

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 公表特許公報(A)

(11) 特許出願公表番号

特表2005-526386

(P2005-526386A)

(43) 公表日 平成17年9月2日(2005.9.2)

(51) Int. Cl.⁷

H01L 21/02
B23K 26/00
B23K 26/02
B23K 26/03
B23K 26/04

F I

H01L 21/02
B23K 26/00
B23K 26/02
B23K 26/03
B23K 26/04

テーマコード (参考)

4E068

審査請求 未請求 予備審査請求 有 (全 58 頁)

(21) 出願番号 特願2004-504672 (P2004-504672)
(86) (22) 出願日 平成15年5月16日 (2003.5.16)
(85) 翻訳文提出日 平成16年11月17日 (2004.11.17)
(86) 国際出願番号 PCT/US2003/015698
(87) 国際公開番号 W02003/097290
(87) 国際公開日 平成15年11月27日 (2003.11.27)
(31) 優先権主張番号 60/381, 602
(32) 優先日 平成14年5月17日 (2002.5.17)
(33) 優先権主張国 米国 (US)

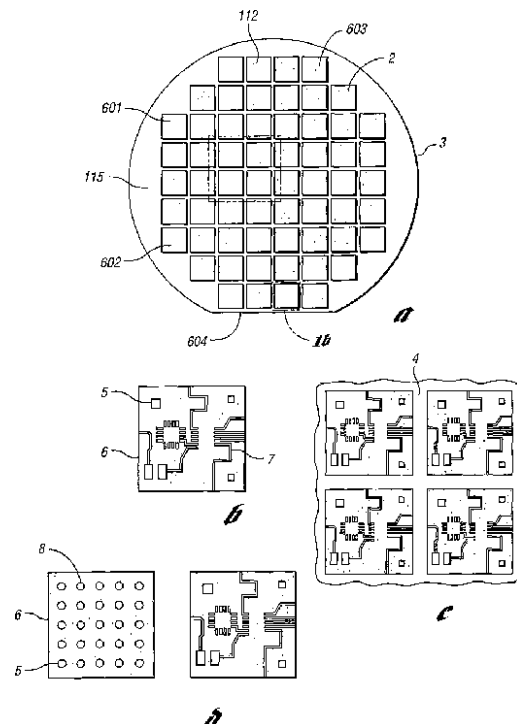
(71) 出願人 503353999
ジーエスアイ ルモニックス コーポレイ
ション
アメリカ合衆国 マサチューセッツ州 O
1821 ビレリカ マニング ロード
39
(74) 代理人 100082005
弁理士 熊倉 禎男
(74) 代理人 100067013
弁理士 大塚 文昭
(74) 代理人 100074228
弁理士 今城 俊夫
(74) 代理人 100086771
弁理士 西島 孝喜

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 半導体ウエーハワークピースをマーキングするための方法、システム、及びそれらに使用されるレーザーマーカ

(57) 【要約】

本発明は、半導体ウエーハのマーキングのためのシステムに関する。本システムは、(a) レーザマーキングフィールドをウエーハに対して第1の方向に沿って位置決めするための第1の位置決めサブシステムと、(b) 位置合わせ視覚サブシステムと、(c) マーキングフィールド内でレーザマーキングビームを使用して位置をマーキングするためのレーザを含むレーザマーカと、(d) システムの少なくとも1つのサブシステムを較正するための較正プログラムと、(e) 制御装置とを備える。マーキングフィールドはウエーハよりも実質的に小さい。レーザマーカは、ウエーハの撓み又は他のフィールド内の深さの変動に関連する好ましくないマーク変動を回避するために、マーキングフィールド内の位置の周りのウエーハ上の許容できる範囲にビームによって形成されたスポットを光学的に維持するための走査レンズを含む手段を備える。



【特許請求の範囲】

【請求項 1】

半導体ウエーハのマーキングシステムであって、

(a) レーザマーキングフィールドをウエーハに対して第 1 の方向に沿って位置決めするための第 1 の位置決めサブシステムと、

(b) 位置合わせ視覚サブシステムと、

(c) 前記マーキングフィールド内でレーザマーキングビームを使用して位置をマーキングするためのレーザを含むレーザマーカと、

(d) 前記システムの少なくとも 1 つのサブシステムを較正するための較正プログラムと、

(e) 制御装置と、

を備え、

前記マーキングフィールドは前記ウエーハよりも実質的に小さく、

前記レーザマーカは、前記ウエーハの撓み又はその他のフィールド内の深さの変動に関連する好ましくないマーク変動を回避するために、前記ビームによってウエーハ上に形成されたスポットを前記マーキングフィールド内の位置の周りの許容できる範囲に光学的に維持するための走査レンズを含む手段を備える

ことを特徴とする、前記システム。

【請求項 2】

スポット位置決め精度は、マーキングフィールドにわたって約 1 スポットの直径内であることを特徴とする請求項 1 に記載のシステム。

【請求項 3】

前記走査レンズは、3 部品レンズであることを特徴とする請求項 1 に記載のシステム。

【請求項 4】

前記位置合わせ視覚サブシステムは、実質的にテレセントリック撮像レンズを更に備えることを特徴とする、請求項 1 に記載のシステム。

【請求項 5】

前記レーザマーカは、コンピュータ制御を用いて前記レーザマーキングビームを前記ウエーハ上に集束させるための可動式光学部品を備えることを特徴とする請求項 1 に記載のシステム。

【請求項 6】

前記レーザマーカは、スポット寸法を調整するためのコンピュータ制御式ビーム拡大器を含むことを特徴とする請求項 1 に記載のシステム。

【請求項 7】

前記マーキングビームの焦点位置の前記スポット寸法は約 25 - 40 μm の範囲であり、前記マーキングフィールド寸法は約 75 - 100 mm の範囲であることを特徴とする請求項 1 に記載のシステム。

【請求項 8】

前記システムは、前記ウエーハを前記レーザマーカに対して、前記ウエーハの平面に実質的に直交する方向に沿って自動的に位置決めするための、第 2 の位置決めサブシステムを更に備えることを特徴とする請求項 1 に記載のシステム。

【請求項 9】

前記第 2 の位置決めサブシステムは、所定寸法のウエーハを支持し、前記ウエーハの相対的な位置決めのために少なくとも 2 自由度を与える手段を備えることを特徴とする請求項 8 に記載のシステム。

【請求項 10】

前記較正プログラムは、前記マーカを複数の 3 次元位置で較正するための 3 次元較正アルゴリズムを含むことを特徴とする請求項 1 に記載のシステム。

【請求項 11】

前記第 1 の位置決めサブシステムは X-Y ステージを備え、前記較正プログラムは、前

10

20

30

40

50

記位置合わせ視覚システム、前記 X-Y ステージ、及び前記レーザマーカを較正するための手段を含むことを特徴とする請求項 1 に記載のシステム。

【請求項 1 2】

前記システムは、前記マークを検査するためのカメラを含む視覚検査サブシステムを更に備えることを特徴とする請求項 1 に記載のシステム。

【請求項 1 3】

前記検査サブシステムは、前記カメラに対して前記ウエーハを位置決めするための検査位置決めサブシステムを備え、前記検査位置決めサブシステムは、前記第 1 の位置決めサブシステムから離されていることを特徴とする請求項 1 2 に記載のシステム。

【請求項 1 4】

前記システムは、前記ウエーハの第 1 の面を撮像するための第 1 の撮像サブシステムと、前記ウエーハの第 2 の面を撮像するための第 2 の撮像サブシステムとを更に備え、前記撮像サブシステムは、前記ウエーハの第 2 の面のマークの画像を前記第 1 の面の対応する部分の画像と重ね合わせるために使用されることを特徴とする請求項 1 に記載のシステム。

10

【請求項 1 5】

前記システムは、較正ターゲットと、重ね合わせられたターゲット画像が一致するように第 1 の撮像サブシステムと第 2 の撮像サブシステムとを使用して取得された第 1 のターゲット画像と第 2 のターゲット画像とを実質的に一致させるためのアルゴリズムとを更に備えることを特徴とする請求項 1 に記載のシステム。

20

【請求項 1 6】

前記レーザは、緑色出力波長及びパルス幅が約 50 ns 未満の周波数倍化バナジウムレーザであることを特徴とする請求項 1 に記載のシステム。

【請求項 1 7】

半導体ウエーハをマーキングするための方法であって、
マーキングフィールドはウエーハよりも実質的に小さくなっており、
レーザマーキングフィールドを前記ウエーハに対して第 1 の方向に沿って位置決めする段階と、
ウエーハの撓み又はフィールド内の深さ方向の他の変動に関連する好ましくないマーク変動を回避するように、前記マーキングフィールド内のスポット配置精度を光学的に維持する段階と、
ウエーハをマーキングする段階と、
を含むことを特徴とする方法。

30

【請求項 1 8】

前記維持する段階は、マーカフィールド位置でのスポット配置精度と軸に沿ったウエーハ配置との間の予め定められた関係に基づき、前記マーキングフィールドに対してウエーハ位置を位置決めする段階は、前記関係に基づいており、前記スポット配置精度が改善されることを特徴とする請求項 1 7 に記載の方法。

【請求項 1 9】

前記維持する段階は、前記マーキングフィールドの一部を選択する段階を含み、前記マーキングフィールドに対して前記ウエーハを位置決めする段階は、マーキングされることになる前記ウエーハを前記マーキングフィールドの前記選択部分内に位置決めするようになっており、前記スポット配置精度が改善されることを特徴とする請求項 1 7 に記載の方法。

40

【請求項 2 0】

前記マーキングフィールドの前記選択部分は、テレセントリックエラーが低減された好適な軸をもつことを特徴とする請求項 1 9 に記載の方法。

【請求項 2 1】

前記マーキングフィールドの前記選択部分は、前記好適な軸に位置合わせされた矩形フィールドであることを特徴とする請求項 1 9 に記載の方法。

50

【請求項 22】

前記マーキングフィールドの前記選択部分は、熱ドリフト特性が低減された実質的な四半分部であることを特徴とする請求項 19 に記載の方法。

【請求項 23】

前記マーキングビームが前記ウエーハ上の前記マーキング位置に入射されるように、マーキングビームを前記ウエーハの平面に実質的に直交する軸に沿って前記ウエーハに対して自動的に位置決めする段階を更に含み、前記ウエーハは、前記マーキングビームの焦点位置に対する前記ウエーハの深さの変動に無関係に、前記位置でマーキングされることを特徴とする請求項 17 に記載の方法。

【請求項 24】

前記位置決め段階は、複数の位置に対して繰り返されることを特徴とする請求項 17 に記載の方法。

【請求項 25】

前記位置決め段階は、前記ウエーハと前記マーキングビームの焦点位置との相対的な位置決め段階を含むことを特徴とする請求項 23 に記載の方法。

【請求項 26】

前記第 1 の方向に沿った又は前記軸に沿った相対的な位置決め段階の少なくとも 1 つは、ウエーハの撓みの予め定められた推定値に基づくことを特徴とする請求項 23 に記載の方法。

【請求項 27】

前記方向に沿った又は前記軸に沿った相対的な位置決め段階の少なくとも 1 つは、深さセンサによるウエーハ位置の測定値に基づくことを特徴とする請求項 23 に記載の方法。

【請求項 28】

前記方向に沿った又は前記軸に沿った相対的な位置決め段階の少なくとも 1 つは、前記ウエーハに対する平面適合 (plane fit) に基づくことを特徴とする請求項 23 に記載の方法。

【請求項 29】

前記ウエーハは、前記軸に沿って平行移動されることを特徴とする請求項 23 に記載の方法。

【請求項 30】

前記位置決め段階は、可動レンズ部品を使用して実行されることを特徴とする請求項 23 に記載の方法。

【請求項 31】

前記方向に沿った又は前記軸に沿った相対的な位置決め段階は、同時に実行されることを特徴とする請求項 23 に記載の方法。

【請求項 32】

前記方法を実行するためのシステムを較正する段階を更に含むことを特徴とする請求項 17 に記載の方法。

【請求項 33】

前記マーキングフィールド内の前記ウエーハの一部は、前記マーキングフィールド内の前記複数位置にも存在することを特徴とする請求項 24 に記載の方法。

【請求項 34】

ワークピースにマーキングを行うレーザマーカであって、
前記レーザマーカは、ワークピースの撓み又は深さ方向の他の変動に関連する好ましくないマーク変動を回避するように、実質的にワークピースよりも小さなマーキングフィールドにわたって、スポット配置を約 1 スポットの直径以内に補正するためのテレセントリックレンズを実質的に含むことを特徴とするレーザマーカ。

【請求項 35】

前記テレセントリックエラーは、瞳孔補正を使用して更に低減されることを特徴とする請求項 34 に記載のレーザマーカ。

10

20

30

40

50

【請求項 36】

前記テレセントリックエラーは、追加の走査レンズ部品を使用して更に低減されることを特徴とする請求項 34 に記載のレーザマーカ。

【請求項 37】

前記走査レンズは、色補正されたテレセントリック走査レンズであることを特徴とする請求項 34 に記載のレーザマーカ。

【請求項 38】

前記マーキングフィールドは、ビーム位置決め精度を更に改善するために選択された選択サブフィールドであることを特徴とする請求項 34 に記載のレーザマーカ。

【請求項 39】

前記選択サブフィールドは、前記好適な軸と位置合わせされた矩形フィールドであることを特徴とする、請求項 34 に記載のマーカ。

【請求項 40】

マークの特性は、前記走査レンズを通して集められた放射エネルギーを検出することによって測定されることを特徴とする請求項 34 に記載のマーカ。

【請求項 41】

前記位置合わせ視覚システム及び前記レーザマーカの少なくとも 1 つは、焦点センサ又は高さセンサを備えることを特徴とする請求項 1 に記載のシステム。

【請求項 42】

好ましくないマーク変動は、少なくとも 1 つのマーク位置、マーク線幅、及び深さに対するマークコントラストの変動を含むことを特徴とする請求項 34 に記載のマーカ。

【請求項 43】

前記走査レンズは、テレセントリックレンズであることを特徴とする請求項 1 に記載のシステム。

【請求項 101】

半導体ウエーハをレーザマーキングする方法であって、

所定の波長、パルス幅、繰り返し率、及びエネルギーをもつパルスレーザビームを生成する段階と、

前記半導体ウエーハにスポット直径を超える前記パルスレーザビームを照射して、前記半導体ウエーハ上に所定のマーク深さをもつ機械読取可能なマークを生成する段階と、
を含み、

前記パルス幅は約 50 ns 未満であり、

前記照射段階は、実質的に約 10 μ m 未満の深さのマークを生成するために前記スポット直径を超えて照射し、

半導体ウエーハに対する好ましくない表面下の損傷を防止するようになっていることを特徴とする方法。

【請求項 102】

前記マーク深さは、約 3 - 4.5 μ m の範囲であることを特徴とする請求項 101 に記載の方法。

【請求項 103】

前記表面に入射するパルスエネルギーは約 230 - 250 マイクロジュールの範囲であり、パルス幅は約 10 - 15 ナノ秒の範囲であり、繰り返し率は約 15 - 30 KHz の範囲であることを特徴とする請求項 101 に記載の方法。

【請求項 104】

前記照射段階は複数の位置で実行され、前記スポット直径は約 25 - 40 μ m の範囲であり、前記マーキング速度は少なくとも 150 mm/秒であることを特徴とする請求項 101 に記載の方法。

【請求項 105】

前記照射段階は複数の位置で実行され、前記スポット直径は約 30 - 35 μ m の範囲であり、前記マーキング速度は少なくとも 150 mm/秒であることを特徴とする請求項 1

10

20

30

40

50

01に記載の方法。

【請求項106】

前記スポット直径は約25－40 μm の範囲であり、マーキングフィールド寸法は約75－100mmの範囲であることを特徴とする請求項101に記載の方法。

【請求項107】

半導体ウエーハはシリコンウエーハを備え、前記生成段階は、緑色の出力波長をもつ周波数倍化されたNd：YVO₄レーザを使用して実行されることを特徴とする請求項101に記載の方法。

【請求項108】

前記レーザ繰り返し率は、少なくとも10KHzであることを特徴とする請求項10110に記載の方法。

【請求項109】

前記レーザ繰り返し率は、少なくとも15KHzであることを特徴とする請求項101に記載の方法。

【請求項110】

前記好ましくない表面下の損傷は、マイクロクラックを含むことを特徴とする請求項101に記載の方法。

【請求項111】

請求項101の方法を実行するためのレーザを含むことを特徴とするパルスレーザシステム。20

【請求項112】

前記レーザは、緑色の出力波長をもつNd：YVO₄周波数倍化レーザであることを特徴とする請求項111に記載のシステム。

【請求項113】

深さが約3－4.5 μm の機械読取可能なマークを有することを特徴とする半導体デバイス。

【請求項114】

請求項101の方法によって生成された、深さが約3－4.5 μm の機械読取可能なマークを有することを特徴とする半導体デバイス。

【請求項201】

ダイ、チップスケールパッケージ、回路パターン等を含むことができる物品を有する半導体ウエーハをマーキングする精密レーザベースの方法において、30

前記マーキングは、ウエーハマーキングシステムにおいて、物品位置に関連する指定領域内で行われ、この方法は、

(a)物品の位置を特定する情報と、(b)少なくとも1つの物品の少なくとも一部の視覚モデルと、を使用して参照データが取得されることになる少なくとも1つの位置を決定する段階と、

第1のセンサからの少なくとも1つの信号を使用して、前記ウエーハの第1の面上に特徴点を位置決めするために、参照データを取得する段階と、

レーザビームを前記ウエーハの第2の面上のマーキング位置に位置決めするように、前記ウエーハに対してマーキングフィールドを配置する段階と、40

レーザマーキング出力ビームを使用して、前記ウエーハの第2の面上に予め定められたパターンをマーキングする段階と、

を含み、

前記決定する段階は、第1のウエーハ部から取得した画像内の少なくとも1つの特徴部を測定する段階と、前記測定された特徴部をウエーハマップに対して関連付ける段階と、前記第1のウエーハと実質的に同一にウエーハにマーキングを行う際に使用するデータの格納する段階とを含み、前記測定段階、関連付け段階、及び格納段階は、自動的に実行されることを特徴とする方法。

【請求項202】

前記測定段階は、複数の物品の平均ピッチを測定する段階と、前記平均ピッチをウエーハマップに対して関連付ける段階とを含むことを特徴とする請求項 201 に記載の方法。

【請求項 203】

前記物品はダイの行列パターンを備え、前記決定段階は、行列パターンの一組の直交エッジ縁部を位置決めする段階と、前記縁部からの境界ボックスを形成する段階と、前記境界ボックスからダイパターン座標系を定義する段階とを更に含むことを特徴とする請求項 201 に記載の方法。

【請求項 204】

前記ウエーハの相対的位置決め段階は、実質的に少なくとも 1 つのポジショナーの動きに整合された主座標系内で実行され、前記主座標系を前記ダイパターン座標系に関連付けるための座標変換を行う段階を更に含むことを特徴とする請求項 203 に記載の方法。 10

【請求項 205】

前記決定段階は、ウエーハマップを使用して座標を取得し、前記物品の位置を決定する情報を提供する段階と、第 1 のウエーハ上の前記物品の少なくとも一部を撮像して前記視覚モデルを生成する段階とを更に含むことを特徴とする請求項 201 に記載の方法。

【請求項 206】

ウエーハの別の面からの及びウエーハを通り抜ける放射エネルギーの伝達を必要とすることなく、前記ウエーハの 1 つの面上の機械読取可能なマークを検査する方法であって、前記ウエーハは、ダイ、チップスケールパッケージ、回路パターン等を含むことができる物品を有し、前記マーキングは、ウエーハマーキングシステムにおいて物品位置に関連する指定領域内で行われるようになっており、前記物品は、第 1 の面にパターンを有している方法において、 20

前記ウエーハの第 1 の面を撮像する段階と、

前記ウエーハの第 2 の面を撮像する段階と、

第 1 の面の画像の一部と第 2 の面の画像の一部との間の相関性を確立する段階と、

前記第 1 の面及び前記第 2 の面からの画像データを重ね合わせて、少なくとも物品に対するマークの位置を決定する段階と、
を含むことを特徴とする方法。

【請求項 207】

前記第 1 の面及び前記第 2 の面から取得した画像を、前記重ね合わせた画像部分が対応するように実質的に一致させる段階を更に含み、前記実質的に一致させる段階は、較正ターゲット及びマッチングアルゴリズムを使用して実行されることを特徴とする請求項 206 に記載のシステム。 30

【請求項 208】

物品画像の少なくとも一部に対象領域が定められるように、ユーザインターフェースを使用して入力を行う段階を更に含むことを特徴とする請求項 207 に記載の方法。

【請求項 209】

オペレータは前記対象領域を調整できることを特徴とする請求項 208 に記載の方法。

【請求項 210】

前記重ね合わせたデータは、前記物品に対するマークの位置を決定するために使用されることを特徴とする請求項 207 に記載の方法。 40

【請求項 211】

マーキング用の位置決めサブシステムとは離されたウエーハ位置決めサブシステムを有する検査ステーションを準備する段階を更に含むことを特徴とする請求項 207 に記載の方法。

【請求項 212】

ダイ、チップスケールパッケージ、回路パターン等を含むことができる物品を有する半導体ウエーハをマーキングする精密レーザベースのシステムにおいて、

前記マーキングは、ウエーハマーキングシステムにおいて、物品位置に関連する指定領域内で行われるシステムであって、

(a) 物品の位置を特定する情報と、(b) 少なくとも1つの物品の少なくとも一部の視覚モデルと、を使用して参照データが取得されることになる少なくとも1つの位置を決定する手段と、

第1のセンサからの少なくとも1つの信号を使用して、前記ウエーハの第1の面上に特徴点を位置決めするために、参照データを取得する手段と、

レーザビームを前記ウエーハの第2の面上のマーキング位置に位置決めするように、前記ウエーハに対してマーキングフィールドを配置する手段と、

レーザマーキング出力ビームを使用して、前記ウエーハの第2の面上に予め定められたパターンをマーキングする手段と、

を備え、

前記決定手段は、第1のウエーハ部から取得した画像内の少なくとも1つの特徴部を測定し、前記測定された特徴部をウエーハマップに対して関連付け、前記第1のウエーハと実質的に同一にウエーハにマーキングを行う際に使用するためのデータを格納するようになっており、前記測定、関連付け、及び格納は、前記決定手段によって自動的に実行されることを特徴とするシステム。

【請求項213】

ウエーハの別の面からの及びウエーハを通り抜ける放射エネルギーの伝達を必要とすることなく、前記ウエーハの1つの面上の機械読取可能なマークを検査するシステムであって、前記ウエーハは、ダイ、チップスケールパッケージ、回路パターン等を含むことができる物品を有し、前記マーキングは、ウエーハマーキングシステムにおいて物品位置に関連する指定領域内で行われるようになっており、前記物品は、第1の面にパターンを有しているシステムにおいて、

前記ウエーハの第1の面を撮像する手段と、

前記ウエーハの第2の面を撮像する手段と、

第1の面の画像の一部と第2の面の画像の一部との間の相関性を確立する手段と、

前記第1の面及び前記第2の面からの画像データを重ね合わせて、少なくとも物品に対するマークの位置を決定する手段と、
を備えることを特徴とするシステム。

【請求項214】

前記撮像手段の少なくとも1つは、ズームレンズを含むことを特徴とする請求項213に記載のシステム。

【請求項215】

前記相関性を確立する手段は、較正ターゲット及びアルゴリズムを含むことを特徴とする請求項213に記載のシステム。

【請求項216】

レーザマーキングビームを用いて半導体ウエーハ又は類似の基板等の基板のレーザマーキングを行うためのレーザベースのシステムにおいて、前記基板は行列に配列された繰返しパターンを有し、特徴部をもつ各々の物品は撮像サブシステムを使用して検出可能であり、前記システムは、レーザマーキングヘッド、撮像及び測定のための前記撮像サブシステム、前記撮像サブシステムに対して少なくとも前記基板の位置決めを行うステージを有するモーションサブシステム、及び少なくとも前記撮像サブシステム及び前記モーションサブシステムに接続されたユーザインターフェースを備え、レーザマークは、前記物品に対して予め定められた位置に配置されるようになっており、予め定められたパターン特徴部を用いてビーム位置制御によるレーザマーキングを行う方法は、

