

(12) 特許協力条約に基づいて公開された国際出願

(19) 世界知的所有権機関  
国際事務局



(43) 国際公開日  
2010年10月28日(28.10.2010)

PCT

(10) 国際公開番号  
WO 2010/123074 A1

- (51) 国際特許分類:  
G01N 21/956 (2006.01)
- (21) 国際出願番号: PCT/JP2010/057164
- (22) 国際出願日: 2010年4月22日(22.04.2010)
- (25) 国際出願の言語: 日本語
- (26) 国際公開の言語: 日本語
- (30) 優先権データ:  
特願 2009-105913 2009年4月24日(24.04.2009) JP
- (71) 出願人 (米国を除く全ての指定国について): 株式会社日立ハイテクノロジーズ (HITACHI HIGH-TECHNOLOGIES CORPORATION) [JP/JP]; 〒1058717 東京都港区西新橋一丁目24番14号 Tokyo (JP).
- (72) 発明者; および
- (75) 発明者/出願人 (米国についてのみ): 芝田 行広 (SHIBATA, Yukihiko) [JP/JP]; 〒2440817 神奈川県横浜市戸塚区吉田町292番地 株式会社日立製作所 生産技術研究所内 Kanagawa (JP). 中田 俊彦 (NAKATA, Toshihiko) [JP/JP]; 〒2440817 神奈川県横浜市戸塚区吉田町292番地 株式会社日立製作所 生産技術研究所内 Kanagawa (JP). 上野 剛渡 (UENO, Taketo) [JP/JP]; 〒

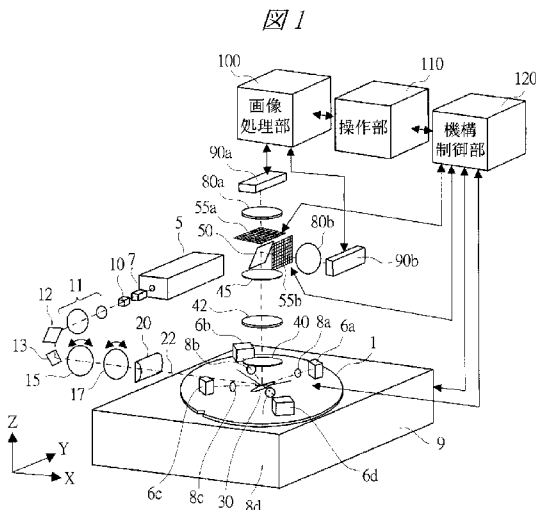
- 2440817 神奈川県横浜市戸塚区吉田町292番地 株式会社日立製作所 生産技術研究所内 Kanagawa (JP). 谷口 敦史 (TANIGUCHI, Atsushi) [JP/JP]; 〒2440817 神奈川県横浜市戸塚区吉田町292番地 株式会社日立製作所 生産技術研究所内 Kanagawa (JP). 本田 敏文 (HONDA, Toshifumi) [JP/JP]; 〒2440817 神奈川県横浜市戸塚区吉田町292番地 株式会社日立製作所 生産技術研究所内 Kanagawa (JP).
- (74) 代理人: 筒井 大和 (TSUTSUI, Yamato); 〒1600022 東京都新宿区新宿2丁目3番10号 新宿御苑ビル3階 筒井国際特許事務所 Tokyo (JP).
- (81) 指定国 (表示のない限り、全ての種類の国内保護が可能): AE, AG, AL, AM, AO, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CL, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IS, KE, KG, KM, KN, KP, KR, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LT, LU, LY, MA, MD, ME, MG, MK, MN, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PE, PG, PH, PL, PT, RO, RS, RU, SC, SD, SE, SG, SK, SL, SM, ST, SV, SY, TH, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, ZA, ZM, ZW.

[続葉有]

(54) Title: DEFECT INSPECTING METHOD AND DEFECT INSPECTING APPARATUS

(54) 発明の名称: 欠陥検査方法および欠陥検査装置

[図1]



100 IMAGE PROCESSING UNIT  
110 OPERATING UNIT  
120 MACHINE CONTROL UNIT

(57) Abstract: Provided are a defect inspecting method and a defect inspecting apparatus by which a defect can be detected with a high sensitivity and a high capturing rate even on various patterns provided on a wafer. In the defect inspecting apparatus, an illuminating optical system is composed of two systems, i.e., coherent illumination system using a laser device (5), and incoherent illumination system using LEDs (6a, 6b, 6c, 6d). A detection system is branched into optical paths corresponding to each illuminating light, spatial modulation elements (55a, 55b) are disposed in the detection optical paths, respectively, scattering light which disturbs sensitivity is blocked by means of the spatial modulation elements (55a, 55b), and the scattering light passed through the spatial modulation elements (55a, 55b) is detected by means of image sensors (90a, 90b) disposed in the optical paths, respectively. Then, the images detected by means of the two image sensors (90a, 90b) are compared with each other and a defect candidate is determined.

(57) 要約: ウェハ上に存在する多種多様なパターン上においても欠陥を高感度且つ高捕捉率で検出する欠陥検査方法および欠陥検査装置である。欠陥検査装置において、照明光学系をレーザ5によるコヒーレント照明とLED6a、6b、6c、6dによるインコヒーレント照明の2系統とし、検出系ではそれぞれの照明光に対応した光路に分岐し、それぞれの検出光路に空間変調素子55a、55bを配置し、それぞれ空間変調素子55a、55bにて感度を阻害する散乱光を遮光し、空間変調素子55a、55bを透過した散乱光をそれぞれの光路に配置したイメージセンサ90a、90bにて検出し、これら、2つのイメージセンサ90a、90bにて検出した画像を比較処理して、欠陥候補を判定する。

WO 2010/123074 A1



(84) 指定国 (表示のない限り、全ての種類の広域保護が可能): ARIPO (BW, GH, GM, KE, LR, LS, MW, MZ, NA, SD, SL, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), ユーラシア (AM, AZ, BY, KG, KZ, MD, RU, TJ, TM), ヨーロッパ (AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, LV, MC, MK, MT, NL, NO, PL, PT, RO, SE, SI, SK, SM, TR), OAPI (BF, BJ,

CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

添付公開書類:

— 国際調査報告 (条約第 21 条(3))

## 明 細 書

**発明の名称**：欠陥検査方法および欠陥検査装置

### 技術分野

[0001] 本発明は、半導体製造工程やフラットパネルディスプレイの製造工程に代表される薄膜プロセスを経てウェハ上に形成された微細パターンの欠陥や異物などの欠陥検査方法および欠陥検査装置に関するものである。

### 背景技術

[0002] 従来の半導体検査装置として、国際公開第WO2003/069263号パンフレット（特許文献1）がある。この検査装置は、ウェハ表面を斜方よりレーザ光照明してウェハ上での散乱光を検出する暗視野検出光学系を搭載している。この光学系には周期的なパターンからの回折光を対物レンズの後側焦点位置（射出瞳位置）に配置した空間フィルタにより遮光している。

### 先行技術文献

#### 特許文献

[0003] 特許文献1：国際公開第WO2003/069263号パンフレット

### 発明の概要

#### 発明が解決しようとする課題

[0004] ウェハ上には様々なパターンが形成されており、欠陥の種類も発生原因に応じて多様である。DRAM（Dynamic Random Access Memory）等に代表されるパターンは、周期的なパターンが配線されており、周期パターンからの回折光を空間フィルタにて遮光可能である。

