$  を対応関係テーブル  $T_{svf}$  から読み出して、読み出した周波数  $f_c$  を照射位置走査の実行時の周波数  $f_c$  に設定する（ステップ  $S1403$ ）。

[0221] かかる構成では、例えば、200 mm の半導体基板  $W$  に照射位置走査を実行する場合には、チャックステージ 3 に保持された当該半導体基板  $W$  が有する  $X$  方向に平行な複数の分割予定ライン  $S$  それぞれに対する照射位置走査が、加工速度  $V \times d$  が加工速度  $V_{200}$  で、レーザ光  $B$  の周波数  $f_c$  が  $f_{c\_200}$  のレーザ加工条件で実行される。

[0222] 上記の例では、半導体基板  $W$  の複数の直径（サイズ）のそれぞれについて、直径、加工速度  $V \times d$ （共通加工速度）および周波数  $f_c$ （共通周波数）の対応関係を示す対応関係テーブル  $T_{svf}$ （対応関係情報）が記憶部 190 に記憶されている。そして、レーザ加工制御演算部 120（制御部）は、照射位置走査の対象となる半導体基板  $W$  の直径と対応関係テーブル  $T_{svf}$  とに基づき、加工速度  $V \times d$  とレーザ光  $B$  の周波数  $f_c$  とを調整する（ステップ  $S1402$ 、 $S1403$ ）。かかる構成では、レーザ加工制御演算部 120 は、対応関係テーブル  $T_{svf}$  を参照することで、加工速度  $V \times d$  とレーザ光  $B$  の周波数  $f_c$  とを簡便に調整できる。

[0223] 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、X軸駆動部65が本発明の「加工軸駆動部」の一例に相当し、加工ヘッド71が本発明の「加工ヘッド」の一例に相当し、レーザ光源72が本発明の「レーザ光源」の一例に相当し、制御部100が本発明の「制御部」の一例に相当し、制御部100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191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192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Lbが本発明の「レーザ照射位置」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、等速度区間SCが本発明の「等速度区間」の一例に相当し、加速期間Taが本発明の「第1期間」の一例に相当し、減速期間Tdが本発明の「第3期間」の一例に相当し、等速度期間Tscが本発明の「第2期間」の一例に相当し、加工速度Vxdが本発明の「加工速度」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、終了地点Xeが本発明の「終了地点」の一例に相当し、開始地点Xsが本発明の「開始地点」の一例に相当し、端Xssが本発明の「一方側の端」の一例に相当し、端Xseが本発明の「他方側の端」の一例に相当し、ステップS1202が本発明の「速度調整処理」の一例に相当し、ステップS1203が本発明の「周波数調整処理」の一例に相当する。

[0224] 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。例えば、上記の実施例では、撮像した画像の用途は特に説明していない。ただし、かかる画像は種々の用途に用いることができる。例えば、分割予定ラインSへのレーザ加工に伴って、未加工の分割予定ラインSがY方向に変位する場合がある。そこで、制御部100は、半導体基板Wを撮像した画像に基づき、未加工の分割予定ラインSのY方向への変位量を算出して、ライン加工処理の対象となる分割予定ラインSとレーザ照射位置Lbとの位

置合わせを、当該変位量に基づき行うことができる。

[0225] 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。

[0226] 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体的構成は、上記のXYθ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。

[0227] 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。

[0228] 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

- [0229] 1…レーザ加工装置  
3…チャックステージ（支持部材）  
65…X軸駆動部（加工軸駆動部）  
71…加工ヘッド  
72…レーザ光源  
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、

レーザ光を発するレーザ光源を有し、前記レーザ光源から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、

前記加工方向において前記加工対象物の一方側の開始地点から前記加工対象物の前記一方側の逆の他方側の終了地点まで、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軸駆動部により移動させつつ、前記複数の加工ラインのうちの一の対象ラインに沿って移動する前記レーザ照射位置に前記加工ヘッドからレーザ光を照射することで前記一の対象ラインを加工する照射位置走査を実行する制御部とを備え、

前記照射位置走査では、前記加工方向において前記対象ラインを含む等速度区間が前記開始地点と前記終了地点との間に設定され、前記開始地点から前記等速度区間の前記一方側の端まで前記レーザ照射位置が移動する第1期間において、前記加工対象物に対する前記レーザ照射位置の前記加工方向への速度がゼロから加工速度まで上昇し、前記等速度区間の前記一方側の端から前記他方側の端まで前記レーザ照射位置が移動する第2期間を通じて、前記レーザ照射位置は前記加工対象物に対して前記加工方向へ前記加工速度で等速移動し、前記レーザ照射位置が前記等速度区間の前記他方側の端に到達してから前記終了地点に到達するまでの第3期間において、前記加工対象物に対する前記レーザ照射位置の前記加工方向への速度は前記加工速度からゼロまで低下し、

前記制御部は、前記加工方向において前記等速度区間の長さを前記

対象ラインの長さに応じて設定するとともに、前記等速度区間の長さに応じて前記照射位置走査における前記加工速度を調整する速度調整処理を実行するレーザ加工装置。

[請求項2] 前記制御部は、前記複数の加工ラインの間で前記対象ラインを変更しつつ前記照射位置走査を繰り返すことで複数の照射位置走査を実行し、前記複数の照射位置走査のそれぞれに対して前記速度調整処理を実行する請求項1に記載のレーザ加工装置。

[請求項3] 前記制御部は、前記照射位置走査において前記対象ラインに沿って移動する前記レーザ照射位置に照射される前記レーザ光の周波数を、前記照射位置走査における前記加工速度に応じて調整する周波数調整処理を実行する請求項1または2に記載のレーザ加工装置。

[請求項4] 前記制御部は、前記複数の加工ラインの間で前記対象ラインを変更しつつ前記照射位置走査を繰り返すことで複数の照射位置走査を実行し、前記複数の照射位置走査のそれぞれに対して前記周波数調整処理を実行する請求項3に記載のレーザ加工装置。

[請求項5] 前記制御部は、前記複数の加工ラインの間で前記対象ラインを変更しつつ前記照射位置走査を繰り返すことで実行される複数の照射位置走査に対して共通する前記加工速度である共通加工速度を設定して、当該共通加工速度を前記加工速度として前記複数の照射位置走査のそれぞれを実行し、

前記速度調整処理では、前記複数の照射位置走査それぞれの前記等速度区間の長さに応じて、前記共通加工速度を調整する請求項1に記載のレーザ加工装置。

[請求項6] 前記制御部は、前記複数の照射位置走査に対して共通する共通周波数を前記共通加工速度に応じて求めて、前記複数の照射位置走査のそれぞれにおいて前記共通周波数の前記レーザ光を前記レーザ照射位置に照射する請求項5に記載のレーザ加工装置。

[請求項7] 前記加工対象物の複数のサイズのそれぞれについて、前記サイズ、

前記共通加工速度および前記共通周波数の対応関係を示す対応関係情報を記憶する記憶部をさらに備え、

前記制御部は、前記照射位置走査の対象となる前記加工対象物の前記サイズと前記対応関係情報とに基づき、前記共通加工速度と前記共通周波数とを調整する請求項6に記載のレーザ加工装置。

[請求項8] 前記対応関係情報は、前記サイズとして前記加工対象物の直径を示し、200mmの直径および300mmの直径のそれぞれについて、前記サイズ、前記共通加工速度および前記共通周波数の対応関係を示す請求項7に記載のレーザ加工装置。

[請求項9] 前記加工方向において、前記等速度区間の両端は、前記対象ラインの両端と一致している請求項1ないし8のいずれか一項に記載のレーザ加工装置。

[請求項10] 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、

レーザ光を発するレーザ光源を有し、前記レーザ光源から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、前記加工方向において前記加工対象物の一方側の開始地点から前記加工対象物の前記一方側の逆の他方側の終了地点まで、前記加工対象物に対して前記レーザ照射位置を移動させつつ、前記複数の加工ラインのうちの一の対象ラインに沿って移動する前記レーザ照射位置に前記加工ヘッドからレーザ光を照射することで前記一の対象ラインを加工する照射位置走査を実行する工程とを備え、

前記照射位置走査では、前記加工方向において前記対象ラインを含む等速度区間が前記開始地点と前記終了地点との間に設定され、前記

開始地点から前記等速度区間の前記一方側の端まで前記レーザ照射位置が移動する第1期間において、前記加工対象物に対する前記レーザ照射位置の前記加工方向への速度がゼロから加工速度まで上昇し、前記等速度区間の前記一方側の端から前記他方側の端まで前記レーザ照射位置が移動する第2期間を通じて、前記レーザ照射位置は前記加工対象物に対して前記加工方向へ前記加工速度で等速移動し、前記レーザ照射位置が前記等速度区間の前記他方側の端に到達してから前記終了地点に到達するまでの第3期間において、前記加工対象物に対する前記レーザ照射位置の前記加工方向への速度は前記加工速度からゼロまで低下し、

前記加工方向において前記等速度区間の長さが前記対象ラインの長さに応じて設定されるとともに、

前記等速度区間の長さに応じて前記照射位置走査における前記加工速度が調整されるレーザ加工方法。

[請求項11] 前記複数の加工ラインの間で前記対象ラインを変更しつつ前記照射位置走査を繰り返すことで実行される複数の照射位置走査に対して共通する前記加工速度である共通加工速度を設定する工程がさらに設けられ、

前記複数の照射位置走査のそれぞれは、前記共通加工速度を前記加工速度として前記複数の照射位置走査のそれぞれが実行され、

前記複数の照射位置走査それぞれの前記等速度区間の長さに応じて、前記共通加工速度が調整されている請求項10に記載のレーザ加工方法。

[請求項12] 請求項10または11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13] 請求項12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14] 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 10 または 11 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15]

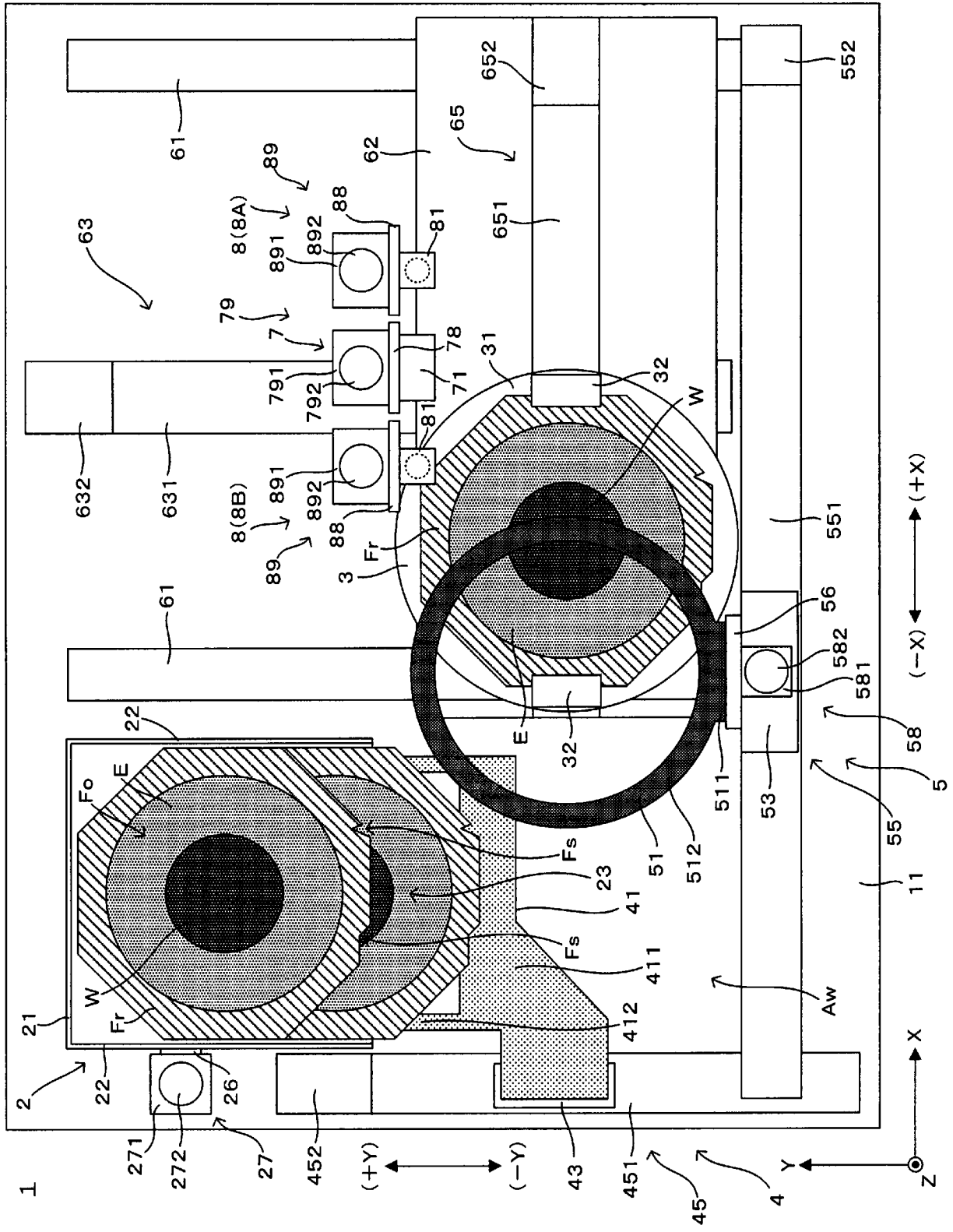
加工ラインによって区分けされた複数の半導体チップが配列された半導体基板を、請求項 10 または 11 に記載のレーザ加工方法によって加工する工程と、

