

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特許公報(B2)

(11) 特許番号

特許第4527205号
(P4527205)

(45) 発行日 平成22年8月18日(2010.8.18)

(24) 登録日 平成22年6月11日(2010.6.11)

(51) Int.Cl.		F I		
GO 1 N	21/956	(2006.01)	GO 1 N	21/956 A
GO 6 T	1/00	(2006.01)	GO 6 T	1/00 3 0 5 A
			GO 6 T	1/00 4 2 0 A

請求項の数 14 (全 14 頁)

(21) 出願番号	特願平10-541894	(73) 特許権者	510017538
(86) (22) 出願日	平成10年3月30日(1998.3.30)		リアル・タイム・メトロロジー、インコーポレーテッド
(65) 公表番号	特表2001-519021(P2001-519021A)		アメリカ合衆国カリフォルニア州94542,ヘイワード,ノブ・ヒル・コート 28009
(43) 公表日	平成13年10月16日(2001.10.16)	(74) 代理人	100140109
(86) 国際出願番号	PCT/US1998/006222		弁理士 小野 新次郎
(87) 国際公開番号	W01998/044330	(74) 代理人	100089705
(87) 国際公開日	平成10年10月8日(1998.10.8)		弁理士 社本 一夫
審査請求日	平成17年3月30日(2005.3.30)	(74) 代理人	100075270
(31) 優先権主張番号	60/042,202		弁理士 小林 泰
(32) 優先日	平成9年3月31日(1997.3.31)	(74) 代理人	100080137
(33) 優先権主張国	米国(US)		弁理士 千葉 昭男

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 光学検査モジュール、及び統合プロセス工具内で基板上の粒子及び欠陥を検出するための方法

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項1】

システムの基板の一つの面全体上の粒子を検出するための光学検査モジュールにおいて、材料の移送アームを受け入れるようになった材料移送孔を持つ包囲体と、前記包囲体内の基板保持位置と、光線ビームポートを持つ光源と、前記光線ビームポートから前記基板保持位置まで延びる光線ビーム光路であって、前記基板の前記一つの面全体に対して垂直なベクトルから80°乃至90°のかすめ入射角度を持ち、前記一つの面全体を照光する光線ビーム光路と、前記基板保持位置まで伸び且つ前記基板の前記一つの面全体を照光する、明視野光線ビーム光路と、

前記一つの面全体の何等かの欠陥によって前記光線ビーム光路から散乱された非鏡面反射光を収集するように配向され、焦点面を持つレンズと、前記レンズの前記焦点面内に位置決めされた複数のピクセルを持ち、前記ピクセルの各々は前記一つの面全体の領域と対応し、前記複数のピクセルは、前記光線ビーム光路、前記明視野光線ビーム光路、及び前記基板保持位置の間で相互に移動することなく、前記一つの面全体をカバーする視野を互いに形成する、光電検出器アレイとを有しており、前記基板の前記一つの面全体は、配向特徴を備えた周囲を有しており、前記周囲の位置及び前記配向特徴の位置を確認するために、前記明視野光線ビーム光路及び前記レンズは、当該明視野光線ビーム光路からの鏡面反射光を収集するように配向される、光学検査モジ

10

20

ュール。

【請求項 2】

前記包囲体内の前記基板保持位置に固定された基板ホルダを更に有する、請求項 1 に記載の光学検査モジュール。

【請求項 3】

前記光学検査モジュールは、機械的に移動する構成要素が前記包囲体内にない、請求項 1 に記載の光学検査モジュール。

【請求項 4】

前記光線ビームポートは、広帯域の平行化された円形の光線ビームポートを含み、前記光線ビーム光路は、円形 - 矩形ビーム形状変換器を含む、請求項 1 に記載の光学検査モジュール。 10

【請求項 5】

前記光源は、単色レーザー光源を含む、請求項 1 に記載の光学検査モジュール。

【請求項 6】

前記レンズ及び前記光電検出器アレイは、電荷結合素子（「CCD」）アレイカメラを互いに構成する、請求項 1 に記載の光学検査モジュール。

【請求項 7】

前記 CCD アレイカメラは、スロースキャン冷却式 CCD アレイカメラを含む、請求項 6 に記載の光学検査モジュール。

【請求項 8】 20

前記レンズ及び前記光電検出器アレイは、ビデオカメラを互いに構成する、請求項 1 に記載の光学検査モジュール。

【請求項 9】

前記一つの面全体からの鏡面反射光を捕捉するため、前記光線ビーム光路及び前記基板保持位置に対して配向されたビーム捕捉装置を更に有する、請求項 1 に記載の光学検査モジュール。

【請求項 10】

収集された非鏡面反射光の前記焦点面内の前記複数のピクセルの各々での強さを計測するため、及び前記欠陥の存在を計測された強さの関数として確認するため、前記光電検出器アレイに接続された手段を更に有する、請求項 1 に記載の光学検査モジュール。 30

【請求項 11】

収集された非鏡面反射光の前記焦点面内の前記複数のピクセルのうちの少なくとも一つのピクセルでの強さを計測するため、及び計測された強さに基づいて表面粗さを計測するため、光電検出器アレイに連結された手段を更に有する、請求項 1 に記載の光学検査モジュール。

【請求項 12】

前記包囲体は真空チャンバを含む、請求項 1 に記載の光学検査モジュール。

【請求項 13】

前記光学検査モジュールはクラスター工具モジュールであり、前記移送アームは前記クラスター工具内の共通の移送アームである、請求項 1 に記載の光学検査モジュール。 40

【請求項 14】

前記一つの面全体は前記基板の一つの能動面全体である、請求項 1 に記載の光学検査モジュール。

【発明の詳細な説明】

発明の背景

本発明は、電子基板又は磁気基板上の粒子及び表面欠陥を検出するための光学検査装置に関する。更に詳細には、本発明は、統合（i n t e g r a t e d）処理環境内の基板全体を撮像するための装置に関する。

半導体ウェーハ等の電子基板の表面上に汚染粒子が存在すると、超小型電子装置製造プロセス中に欠陥が形成されることとなる。高い製造量を維持し、及びかくして製造費を低く 50

