

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特許公報(B2)

(11) 特許番号

特許第6259669号
(P6259669)

(45) 発行日 平成30年1月10日(2018.1.10)

(24) 登録日 平成29年12月15日(2017.12.15)

(51) Int.Cl.

G O 1 N 21/956 (2006.01)

F 1

G O 1 N 21/956

A

請求項の数 4 (全 11 頁)

(21) 出願番号 特願2014-7429 (P2014-7429)
 (22) 出願日 平成26年1月20日 (2014.1.20)
 (65) 公開番号 特開2015-135300 (P2015-135300A)
 (43) 公開日 平成27年7月27日 (2015.7.27)
 審査請求日 平成28年11月21日 (2016.11.21)

(73) 特許権者 501387839
 株式会社日立ハイテクノロジーズ
 東京都港区西新橋一丁目24番14号
 (74) 代理人 100098660
 弁理士 戸田 裕二
 (72) 発明者 幕内 雅巳
 東京都千代田区丸の内一丁目6番6号 株式会社日立製作所内
 (72) 発明者 神宮 孝広
 東京都港区西新橋1丁目24番14号 株式会社日立ハイテクノロジーズ内
 審査官 森口 正治

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】検査装置および計測装置

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項 1】

試料表面を検査または計測する検査または計測装置であつて、
 前記試料表面にレーザビームを照射する照射手段と、
 前記試料表面からの散乱光を検出して検出信号を生成する検出手段と、
 を備え、

前記検出手段は、
 N ピクセル (N は自然数) の光検出素子から、M 個 (M は自然数、M < N) の出力信号
 を出力する光子計数センサと、

前記光子計数センサの出力信号をそれぞれ電流電圧変換する M 個の電流電圧変換手段と 10

、
前記電流電圧変換部 (IV変換回路) に基準電圧 (Vb1 ~ Vb4) を印加する電圧印加部 (106) と、

前記電流電圧変換手段の出力に基づいて検出信号を生成する検出信号生成部 (105) と、
を有し、

前記基準電圧は、前記電源電圧変換部の正極側に入力され、前記光子計数センサの出力信号は、前記電源電圧変換部の負極側に入力され、

前記電圧印加手段からの出力電圧を反点加算する加算回路 (107) を有し、該加算回路
 からの出力と、前記電流電圧変換部 (IV変換回路) からの出力との総和を、前記検出信号
 生成部 (105) に入力す

10

20

ることを特徴とする検査または計測装置。

【請求項 2】

請求項1記載の検査または計測装置を有する医用装置。

【請求項 3】

請求項1記載の検査または計測装置を有する質量分析装置。

【請求項 4】

請求項1記載の検査または計測装置を有する半導体検査装置。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

10

本発明は、検査装置および計測装置に関する。

【背景技術】

【0002】

本技術分野の背景技術として、特表2005-526239号公報（特許文献1）がある。この公報には、「半導体ウエハのような試料から発せられるビームからの（例えば散乱された光、反射された光、または二次電子）比較的大きなダイナミックレンジの強度値を検出するメカニズムを提供する。」と記載されている（要約参照）。

【0003】

また、特許文献2には、「複数の素子に直流電圧を供給する電圧調整装置であって、前記複数の素子の各高電位側端子に、第1電圧を供給する第1供給回路と、前記複数の素子の各低電位側端子に、それぞれ、前記第1電圧よりも小さい、前記複数の素子の特性に依存した複数の電圧を供給する第2供給回路と、を備える電圧調整装置」が記載されている。

20

【先行技術文献】

【特許文献】

【0004】

【特許文献1】特表2005-526239号公報

【特許文献2】特開2012-135096号公報

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

30

【0005】

前記特許文献1には、ウエハ表面にビームを照射した際の、ウエハ表面上にある異物からの散乱光強度を比較的大きなダイナミックレンジで検出する仕組みが記載されている。しかし、特許文献1の装置では、例えば、ウエハ上の異物からの散乱光強度が、異物径に応じて微小になった場合には、センサから出力される検出信号にはセンサ素子自身の暗ノイズの占める割合が大きくなり、微小な異物の検出が困難となる。