マシン視覚アルゴリズムを使用した自動特徴部検出及び測定のために前記パターンの一部の識別を行うように、ユーザインターフェースを介して入力を行う段階と、

前記撮像サブシステムに対して第1の基板を位置決めして、特徴部データの第1のセットでの画像データを取得するために、パターンの行又は列の少なくとも一方に沿ってパターンを自動的に横移動させる段階と、

複数の物品、前記アルゴリズム、及び前記画像データの少なくとも1つの検出可能な特

10

20

30

40

50

微部を使用して寸法を測定する段階と、

測定値に基づいて寸法データを格納する段階と、

前記寸法データを用いて前記パターンに対する、パターン座標系とステージ座標系との間の関係を好適に定義する第2のセットの特徴部位置の少なくとも3つの特徴部位置を決定する段階と、

前記第1の基板を移動させる段階と、

マーキングされることになる第2の基板を撮像サブシステムに対して位置決めする段階と、

前記第2の基板上の対応する前記パターンから取得した画像データ内に前記第2のセットの対応する特徴部位置の前記少なくとも3つの特徴部位置を配置する段階と、

前記第1の基板上の前記パターンの座標を前記第2の基板上の対応する前記パターンに関連付ける段階と、

前記基板をマーキングするために、前記第2のセットの前記少なくとも3つの特徴部位置に基づいて、前記マーキングビームに対して前記基板を位置決めする段階と、を含む方法を備えることを特徴とするシステム。

【請求項217】

前記寸法の第1の推定値は、パターンの実質的に小さな領域にわたり、前記基板及び前記撮像サブシステムを半自動で相対的に位置決めすることによって取得され、

表示画像中の特徴部を識別する段階と、

ユーザインターフェースを用いて特徴部の画像位置を伝達する段階と、
を更に含むことを特徴とする請求項216に記載の方法。

【請求項218】

前記基板は半導体ウエーハであり、前記物品はダイであり、前記特徴部はダイのコーナーであることを特徴とする請求項217に記載の方法。

【請求項219】

前記寸法測定値は、行及び列の少なくとも1つに沿った相当数のダイに対して測定された平均ダイピッチであることを特徴とする請求項218に記載の方法。

【請求項220】

前記平均ダイピッチは、ウエーハマップと関連付けられることを特徴とする請求項219に記載の方法。

【請求項221】

前記パターン座標系は、前記パターンの境界に対して定義された基点をもつことを特徴とする請求項216に記載の方法。

【請求項222】

前記決定段階はパターン位置の探索段階を含み、探索段階はパターン座標系に基づいて前記ステージを制御することによって実行されることを特徴とする請求項216に記載の方法。

【請求項223】

前記入力段階は、前記パターンの一部の画像を使用して視覚モデルを生成する段階を更に含むことを特徴とする請求項216に記載の方法。

【請求項224】

請求項216の方法を実行することを特徴とするシステム。

【請求項301】

レーザマーキングシステムを校正する方法であって、

複数の高さに対するデータを格納する段階を含む、レーザマーキングシステムを3次元で校正する段階と、

マーキングされることになるワークピースの位置測定値を取得する段階と、

格納された校正データを前記位置測定値に関連付ける段階と、
を含むことを特徴とする方法。

【請求項302】

10

20

30

40

50

前記データは、複数の校正ファイルに格納され、前記校正ファイルは、複数の予め定められたマーキングシステムのパラメータ設定値に対応することを特徴とする請求項 301 に記載の方法。

【請求項 303】

前記複数の校正ファイルは高さレベルに対応し、マーカシステムのパラメータ設定値の 1 つは、マーキングフィールド寸法であることを特徴とする請求項 302 に記載の方法。

【請求項 304】

マーキングシステムのパラメータ設定値の 1 つは、スポット寸法であることを特徴とする請求項 302 に記載の方法。

【請求項 305】

マーキングシステムのパラメータ設定値の 1 つは、作動距離であることを特徴とする請求項 302 に記載の方法。

【請求項 306】

前記マーキングシステムは、ウエーハの前面から参照データを取得するための精密位置合わせカメラを有する、裏面ウエーハマーキングシステムであることを特徴とする請求項 301 に記載の方法。

【請求項 307】

ウエーハの第 1 の面のパターンと、前記パターンに対して予め定められた位置で、前記ウエーハよりも実質的に小さなマーキングフィールド内にマーキングされることになる第 2 の面とを有する半導体ウエーハのレーザマーキングシステムであって、

前記システムのマーカ手段を校正するための手段と、

前記校正に基づいて、マーキングビームをウエーハに対して制御可能に位置決めする手段と、

を備えることを特徴とするシステム。

【請求項 308】

前記ウエーハを相対的に位置決めするための X-Y 平行移動装置と、
校正用のマーカ手段と、

前記平行移動装置を前記マーカ手段に対して校正するための手段と、
を更に備えることを特徴とする請求項 307 に記載のシステム。

【請求項 309】

回路を含む前面を有するウエーハをマーキングするためのレーザベースのウエーハマーキングシステムにおいて、前記回路は回路特徴部を有し、前記ウエーハはマーキングされることになる裏面を有しているシステムであって、

走査レンズ及び前記ウエーハよりも実質的に小さなマーキングフィールドを有する校正された検流計マーキングヘッドと、

マーキングされることになる任意のウエーハ位置を前記マーキングフィールド内に位置決めするために十分に大きな移動範囲をもつ、ウエーハを搬送するための校正された位置決めステージと、

実質的に前記ウエーハよりも狭い視野をもつ、校正された位置合わせカメラと、

前記ステージを前記カメラ及び前記マーキングヘッドに対してしっかりと固定するフレームと、

前記前面の前記回路特徴部に関連して前記ウエーハがその裏面に正確にマーキングされるように、前記マーキングヘッド、前記ステージ、及び前記位置合わせカメラの位置を調整して、前記ステージ及び前記マーキングヘッドを相互に位置決めするためのマップを有する制御装置と、

を備えることを特徴とするシステム。

【請求項 310】

前記位置合わせカメラ及び前記マーキングフィールドは、前記ウエーハの反対側に配置されることを特徴とする請求項 309 に記載のシステム。

【請求項 311】

10

20

30

40

50

前記位置合わせカメラは、前記マーキングヘッドからオフセットされていることを特徴とする請求項 309 に記載のシステム。

【請求項 312】

マーキング検査カメラは、前記マーキングフィールドからオフセットされていることを特徴とする請求項 309 に記載のシステム。

【請求項 313】

前記制御装置は、前記検査カメラから取得したマーキング位置と、前記位置合わせカメラを使用して取得した回路の位置とを比較することを特徴とする請求項 312 に記載のシステム。

【請求項 314】

第 2 の位置合わせカメラは、前記マーキングフィールドからオフセットされており、マーク検査カメラは、前記ウエーハ裏面上のマーキングフィールドからオフセットされていることを特徴とする請求項 309 に記載のシステム。

【請求項 315】

前記走査レンズはテレセントリックレンズであることを特徴とする請求項 309 に記載のシステム。

【請求項 316】

前記制御装置は、マーキングされることになる第 1 のウエーハ部分及び第 2 のウエーハ部分の位置決めを前記マップに基づいて調整し、前記部分の各々は、前記マーキングフィールドと重なり合うことを特徴とする請求項 309 に記載のシステム。

【請求項 317】

半導体基板等をマーキングするためのレーザベースのマーキングシステムにおいて、前記システムは、前記基板よりも実質的に小さなマーキングフィールドをもつレーザマーカと、前記マーキングフィールド及び前記基板を相対的に位置決めするための X-Y ステージを有する位置決めサブシステムと、特徴部に基づいて前記基板及び前記マーキングフィールドを相対的に配置するために使用され、前記基板上に特徴部を位置決めするための、前記マーカから離れた位置合わせ視覚サブシステムとを備え、前記システムを校正するための方法は、

前記位置合わせサブシステムを用いて、位置合わせターゲット上に配置された複数の基準点を測定する段階と、

所定位置の前記測定された基準点に基づいて、前記位置合わせ視覚サブシステムを校正する段階と、

ステージの動きを記録するデータ及び前記位置合わせ視覚サブシステムを使用して取得したデータを使用して、前記ステージを校正するために前記位置合わせターゲットに対して位置決めし、前記位置合わせ視覚システムの前記校正段階に続いて実行される段階と、

マーキングされることになる試験基板を位置決めする段階と、

マークを取得するための前記フィールド内の複数の位置で前記基板をマーキングする段階と、

測定値を取得するために校正された光学測定システムを使用してマーク位置を測定し、前記レーザマーカを校正するために前記測定値を使用して、前記システムを校正する段階と、

を含む方法。

【請求項 318】

前記位置合わせターゲット上に配置された前記基準点の前記予め定められた位置は、測定に関する工業規格に準拠することを特徴とする請求項 317 に記載の方法。

【請求項 319】

前記位置合わせターゲットを静止状態で保持する段階を更に含み、前記 X-Y ステージは、マーカ及び位置合わせ視覚システムの少なくとも 1 つを位置決めすることを特徴とする請求項 317 に記載の方法。

【請求項 320】

10

20

30

40

50

前記基準点の間隔は約2.5mmであり、前記位置合わせターゲットは、視覚システム位置合わせ用パターンを含むことを特徴とする請求項317に記載の方法。

【請求項321】

前記位置合わせターゲットを前記システムから取り除く段階と、

前記位置合わせターゲットをマーキングされることになる試験基板と交換する段階と、を更に含み、前記位置合わせターゲット及び前記試験基板は、実質的に同一寸法であり、前記システムの共通ネスト内に配置されることを特徴とする請求項317に記載の方法。

【請求項322】

X-Yステージにより前記位置合わせターゲットを移動させる段階と、

前記移動させる段階の間に、前記マーカ及び前記位置合わせ視覚サブシステムを静止状態に保持する段階と、を含むことを特徴とする請求項317に記載の方法。 10

【請求項323】

前記較正された光学測定システムは、前記位置合わせ視覚サブシステムであることを特徴とする請求項317に記載の方法。

【請求項324】

前記較正された光学測定システムは、解像度が前記マークの間の間隔よりも実質的に高く、前記位置合わせ視覚サブシステムの解像度よりも高い測定器システムであることを特徴とする請求項317に記載の方法。

【発明の詳細な説明】 20

【技術分野】

【0001】

(関連出願の説明)

本出願は2002年5月17日出願の米国仮特許出願番号60/381,602の優先権の利益を享受するものである。

【0002】

本発明は、半導体基板、ウェーハ、パッケージ等を含むワークピースのレーザマーキングに関する。特に、本発明は、限定されるものではないが、マーキングビームによって損傷を受ける可能性がある高密度の相互接続部を有するか、又はコード空間が限られているチップスケールパッケージ等の、第1の面上に高密度の回路パターンを有する半導体ウェーハの第2の面上に機械読取可能なコードをマーキングするものに適する。 30

【背景技術】

【0003】

以下の代表的な特許文献は、ウェーハ、電子デバイス、照明、及び検査／読み取りマーク等のレーザマーキングの種々の態様に関連する。米国特許第4,522,656号、第4,945,204号、第5,329,090号、第6,309,943号、第6,262,388号、第5,929,997号、第5,690,846号、第5,894,530号、第5,737,122号、及び特開平11-135390である。

【0004】

以下の代表的な文献は、種々のレーザマーキングの方法、及びシステム構成及び部品に関する一般的な情報を提供する。「Galvanometric and Resonant Low Inertia Scanners」, Montagu, Laser Beam Scanning, Marcel-Dekker, 1985年, pp. 214-216; 「Marking Applications now Encompass Many Materials」, Hayes, Laser Focus World, 1997年2月, pp. 153-160; 「Commercial Fiber Lasers Take on Industrial Markets」, Laser Focus World, 1997年5月 pp. 143-150; 国際公開番号WO96/16767, WO98/53949、及び、米国特許第5,965,042号、第5,942,137号、第5,932,119号、第5,719,3 40 50

72号、第5,635,976号、第5,600,478号、第5,521,628号、第5,357,077号、第4,985,780号、第4,945,204号、第4,922,077号、第4,758,848号、第4,734,558号、第4,856,053号、第4,323,755号、第4,220,842号、第4,156,124号である。

【0005】

2001年8月2日に公開された国際公開番号WO0154854「Laser Scanning Method and System for Marking Articles such as Printed Circuit Boards, Integrated Circuits, and the Like」、及び2001年8月23日に公開された国際公開番号WO0161275「Method and System for Automatically Generating Reference Height Data for use in a Three-Dimensional Inspection System」は、いずれも本発明の譲渡人に譲渡されている。これらの出願の開示内容全体は、本明細書に引用によって組み込まれている。

【0006】

米国公開特許2003/0024913A1には、マイクロBGA及びCSP等の半導体パッケージを含むプリント基板及び集積回路等の物品、及び電子デバイス製造プロセス組立ライン等のマーキングステーションにおける同様の物品の高解像度マーキングのための方法及びシステムが開示されている。

【0007】

米国特許第5,690,846号には、レーザビームが照射されて処理されることになる対象物を支持して移動させるX-Yステージを有するワークピース処理システムが開示されており、レーザビームは、処理されることになる対象物のトリミングや局部マーキング、又は同様のプロセスのために使用される。処理されることになる対象物は、同一形状の複数の矩形平面領域を有し、相互の矩形平面領域は行列形態になるように隣接しているが、矩形平面領域は重ならず、その間には少しの間隔も存在しない。

【0008】

米国特許第5,329,090号には、レーザベースのウエーハマーキングシステムが開示されている。このシステムは、ビーム拡大器及びフラットフィールド集束レンズの光学部品を含み、フラットフィールド集束レンズは、レーザ源からワークテーブル上の書き込み位置に配置されたシリコンウエーハ表面の焦点までの照射のための光学ビーム経路を形成する。回転式検流計ミラーは、ビームを動かすために使用され、通信チャンネルを経由して制御装置に接続される。検流計は従来型でありウエーハマーキング分野の当業者には公知である。フラットフィールドレンズは100mmの焦点距離を有し、ミラーによってもたらされる偏光に関係なくビームをウエーハ表面上の焦点に導く。

【0009】

特定の形式の半導体ウエーハは、多数のダイと微細な機構寸法でもって製造されるが、ウエーハの厚さはますます薄くなり、類似のワークピースは反りや撓みに起因して深さの変動量が大きくなっている。このようなワークピースをマーキングでき、同時にマーク品質の劣化、及び／又は指定領域外にマーキングすることに起因する位置エラーを回避できるウエーハマーキングシステムに対するニーズが存在する。

【0010】

視覚システムによって（オペレータの視覚検査によって）観察されるようなレーザマークの可視性は、マークの深さや破片等を含む複数の要因に依存し、同様にレーザの材料相互作用に依存するであろう。特定のウエーハマーキング用途において、従来の見識ではマーキング深さが相対的に大きくなり、読み取り性が高くなるが表面下損傷を受け易くなるであろう。

【0011】

ウェーハマーキングシステムは長い間にわたって本発明の譲渡人によって提供されてきた。Wafer Mark（商標）システムは、数年にわたって本発明の譲渡人によって製造されており、シリコンウェーハに対する最初の工業用レーザマーキングシステムと考えられる。仕様としては、300mmウェーハ用のマーキングドット径120 μ mのハードマーキングを含む。これはSEMI標準仕様M1.15に適合する。「ソフトマーキング仕様」は、200mmまでのウェーハ裏面の粗面マーキングを含む、ウェーハ裏面ソフトマーキングのために存在する。「Sigma Clean」システム上で、200mmまでのウェーハ用の前面及び裏面マーキングの両者に対して裏面マーキングオプションが提供される。

【0012】

10

マーク間のピッチが減少する場合、高コントラストの機械読取可能なマークを形成すると同時に基板損傷を抑えたウェーハマーキングに対するニーズが存在する。ピッチが減少すると、マーキングシステムのスポット寸法は低減されることになる。マーキング速度は微細ピッチに無関係に改善されることが好ましい。

【0013】

米国特許第6,309,943号は、カメラを使用したウェーハ前面上の罫線グリッド位置の識別及び割り出しに関連する。この情報に基づいてレーザが照射され、ウェーハ裏面上に位置合わせマークを形成するようになっている。

【0014】

本発明の譲渡人に譲渡された米国特許第6,496,270号には、3D検査システムに使用するための基準高さデータ自動生成方法及びシステムが開示されており、最初にターゲット上の局部基準領域を決定し、次にこれら局部基準領域の高さを決定して基準高さデータを生成するようになっている。

20

【0015】

WH4100レーザマーキングシステムは、市販されている裏面レーザマーキングシステムであり、本発明の譲渡人によって製造されている。精密位置合わせ視覚サブシステムは、ウェーハがマーキングステーションに配置された場合に生じる回転エラー又はオフセットエラー（X、Y、角度）を補正する。手動「教示ツール」により、ユーザは、補正に使用されることになるウェーハ上の一直線上にない3つの点を認識するようにシステムをトレーニングできる。このシステムは、種々の調整に関する対話式試行錯誤プロセスと、その結果の手動評価を必要とする。次にこの情報はウェーハ裏面上のマーク位置を決定するために使用される。

30

【0016】

米国特許第5,894,530号及び第5,929,997号は、超小型電子部品の検査及び／又は位置合わせプロセスのための観察システムに関連する。米国特許第5,894,530号において、光学部品は、基板がどの方向にあっても基板の両面に配置された特徴フィールドの画像を（同じ倍率で）見ることができるよう、又は基板の両面に配置された特徴フィールドの画像を同時に同じ倍率で見ることができるよう選択的に配置される。

【0017】

40

半導体デバイス、（例えば300mmウェーハ上の10,000を超えるダイ）、複合的設計及び回路レイアウト上の回路の密度及び複雑性が増すにつれて、処理能力及び歩留まりを改善するために最新式対話型ツールを提供するという継続的ニーズが存在する。

【0018】

米国特許第6,501,061号には、集束レーザビームを正確に位置合わせするためのスキャナ座標の決定方法が開示されている。集束レーザビームは、ワーク表面上の対象物（例えば開口）の領域にわたってレーザスキャナによって走査される。集束レーザビームの位置は、所定の時間間隔又は空間間隔で、又は集束レーザビームがワーク表面の開口を通過して出現した際に、光検出器によって検出される。集束レーザビームの検出位置は、集束レーザビームが検出された時のレーザスキャナの位置に基づいて、スキャナ位置対ビ

50

ーム位置のデータを生成するために使用される。スキャナ位置対ビーム位置のデータは、開口中心、又は集束レーザビームの所望の位置に一致するスキャナ位置座標を決定するために使用できる。

【0019】

特定のワークピース処理システムには、レーザ処理パラメータのオンライン又はオフライン調整を容易にしながら3次元で複数サブシステムの較正を行うニーズが存在する。システム及びワークピース内の許容誤差の累計 (stackup) は、低いマーク品質又はマーク位置合わせエラーをもたらす。例えば、特定の形式の半導体ウエーハは、多数のダイと微細な機構寸法でもって製造されるが、ウエーハの厚さはますます薄くなり、類似のワークピースは反りや撓みに起因して深さの変動量が大きくなっている。

10

【発明の開示】

【発明が解決しようとする課題】

【0020】

本発明は、半導体ウエーハ等のワークピースをマーキングするための改良された方法及びシステム、及びそれに使用するためのレーザマーカを提供することを目的とする。

【課題を解決するための手段】

【0021】

本発明の前記の目的及び他の目的を達成するために、半導体ウエーハのマーキングのためのシステムが提供される。本システムは、(a)レーザマーキングフィールドをウエーハに対して第1の方向に沿って位置決めするための第1の位置決めサブシステムと、(b)位置合わせ視覚サブシステムと、(c)マーキングフィールド内でレーザマーキングビームを使用して位置をマーキングするためのレーザを含むレーザマーカと、(d)システムの少なくとも1つのサブシステムを較正するための較正プログラムと、(e)制御装置とを備える。マーキングフィールドはウエーハよりも実質的に小さい。レーザマーカは、ウエーハの撓み又は他のフィールド内の深さの変動に関連する好ましくないマーク変動を回避するために、マーキングフィールド内の位置の周りのウエーハ上の許容できる範囲にビームによって形成されたスポットを光学的に維持するための走査レンズを含む手段を備える。

20

【0022】

スポット位置決め精度は、マーキングフィールドにわたって約1スポットの直径内とすることができる。

30

【0023】

走査レンズは、3部品レンズとすることができる。

【0024】

位置合わせ視覚サブシステムは、実質的にテレセントリック撮像レンズを更に含むことができる。

【0025】

レーザマーカは、コンピュータ制御を用いてレーザマーキングビームをウエーハ上に集束させるための可動式光学部品を含むことができる。

【0026】

レーザマーカは、スポット寸法を調整するためのコンピュータ制御式ビーム拡大器を含むことができる。

40

【0027】

マーキングビームの焦点位置のスポット寸法は約25-40 μm の範囲、マーキングフィールド寸法は約75-100 mmの範囲にすることができる。

【0028】

システムは、ウエーハをレーザマーカに対して、ウエーハの平面に実質的に直交する方向に沿って自動的に位置決めするための、第2の位置決めサブシステムを更に含むことができる。

【0029】

50

第2の位置決めサブシステムは、所定寸法のウエーハを支持し、ウエーハの相対的な位置決めのために少なくとも2自由度を与える手段を含むことができる。

【0030】

較正プログラムは、マーカを複数の3次元位置で較正するための3次元較正アルゴリズムを含むことができる。

【0031】

第1の位置決めサブシステムはX-Yステージを含み、較正プログラムは、位置合わせ視覚システム、X-Yステージ、及びレーザマーカを較正するための手段を含むことができる。

【0032】

システムは、マークを検査するためのカメラをもつ視覚検査サブシステムを更に含むことができる。

【0033】

検査サブシステムは、カメラに対してウエーハを位置決めするための検査位置決めサブシステムを含むことができる。検査位置決めサブシステムは、第1の位置決めサブシステムから離すことができる。

【0034】

システムは、ウエーハの第1の面を撮像するための第1の撮像サブシステムと、ウエーハの第2の面を撮像するための第2の撮像サブシステムとを更に含むことができる。撮像サブシステムは、ウエーハの第2の面のマークの画像を第1の面の対応する部分の画像と重ね合わせるために使用することができる。

【0035】

システムは、較正ターゲットと、重ね合わせられたターゲット画像が一致するように第1の撮像サブシステムと第2の撮像サブシステムとを使用して取得された第1のターゲット画像と第2のターゲット画像とを実質的に一致させるためのアルゴリズムとを更に含むことができる。

【0036】

レーザは、緑色出力波長及びパルス幅が約50ns未満の周波数倍化バナジウムレーザとすることができる。

【0037】

本発明の前記の目的及び他の目的を達成するために、半導体ウエーハをマーキングするための方法が提供され、マーキングフィールドはウエーハよりも実質的に小さくなっている。本方法は、レーザマーキングフィールドをウエーハに対して第1の方向に沿って位置決めする段階を含む。本方法は、ウエーハの撓み又はフィールド内の深さ方向の他の変動に関連する好ましくないマーク変動を回避するように、マーキングフィールド内のスポット配置精度を光学的に維持する段階と、ウエーハをマーキングする段階を更に含む。

【0038】

維持する段階は、マーカフィールド位置でのスポット配置精度と軸に沿ったウエーハ配置との間の予め定められた関係に基づくことができ、マーキングフィールドに対してウエーハ位置を位置決めする段階は、前記の関係に基づくことができ、スポット配置精度が改善される。

【0039】

維持する段階は、マーキングフィールドの一部を選択する段階を含むことができ、マーキングフィールドに対してウエーハを位置決めする段階は、マーキングされることになるウエーハをマーキングフィールドの選択部分内に位置決めすることができ、スポット配置精度が改善される。