[0005] しかし、ウェハ上には論理演算部（ロジック部）のように、非周期的なパターンも存在する。この非周期パターン部の散乱光は、対物レンズのフーリエ変換面にて周期パターンとは異なる領域に散乱する。

[0006] さらに、論理演算部のロジックパターンからの散乱光は、メモリ部のように点状に分布するのではなく、広がりが大きいためパターンからの散乱光を全て遮光することはできない。このため、メモリとロジックを混載した半導

体を高感度に検査する場合、以下のような問題があった。

(1) メモリ部とロジック部で異なる空間フィルタを設定する必要がある。

(2) ロジック部ではパターンからの散乱光を完全には遮光することが不可能なため、パターン像の明るさ変動が検査感度を阻害する要因となる。このため、ロジックパターン像を安定検出する必要がある。

(3) メモリ部に対してロジック部では、パターンが明るく検出されるため、照明光を一定として画像を検出すると、メモリ部に対してロジック部の明るさが光検出器の飽和レベルに達してしまい、ロジック部が実質非検査になってしまう。

[0007] そこで、本発明の目的は、ウェハ上に存在する多種多様なパターン上においても欠陥を高感度且つ高捕捉率で検出する欠陥検査方法および欠陥検査装置を提供することにある。

[0008] 本発明の前記ならびにその他の目的と新規な特徴は、本明細書の記述および添付図面から明らかになるであろう。

### 課題を解決するための手段

[0009] 本願において開示される発明のうち、代表的なものの概要を簡単に説明すれば、次の通りである。

[0010] すなわち、代表的なものの概要は、レーザを光源として試料の法線に対して斜方よりコヒーレント照明する第1の照明手段と、第1の照明手段とは異なる波長のインコヒーレント光を照明する第2の照明手段と、試料からの散乱光を捕捉する検出系と、検出系において第1の照明手段と第2の照明手段に対応した波長に分岐された検出光路の少なくとも一方に配置され、試料からの散乱光の一部を遮光する空間フィルタを備え、空間フィルタを透過した散乱光に基づいて、欠陥候補を判定する。

### 発明の効果

[0011] 本願において開示される発明のうち、代表的なものによって得られる効果を簡単に説明すれば以下の通りである。

[0012] すなわち、代表的なものによって得られる効果は、ウェハ上に存在する多

種多様な正常パターンからの散乱光や回折光を適切に遮光して検査対象欠陥からの散乱光を効率的に検出することにより、欠陥を顕在化した高感度化に有利な画像を得ることができる。

[0013] また、微小欠陥の散乱光確保のために照明光強度を高くした場合においても、散乱光量の多い正常パターン画像の明るさ飽和を低減することが可能であり、欠陥の捕捉率を向上することが可能となる。

### 図面の簡単な説明

- [0014] [図1]本発明の実施の形態1に係る欠陥検査装置の構成を示す構成図である。
- [図2] (a)、(b)は本発明の実施の形態1に係る欠陥検査装置における散乱光を説明するための説明図である。
- [図3]本発明の実施の形態1に係る欠陥検査装置における回転ストロボ照明を説明するための説明図である。
- [図4] (a)～(d)は本発明の実施の形態1に係る欠陥検査装置における空間変調素子の遮光パターンを説明するための説明図である。
- [図5] (a)、(b)は本発明の実施の形態2に係る欠陥検査装置のインコヒーレント照明光学系の構成を示す構成図である。
- [図6]本発明の実施の形態3に係る欠陥検査装置の照明光学系の構成を示す構成図である。
- [図7]本発明の実施の形態3に係る欠陥検査装置の照明光学系の構成を示す構成図である。
- [図8]本発明の実施の形態3に係る欠陥検査装置のMEMSミラーアレイの構造を示す図である。
- [図9]本発明の実施の形態4に係る欠陥検査装置の画像処理部の構成を示す構成図である。

### 発明を実施するための形態

[0015] 以下、本発明の実施の形態を図面に基づいて詳細に説明する。なお、実施の形態を説明するための全図において、同一の部材には原則として同一の符号を付し、その繰り返しの説明は省略する。

## [0016] (実施の形態 1)

図 1～図 4 により、本発明の実施の形態 1 に係る欠陥検査装置の構成および動作について説明する。図 1 は本発明の実施の形態 1 に係る欠陥検査装置の構成を示す構成図、図 2 は本発明の実施の形態 1 に係る欠陥検査装置における散乱光を説明するための説明図、図 3 は本発明の実施の形態 1 に係る欠陥検査装置における回転ストロボ照明を説明するための説明図、図 4 は本発明の実施の形態 1 に係る欠陥検査装置における空間変調素子の遮光パターンを説明するための説明図である。

[0017] 図 1 において、欠陥検査装置は、ウェハ 1 が搭載される XYZ $\theta$  ステージ 9、レーザ 5、電気光学素子 7、PBS (Polarizing Beam Splitter) 10、ビームエキスパンダ 11、ミラー 12、13、1/2 波長板 15、1/4 波長板 17、およびシリンドリカルレンズ 20 を備えてなる照明光学系、LED (Light Emitting Diode) 6a、6b、6c、6d、およびレンズ 8a、8b、8c、8d を備えてなるインコヒーレント照明光学系、対物レンズ 40、レンズ 42、45、ダイクロイックミラー 50、空間フィルタである空間変調素子 55a、55b、結像レンズ 80a、80b、およびイメージセンサ 90a、90b を備えてなる検出光学系、画像処理部 100、操作部 110、機構制御部 120 から構成されている。

[0018] ウェハ 1 は XYZ $\theta$  ステージ 9 上に搭載されており、ウェハ 1 上に形成されたパターンとステージ走査方向の  $\theta$  アライメントを行う。ウェハ 1 の暗視野画像は X 方向に XYZ $\theta$  ステージ 9 を定速走査しながら連続的に散乱光の画像を検出する。

[0019] 照明光学系はウェハ 1 に対して斜方に配置しており、ウェハ 1 を線状照明 30 する。照明光学系に用いられている光源はレーザ 5 であり、発振波長  $\lambda$  1 は YAG 第 2 高調波の 532 nm レーザや、第 3 高調波 355 nm 或いは第 4 高調波 266 nm レーザ、199 nm レーザなど DUV (Deep Ultraviolet) 光から可視光が候補である。

- [0020] また、複数波長を発振する複数波長レーザやランプが候補である。ランプはd線（588nm）、e線（546nm）、g（436nm）、h（405nm）、i線（365nm）を発光する水銀ランプや水銀キセノンランプが候補である。
- [0021] レーザ5を発振したレーザ光22は電氣的に偏光を所定の方向に制御する電気光学素子7（LiNbO<sub>3</sub>やPLZT〔（Pb、La）（Zr、Ti）O<sub>3</sub>の略〕など）に入射する。電気光学素子7の代わりにガーネット膜などからなる磁気光学素子を用いてもよい。
- [0022] この偏光方向を制御することによりPBS（Polarizing Beam Splitter）10を透過する光は所定の光量に減光され、ビームエキスパンダ11に入射してビーム径を拡大する。
- [0023] ミラー12、13にてビームをウェハ1側に反射させ、それぞれ回転可能な1/2波長板15と1/4波長板17にて所定の偏光状態に設定する。
- [0024] 例えば、ウェハ1に対して、S偏光、P偏光やその中間的な角度で振動する直線偏光或いは、右または左回りの楕円（円）偏光がある。レーザ光22によるウェハ1上での照明範囲は、X方向に細くY方向に長い細線照明となるように、シリンドリカルレンズ20を配置する。
- [0025] もう一方の照明系として、インコヒーレント照明光学系を配置している。このインコヒーレント光（ $\lambda 2$ ）は、レーザ5のコヒーレント光（ $\lambda 1$ ）とは異なる波長の光源を有している。本実施の形態の例では、4つのLED6a、6b、6c、6dを備えている。それぞれのLED6a、6b、6c、6dはZ軸からウェハ1を平面的にみたときに、X、Y方向に対してほぼ45度の角度をなした方位に配置されている。
- [0026] これらのLED6a、6b、6c、6dから発光する光は特定の波長幅を有したインコヒーレント光であり、複数個配置することにより、空間的なコヒーレンスをさらに低下させる効果がある。
- [0027] 4方位のLED6a、6b、6c、6dから発光した光は、それぞれの光路に配置したレンズ8a、8b、8c、8dにてウェハ1上に線状に照明す