抑えるためには、汚染されたウェーハを製造プロセス中に確認し、クリーニングを行う必要がある。

一般的には、ウェーハ検査システムは、高感度の独立型検査システムとして形成されてきた。このシステムは、代表的には、検査されるべき基板を取り扱うための専用の材料取り扱いシステムを備えている。これらのシステムは、極めて小さな欠陥及び粒子に対する感度を提供するように設計されている。これは、一般的には、小さなレーザースポットの大きさ（レーザー走査システムの場合）又はカメラをベースとした検査システム用の高倍率対物レンズのいずれかを使用し、表面からの背景散乱を小さくすることによって行われる。更に、これらの検査システムの多くは、光リトグラフ蝕刻処理工程及び付着処理工程によって形成された半導体ウェーハ等のパターンを備えた基板を検査する場合、背景散乱を小さくするための特別の技術を使用する。かくして、これらのシステムは、設計が複雑であり且つ高価である。これらの検査システムが高価であるということは、必然的に、生産ラインに設けられたこのようなシステムの数が少ないということの意味する。その結果、粒子及び欠陥の検査の数が比較的少なく、間を置いて行われる。電子基板の処理において非常に多数の処理工程が必要とされるため、処理工程間のウェーハ検査の頻度が低く、そのため、汚染された基板が長期間に亘って検出されないままとなる。これは生産量を低くし、再加工費用が高くなる。

本発明は、これらの及び他の問題点を解決しようとするものであり、従来技術に対して他の利点を提供する。

発明の概要

本発明の光学式基板検出モジュールは、統合処理工程システムで基板の能動面の欠陥を検出する。検査モジュールは、包囲体、基板ホルダ、光源、光線ビーム光路、レンズ、及び光電検出器アレイを含む。光源は、光線ビームポートを有する。光線ビーム光路は、光線ビームポートから基板ホルダまで延びており、基板の能動面に関してかすめ入射角度を有する。光線ビーム光路は、能動面のほぼ全体を照光する。レンズは、能動面の何等かの欠陥によって光線ビーム光路から散乱された非鏡面反射光を収集するように配向されている。光電検出器アレイは、レンズの焦点面内に位置決めされた複数のピクセルを有する。各ピクセルは能動面の面積と対応し、複数のピクセルは、能動面のほぼ全体をカバーする視野を互いに形成する。

本発明の一つの特徴では、検査モジュールは、統合クラスター工具処理システムに組み込まれている。このシステムは、基板装填入力を持つ装填モジュール、複数の基板処理モジュール、及び光学検査モジュールを含む。共通の基板移送アームは、基板装填入力、基板処理モジュール及び検査モジュールの各々と基板移動路に沿って関連している。

本発明の別の特徴によれば、検査モジュールは、基板研磨 - 検査装置に組み込まれる。この装置は、研磨されるべき基板を搬送するための基板移動路、この基板移動路に沿って位置決めされた研磨ステーション、基板移動路に沿って研磨ステーションの下流に位置決めされたクリーニングステーション、基板移動路に沿ってクリーニングステーションの下流に位置決めされた乾燥ステーション、及び基板移動路に沿って乾燥ステーションの下流に位置決めされた基板検査ステーションを含む。

本発明の更に別の特徴は、基板の研磨 - 検査方法に関する。本発明の更に別の特徴は、半導体ウェーハの能動面の処理及び原位置検査を行うための半導体ウェーハ処理 - 検査チャンバに関する。

【図面の簡単な説明】

第1図は、本発明の一実施例による大面積光学検査モジュールの概略図である。

第2図は、明視野照光下の検査モジュールの基板画像の平面図である。

第3図は、基板の画像内のグレーレベルの関数としてピクセルの数の一例を示すヒストグラムである。

第4図は、かすめ角度で照光した基板画像を示すダイヤグラムである。

第5図は、記憶された背景画像を差し引いた後の第4図の基板画像を示すダイヤグラムである。

10

20

30

40

50

第 6 図は、本発明の検査モジュールを統合した多プロセスクラスター工具システムの概略図である。

第 7 図は、クラスター工具システムの代表的な処理順序を示すフローチャートである。

第 8 図は、クラスター工具移送アームの検査モジュールへの挿入を示す概略図である。

第 9 図は、基板処理モジュール内の原位置検査を示すダイヤグラムである。

第 10 図は、本発明の一実施例による基板研磨 - 検査装置の概略図である。

第 11 図は、第 10 図に示す装置に実行される処理工程を示すフローチャートである。

好ましい実施例の詳細な説明

第 1 図は、例えば半導体ウェーハ、フラットパネルディスプレイ、剛性磁気記録ディスク、及び電子装置パッケージング基板等の大きな基板上の粒子及び他の欠陥を検出するための大面積光学検査モジュール 10 の概略図である。検査モジュール 10 は、包囲体 12、光源 14 及び 15、ビーム調整ユニット 16、基板ホルダ 18、電荷結合素子 (CCD) アレイカメラ 20、光捕捉装置 22、隔壁 24、及びコンピューター制御装置 26 を含む。検査モジュール 10 は、包囲体 12 に設けられた入口、ゲート、又は扉 27 を更に含み、これを通して基板 28 等の基板を包囲体 12 に出し入れできる。包囲体 12 は、好ましくは、光を通さず、検査中の内外の迷光による有害な効果を最少にするため、光を吸収する内面 29 を有する。内部で発生した迷光からカメラ 20 をシールドするため、隔壁 24 にも光吸収面が設けられている。一実施例では、包囲体 12 は真空チャンバを形成し、包囲体 12 の内部にある構成要素は、真空適合性の構成要素である。

光源 14 は、ハウジング 30 及び光線ビームポート 32 を有する。光源 14 は、好ましくは、入射出力が高く且つ広帯域の定置光源を含む。例えば、光源 14 は、商業的に利用可能な 75 W 乃至 300 W のキセノンアーク灯又は 50 W 乃至 250 W の石英タングステンハロゲン (QTH) 灯を含み、これらの光源は、平行化された 2.54 cm 程度の直径の強さが均等な円形の光線ビームを光線ビームポート 32 を通して放出する。ランプハウジング 30 は、二つの光線ビームポート 32 を持つ対流冷却式ハウジング又は一つの光線ビームポート 32 を持つ空冷式ハウジングである。例えば、対流冷却式ハウジングは、最大 100 W の光源を収容でき、空冷式ハウジングは、最大 250 W の光源を収容できる。低出力の 50 W の光源が好ましい。これは、高出力の光源よりも平均寿命が遙かに長いためである。光源 14 は、交流 120 V の外部電源 (図示せず) を使用し、50 W でほぼ 1 A の電流を受け入れる。一実施例では、光源 14 は、光出力を監視し且つ制御する光度制御装置 23 を含む。光度制御装置 23 は、コンピューター制御装置 26 が光源灯の破損を検出し、欠陥の大きさの見積もるのを補助するため、コンピューター制御装置 26 に接続されている。