【0040】

マーキングフィールドの選択部分は、テレセントリックエラーが低減された好適な軸をもつことができる。

【0041】

10

20

30

40

50

マーキングフィールドの選択部分は、好適な軸に位置合わせされた矩形フィールドとすることができる。

【0042】

マーキングフィールドの選択部分は、熱ドリフト特性が低減された実質的な四半分部とすることができる。

【0043】

本方法は、マーキングビームがウエーハ上のマーキング位置に入射されるように、マーキングビームをウエーハの平面に実質的に直交する軸に沿ってウエーハに対して自動的に位置決めする段階を更に含むことができる。ウエーハは、マーキングビームの焦点位置に対するウエーハの深さの変動に無関係に、その位置でマーキングされることができる。

10

【0044】

位置決め段階は、複数の位置に対して繰り返すことができる。

【0045】

位置決め段階は、ウエーハとマーキングビームの焦点位置との相対的な位置決め段階を含むことができる。

【0046】

第1の方向に沿った又は前記軸に沿った相対的な位置決め段階の少なくとも1つは、ウエーハの撓みの予め定められた推定値に基づくことができる。

【0047】

前記方向に沿った又は前記軸に沿った相対的な位置決め段階の少なくとも1つは、深さセンサによるウエーハ位置の測定値に基づくことができる。

20

【0048】

前記方向に沿った又は前記軸に沿った相対的な位置決め段階の少なくとも1つは、ウエーハに対する平面適合 (plane fit) に基づくことができる。

【0049】

ウエーハは、前記軸に沿って平行移動させることができる。

【0050】

位置決め段階は、可動レンズ部品を使用して実行することができる。

【0051】

前記方向に沿った又は前記軸に沿った相対的な位置決め段階は、同時に実行することができる。

30

【0052】

この方法を実行するためのシステムを較正する段階を含むことができる。

【0053】

マーキングフィールド内のウエーハの一部は、マーキングフィールド内の複数位置にも存在できる。

【0054】

本発明の前記の目的及び他の目的を達成するために、ワークピースにマーキングを行うレーザマーカが提供される。レーザマーカは、ワークピースの撓み又は深さ方向の他の変動に関連する好ましくないマーク変動を回避するように、実質的にワークピースよりも小さなマーキングフィールドにわたって、スポット配置を約1スポットの直径以内に補正するためのテレセントリックレンズを実質的に含む。

40

【0055】

テレセントリックエラーは、瞳孔補正を使用して更に低減することができる。

【0056】

テレセントリックエラーは、追加の走査レンズ部品を使用して更に低減することができる。

【0057】

走査レンズは、色補正されたテレセントリック走査レンズとすることができる。

【0058】

50

マーキングフィールドは、ビーム位置決め精度を更に改善するために選択された選択サブフィールドとすることができる。

【0059】

選択サブフィールドは、好適な軸と位置合わせされた矩形フィールドとすることができる。

【0060】

マークの特性は、前記走査レンズを通して集められた放射エネルギーを検出することによって測定できる。

【0061】

位置合わせ視覚システム及びレーザマーカの少なくとも1つは、焦点センサ又は高さセンサを含むことができる。 10

【0062】

好ましくないマーク変動は、少なくとも1つのマーク位置、マーク線幅、及び深さに対するマークコントラストの変動を含むことができる。

【0063】

走査レンズは、テレセントリックレンズとすることができる。

【0064】

本発明の目的は、ワークピース及び半導体ウエーハ上に機械読取可能なマークを生成するための、改善された高速レーザベースのマーキングを行う方法及びシステムを提供することにある、同時にこれに起因する基板の損傷は低減される。 20

【0065】

本発明の前記の目的及び他の目的を達成するために、半導体をレーザマーキングする方法はパルスレーザビームを生成する。ビームは所定の波長、パルス幅、繰り返し率、及びエネルギーをもつレーザパルスを含む。本方法は、前記半導体ウエーハにスポット直径を超える前記パルスレーザビームを照射して、半導体ウエーハ上に所定のマーク深さをもつ機械読取可能なマークを生成する段階を含む。パルス幅は約50 ns未満であり、実質的に約10 µm未満の深さのマークを生成するためにスポット直径を超えて照射する。半導体ウエーハに対する好ましくない表面下の損傷が防止される。

【0066】

マーク深さは、約3-4.5 µmの範囲とすることができる。 30

【0067】

表面に入射するパルスエネルギーは約230-250マイクロジュールの範囲、パルス幅は約10-15ナノ秒の範囲、繰り返し率は約15-30 KHzの範囲とすることができる。

【0068】

照射段階は複数の位置で実行され、スポット直径は約25-40 µmの範囲、マーキング速度は少なくとも150 mm/秒とすることができる。

【0069】

照射段階は複数の位置で実行され、スポット直径は約30-35 µmの範囲、マーキング速度は少なくとも150 mm/秒とすることができる。 40

【0070】

スポット直径は約25-40 µmの範囲、マーキングフィールド寸法は約75-100 mmの範囲とすることができる。

【0071】

半導体ウエーハはシリコンウエーハを備え、生成段階は、緑色の出力波長をもつ周波数倍化されたNd:YVO4レーザを使用して実行することができる。

【0072】

レーザ繰り返し率は、少なくとも10 KHz、又は少なくとも15 KHzとすることができる。

【0073】

好ましくない表面下の損傷は、マイクロクラックを含むことができる。

【0074】

発明の前記の目的及び他の目的を達成するために、更に本発明の方法を実行するためのレーザを含むパルスレーザシステムが提供される。

【0075】

レーザは、緑色の出力波長をもつNd:YVO₄周波数倍化レーザとすることができる。

【0076】

発明の前記の目的及び他の目的を達成するために、更に、深さが約3-4.5 μmの機械読取可能なマークを有する半導体デバイスが提供される。

10

【0077】

半導体デバイスは、本発明の方法によって生成された、深さが約3-4.5 μmの機械読取可能なマークをもつことができる。

【0078】

本発明の目的は、ワークピース又はウエーハマーキングシステムのマシン知覚ベースの特徴点検出及びマーク検査のための、改善された方法及びシステムを提供することである。

【0079】

本発明の前記の目的及び他の目的を達成するために、ダイ、チップスケールパッケージ、回路パターン等を含むことができる物品を有する半導体ウエーハをマーキングする精密レーザベースの方法が提供される。マーキングは、ウエーハマーキングシステムにおいて、物品位置に関連する指定領域内で行われる。この方法は、(a)物品の位置を特定する情報と(b)少なくとも1つの物品の少なくとも一部の視覚モデル、を使用して参照データが取得されることになる少なくとも1つの位置を決定する段階を含む。第1のセンサからの少なくとも1つの信号を使用して、ウエーハの第1の面上に特徴点を位置決めするために、参照データを取得する。本方法は、レーザビームをウエーハの第2の面上のマーキング位置に位置決めするように、ウエーハに対してマーキングフィールドを配置する段階を更に含む。位置決めは特徴点の位置に基づいて行われる。レーザマーキング出力ビームを使用して、ウエーハの第2の面上に予め定められたパターンをマーキングする。決定段階は、第1のウエーハ部から取得した画像内の少なくとも1つの特徴部を測定する段階と、測定された特徴部をウエーハマップに対して関連付ける段階と、第1のウエーハと実質的に同一にウエーハにマーキングを行う際に使用するためのデータの格納する段階とを含む。測定段階、関連付け段階、及び格納段階は自動的に実行される。

20

30

【0080】

測定段階は、複数の物品の平均ピッチを測定する段階と、平均ピッチをウエーハマップに対して関連付ける段階とを含むことができる。

【0081】

物品はダイの行列パターンを備えることができ、決定段階は、行列パターンの一組の直交エッジ縁部を位置決めする段階と、縁部からの境界ボックスを形成する段階と、境界ボックスからダイパターン座標系を定義する段階とを更に含むことができる。

40

【0082】

ウエーハの相対的位置決め段階は、実質的に少なくとも1つのポジショナーの動きに整合された主座標系内で実行されることができる。主座標系をダイパターン座標系に関連付けるための座標変換を行う段階を更に含むことができる。

【0083】

決定段階は、ウエーハマップを使用して座標を取得して、物品の位置を決定する情報を提供する段階と、第1のウエーハ上の物品の少なくとも一部を撮像して視覚モデルを生成する段階とを更に含むことができる。

【0084】

本発明の前記の目的及び他の目的を達成するために、ウエーハの別の面からの及びウエ

50

ーハを通り抜ける放射エネルギーの伝達を必要とすることなく、ウエーハの1つの面上の機械読取可能なマークを検査する方法が提供される。マーキングは、ウエーハマーキングシステムにおいて物品位置に関連する指定領域内で行われる。前記物品は、第1の面にパターンを有している。本方法は、ウエーハの第1の面を撮像する段階と、ウエーハの第2の面を撮像する段階と、第1の面の画像の一部と第2の面の画像の一部との間の相関性を確立する段階と、第1の面及び第2の面からの画像データを重ね合わせて、少なくとも物品に対するマークの位置を決定する段階とを含む。

【0085】

本システムは、前記第1の面及び前記第2の面から取得した画像を、前記重ね合わせた画像部分に対応するように実質的に一致させる段階を更に含むことができる。実質的に一致させる段階は、較正ターゲット及びマッチングアルゴリズムを使用して実行されることが

10

【0086】

本方法は、物品画像の少なくとも一部に対象領域が定められるように、ユーザインターフェースを使用して入力を行う段階を更に含むことができる。

【0087】

オペレータは対象領域を調整できる。

【0088】

重ね合わせたデータは、物品に対するマークの位置を決定するために使用されることが

20

【0089】

本方法は、マーキング用の位置決めサブシステムとは離されたウエーハ位置決めサブシステムを有する検査ステーションを準備する段階を更に含むことができる。

【0090】

本発明の前記の目的及び他の目的を達成するために、ダイ、チップスケールパッケージ、回路パターン等を含むことができる物品を有する半導体ウエーハをマーキングする精密レーザベースのシステムが提供される。マーキングは、ウエーハマーキングシステムにおいて、物品位置に関連する指定領域内で行われる。本システムは、(a)物品の位置を特定する情報と、(b)少なくとも1つの物品の少なくとも一部の視覚モデルと、を使用して参照データが取得されることになる少なくとも1つの位置を決定する手段とを含むことができる。本システムは、第1のセンサからの少なくとも1つの信号を使用して、ウエーハの第1の面上に特徴点を位置決めするために、参照データを取得する手段を更に含むことができる。本システムは、レーザビームをウエーハの第2の面上のマーキング位置に位置決めするように、ウエーハに対してマーキングフィールドを配置する手段を更に含むことができる。位置決めは特徴部の位置に基づいて行われる。本システムは、レーザマーキング出力ビームを使用して、ウエーハの第2の面上に予め定められたパターンをマーキングする手段を更に含むことができる。決定手段は、第1のウエーハ部から取得した画像内の少なくとも1つの特徴部を測定し、測定された特徴部をウエーハマップに対して関連付け、第1のウエーハと実質的に同一にウエーハにマーキングを行う際に使用するためのデータを格納する。測定、関連付け、及び格納は、決定手段によって自動的に実行される。

30

40

【0091】

本発明の前記の目的及び他の目的を達成するために、ウエーハの別の面からの及びウエーハを通り抜ける放射エネルギーの伝達を必要とすることなく、前記ウエーハの1つの面上の機械読取可能なマークを検査するシステムが提供される。ウエーハは、ダイ、チップスケールパッケージ、回路パターン等を含むことができる物品を有する。マーキングは、ウエーハマーキングシステムにおいて物品位置に関連する指定領域内で行われる。物品は、第1の面にパターンを有している。本システムは、ウエーハの第1の面を撮像する手段と、ウエーハの第2の面を撮像する手段と、第1の面の画像の一部と第2の面の画像の一部との間の相関性を確立する手段と、第1の面及び第2の面からの画像データを重ね合わせて、少なくとも物品に対するマークの位置を決定する手段とを含む。

50

【0092】

撮像手段の少なくとも1つは、ズームレンズを含むことができる。

【0093】

相関性を確立する手段は、較正ターゲット及びアルゴリズムを含むことができる。

【0094】

本発明の前記の目的及び他の目的を達成するために、レーザマーキングビームを用いて半導体ウエーハ又は類似の基板等の基板のレーザマーキングを行うためのレーザベースのシステムが提供される。基板は行列に配列された繰り返しパターンを有する。特徴部をもつ各々の物品は撮像サブシステムを使用して検出可能である。本システムは、レーザマーキングヘッド、撮像及び測定のための前記撮像サブシステム、前記撮像サブシステムに対して少なくとも前記基板の位置決めを行うステージを有するモーションサブシステム、及び少なくとも前記撮像サブシステム及び前記モーションサブシステムに接続されたユーザインターフェースを有する。レーザマークは、前記物品に対して予め定められた位置に配置されることになる。予め定められたパターン特徴部を用いてビーム位置制御によるレーザマーキングを行う方法が更に提供される。本方法は、マシン視覚アルゴリズムを使用した自動特徴部検出及び測定のためにパターンの一部の識別を行うように、ユーザインターフェースを介して入力を行う段階を含む。本方法は、前記撮像サブシステムに対して第1の基板を位置決めして、特徴部データの第1のセットでの画像データを取得するために、パターンの行又は列の少なくとも一方に沿ってパターンを自動的に横移動させる段階を更に含む。複数の物品、前記アルゴリズム、及び前記画像データの少なくとも1つの検出可能な特徴部を使用して寸法が測定される。寸法データは測定値に基づいて格納する。第2のセットの特徴部位置の少なくとも3つの特徴部位置は、寸法データを用いてパターンに対して決定される。第2のセットの特徴部位置は、パターン座標系とステージ座標系との間の関係を好適に定義する。第1の基板は移動され、マーキングされることになる第2の基板は、撮像サブシステムに対して位置決めされる。第2のセットの対応する特徴部位置の少なくとも3つの特徴部位置は、第2の基板上の対応するパターンから取得した画像データ内に配置される。第1の基板上のパターンの座標は、前記第2の基板上の対応する前記パターンに関連付けされる。基板は、マーキングするための第2のセットの少なくとも3つの特徴部位置に基づいて、マーキングビームに対して位置決めされ、基板はマーキングされる。

【0095】

寸法の第1の推定値は、パターンの実質的に小さな領域にわたり、基板及び撮像サブシステムを半自動で相対的に位置決めすることによって取得することができ、表示画像中の特徴部を識別する段階と、ユーザインターフェースを用いて特徴部の画像位置を伝達する段階とを更に含む。

【0096】

基板は半導体ウエーハであり、物品はダイであり、特徴部はダイのコーナーであることができる。

【0097】

寸法測定値は、行及び列の少なくとも1つに沿った相当数のダイに対して測定された平均ダイピッチであることができる。

【0098】

平均ダイピッチは、ウエーハマップと関連付けされることができる。

【0099】

パターン座標系は、パターンの境界に対して定義された基点をもつことができる。

【0100】

決定段階はパターン位置の探索段階を含み、探索段階はパターン座標系に基づいてステージを制御することによって実行されることことができる。

【0101】

入力段階は、パターンの一部の画像を使用して視覚モデルを生成する段階を更に含むこ

とができる。

【0102】

本発明の目的は、同様に使用するレーザ処理システム及びレーザマーキングシステムを較正するための改善された方法及びシステムを提供することである。

【0103】

本発明の前記の目的及び他の目的を達成するために、レーザマーキングシステムを較正する方法が提供される。本方法は、レーザマーキングシステムを3次元で較正する段階を含む。較正段階は、複数の高さに対するデータを格納する段階を含む。本方法は、マーキングされることになるワークピースの位置測定値を取得する段階と、格納された較正データを位置測定値に関連付ける段階とを更に含む。

10

【0104】

データは、複数の較正ファイルに格納されることがができる。較正ファイルは、複数の予め定められたマーキングシステムのパラメータ設定値に対応することがができる。

【0105】

複数の較正ファイルは高さレベルに対応し、マーカシステムのパラメータ設定値の1つは、マーキングフィールド寸法であることがができる。

【0106】

マーキングシステムのパラメータ設定値の1つは、スポット寸法であるか、又は作動距離であることがができる。

【0107】

マーキングシステムは、ウエーハの前面から参照データを取得するための精密位置合わせカメラを有する、裏面ウエーハマーキングシステムであることがができる。

20

【0108】

本発明の前記の目的及び他の目的を達成するために、ウエーハの第1の面のパターンと、前記パターンに対して予め定められた位置で、ウエーハよりも実質的に小さなマーキングフィールド内にマーキングされることになる第2の面とを有する半導体ウエーハのレーザマーキングシステムが提供される。本システムは、システムのマーカ手段を較正するための手段と、較正に基づいてマーキングビームをウエーハに対して制御可能に位置決めする手段とを含む。

【0109】

本システムは、ウエーハを相対的に位置決めするためのX-Y平行移動装置と、較正用のマーカ手段と、平行移動装置をマーカ手段に対して較正するための手段とを含むことができる。

30

【0110】

本発明の前記の目的及び他の目的を達成するために、回路を含む前面を有するウエーハをマーキングするためのレーザベースのウエーハマーキングシステムが提供される。回路は回路特徴部を有し、ウエーハはマーキングされることになる裏面を有する。本システムは、走査レンズ及び前記ウエーハよりも実質的に小さなマーキングフィールドを有する較正された検流計マーキングヘッドを有する。本システムは、マーキングされることになる任意のウエーハ位置を前記マーキングフィールド内に位置決めするために十分に大きな移動範囲をもつ、ウエーハを搬送するための較正された位置決めステージを更に含む。本システムは、実質的にウエーハよりも狭い視野をもつ較正された位置合わせカメラを更に含む。フレームは、ステージをカメラ及びマーキングヘッドに対してしっかりと固定する。制御装置は、前面の回路特徴部に関連してウエーハがその裏面に正確にマーキングされるように、マーキングヘッド、ステージ、及び位置合わせカメラの位置を調整して、ステージ及びマーキングヘッドを相互に位置決めするためのマップを有する。

40

【0111】

位置合わせカメラ及びマーキングフィールドは、ウエーハの反対側に配置されることがができる。

【0112】

50

位置合わせカメラは、マーキングヘッドからオフセットされることができる。

【0113】

マーキング検査カメラは、前記マーキングフィールドからオフセットされることができる。

【0114】

制御装置は、検査カメラから取得したマーキング位置と、位置合わせカメラを使用して取得した回路の位置とを比較することができる。

【0115】

第2の位置合わせカメラは、マーキングフィールドからオフセットされ、マーク検査カメラは、ウェーハ裏面上のマーキングフィールドからオフセットされることができる。

10

【0116】

走査レンズは、テレセントリックレンズであることができる。

【0117】

制御装置は、マーキングされることになる第1のウェーハ部分及び第2のウェーハ部分の位置決めをマップに基づいて調整することができ、該部分の各々は、マーキングフィールドと重なり合うことができる。

【0118】

本発明の前記の目的及び他の目的を達成するために、半導体基板等をマーキングするためのレーザベースのマーキングシステムが提供される。本システムは、基板よりも実質的に小さなマーキングフィールドをもつレーザマーカと、マーキングフィールド及び基板を相対的に位置決めするためのX-Yステージを有する位置決めサブシステムと、特徴部に基づいて基板及びマーキングフィールドを相対的に配置するために使用され、基板上に特徴部を位置決めするための、マーカから離れた位置合わせ視覚サブシステムとを有する。本システムを較正するための方法は、位置合わせサブシステムを用いて、位置合わせターゲット上に配置された複数の基準点を測定する段階と、所定位置の測定された基準点に基づいて、位置合わせ視覚サブシステムを較正する段階とを含む。ステージは、該ステージの動きを記録するデータ及び位置合わせ視覚サブシステムを使用して取得したデータを使用して、ステージを較正するために位置合わせターゲットに対して位置決めされる。ステージの較正は、位置合わせ視覚システムの較正段階に続いて実行される。本較正方法は、マーキングされることになる試験基板を位置決めする段階と、マークを取得するためのフィールド内の複数の位置で基板をマーキングする段階と、測定値を取得するために較正された光学測定システムを使用してマーク位置を測定する段階と、レーザマーカを較正するために測定値を使用する段階とを含み、システムは較正される。

20

30

【0119】

位置合わせターゲット上に配置された基準点の予め定められた位置は、測定に関する工業規格に準拠することができる。

【0120】

本方法は、位置合わせターゲットを静止状態で保持する段階を更に含むことができ、前記X-Yステージは、マーカ及び位置合わせ視覚システムの少なくとも1つを位置決めする。

40

【0121】

基準点の間隔は約2.5mmとすることができ、位置合わせターゲットは、視覚システム位置合わせ用パターンを含むことができる。

【0122】

本方法は、位置合わせターゲットをシステムから取り除く段階と、位置合わせターゲットをマーキングされることになる試験基板と交換する段階とを更に含むことができる。位置合わせターゲット及び試験基板は、実質的に同一寸法とすることができ、システムの共通ネスト内に配置されることができる。

【0123】

本方法は、X-Yステージを用いて位置合わせターゲットを移動させる段階と、移動さ

50

せる段階の間に、マーカ及び位置合わせ視覚サブシステムを静止状態に保持する段階とを含むことができる。

【0124】

較正された光学測定システムは位置合わせ視覚サブシステムとすることができる。

【0125】

較正された光学測定システムは、解像度がマークの間の間隔よりも実質的に高く、位置合わせ視覚サブシステムの解像度よりも高い測定器システムであることができる。

【0126】

本発明の前記の目的、他の目的、特徴、及び利点は、本発明を実施する際の最良の形態に関する以下の詳細な説明及び添付図面から容易に理解できる。

【発明を実施するための最良の形態】

【0127】

概要

図5Aには、例えば300mmウエーハといったウエーハのレーザマーキング及び検査のためのシステム100の複数の構成要素が概略的に示されている。ロボット101は、FOUP (Front Opening Unified Portal) 供給装置からプリアライナ102にウエーハを移送し、プリアライナ102は、後続の処理に向けてウエーハを正しい位置に置くために、ウエーハの切欠き又は平面を見つけるのに使用される。読み取り装置103は、所定のコード情報を抽出するために使用することができ、次にこの情報は、後続の処理ステップで使用することができる。精密ステージ104には、プリアライナの(例えばX、Y回転の)残留エラーを補正するための精密位置合わせ手段が含まれている。ウエーハはマーキングされる。次に全てのマーク又は指定サブセットが検査される。図5Aの構成において、検査システムは別個の検査ステージ105で使用される。

【0128】

FOUPの開放に続くマーキング手順は以下の手順を含む。

1. ロボットがウエーハをプリアライナまで移動させ、切欠きダイの位置関係を定める。
2. ウエーハのIDをOCR読み取り装置によって読み取る。
3. ネットワークからマーク情報を取得する。
4. ロボットが予備位置合わせされたウエーハを精密X-Yステージに移動させる。
5. プリアライナの最小補正残留エラーが得られるまでウエーハのX-Y-θ微調整を行う。
6. ウエーハを「マーク・インデックスフィールド・マーク・インデックスフィールド」繰り返し手順を使用してマーキングする。
7. ウエーハを検査する。
8. ウエーハをFOUPに戻す。

【0129】

図5Bは、システム内の時間効率のよいウエーハ処理操作の例示的な手順を示す。種々の処理ステップは並行して行われてもよい。例えば、第2のウエーハは、予備調整のために移送され、同時に第1のウエーハの精密な位置合わせが行われる。

【0130】

例示的な300mmウエーハは、数千の物品(例えば、チップスケールパッケージ、集積回路等)をもつことができる。各々の物品上の回路密度は、限定領域内に1次元コード又は2次元コード等の機械読取可能なマークを配置する際に問題を引き起こす場合がある。例えば300mmウエーハ上のダイ寸法は、複雑な高密度回路パターンにおいて約25mmから0.5mm、又はそれ以下で様々である。更に、高エネルギーマーキングビームによって引き起こされる場合がある回路損傷を防止する必要がある。本発明の譲渡人に譲渡され、全ての開示内容が本明細書に引用によって組み込まれているWO0154854には、電子デバイスの高解像度マーキング方法が開示されている。レーザマーク位置決め

