

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 公開特許公報(A)

(11) 特許出願公開番号

特開2007-232930

(P2007-232930A)

(43) 公開日 平成19年9月13日(2007.9.13)

(51) Int.C1.	F 1	テーマコード (参考)
GO2B 7/38 (2006.01)	GO2B 7/11	E 2GO51
GO1N 21/956 (2006.01)	GO1N 21/956	A 2HO51
GO2B 7/28 (2006.01)	GO2B 7/11	M
HO1L 21/027 (2006.01)	HO1L 21/30	5O2V

審査請求 未請求 請求項の数 5 O L (全 11 頁)

(21) 出願番号	特願2006-52995 (P2006-52995)	(71) 出願人	000003078
(22) 出願日	平成18年2月28日 (2006.2.28)		株式会社東芝 東京都港区芝浦一丁目1番1号
		(71) 出願人	504162958
			株式会社ニューフレアテクノロジー 静岡県沼津市大岡2068番地の3
		(74) 代理人	100058479
			弁理士 鈴江 武彦
		(74) 代理人	100091351
			弁理士 河野 哲
		(74) 代理人	100088683
			弁理士 中村 誠
		(74) 代理人	100108855
			弁理士 蔵田 昌俊

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 フォーカス合わせ装置及びフォーカス合わせ方法

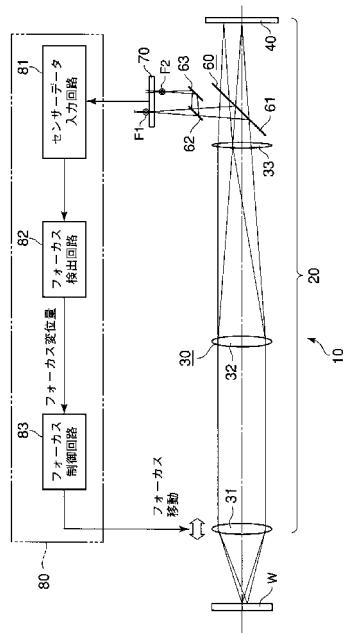
(57) 【要約】

【課題】半導体のパターンの線幅、ピッチが光学系の波長以下になった場合であっても、正しいフォーカス検出を行い、高精度の計測及び検査技術を行うこと。

【解決手段】光学像を検査用センサ40上に形成する第1結像光学系30と、第1結像光学系30から光学像をAF用センサ70側に分歧し、さらにこの光学像を2つに分歧して、AF用センサ70上に検査用センサ40上の光学像における前側フォーカス像と、後側フォーカス像とを結像する第2結像光学系60と、AF用センサ70から得られる前側フォーカス位置での前側センサ画像の高域成分と、後側フォーカス位置での後側センサ画像の高域成分とに基づいて、最適なフォーカス位置を検出するフォーカス検出回路82と、フォーカス検出回路82により検出されたフォーカス位置に基づいて第1結像光学系30のフォーカスを制御するフォーカス制御回路83とを具備する。

【選択図】 図1

図1



【特許請求の範囲】**【請求項 1】**

入射面に結像された被写体の光学像を画像信号に変換して出力する第1、第2のセンサと、

上記光学像を上記第1のセンサ上に形成する第1結像光学系と、

この第1結像光学系から上記光学像を上記第2のセンサ側に分岐し、さらにこの光学像を2つに分岐して、上記第2のセンサ上に第1のセンサ上の光学像における前側フォーカス像と、後側フォーカス像とを結像する第2結像光学系と、

上記第2のセンサから得られる前側フォーカス位置での前側センサ画像の高域成分と、後側フォーカス位置での後側センサ画像の高域成分とからそれぞれのフォーカス評価値を算出し、各フォーカス評価値を比較することで、第1のセンサ上の光学像の最適なフォーカス位置を検出するフォーカス検出回路と、

このフォーカス検出回路により検出されたフォーカス位置に基づいて上記第1結像光学系のフォーカスを制御するフォーカス制御回路とを具備することを特徴とするフォーカス合わせ装置。

【請求項 2】

上記第2結像光学系は、フォーカス位置によらず上記前側フォーカス像と上記後側フォーカス像の光学倍率を同一にするテレセントリック光学系を有すること特徴とする請求項1に記載のフォーカス合わせ装置。

【請求項 3】

上記第1、第2のセンサはラインセンサ、蓄積型センサ、2次元エリアセンサのいずれかであることを特徴とする請求項1に記載のフォーカス合わせ装置。

【請求項 4】

上記第2結像光学系は、上記第1結像光学系に配置され、上記光学像を第2のセンサ側へ分岐するハーフミラーを備えていることを特徴とする請求項1に記載のフォーカス合わせ装置。

【請求項 5】

光学像を第1のセンサ上に形成する第1結像ステップと、

上記第1のセンサ上に形成された光学像を画像信号に変換して出力する第1画像信号変換ステップと、

上記第1結像ステップにおける光学像を第2のセンサ側に分岐し、さらにこの光学像を2つに分岐して、上記第2のセンサ上に上記第1のセンサ上の光学像における前側フォーカス像と、後側フォーカス像とを結像する第2結像ステップと、