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

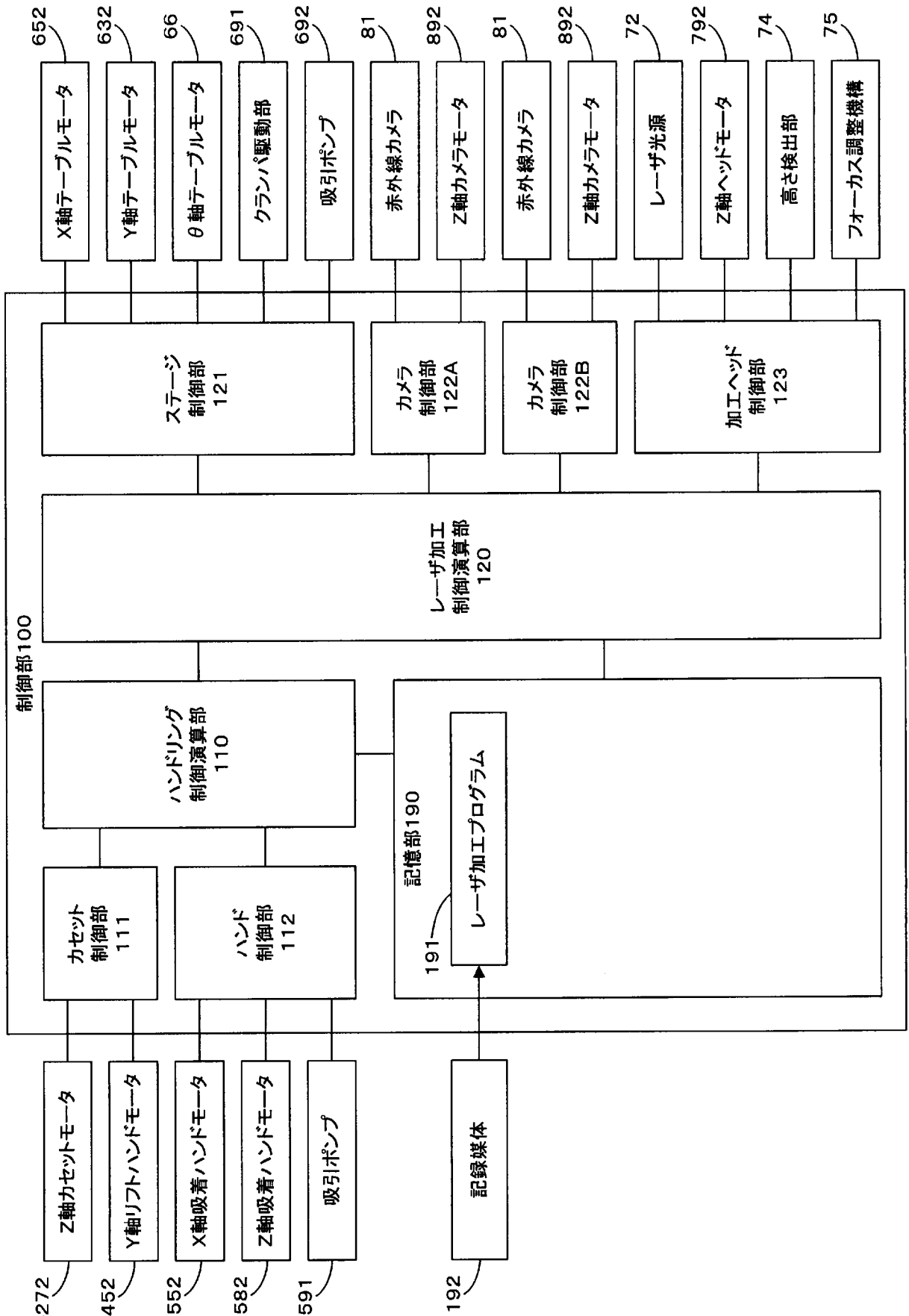
によって製造された半導体チップ。



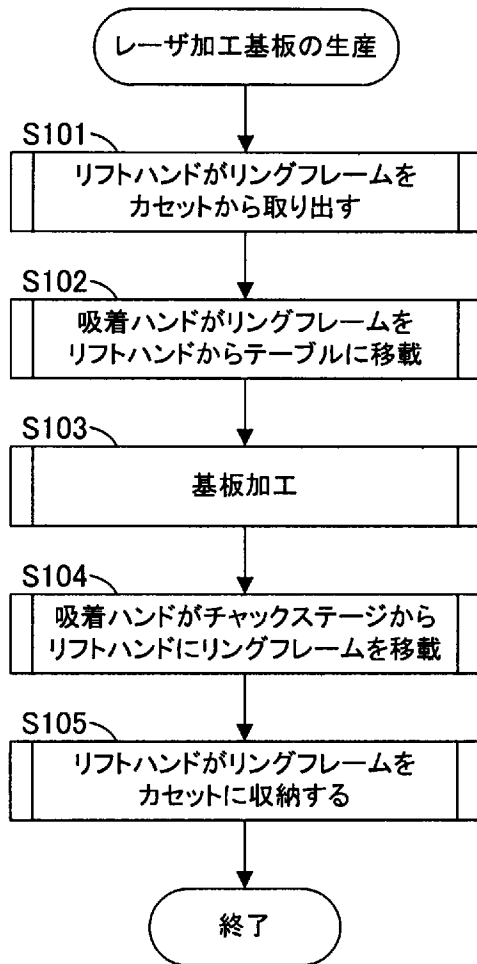
[2]



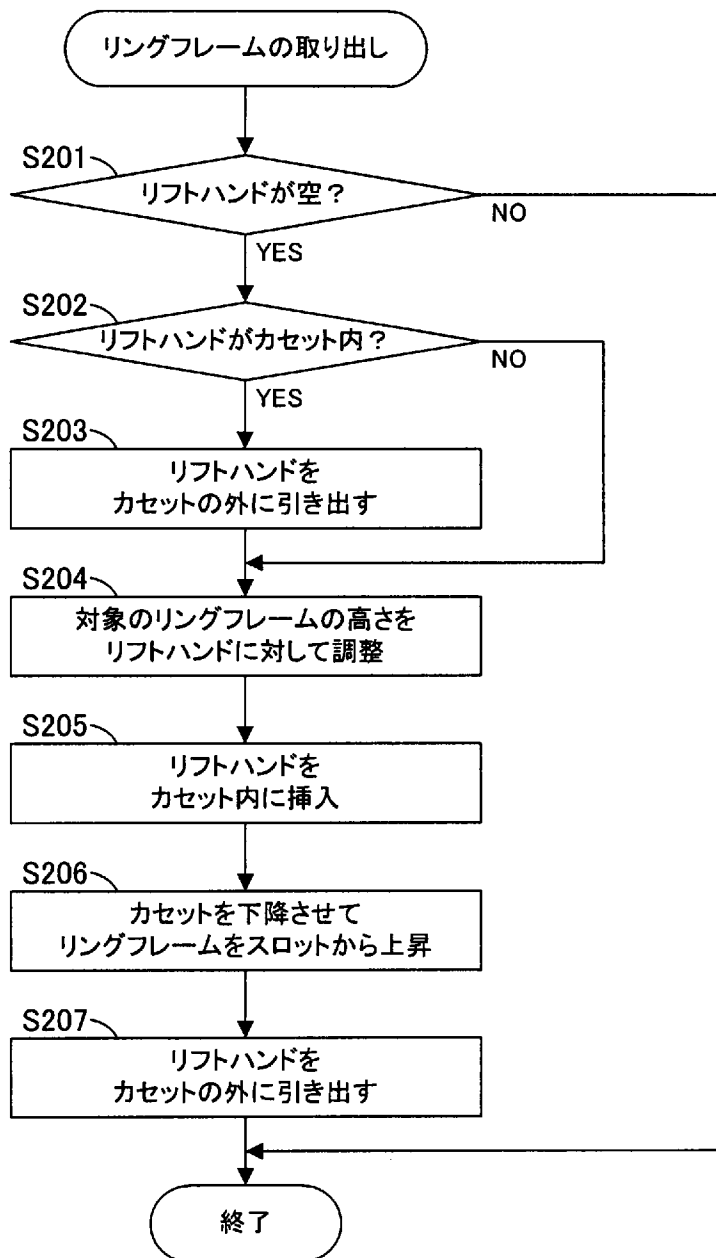
[図3]



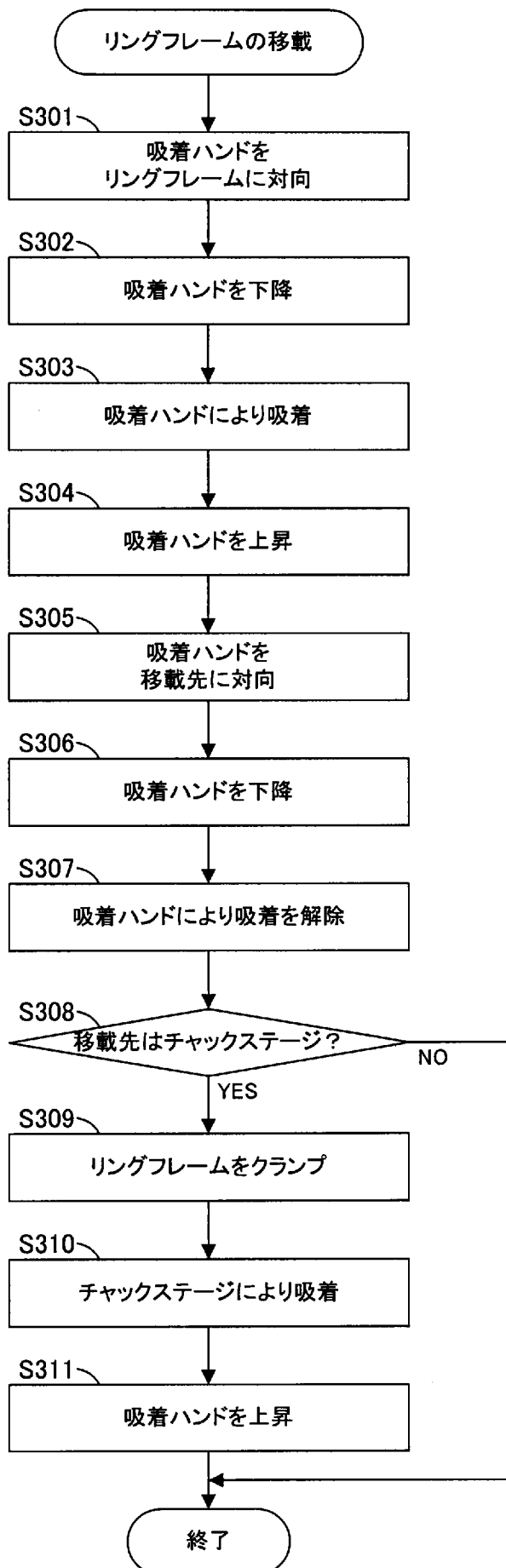
[図4]



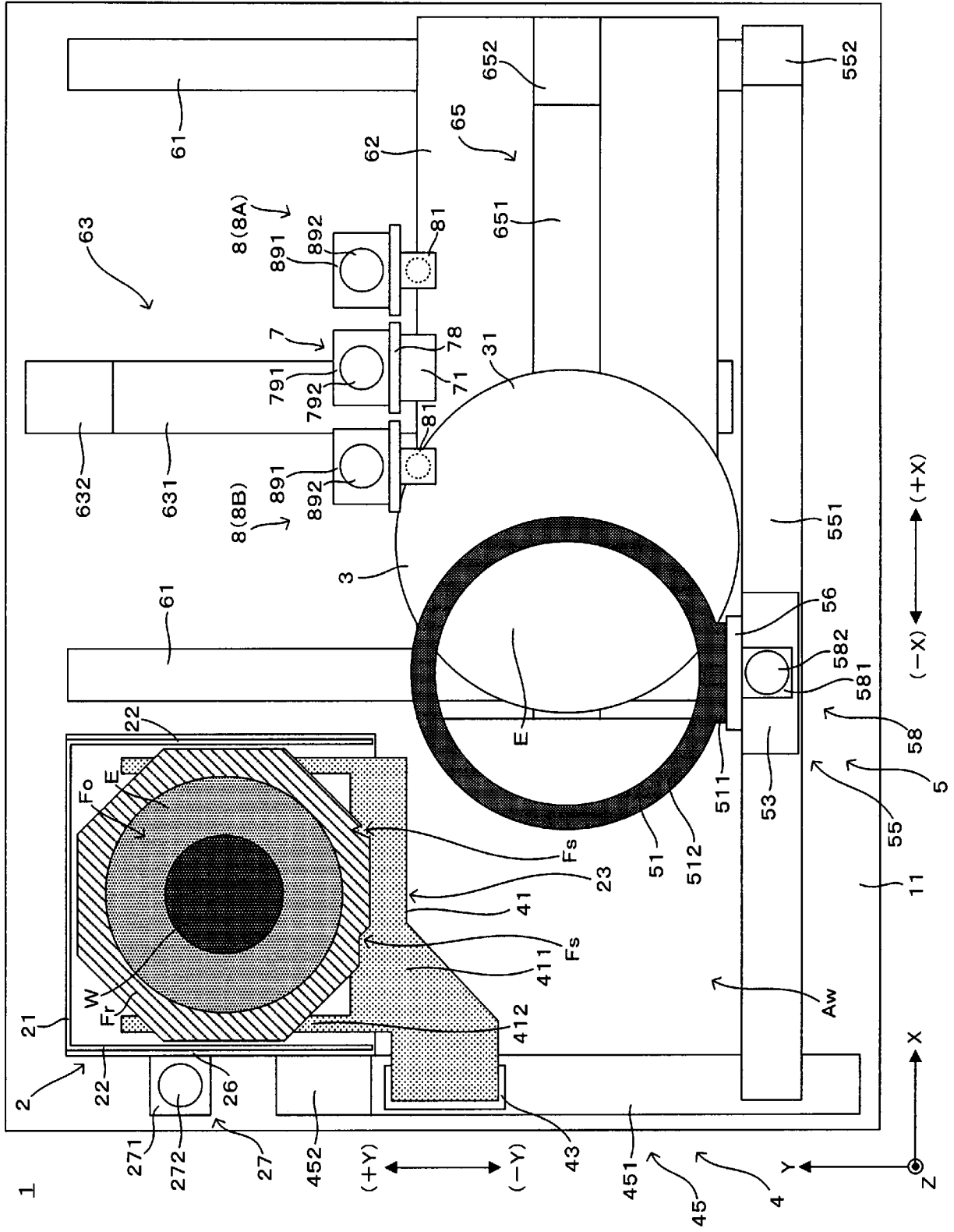
[図5]