10

20

30

40

50

は、センサで測定した回路の特徴部から得ることができ、1つの実施形態において、センサはマーキングヘッドから切り離されて配置される。PCBマルチアップ (multi-up)、チップスケールパッケージ等のパッケージ、及びトレイ内のダイ等のマーキングのための実例が、'854特許に含まれている。'854特許の4頁9-16行、6頁1-5行及び22-29行、8頁10-17行、9頁15行-10頁30行、11頁14-20行を含むセクション、「走査ヘッド」、「マーキング操作」、及び「位置決め」と題する詳細な説明のセクション、及び上記のセクションに関連する図面は、本開示に関連し、本明細書で開示された精密マーキング方法及びシステムの種々の態様に関する追加的なサポートを行う。

【0131】

図1Aを参照すると、本発明の1つの実施形態は、半導体ウエーハ3をマーキングするための精密なレーザベースの方法を提供し、この方法は、パッケージ、基板、又は類似のワークピースにマーキングを行うのに適用できる。ウエーハ3は、物品2 (図1Bの拡大図に1つを示す) をもつことができ、この物品は、ダイ、チップスケールパッケージ、回路パターン等を含むことができる。物品は実質的に同一であってもよいが、これに限定されるものではない。典型的な半導体製造工程において、マーキング後に、物品は、ウエーハを精密に切断 (ダイシング) することで切り離されることになる。更なる情報は、米国特許第6,309,943号に見出すことができ、ウエーハ裏面に配置された位置合わせマーク35 (図3A-3C参照) は、精密切断の経路を規定するために使用される。図3を参照すると、物品上のマーク36は、物品位置に関連する指定領域30内に形成される。この例では、ウエーハ3の裏面33は、物品のコーナー近くでマーキングされる。回路群34は回路群4の背面図に対応する。

【0132】

大型ウエーハ (例えば300mmの) を製造するのに好適な実施形態において、位置合わせ視覚システムの座標 (例えばセンサの中心位置での、及び最良の焦点での「第1の面」といった)、及びビーム位置決めサブシステムの座標 (例えば、マーキングフィールド中心でのレーザビームのウエスト位置) に関連付けるために、較正プロセスを使用できる。較正は3次元補正をもたらすことが好ましい。広いフィールドにわたって局在化された領域でのマーキングの精密な配置に対する要求が高まると、結果としてビームの位置決め精度の向上、及び微細な線幅又は文字寸法を得るためのスポット寸法要件の低減につながる。大型ワークピースに対して、焦点深度に対する「撓み」及び「反り」は重要であり、これは設計パラメータの不一致をもたらすであろう。レーザスポット寸法は、スポット配置の精度を維持しながら、システム作動中に調整できることが好ましい。図2Aの構成を参照すると、1つの実施形態は、第1のセンササブシステム14 (例えば、「位置合わせ視覚システム」) 及びビームポジショナーサブシステム19 (例えば、「マーキングヘッド」) を較正する。較正は、第1の面の位置とマーキングビームの位置とを関連付けるために使用され、各々のサブシステムは、マーキングされることになるワークピースの一部である視野を有する。ワークピースは、半導体ウエーハ3であってもよい。2次元機能及び3次元機能をもたらす較正プロセスの種々のステップに関する詳細は、以下の「2D/3D較正」のセクション1に記載されている。ワークピース処理の種々の較正手順に対する詳細は、例示的な文献 (1) 米国特許第5,400,132号「レーザ位置決め装置の調整」、(2) 米国特許第4,918,284号「較正用レーザトリミング装置」、及び (3) WO0064622「レーザ較正装置及び方法」に見出すことができる。

【0133】

図2は、例示的に、前面データ (限定されない) を使用して歪曲したウエーハ143の裏面にマーキングする際に、非テレセントリック光学系の深さのビーム位置エラーの増加を示す。通常、ウエーハの厚さ146は少なくとも数百 μm である。前面の位置合わせカメラ142が例示されており、光学中心線149に沿ってマーカヘッド147に位置合わせされている。平面148、144は、それぞれマーカ及びカメラからの作動距離に対応する基準平面を表している。深さの変動がない場合には、これらの平面は、ウエーハの表

面位置でカメラ観察光線及びマーキングビームと交差する。光線140に沿った参照データは、ウエーハ交差点におけるウエーハ表面での反射光から得られる。データは、補正することなく、平面144との交差点に対応する座標として表示され、これはマーキング座標と関連付けされることになる。横方向の位置エラー1400がもたらされる。例示的に、マークは、ウエーハ交差点での光線140に沿って取得した参照データに対応する位置でウエーハの裏面に配置されるものと想定する。マーキングビームは、補正することなく、参照データ（及び位置エラー）に対応する平面148内の点に指向されることになる。しかしながら、このことは、ウエーハとの実際の交差点におけるマーキングビーム141の中心光線の方角によって示すように、指定領域外のマークをもたらすであろう。

【0134】

10

以下のセクション1の3次元校正プロセスは、ウエーハの適切な高さ測定値を用いて、ビームポジショナーに適用されることになる補正を決定するために使用できる。

【0135】

好適なテレセントリック光学系において、適度なコストのレンズを用いて（以下の「精密テレセントリックレンズ」のセクション5を参照）、エラーは約1スポット又はより微細に低減される。テレセントリック設計により、最悪のウエーハの反り及び付加的なシステム「累計（stackup）」エラーを補償することが好ましい。好適な構成により、比較的高速のマーキングをサポートするフィールド寸法が維持される。テレセントリックの場合、校正プロセスは簡素化されるが、少なくとも運転ボリュームにわたってレーザスポット寸法を制御して維持するために使用される、複数の校正ファイルが望ましい。このことは一貫性のあるマーキング及びマーキングコントラスト制御を可能にする。

20

【0136】

光学系の焦点深度に関するワークピースの変動に照らして、位置合わせ及びマーキングサブシステムに対して3次元許容誤差を考慮する必要がある。特徴部の位置精度を改善するために位置合わせシステムの倍率を大きくすると、焦点深度は浅くなる。Z軸に沿ってワークピースに対してサブシステム14全体及び／又はレンズシステム15（テレセントリック光学系として示すがこれに限定されない）を配置するために、種々の集束方法が有用である。例えば、ダイ位置での最大エッジコントラストに対応するZ軸位置は可能性のある大きさである。「ポイント」、即ち小さなターゲットの最大輝度の測定値（ピクセルのオーダー）は、深さの変化に対して感度が高いであろう。

30

【0137】

ウエーハの「撓み」は、ウエーハの厚さ仕様からある程度予測できる。予測は、ウエーハの厚さ約300 μm から775 μm に対するモデル（固定エッジ及び単純な支持）に基づき、後者の場合、約60 μm の変動を示す。より薄いウエーハに関しては偏差が増加し、撓み及び他の累計によって全体の変動は更に増加するであろう。表面変動を推定して特定の補正のために使用することができる。例えばセクション5に説明されているようなテレセントリック光学系は、4インチのマーキングフィールドにわたって1 μm よりも小さなスポット配置エラーをもたらすと予測される。走査ヘッド、位置合わせ視覚システム、及びおそらくは検査システムを含む種々のサブシステムは、少なくとも高さ検出のためのオプションを追加することができる。同様に、ウエーハ表面の複数位置での特に高さの測定のために、別のサブシステムを追加することができる。マシンのサイクルタイムにおける全ての性能低下は無視できることが好ましい。

40

【0138】

1つの構成において、位置合わせ視覚システム14は、特徴部の検出のために使用される領域を含むがこれに限定されるものではないサンプルポイントに相対的に位置合わせされることになる。前述したように、焦点の検出は、位置合わせ視覚システムを使用して、Z軸に沿った位置において画像コントラストをサンプリングすることによって行うことができる。Z軸の位置は記録される。もしくは、市販のモジュールである三角測量又は焦点センサは、表面をマッピングするために、位置合わせ及び校正アルゴリズム（及び既知のウエーハ厚さ）と一緒に使用される、表面ポイントを測定するために使用することが

50

できる。同様に、第2の面の直接的な測定値は、視覚検査モジュール20に付属のセンサを用いて取得することができる。別の構成において、市販のモアレカメラ等の「全フィールド」システムを使用できる。いずれの場合も、データは表面のマーキングビームのウエストを位置合わせするために好適に使用される。セクション1の好適な較正方法に従って、所望のスポット寸法は、マーキング位置において維持されることになる。1つの構成において、マーキングビームウエストは、例えば中心エッジ補償に関して80mmフィールド内の9つの位置に別個のステップで位置合わせすることができる。非接触式光学検出が望ましいが、キャパシタンス又は接触プローブでもよい。

【0139】

変動が単純な2次曲線に対応して対称な場合、ウェーハ表面は、少なくとも3つの位置（エッジ領域、中心、エッジ領域）を使用して、対角線に沿ってサンプリングすることができる。反りが高次の曲線（例えば「ポテトチップ」形状）で表される場合、例えば少なくとも9つの位置といった追加データを取得することになる。第1の面の位置合わせシステムを用いてデータを取得した場合、第2の面の位置は、オペレータが測定又は指定することができるウェーハの厚さを使用して近似することができる。

【0140】

同様に、較正及びマーキングに関して、マーキングフィールドの多くの位置でマーキングビームの焦点機能をサンプリングすることができる（低出力で）。このシステムは、例えば2セル又は4セル構造の、「特徴のない」表面を測定するのに好適な検出システムを含むことができる。もしくは、米国ニューヨーク州ロチェスター所在のOptical Gaging Products製の市販の測定装置がもたらすオプションと同様の突出グリッドを使用することができる。集束ツールは、ウェーハマーキング時の作動距離の測定の他に、位置合わせ及びシステムセットアップ操作のために好適に使用される。

【0141】

図2A及び2Bのシステムにおいて、ビーム位置合わせサブシステム及び位置合わせシステムの両者は、テレセントリック光学系351及び15をそれぞれ含むことが好ましく、テレセントリック光学系351及び15は、深さに関する角度走査によるマーキングビーム位置の変動を低減するか又は除去する。セクション5は、約80mmの寸法及び最悪の場合に予測される撓み／反りに対応する深さ範囲にわたって、1スポットの直径よりも良好なスポット配置精度をもたらすテレセントリックレンズ系を示す。80mmフィールドにより、非テレセントリックフィールドに比較して非常に高速のマーキング速度が可能になる。更に、30µmのスポット寸法は、殆どのウェーハマーキングシステムよりも微細であり、マーキングのコントラスト及び解像度を制御するためには望ましい特徴である。

【0142】

しかしながら、深さに関する位置決めに対する適切な補償には、他の方法を使用できる。例えば、1つの実施形態において、テレセントリックレンズ15を使用できるが、マーキングのために図6の47と類似の構成を使用することもできる（以下に説明する）。

【0143】

図2Aを参照すると、好適な位置合わせサブシステムは、画像処理用ハードウェア及び「ソフトウェアズーム」機能を使用して小さな領域を抽出して処理するためのソフトウェアを有する、例えば1280×1000CCD撮像アレイの高解像度カメラ13を備えることができる。もしくは、較正済み「ズーム」光学システムを使用することもできる。照明システム21は、例えば、位置合わせに使用される特徴部のコントラストを強調するために、暗フィールド照明器及び明フィールド照明器を組み合わせた特別な照明デザインを含むことができる。1つの実施形態において、LEDアレイは、手動調整可能なアングルでのローアングル照明をもたらす。高解像度カメラを使用する構造において露出は固定されており、設計が簡素化され、画像「輝度」と倍率との相関関係がなくなる。

【0144】

1つの実施形態において、マーキングサブシステム19は、図4に示す偏光システム4

0、41、42、43をもたらしX-Y検流計、及び場合によってはビーム拡大器組立体49を有するシステムを含む。Montagu, pp. 227-228の前述の参考文献から取り入れられた図6は、別の前側対物レンズ46（例えばテレセントリック）及び後側対物レンズ47の走査構造を示し、後者は追加的な動的焦点変換器48を内蔵している。本発明の好適なテレセントリック光学系において、動的焦点変換器48及び／又は図4の拡大器49のコンピュータ制御バージョンのスポット寸法調整器のための構成部品を含むことができる。

【0145】

精密位置合わせシステムは、移送及びプリアライナに関連する残存X-Y角度エラーの補正を行う。小さな変動だけが発生するか又は特定される1つの実施形態において、位置合わせシステムは、3つの位置（例えば基点）で取得した測定値を用いて、X、Y、及び θ （即ち角度）変動を補正することができる。しかしながら、回路／ウエーハの密度が高くなって許容誤差が厳しくなると精度の向上が望まれる。精密位置合わせシステム14は、ウエーハの物品2に関連する付加的な特徴部を認識及び／又は測定する機能（例えば、マシン視覚機能／パターン認識機能）をもたらし。特徴部の位置が決定されることになる。アルゴリズムは、参照データを取得するため、及び第1のセンサ13からの少なくとも1つの信号を使用してワークピース3の第1の面上の少なくとも1つの物品2に関連する特徴部を位置決めするために使用される。例えば、図1Bに拡大して示す図1Aの物品2は、ウエーハの少なくとも一部分で（必ずしもウエーハ全体ではない）複製できる検出可能な導体トレース7又はパッド5をもつ回路パターンを有することができる。好適なシステムにおいて、パターン認識アルゴリズムは、基準ウエーハ上での「トレーニング」に基づいて、例えばワークピース構成の少なくとも一部分を自動的に学習して、パッド、トレース、又は類似の特徴部の相対位置を決定する。例えば、ダイ縁部の位置決め及び／又は中心の推定を行うための1つの特徴部として、ダイ（物品）6の矩形の外形又はコーナー位置を利用できる。この位置は、図3Aのマーキングフィールド1内に、又は許容誤差が許される場合にはフィールドの外側に位置決めされた4つの中の少なくとも1つの別のダイの位置に関連付けられるであろう。例えば、ワークピースにわたって直線上にない最低3つの位置が決定され、ワークピース全体に対するオフセット補正及び回転補正を計算するために使用される。別の方法／均等物として、半田ボール又はパッド8のアレイ位置によって別のパターンを規定することができる。更に別のパターンは、図1A-1Dに示すものよりも一様に密度が大きい物品の、内部回路区域を含むことができる。アルゴリズムは、グレースケール又は2進相関アルゴリズムといったマシン視覚サブシステムを使用する、ワークピースの特徴部をマッチングする段階を含むことができる。パターン認識及びパターンマッチングのための種々の「モジュール」及びアルゴリズムは、（例えばCogne社から）入手でき、本発明での使用に適している。ワークピースは、同一パターン及び繰返しパターンをもつことができる。

【0146】

好適な構成において、マッチングは全ての物品に対して自動的に実行され、人間が介入することはない。特別なマーキング要求（例えば「ビニング（binning）」）に対して、ウエーハ上には多数のパターンの組み合わせが存在でき、好適なアルゴリズムは実質的に柔軟性をもつことに留意されたい。「トレーニング」は、複雑なパターンの認識及びマッチングに対してマシンを効率よくプログラムするために、半自動のオペレータが指示する教示段階を更に含むことができる。

【0147】

本発明の譲渡人に譲渡され、引用によって本明細書に組み込まれているWO0161275には、グレースケール及び／又は高さ情報を使用する回路特徴部の自動学習のための、及びその後検査のために格納情報を使用するための種々の検出及び認識アルゴリズムが開示されている。例えば、WO0161275の以下のセクション、即ち、7頁の4-26行、8頁の1-5行及び17-25行、9頁の5-10行、10頁の24-25行、11頁の1-18行、15頁の29-30行、16頁の1-10行、17頁の19-28

行、及びそれらに関連する図面には、種々のパターン認識及び教示アルゴリズムの用途が教示されている。ウエーハ及び類似物品の精密なマーキングに関する基準位置を取得するために、特徴部を検出してマッチングさせる種々のステップの詳細は、以下の「特徴部検出及び精密位置決め」のセクション2に開示されている。

【0148】

300mmマーキングシステムの1つの実施形態において、高速用に80mmマーキングフィールドが使用され、特徴部の検出用に約16mmの位置合わせ視覚フィールドが使用される。1024×1024アレイを用いて16μmのピクセル寸法が提供されることになるが、これはマーキングビームのスポット寸法より若干微細である。例えば、ウエーハ裏面マーキングシステムの実施形態において、40μm未満のスポット寸法が望ましく、25-35μmの範囲が最も望ましい。マーキングフィールド1（図3に示され、図1Aの領域4に対応するがウエーハ3の裏面33にある）の範囲は、ワークピース3の範囲（例えば、様々な特定寸法のウエーハをマーキングするように構成されたシステム内の300mmの最大ウエーハ寸法）の比較的小さな一部分である。例えば、300mmウエーハをマーキングするための実施形態において、約75-100mmの寸法をもつ9つ又はそれ以上のフィールドが使用され、高いマーキング精度及び高速処理が可能になっている。ワークピースが極端に撓む場合、表面の測定値又は仕様に基づいて、走査角度の大きさを制御することによって、マーキングフィールドを低減することができる。精密マーキングは、図3に示すようにワークピース33の第2の面上のマーキング位置30にレーザビームを位置決めするように、ビームポジショナーサブシステム19（又はサブシステム構成要素）及びワークピース11を相対的に位置決めすることを含み、位置決めは、第1の面上の特徴部の位置に基づいている。特徴部の位置決めは、物品の位置（例えば端部又は中心）を規定でき、そうでなければ第2の面に位置決めされたマーキングに関する指定領域30に関連付けされる。以下に詳細に説明するように、位置決めのために種々の方法及びサブシステムを使用できる。

【0149】

図3A-3Cに示すように、所定のコード又は他の機械読取可能な特徴36は、好適にはテレセントリックレンズ351を使用して、典型的には図2Aの24によって形成されるフィールド内の走査レーザマーキング出力ビーム（例えば、ベクトル又はドットマトリックス）を用いてワークピース上にマーキングされる。機械読取可能なマークは、指定領域に形成される。また、物品に対するレーザ誘発の損傷は、第2の面にマーキングすることによって回避される。

【0150】

参照データを取得し、相対的な位置決めを行い、マーキングを行う各ステップは繰り返して実行され、第1の面上の少なくとも1つの物品に関連して特徴部が位置付けられ、特徴部の位置に基づいて第2の面上の全ての指定領域内にマーキングビームが位置決めされるようになっている。

【0151】

ビーム位置決めサブシステムは、図4に示すように、2D検流計スキャナ40、41、42、43を含むことが好ましい（しかし、図2Aに示すように、及びほぼ図6の装置46に示すように、ワークピースにテレセントリックビームを照射するようになっている）。もしくは、サブシステムは、平行移動ステージ、又はビーム伝達光学部品をもつ回転ステージを含むことができる。レーザ及び光学システムは、例えばファイバ伝達システムと一体式に又は遠隔式に接続することができる。ビームポジショナーの視野は、数レーザスポットの直径から比較的広い角度フィールドの範囲にあるが、本発明による精密マーキングに関しては、フィールドは、システムでマーキングされることになる最大ワークピースの一部になるはずである。例えば、100、200、及び300mmのウエーハをマーキングすることができ、マーキングフィールド1の寸法（例えば、図1Aの第1の面、図3Aの第2の面）は約10mmであってもよい。特定の場合、WO961676、及び／又は米国特許第5,521,628号に示されるような平行ビームを使用して、ワークピー

10

20

30

40

50

ス上にパターンをマーキングすることもできる（例えば、比較的 low 出力のレーザを用いて）。例えば、米国特許第 6, 262, 388 号に教示されている多重マーキングヘッドを用いて、直列処理及び並列処理の種々の組み合わせを使用することができる。精度を維持するために、本発明の 2D/3D 較正プロセスはこれらのマーキング構造に適用することができる。

【0152】

相対的な位置決めには、更に以下のものを含む。

(i) 2D 検流計デフレクタを含むことができるビームポジショナーを設ける。

(ii) マーキング位置がフィールド内にある場合、ミラー 42、43 の位置を調整する（図 4 参照）。

(iii) 位置がマーキングフィールド外にある場合には、この位置をマーキングフィールド 1 内に位置決めするように、ワークピース 11 及びビーム位置決めサブシステム 19 を相対的に平行移動させる。

マーキングビームの位置を決めるために、前述のように物品 2（図 2A に波線で示す）に関連する特徴点の使用され、この位置は 3 次元座標とされることが好ましい。更に、ウエーハの指定又は測定された厚さは、前面位置に対するビームの焦点位置を決めるために使用されるパラメータであってもよい。

【0153】

好適なウエーハマーキングシステムにおいて、精密な位置決めのために、ステージ 18（図 5A の 104 にも示す）に加えて、少なくとも 1 つのワークピースポジショナーが使用される。位置決めサブシステムは、種々の特定寸法のワークピース 11 を支持して位置決めするように構成されるが、図 2A に示すように放射ビーム（フィールド 24 上のマーキングビーム、及び光源 21 からの精密位置合わせカメラフィールド 25 の照明／観察ビーム）は、ワークピースの第 1 の面及び第 2 の面を直接照射できるようになっている。1 つの実施形態において、ウエーハチャック 17（以下の「ワークピースチャック／ポジショナー」のセクション 3 参照）は、ウエーハ又は他のワークピースを支持するために、オプションの小型ウエーハインサートを有する Z 軸（方向 26）駆動装置を備える。このシステムは、ワークピースを自動的に固定、把持、又は他の方法で支持する（図 2A に 1 つの概略図で示す）チャック 17 にワークピースを移送する端部エフェクタの構成でもって、自動化されることが好ましい。表面損傷及び著しい変形が回避されることになる。

【0154】

前述の 3 次元変動及び許容誤差要件の出現を考慮して、図 4 に 422 で示すマーキングビームの焦点位置（例えば、ビームウエスト）、及び矢印 22 で示す（図 2A 参照）姿勢（焦点面に対するロール、ピッチ）は調整できることが好ましい。例えば、累計許容誤差に加えてウエーハの「撓み」又は反りの変動は、少なくとも + 又は - 2 ミリメートルの全調整範囲によって補償することができる。図 2A を参照すると、調整は、レーザのビームウエストがワークピースと実質的に一致するように、レーザビームの位置決めサブシステム 19 及びワークピースをワークピースと実質的に直交する方向に沿って相対的に Z 軸（深さ）方向に位置決めすることを含む。調整は、各々のウエーハに対して動的に行うことができる。調整は、レーザビームの焦点面がワークピースの局部平面領域と実質的に平行になるように、レーザビームポジショナー及び／又はワークピースの傾き調整器 22（ピッチ、ロール）を含む（例えば、マーキングフィールド上方）。もしくは、平面領域は、ワークピース上方の最適平面に一致してもよい。特定の調整は、例えば較正及びセットアップ時に、ビームポジショナーの手動又は半自動位置決めを組み合わせで行うことができる。同様に、端部デフレクタ、及び精密ステージ 18 に連結されたチャック 17 は、ワークピース 11 が所定の角度（ロール、ピッチ）及び深さに位置決めされるようにプログラム制御される。添付のセクション 3 には、高さ及び好ましくは姿勢を調整するためのアクチュエータを用いて、円形（例えば 300 mm ウエーハ）又は矩形ワークピースを自動的に精密位置決めする 1 つの実施形態が詳細に説明されている。その構造は、特に高さ調整に適している。図 7C 及び 7D の支持ベース 53 での球面又は点接触といった種々の変

10

20

30

40

50

更例により、厚さが300 μm 以下のワークピースの傾きといった、ウエーハの精密な角度位置決め（ロール、ピッチ）が容易になる。

【0155】

別の構成において、ウエーハは、垂直位置に支持できる。例えば、米国ニューヨーク州ロチェスター所在のChapman Instruments社製の最大300mm寸法のウエーハ用に構成され、適切に変更され自動化された「ウエーハ端部固定具」を使用できる（米国特許第5,986,753参照）。ウエーハをプロファイリングするために6自由度を含む。傾斜ステージ、ウエーハチャック、X-Y-Zステージ、及び制御装置の詳細な説明は、文献「Wafer Edge Measurement-New Manual Fixture Provides More Features」に見出すことができる。

10

【0156】

ウエーハマーキングの1つの実施形態において、「分割ガントリ」ステージは1つの選択肢であり、1つの方向（例えば、頁内の方向「X」水平方向）に沿った水平方向に取り付けられマーキングヘッドの自動位置決め手段、及び少なくとも第2の方向（例えば、頁と平行方向「Y」方向、光学軸に沿う「Z」方向、及び好適にはロール及びピッチ調整機能を含む）のウエーハ位置決め手段を有する。