ビーム調整ユニット 16 は、光源 14 が放出した光線ビームを、光線ビーム出力 32、光線ビームを更に均等にするための調整器、及び光線ビームポート 32 から基板 28 の能動面までの光線ビーム光路 38 を画成するためのミラー 40 及び 41 等のミラーを通して賦形するための光学系を含む。一実施例では、ミラー 40 は二色性ミラーであり、光源 14 のスペクトル出力を 430 nm 乃至 620 nm の波長範囲に制限する。スペクトル出力の制限には、ビーム調整ユニット 16 での色収差が小さいため、画像の解像度が高いという利点がある。この波長範囲に亘る光源からの全出力は、270 mW と見積もられる。半波長板 46 を光線ビーム光路 38 内に位置決めし、s - 偏光を発生する。

光線ビーム光路 38 を通過する光線ビームは、基板 28 のほぼ全能動面を照光する。光線ビーム光路 38 は、基板 28 の能動面に対してかすめ入射角を形成するように配向されている。かすめ入射角は、基板 28 の能動面に対して垂直なベクトルから 80° 乃至 90° の入射角と定義される。出力を浪費せずに大きな入射角度で基板 28 を照光するため、ビーム調整ユニット 16 は、光線ビームポート 32 から受け取った円形の光線ビームを準矩形ビームに変換する。円形から矩形への変換は、一連の円筒形レンズによって、又は適当なビーム賦形光学系を各端に備えた円形 - 矩形光ファイバ束によって行うことができる。基板 28 は直径 48 を有する。一実施例では、検査モジュール 10 は直径が 200 mm の基板を検査するように形成されている。この実施例では、ビーム調整ユニット 16 は、円形

10

20

30

40

50

の光線ビームを、長さが200mm以上の準矩形のビームに変換し、基板28の全面を一度に照光できるようにする。

光源14には、広帯域光源の他に、高出力レーザー線発生器（例えば、670nmで500mWのラジリス社のマグナム型レーザー源）又は商業的に入手できるレーザー平行線発生源等の単色レーザー光源を含むのがよい。レーザー光源により、ビーム調整ユニット16は、基板28全体をかすめ角度で照光できるように、結果的に得られる光線ビームを膨張し且つ賦形する。

光源14からの光線ビームが基板28の能動面から反射されるとき、能動面上にある粒子又は他の表面欠陥が光線ビーム光路からの光線を散乱する。能動面からの散乱光は、非鏡面反射光と呼ばれる。欠陥による散乱光の強さは、欠陥の大きさの関数である。鏡面反射光50は、光捕捉装置22によって捕捉される。

カメラ20が基板28の上方に支持されており、基板28の能動面上の粒子及び他の欠陥から散乱された非鏡面反射光の画像計測を行うように配向されている。カメラ20は、好ましくは、粒径及び表面状態に関して検出を最適化できる可変の露光を有する。カメラ20は、好ましくは、商業的に入手できるフォトメトリックス300型シリーズのカメラ等の科学等級のスローキャン冷却式CCDカメラを含む。このカメラは、明るい背景上の弱い信号を検出するため、高S/N比モードで作動する。冷却式CCDカメラは、光電検出器アレイを冷却するため、熱電冷却装置等の能動的冷却装置を有する。冷却式CCDカメラは、電極暗電流が低い。スローキャンCCDカメラは、画像読み出し時間がビデオカメラよりも遙かに長く、光電検出器アレイの大きさに応じて毎秒0.1フレーム乃至10フレームである。更に、スローキャンCCDカメラは、連続的に作動する必要がなく、従って、検査モジュールは、指令に応じてスナップショット画像を捕捉する。スローキャンCCDカメラは、読み出しノイズが低い。変形例では、カメラ20はビデオカメラを含む。従来のビデオカメラは、毎秒30フレームで画像を発生し、連続モードで作動する。

カメラ20は、レンズ60及び電荷結合素子光電検出器アレイ62を含む。レンズ60は、基板28の能動面から散乱された光の一部を収集し、収集された散乱光を光電検出器アレイ62に加える。レンズ60には、選択された空間解像度に対して適当な光収集を行う、 $F/2.8$ で焦点距離が50mmの口径を持つ「拡大」レンズ等の商業的に入手できる高解像度カメラレンズが含まれる。レンズ60には、例えば、ローデンストック・アポ・ラダゴン-Nシリーズのレンズ又はラダゴンシリーズのレンズを含むことができる。可変倍率範囲のレンズを使用して様々な大きさの基板を撮像できる。

光電検出器アレイ62は、レンズ60の焦点面64内に位置決めされる。光電検出器アレイ62は複数のピクセルに分けられ、各ピクセルは、基板28の能動面上の単位面積と対応する。これらの複数のピクセルは、基板28の能動面のほぼ全体をカバーする視野66を互いに構成する。良好な空間解像度のため、大型の光電検出器アレイが望ましい。

一実施例では、光電検出器アレイ62は、 1024×1024 個のピクセルからなるアレイを含む。光電検出器アレイ62上での各ピクセルの面積は $24 \mu\text{m} \times 24 \mu\text{m}$ である。基板28の直径48が200mmである場合には、光電検出器アレイ62の 1024 個のピクセルからなる線が直径48に亘って延びている。これによって、約0.12倍の倍率が得られ、基板28の能動面上での撮像ピクセルの大きさは約 $200 \mu\text{m} \times 200 \mu\text{m}$ である。解像度を更に向上するため、例えば 2000×2000 個のアレイ及び 4000 個 \times 4000 個のアレイを持つ更に大きな光電検出器アレイフォーマットを使用できる。

カメラ20は、好ましくは、デジタル化装置及びコンピューターインターフェース回路を含み、光電検出器アレイ62の各ピクセル内で検出された光の強さを変換し、グレーレベル画像を形成する。グレーレベル画像を、8ビット又は16ビットのTIFFフォーマット等の標準フォーマットにコード化し、これを出力70に提供する。出力70は、例えば、8ビット、12ビット、又は16ビットの出力を含むことができる。12ビットの出力は、グレーレベル画像深さが4096の高鮮明度画像を提供する。16ビットの出力は、65536グレーレベル画像深さを提供する。