【0006】

上記の課題を解決するために、光検出手段として例えば、光子計数センサとしてMPPC(Multi-Pixel Photon Counter、浜松ホトニクス株式会社の登録商標)のような半導体光検出素子や、光電子増倍管が使用される。

40

【0007】

光子計数センサでは、特許文献2で述べられているように、半導体光検出素子が所定の光量の光入力に対して所定の電圧を出力するため、半導体光素子への印加電圧を調整する手段を光検出手段に配設する必要がある。

【0008】

また、レーザ光源がパルス発振しているため、高速で繰り返される散乱光入射に対して光子計数センサの応答速度が不足すると、光子計数センサで検出される信号成分が低下し、微小異物の高精度検出が困難となる。

【0009】

さらに、光子計数センサは、光検出素子が数百ピクセル以上に細分化して配置されてお

50

り、各光検出素子の増倍率がデバイス上で部分ごとに偏る可能性がある。この場合、光子計数センサからの出力電流が光入射部分に応じてばらつくため、出力電流値から光子数が弁別出来ず、今後、数個レベルでの光子を計数する、より高度な微小異物の高精度検出が困難となる、という課題を有している。

【0010】

そこで、本発明は、光子計数センサにおいて微小異物を高精度に検出する検出回路およびそれを用いた検査装置、計測装置を提供する。

【課題を解決するための手段】

【0011】

上記課題を解決するために、例えば特許請求の範囲に記載の構成を採用する。 10

【0012】

本願は上記課題を解決する手段を複数含んでいるが、その一例を挙げるならば、試料表面を検査または計測する検査または計測装置であって、前記試料表面にレーザビームを照射する照射手段と、前記試料表面からの散乱光を検出して検出信号を生成する検出手段と、を備え、前記検出手段は、Nピクセル（Nは自然数）の光検出素子から、M個（Mは自然数、M < N）の出力信号を出力する光子計数センサと、前記光子計数センサの出力信号をそれぞれ電流電圧変換するM個の電流電圧変換手段と、前記電流電圧変換手段に基準電圧を印加する電圧印加手段と、前記電流電圧変換手段の出力に基づいて検出信号を生成する検出信号生成手段と、を有することを特徴とする。

【発明の効果】

20

【0013】

本発明によれば、光子計数センサにおいて微小な異物を高精度に検出することができる。

【0014】

上記した以外の課題、構成及び効果は、以下の実施形態の説明により明らかにされる。

【図面の簡単な説明】

【0015】

【図1】第一の実施の形態に係る検査装置の構成図の例である。

【図2】第一の実施の形態に係るセンサの例である。

【図3】第一の実施の形態に係る光子計数センサの例である。 30

【図4】第二の実施の形態に係るセンサの例である。

【図5】第三の実施の形態に係るセンサの例である。

【図6】第一の実施の形態に係る半導体計測装置の構成図の例である。

【図7】第一の実施の形態に係る質量分析装置の構成図の例である。

【発明を実施するための形態】

【0016】

以下、実施例を図面を用いて説明する。

【実施例1】

【0017】

光子計数センサは、半導体検査または計測装置や、医用・医療装置など分野で幅広く応用されている。例えば、半導体検査または計測装置は、検査または計測対象のウエハに電子ビームをスキャンして照射し、発生する二次電子をシンチレーションで光に変換し、この光を光子計数センサで信号検出して計測や検出画像を生成し、計測や検出画像に基づいて、検査または計測を行う装置である。この半導体検査または計測装置を用いて、半導体を検査または計測する場合には、製造過程における異常や不良の発生を早期に、あるいは事前に検知するため、各製造工程の終了時において半導体上のパターンの検査または計測が行われる。 40

【0018】

本実施例では、微小異物の高精度検出のために、レーザ光源のパルス発振に対する光子計数センサの高速応答を実現するとともに、デバイス上の光像倍率のばらつきを抑制する

50

検査装置の例を説明する。

【0019】

図1は、本実施例の検査装置の構成図の例である。

【0020】

検査装置50は、レーザ2、反射板3、レンズ4、5、センサ6、增幅回路7、A/D変換回路8、データ処理部9、CPU10、マップ出力部11、ステージ制御部12、回転ステージ13、並進ステージ14、クロック検出部20、遅延制御部24を有する。