る。

- [0028] ウェハ1上のパターンや欠陥で散乱した光の内、対物レンズ40のNA ( Numerical Aperture ) 内に伝播した光は対物レンズ40に捕捉され、検出光学系に導かれる。
- [0029] 検出光学系にはレンズ42、45および、ダイクロイックミラー50が配置されている。ダイクロイックミラー50にてコヒーレント光 ( $\lambda 1$ ) とインコヒーレント光 ( $\lambda 2$ ) に分岐されたそれぞれの光路に対物レンズ40の瞳 ( フーリエ変換面 ) と共役な像を形成する。それぞれ瞳像位置に空間変調素子55a、55bを配置して特定の散乱光や回折光を遮光する。
- [0030] 空間変調素子55a、55bを透過した光は、結像レンズ80a、80bにてそれぞれのイメージセンサ90a、90b上に散乱像を形成する。イメージセンサ90a、90bにて検出した画像は、画像処理部100に入力され、設計上同一パターンの画像 (例えば、隣接ダイの画像) と比較処理して欠陥を検出する。
- [0031] 検出した欠陥の座標や大きさおよび明るさなどの欠陥情報は操作部110に送られ、欠陥検査装置のユーザがウェハ1上の欠陥マップなどの欠陥情報を表示・欠陥情報データを出力することが可能となる。
- [0032] また、操作部110は欠陥検査装置の動作指示を行う機能も備えており、機構制御部120に動作の指示を行い、機構制御部120からXYZ $\theta$ ステージ9や光学部品の動作をコントロールする。
- [0033] この検出光学系の用いる空間変調素子55a、55bとして、複屈折素子 ( LiNbO<sub>3</sub> や PLZT [ ( Pb, La ) ( Zr, Ti ) O<sub>3</sub> の略 ] など ) の電気光学効果を利用したマイクロシャッタアレイや液晶フィルタおよびMEMS ( Micro Electro Mechanical Systems ) を用いた1次元および2次元アレイ状のフィルタなどがある。
- [0034] これらのデバイスでは、電気制御により高速に光の透過/遮光をスイッチングできるため、ウェハ1上のパターン3のピッチや形状に応じて検査中に適切なフィルタリングパターンに変更することが可能となる。



- [0035] また、ウェハ1の表層を対物レンズ40の焦点位置と一致させるためにはウェハ高さを検出して、XYZ $\theta$ ステージ9にてウェハ1の高さを制御する必要がある。このウェハ高さ検出方式として、例えば、光てこ方式があり、スリット光をウェハ1に照明する高さ検出用照明系とウェハ1を反射したスリット光を検出してスリット像の位置よりウェハの高さを求めるウェハ高さ検出部などを配置するようにすればよい。
- [0036] ウェハ1の高さと対物レンズ40の焦点位置の差を求め、許容外のデフォーカスをしている場合は、ウェハ1を焦点位置に位置決めするように機構制御部120がXYZ $\theta$ ステージ9に指示を出す。
- [0037] 以上の構成により、ウェハ1上の欠陥を検出するが、LSI上の論理演算部は、一般に非周期的なパターンが形成されている。この非周期的なパターンは一般に直交した配線から形成されており、ウェハ1上に形成されているダイの並びと平行（或いは直角）方向に形成されている。
- [0038] 図1に示す例では、ダイが整列して並んでいる方向に、XYZ $\theta$ ステージ9の走査方向Xとしているため、主なロジックパターンの配線は、X、Y方向である。
- [0039] 図2（a）にウェハ1の断面構造を示す。ウェハ1の表面にはX方向に長手のロジックパターン3aとY方向に長手のロジックパターン3bが形成されている。これらのパターンからの散乱光を模式的に示すために、ウェハ1上に半球を仮定する。
- [0040] ウェハ1を照明したときに、これらのパターンからの散乱光が半球に到達すると考える、この半球に到達した光の強度を半球の上からウェハ1側にみた平面図を図2（b）に示す。この図では、最外周の円に位置する光は、ウェハと水平な方向に伝播する光である。
- [0041] また、対物レンズ40のNA（Numerical Aperture）に対応する位置が円39となる。このため、円39よりも内側に散乱する光が対物レンズ40に捕捉される。照明光が図2（b）の34の位置ある場合、ウェハ1を正反射した正反射光37は、光軸を中心とした点対象な位置に

到達する。

- [0042] この場合、X、Y方位のパターン3 a、3 bからの散乱光は、図2 (b)において、正反射光3 7を交点としたY、Xの方向に分布する。これを図2 (b)の3 2、3 3にて模式的に示している。
- [0043] これらの散乱光は、欠陥検査する上で感度を阻害するノイズ成分が多く含まれているため、これらのロジックパターン散乱光を、例えば、図2 (b)の3 6に示す範囲において遮光することにより、検査感度を向上することが可能となる。
- [0044] これらのパターン散乱光を遮光する空間変調素子としては、2次元状に遮光と透過を制御された素子が配列されたシャッタアレイのようなデバイスが有効である。しかし、空間変調素子にて遮光ということは、対物レンズ4 0の開口を制限することになる。このため、X、Y軸に対して4 5度の方位より同時に照明した場合、対物レンズ4 0の開口がより小さくなり、対物レンズ4 0が有する解像力を阻害する要因となる。
- [0045] この対策として、図3に示すように、4 5度方位の4方位からの照明を時間的に分割して、対物レンズ4 0の解像力低下を抑制した照明を用いている。
- [0046] 4方位からの照明は、それぞれ時間差を有したストロボ照明としている。照明位置は、それぞれのLED 6 a、6 b、6 c、6 d共に、ウェハ1上の同じ位置を照明する。時間的な発光タイミングは、時間AのときにLED 6 aを点灯させ、他のLED 6 b、6 c、6 dは消灯或いはウェハ1に光が届かないように遮光する。次の時間Bでは矢印3 5の方向に点灯するLEDが変わる。この時間Bのケースでは、LED 6 bのみが点灯することになる。このように点灯するLEDを順次偏光することにより、照明方位を順次移動させたストロボ照明が可能となる。
- [0047] 図3にて示した回転ストロボ照明とそれぞれの方位からの照明に対応したロジックパターン散乱光を遮光する空間変調素子の形状を図4に示す。図4は、図3の時間A、B、C、Dの照明方位に対応した遮光パターンを示して