10

20

30

40

50

コンピューター制御装置 26 は、好ましくは、標準的な通信インターフェース 72 及び 74 を持つ、インテル（インテル（Intel）は登録商標である）社のペンティアム（ペンティアム（Pentium）は登録商標である）マイクロプロセッサを使用したワークステーションを含む。インターフェース 72 は出力 70 に接続されており、コンピューター制御装置 26 をカメラ 20 に繋ぐことができる。インターフェース 72 には、例えば、RS232 インターフェース又は IEEE 488 インターフェースが含まれる。インターフェース 74 は、コンピューター制御装置 26 を多プロセスクラスターシステムの他のコンピューターに繋ぐことができるように、例えば SCSI インターフェースを含むことができる。他のコンピューターに送られる情報には、例えば、検査条件、検査データ、分析結果、合格 / 不合格信号、又は試験工程情報等が含まれる。

10

コンピューター制御装置 26 には、カメラ 20 の作動を制御し、他のコンピューターと通信し、カメラ 20 が捕捉した画像を分析するためのソフトウェアドライバーが設けられている。全てのソフトウェアは、コンピューター制御装置 26 と関連したメモリー（図示せず）に記憶されている。検査中にカメラ 20 が捕捉した画像はコンピューター制御装置 26 によって処理され、粒子及び他の欠陥を確認し、計数する。他の欠陥には、引っ掻き傷、汚れ、残滓、指紋、及びピット等が含まれる。検査には、様々な照光条件でカメラを数回露光する工程が含まれる。これらの照光条件には、(i) 基板 28 の配向を決定する目的で明視野照光状態で基板 28 の画像を得ること、及び (ii) 基板 28 の能動面上の欠陥の高品質で低ノイズの画像を得る目的で、かすめ角度で照光された基板 28 の一つ又はそれ以上の画像を得ることが含まれる。

20

明視野照光は、副光源 15 によって行われる。光源 15 は、基板 28 の能動面に対して実質的に垂直方向に配向された光線ビーム 82 を発生し、基板 28 の能動面のほぼ全体を照光する。基板 28 の表面からの鏡面反射光をレンズ 60 で集め、光電検出器アレイ 62 に加える。明視野照光状態で得られた画像をコンピューター 26 で分析し、縁部検出ソフトウェアを使用して基板 28 の周囲を検出する。

第 2 図は、カメラ 20 の視野 66 内の、光源 15 による明視野照光下での基板 28 の画像の平面図である。視野 66 は、基板 28 の能動面 90 のほぼ全体をカバーする。第 2 図に示す実施例では、基板 28 は、縁部検出ソフトウェア用のウェーハ平坦部（図示せず）又は切欠き（図示せず）等の配向特徴 94 を持つ周囲 92 を含む。周囲 92 の位置及び配向特徴 94 の位置を使用し、カメラ 20 に関する基板 28 の配向を決定する。この情報は、次の検査工程で検出された粒子又は他の欠陥の位置を決定するための基準座標系を定めるために使用できる。例えば、原点 96 を周囲 92 の円弧部分の中心に持ち、Y 軸 98 が配向特徴 94 を二分し、X 軸 100 が Y 軸 98 に対して垂直なデカルト基準座標系を定める。次いで、検出された粒子 102 の位置を Y 軸 98 及び X 軸 100 に沿って原点 96 に対して決定できる。

30

ひとたび基板 28 の配向を定めた後、光源 14 によってかすめ角度で照光された状態で、カメラ 20 が基板 28 の画像を捕捉する。これらの画像をコンピューター制御装置 26 で分析し、能動面 90 上の粒子及び他の欠陥の数及び位置を決定する。基板 28 の各単位面積内の粒子及び他の欠陥の存在は、光電検出器アレイ 62 の対応するピクセル内で計測された強さの関数として同定される。一実施例では、各ピクセル内の計測された強さ、即ちグレーレベル値を、確認された閾値と比較する。これによって、粒子による光の散乱を表面粗さによって生じる光の散乱から区別できる。強さが強さ閾値を越えたことが計測されたピクセルの各々は、粒子又は他の欠陥を持つ基板 28 の領域と対応する。基板 28 の粒子又は欠陥の位置のリストを、これらのピクセルの各々の、光電検出器アレイ 62 の他のピクセルに対する位置に基づいて発生する。多数の強さ閾値レベルを使用することもできる。

40

基板 28 の能動面 90 にある粒子の総数を、強さ閾値を越えた強さを計測したピクセルの数の計数に基づいて発生する。一実施例では、光電検出器アレイ 62 内で互いに空間的に隣接したピクセル群は、能動面 90 上の単一の欠陥を表すものと考えられる。欠陥の形状を分析し、欠陥群の種類を、粒子、汚れ、指紋、又は引っ掻き傷というように分類できる

50

。第3図は、ピクセル数の一例を基板28の画像中のグレーレベル値の関数として示すヒストグラムである。線110は、強さ閾値を表す。グレーレベル値が強さ閾値110以上のピクセルは、所定以上の大きさの粒子から散乱された光によって賦勢されたピクセルである。

粒子及び欠陥に対して最も高い感度を得るため、画像向上化技術を使用できる。例えば、同じ基板の多数の画像を平均化し、ランダムノイズを減少する。更に、背景差引き (background subtraction) を適用することによって、粒子による光線の散乱と表面粗さによる光線の散乱即ち曇りとの間のコントラストを改良できる。一実施例では、基板28の表面粗さを表す表面粗さの強さの値を、各ピクセル位置で計測された強さから、この計測された強さを強さ閾値と比較する前に減じる。

10

変形例では、コンピューター制御装置26は、同様の照明条件で、幾つかの明瞭な欠陥のない基板の背景画像を得る。コンピューター制御装置26は、これらの背景画像を平均し、結果的に得られた画像をメモリーに記憶する。基板28等の基板の検査中、記憶された平均化された背景画像をメモリーから引き出し、これを基板28の得られた画像から差し引く。

第4図は、基板がかすめ角度で照光された状態でカメラ20が得た基板28の画像130を示す図である。一つの粒子132が画像130上の明るい点によって表されている。明るい点と画像の残りの部分との間のコントラストは幾分低い。第5図は、記憶された背景画像を差し引いた後の基板28の画像134を示す図である。粒子132と画像の残りの部分との間のコントラストが改善される。

20

背景表面粗さによって散乱された光線の強さが空間的に不均等であるため、コンピューター制御装置26は、好ましくは、強さ閾値110の適用前に背景差引き工程を行う。背景強さは空間的に不均等である。これは、照光強さが不均等であるため、表面粗さ即ち曇りの分布が不均等であるため、又はその両方の組み合わせのためである。