上記第1のセンサ上に形成された光学像を画像信号に変換して出力する第2画像信号変換ステップと、

この第2画像信号変換ステップで得られる画像信号のうち、前側フォーカス位置での前側センサ画像の高域成分と、後側フォーカス位置での後側センサ画像の高域成分とからそれぞれのフォーカス評価値を算出し、各フォーカス評価値を比較することで、第1のセンサ上の光学像の最適なフォーカス位置を検出するフォーカス検出ステップと、

このフォーカス検出ステップにより検出されたフォーカス位置に基づいて上記第1結像光学系のフォーカスを制御するフォーカス制御ステップとを具備することを特徴とするフォーカス合わせ方法。

【発明の詳細な説明】**【技術分野】****【0001】**

本発明は、半導体ウエハ、フォトマスク等の半導体パターンの計測及び検査装置に搭載される光学系のフォーカス合わせ装置及びフォーカス合わせ方法に関し、特に半導体パターンの線幅や欠陥が照明光の波長以下になった場合であっても、正しいフォーカス検出を行える技術に関する。

【背景技術】

10

20

30

40

50

【0002】

半導体ウェハやフォトマスク等の半導体パターンの計測及び検査装置は、光学像を用いてパターンの線幅を高精度で測定し、また、パターン上の微細な欠陥を高分解能で検出することが要求されている。

【0003】

半導体パターンの計測及び検査装置では、CCD等のセンサ上に光学系でパターンの拡大光学像を結像し、センサで得られた電気的な画像信号を処理して計測、検査を行っている。高精度な計測、検査を実現するには、高倍率、高解像度の光学像が得られることが要求され、その際、光学像のフォーカスを最適に合わせることが必要である。

【0004】

図15は、光テコ方式を用いたフォーカス合わせ機構100を示す図である。図15中Wは被写体、101は検査用センサ、102は対物レンズ、103は結像レンズ、104はLD、105はポジションセンサ、106はフォーカス検出回路、107はフォーカス制御回路を示している。このフォーカス合わせ機構100では、LD光を用いて被写体Wのフォーカス方向の位置をポジションセンサ105上に結像させ、ポジションセンサ105の信号を処理してフォーカス変位量を求めてフォーカスを制御する。

【0005】

この他、結像の前ピン状態、後ピン状態を形成し、その光強度の積分値（コントラスト）の差に基づいてフォーカス位置を求めるものが知られている（例えば、特許文献1参照）。

【特許文献1】特開平11-271597号公報

【発明の開示】

【発明が解決しようとする課題】

【0006】

上述した光テコ方式のフォーカス検出方法では、次のような問題があった。すなわち、半導体のパターンの線幅やピッチが、フォーカス検出で使用する照明光の波長以下になると、パターンで回折光が発生してポジションセンサ上に結像して、正しいフォーカス位置が検出できない虞がある。また、光強度の積分値を用いるものでは、積分値の差が小さいときに正確にフォーカス位置が検出できない虞がある。

【0007】

そこで本発明は、半導体のパターンの線幅、ピッチが光学系の波長以下になった場合であっても、正しいフォーカス検出を行い、高精度の計測及び検査技術を行うことができるフォーカス合わせ装置及びフォーカス合わせ方法を提供することを目的としている。

【課題を解決するための手段】

【0008】

前記課題を解決し目的を達成するために、本発明の一態様として、フォーカス合わせ装置は次のように構成されている。

【0009】

即ち、入射面に結像された被写体の光学像を画像信号に変換して出力する第1、第2のセンサと、上記光学像を上記第1のセンサ上に形成する第1結像光学系と、この第1結像光学系から上記光学像を上記第2のセンサ側に分岐し、さらにこの光学像を2つに分岐して、上記第2のセンサ上に第1のセンサ上の光学像における前側フォーカス像と、後側フォーカス像とを結像する第2結像光学系と、上記第2のセンサから得られる前側フォーカス位置での前側センサ画像の高域成分と、後側フォーカス位置での後側センサ画像の高域成分とからそれぞれのフォーカス評価値を算出し、各フォーカス評価値を比較することで、第1のセンサ上の光学像の最適なフォーカス位置を検出するフォーカス検出回路と、このフォーカス検出回路により検出されたフォーカス位置に基づいて上記第1結像光学系のフォーカスを制御するフォーカス制御回路とを具備することを特徴とする。