いる。

[0048] 図4(a)は図3の時間Aに対応した遮光パターンであり、図の表現は図2(b)と同様である。

[0049] 照明光34Aの場合、正反射光が37Aに到達する。X方向に長手のパターンからの散乱光は、32Aの領域に分布する。また、Y方向パターンからの光は33Aに分布する。

[0050] 2次元状に透過と遮光を制御可能な空間変調素子を配置して、パターン散乱光が強く分布する領域32A、33Aを36Aで示すパターンで遮光する。

[0051] 図4(b)に示す、次の時間Bでは、正反射光が37Bに到達する。このとき、遮光パターンを36Bに設定する。

[0052] 同様に、図4(c)に示す時間C、図4(d)に示す時間Dについても空間変調素子の遮光パターンをそれぞれ、36C、36Dの通り設定する。これにより、同時照明では、図4の36A、36B、36C、36Dを重ねあわせた遮光部となるため、開口部が狭くなるが、以上の動作によりそれぞれの時間A、B、C、Dでは、検査ノイズの多い領域だけを遮光することが可能となり不必要な遮蔽による対物レンズ40の解像度低下を抑制することが可能となる。

[0053] (実施の形態2)

実施の形態2は、実施の形態1においては、インコヒーレント照明光学系は光源としてLEDを用いたが、他の光源を用いたものである。

[0054] 図5により、本発明の実施の形態2に係る欠陥検査装置のインコヒーレント照明光学系の構成について説明する。図5は本発明の実施の形態2に係る欠陥検査装置のインコヒーレント照明光学系の構成を示す構成図であり、他の構成は実施の形態1と同様である。

[0055] 図5(a)は、2つのレーザを用いた構成の一例である。波長の異なる2つのレーザ200a(波長 $\lambda_{2a}$ )と200b(波長 $\lambda_{2b}$ )を光源とし、ダイクロイックミラー202にて共通照明光路に導く。

- [0056] 共通光路にて、それぞれのレーザ光 ( $\lambda 2 a$ )、( $\lambda 2 b$ ) の揃った位相を時間的に拡散させるため、モータ 205 に取り付けられた回転拡散板 203 に入射させる。この回転拡散板 203 では、拡散板の微小な凹凸 (粒) により、時間的に位相が乱れる。これらの光をレンズ 207 にて集光し、この集光位置にファイバ 209 の入射端 204 を配置する。ファイバ出射端側にレンズ 210 を配置して、ウェハ 1 上を照明する。
- [0057] また、図 5 (b) は光源としてランプを用いた構成の一例である。ランプ 206 は、d 線 (588 nm)、e 線 (546 nm)、g (436 nm)、h (405 nm)、i 線 (365 nm) を発光する水銀ランプや水銀キセノンランプが候補であり、ランプ 206 からの光はインコヒーレント光であるため、発光した光をそのままレンズ 207 にて集光してファイバ 209 の入射端 204 に入射させる。ファイバ 209 の射出側にレンズ 210 を設け、ウェハ 1 を照明する。
- [0058] この図 5 (a)、(b) に示す構成では、図 1 に示す 4 方位のうち、1 方位の例を模式的に示したが、実際には 4 系統ではなく 1 系統でもよく、さらに 45 度方位ではなくてもよい。
- [0059] この一例として、LED や図 5 に示す照明系統を全方位に配置しても問題ない。このインコヒーレント照明による効果は、空間変調素子 55 b にて遮光しきれなかったパターン散乱光による像を安定して検出することが狙いである。
- [0060] この安定検出とは、コヒーレント照明によるパターンエッジ像のリップル、ウェハ 1 上の酸化膜の厚さむらによるパターン像の明るさ変動および、半導体回路の動作上は致命製のないパターンの微小な形状差などによる明るさの違いなどによる欠陥ではない正常パターンの明るさ変動 (検査上のノイズ成分) を抑制し、検査感度を向上することが可能となる。
- [0061] (実施の形態 3)
- 実施の形態 3 は、実施の形態 1 において、照明光学系のレーザ光の干渉性を低減した照明方法としたものである。

- [0062] 図6～図8により、本発明の実施の形態3に係る欠陥検査装置の照明光学系の構成について説明する。図6および図7は本発明の実施の形態3に係る欠陥検査装置の照明光学系の構成を示す構成図、図8は本発明の実施の形態3に係る欠陥検査装置のMEMSミラーアレイの構造を示す図であり、他の構成は実施の形態1と同様である。
- [0063] まず、図6に示す照明方法の例では、レーザ200cからの光をパーシャルミラー220で第一段目の分岐を行う。このパーシャルミラー220は、分岐比が1（透過）：3（反射）となるようにされている。
- [0064] 透過した光はミラー221にてウェハ1を照明231する。反射した光はパーシャルミラー222にて第二段目の分岐が行われ、分岐比は1（反射）：2（透過）に設定されている。このパーシャルミラー222にて反射された光は、ウェハ1を照明232する。
- [0065] パーシャルミラー222を透過した光は、ミラー223、224を透過してパーシャルミラー225にて第三段目の分岐を行う。パーシャルミラー225を反射した光はウェハ1を照明233する。
- [0066] さらに、パーシャルミラー225を透過した光はミラー226を反射し、ウェハ1を照明234する。これら4光路に分岐した照明231、232、233、234は、おのおのの光路差がレーザ200cを発振する光の可干渉距離以上となるように配置される。これにより、各方向から照明した光の干渉が抑制されるため、正常パターンからの散乱光の安定検出に効果がある。
- [0067] また、図6に示す例では、レーザ光を用いて可干渉距離以上の光路差を利用したパターン安定検出方法であるが、これ以外に、レーザ光の位相を時間的に乱す方式を使用した照明方法を図7に示す。
- [0068] 図7に示す照明方法の例では、レーザ200dを発振したレーザ光は、レンズ235、236にてビーム径が拡大され、MEMSミラー250に入射する。このMEMSミラー250の表面は、個別に駆動可能なミラーが2次元状に配置されている。このミラーアレイは個々のミラーが独立して駆動可

能であり、レーザ光の位相を時間的に乱して波面が時間的に253、252、251と変化するようにする。

[0069] これら時間的に波面を乱した光は、レンズ254にてウェハ1を照明する。これにより、パターンからの散乱光を安定検出する。散乱光検出系は、対物レンズ40、レンズ45にてイメージセンサ90a上に散乱像を結像する。

[0070] MEMSミラー250の断面構造を図8に示す。MEMSミラー250は、Si基板260上に複数のマイクロミラー262a、262b、262c…が2次元上に配列されており、位相を乱さないケースでは、図8(a)に示すように、マイクロミラー262a、262b、262c…の表面が一定の高さで固定される。

[0071] これに対して、時間的に位相を乱す場合は、個々のマイクロミラー262a、262b、262c…を、例えば図8(b)に示すように、ランダムに上下移動させる。これにより、反射した光は時間的に波面の乱れが変化する。この波面を乱す周期は少なくともイメージセンサの蓄積時間より高速に行うことにより、安定したパターン像を検出することが可能となる。

[0072] なお、本実施の形態の照明光学系を、実施の形態1における照明光学系のインコヒーレント照明光学系として用いるようにしてもよい。

[0073] (実施の形態4)

実施の形態4は、実施の形態1において、イメージセンサを照明光学系とインコヒーレント照明光学系共に、2個ずつ使用して位置合せ処理を行うものである。

[0074] 図9により、本発明の実施の形態4に係る欠陥検査装置の画像処理部の処理について説明する。図9は本発明の実施の形態4に係る欠陥検査装置の画像処理部の構成を示す構成図である。