電子半導体ウェーハ等のパターンを備えた基板については、背景強さ分布は、基板の種類及び照光に関する基板の配向に従って或る程度変化する。所定範囲の基板の種類及び配向を得ることができ、コンピューター制御装置26の背景ライブラリーに記憶できる。検査中、コンピューター制御装置26は、検査を受ける基板の種類及び配向と対応する背景画像を背景ライブラリーから選択し、次いで、選択された背景画像を、得られた画像から差し引くことができる。別の態様では、コンピューター制御装置26は、実質的に粒子がないことが確認された隣接したピクセルの計測された強さの値を平均化することによって得られた、所与のピクセルでの局部領域背景概算値を使用して背景差引きを行うことができる。

30

コンピューター制御装置26には、好ましくは、欠陥検出ソフトウェアの他に、「制御不能」プロセス状態を検出するため、検査した基板から得られた画像の信号分析を実行するソフトウェアが設けられている。一実施例では、制御不能プロセス状態は、検査した基板から得られた画像を、制御不能プロセス状態と関連していることが予め分かっている信号ライブラリーからの画像と比較することによって、検出される。

第1図乃至第5図に示し且つこれらの図を参照して説明した検査モジュール10は、多プロセス「クラスター工具」システムの幾つかの処理モジュールのうちの一つとして容易に統合できる。クラスター工具は、共通の材料取り扱いインターフェース及び共通のコンピューター通信インターフェースによって関連した、環境的に孤立した一組の処理チャンバ即ちモジュールを含む製造システムである。共通の材料取り扱いインターフェースは、加工物をシステムの様々なモジュール間で移送する。共通のコンピューター通信インターフェースは、順次処理工程を制御する。多数の作業を単一の製造システム内に纏めること、即ちクラスタリングにより、プロセスの生産量が増加し(ウェーハの取り扱いが少なくなり、プロセス制御が良好に行われるため)、プロセスのサイクル時間が減少する。付着及び蝕刻を行うための真空クラスター工具、及びリソグラフィクラスター工具等の数種類のクラスタリングシステムがある。本発明の検査モジュールは、簡単で低価格でコンパクトな

40

50

ウェーハ検査システムを提供する。このシステムは、加工と検査との間の検査時間を最少にできるように、このようなクラスター工具システムに統合できる。例えば、本発明の検査モジュールは、基板研磨装置又はクリーニング装置に統合して、基板のクリーニング及び検査を行うためのクラスター工具システムを形成できる。

第6図は、本発明の検査モジュールを統合した多プロセスクラスター工具システムの概略図である。クラスター工具システム200は、装填入力204及び取り出し出力206を持つ基板出し入れモジュール202を含む。一実施例では、装填入力204及び取り出し出力206は、クラスター工具システム200に出し入れされるべき複数の基板を保持する基板キャリアを含む。クラスター工具システム200は、複数の基板処理ステーション208-211を更に含む。処理モジュール212-214は、処理ステーション208-210に夫々位置決めされている。検査モジュール10は、処理ステーション211に位置決めされている。各処理モジュール212-214は、夫々の処理モジュールチャンバへのアクセスを提供する処理チャンバ入口216を有する。同様に、検査モジュール10は、検査モジュールへのアクセスを提供するための出口を含む。

共通の材料移送アーム220が、基板装填入力204、基板取り出し入口206、処理モジュール212-214、及び検査モジュール10を所定の基板移動路に沿って関連させる。第6図では、移送アーム220は、基板222を処理モジュール214内に移送する状態で示してある。基板222を検査しようとするとき、移送アーム220は、基板222を入口27を通して検査モジュール10の包囲体内に移送する。

上文中に説明したように、検査モジュールコンピューター制御装置26は、検査作業を制御し、画像分析を行うため、検査モジュール10に接続されている。検査モジュールコンピューター制御装置26は、更に、クラスター工具システム200及びその移送アーム220を制御するクラスター工具コンピューター232に接続されている。検査モジュールコンピューター制御装置26は、コンピューター232によって決定された全処理順序での検査工程の順番を定めるため、クラスター工具コンピューター232と通信する。本発明の幾つかの実施例では、移送アーム220は、それ自体のコンピューター制御装置234によって制御される。検査モジュールコンピューター制御装置26は、移送アームコンピューター制御装置234と通信するため、移送アームコンピューター制御装置234に接続されている。

一実施例では、クラスター工具システム200は、基板研磨-検査クラスター工程システムであり、このシステムでは、基板処理モジュール212は、基板研磨即ち平坦化モジュールを含み、基板処理モジュール213は、スクラビングモジュールを含み、基板処理モジュール214は、濯ぎモジュールを含む。スクラビング及び濯ぎを行った後に検査前に基板を乾燥させるため、追加の基板処理モジュール(第6図には図示せず)を加えることもできる。

第7図は、クラスター工具システム200内での基板222についての代表的な処理順序を示すフローチャートである。工程242では、移送アーム200が基板222を基板装填入力204から装填する。工程244では、処理前検査を行うために移送アーム220が基板222を検査モジュール10に移送する。ひとたび処理前検査を完了した後、工程246-250で移送アーム220が基板222を検査モジュール210から処理モジュール212-214に移送する。工程252では、処理後検査を行うため、移送アーム220が基板222を処理モジュール214から検査モジュール10に移送する。最後に、工程254で移送アーム220が基板222を基板取り出し出力206に移送する。

第8図は、移送アーム220による基板222の挿入を詳細に示す、検査モジュール10の概略図である。第8図において、同じ又は同様のエレメントについて第1図及び第6図で使用されたのと同じ参照番号を使用する。移送アーム220は、基板222が包囲体12の外側に位置決めされた、検査モジュール10に対して引っ込められた位置260(仮想線で示す)を有する。移送アーム220は、基板222が包囲体12の内部に位置決めされた伸長位置262を有する。伸長位置262では、移送アーム220は、入口27を通過して延びている。移送アーム220は、好ましくは、検査処理中、基板222を光線ビ

10

20

30

40

50

ーム光路38及びカメラ20に対して所定の基板保持位置に支持する。第1図に示すホルダ18等の別体のホルダは必要ない。これにより、基板と追加のホルダとの間の接触により基板222の後側が汚染されることがない。第8図に示す実施例の別の大きな利点は、包囲体12内で機械的に移動するエレメントが移送アーム220以外にないということである。これは、基板222の能動面が汚染される機会を少なくする。これは、基板上に落ちる粒子を発生する機械的摩耗がシステム内にないためである。全ての移動部品を無くすことにより、検査モジュール10の信頼性が高くなる。これは、半導体製造機器についての重要な特徴である。移動部品をないため、検査モジュール10は、基板全体を検査できるようにするために基板又は光源の並進移動又は回転移動等の移動を必要とする検査システムよりも簡単であり且つ安価である。