【0021】

異物検査装置50では、ウエハ1を回転ステージ13上に設置して、レーザ光源2から出力されるレーザ光を反射板3とレンズ4を介してウエハ1上に照射する。このとき、異物検査装置50では、CPU10の制御によりステージ制御部12を介して、ウエハ1を回転ステージ13で回転動作させるとともに、並進ステージ14で直線動作させる。これにより、ウエハ1上に照射されるレーザ光は、ウエハ1の全面でらせん状の軌跡となり、ウエハ1の全表面を検査することができる。10

【0022】

クロック検出部20は、センサ21、IV変換回路22、クロック再生回路23を有し、反射板3を透過したレーザ光を元に、レーザ光源2に同期したクロック信号を生成する。。

【0023】

本実施例による検査装置50では、クロック検出部20で生成されたクロック信号を、遅延調整部24を介して遅延調整し、これに基づいてセンサ6が出力する検出信号を増幅回路7で増幅し、A/D変換回路8でサンプリングする。図2は、検査装置50におけるセンサ6の構成図の例、図3は本実施例における分子型格子計数センサ200の構成図の例である。20

【0024】

センサ6は、光子計数センサ200、バイアス電圧設定手段100、IV変換回路101、102、103、104、加算回路105、電圧設定手段106を有する。光子計数センサ200は、Nピクセルの光検出素子を搭載しており、図3に図示したように、4つの領域201、202、203、204毎に出力を共通化して出力する。

【0025】

IV変換回路101、102、103、104は、光子計数センサ200の領域201、202、203、204からの出力電流I1、I2、I3、I4を、それぞれ電圧V1、V2、V3、V4に変換し、加算回路105でIV変換回路101、102、103、104の出力を加算して検出信号Voを出力する。30

【0026】

電圧設定手段106は、IV変換回路101、102、103、104の基準電圧を制御し、その結果、光子計数センサ200の領域201、202、203、204には、バイアス電圧設定手段が output した電圧Vb0と、電圧設定手段106が output した電圧Vb1の差電圧が印加される。

【0027】

IV変換回路101、102、103、104、および加算回路105の抵抗値をすべてRとすると、センサ6の出力電圧Voは、式1で与えられる。式1より、Vb1およびRは既知であり、Voを計測することで、光子計数センサ200の出力電流、すなわち光子計数センサへの入射光量を計測することが可能となる。40

$$(式1) \quad V_o = (I_1 + I_2 + I_3 + I_4) \cdot R - 4 \cdot V_{b1}$$

このように、光子計数センサ200におけるNピクセルをM個の領域毎 (N > M。M、Nともに自然数) に共通化し、それぞれ独立にIV変換回路で電圧に変換して加算出力することで、光子計数センサ200内部の寄生成分の影響を分散して、レーザ光源2のパルス発振に対する光子計数センサ200の高速応答を実現することが可能となる。

【0028】

10

20

30

40

50

そして、光子計数センサとして例えばMPPC（登録商標）を使用する場合、通常70V程度の高電圧を印加すると、数Vの電圧で増倍率が変動することが知られている。そこで、図2に図示した電圧設定手段106により基準電圧Vb1を各IV変換回路に印加することで、光子計数センサからの出力電流の、光入射部分に応じたばらつきを調整し、光子計数センサの増倍率を制御することができる。

【0029】

すなわち、本実施例の構成により光子計数センサにおいて、レーザ光源の高速パルス発振に対応し、かつ、数百ピクセル以上に細分化して配置された各光検出素子の増倍率のばらつきを抑制できるため、微小異物の高精度検出が可能となる。なお、本実施例では、IV変換回路101～104の全てに基準電圧Vb1を印加しているが、光入射領域毎のばらつきに応じて、各IV変換回路にそれぞれ異なる基準電圧を印加する構成であっても、光子計数センサの増倍率の制御が可能となる。10