[0075] 図9において、イメージセンサは、照明光学系用のイメージセンサ90a(1)、90a(2)、インコヒーレント照明光学系用のイメージセンサ90b(1)、90b(2)が設けられている。

- [0076] また、イメージセンサ90a(1)、90a(2)、90b(1)、90b(2)の出力信号は、画像処理部100に入力される。
- [0077] イメージセンサ90a(1)にて検出された画像は、階調変換部301aにて例えば $\gamma$ 補正のような明るさの変換を行う。変換後の画像の一方は位置合せ部305aに送られ、他方はメモリ303aに送られる。位置合せ部305aでは既に送られた画像と設計上同じパターン(例えば、隣接ダイ)となるまでメモリ303aに格納されてメモリ303aから送られた画像と位置合せする。
- [0078] 比較部307aでは位置合せされた2画像の差画像などの比較処理を行い、比較の結果として画像の特徴量を算出する。この特徴量(例えば、濃淡差の最大値や面積など)を用いて欠陥判定部315にて欠陥を判定する。
- [0079] この一連の処理をイメージセンサ90a(2)、90b(1)、90b(2)のそれぞれについても同様に行う。
- [0080] さらに、それぞれの画像で比較した結果は位置合せ部310に送られ、偏光、波長の異なる4画像の位置合せを行い、これら異なる光学条件での画像の特徴量を比較して、この特徴量を欠陥判定部315に送って欠陥を判定する。
- [0081] 以上、欠陥判定部315では5種類の特徴量を用いて判定を行う訳であるが、何れかの判定結果にて欠陥だと判定された場合は、残る4種類の特徴量も併せて分類部317に特徴量が送られる。
- [0082] この分類部317にて、欠陥の種類(例えば、異物やエッチング残り、スクラッチなど)や、擬似欠陥(デバイスにとって致命性のない酸化膜の明るさむらやパターンのラフネスおよび、グレインなど)を分類し、欠陥の座標や分類結果および特徴量などを出力する。
- [0083] このように欠陥を検出することにより、より正確な欠陥の検出を行うことができる。
- [0084] 以上、本発明者によってなされた発明を実施の形態に基づき具体的に説明したが、本発明は前記実施の形態に限定されるものではなく、その要旨を逸

脱しない範囲で種々変更可能であることはいうまでもない。

### 産業上の利用可能性

[0085] 本発明は、ウェハ上に形成された微細パターンの欠陥や異物などの検出を行う装置やシステムに広く適用可能である。

### 符号の説明

[0086] 1…ウェハ、3 a、3 b…パターン、4…欠陥、5…レーザ、6 a、6 b、6 c、6 d…LED、7…電気光学素子、8 a、8 b、8 c、8 d…レンズ、9…XYZ $\theta$ ステージ、10…PBS、11…ビームエキスパンダ、12、13…ミラー、15…1/2波長板、17…1/4波長板、20…シリンドリカルレンズ、22…レーザ光、30…照明領域、40…対物レンズ、42、45…レンズ、43…回転機構付き1/2波長板、44…回転機構付き1/4波長板、50…ダイクロイックミラー、55 a、55 b…空間変調素子、80 a、80 b…結像レンズ、90 a、90 b…イメージセンサ、100…画像処理部、110…操作部、120…機構制御部、130…高さ検出部、200 a、200 b、200 c、200 d…レーザ、202…ダイクロイックミラー、203…回転拡散板、204…入射端、205…モータ、206…ランプ、207…レンズ、209…ファイバ、210…レンズ、220、222、225…パーシャルミラー、221、223、224、226…ミラー、235、236…レンズ、250…MEMSミラー、254…レンズ、262 a、262 b、262 c…マイクロミラー、301 a、301 b、301 c、301 d…階調変換部、303 a、303 b、303 c、303 d…メモリ、305 a、305 b、305 c、305 d…位置合せ部、307 a、307 b、307 c、307 d…比較部、310…位置合せ部、312…比較部、315…欠陥判定部、317…分類部。



## 請求の範囲

- [請求項1] 回路パターンが形成された試料の欠陥を検出する欠陥検査方法であつて、
- 前記試料を走査する走査工程と、
- 前記試料の表面に対して法線方向から傾いた角度からコヒーレント光とインコヒーレント光の2系統の照明光を照明する照明工程と、
- 前記照明工程において2系統の照明光が照明されて散乱した前記試料の表面からの散乱光の一部を、分岐した2系統の検出光路のそれぞれに配置された空間フィルタにより遮光する遮光工程と、
- 前記2系統の検出光路において前記空間フィルタを透過した散乱光をそれぞれ結像する結像工程とを有する検出工程と、
- 前記結像工程において結像した散乱光に基づく信号を比較処理する処理工程と、を備えることを特徴とする欠陥検査方法。
- [請求項2] 請求項1記載の欠陥検査方法において、
- 前記照明工程において、それぞれ異なる波長の光を前記コヒーレント光と前記インコヒーレント光として照明することを特徴とする欠陥検査方法。
- [請求項3] 請求項1記載の欠陥検査方法において、
- 前記照明工程では、前記試料の表面に対して複数の方位より時間的に分割して前記インコヒーレント光を照明し、
- 前記遮光工程では、前記時間的に分割した前記インコヒーレント光により散乱した散乱光ごとに、異なる条件で空間フィルタリングを行うことを特徴とする欠陥検査方法。
- [請求項4] 請求項1記載の欠陥検査方法において、
- 前記照明工程において、時間的波面変調素子により前記コヒーレント光の光束内の波面を時間的に変動させることを特徴とする欠陥検査方法。
- [請求項5] 請求項4記載の欠陥検査方法において、

前記時間的波面変調素子は、液晶或いは電気光学素子或いは磁気光学素子或いはMEMSを用いたことを特徴とする欠陥検査方法。

[請求項6] 回路パターンが形成された試料の欠陥を検出する欠陥検査装置であって、

レーザを光源として前記試料の表面の法線方向に対して斜方よりコヒーレント照明する第1の照明手段と、前記試料に対して前記第1の照明手段とは異なる波長のインコヒーレント光を照明する第2の照明手段とを備えた照明手段と、

前記照明手段により照明され、前記試料の表面から散乱した散乱光について、前記第1の照明手段と前記第2の照明手段に対応した波長に分岐した検出光路の少なくとも一方に配置され、前記試料から散乱する散乱光の一部を遮光する空間フィルタと、前記分岐した検出光路のそれぞれに配置され、前記空間フィルタを透過した散乱光を結像するイメージセンサとを備えた検出手段と、

前記イメージセンサにて結像された散乱光に基づく信号を比較処理し、前記試料の欠陥候補を判定する画像処理部と、を備えたことを特徴とする欠陥検査装置。

[請求項7] 請求項6記載の欠陥検査装置において、

前記第2の照明手段は、レーザを光源として光を時間的位相変調してから前記試料を照明するものであり、時間的位相変調手段として2次元状にマイクロミラーを配置したMEMSデバイスであることを特徴とする欠陥検査装置。