【0157】

図15は、別の位置決め装置の斜視図を示し、複数の構成要素のマーキングシステムも示されている。ウエーハは、2次元方向に平行移動される（例えば、図2Aの頁に対して直交する平面で平行移動）。ウエーハは、端部エフェクタによって切欠き702に対して方向付けされ、ホルダー701内に装着される。ヒンジ703は、水平位置に装着するために使用され、次に、走査レンズ351を通して入射するビームでマーキングするために垂直位置に移送される。少なくとも2つの回動軸704及び705を備える。この構成により、裏面マーキング及びカメラ13を使用した精密位置合わせが可能になり、前面の特徴部の位置はマーキングビームを位置決めするために使用される。

20

【0158】

図16は、ウエーハを種々の方向に保持するための1つの装置の詳細を示す。この装置において、楔部800は、水平、垂直、及び上下方向への取り付けが可能になるように、真空開放型スプリング801によって係合される。

30

【0159】

（1）ワークピースポジショナー18、（2）ビーム位置決めサブシステム19（例えば「マーキングヘッド」）、（3）19の内部構成部品（例えば動的集束サブシステム48及び／又はビーム拡大器49）の作動（手動又は自動）の種々の組み合わせを使用でき、制御装置27と整合するようになっている。例えば、ウエーハ処理ステーション100における精密位置決めのために、5つの回動軸（例えばX、Y、Z、及びロール、ピッチ）を使用することができる。更に、例えば1つ又はそれ以上の軸で粗い位置決めを行うことができる（場合によっては手動又は半自動）。

【0160】

レーザパルス特性の選択は、マーキング速度、コントラスト、及び全体品質に重大な影響を及ぼす場合がある。シリコンウエーハ裏面のマーキングに対して、約15nsのパルス幅、約25KHzの繰り返し率、及び532nmの波長で約0.23-0.25ミリジュールの出力エネルギーは、好都合の結果をもたらした。短キャビティ緑色バナジウムレーザを使用した。更に、約3 μm -4.5 μm のマーキング貫入深さは、ウエーハ内部に損傷（クラック等の）を与えることなく機械読取可能なマークを形成した。毎秒約150mmのマーキング速度が達成され、好適なレーザパラメータを用いると約350mmが実現できると考えられる。マーキング速度は、高解像度でマーキングされることになる多数の物品を考えると、マーキングに対する相対的改善を行う。例示的な作動範囲は、シリコンウエーハ上のマーキングのための約30-35 μm 集束スポット寸法に関して、約10-15nsのパルス幅、約15-30KHzの繰り返し率を含む。他の範囲としては、約

40

50

50 ns までのパルス幅、及び約 10 KHz の最小繰り返し率を含むことができる。また、ビーム貫入深さを約 10 μ m 未満の制限することによって微小クラックを防止できる。1.064 μ m の波長は、リコンウエーハのマーキングの作動周波数の 2 倍の周波数で金属のワークピースをマーキングするのに適切であると考えられる。好適なレーザ及び関連の特性に関する詳細は、以下の「レーザパラメータ及びマーキング品質」のセクション 4 に開示されている。

【0161】

図 2 A を参照すると、第 2 の面を観察する視覚検査システム 20 は、全体的に照明器、カメラ又は他の撮像装置、及び検査ソフトウェアを含む。好適なシステムにおいて、検査フィールドは精密な位置合わせ視覚フィールドに較正される。例えば、図 2 A に示すように、中心線 29 は、フィールド間で大きくオーバーラップするように整列させることができる。これはマーク手動又は自動視覚検査のためにマークをダイ上に重ね合わせる。以下の「前面のダイ登録による裏面マーキングの検査」のセクション 6 には、マーキングされたウエーハを検査するための実施形態の詳細が説明されている。全てのマーク（100% 検査）は検査でき、ユーザ指定のサブセットである。例えば、ウエーハ上の幾つかの位置はマーキングされ結果が分析される。結果が基準を満たすと、ウエーハの残りの全ての指定領域をマーキングできる。視覚システムは、別のステージに取り付けることができ、第 1 のウエーハが検査され、同時に第 2 のウエーハがマーキングされる（図 5 A 参照）。図 2 A は、検査及びマーキングを行うためにワークピースを位置決めする単一のステージ 18 を使用した別の装置を示す。

【0162】

検査システムは、歩留まりを最大にするために、マーキング品質のフィードバックをできるだけ早く行うことが好ましい。例えば、ウエーハは、物品として 300, 000 のチップスケールパッケージをもつことができる。マーキングフィールドは、少なくとも 1, 000 のダイをもつことができる。マークを観察するための「基準」照明をもつ別個の検査システムは、ウエーハの各ステージと、同様にマークが観察されることになるデバイス組立ステップとの間の相互関係を確立するのが好都合である。検査システムの光学軸が別々である実施形態において、検査は連続して行われ第 1 のフィールドのマーキング後に検査される。多数の物品を検査する場合には、第 1 のフィールドの検査は、隣接する第 2 のフィールドのマーキング中に行われる。

【0163】

検流計ミラー対を使用する実施形態において、少なくともフィールド上のサンプルのダイ（又は他の物品）を表わすデータは、「レンズを通した」視覚システム（例えば、ウエーハのマーキング検査の場合、簡単な第 2 の視覚システム）によって取得される。データ処理操作は、隣接フィールドとの位置合わせ（インデックス（indexing））とオーバーラップする場合がある。同軸視覚システムは、完全な検査機能を備えた視覚システムを必要としない場合があることに留意されたい。例えば、反射走査ビームの輝度又は放射パターンは、全マーク欠陥又は他の処理上の問題を早期に検出するために解析することができる。例えば、反射マーキングビームを解析するために単一の光検出器を使用できる。テレセントリック視法（例えばレンズ 351 から受光）により、角度変動は低減し、改善された信号区別が可能になる。

【0164】

種々の変形例のいくつかの詳細説明

好適な実施形態において、ワークピース 11 は、マーキングフィールドへの位置合わせ（indexing）の際に平行移動される。しかしながら、ワークピース 11 とビーム位置決めサブシステム 19 との相対運動は、ビームポジショナー（又は構成要素）の少なくとも一部の平行移動を含むことができる。ウエーハをマーキングする際に、ウエーハを動かす単一の X-Y ステージは、位置合わせシステム 14、マーキングレンズ 351、検査システム 20、及び場合によってはオプションのマーク検査読み取り装置の位置決めを可能にする。ウエーハが平行移動される実施形態において、位置合わせ及びビーム走査は

10

20

30

40

50

単純化できる。位置決めサブシステム又はこのサブシステムの一部が平行移動される実施形態において、好都合には遠隔レーザ源からマーキングヘッドまでのファイバビーム伝達を使用できる。

【0165】

ウエーハマーキングの1つの実施形態においては、Z軸ステージ28を使用できる。少なくとも+又は-2mmの範囲が好ましい。ビームポジショナー19及びレンズ351は移動可能であるが、ウエーハを移動させるのが好ましい。Z軸の移動は、位置合わせカメラシステムの構成要素13、15の焦点によって測定することができる。ウエーハの撓み及び反りは、前述のように、位置決めシステム18、17を用いたウエーハの移動（平行移動、ロール、ピッチ）、又はビームポジショナー19の移動によって補償することが好ましい。 10

【0166】

1つ又はそれ以上の変換器で行われる約12mmの全範囲Zの移動は、ロボット利用の端部エフェクタがウエーハを装着できるように、同時にウエーハとマーキングビームの焦点位置との相対移動によってウエーハ撓みを補償できるようにするために使用される。

【0167】

汚染を管理する方法は好都合であろう。例えば、レンズ351とワークピースとの間に配置され、僅かに振動している傾斜ウインドウは、マーキングレンズからの微粒子を除去することができる。休止期間にレンズを清浄するために空気圧を使用できる。傾斜ウインドウがビームをずらして収差が生じる場合がある。較正時に特定のエラー（例えばビームの変位）が補正される。もしくは、レンズの端から端まで高速で移動する空気を作り出すために「エアナイフ」を使用できる。 20

【0168】

典型的な約2-3mmの排他区域は一般に使用される。

【0169】

ウエーハネストは2mmの排他区域上加えられた真空を維持できる。ネストは動力学マウントで支持できる。

【0170】

位置合わせシステムのレンズ15及びカメラ13の焦点位置は、Z軸の位置を測定してビームを精密に位置決めするために使用できる。1つの実施形態において、ウエーハは平行移動される。もしくは、カメラシステムの焦点が合わされ、その位置が記録される。この位置は、次にビームポジショナー座標（例えば、レンズ位置）と関連付けられ、結果的にレンズ及びポジショナーは平行移動される。 30

【0171】

1つの実施形態において、Z軸位置の微小相対移動は、撓み及び反りを補償するために使用できる。例えば、Z軸位置の変化が100mmマーキングフィールドにわたって複数のマーキング位置で生じる場合がある。例えば、9つの位置でZ方向の平行移動が生じる場合がある（例えば、中心から端部まで補償するため）。

【0172】

X-Yテーブルは、位置フィードバック用リニアエンコーダと共に約12-18インチの範囲で移動できる。 40

【0173】

検査モジュールは、約4µmの光学解像度をもつことができる。

【0174】

テレセントリックレンズは、精密位置合わせシステムと一緒に使用できる。

【0175】

また、検査モジュール20は、特定の位置合わせ操作（例えば、基準点を裏面に配置する）のために使用でき、精密位置合わせカメラ13の座標システムとの対応関係を規定するために、透明な位置合わせターゲットを使用して較正することができる。

【0176】

基板を破損しない最適な読み取りのための推奨マーキング深さは約 $3.5 \mu\text{m}$ である。レーザシステムは、最大マーキング深さ約 $10 \mu\text{m}$ に合わせて作ることができる。

【0177】

本発明の実施形態は、プログラム可能なフィールド寸法及びフィールド数（例えば、直径 $150-300 \text{ mm}$ のウエーハ上で $9-16$ の視野）、焦点の選択（例えば、厚さ $775 \mu\text{m}$ で薄いウエーハよりも密度が大きなウエーハに関して3つの焦点位置）、及び種々のマーキング速度（例えば毎秒 $150-250 \text{ mm}$ ）のウエーハをマーキングするために使用できる。

【0178】

以下に例示的かつ非限定的な種々のシステムパラメータ及び関連の許容誤差を示す。

パラメータ	許容誤差	
エンコーダ解像度	$0.1 \mu\text{m}$	
Z-ステージ移動	10 mm	
Z-ステージ垂直精度	0.1 mラジアン	
Z-ステージ精度	$\pm 5 \mu\text{m}$	
精密位置合わせ繰返し精度	$1-2 \mu\text{m}$	
スポット寸法	$\leq 60 \mu\text{m}$ （公称）	
	$25-40 \mu\text{m}$ （推奨）	
検流計（校正フィールド）	$\pm 30-50 \mu\text{m}$ の精度	
マーキングレンズ選択肢（撓みに起因）	テレセントリック $\pm 3 \mu\text{m}$ 、 $300 \mu\text{m}$ ウエーハ厚さ 300 mm ウエーハ	20
マーキングレンズ選択肢	フラットフィールド $\pm 10 \mu\text{m}$ 、 $775 \mu\text{m}$ ウエーハ厚さ 300 mm ウエーハ	

【0179】

本発明を実施するために多数の変形例を利用できる。種々のポジショナー型式、ポジショナー数、視覚システム、集束ハードウェア、Qスイッチレーザ及びファイバレーザを含むレーザ型式などを利用できる。更に、本発明の精密マーキングシステムを使用するために、クラスタツール及び統計的工程管理を含む効率的な生産時間管理及び歩留まり改善のための、複数のマーカ（marker）及びインスペクタ（inspector）の直列／並列操作の選択を含むことができる。更に、本発明のパターン認識及びマーキング手法は、単独で、又は前述の'943特許に記載された「ダイシング」処理といった他の生産工程と組み合わせて使用できることが意図されている。

【0180】

セクション 1-2 D / 3 D 校正

種々の市販されているマーキング及びワークピース処理システムは、試験ミラー上のグリッドをマーキングして、別の座標測定又は度量衡マシン上のグリッドを測定することによってレーザマーキングフィールドを校正する。これは反復的プロセスであり非常に時間がかかる。別のレーザシステムは、同一面上のレーザマーキングフィールドを校正するために、オンラインの走査レンズ視覚システムを使用する。もしくは、基板又は使い捨てワークピースを使用できる。

【0181】

本発明によれば、「2次元校正」はx-yステージ、一對のワークピース平行移動ステージ及び／又はマーキングヘッド、又は図11Aのオンライン型マシン視覚サブシステム14が反対側のレーザマーキングフィールド24を校正できる他の装置を使用する。校正は、第1の面からの視覚データ及び特徴部に基づいて第2の面をマーキングするために使用される。

【0182】

校正はシステムに依存し、手動式、自動式、又は半自動式であってもよい。例示的に、

10

20

30

40

50

システム較正全体の態様を示すために較正の4つのステップを以下に示す。

1. システム内の各々のカメラに関するカメラ画素の較正。
2. 第2のカメラに対する第1のカメラの座標の較正。
3. カメラ座標に対するステージ座標の較正。
4. ウェーハネストに対する走査ヘッドの較正。

【0183】

図11Eは、上側カメラ501及び下側カメラ502の各々の典型的な構成の概略を示す。本発明の少なくとも1つの実施形態において、各々のカメラは、実際の「実在」座標に対するカメラ画素に適合するように別個に較正される。図11F及び11Gは、カメラ501、502の視野内に相対的に配置された「ツール領域」505の概略を示す。カメラはシステム内に機械的に配置できるので、視野は、実質的にオーバーラップするがフィールドは分割できることが好ましい。1つの例示的な構成において、十字線506は約5mm離れていてもよい。較正は、十字線の座標の測定と、中心位置、スケールファクタ、及びツールに対する座標系の回転の推定とを含むことができる。好適には、少なくともカメラの「画素寸法」が測定されることになる。別の実施形態としては、適切なターゲットである別の十字線の追加、及びカメラ視野内のサブフィールドの較正を含むことができる。

10

【0184】

図11Hは較正ステップを示し、望ましくは上側カメラ及び下側カメラが（同時に）観察を行い、第1のカメラによってターゲット511が観察され、第2のカメラによって同じターゲットは破線511で表すように観察される。較正ターゲットは、図示のように「ツール領域」内に存在するであろう。オフセット補正、スケール補正、及び回転補正が適用される。1つの実施形態において、ターゲットの中心を特定するために別の十字線を使用できる。精密な較正を用いる本構成は、マーク検査の目的で前面上に見られるような、ウェーハ裏面上にダイ位置に対するマークを表示する表示部を設けるために特に有用である（セクション6を参照）。

20

【0185】

X-Yステージの許容誤差を補償するために、別の較正ステップを適用できる。図11Iは較正に使用される3つの十字線520を示し、全ネストは移動され、カメラ座標はステージ座標に関連付けされる。このようにしてステージの累積（stack up）許容誤差が補償される。

30

【0186】

別の較正は、図11Aのマーキングヘッド19の走査レンズ351をステージ座標に対して較正するために適用できる。図11Jは、その1つが522で表されており5つの十字線でマーキングできる黒色陽極酸化ディスク521等の消耗部分を示す。ソフトウェアを使用してマーキングされたプレートを検査できる。マーキングフィールドは、ディスク521寸法の一部で有ってもよく、X-Yステージは、ディスク及びマーキングビームの相対的位置合わせをもたらす。

【0187】

前述の基本ステップは、システムには満足かつ好ましいものであり、マーキング性能は、実質的に深さに依存しない（大きな焦点深度、比較的大きなレーザスポット、例示的厚さ約775µmで撓みが最小の比較的小さなウェーハ等）。

40

【0188】

1つの実施形態において、図11Aの位置合わせ視覚サブシステム14は、最初に、予めマーキングされたウェーハを用いて又は精密グリッドを用いて較正される（例えば、各々は較正基準に適合する）。例えば、200mmウェーハ、又はシステムでマーキングできる別の最大ウェーハ寸法を使用できる。ウェーハのマークは、図11Jの十字線522に類似の基準グリッドを含むことができる。1つの実施形態において、ウェーハは、2.5mm間隔、グリッドの中心で特別なパターンをもつ77×77アレイの十字線を有する。カメラの焦点は、グリッド、及びネストに対して行った機械的調整に関してチェックす

50

ることが好ましい（例えば、コントラスト測定）。もしくは、ポジショナー（例えば、図 9 A－9 C 参照）は、本システムに使用する場合、深さ又は姿勢を調整できる。また、マーキングされた較正ウエーハは、X－Y ステージ 1 8 が較正される次の較正ステップのために使用される。移動範囲全体に対する初期の X－Y ステージ較正は完了するのに数時間かかり、較正情報は、較正ウエーハ上に十字線又は他の適切なターゲットを画像化することによって記録される。次にデータを評価する。本実施形態の第 3 の較正ステップはマーキングフィールド較正であり、2 0 0 mm ウエーハ（又はマーキングされることになる最大寸法ウエーハ）は、図 1 1 J のパターンと類似のパターン、又は適切な密度の他のパターンでマーキングされる。好適には、X－Y ステージは、前述のようにマーカの較正の前に較正される。次に、マークの位置は、精密位置合わせカメラ、又は別の視覚サブシステムを用いて測定される。例えば、マークは、Optical Gaging Products（OGP）社製の市販の Voyager 測定器といった「オフライン」精密測定システムを用いて測定できる。マーカフィールド較正が生産環境におけるマーカ操作の一部として周期的に繰り返されることになる場合、位置合わせ視覚システムを使用できる。好適には、位置合わせシステムの解像度及び精度は、最小マーク間隔を上回ることになる。

10

20

30

40

50

【0189】

ワークピースの撓み及び反りの補償は、異なる作動距離に対して同じスポット寸法を保つことを必要とするであろう。更に、線幅、文字寸法、マークのコントラスト、ハードマーク、ソフトマーク、処理能力等の別の用途パラメータを満たすために、レーザビームのスポット寸法を作動中に変更するニーズが高くなっている。3次元較正は、Z 軸に沿った複数のマーキング位置での較正をもたらす。その結果、レーザマーキングフィールド機能は、レーザビームの位置精度を維持しながらレーザビームの作動距離及び／又はスポット寸法を自動的に変更するために実施される。

【0190】

また、別の用途パラメータを満たすために、作動中にマシン視覚システムの視野寸法（FOV）を変更するニーズが高くなっている。マシン視覚に対する 3次元較正により、システムは、FOV 寸法を自動的に変更でき、同時に視覚寸法精度を維持できる。

【0191】

図 1 1 A－1 1 D を参照すると、1 つの構成において、第 2 の面上のレーザマーキングフィールド 2 4 に対する、第 1 の面の位置に関連する 2 次元較正手順は、較正されたマシン視覚サブシステム 1 4 と、ミラー 9 2 をマーキングすることになる（図 1 1 B に 9 5 で 1 つのマークを示す）較正された X－Y ステージ 1 8 とを含む。ステージ 1 8 の較正及びカメラサブシステム 1 4 は以下に示す（ステップ 1 及び 2）。試験ミラーは、レーザ源と向かい合う被覆表面に対して所定の作動距離にて位置決めされている。マーキングレーザビーム 9 3 は、ミラー 9 2 上の N×N グリッド 9 5 にマーキングを行うように、表面上の複数の位置に方向付けされる。図示の実施形態において、X－Y ステージ 1 8 は、X、Y 方向の両方向にミラーを動かすので、位置合わせ視覚カメラ 1 3 は、ミラーの被覆されていない表面（レーザ源から反対側の表面）から、グリッド上の各々のノードを「見る」ことができる。光源 2 1 からの照射、又は他の適切な照射が使用され、照射ビーム 9 4 として示される。各々のノード座標は記録される。次に、較正アルゴリズム又はルックアップテーブルは座標に関連して生成される。

【0192】

本明細書に記載の較正方法は、「上面」撮像及び「下面」マーキングに限定されない。例えば、本プロセスは、チャックがウエーハを垂直位置で保持し、マーキング及び照射ビームが実質的に水平方向になっているシステムのウエーハマーキングに適用できる。同様に、ワークピースは、下面からの較正データ及び参照データに基づいて、上面からマーキングしてもよい。同様に、本プロセスは、分割された位置合わせフィールド及びマーキングフィールドを較正するのにも適しており、両者ともワークピースの片面をカバーする。

【0193】

別の用途パラメータのためにシステムを最適化するために、1 つ又はそれ以上のマシン

設定は、作動中に調整を必要とする場合がある。設定が変わってシステムの精度に影響を及ぼす場合、新しい較正が必要となるであろう。3次元較正プロセスは、異なるシステム設定についての多層較正ファイルを作成するために使用される。3次元較正されたシステムは、異なる設定の間を自動的に切り換えることができ、対応する較正ファイルを使用して所望の性能及び精度を実現する。システム上の異なる設定に関する3次元較正を実現する例示的な方法を以下に示す。

【0194】

1. レーザビームスポット寸法対レーザ作動距離

試験ミラーをレーザ源に対して異なる作動距離に相対的に配置するために、Zステージ28、及び／又はチャック17の相対移動の組み合わせ、及び／又はマーキングヘッド19内の光学サブシステムの移動を利用する。作動距離が変化するとレーザビームの焦点がぼけて、作動表面上に異なるスポット寸法がもたらされる。焦点がぼけたスポットは、特定のワークピースでは容認可能なマーキング品質をもたらしことが分かっているので考慮に入れる。前述の2次元較正は、各々の作動距離に対して繰り返される。結果的に、作動距離に対応する異なるスポット寸法に対する較正アルゴリズム群又はルックアップテーブル群が生成される。

10

【0195】

2. レーザビームスポット寸法対レーザビーム拡大器設定

焦点制御用拡大器、ズーム拡大制御、又はその組み合わせを使用する。例えば、固定の作動距離でもって作動表面上に異なるレーザビームスポット寸法を得るために、図4に示すコンピュータ制御式拡大器49を使用する。レーザビーム拡大及び焦点の種々の組み合わせは、所望のスポット寸法を得るために使用できる。次に、前述の2次元較正を各々のビーム拡大器設定に対して繰り返す。結果的に、ビーム拡大器設定に対応すると異なるスポット寸法に対する較正アルゴリズム群又はルックアップテーブル群が生成される。

20

【0196】

3. レーザビーム作動距離対レーザビーム拡大器設定

焦点制御用拡大器、ズーム拡大制御、又はその組み合わせを使用する。例えば、異なる作動距離でもって作動表面上に同じレーザビームスポット寸法を得るために、図4に示すコンピュータ制御式拡大器49を使用する。作動表面に対するレーザビーム焦点は一定に維持できるか、又は同じスポット寸法を維持しながら異なる拡大設定を使用することによって様々とすることができる。結果的に、ビーム拡大器設定に対応する異なる作動距離に対する較正アルゴリズム群又はルックアップテーブル群が生成される。

30

【0197】

4. マシン視覚視野対視覚レンズ／カメラ設定

作動表面上の異なる寸法の視野を得るために、サブシステム14の視覚レンズ／カメラ13、15上のズーム及び焦点を調整する。各々の視覚レンズ／カメラ設定に対して、較正アルゴリズム又はルックアップテーブルを繰り返して生成する。結果的に、レンズ／カメラ設定に対応する異なる視野に対する較正アルゴリズム群又はルックアップテーブル群が生成される。別の構成において、「ソフトウェアズーム」機能は、可動部を必要とすることなく、使用可能な作動領域を実現する。更に別の構成において、デジタル手法及び光学的手法を組み合わせることができる。

40

【0198】

好適な構成において、「撓み」又はワークピースの反りの存在下で較正を続けながら、システムパラメータ（例えば、レーザビーム作動距離及びスポット寸法）を調整するための機能を提供できる。反りは小さなスポット寸法、特に薄いウエーハ、即ちワークピース（例えば、厚さが300µm、直径が300mm）の焦点深度に影響を及ぼす。1つの実施形態において、位置合わせ視覚システム14（例えば、第1の面に対して位置決めされている）及びマーカ座標は、少なくとも以下のステップを用いて較正できる。