【0030】

本実施例では、光子計数センサが搭載される検査装置について説明したが、光子計数センサを搭載する装置はこれに限らず、半導体計測装置、または、質量分析装置でも良い。

【0031】

図6に半導体計測装置の構成図の例を示す。半導体計測装置300では、電子銃301で電子ビーム303を生成し、集束レンズ302、偏向制御部304、対物レンズ305を介して、ステージ307上にある半導体ウエハ306を電子ビーム303でスキャンする。半導体ウエハ306では電子ビーム303の照射により2次電子308が発生し、2次電子308はシンチレータ309、光子計数センサ310を介して検出され、データ処理部311で検出画像の生成と計測あるいは検査が行われる。20

【0032】

図7に質量分析装置の構成図の例を示す。質量分析装置では、試料をイオン化して真空チャンバ内の電極間に捕捉し、この電極に高電圧をスキャンして各電圧に応じた質量のイオンを放出し、これをシンチレーションで光に変換し、光子計数センサで信号検出して質量分析が行われる。質量分析装置400では、試料ガス401を試料導入室402に注入し、これをイオン化室403でイオン化する。イオン化された試料は、イオントラップ部404で捕捉され、ここに高電圧印加部405から高電圧をスキャンすることで各電圧に応じた質量のイオンがシンチレータ406と光子計数センサ407を介して検出され、データ処理部408で質量部分析が行われる。30

【0033】

なお、光子計数センサが搭載される装置に関しては、以降の実施例においても、本実施例と同様に、検査装置に限らない。

【実施例2】

【0034】

図4は、本発明に係る検査装置のセンサについて、第2の実施形態を示す構成図である。なお、説明が煩雑になることを避けるため、実施例1と同一の符号をつけた構成要素についての説明は省略する。

【0035】

図4で示したセンサ6は、光子計数センサ200、バイアス電圧設定手段100、IV変換回路101、102、103、104、加算回路105、107、電圧設定手段106で構成される。40

【0036】

センサ6では、電圧設定手段106から基準電圧Vb1、Vb2、Vb3、Vb4を出力し、IV変換回路101、102、103、104を介して、光子計数センサ200の領域201、202、203、204の領域毎にバイアス電圧を可変して増倍率を設定する。

【0037】

また、加算回路107を介して電圧設定手段106の出力電圧を加算し、最終的に加算

50

回路 105 を介して検出信号 V_o を得る。センサ 6 の抵抗値をすべて R とすると、電圧 V_1 、 V_2 、 V_3 、 V_4 、 V_5 、 V_o は式 2～7 で与えられる。

$$(式2) \quad V_1 = V_{b1} - I_1 \cdot R$$

$$(式3) \quad V_2 = V_{b2} - I_2 \cdot R$$

$$(式4) \quad V_3 = V_{b3} - I_3 \cdot R$$

$$(式5) \quad V_4 = V_{b4} - I_4 \cdot R$$

$$(式6) \quad V_5 = - (V_{b1} + V_{b2} + V_{b3} + V_{b4})$$

$$(式7) \quad V_o = (I_1 + I_2 + I_3 + I_4) \cdot R$$

本実施例の構成によると、 $I \cdot V$ 変換回路毎に基準電圧を設定することで、光子計数センサの領域毎に増倍率にばらつきがある場合にも、そのばらつきが均一になるように調整できる。さらに、電圧設定手段 106 の出力電圧を加算する加算回路 107 を設け、最終的に加算回路 105 で各 $I \cdot V$ 変換回路の出力と加算回路 107 の出力とを加算して検出信号 V_o を検出することで、電圧設定手段 106 からの電圧の出力をキャンセルすることができるため、微小異物の高精度検出が可能となる。10

【0038】

なお、本実施例では、 $I \cdot V$ 変換回路毎に基準電圧を設定したが、実施例 1 と同様に全ての $I \cdot V$ 変換回路に等しい基準電圧を印加しても、電圧設定手段 106 からの電圧の出力をオフセットすることができるため、微小異物の高精度検出が可能である。

【実施例 3】

【0039】

図 5 は、本発明に係る検査装置のセンサについて、第 3 の実施形態を示す構成図である。なお、説明が煩雑になることを避けるため、実施例 1 と同一の符号をつけた構成要素についての説明は省略する。20