[請求項8] 請求項6記載の欠陥検査装置において、

前記第2の照明手段は、前記試料の主な配線方向に対して45度傾いた複数の方位から照明し、時間的に照明方位を変更し、

前記空間フィルタの遮光パターンは、前記時間的に変更された照明方位と同期して変更されることを特徴とする欠陥検査装置。

[請求項9] 請求項8記載の欠陥検査装置において、

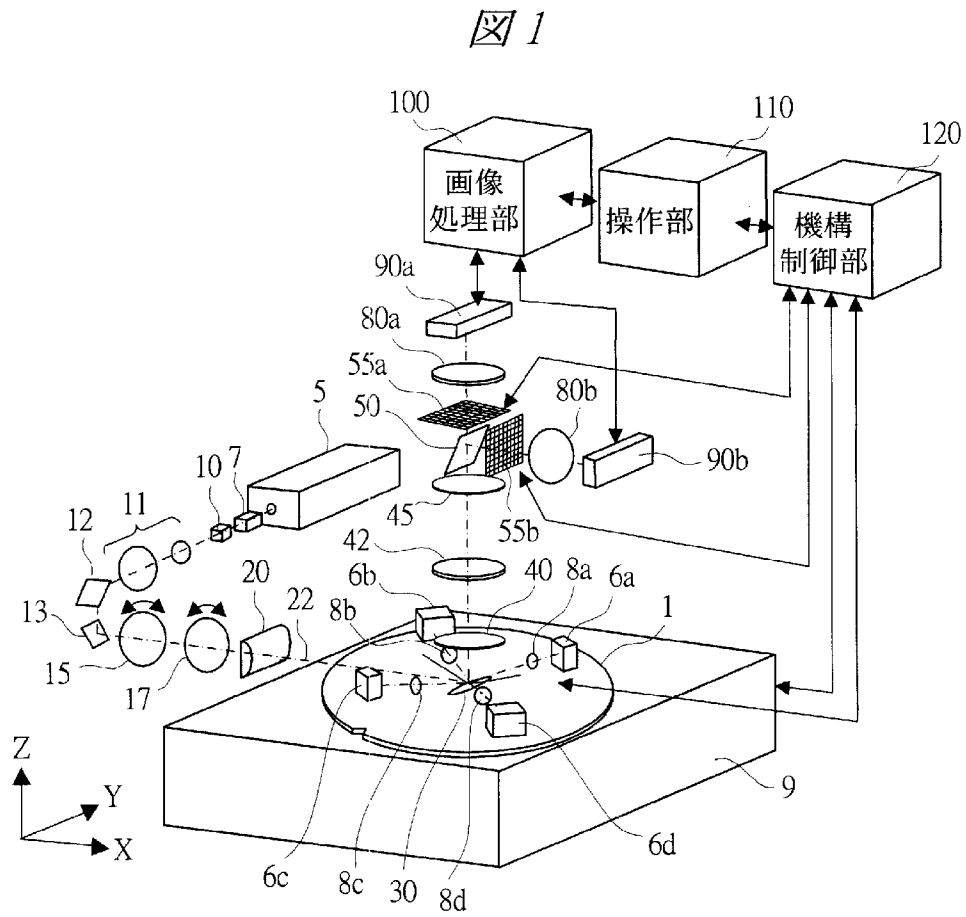
前記空間フィルタが、2次元状にシャッタを複数配置したMEMSシャッタアレイであることを特徴とする欠陥検査装置。

[請求項10]

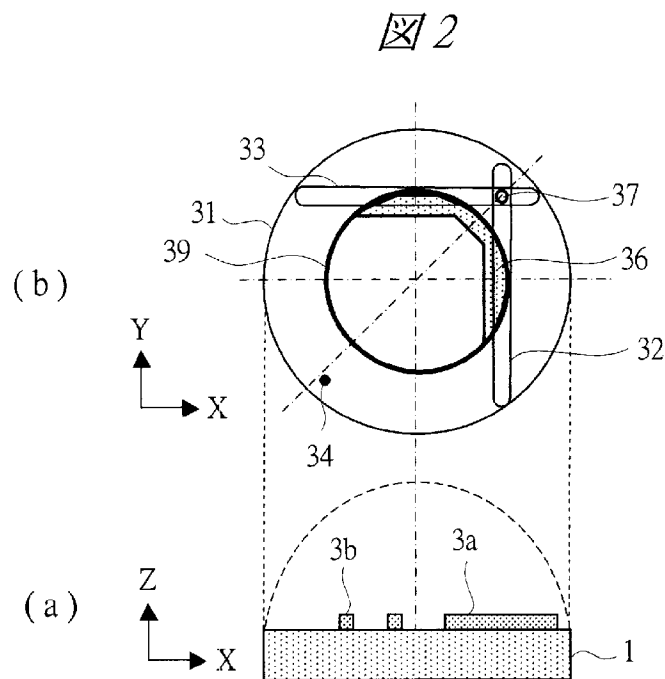
請求項6記載の欠陥検査装置において、

さらに、前記試料を水平な面内にて走査するステージを備えたことを特徴とする欠陥検査装置。

[図1]

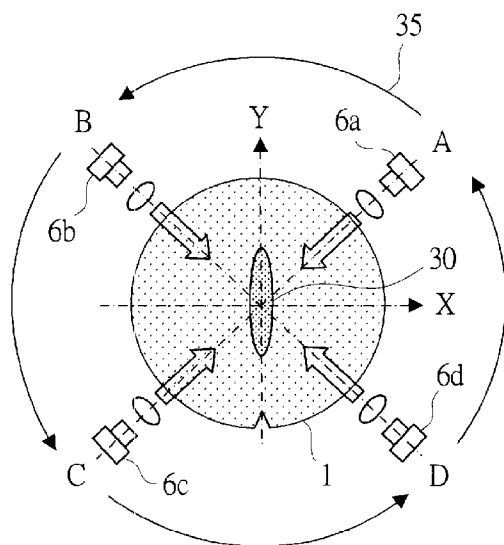


[図2]



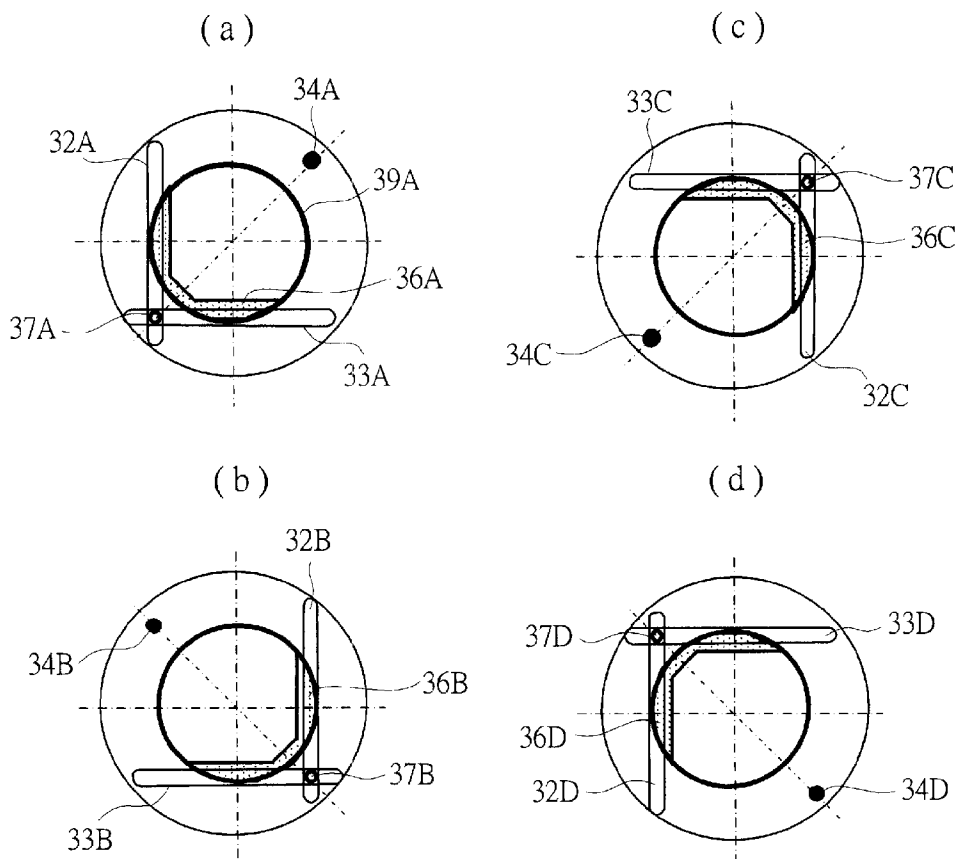
[図3]