[図6]



[7A]

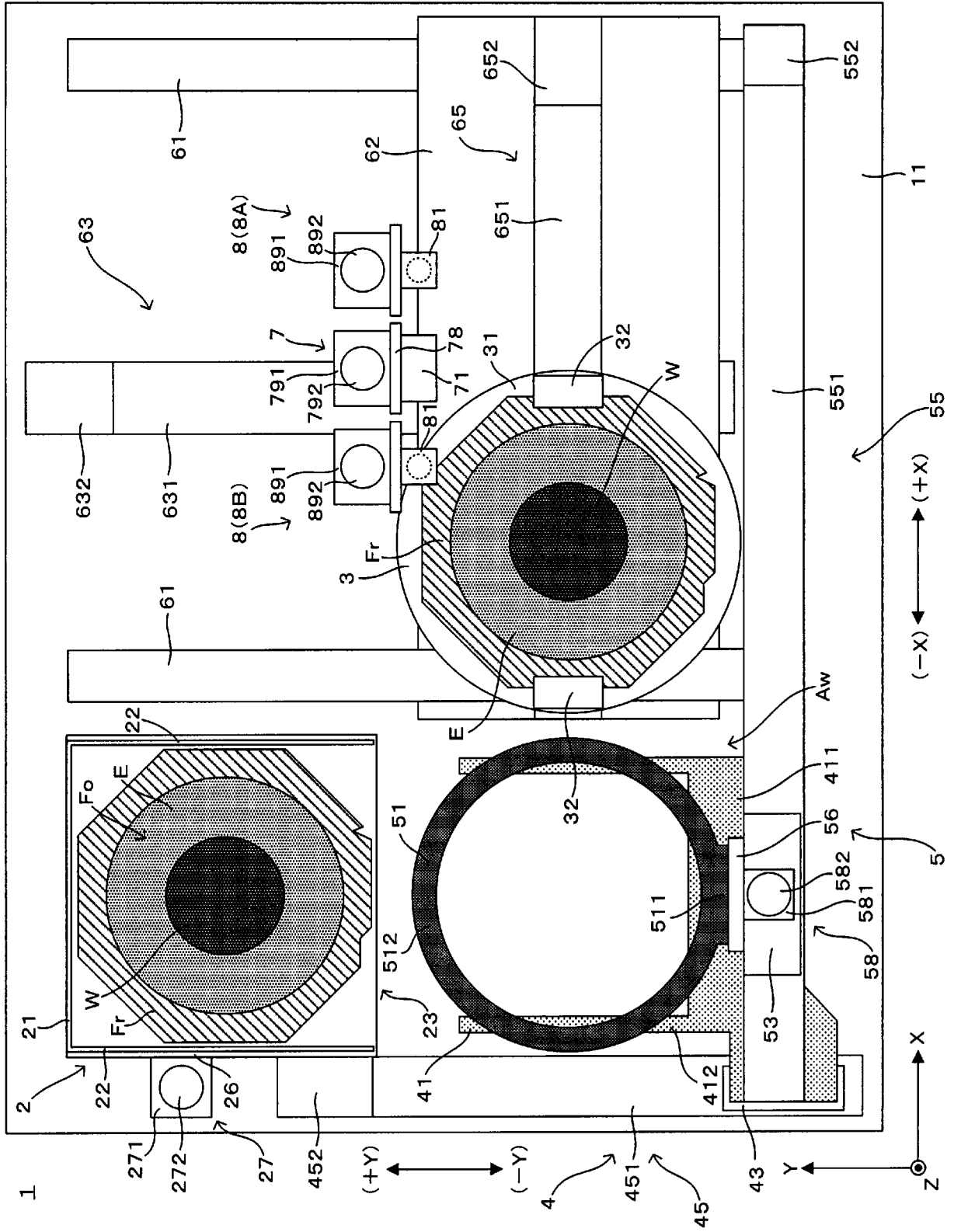




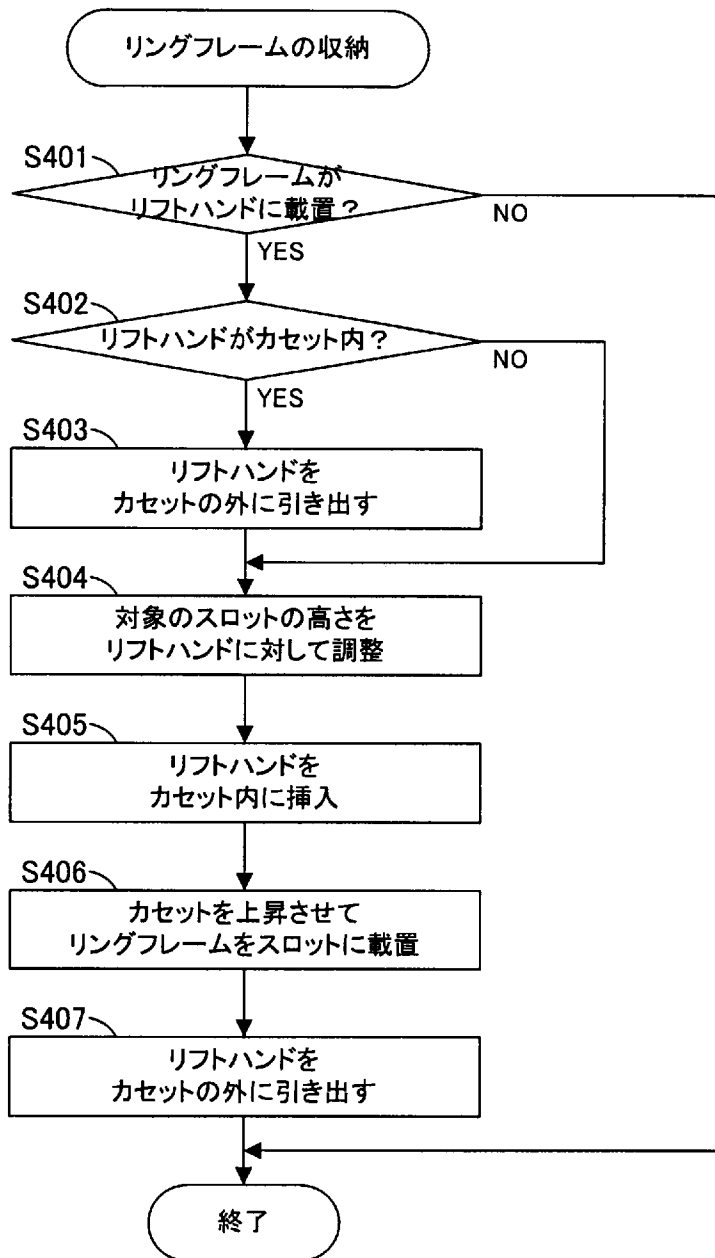




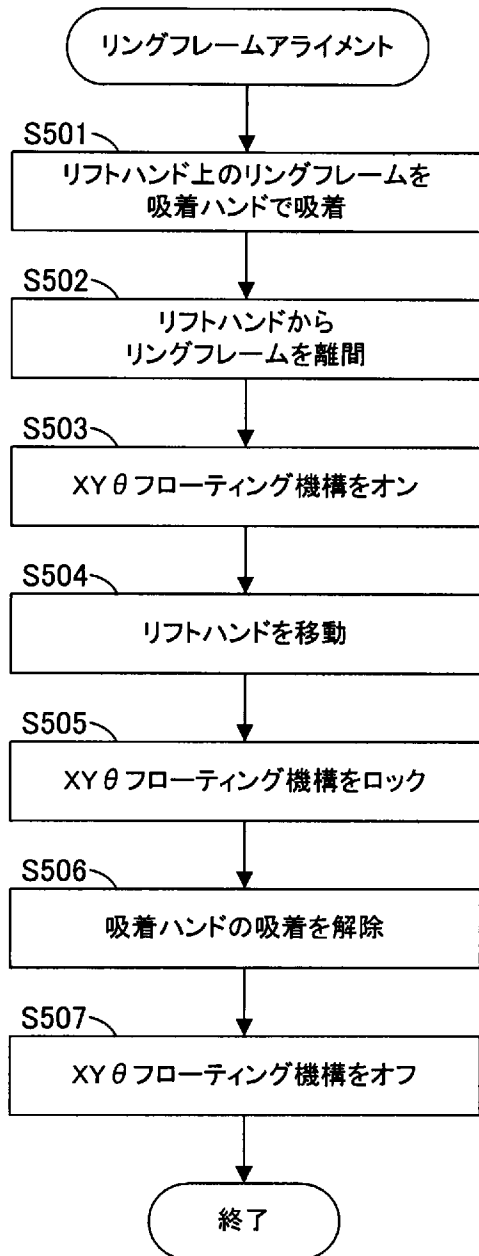
[7E]



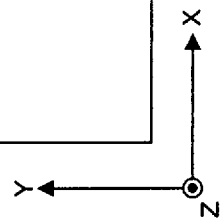
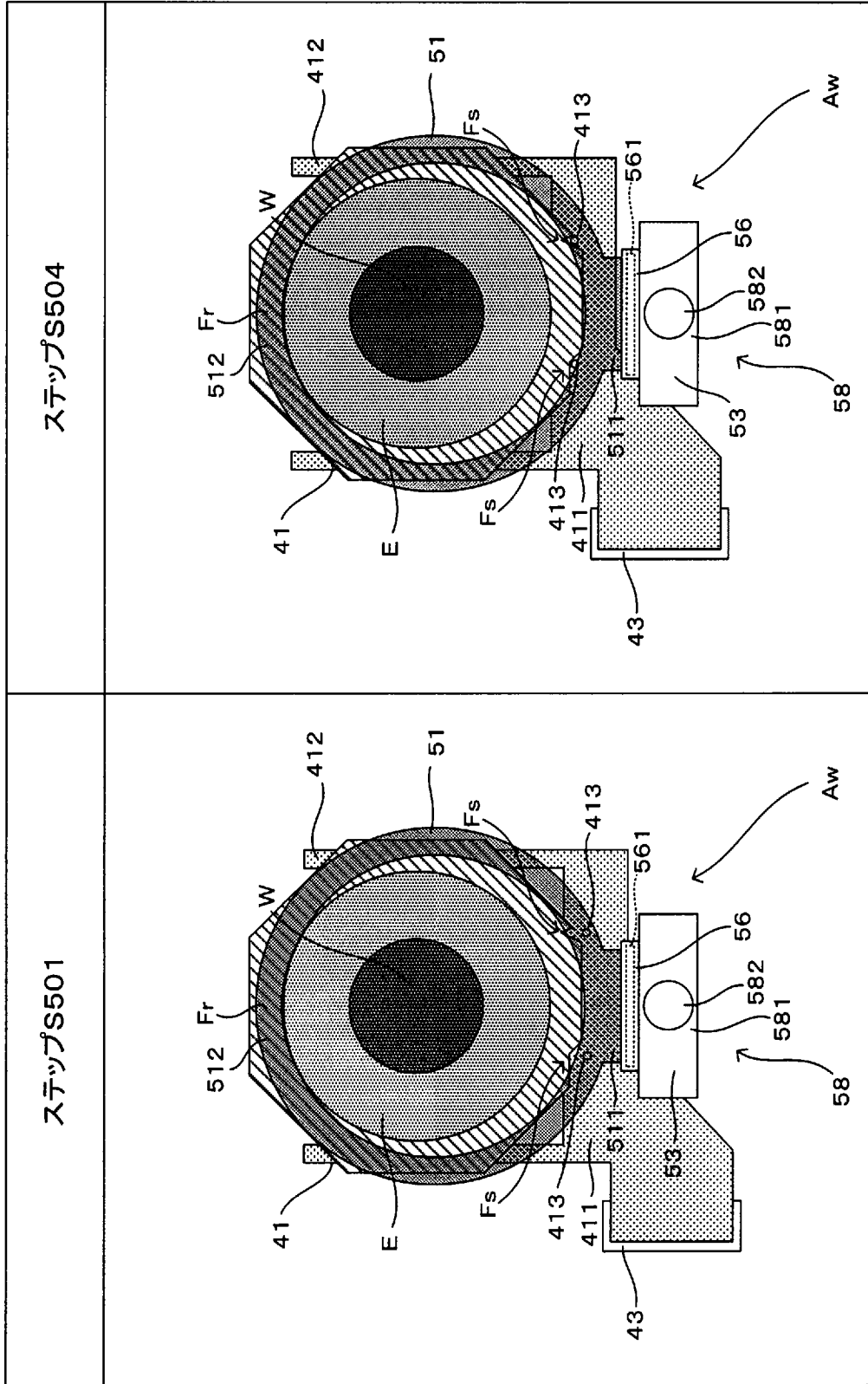
[図8]