【0199】

ステップ1

50

カメラ校正

精密に作られたグリッドテンプレート 9 1 (図 1 1 D に示す) を使用して、実在のユニットに対する視野 2 5 にわたって精密位置合わせカメラの画素寸法を校正する。これはレンズシステムの幾何学的反り及び他の静的エラーを補償することになる。別の実施形態において、単一「点」ターゲットは、カメラフィールドを通して平行移動させることができ、視野 2 5 にわたって精度機能が制限されたステージをもたらし、余分な校正時間を要するがグリッドが不必要になる。

【0200】

ステップ 2

X-Y テーブル校正

ワークピース寸法 (例えば、システムを使用して処理される最大ワークピース) に近い、又は一致する精密に作られた全フィールド寸法のグリッドを測定するために、精密な位置合わせカメラサブシステム及び X-Y ステージ 1 8 を使用する。このステップは、ステージの非線形性及び非直交性を含む静的エラー (例えば、許容誤差累計) を補償することになる。

【0201】

ステップ 3

マーカフィールド校正

図 1 1 C に示すように、レーザは全フィールド寸法 2 4 のグリッドをミラー 9 2 上にマーキングする。校正された精密位置合わせカメラ (ステップ 1 から) 及び校正された X-Y テーブル (ステップ 2 から) を使用して、マーキングフィールド 2 4 の上方のミラー上のグリッドの各々のマーク 9 5 を測定する。このステップは、レーザ走査レンズ及び検流計システムの幾何学的な反り、及び他の静的エラーを補償することになる。

【0202】

ステップ 4

3次元マーカフィールド校正

ウエーハの撓み及び反りを補償するために、ウエーハは Z-軸 2 6 に沿って複数レベルでマーキングされる。多重マーカフィールドの校正が必要となる場合がある。この場合、(1) ステージ 1 8、(2) マーキングヘッド 1 9 又は内部光学部品、例えば図 4 の拡大器構成要素、(3) ステージ 2 8、又は (4) チャック 1 7 の 1 つ又はそれ以上の相対移動は、マーキングビームとグリッドとの間の相対的な位置決めを行う。マーキングは、Z-軸 2 6 に沿って複数の所定レベルで行われる。各々のレベルに対してステップ 3 は繰り返される。

【0203】

ステップ 5

3次元精密位置合わせカメラ校正

種々のウエーハ厚を補償するために、幾つかの僅かに異なる表面レベルで精密位置合わせカメラの焦点が設定される。焦点合わせ作動は、精密位置合わせサブシステム 1 4 の Z-軸に沿った平行移動、又はレンズシステム 1 5 の調整、又はそれらの組み合わせを含むことができる。同様に、Z-軸ステージを使用してワークピースを平行移動させることができる。多重視覚フィールド校正が必要となる場合がある。この場合、精密位置合わせカメラは Z-軸に沿って複数の所定表面レベルで焦点が合うことになる。次に、各々の表面レベルに対してステップ 1 が繰り返される。

【0204】

また、ステップ 4 の手法は、異なる用途に対して異なるスポット寸法の設定をオンザフライで可能にする。精度を改善するために、各々の校正ステップにおいて、本技術分野では公知の種々の曲線近似法を適用できる。また、マーク検査カメラ 2 0 及び精密位置合わせサブシステムを位置決めするために、ステップ 5 の手法を適用できる。例えば、光学中心線 2 9 はセットアップ時に概略位置決めすることができ、サブシステムを正確に位置決めするために校正手順が使用される。これは、例えば、対応するダイ (視覚検査用) と重

10

20

30

40

50

なり合うマークと一緒に検査済みマークを表示できるので望ましい。ソフトウェアは、特定の用途のための的確な較正ファイルを選択するようにプログラムされることになる。

【0205】

セクション2ー特徴部検出及び精密位置合わせ

G S I Lumonics WH4100 ウェーハマーカにおいて、本発明の譲渡人の提案により、精密位置合わせ視覚サブシステムは、ウェーハがマーキングステーションに配置された場合に持ち込まれる回転エラー又はオフセットエラーを補正する。手動「教示ツール」により、ユーザは、補正に使用されることになるウェーハ上の3次元非線形ポイントを認識するシステムをトレーニングできる。オペレータは、ウェーハの3つの領域（例えば図12の全体パターン115の3つのコーナー）を選択する。次に、WH4100の作動の間にポジショナーはウェーハ上方にカメラを配置して、ダイのコーナーが視覚的に選択される。対話型試行及び種々の調整を伴うエラー処理を使用して、領域の「視覚モデル」が生成される。例えば、照明の調整はコントラストを向上させるために使用されるので、各々の測定位置で許容可能な適合（「モデルスコア」）が得られる。システムを使用した結果の手動評価が必要とされる。次に、モデル情報は、ウェーハ下面のマーク位置を決定するために使用される。

10

【0206】

モデル4100は、「全フィールド」裏面レーザマーカ（例えばマーカフィールドはウェーハ全体をカバーする）を用いて直径が200mmまでのウェーハを処理するために使用される。しかしながら、次世代マーキングシステムは、微細な寸法（例えば5mm）の小型ダイ又はパッケージを用いた、例えば最大300mmのウェーハのマーキングを必要とすることになる。また、将来は数分の1ミリの寸法のダイを用いて更に小さなウェーハを製造できるであろう。

20

【0207】

本発明のシステムの好適な実施形態である図1A及び12Aを参照すると、ダイパターンのレイアウト115及びマーク位置決め位置（例えば、第1の面からの参照データ）は、視覚システムを用いたウェーハ3全域の回路特徴部のパターンマッチングによって自動的に決定される。オペレータの介在が全く必要ないか、又は介在が実質的に低減されることが好ましい。特定の用途において、解析されることになる領域数を増やして（3を超えて）推定を改善することができる。

30

【0208】

例示的に、図12Aはマッチングプロセスで使用できる複数の特徴部を示す。回路特徴部は、ダイ112内に局部基準点であるように図示されているが、相互接続であってもよいパッド5を含むことができる。考慮に入れる他の特徴部は、トレース縁位置7、ダイ輪郭6、又はコーナー110位置を含む。図1Dに示すように、同様の情報は、ダイ端部6又はグリッドアレイボール中心位置8といった相互接続のグリッドアレイから取得できる。コントラストが高い場合、前述の手法が好ましい。しかしながら、ダイ端部と周囲「ストリート」との間の位置6でのコントラスト低い場合、グリッドアレイ位置又は他の特徴部は、トレーニング用に選択できる（例えばコントラストが高い場合）。同様に、システムは、各ダイの間に間隔114を含むようにトレーニングできる。複数のダイ間での平均測定間隔は信頼性の高い測定値であり、利用可能な「ウェーハマップ」に対して関連付けするのが容易であろうことが予期される。例えば、平均間隔は、全てのダイ間で測定してその測定結果を平均化することで得ることができる。利用可能なウェーハマップは、パターン内のダイ座標とマーキングのための関連情報を提供する。そのような情報は、コーナー付近のダイ端部の位置を推定（最小2乗近似）するか、又はコーナー位置から決めることができる、領域116のグレースケール又は2値画像に適合させるための相関手法を使用することによって得ることができる。存在できる他の特徴部は、局部基準点113（もし存在すれば）、又は識別マーク（文字、コード等）を含む。そのような特徴部は、単独で又は前述のものと組み合わせで使用できる。

40

【0209】

50

マシン視覚測定及びパターン認識の当業者であれば、自動教示手法に使用される情報を取得するために、多数のツールを使用できることを理解できるであろう。例えば、Cognex社製のAcuWin視覚ソフトウェアは、種々の内部「マッチング」処理を実行するのに適している。また、本明細書に引用されているWO0161275には、検査用3Dシステムに使用するための種々の自動学習アルゴリズムが教示されている。

【0210】

1つの実施形態において、トレーニング操作時に、事前位置合わせステップの後でウェーハはシステム内に装填される。次に、アルゴリズムは、ウェーハマップ情報に基づいてトレーニング用の少なくとも1つの領域を決定する。領域情報は、多くの場合ウェーハにわたって複製されることになるので、単一パターンは、ウェーハ全体に適用できる。システムは、教示の前に2D/3D較正プロセスを用いて較正されることが好ましいが、常に完全な較正が要求されるわけではない。図2Aを参照すると、ウェーハ11（図1Aの3に対応する）及び位置合わせ視覚システム14は相対的に位置決めされ、領域を観察するようになっている。特徴部検出アルゴリズムが実行され、最終的にダイ（及び裏面マーク）に関する座標位置が生成される。また、画像特徴部の間のコントラストは、照明調整又は焦点調整によって自動的に制御されて、性能が改善されることが好ましい。焦点制御及び照明制御は、マシン視覚測定及び非接触光学測定の分野で公知である。プロセスは各々の領域で繰り返されることが好ましく、後続ウェーハのマーキングのためにランク付けされ結果的に選択された種々の特徴部に関する性能統計値を取得するようになっている。

【0211】

図12Aは、典型的なウェーハの下部に切欠き604（もしくは、図2Aに示すような平坦部）を備えた前面図を示す。ランタイムに各々のウェーハに対してこの変形を生成するために、位置付けが容易でウェーハ表面領域の相当大的な部分に及ぶ、最小3点が選択される。本発明の少なくとも1つの実施形態において、定性的情報に基づいて計算できる位置は、ポイント（ダイコーナー、左上、右上、左下、又は右下、及びダイの行列番号等）に関連する。図12Aは、使用できる例示的なダイ602、601、603を示す。各々のポイントの予想位置は、この情報に基づいて計算され、XYZステージの動きに実質的に整合される「理論上の多角形」を構築するために使用できる。ランタイム時に、各々のウェーハの処理前に、パターン認識ソフトウェアを使用してネストに置かれているウェーハ上の3点の実際の標を決定する。これらのポイントは、ウェーハ上のダイパターンに位置合わせされる実際の多角形を構築するために使用される。次に、多角形は、2つの座標系の間での変換（例えば平行移動、回転、及び／又はスケール）を取得するために比較される。以下のテーブルは、任意の所定の部品形式の各々のポイントに対して、その形式の任意のウェーハがシステムによって処理される前に生成されことになる基本情報を含む。

#	各々のポイントの一般的出力データ
1	そのポイントでの関連ダイの行列番号
2	左上、右上、左下、又は右下の使用されるダイコーナー
3	教示イント周辺領域の視覚モデル
4	「主」座標系のポイントの座標

【0212】

精密位置合わせトレーニング手順の目的は、特定の部品形式に関するこの情報を生成することである。以下のテーブルは、トレーニングを開始できる前にシステムに入力されることになる部品形式に関する好適な情報を含む。

10

20

30

40

#	各々の部品形式に関する入力データ
1	ウエーハ上の実際のダイの行列番号
2	ウエーハ上のダイのXピッチ及びYのピッチ
3	Xダイ及びYダイの寸法
4	ウエーハの寸法

【0213】

図12A-12Dを参照すると、各々のポイントに関する出力データテーブルに示す情報を生成するために、任意のダイの任意の部分を精密位置合わせカメラの視野中心に位置決めできることが好ましい。ウエーハ上のダイパターン115の位置及びダイパターン座標系605の方向は、XYZステージの動きに整合された基点607をもつ「主」座標系に関連する。 10

【0214】

以下の3つの情報が探索される。

- a. ダイパターン境界ボックス606左側端部の主座標系のポイント(x1, y1)の座標610。
- b. ダイパターンの境界ボックス上側端部の主座標系のポイント(x2, y2)の座標611。
- c. 主座標系607に対するダイパターン座標系605の回転。 20

【0215】

この情報を用いて、主座標系のダイパターン境界ボックスの左上コーナー606の位置を決定することができる。従って、ダイパターン座標系の基点は、図示のように上側のdie_pitch_y及び左側のdie_pitch_xである。既知のダイパターン座標系の位置及び方向を用いて、ウエーハ上の任意のダイ位置に対してステージを移動させることができる。

【0216】

ダイパターンの左端及び上端に沿って2つの実際のダイコーナー位置を決定すると、視野内での任意のダイ位置を位置決めするための機能を用いて、これら2つのコーナーから各々の方向における最後のダイを求めて探索が行われる（例えば、上／下及び左／右の探索）。このアルゴリズムのターゲットダイは、図12A、12B及び図1Aの602、601、603である。次に、各々のポイントは、各々のダイの4つのコーナーの1つとして選ばれる。各々のコーナーを取り囲む領域の一意性を保証するために、ダイ602の左下コーナー、ダイ601の左上コーナー、及びダイ603の右上コーナーが選ばれることになる。 30

【0217】

視覚モデルは、各々のコーナーの周りの領域で生成される（4つの隣接する全てのダイ位置の少なくとも一部を含む）。モデルは、図12Aのモデルに対応する種々の特徴点を含むことができる（例えば、コーナーや端部等）。その部品のタイプのすべてのウエーハの処理の実行時に使用されるように、3つのポイント全てに関するデータは、その後の探索のために部品形式別に格納され、その部品形式の全てのウエーハを処理するためにランタイム時に使用される。 40

【0218】

半自動又は自動トレーニングアルゴリズムを実行するために種々のオプションを使用できる。例えば、ウエーハの全体にわたって追加のダイを選択でき、推定値を高めるための最小二乗近似を行うことができる。

【0219】

精密位置合わせプロセス全体は半自動式であってもよいが、ダイピッチ自動測定アルゴリズムを用いると精度が向上する。例示的に、プロセスは、ウエーハをネストに移動させるウエーハ搬送ツールから開始してもよい。ユーザインターフェース及び表示部により、 50

オペレータは、図 1 1 A のウエーハステージ 1 8（もしくは、ウエーハを固定したままでマーキングヘッドを）を動かしてダイをウエーハ中心に位置決めすることができる。例えば、図 1 2 C に示すパターンと類似のパターンが選択され、これは位置合わせプロセスのために使用されることになる。ウエーハ部の画像は表示され、例えば、ダイの下部コーナーの特徴点が識別される。「教示」用の選択領域は、自動認識、及び本発明の譲渡人によって以前に提案された WH 4 1 0 0 システムに用いられたように調整された照明を評価することができる。C o g n e x 社製 A c u W i n 視覚ソフトウェア等の市販のパターン認識ソフトウェアを使用できる。

【0 2 2 0】

少なくとも 1 つの実施形態において、ダイピッチは、少なくとも第 2 及び第 3 の位置合わせ位置又は座標を変換するために使用される少なくとも 3 つの位置 6 0 1、6 0 2、6 0 3 の設定前に測定される。オペレータは、ダイの適切な横列を特定し、更に、ダイの左下及び左上といったダイコーナーを特定するために、ステージを位置決めしてウエーハを観察することができる。その後、ステージは、次のダイであって、第 1 の方向のダイピッチが推定される特定のコーナー位置に動かすことができる（例えば、対話形式で）。次に、プロセスは直交方向に繰り返される。

【0 2 2 1】

好適には、推定は、ウエーハを行列に沿って横移動させ、使用可能なダイを識別し、パターン認識アルゴリズムを使用してダイの特徴部（例えばコーナー）を探索することによって追加のデータを取得するためのプログラムを使用して改善される。データは、各々の行又は列で取得でき、ここでは有用なデータが入手できるか、又は大きく増加する。平均間隔が推定されウエーハマップと関連付けられる。

【0 2 2 2】

本発明の本システムにおいて、「使い易さ」及び最低限のユーザ介入が有利な改良点だと考えられる。例えば、オペレータ入力、ダイの縦列を検証するために有用で使用できるであろう。1 つの実施形態において、オペレータは、選択ダイのコーナーが使用でき「一番上の」列にあることを検証できる。

【0 2 2 3】

パターンマッチングのための追加の位置が選択され、ステージが位置決めされ、的確なパターン認識ソフトウェアの作動を検証するための試験が行われる。

【0 2 2 4】

セクション 3 ワークピースのチャック／ポジショナー

第 1 の面のデータに基づいて第 2 の面のマーキングを行う用途のために、種々の形状のワークピースを把持して保持することが望ましい。同様に、好適な構成は、一般の「両面」レーザ処理及び／又は検査処理に適合することができる。

【0 2 2 5】

一般に、1 つのワークピースのポジショナーは、ワークピースを相対的に位置決めするために設けられ、種々の特定寸法のワークピースを支持して位置決めするようになっている。この構成により、放射ビームを、大きな作動領域にわたってワークピースの第 1 の面及び第 2 の面に直接照射できる。更に、治具に取り付けることに起因するワークピースの損傷が回避される。更に、望ましい構成により、ロボット駆動端部エフェクタは、チャックを移動させることなくワークピースを装填できる。

【0 2 2 6】

少なくとも 1 つの実施形態において、端部チャッキング及び焦点合わせのための方法及びシステムでは、種々の直径及び厚さの部品実装済みシリコンウエーハ及びブランクシリコンウエーハが使用される。また、この方法及びシステムは、例えば放射ビームがワークピースの両面を照射する微細機械加工プロセス等の他の用途にも使用できる。

【0 2 2 7】

図 7 A - 7 D は、ポジショナーの平面図 7 A、端面図、及び側面図 7 C、及び斜視図 7 D を示す。

【0228】

「チャック」システムは、種々の寸法のワークピースを支持し、1自由度又はそれ以上の自由度のワークピースを精密に位置決めするための1つ又はそれ以上のポジショナーを含む。チャックシステムは、図2AのX-Y平行移動ステージ18又は他のシステム構成部品と機械的に連結される。図7Cの側面図を参照すると、ポジショナーは、第1の軸駆動装置55（リニアステップモータが示されている）、水平リニア駆動装置を含む。駆動装置は、以下の種々の方法で実現できることを理解されたい。

1. 空気シリンダ等の2位置、開ループシステム。

2. リニアステップ又はサーボ及びガイド等の多位置、閉ループシステム。

空気駆動方式は最もコストが安い選択肢であろうが、位置の自由度が少ない。第1の軸駆動装置は、第2の垂直線（又は法線）軸（同様に種々の方法で実現できる）を正しい位置に位置決めし、ワークピースを保持するために使用される各軸の間のリンク52は連結を行う。第2の法線又は垂直線軸駆動装置54は、マーキング、検査、又は他のビームに焦点が合わされてこれらのビームが照射されるワークピースを正しい高さ及び方向（例えば、X-Y-Z座標系の平面）に位置決めするために使用される。第2の軸駆動装置54（リードスクリュー及びリニアガイドレール58を有する回転式ステップ57）には、保持又は「チャック」機構51が取り付けられる。例示的に、図7Cのワークピースクランプ機構は、クランプアーム59を有する回転式アクチュエータである。もしくは、この装置は、真空式及び押し込み式機械クランプ（例えば、機械回転式アクチュエータ及び支持ベース）の任意の組み合わせであってもよい。随意的に、支持ベース53は、位置決め後に照射又は検査されるワークピースを保持するために、真空ポート、又は真空装置は有するがクランプ装置を有していないベースを備えることができる。図7Cには真空ポートがないワークピース支持ベース53が示されている。図7Dの斜視図は支持ベースの形状を示している。

【0229】

ワークピースポジショナー（例えば、サブシステムを位置決めする）は、図8A-Dに示すように構成でき、各々が前述の構造をもつ2つのポジショナー62、63を使用して矩形ワークピース61を保持して調整するようになっている。

【0230】

チャック構造は、閉ループのリニアステップ又はサーボによって駆動され3つのポジショナーを使用するが、それらに限定されるものではなく、それらを必要とするものでもない。このチャック構造は、大部分のワークピースを保持するのに好適な方法である。図9A-9Cは、3つのポジショナー66、67、68及びを例示的な円形ワークピース64の配置を示し、3つのポジショナーの各々は前述の構造であってもよく、円形ワークピースは、シリコンウエーハ（例えば、直径が100、200、又は300mm）であってもよい。例えば、ウエーハは、半導体製造プロセスで使用されるロボット装填ツールの構成部品である端部エフェクタ69によって移送される。

【0231】

作動時、コンピュータプログラム制御により、ワークピースは、ワークピースの幅に一致させるために第1の軸駆動装置を用いてサポート53の間の距離を調整することによって装填される。少なくとも高さが、好適には姿勢が追加の軸を用いて制御される。このことは、他のシステム構成要素と組み合わせで使用される場合、一般に少なくとも5つの調整軸（例えば、X、Y、Z、ロール、ピッチ）をもたらす。更に、調整は、動的であってもよく、レーザ処理操作の期間、又は休止期間に行うことができる。

【0232】

セクション4-レーザパラメータ及びマーク品質

高コントラスト、機械読取可能なマーク、及び指定領域（例えば、長さ、幅、及び深さで特定）において高速、を実現するのが望ましい。更に、工業規格に準拠すると損傷を防止できるが、そうでなければ物品（例えば半導体デバイス）の機能又は作動に悪影響を及ぼす。

【0233】

図10Aは、種々の高速ワークピース77製造用途に適用できる実施形態を示す。Qスイッチバナジウムレーザ71から発生したパルスは、典型的な出力波長 $1.064\mu\text{m}$ を有し、エネルギーを効率よくワークピースに結合するために波長シフタ72によって短い波長にシフトされる。ウェーハマーキングのために、周波数倍加水晶は、約 532nm の出力波長を生成することになる。光学スイッチ73は、一般には音響-光学変調器であり、必要に応じてパルスがワークピース77に到達できるようにコンピュータ制御される。ステージ79に搭載されたワークピース及びX-Y検流計デフレクタ75の動きは、コンピュータによって調整される。本発明の譲渡人に譲渡された米国特許第5,998,759号及び第6,300,590号の各々には、半導体メモリの修理に適用される、高速光学スイッチを使用した「オンデマンドのパルス」制御手法に関連する種々の態様が教示されている。一般に約 $0.3\mu\text{m}$ のビーム位置決め精度は、無塵移動式半導体リンクに対して実現される。

【0234】

金属ベースの基板を処理するために、レーザ出力は、波長 1064nm のネオジウムバナジウムレーザから発生させることが好ましい。出力周波数は、非金属基板（例えばシリコン又はガリウム砒化物の）に対して 532nm まで2次高調波発生器72を使用して倍化できる。

【0235】

本発明を実施する場合、パルスエネルギーを制御するために、一連のパルスを用いて「オンデマンドのマーキング」を行うためにポンプダイオード出力を制御（パルシング）するといった、種々の変形例を利用できる。米国特許第5,854,805号及び第5,812,569号には、ワークピース処理に適用した上記の方法が説明されている。また、米国特許第6,339,604号には、レーザシステムのパルス制御方法が説明されている。また、ポンプ、qスイッチ、及び光学スイッチ制御の種々の組み合わせは、エネルギー出力の制御及び信頼性の向上等に有用である。

【0236】

マーキングのための好適な実施形態において、テレセントリックレンズ76及び光学サブシステム74は、スポット寸法及び分布を制御するために使用され、コンピュータ制御下でスポット寸法及び焦点位置を変更するための光学部品を含むことが好ましい。

【0237】

レーザマーキングの用途において、繰り返し率（及び対応する時間的パルス間隔）、パルス幅、及び出力エネルギーを含む、一組の予め定められたパルス特性をもつ出力パルスが生成される。

【0238】

スイッチ73でゲート制御された、又は別の方法（パルスの「バースト」又は「ストリング」であってもよい）で制御された選択パルスは、ミラー75のマーキングフィールド内のウェーハ77表面の第1の所定マーキング位置を照射する。ステージ79は1つのステップであってもよく、ワークピースがマーキングフィールド（例えば、図2Aの場合には「第2の面」で示す）よりも大きい場合には繰り返しステージが使用される。図10Bを参照すると、レーザパルスは、機械読取可能なマーク781をマーキング位置に生成するのに十分な深さの範囲までウェーハ表面（例えば、シリコン）に貫入する。ピークエネルギー及びパルス幅等のパルス特性を制御して、貫入782の深さを制限する（ $1/e$ のエネルギーレベルで測定できるように）ことによって、ウェーハに対する損傷が回避される。貫入784が深くなるとクラックが発生する。好適なシステムにおいて、 532nm レーザエネルギーは、典型的なシリコン基板において $10\mu\text{m}$ の最大深さで吸収される。この制御により、微細クラック783及び他の基板内部の有害な影響（例えば気泡）が防止される。照射ステップは、複数のマーキング位置で繰り返される。