図 3



[図4]

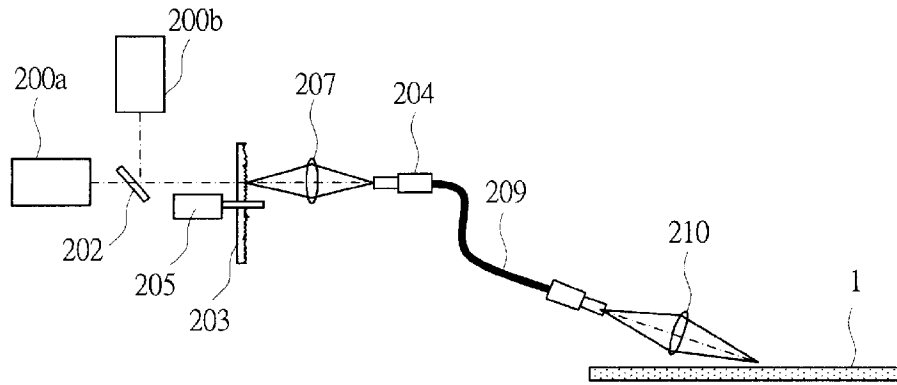
図 4



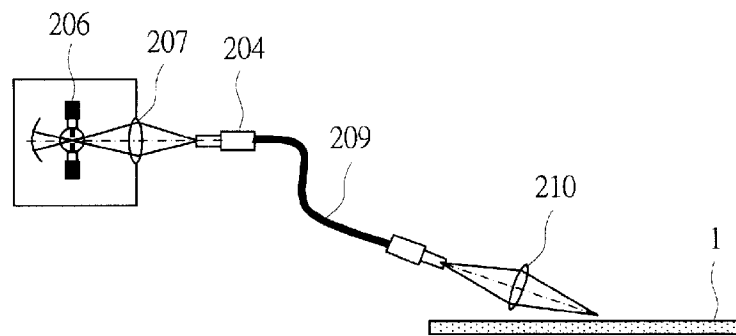
[図5]

図 5

(a)

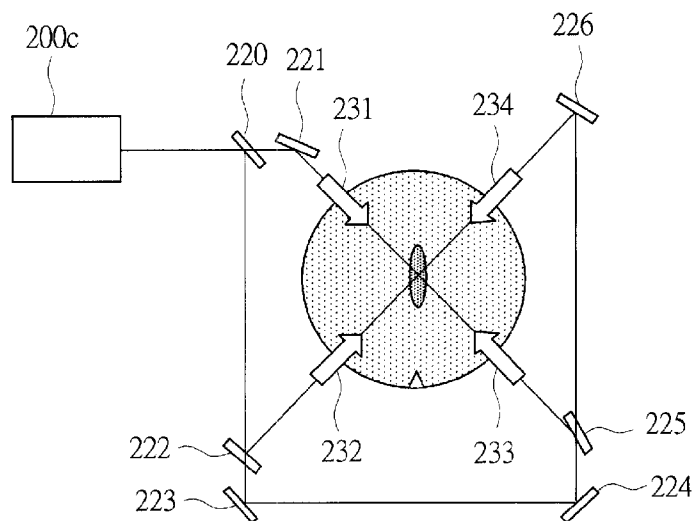


(b)



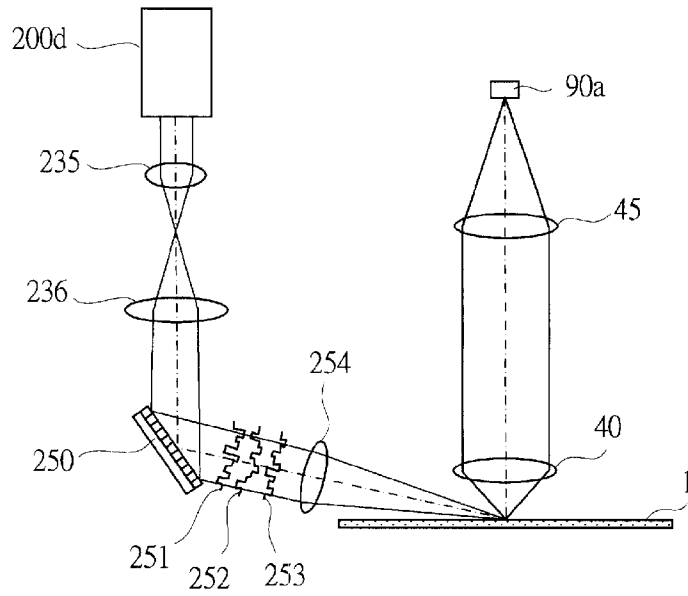
[図6]

図 6



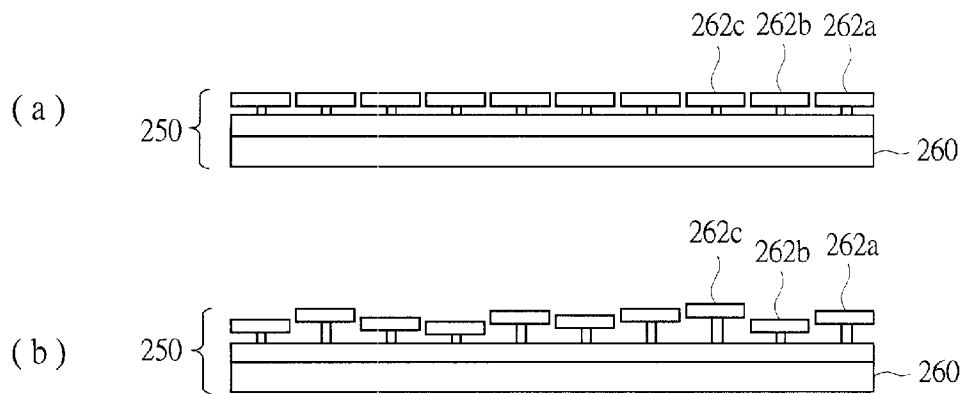
[図7]