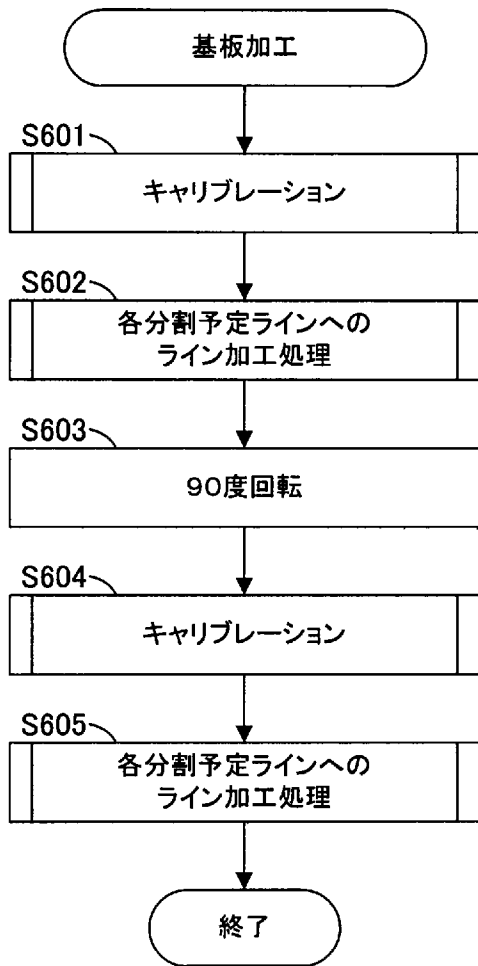
[図9]



[図10]

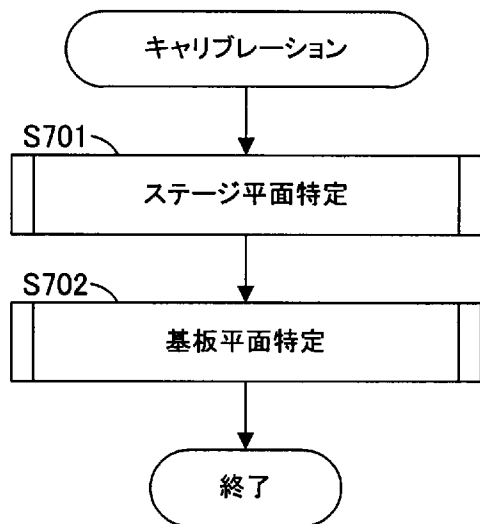


[図11]

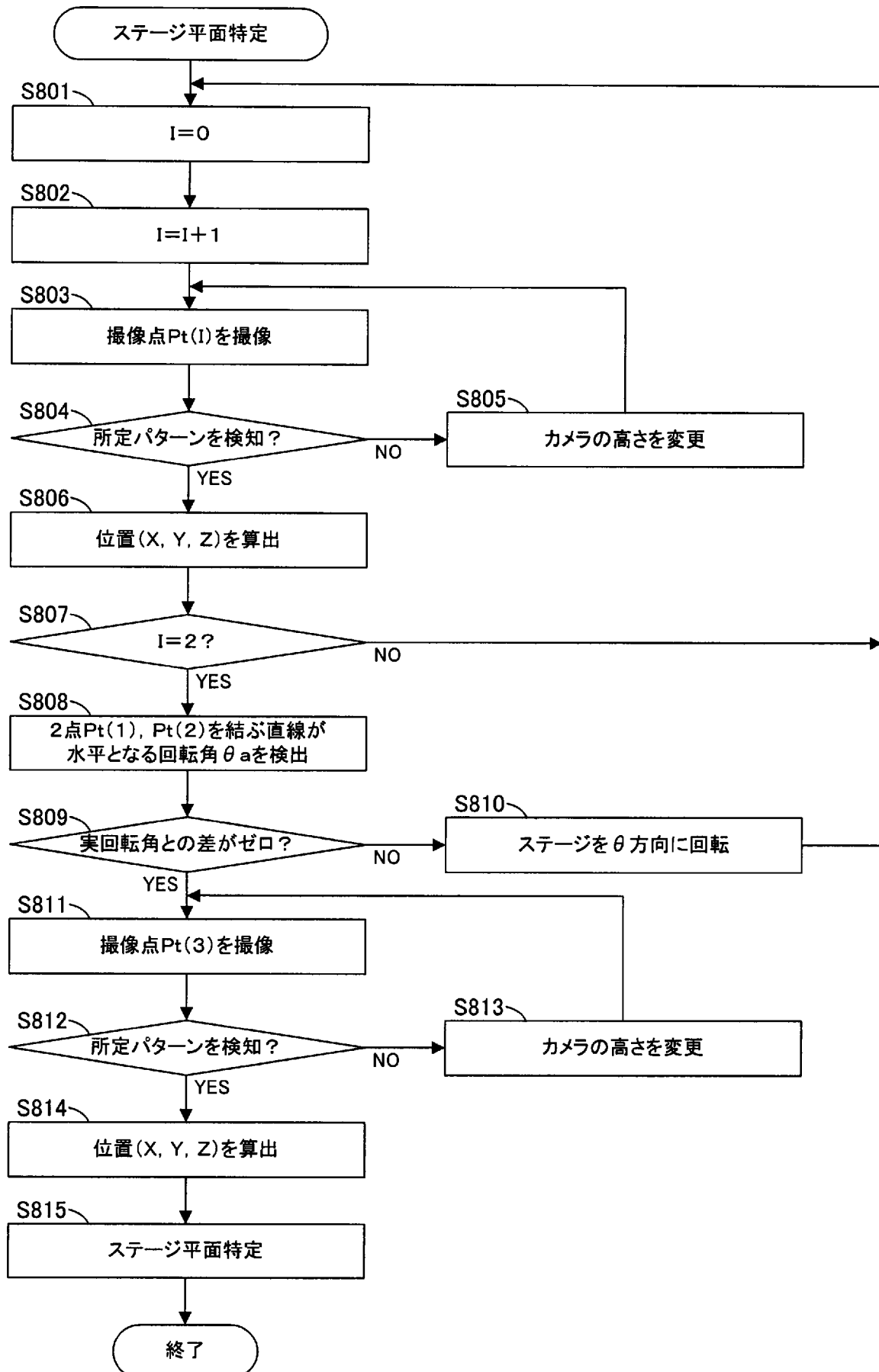




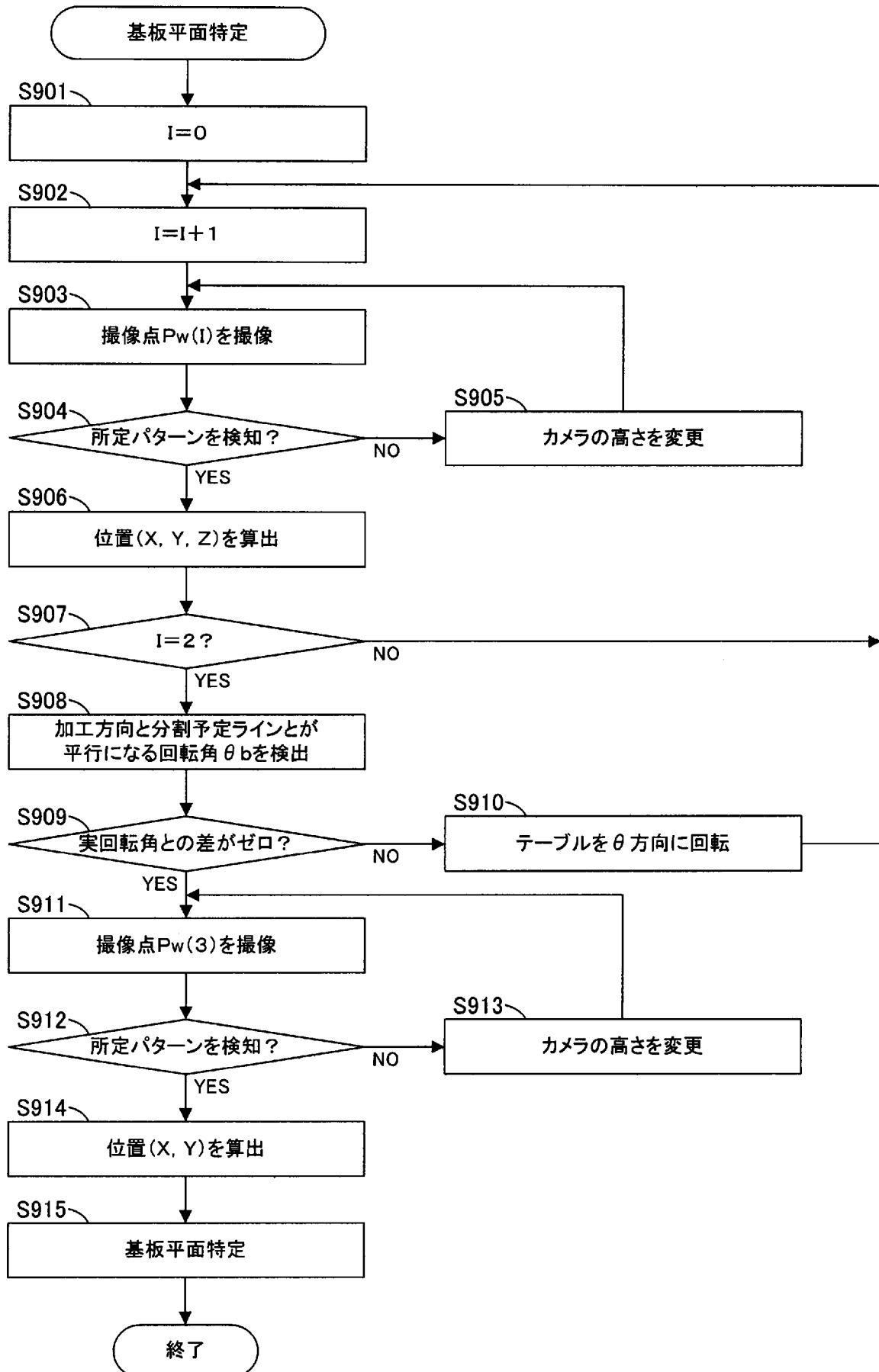
[図13A]



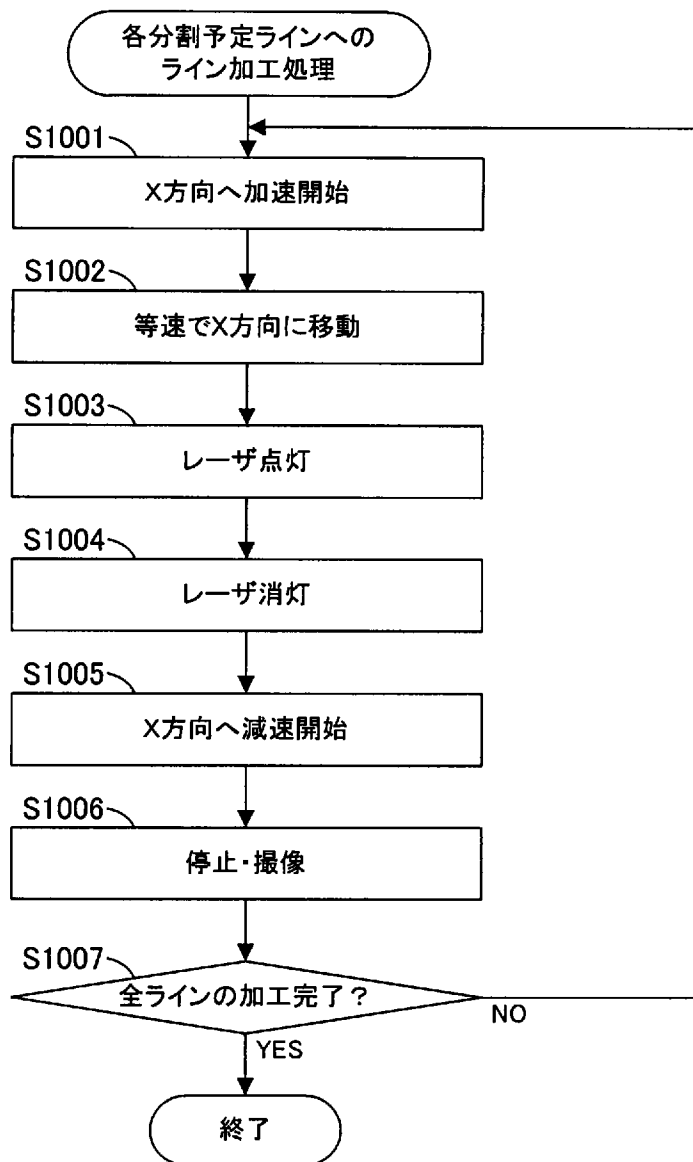
[図13B]