【0040】

図 4 で示したセンサ 6 は、光子計数センサ 200、バイアス電圧設定手段 100、 $I \cdot V$ 変換回路 101、102、103、104、加減算回路 108、電圧設定手段 106 で構成される。

【0041】

実施例 2 と同様に、センサ 6 では、電圧設定手段 106 から基準電圧 V_{b1} 、 V_{b2} 、 V_{b3} 、 V_{b4} を出力して、 $I \cdot V$ 変換回路 101、102、103、104 を介して、光子計数センサ 200 の領域 201、202、203、204 の領域毎にバイアス電圧を可変して増倍率を設定するとともに、各 $I \cdot V$ 変換回路 101、102、103、104 からの出力は上記式 2～5 で与えられる。加えて、電圧設定手段 106 により、 V_{b1} ～ V_{b4} を加算した電圧と等しい V_5 を出力することで、加減算回路 108 を介して上記式 7 で与えられる検出信号 V_o を得る。30

【0042】

本実施例の構成によると、 $I \cdot V$ 変換回路毎に基準電圧を設定することで、光子計数センサの領域毎に増倍率にばらつきがある場合にも、そのばらつきが均一になるように調整できる。さらに、電圧設定手段 106 から V_{b1} ～ V_{b4} を加算した電圧 V_5 を出力し、最終的に加減算回路 108 で検出信号 V_o を検出することで、電圧設定手段 106 からの電圧の出力をキャンセルすることができるため、微小異物の高精度検出が可能となる。40

【0043】

なお、実施例 1～3 では、一例として N ピクセルを有する光子計数センサを 4 個の領域毎に共通化し、それぞれ独立に $I \cdot V$ 変換回路で電圧に変換して加算出力するとともに、電圧設定手段と $I \cdot V$ 変換手段を介して前記光子計数センサの領域毎にバイアス電圧を独立して制御することを説明したが、光子計数センサの領域 M は $N > M$ であれば良く、さらに各領域に含まれるピクセル数が N / M ピクセルと等しくなくても良いことは言うまでもない。

【0044】

また、電圧設定手段については、例えば、温度変動に対する光子計数センサの動作補償

10

20

40

50

や検査装置に使用状況に応じて、C P U やユーザプログラム（図示せず）から可変制御できるとともに、電圧設定手段を用いずに任意の基準電圧をI V 変換回路に設定することで、上記の実施例1～3と同様の効果が得られることはいうまでもない。

【0045】

また、本発明は上記した実施例に限定されるものではなく、様々な変形例が含まれる。例えば、上記した実施例1～3は本発明を分かりやすく説明するために詳細に説明したものであり、必ずしも説明した全ての構成を備えるものに限定されるものではない。また、ある実施例の構成の一部を他の実施例の構成に置き換えることが可能であり、また、ある実施例の構成に他の実施例の構成を加えることも可能である。また、各実施例の構成の一部について、他の構成の追加・削除、置換をすることが可能である。

10

【0046】

実施例1～3では、センサ6をウエハの検査装置に適用するものとして説明したが、検査装置に限らず、計測装置、医用・医療装置など検出手段として光子計数センサを用いる装置であれば適用可能であり、高精度な検出が可能となる。

【0047】

また、上記の各構成、機能、処理部、処理手段等は、それらの一部又は全部を、例えば集積回路で設計する等によりハードウェアで実現してもよい。また、上記の各構成、機能等は、C P U 1 0 がそれぞれの機能を実現するプログラムを解釈し、実行することによりソフトウェアで実現してもよい。各機能を実現するプログラム、テーブル、ファイル等の情報は、メモリや、ハードディスク、S S D (Solid State Drive) 等の記録装置、または、I C カード、S D カード、D V D 等の記録媒体に置くことができる。

20

【0048】

また、制御線や情報線は説明上必要と考えられるものを示しており、製品上必ずしも全ての制御線や情報線を示しているとは限らない。実際には殆ど全ての構成が相互に接続されていると考えてもよい。