10

別の実施例では、本発明の検査モジュールは、基板処理チャンバ内の基板上的粒子の原位置検査(in situ inspection)を行うように形成されている。第9図は、原位置検査を示す概略図である。検査モジュール299は、光源300、ビーム賦形-案内光学系302、カメラ304、光捕捉装置306、及びコンピューター制御装置326を含む。これらのエレメントは、第1図に示すエレメントとほぼ同じである。しかしながら、第9図に示す実施例では、これらのエレメントは半導体処理チャンバ308の外側に配置されている。

基板310は、チャンバ308内でホルダ312上に支持されている。基板処理装置314は、基板310に製造-処理工程を実施するため、基板ホルダ312に対してチャンバ308内に支持されている。基板処理装置314には、例えば、真空下で作動する付着装置又は蝕刻装置が含まれる。本発明の一実施例では、チャンバ308はロードロック(load lock)チャンバであり、基板を次の真空処理チャンバ内に移送する前にチャンバ内の空気を排出して負圧にする。チャンバ308は、光学的に透明な窓320を含む。光源300及び光学系302は、光源が窓320を通して基板319の能動面のほぼ全体を能動面に関してかすめ入射角度で照光するように、窓320に対して支持されている。カメラ304は、チャンバ308の上面上に支持されており、基板310の能動面のほぼ全体をカバーする別の光学的に透明な窓321を通して視野322を有する。カメラ304は、能動面上の何等かの粒子又は他の欠陥から散乱された非鏡面反射光の部分を検出するように配向されている。ひとたびカメラ304が基板310の画像を捉えると、カメラ304は、能動面の単位面積あたりの検出された非鏡面反射光の強さを表すデジタル出力324を発生する。コンピューター制御装置326は出力324に連結されており、上文中に論じた粒子検出機能及び粒子分析機能を実行する。

20

30

鏡面反射光330を光捕捉装置306に伝達するため、光学的に透明な第2窓328がチャンバ308の壁に位置決めされている。第9図に示す実施例は、検査モジュールに収容するために別の検査ステーションを利用できない場合にクラスター工具システムで使用できる。第9図に示す実施例は、粒子の原位置検出性能を持つように現存の装置を改造するのにも使用できる。

本発明の検査モジュールは、化学的機械的研磨(CMP)プロセス等の基板研磨プロセスで使用するのに特に適している。CMPプロセスでは、基板には、球状平坦化が加えられる。球状平坦化(global planarization)を受ける基板には、例えば、半導体ウェーハ、多チップモジュール電子装置パッケージング基板、剛性ディスク駆動媒体、フラットパネルディスプレイ、及び超小型電気機械的センサ基板が含まれる。基板研磨は「汚れる」作業である。これは、粒子をベースとしたスラリーを研磨用コンパウンドとして使用するためである。従って、基板は、通常は、研磨作業の後にクリーニングが施され、クリーニング処理の有効性を確認するためにクリーニング後に基板の検査を行う必要がある。研磨作業により、比較的滑らかな平坦化された表面が得られ、こうした表面は、本発明による処理後かすめ角度検査工程に特に適している。パターンを備えた半導体ウェーハについては、基板表面のパターンからの光線の散乱は、存在するとしても、最少にされる。従って、パターンを備えた基板の画像をフィルタにかける複雑で時間のかかる検査プロセス及び分析技術が必要とされない。

40

50

第10図は、基板研磨 - 検査装置400の概略図である。これは、統合クラスター工具システムとして、又は本発明の様々な実施例による別体の自蔵式ユニットとして形成できる。第11図は、第10図に示す装置で実施される処理工程を示すフローチャートである。装置400は、基板移動路412に沿って位置決めされた基板装填キャリア402、基板研磨ステーション404、基板クリーニングステーション406、基板検査ステーション408、及び基板取り出しキャリア410を含む。基板装填キャリア402は、研磨されるべき複数の基板414を保持する。基板414は、第6図に示すアームと同様の共通の材料移送アームによってステーションからステーションに移送できる。

工程430では、一つ又はそれ以上の基板414がキャリア402から装填され、基板研磨ステーション(即ちクラスター工具モジュール)404内に置かれ、ここで工程431で平坦化される。基板研磨ステーション404は、ステーション404への基板の出し入れ及びステーション404内での研磨工程の順序を制御するコンピューターを使用した制御装置440を有する。この制御装置440は、装置400の全処理順序を制御し、共通の基板移送アームが設けられている場合にはこれを制御し、各処理 - 検査ステーションの状態を監視し、使用者インターフェースを提供するためのマスター制御装置としても役立つ。

研磨後、基板414を基板研磨ステーション404から取り出し、工程432でクリーニングステーション406内の基板保持タンク416に置く。保持タンク416は水418で充填されており、基板414を覆っている。これにより、研磨ステーション404で使用された研磨コンパウンドが、基板のクリーニング前に各基板414上で乾燥しないようにする。工程433では、好ましくは回転ブラシスクラバー420を適当な界面活性剤とともに使用して基板414の両面を水分を用いてクリーニングする。次に、好ましくは清浄な濾過済の脱イオン水を用いてスプレー機422によって基板414を濯ぐ。工程435では、基板414を乾燥ステーション424で乾燥する。基板414の乾燥は、好ましくは、基板を矢印426が示す方向に回転させることによって行われる。クリーニングステーション406は、ステーション406内での様々なクリーニング工程を制御するため、及び制御装置440と通信するため、一つ又はそれ以上の制御装置441を含むことができる。例えば、制御装置441は、状態についての情報及び基板を各クリーニング工程内に移送し、これから出す順番についての情報を通信できる。

基板414のクリーニング後、基板を基板クリーニングステーション406から取り出し、工程436で基板検査ステーション408に装填する。このステーションで、研磨及びクリーニング後に基板上に残る粒子及び他の欠陥について各基板を検査する。基板検査ステーション408は、好ましくは、第1図に示したのと同様の検査モジュールを含み、基板414の能動面のほぼ全体を、基板の能動面に関してかすめ入射角度で配向された光線ビームで照光する。研磨及びクリーニング後に能動面上に残る何らかの欠陥は、光線ビームからの光線を散乱する。散乱光は、第1図に示す光電検出器アレイ62等の光電検出器アレイに加えられる。光電検出器アレイの各ピクセルは、基板の能動面の単位面積と対応する。複数のピクセルは、能動面のほぼ全体をカバーする視野を互いに構成する。次いで、光電検出器アレイに加えられた散乱光の強さを計測する。第1図に示す制御装置26と同様のコンピューター制御装置442が、上文中に論じた検出手順及び分析手順を実行する。検査後、工程437で各基板414を検査ステーション408から取り出し、基板取り出しキャリア410に装填する。