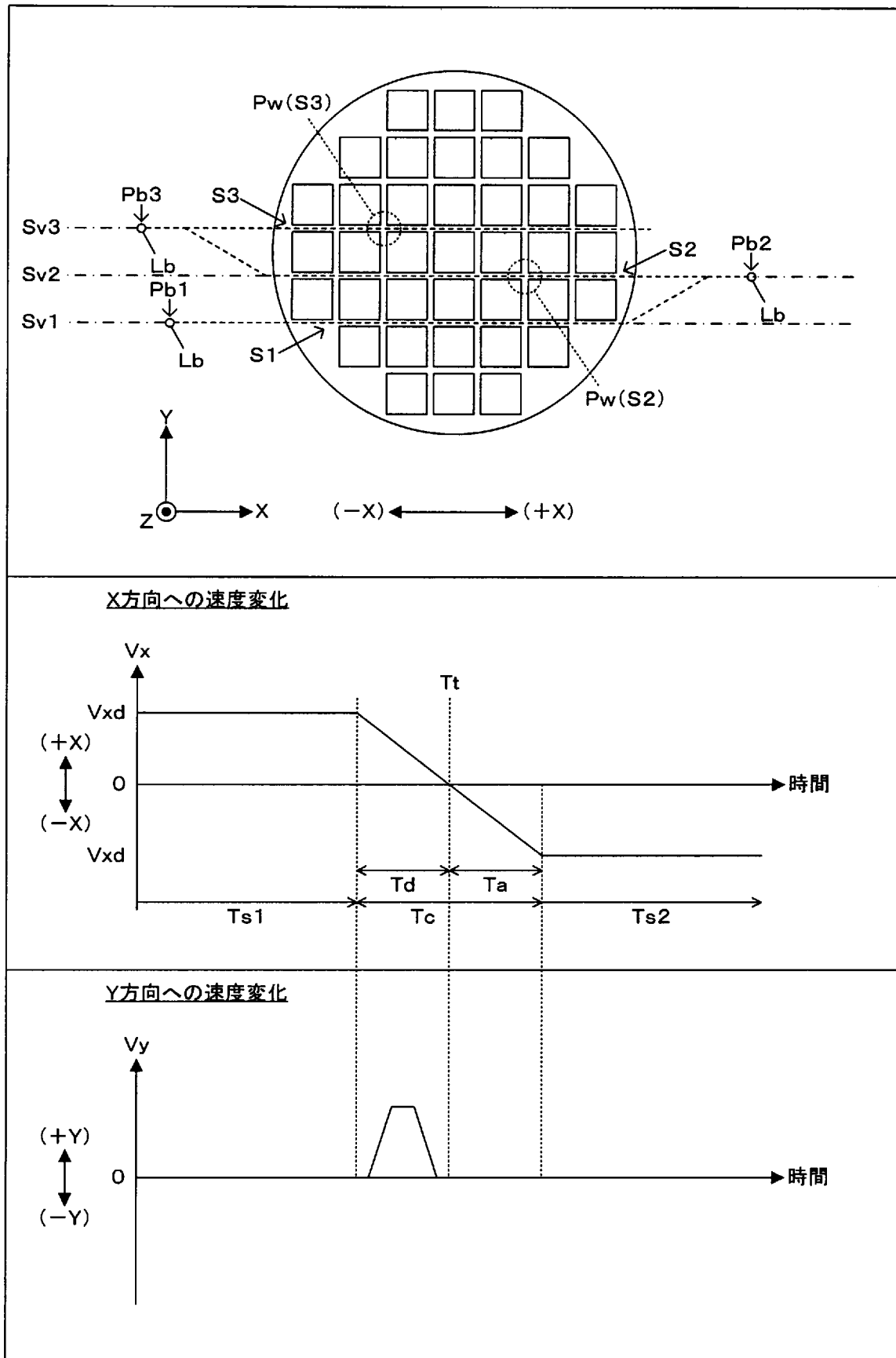
[図13C]



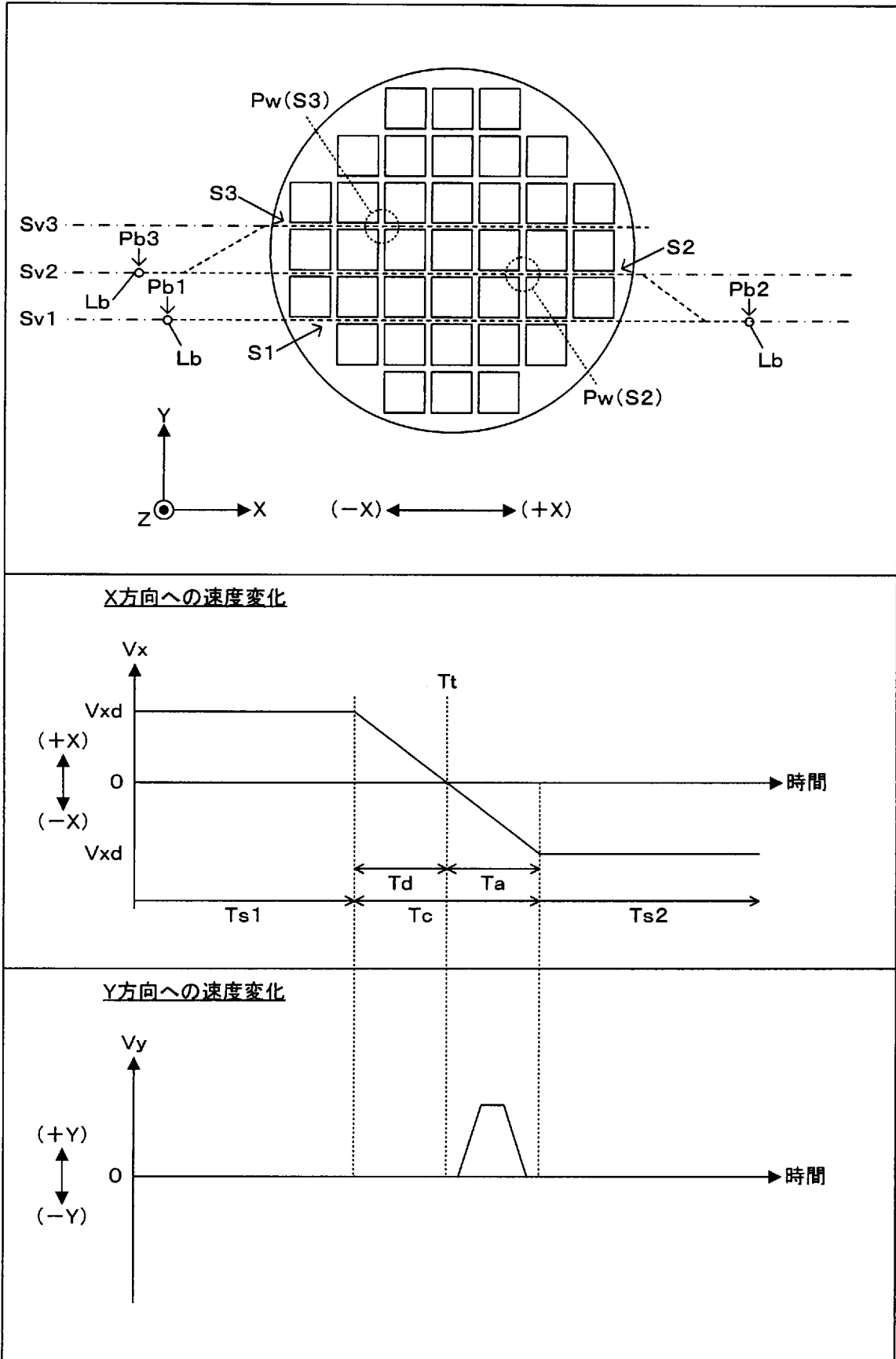
[図14]



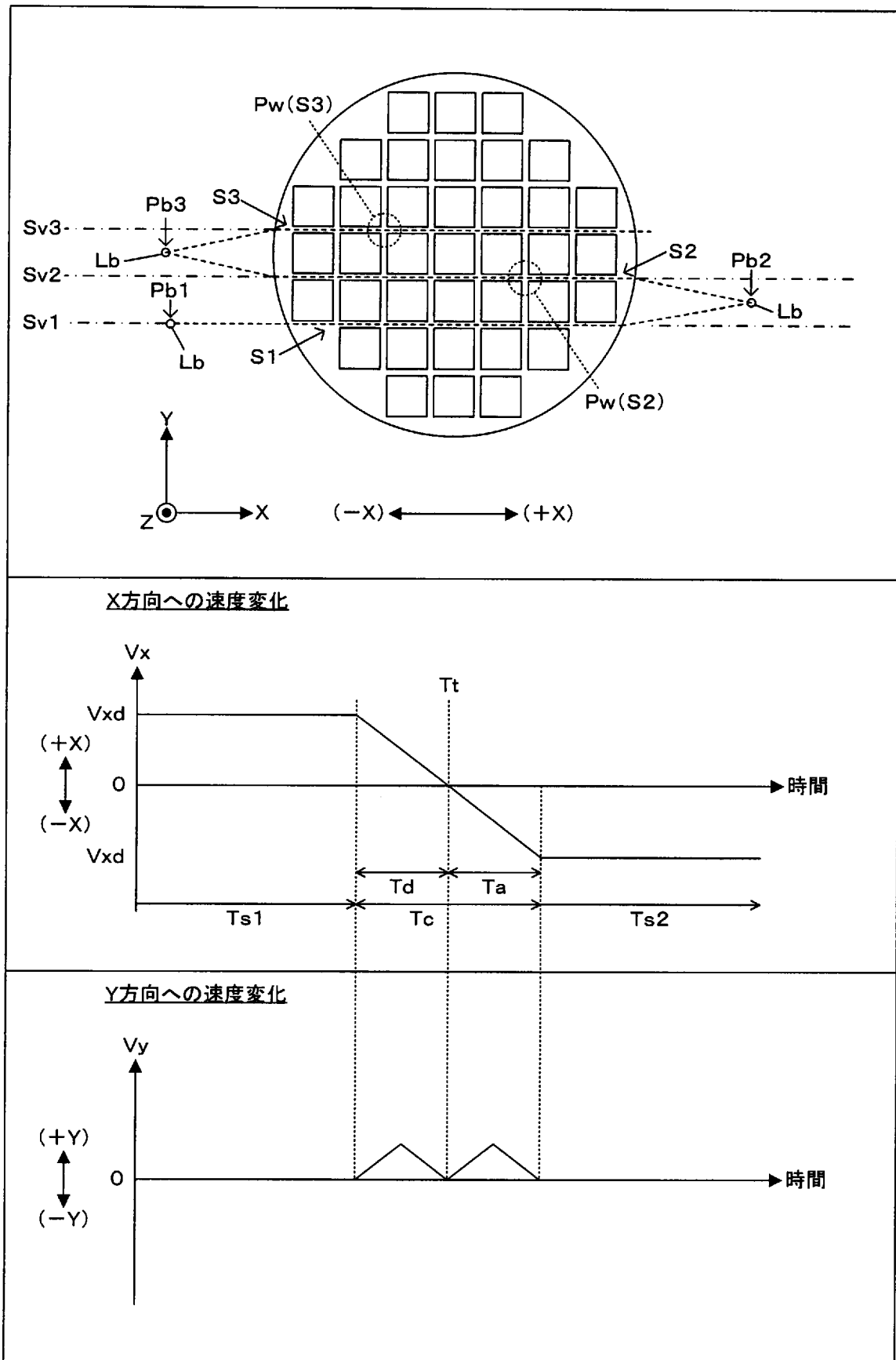
[図15A]



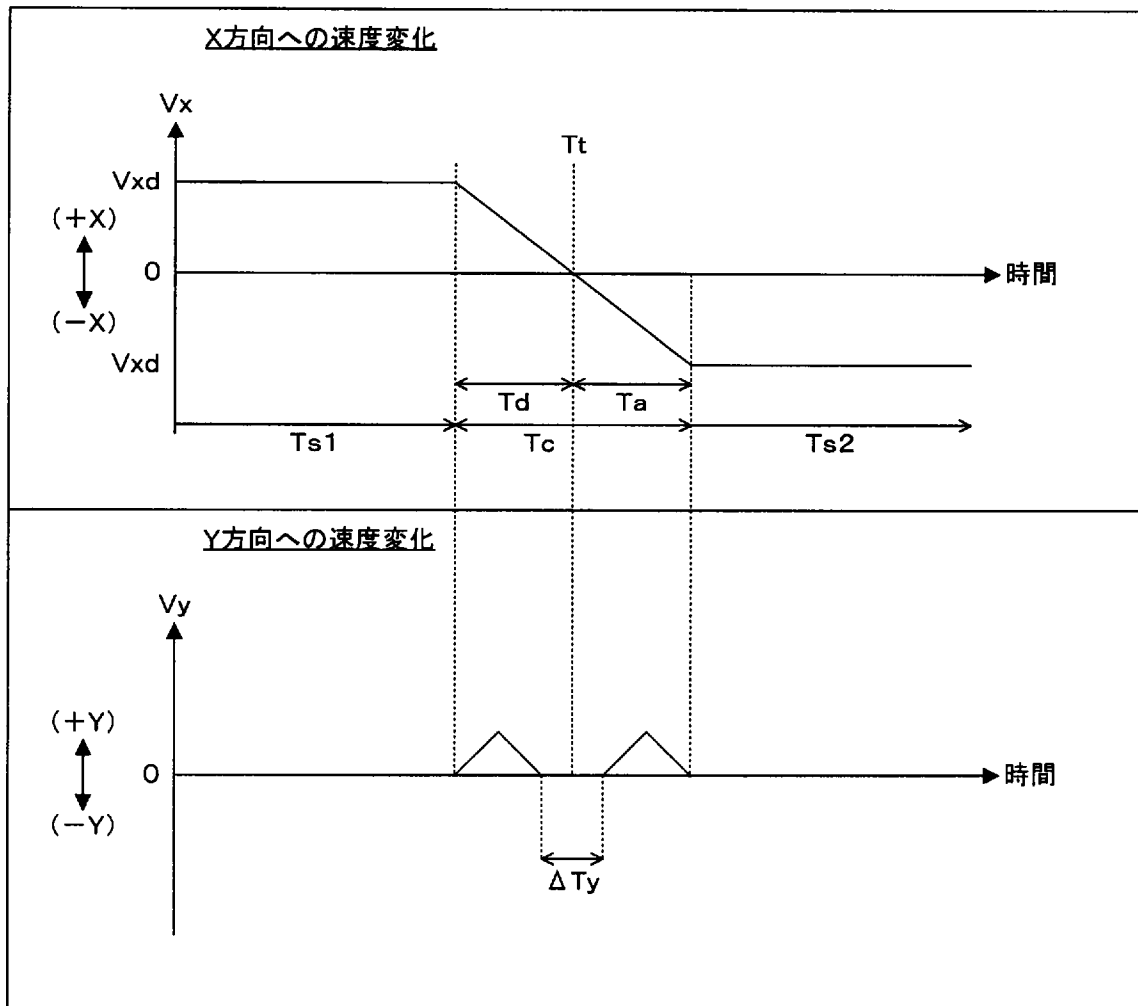
[図15B]