【符号の説明】

【0049】

1、3 0 6 ウエハ

30

2 レーザ光源

3 反射板

4、5 レンズ

6 センサ

7 増幅回路

8 A / D 変換回路

9 データ処理部

1 0 C P U

1 1 マップ出力部

1 2 ステージ制御部

1 3 回転ステージ

1 4 並進ステージ

40

2 0 クロック検出部

2 1 センサ

2 2 I V 変換回路

2 3 クロック再生回路

2 4 遅延制御部

5 0 検査装置

1 0 0 バイアス電圧設定手段

1 0 1、1 0 2、1 0 3、1 0 4 I V 変換回路

1 0 5、1 0 7 加算回路

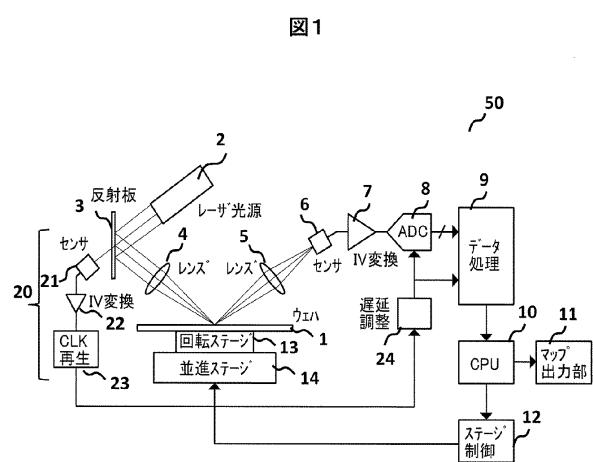
1 0 6 電圧設定手段

50

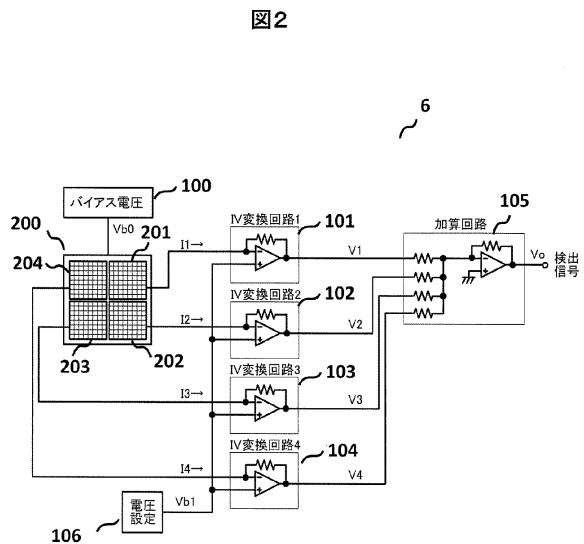
- 1 0 8 加減算回路
 2 0 0 , 3 1 0 、 4 0 7 光子計数センサ
 3 0 0 半導体計測装置
 3 0 1 電子銃
 3 0 2 集束レンズ
 3 0 3 電子ビーム
 3 0 4 偏向制御部
 3 0 5 対物レンズ
 3 0 7 ステージ
 3 0 8 2次電子
 3 0 9 、 4 0 6 シンチレータ
 3 1 1 データ処理部
 4 0 0 質量分析装置
 4 0 1 試料ガス
 4 0 2 試料導入室
 4 0 3 イオン化室
 4 0 4 イオントラップ部
 4 0 5 高電圧印加部
 4 0 8 質量分析部