【0239】

十分なコントラストでマークを生成するパルス幅は、約10から15ナノ秒の範囲内で

あることが好ましい。

【0240】

シリコンウエーハ上に高品質のマークを生成する、表面に入射するエネルギー／パルスは、0.00023から0.00025ジュール（例えば、230－250マイクロジュール）の範囲であることが好ましい。

【0241】

マーキング速度は、レーザ71の比較的高速の所定パルス周波数を使用して、ウエーハ表面77で高い線速度まで改善されることが好ましい。例示的に、約15－30KHz、例えば、25KHzの繰り返し率は、近赤外又は緑色波長で使用される従来のウエーハマーキングシステムに対して大幅な改善をもたらす。約30－35μmの好適なスポット寸法により、150mm／秒を超えるマーキング線速度は、以前のウエーハマーキングシステムに対する相対的な改善である。約350mm／秒の速度は、好適なレーザパルス特性をもつシステム用に期待される。高繰り返し率での低い半導体レーザ出力は以前の特性を制限し、マーク品質を制限する表面上のスポット分離が観測された。

10

【0242】

レーザパルスはスポット直径に集束され、所定範囲のエネルギー密度を生成する。1組の機械読取可能マークの間の距離は、光学部品74を用いてスポット直径を制御することによって更に短くすることができる。そのような構造は、74内に、又は好適にはコンピュータ制御下で取り外し／取り付け可能な他の光学部品（例えば、図4及び図6に示すような）内に、「ズーム」ビーム拡大器を含むことができる。一般に、マークの線幅及びコントラストを制御するためのスポット寸法調整器が望ましい。約30から35μmの範囲のスポット直径、及び約20mmから250mmのワークピースに対する作動距離は、作動の例示的な領域を表す。より小さなスポット寸法は、以前のマーキングシステムに比べて高いマーク密度を生成するための改善された能力をもたらし、パルス特性によって高い速度がもたらされる。

20

【0243】

シリコンウエーハの裏面マーキングの結果は、バックグラウンドに対して十分なコントラストをもつ機械読取可能なマーク781を生成するために、マークの深さは約3から4.5μmの範囲とする必要があることが示されている。この結果は、深い貫入が必要であろうという予想に反していた。また、この結果は、損傷を回避するための付加的なマージンをもたらした。

30

【0244】

図14はマーク950の平面図であり、種々のレーザパラメータを有する平均マーキング深さ951の測定変動を示す。以下のテーブルの高さは、溶融により除去された材料に起因するマークの側面上の材料952を表す。平均深さの変動は、干渉計を使用して測定され、種々のマーキング速度におけるレーザ出力及び繰り返し率の例示的な特性を示す。100%定格により最高性能を推定できる。以下のデータが得られた。

レーザ出力 (%最大定格)	表示速度 (KHz)	マーク速度 (mm／秒)	平均マーク高さ (μm)	平均マーク深さ (μm)
80	20	120	4.36	－4.75
80	20	200	4.53	－4.43
80	20	300	4.65	－5.61
100	10	120	3.58	－5.40
100	10	200	3.41	－4.33
100	10	300	3.64	－2.90
100	20	120	4.08	－9.91
100	20	200	3.58	－6.45
100	20	300	3.55	－4.53

40

【0245】

マークの別の解析により、約3-4.5 μm の範囲にわたる機械読取可能性に対して十分なコントラストが示された。マーク深さが9.91 μm といった大きな値になるとクラックが発生した。

【0246】

10 KHzの繰り返し率で、120 mm/秒のマーキング速度でマーキングされたウエーハの干渉走査を行った。深さが約9 μm 又はそれ以上での構造的変動に起因する、「先端のとがった」データによってひどいクラックが実証された。また、走査は、最大深さが約4 μm で良好な結果を示した。

【0247】

シフト波長は、ワークピース材料の吸収エッジよりも下にあるであろうが、532 nmに制限される必要はない。例えば、ワークピースはシリコンウエーハであってもよく又は金属であってもよい。波長は、本発明によるマーキングを行うためのシリコンの吸収エッジ(1.12 μm)よりも実質的に低いことが好ましい。

【0248】

適切なレーザは、赤外線出力が約6ワット、緑色出力が約3ワットの市販のダイオード注入(DPL)Nd:YAGレーザを含むことができる。もしくは、高価ではあるが赤外線出力が10ワット、緑色出力が5ワットの10ワット(W)DPLレーザがある。好適には、光学システムは、損失を最小にするための高効率光学部品を含むことができる。

【0249】

バナジウムレーザは、シリコンウエーハにマーキングするのに好適であるが、本発明を実施する上で必須ではない。所望のパルス特性は、全ての仕様(ビーム品質、安定性等の)を満たすのであれば、別の設計によって実現できる。例えば、ファイバ光増幅システム(例えば、主発振器電力増幅器)は、比較的高い速度で短いパルスを生成するために使用できる。繰り返し率は比較的に遅いが十分な出力をもつファイバレーザを含む半導体レーザは、レーザシステムの繰り返し率を高めるために遅延線及びビーム結合器をもつ「パルス伸張器」とすることができる。

【0250】

セクション5-精密テレセントリックレンズ

精密レーザマーキング及び埋め込みレジスタトリミングといった他の類似の材料処理用途において、比較的大きな3次元フィールドにわたって精密スポット配置を維持しながら、マーク(又は切り溝)の幅及びコントラストを制御するために、精密なスポット寸法を生成するニーズがある。例えば、300 mmウエーハのダイ寸法は、ダイの範囲内に形成されたマーキング領域が厳しく制限され、約1 mm又はそれ以下の範囲になるであろう。約30 μm のスポット寸法は、高コントラストのマークを生成できるであろうが、焦点深度は以前のマーキングシステムの焦点深度の約1/4以下である。薄いウエーハの場合、反りは、焦点深度の有意な部分となる場合も有るので、3次元スポット寸法/スポット位置の検討は有用である。

【0251】

非テレセントリック走査のレーザシステムにおいて、ワークピース平面におけるスポット配置エラーは、深さによって変化し、システムの精度を著しく劣化させる場合がある。このようなZ軸エラーは、ワークピースの傾き、焦点ぼけ、撓み、反り、又は理想ターゲット平面からの何らかの偏差の結果であろう。走査ビームの非垂直入射角に対して、Z連結は、概して、垂直入射角からの偏角×局部Zエラーである。好適には、テレセントリック走査レンズは、マーキングレーザをフィールド上に集束するために使用される。レーザ走査の分野ではよく知られているテレセントリック走査レンズは、ワークピースに対して略垂直のビーム入射角を維持し、結果的にZ連結を最小にしてX及びY位置エラーを最小にするために使用される。また、フィールドに対する角度のおおよその不変性は、反射による放射光の同軸検出を可能にする等の別の利点をもつ。同軸検出は、非点収差スポット検出といった焦点位置を決定するための多くの公知の方法と一緒に使用できる。

10

20

30

40

50

【0252】

一次走査レンズ特性を考慮して、レンズの前面焦点面に走査基点を配置すると、テレセントリック走査がもたらされる。実際にはレンズ設計には完全なテレセントリックから逸脱した非線形エラーが存在する。走査レンズ設計の当業者は、個々のレンズ部品を修正することによって、及び／又はレンズ設計に別の部品を追加することによって、これらのエラーの補正ができることを理解している。

【0253】

一般に、XY検流計走査システムは、図4に示すように2つの走査ミラーを有する。物理的干渉及びビーム閉鎖を防止するのに十分な距離は、ミラーを分割する。ミラー分割により、各々の軸に対して別個の走査基点が生じるので、両軸がレンズ前面の焦点面に位置決めされるのが防止される。焦点面は、中間位置に置かれる場合が多い。これにより、ミラーの位置及びレンズの焦点距離に基づいて、フィールド依存の別のテレセントリックエラーが生じる。典型的なシステムにおいて、エラーは最悪のフィールドポイントで1から2.5度であろう。テレセントリックエラーを補正するために、例えば、引用によって本明細書に組み込まれているGoodmanの米国特許第4685775号に説明されているような種々の手法を使用できる。ビームの平行移動装置は補正を改善する。

【0254】

フィールド依存エラーに関して、ワークピースでのエラーを低減するためにフィールドの一部が選択される。例えば、フィールドの小さな中心部が使用され、改善されたテレセントリックによって材料が処理される。レンズの前部焦点面の近くに配置された1つの走査ミラーに関して、このミラーによってアドレス指定されたフィールドの第1の軸は、前部焦点面からより遠くに離れた第2のミラーによってアドレス指定された第2の軸よりも良好なテレセントリックをもつことになる。この場合、テレセントリックが改善されたフィールドの一部は、例えば矩形フィールドである、第1の軸に沿った大きな寸法と、第2の軸の小さな寸法とを用いて選択できる。矩形フィールドを使用することによって、第1の軸は、正方形フィールドのエッジよりも大きいことを理解されたい。フィールドの一部を選択すると、X-Y検流計デフレクタの熱的ドリフト等のフィールド依存の別々のエラーを低減することができる。例えば、ビーム位置決めエラーを低減するために、各々の検流計のオフセットドリフトによって利得ドリフトが部分的に軽減されたフィールドの四分円を選択できる。

【0255】

レンズ観察を使用する実施形態において、一般に、走査レンズは、処理波長以外の波長でターゲットを画像化する必要がある。観察性能を改善するために設計上カラー補正部品を使用できる。レンズ観察用カラー補正付きテレセントリック走査レンズは公知であり、例えば、市販のGSI Lumonics Model W672レーザトリマーがある。

【0256】

大規模ウエーハ及び類似の用途の精密レーザマーキングの好適な実施形態は、図13Aに示すように3部品のテレセントリックレンズ990を含む。このレンズの有効焦点距離は532nmで155mmであり、80mm平方の走査フィールドにわたって30µmのスポットを形成できる。経路の全長は約360mmである。未補正で空間をあけて配置されたミラーのテレセントリックエラーは約2度である。図13B及び図13Cには、2本の直交軸に対するテレセントリックエラー991及び992を示す。いずれの場合もエラーは非線形に変動する。±300µmウエーハの撓みに対応する深さ範囲にわたる最悪の場合のスポット配置エラーは、約±13µmであり、1つのスポットの直径よりも僅かに小さい。

【0257】

3次元許容誤差がシステム性能を決定する精密マーキングシステムにおいて、レンズ系のスポット配置精度は、3次元較正のための方法を含むことによって維持されることになる。1つの実施形態において、ウエーハはワークピースポジショナーを使用して配置され

10

20

30

40

50

るので、最適平面（ウエーハ上）は、マーキングヘッドに対して垂直に位置合わせされる。次に、位置は、図 13A のテレセントリック光学系の最適な焦点位置に対して決定される。ビームポジショナーは、特徴部及び格納された較正データに基づいて方向付けされる。

【0258】

本発明の少なくとも 1 つの実施形態は、従来の非テレセントリック走査レンズに比べてテレセントリックが改善された精密走査レンズを含むことができる。1 つの実施例において、ワークピース位置での最大入射角は、走査レンズ入口瞳孔上のビーム入射の最大角の約半分よりも小さいであろう。別の実施例において、ワークピースに対する最大偏角は、約 10 度未満に制限されるであろう。この形式の走査レンズは小さくでき、大きなテレセントリック走査レンズよりも複雑ではないであろう。つまり、テレセントリックが改善された精密走査レンズは、ワークピースの高さ変化に対するマーキング精度改善レベルと低減されたレンズ寸法、及び、複雑性とコストの両方に関する設計上の妥協点をもたらすために使用できる。

【0259】

セクション 6

前面ダイ位置決めを用いた裏面マークの視覚検査

特定の裏面ウエーハマーキングの前述のバージョンにおいて、裏面の特徴点を観察できるようにウエーハの「バックライト」に赤外線光源を使用した。急激に回路の高密度化が進んでいるので「バックライト」手法は将来必ずしも可能とは限らない。

【0260】

ウエーハ裏面にマークを形成するために使用されるウエーハマーキングシステムの 1 つの実施形態において、検査特徴は、マーク及びダイの位置決めされた表示部を含む。好適な実施形態において、検査特徴は、一方はウエーハの上方にあり、他方はウエーハの下方にある 2 つのカメラを使用する。図 2A は、中心線 29 に沿ってマーク検査システム 20 と位置合わせされた、精密位置合わせ視覚システム 14 のカメラ 13 を示す。対応する前面及び後面ウエーハ部の間で、例えばセットアップ時に手動調整を用いて、満足できる程度の画像マッチングを行うことができる。次に、精度を高めるためにシステム較正が使用できる。

【0261】

システムの少なくとも 1 つの実施形態において、装置は、上側カメラシステムに対して下側カメラシステム 20 を較正する。カメラは固定位置にあることが好ましい。1 つ又はそれ以上のカメラは、手動調整可能なズームレンズをもつことができる。1 つの構成において、2 つのカメラの間に表面が透明な較正ターゲットを配置する。画像は、2 つのカメラによって取得する。例えば、Cognex Inc. から市販されているツールであるパターンマッチングソフトウェアを使用して、補正オフセット、角度、及びスケールを計算し、下側カメラの画像を上側カメラの画像に位置合わせさせて、画像を重ね合わせる。図 17A は、較正ターゲットを示し、その画像はオフセット、スケール、及び回転によって変化する。他の種々の市販の、又は特別注文のターゲットが使用できる。平行移動、スケール、及び回転補正（座標軸の反転も含む）は、ソフトウェアで自動的に決定される。

【0262】

検査時に、上側カメラはウエーハ前面のダイの画像を取得するために使用される。下側カメラは、ウエーハ裏面のマークの画像を取得するために使用される。2 つの画像の座標系を重ね合わせて解析を行うことで、ダイに対するマークの精度を求めることができる。

【0263】

検査時に、この較正データは、マーク画像に適用される。パターンマッチング又は OCR ソフトウェアを使用して、ダイの位置に対するマークの位置を知ることができる。

【0264】

この特徴は、前面及び裏面ウエーハマーキングに限定されるものではなく、任意の 2 つの面又は分割されたフィールドに適用できることを理解されたい。

【0265】

マークの検査は、オンライン又はオフラインで行うことができる。検査は、ダイの無作為標本又は100%検査を含むことができる。少なくとも1つの実施形態において、オペレータは、図17Bに示すような少なくともダイの一部に対応する裏面画像内にターゲット900の領域を設定できる。図17Cに示すように、オペレータは、対象領域901を調整して、ウェーハマップから又はダイ間の微調整によって任意の所要の調整を行い得ることが好ましい。典型的なマークは、ダイ領域の50-60%を占めるが、最大80%まで可能である。

【0266】

本発明を実施するための最良の形態を詳細に説明したが、本発明に関連する当業者であれば、特許請求の範囲に定義したように、本発明を実施するための種々の別のデザイン及び実施形態を理解できるであろう。

【図面の簡単な説明】

【0267】

【図1A】物品を有する半導体ウェーハの第1の面、及び複数の物品をカバーする視野を示し、各々の物品のレーザマーキングは、ウェーハ裏面の対応するフィールドに行われる。

【図1B】図1Aの物品の拡大図である。

【図1C】図1Aに示すフィールド内の4つの物品の切り取り拡大図である。

【図1D】ボールグリッドアレー及び回路トレースパターン等の種々の物品に与えることができる回路の例示的な2つの実施例を示す。

【図2A】本発明のマーキングシステムのワークピースと代表的光学構成要素及び機械構成要素を示す。

【図2B】本発明のマーキングシステムのシステム制御装置を示す。

【図2C】特に前面の特徴部に基いて適用した場合の、例示的な（ノンスケールの）、非テレセントリック位置合わせに関連する照射ダイアグラム、及びマーキングシステムを示す。

【図3A】図1Cの物品を含む図1Aの視野に対応するマーキングフィールドをもつウェーハの第2の面（裏面）を示す。

【図3B】第2の面上の指定領域に形成されたマークの切り取り図である。

【図3C】マーキングされた物品の拡大図である。

【図4】裏面マーキングのための本発明の実施形態に使用できる、検流計ビーム位置決めシステム1つの実施例を示す。

【図5A】製造システムで使用するための半導体ウェーハ用レーザマーキングシステムの特定のサブシステムを示す概略図である。

【図5B】ウェーハマーキング工程の時間効率のよい例示的な手順を示す。

【図6A】レーザマーキングのために単独で又は組み合わせで使用できるビームポジショナーを示す。

【図6B】レーザマーキングのために単独で又は組み合わせで使用できる別のビームポジショナーを示す。

【図7A】本発明の実施形態で使用されるワークピース位置決め機構の平面図である。

【図7B】本発明の実施形態で使用されるワークピース位置決め機構の端面図である。

【図7C】本発明の実施形態で使用されるワークピース位置決め機構の側面図である。

【図7D】本発明の実施形態で使用されるワークピース位置決め機構の斜視図である。

【図8A】矩形ワークピースを支持して位置決めするための図7の2つのポジショナーの使用状態を示す平面図である（最大2自由度をもつ）。

【図8B】矩形ワークピースを支持して位置決めするための図7の2つのポジショナーの使用状態を示す端面図である（最大2自由度をもつ）。

【図8C】矩形ワークピースを支持して位置決めするための図7の2つのポジショナーの使用状態を示す側面図である（最大2自由度をもつ）。

10

20

30

40

50

【図 8 D】矩形ワークピースを支持して位置決めするための図 7 の 2 つのポジショナーの使用状態を示す斜視図である（最大 2 自由度をもつ）。

【図 9 A】300 mm のウェーハ等の円形ワークピースを支持して位置決めするための 3 つのポジショナーの使用状態を示す平面図である（最大 3 自由度をもつ）。

【図 9 B】300 mm のウェーハ等の円形ワークピースを支持して位置決めするための 3 つのポジショナーの使用状態を示す側面図である（最大 3 自由度をもつ）。

【図 9 C】300 mm のウェーハ等の円形ワークピースを支持して位置決めするための 3 つのポジショナーの使用状態を示す斜視図である（最大 3 自由度をもつ）。

【図 10 A】一般のウェーハマーキングのための（例えば図示の前面マーカ）例示的なレーザシステム及び光学系の概略図である。

【図 10 B】本発明の方法及びシステムを利用して生成されたマークと比較した場合の増大するレーザ貫入深さに起因するマーク品質の劣化（例えば、クラックによる）を示す。

【図 11 A】種々の較正ターゲットをもつ図 2 A 及び図 2 B のワークピース処理システムの 2 次元較正及び 3 次元較正を示す。

【図 11 B】種々の較正ターゲットをもつ図 2 A 及び図 2 B のワークピース処理システムの 2 次元較正及び 3 次元較正を示す。

【図 11 C】種々の較正ターゲットをもつ図 2 A 及び図 2 B のワークピース処理システムの 2 次元較正及び 3 次元較正を示す。

【図 11 D】種々の較正ターゲットをもつ図 2 A 及び図 2 B のワークピース処理システムの 2 次元較正及び 3 次元較正を示す。

【図 11 E】レーザマーキングシステムにおいてサブシステムを較正するための較正ターゲットを示す。

【図 11 F】レーザマーキングシステムにおいてサブシステムを較正するための較正ターゲットを示す。

【図 11 G】レーザマーキングシステムにおいてサブシステムを較正するための較正ターゲットを示す。

【図 11 H】レーザマーキングシステムにおいてサブシステムを較正するための較正ターゲットを示す。

【図 11 I】レーザマーキングシステムにおいてサブシステムを較正するための較正ターゲットを示す。

【図 11 J】レーザマーキングシステムにおいてサブシステムを較正するための較正ターゲットを示す。

【図 12 A】ウェーハの第 1 の面の視野に配置できる特徴部を示し、特徴部の位置は、例えば反対側でマーキング光線の位置を割り出すために使用される。

【図 12 B】ウェーハの第 1 の面の視野に配置できる特徴部を示し、特徴部の位置は、例えば反対側でマーキング光線の位置を割り出すために使用される。

【図 12 C】ウェーハの第 1 の面の視野に配置できる特徴部を示し、特徴部の位置は、例えば反対側でマーキング光線の位置を割り出すために使用される。

【図 12 D】座標系、及びウェーハの格納された表示を用いてマーキングされることとなるウェーハの座標を関連づけるために使用される例示的な回路特徴部を示す。

【図 13 A】（1）80 mm 幅フィールド以上であり、（2）深さ範囲が公称ウェーハ撓み及び反り仕様に対応する、偏差が約 1 スポットの直径よりも小さい変動値をもつ精密ウェーハ製作システムに使用されるテレセントリックレンズ設計を示す。

【図 13 B】（1）80 mm 幅フィールド以上であり、（2）深さ範囲が公称ウェーハ撓み及び反り仕様に対応する、偏差が約 1 スポットの直径よりも小さい変動値をもつ精密ウェーハ製作システムに使用されるテレセントリックレンズ設計を示す。

【図 13 C】（1）80 mm 幅フィールド以上であり、（2）深さ範囲が公称ウェーハ撓み及び反り仕様に対応する、偏差が約 1 スポットの直径よりも小さい変動値をもつ精密ウェーハ製作システムに使用されるテレセントリックレンズ設計を示す。

【図 14】半導体ウェーハのレーザマークの特徴部の概略図である。

10

20

30

40

50

【図 1 5】ウエーハ位置決めシステムを概略図であり、ウエーハは水平位置に装着された後に、位置決め、マーキング、及び検査作業のために垂直位置に移動される。

【図 1 6】ウエーハを水平方向、垂直方向、及び上下方向に支持できるウエーハホルダーを示す。

【図 1 7 A】マーク検査及び位置検査を可能にする、較正ターゲット及び別個の画像システムを使用して取得した例示的な重ね合わせ画像を示す。

【図 1 7 B】マーク検査及び位置検査を可能にする、較正ターゲット及び別個の画像システムを使用して取得した例示的な重ね合わせ画像を示す。

【図 1 7 C】マーク検査及び位置検査を可能にする、較正ターゲット及び別個の画像システムを使用して取得した例示的な重ね合わせ画像を示す。

【符号の説明】

【0 2 6 8】

3 ウエーハ

5 パッド

6 ダイ輪郭

7 トレース縁部位置

8 グリッドボール中心位置

1 1 2 ダイ

1 1 5 ダイパターン

6 0 1 ダイ

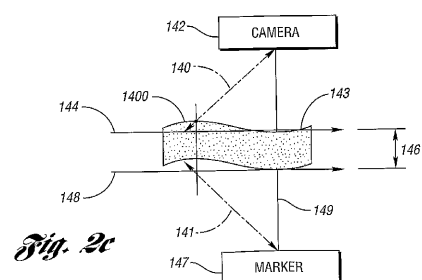
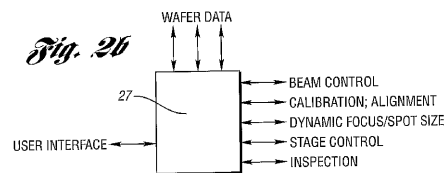
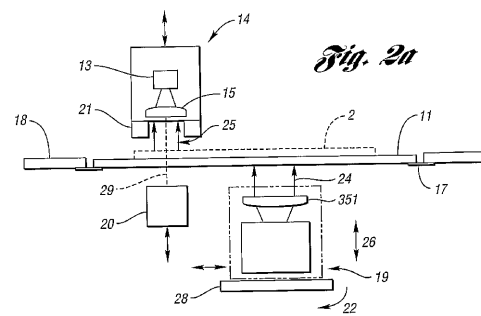
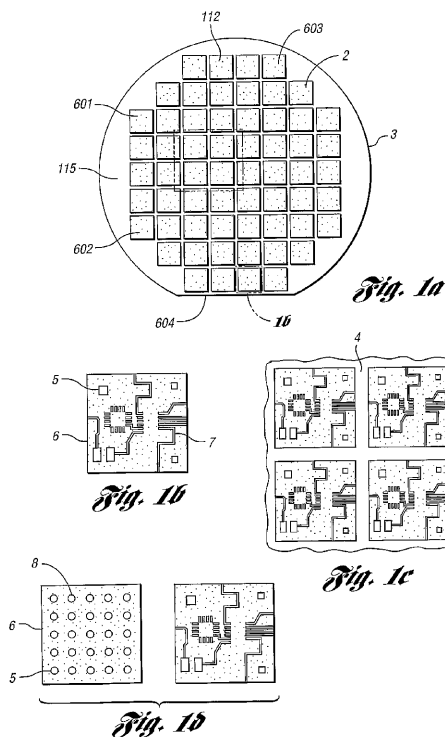
6 0 2 ダイ