制御装置442は、状態情報を通信するため、及び検査モジュール408への基板の出し入れ順序を定めるため、制御装置440及び441に接続されている。一実施例では、制御装置442は、各検査の結果をマスター制御装置440及び制御装置441に伝える。マスター制御装置440は、検査結果に基づいて、適当なデータをその使用者インターフェースに提供するか或いは、必要であれば、選択された基板について追加の処理工程を実施する。例えば、最大表面粗さ試験又は欠陥試験等の特定の検査試験に特定の基板が合格しなかった場合には、マスター制御装置440は、不合格の表示を制御装置422から受け取り、この基板について、研磨ステーション404、クリーニングステーション406

10

20

30

40

50

、又は検査ステーション408を通過する追加の順序を定める。各制御装置間の通信は、例えば、標準的なSECS通信インターフェースを通して行われる。

結論

本発明の基板検査モジュールは、複雑さが比較的低く、基板全体を一度に撮像することによって、検査サイクル時間を最小にして最適の感度を提供する。検査モジュールの基板検査サイクル時間は、従来の基板検査方法についての数十秒と比べて10秒以下である。これにより、アームを他のタスクに利用できる時間の量を大幅に減少することなく、共通の移送アーム上に基板を着座させた状態で基板を検査できる。更に、これによって、プロセスの全処理量に大きな影響を及ぼすことなく、検査モジュールを多工程プロセスに統合できる。モジュール自体には移動部品がない。これにより、粒子の発生が少なくなり、検査

10

サイクル時間を更に短くする。検査モジュールは、更に、真空下で作動する処理チャンバを含む基板処理チャンバ内で、ウェーハ上の粒子の原位置検出を行うことができる。本発明の検出モジュールの別の利点は、研磨作業及びクリーニング作業後に基板上的粒子を検出するのに特に適しているということである。