10

【図1】

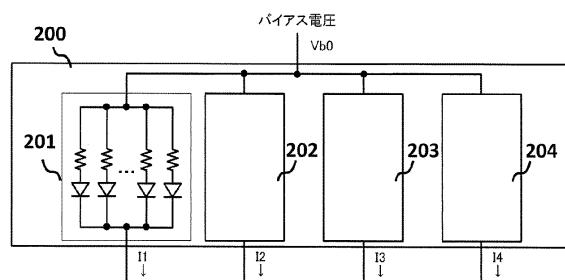


【図2】



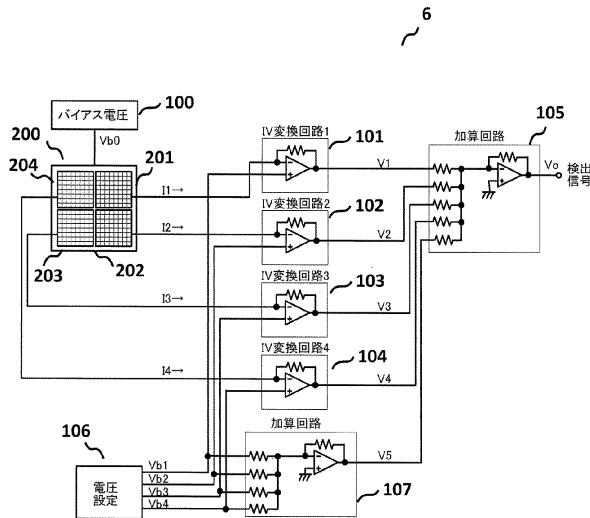
【図3】

図3



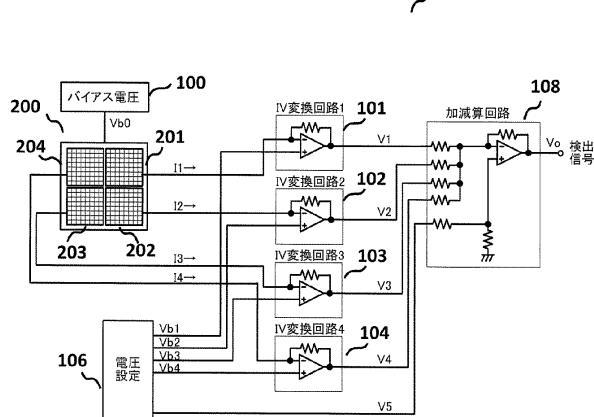
【図4】

図4



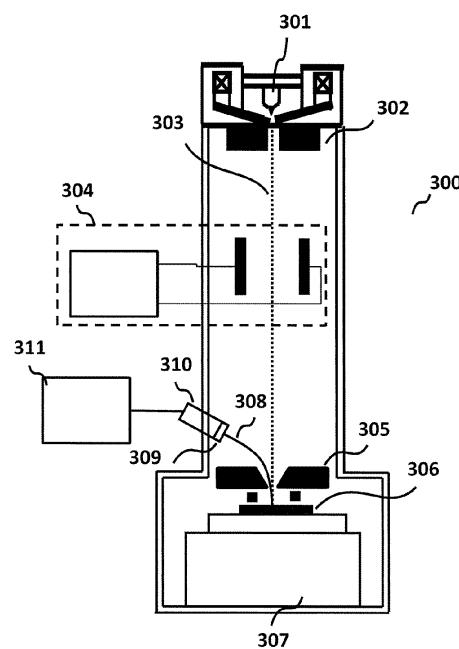
【図5】

図5



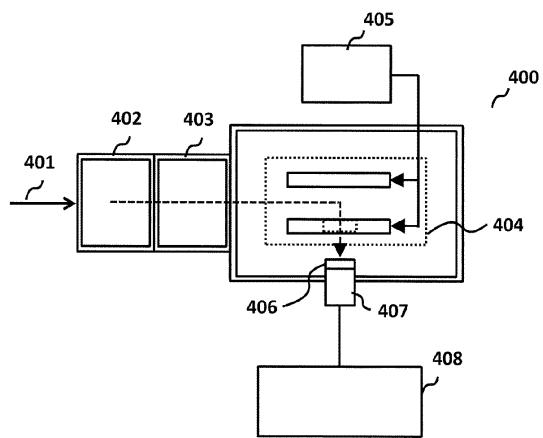
【図6】

図6



【図7】

図7



フロントページの続き

(56)参考文献 特開2013 - 234966 (J P , A)
特開2013 - 231631 (J P , A)
特開2002 - 184470 (J P , A)
特表2002 - 530631 (J P , A)
特開2007 - 248255 (J P , A)
特開昭58 - 143251 (J P , A)

(58)調査した分野(Int.Cl. , DB名)

G 01 N 21 / 84 - 21 / 958