6 0 3 ダイ

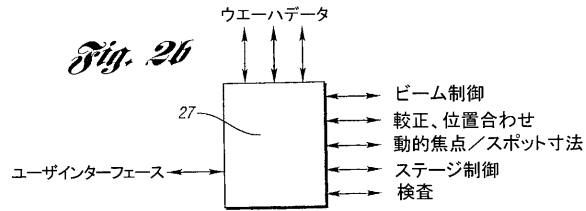
6 0 4 切欠き

10

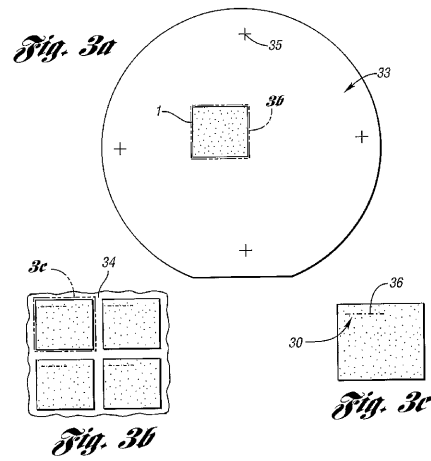
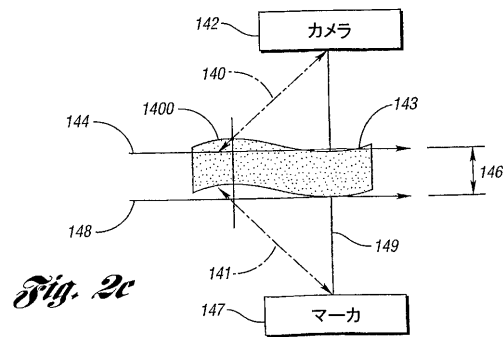
20



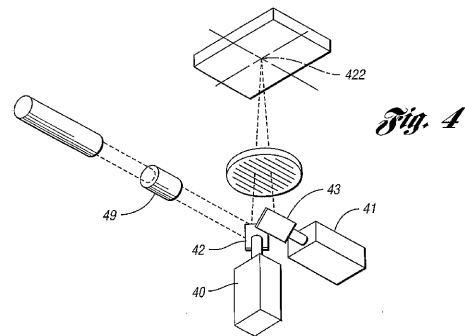
【図 2 B】



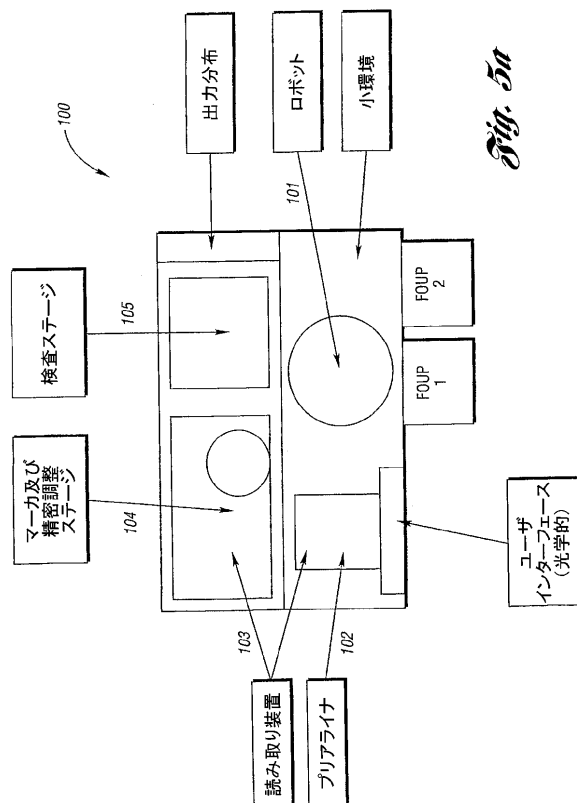
【図 2 C】



【図 4】



【図 5 A】



【図 5 B】

第1のウエーハ

オープンFOUP
ウエーハをマッピング
ウエーハをプリアライナに対して移動
予備位置合わせ
OCR位置に回転
ウエーハID読み取り、デコード
マークファイル構築
ウエーハをXYステージに対して移動
ウエーハをチャックで保持
レーザドア閉鎖
微調整
(3)XY移動
(3)フレーム保持
画像処理
(16)マーキング
XY焦点
焦点
マーク
チェックによるウエーハ開放
ウエーハをFOUPに対して移動

第2のウエーハ

ウエーハをプリアライナに対して移動
予備位置合わせ
OCR位置に回転
ウエーハID読み取り、デコード
マークファイル構築

待機

ウエーハをXYステージに対して移動
ウエーハをチャックによる保持
レーザドア閉鎖
微調整
(3)XY移動
(3)フレーム保持
画像処理
(16)マーキング
XY焦点
焦点
マーク
チェックによるウエーハ開放
ウエーハをFOUPに対して移動

次のウエーハ

ウエーハをプリアライナに対して移動
予備位置合わせ
OCR位置に回転
ウエーハID読み取り、デコード
マークファイル構築

待機

ウエーハをXYステージに対して移動
ウエーハをチャックによる保持
レーザドア閉鎖
微調整
(3)XY移動
(3)フレーム保持
画像処理
(16)マーキング
XY焦点
焦点
マーク
チェックによるウエーハ開放
ウエーハをFOUPに対して移動

時間

Fig. 5b

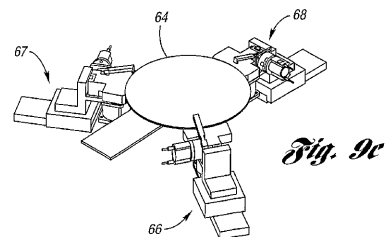
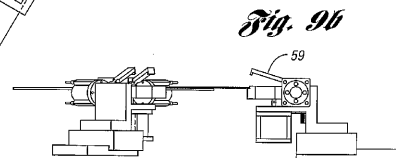
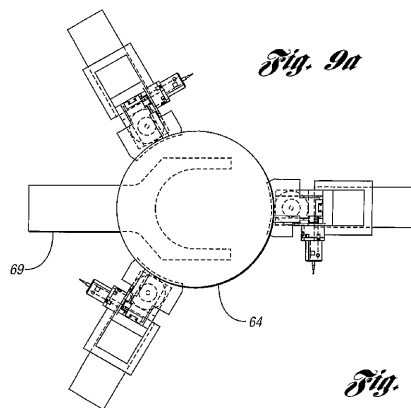
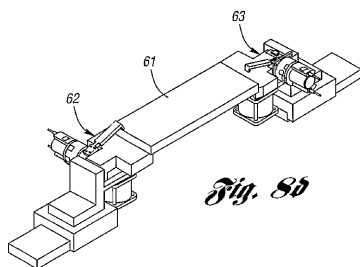
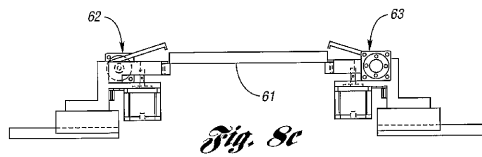
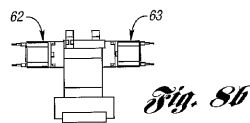
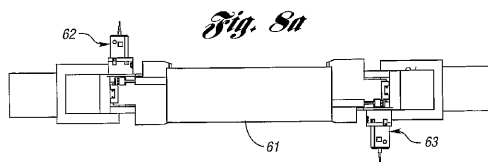
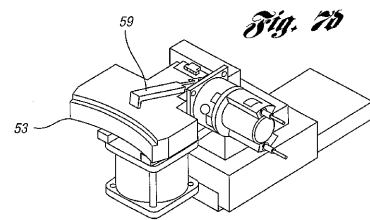
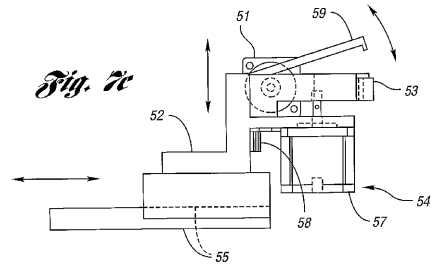
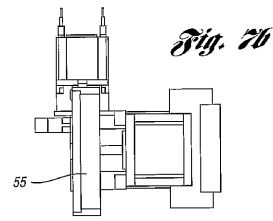
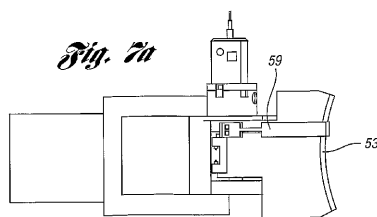
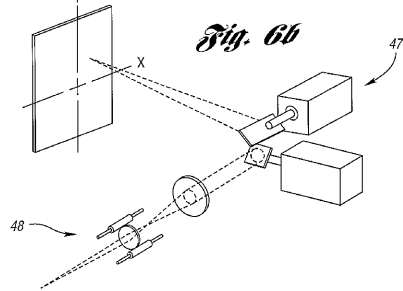
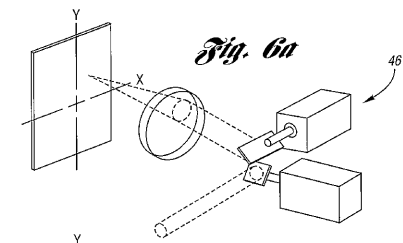


Fig. 10a

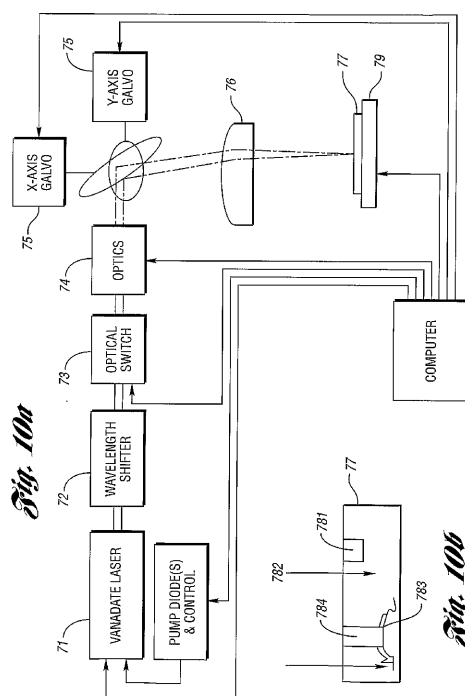


Fig. 10a

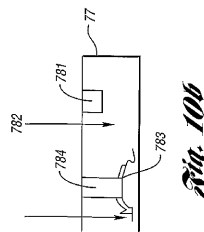


Fig. 106

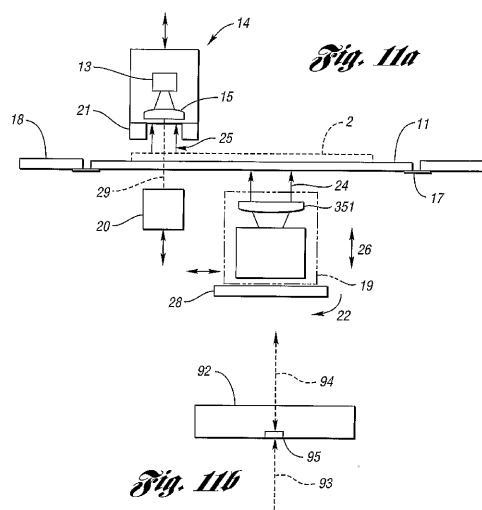


Fig. 11a

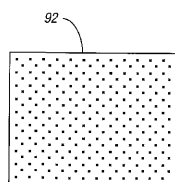


Fig. 11c

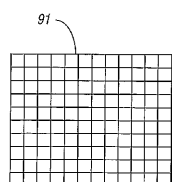


Fig. 11d

501 カメラ1

ウエーハ

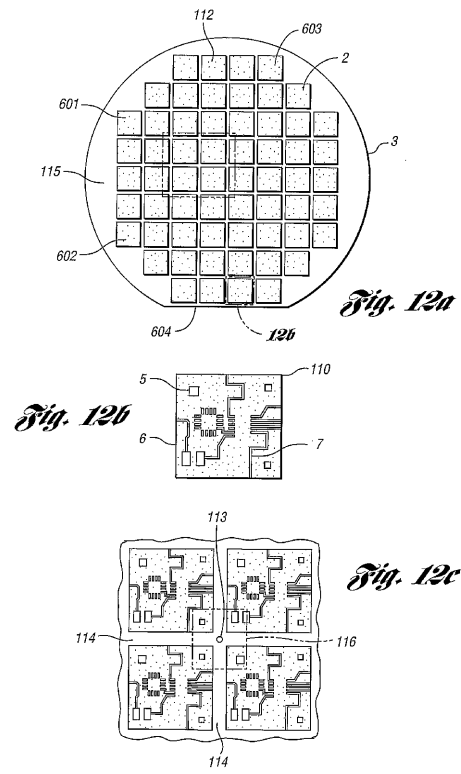
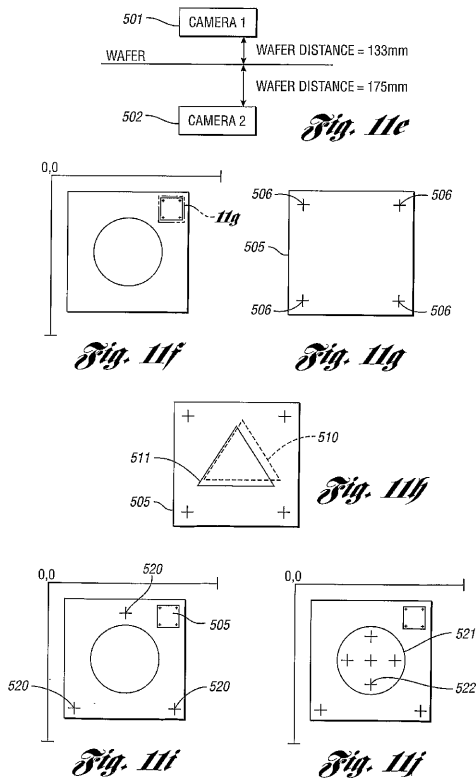
ウエーハ距離=133mm

ウエーハ距離=175mm

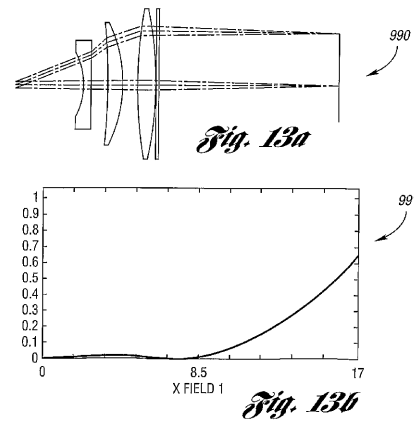
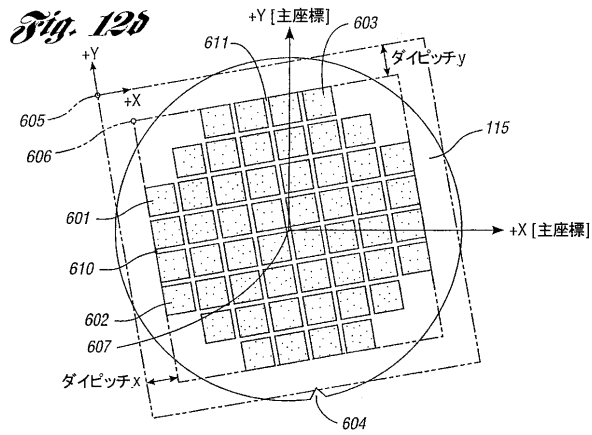
502 カメラ2

Fig. 1

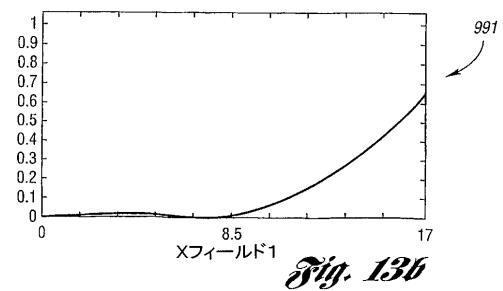
Fig. 11e



【図 1 2 D】



【図 1 3 B】



【図 13 C】

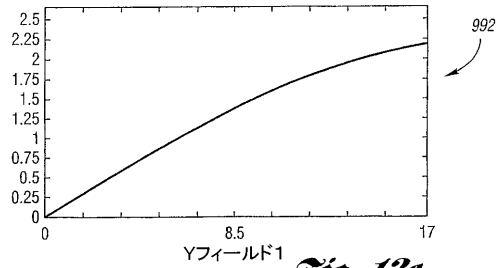


Fig. 13c

【図 14】

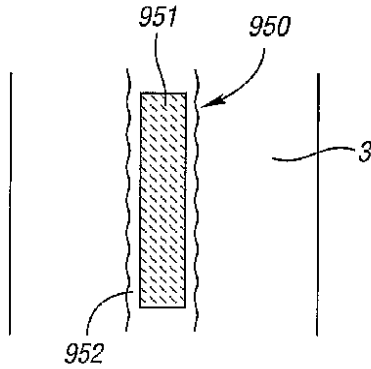


Fig. 14

【図 15】

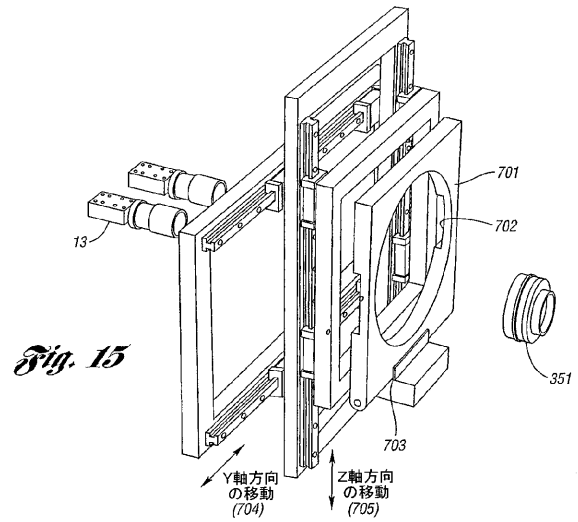


Fig. 15

【図 16】

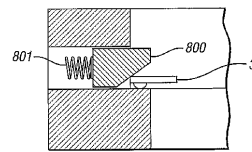


Fig. 16

【図 17 C】

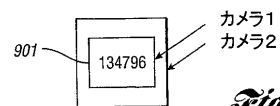


Fig. 17c

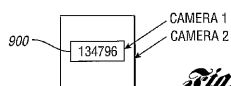


Fig. 17b

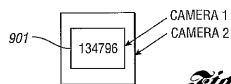


Fig. 17c

【図 17 B】

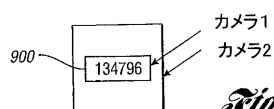


Fig. 17b

【国際調査報告】

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/US03/15698

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER																						
IPC(7) : B23K 26/00																						
US CL : 219/121.68																						
According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC																						
B. FIELDS SEARCHED																						
Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols) U.S. : 219/121.6, 121.68, 121.69, 121.83, 121.85																						
Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched																						
Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used) APS																						
C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT																						
Category *	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.																				
A	US 4,820,055 A (Muller) 11 April 1989 (11.04.89).																					
A	US 5,585,019 A (GU et al.) 17 December 1996 (17.12.96).																					
A	US 5,999,252 A (GREISZ) 07 December 1999 (07.12.99).																					
☐ Further documents are listed in the continuation of Box C. ☐ See patent family annex.																						
* Special categories of cited documents: <table border="0"> <tr> <td>"A"</td> <td>document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance</td> <td>"T"</td> <td>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</td> </tr> <tr> <td>"E"</td> <td>earlier application or patent published on or after the international filing date</td> <td>"X"</td> <td>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</td> </tr> <tr> <td>"L"</td> <td>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)</td> <td>"Y"</td> <td>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</td> </tr> <tr> <td>"O"</td> <td>document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means</td> <td>"&"</td> <td>document member of the same patent family</td> </tr> <tr> <td>"P"</td> <td>document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed</td> <td></td> <td></td> </tr> </table>			"A"	document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance	"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	"E"	earlier application or patent published on or after the international filing date	"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	"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)	"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	"O"	document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means	"&"	document member of the same patent family	"P"	document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed		
"A"	document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance	"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																			
"E"	earlier application or patent published on or after the international filing date	"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																			
"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)	"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																			
"O"	document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means	"&"	document member of the same patent family																			
"P"	document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed																					
Date of the actual completion of the international search 31 July 2003 (31.07.2003)		Date of mailing of the international search report 28 AUG 2003																				
Name and mailing address of the ISA/US Mail Stop PCT, Attn: ISA/US Commissioner for Patents P.O. Box 1450 Alexandria, Virginia 22313-1450 Facsimile No. (703)305-3230		Authorized officer Samuel M. Heinrich Telephone No. (703) 305-0651																				

Form PCT/ISA/210 (second sheet) (July 1998)

フロントページの続き

(81)指定国 AP(GH,GM,KE,LS,MW,MZ,SD,SL,SZ,TZ,UG,ZM,ZW),EA(AM,AZ,BY,KG,KZ,MD,RU,TJ,TM),EP(AT, BE,BG,CH,CY,CZ,DE,DK,EE,ES,FI,FR,GB,GR,HU,IE,IT,LU,MC,NL,PT,RO,SE,SI,SK,TR),OA(BF,BJ,CF,CG,CI,CM,GA, GN,GQ,GW,ML,MR,NE,SN,TD,TG),AE,AG,AL,AM,AT,AU,AZ,BA,BB,BG,BR,BY,BZ,CA,CH,CN,CO,CR,CU,CZ,DE,DK,DM,DZ, EC,EE,ES,FI,GB,GD,GE,GH,GM,HR,HU,ID,IL,IN,IS,JP,KE,KG,KP,KR,KZ,LC,LK,LR,LS,LT,LU,LV,MA,MD,MG,MK,MN,M W,MX,MZ,NI,NO,NZ,OM,PH,PL,PT,RO,RU,SC,SD,SE,SG,SK,SL,TJ,TM,TN,TR,TT,TZ,UA,UG,US,UZ,VC,VN,YU,ZA,ZM,ZW

- (72)発明者 カヒル スティーヴン ピー
アメリカ合衆国 マサチューセッツ州 02459 ニュートン アーノルド ロード 62
- (72)発明者 アーマン ジョナサン エス
アメリカ合衆国 マサチューセッツ州 01776 サドバリー ライト ロード 37
- (72)発明者 ギルスピー ジョン アール ジュニア
アメリカ合衆国 マサチューセッツ州 01970 セイラム リーチ ストリート 120
- (72)発明者 リ ユー シー
アメリカ合衆国 マサチューセッツ州 01867 リーディング オールド ファーム ロード 20
- (72)発明者 ネメッツ クリス
アメリカ合衆国 カリフォルニア州 93010 カマリロ タワー コート 890
- (72)発明者 シュラム ライナー
アメリカ合衆国 マサチューセッツ州 02149 エヴァレット クーリッジ ストリート 13
- (72)発明者 サリヴァン ケヴィン イー
アメリカ合衆国 マサチューセッツ州 02149 エヴァレット メイン ストリート 395
- (72)発明者 レスリー ウォルター ジェイ
アメリカ合衆国 マサチューセッツ州 01581 ウェストボロー ウェスト メイン ストリート 207
- (72)発明者 ウォールキ マイケル
アメリカ合衆国 マサチューセッツ州 01775 ストウ テイラー ロード 430
- (72)発明者 ペルスー カート
アメリカ合衆国 マサチューセッツ州 01778 ウェイランド シャーマン ブリッジ ロード 55
- (72)発明者 パクメル マイケル
アメリカ合衆国 マサチューセッツ州 01803 バーリントン ソーントン ドライヴ 14
- Fターム(参考) 4E068 AB00 CA03 CA04 CA07 CA09 CA11 CA14 CB01 CD14 DA10