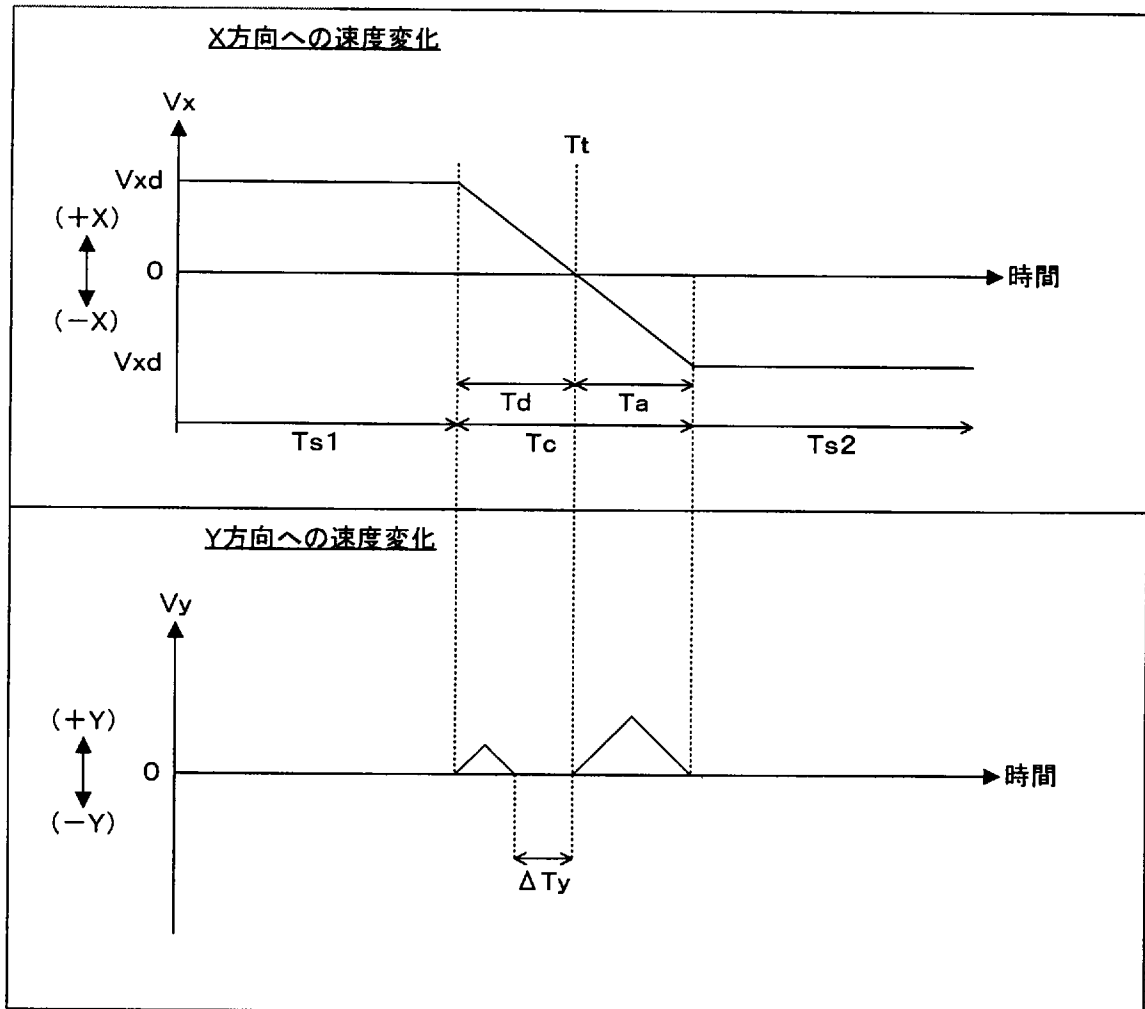
[図15C]



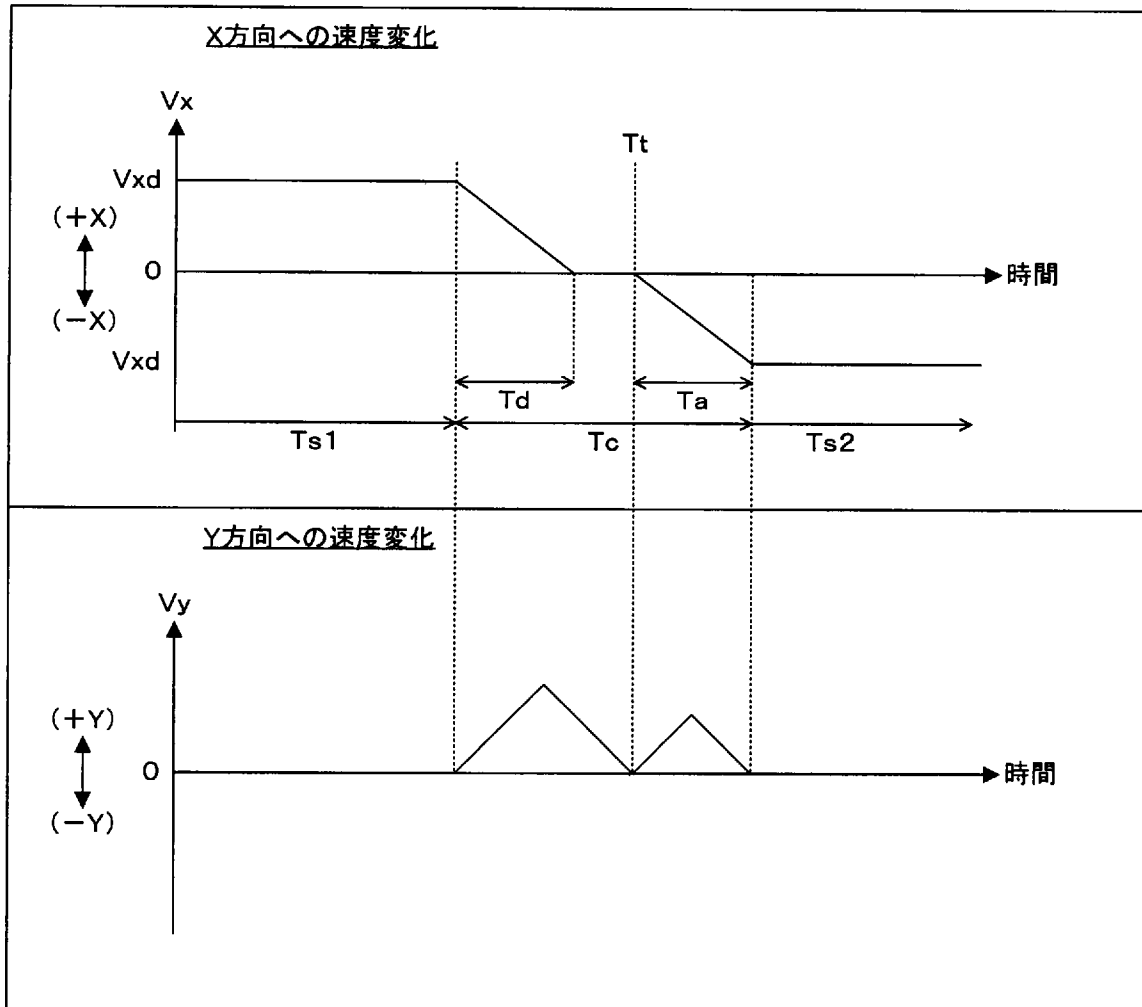
[図15D]



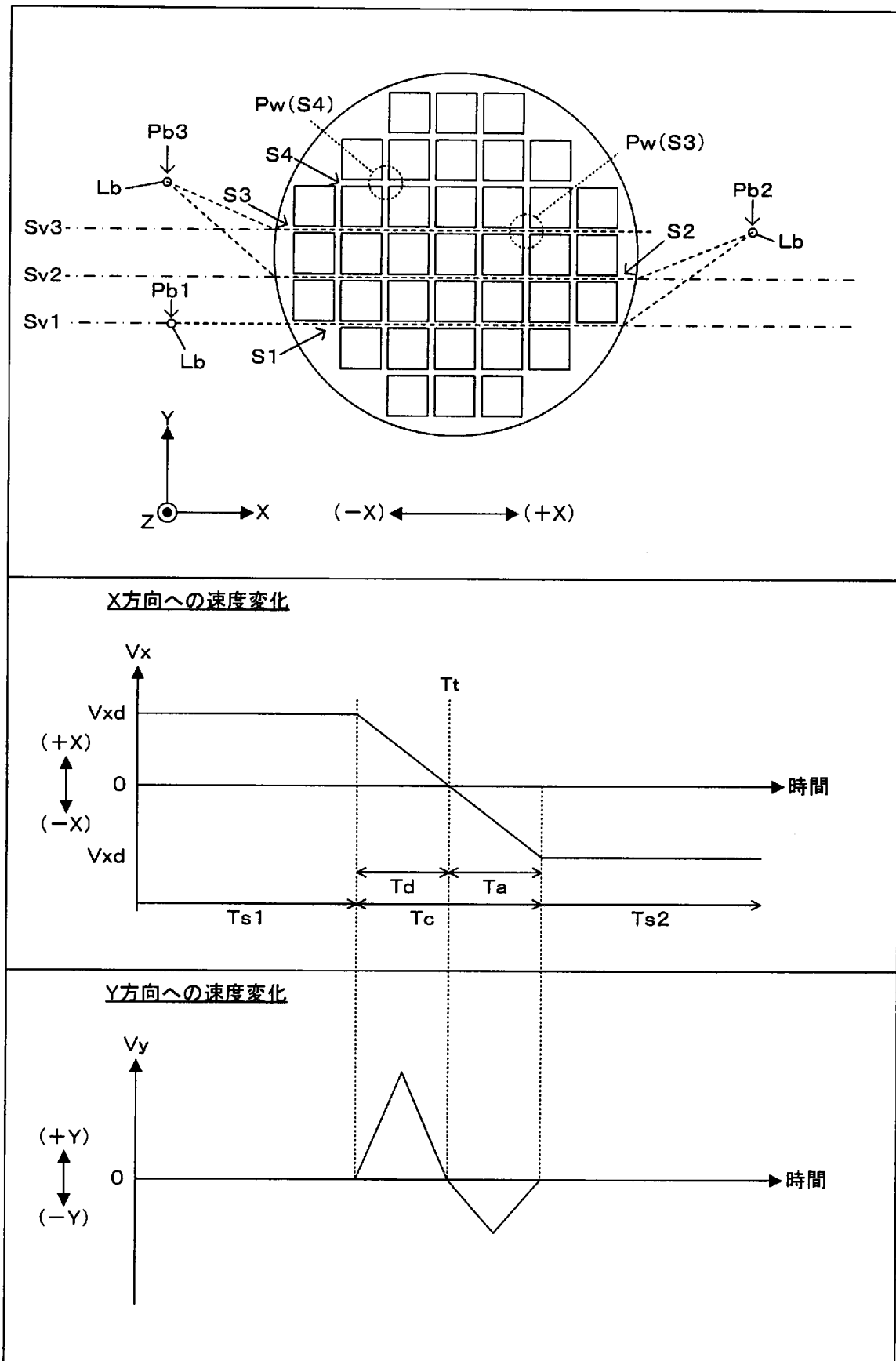
[図15E]



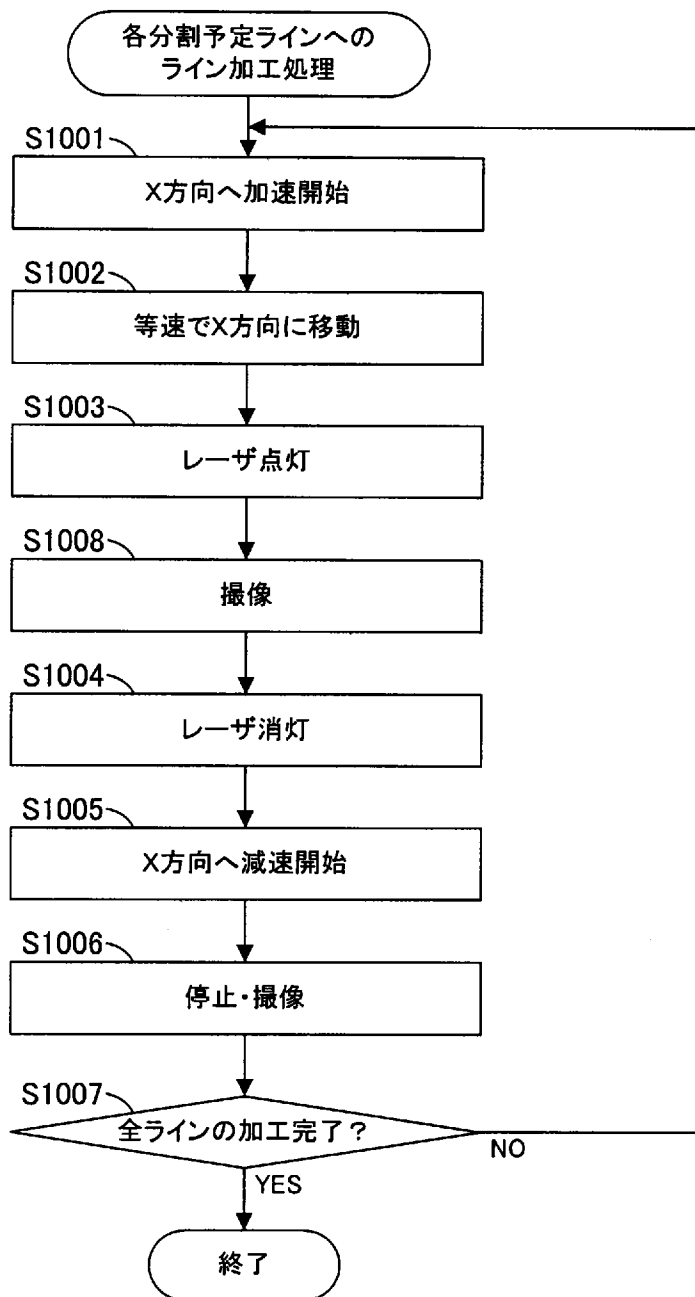
[図15F]