図 7



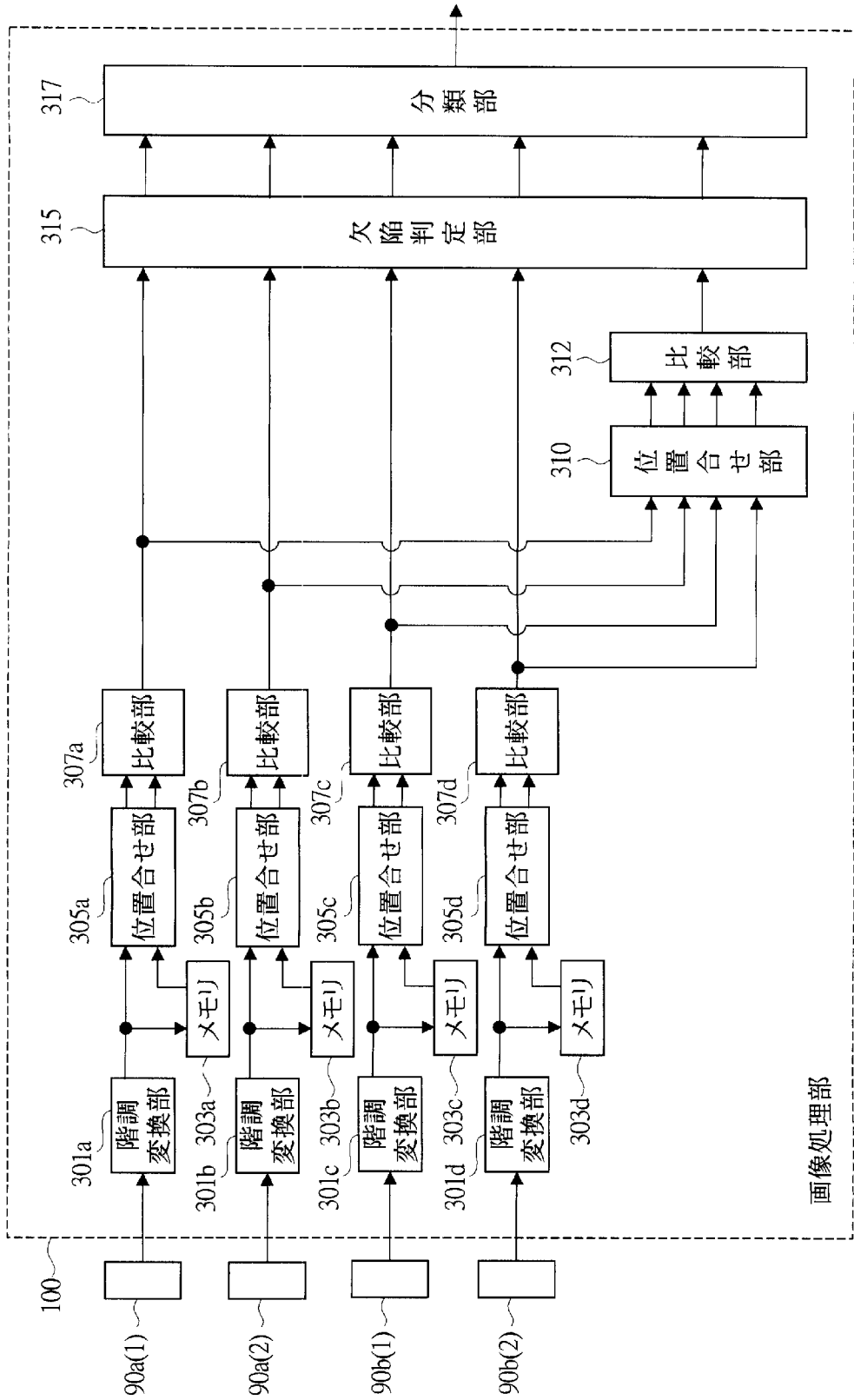
[図8]

図 8



[図9]

図 9





## INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2010/057164

## A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

G01N21/956(2006.01) i

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

## B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)

G01N21/956

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Jitsuyo Shinan Koho	1922-1996	Jitsuyo Shinan Toroku Koho	1996-2010
Kokai Jitsuyo Shinan Koho	1971-2010	Toroku Jitsuyo Shinan Koho	1994-2010

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used)

## C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
Y	JP 2008-268141 A (Hitachi High-technologies Corp.), 06 November 2008 (06.11.2008), paragraphs [0021] to [0028]; fig. 2 to 5 & US 2008/0297783 A1	1-10
Y	JP 2008-58111 A (Hitachi High-technologies Corp.), 13 March 2008 (13.03.2008), paragraphs [0020], [0021]; fig. 3 & US 2008/0059094 A1	1-10
Y	JP 2007-232555 A (Hitachi High-technologies Corp.), 13 September 2007 (13.09.2007), entire text; all drawings & US 2007/0206184 A1	2-4, 7-9

 Further documents are listed in the continuation of Box C. See patent family annex.

\* Special categories of cited documents:

"A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance

"E" earlier application or patent but published on or after the international filing date

"L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)

"O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means

"P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

"T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention

"X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone

"Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art

"&amp;" document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search  
12 May, 2010 (12.05.10)Date of mailing of the international search report  
25 May, 2010 (25.05.10)Name and mailing address of the ISA/  
Japanese Patent Office

Authorized officer

Facsimile No.

Telephone No.

A. 発明の属する分野の分類 (国際特許分類 (IPC))

Int.Cl. G01N21/956(2006.01)i

B. 調査を行った分野

調査を行った最小限資料 (国際特許分類 (IPC))

Int.Cl. G01N21/956

最小限資料以外の資料で調査を行った分野に含まれるもの

日本国実用新案公報	1922-1996年
日本国公開実用新案公報	1971-2010年
日本国実用新案登録公報	1996-2010年
日本国登録実用新案公報	1994-2010年

国際調査で使用した電子データベース (データベースの名称、調査に使用した用語)

C. 関連すると認められる文献

引用文献の カテゴリー*	引用文献名 及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	関連する 請求項の番号
Y	JP 2008-268141 A (株式会社日立ハイテクノロジーズ)2008. 11. 06, 【0021】～【0028】，【図2】～【図5】& US 2008/0297783 A1	1-10
Y	JP 2008-58111 A (株式会社日立ハイテクノロジーズ)2008. 03. 13, 【0020】，【0021】，【図3】 & US 2008/0059094 A1	1-10
Y	JP 2007-232555 A (株式会社日立ハイテクノロジーズ) 2007. 09. 13, 全文全図 & US 2007/0206184 A1	2-4, 7-9

C欄の続きにも文献が列挙されている。

パテントファミリーに関する別紙を参照。

\* 引用文献のカテゴリー

「A」特に関連のある文献ではなく、一般的な技術水準を示すもの  
 「E」国際出願日前の出願または特許であるが、国際出願日以後に公表されたもの  
 「L」優先権主張に疑義を提起する文献又は他の文献の発行日若しくは他の特別な理由を確立するために引用する文献 (理由を付す)  
 「O」口頭による開示、使用、展示等に言及する文献  
 「P」国際出願日前で、かつ優先権の主張の基礎となる出願

の日の後に公表された文献  
 「T」国際出願日又は優先日後に公表された文献であって出願と矛盾するものではなく、発明の原理又は理論の理解のために引用するもの  
 「X」特に関連のある文献であって、当該文献のみで発明の新規性又は進歩性がないと考えられるもの  
 「Y」特に関連のある文献であって、当該文献と他の1以上の文献との、当業者にとって自明である組合せによって進歩性がないと考えられるもの  
 「&」同一パテントファミリー文献

国際調査を完了した日

12.05.2010

国際調査報告の発送日

25.05.2010

国際調査機関の名称及びあて先

日本国特許庁 (ISA/JP)  
 郵便番号100-8915  
 東京都千代田区霞が関三丁目4番3号

特許庁審査官 (権限のある職員)

森口 正治

2W

9403

電話番号 03-3581-1101 内線 3292