本発明を好ましい実施例を参照して説明したが、本発明の精神及び範囲から逸脱することなく、形態及び詳細に変更を施すことができるということは当業者には理解されよう。

【図1】

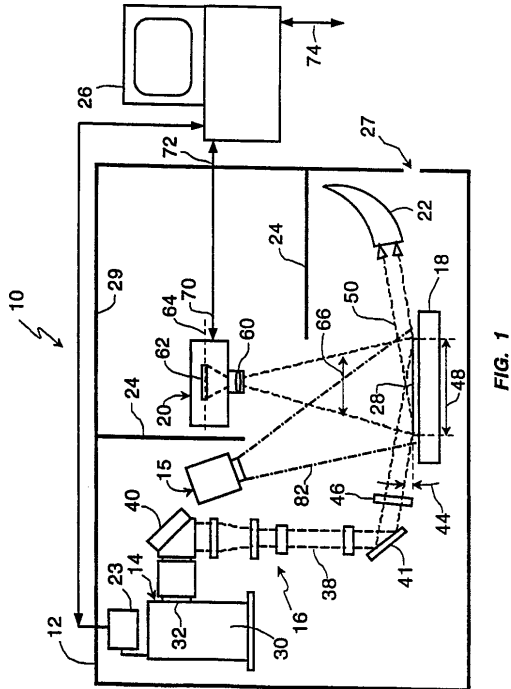


FIG. 1

【図2】

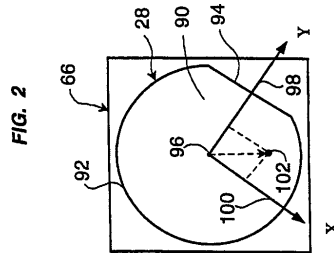


FIG. 2

【図3】

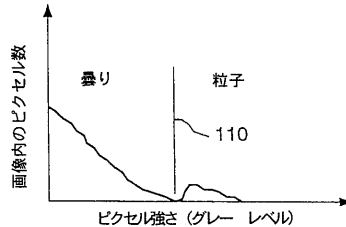


FIG. 3

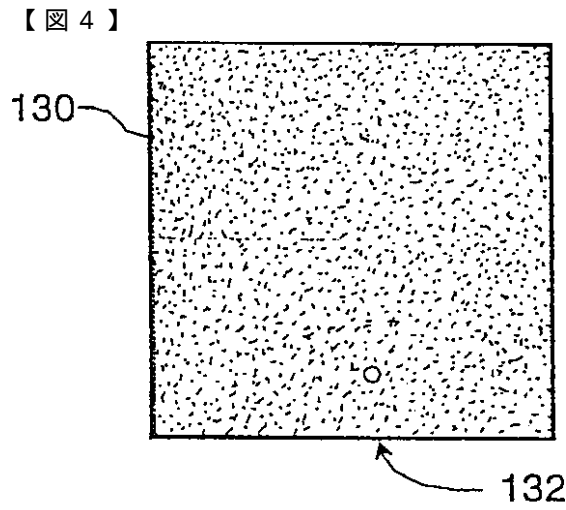


FIG. 4

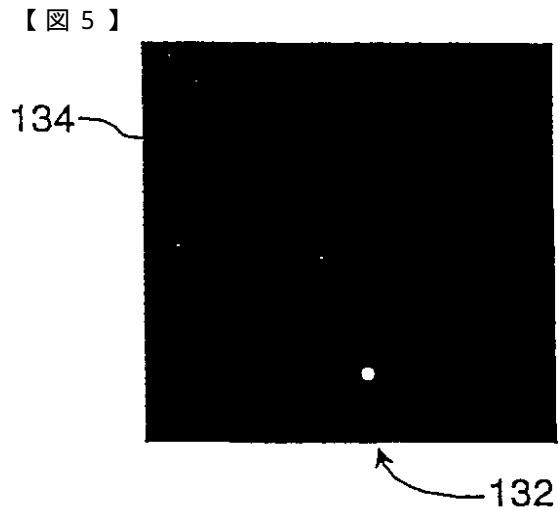


FIG. 5

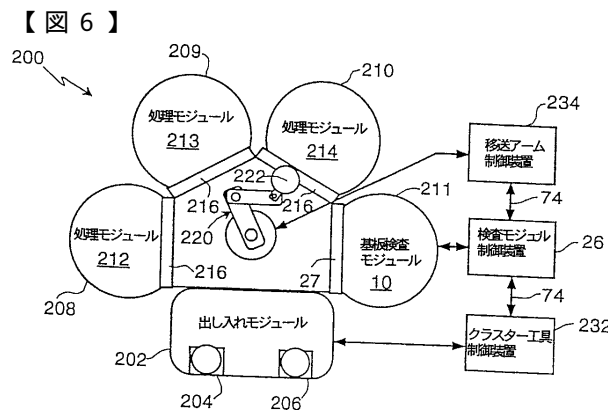


FIG. 6

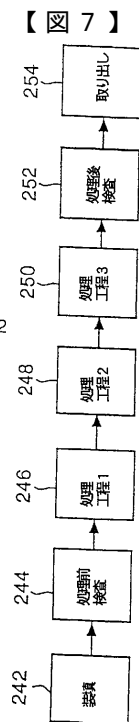


FIG. 7

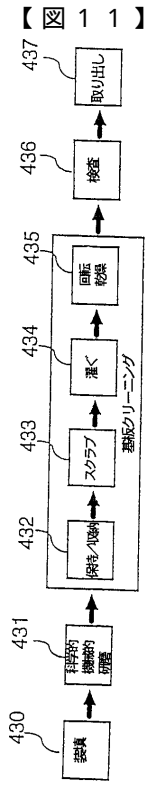


FIG. 11

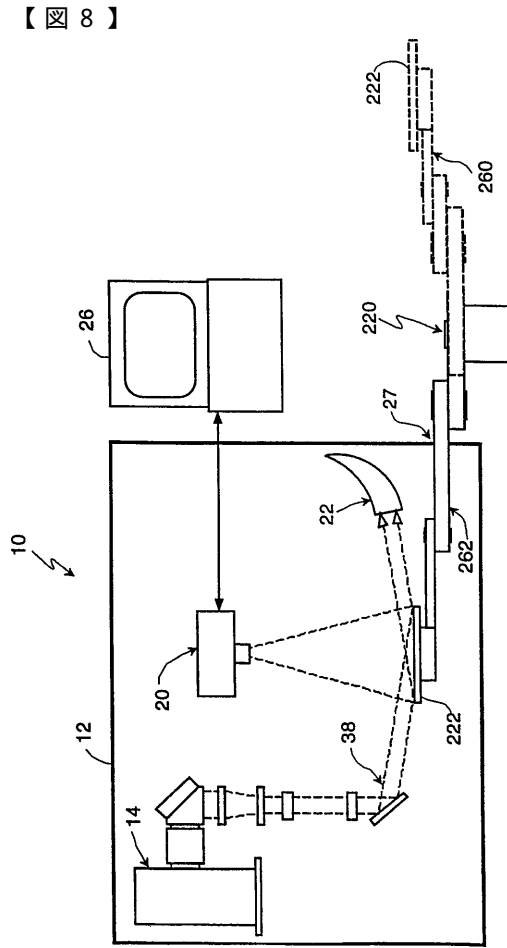


FIG. 8

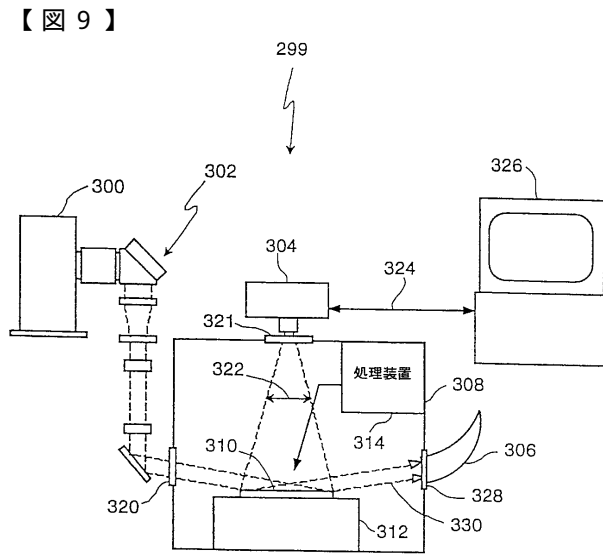


FIG. 9

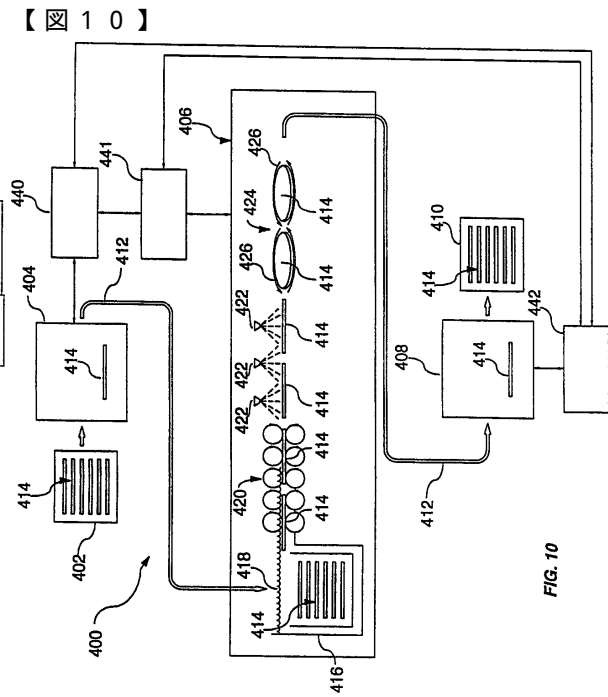


FIG. 10

フロントページの続き

(74)代理人 100096013

弁理士 富田 博行

(74)代理人 100141025

弁理士 阿久津 勝久

(72)発明者 キニー, パトリック・ディー

アメリカ合衆国カリフォルニア州95051, サンタ・クララ, ポメロイ・アベニュー 865,
アパートメント 320ビー

(72)発明者 ラオ, ナガラジャ・ピー

アメリカ合衆国ミネソタ州55414, ミネアポリス, リバー・テラス・コート 12, ナンバー
102

審査官 荒巻 慎哉

(56)参考文献 特開平08-075661(JP, A)

特開平05-322781(JP, A)

特公平04-035025(JB, B2)

特開平10-206341(JP, A)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

G01N 21/84 - 21/956

G06T 1/00