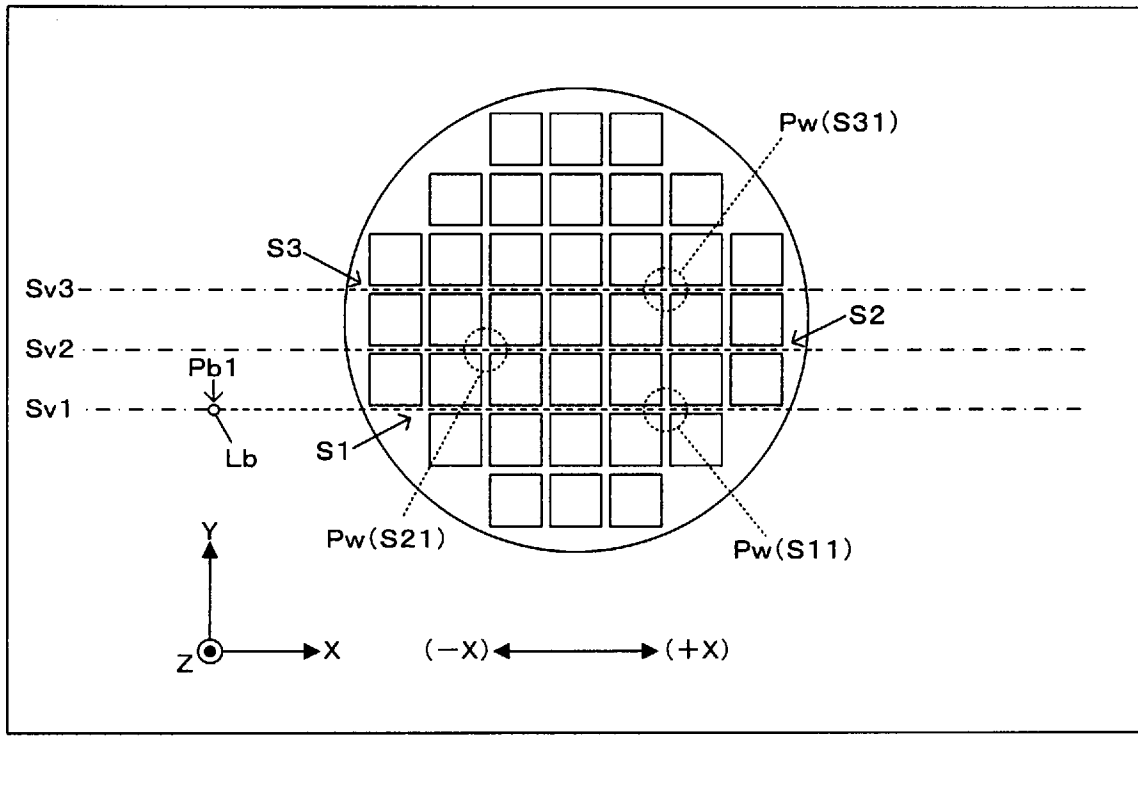
[図15G]



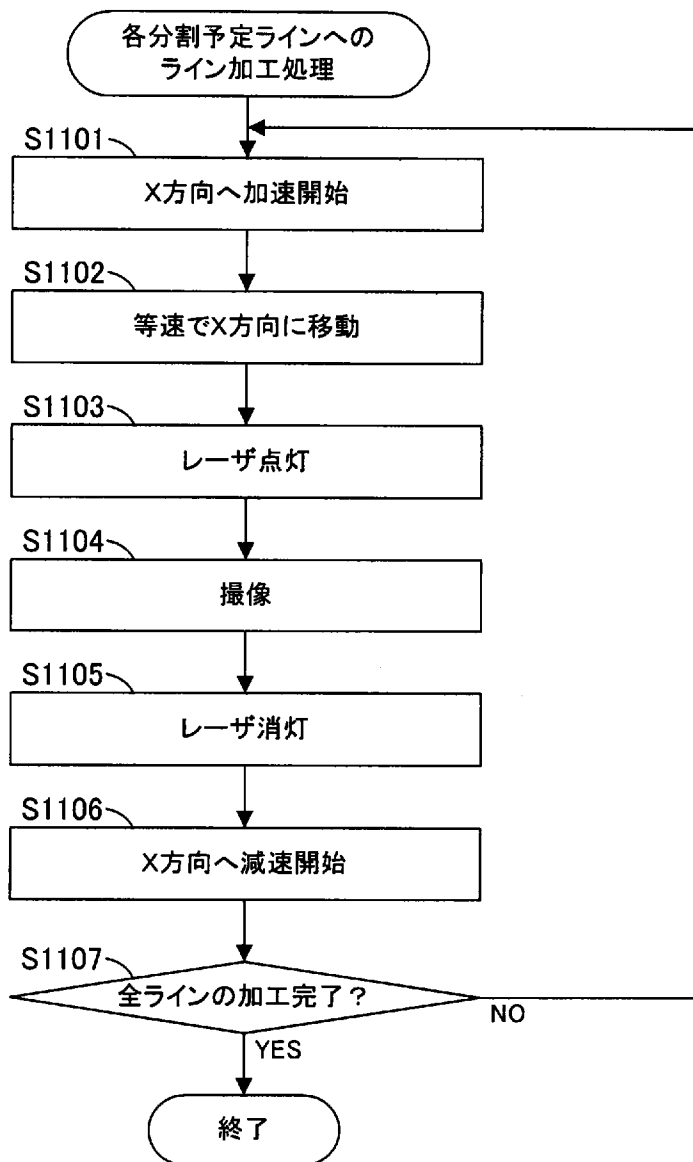
[図16]



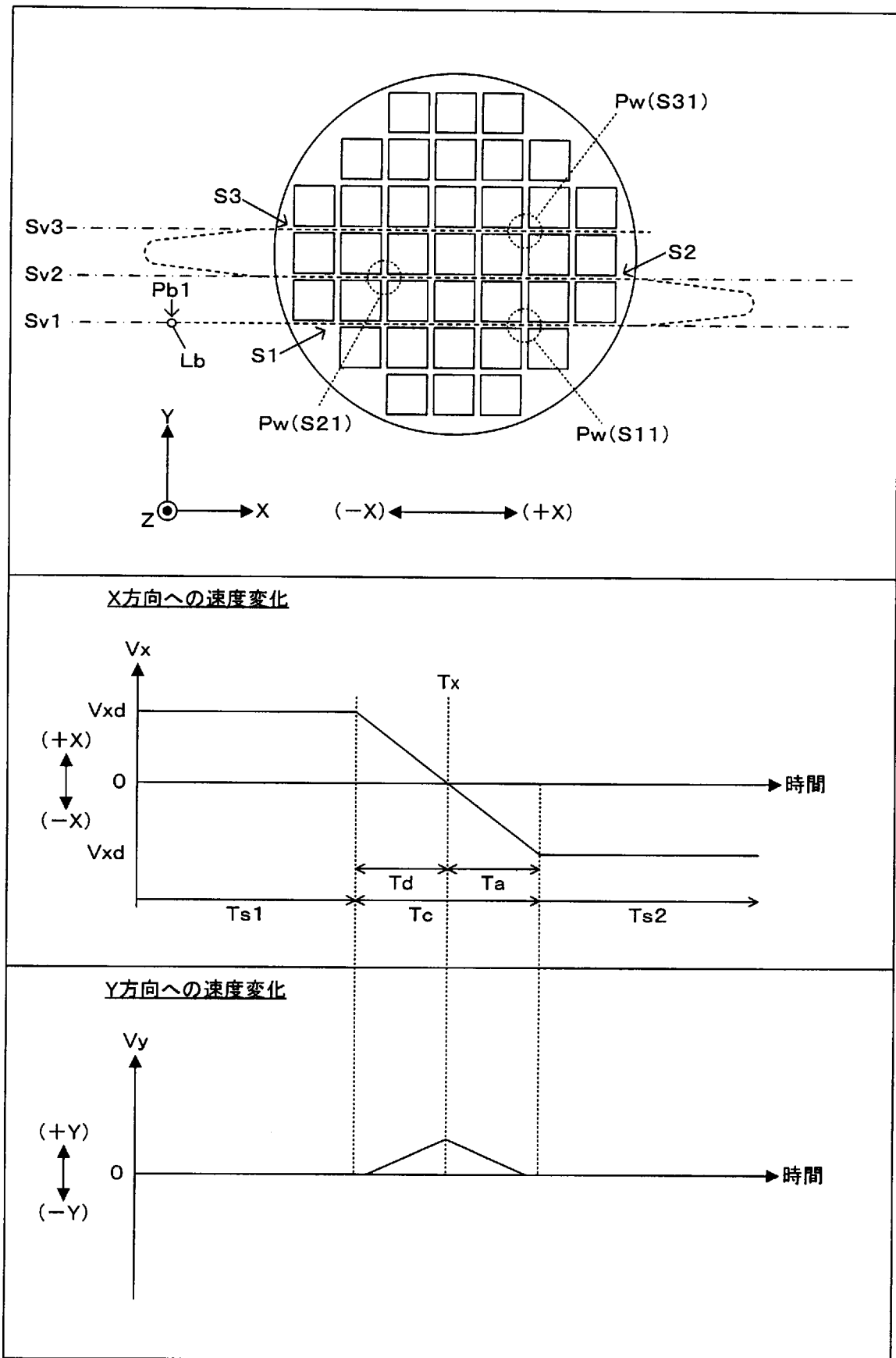
[図17]



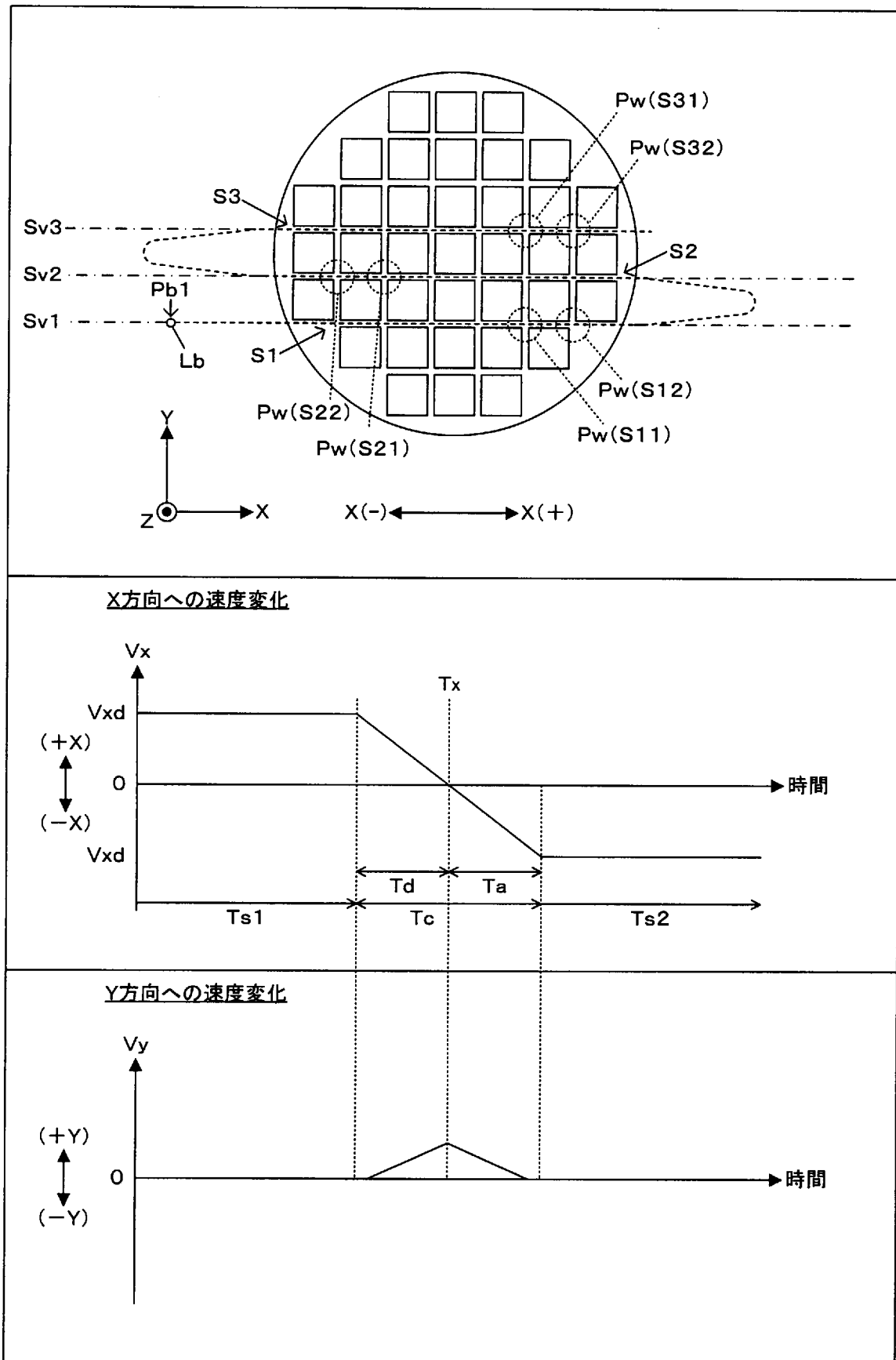
[図18]



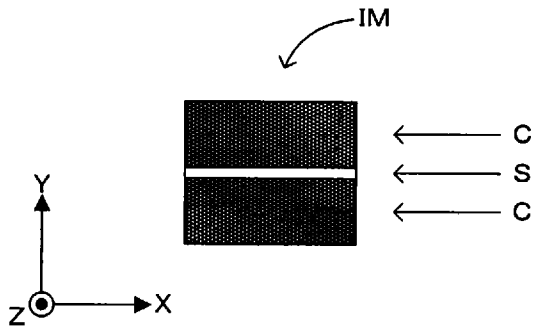
[図19A]



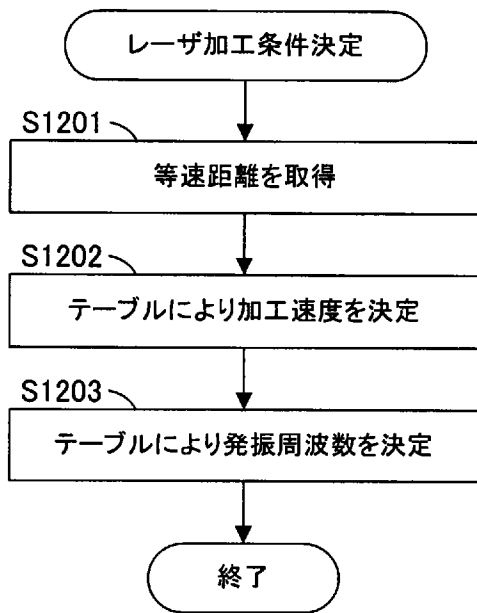
[図19B]



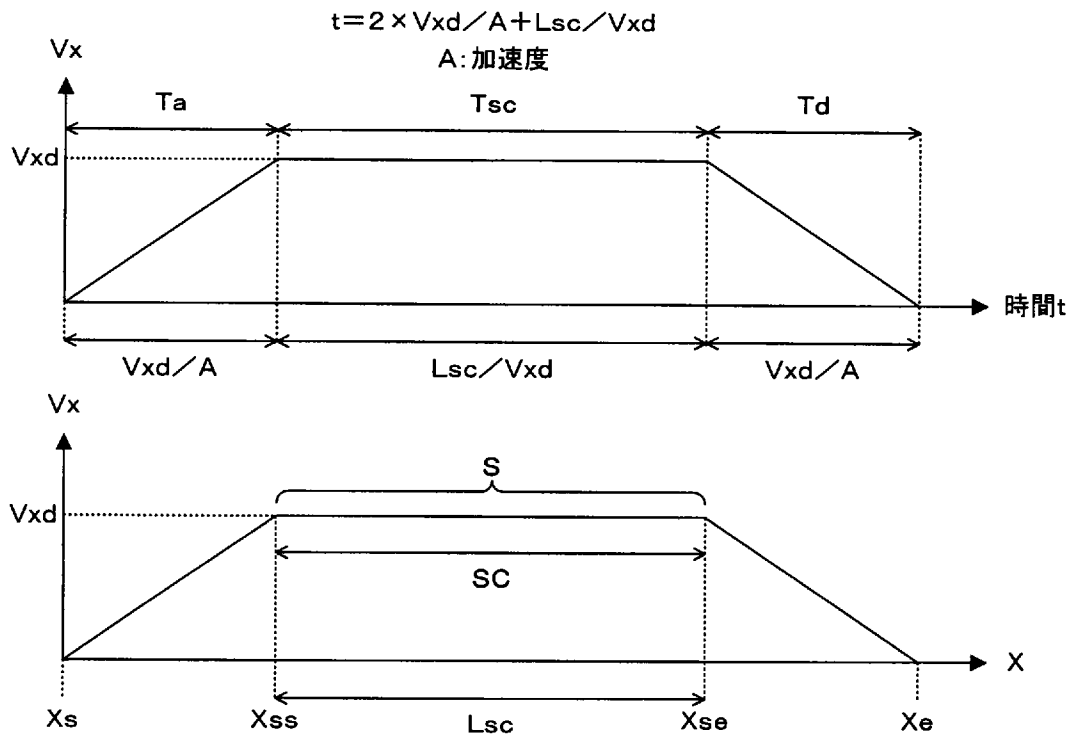
[図20]



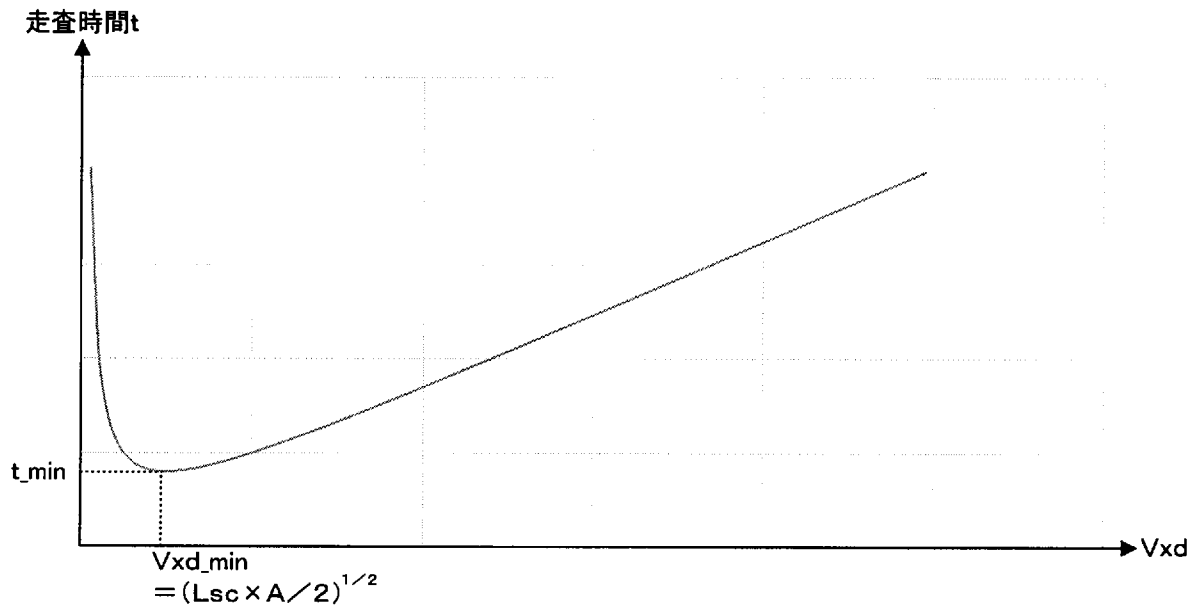
[図21]



[図22A]



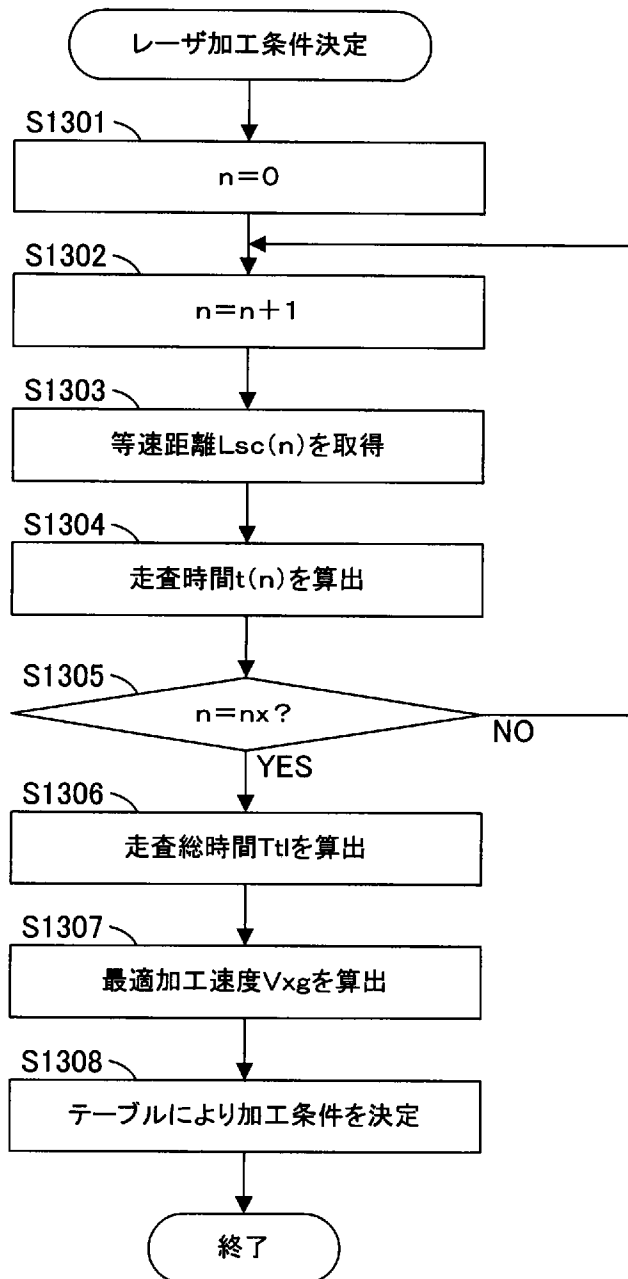
[図22B]



[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]
$L_{sc} \leq L_{sc}(1)$	$V_{xd}(1)$	$f_c(1)$
$L_{sc}(1) < L_{sc} \leq L_{sc}(2)$	$V_{xd}(2)$	$f_c(2)$
$L_{sc}(2) < L_{sc} \leq L_{sc}(3)$	$V_{xd}(3)$	$f_c(3)$
$L_{sc}(3) < L_{sc}$	$V_{xd}(4)$	$f_c(4)$

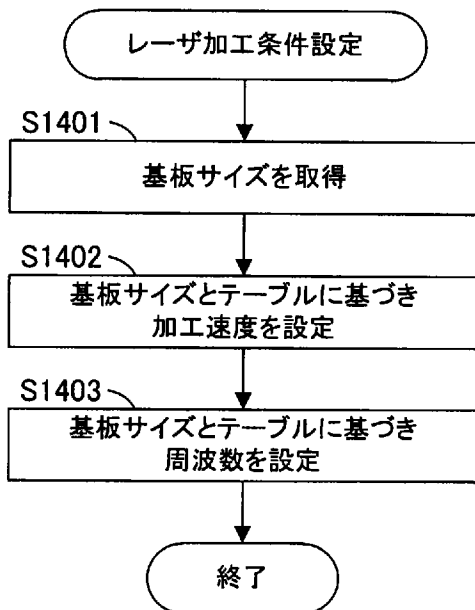
[図23]



[図24]

最適加工速度 $V_{xg}$	加工速度 $V_{xd}$ [m/s]	発振周波数 $f_c$ [kHz]
$V_{xg} \leq V_{xg}(1)$	$V_{xd}(11)$	$f_c(11)$
$V_{xg}(1) < V_{xg} \leq V_{xg}(2)$	$V_{xd}(12)$	$f_c(12)$
$V_{xg}(2) < V_{xg} \leq V_{xg}(3)$	$V_{xd}(13)$	$f_c(13)$
$V_{xg}(3) < V_{xg}$	$V_{xd}(14)$	$f_c(14)$

[図25]



[図26]

$I_{svf}$

サイズ(基板直径)	加工速度 $V_{xd}$	周波数 $f_c$
200mm	$V_{200}$	$f_{c\_200}$
300mm	$V_{300}$	$f_{c\_300}$

## INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

**PCT/JP2022/018063**

<b>A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER</b>		
<i>B23K 26/08</i> (2014.01) FI: B23K26/08 D		
According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC		
<b>B. FIELDS SEARCHED</b>		
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)		
<b>C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT</b>		
Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	JP 2008-42032 A (SUMITOMO HEAVY IND LTD) 21 February 2008 (2008-02-21) entire text, all drawings	1-15
A	JP 2018-152494 A (DISCO CORP) 27 September 2018 (2018-09-27) entire text, all drawings	1-15
A	JP 2000-106340 A (NIKON CORP) 11 April 2000 (2000-04-11) entire text, all drawings	1-15
A	JP 2012-256796 A (DISCO CORP) 27 December 2012 (2012-12-27) entire text, all drawings	1-15
A	JP 2012-146723 A (DISCO CORP) 02 August 2012 (2012-08-02) entire text, all drawings	1-15
A	JP 2009-123875 A (TOKYO SEIMITSU CO LTD) 04 June 2009 (2009-06-04) entire text, all drawings	1-15
<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 <b>20 June 2022</b>		Date of mailing of the international search report <b>05 July 2022</b>
Name and mailing address of the ISA/JP <b>Japan Patent Office (ISA/JP) 3-4-3 Kasumigaseki, Chiyoda-ku, Tokyo 100-8915 Japan</b>		Authorized officer  Telephone No.

**INTERNATIONAL SEARCH REPORT**  
**Information on patent family members**

International application No.

**PCT/JP2022/018063**

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 entire text, all drawings 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)	
JP	2012-146723	A	02 August 2012	(Family: none)	
JP	2009-123875	A	04 June 2009	(Family: none)	

A. 発明の属する分野の分類（国際特許分類（IPC）） B23K 26/08(2014.01)i FI: B23K26/08 D		
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
A	JP 2008-42032 A（住友重機械工業株式会社）21.02.2008（2008-02-21） 全文、全図	1-15
A	JP 2018-152494 A（株式会社ディスコ）27.09.2018（2018-09-27） 全文、全図	1-15
A	JP 2000-106340 A（株式会社ニコン）11.04.2000（2000-04-11） 全文、全図	1-15
A	JP 2012-256796 A（株式会社ディスコ）27.12.2012（2012-12-27） 全文、全図	1-15
A	JP 2012-146723 A（株式会社ディスコ）02.08.2012（2012-08-02） 全文、全図	1-15
A	JP 2009-123875 A（株式会社東京精密）04.06.2009（2009-06-04） 全文、全図	1-15
<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/JP2022/018063

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 全文、全図 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)	
JP 2012-146723 A	02.08.2012	(ファミリーなし)	
JP 2009-123875 A	04.06.2009	(ファミリーなし)	