【0010】

また、前記課題を解決し目的を達成するために、本発明の一態様として、フォーカス合

10

20

30

40

50

わせ方法は次のように構成されている。

【0011】

即ち、光学像を第1のセンサ上に形成する第1結像ステップと、上記第1のセンサ上に形成された光学像を画像信号に変換して出力する第1画像信号変換ステップと、上記第1結像ステップにおける光学像を第2のセンサ側に分岐し、さらにこの光学像を2つに分岐して、上記第2のセンサ上に上記第1のセンサ上の光学像における前側フォーカス像と、後側フォーカス像とを結像する第2結像ステップと、上記第1のセンサ上に形成された光学像を画像信号に変換して出力する第2画像信号変換ステップと、この第2画像信号変換ステップで得られる画像信号のうち、前側フォーカス位置での前側センサ画像の高域成分と、後側フォーカス位置での後側センサ画像の高域成分とからそれぞれのフォーカス評価値を算出し、各フォーカス評価値を比較することで、第1のセンサ上の光学像の最適なフォーカス位置を検出するフォーカス検出ステップと、このフォーカス検出ステップにより検出されたフォーカス位置に基づいて上記第1結像光学系のフォーカスを制御するフォーカス制御ステップとを具備することを特徴とする。

10

【発明の効果】

【0012】

本発明によれば、被写体（例えば、半導体基板、フォトマスク等）上のパターンの線幅、ピッチが光学系の波長以下になった場合であっても、正しいフォーカス検出を行うことができ、被写体の高精度な計測及び検査等に利用することが可能となる。

20

【発明を実施するための最良の形態】

【0013】

図1は本発明の一実施の形態に係るフォーカス検出装置50が組み込まれた半導体パターン検査装置10の構成を示す説明図、図2は同フォーカス検出装置50の構成を示す説明図、図3は同フォーカス検出装置50の信号処理回路80を示すブロック図、図4は同フォーカス検出装置50によるフォーカス検出原理を示す説明図である。なお、図1中Wはパターンが形成された半導体ウエハ等の被写体を示している。

【0014】

半導体パターン検査装置10は、検査装置20と、フォーカス検出装置50とを備えている。検査装置20は、第1結像光学系30と、この第1結像光学系30により結像される検査用センサ40とを備えている。

30

【0015】

第1結像光学系30は、被写体Wに対向配置され拡大像を得るための対物レンズ31と、この対物レンズ31からの光を検査用センサ40に結像させるための結像レンズ32と、結像レンズ32と検査用センサ40との間に配置され、結像側をテレセントリック光学系にする追加レンズ33とを備えている。

【0016】

フォーカス検査装置50は、第2結像光学系60と、AF用センサ70と、信号処理回路80とを備えている。第2結像光学系60は、追加レンズ33と検査用センサ40との間に配置され、光学像を分岐しAF用センサ70上に結像させる第1ハーフミラー61と、この第1ハーフミラー61とAF用センサ70との間に配置され、光学像を分岐する第2ハーフミラー62と、この第2ハーフミラー62からの光をAF用センサ70上に結像させるミラー63とを備えている。なお、第1ハーフミラー61によるフォーカス位置は前ピン位置となるF1、ミラー63によるフォーカス位置は後ピン位置となるF2となるように光路長が設定されている。

40

【0017】

信号処理回路80は、AF用センサ70からの画像信号が入力されるセンサデータ入力回路81と、このセンサデータ入力回路81から信号が入力されるフォーカス検出回路82と、対物レンズ31の位置を決めるフォーカス移動機構を制御するフォーカス制御回路83とを備えている。

【0018】

50

なお、検査用センサ40及びAF用センサ70は、ラインセンサ、蓄積型(Time Delay and Integration)センサ、または2次元エリアセンサを使用することが好ましい。フォーカス位置をずらして結像される光学像の倍率を同じにすることで、フォーカス検出時の画像の視野を同じにすることが可能となる。また、蓄積型センサを使用する場合、フォーカス位置をずらして結像される光学像の倍率を同じにすることで、光学倍率が異なる場合に生ずる光学像とセンサのスキャン時間の同期のずれを解消することができる。

【0019】

このように構成された半導体パターン検査装置10では、次のようにしてフォーカス制御を行う。すなわち、被写体Wの光学像を第1結像光学系30を介して検査用センサ40上に結像させる。検査用センサ40の出力は検査回路(不図示)に入力され、検査が行われる。

【0020】

一方、第1結合光学系30の光学像は第1ハーフミラー61により分岐され、第2結像光学系60により、AF用センサ70上に結像される。AF用センサ70においては、検査用センサ40上の光学像に対して前側にピントがある前側フォーカス像と、検査用センサ40上の光学像に対して後側にピントがある後側フォーカス像とがそれぞれセンサ面の右側の半面、左側の半面に結像される。なお、前側フォーカスのずらし量と後側フォーカスのずらし量は同じになるよう設定する。なお、第2結像光学系60はテレセントリック光学系であるため、前側フォーカス像と後側フォーカス像とは同一の大きさとなる。

【0021】

AF用センサ70では、上述したように前側フォーカス像と後側フォーカス像が結像されることにより、2種類の画像信号が出力され、センサデータ入力回路81に入力される。

【0022】

フォーカス検出回路82では、図2に示すように、画像の高域成分が検出される。そして、検出された前側センサ画像の高域成分と後側センサ画像の高域成分からそれぞれのフォーカス評価値を算出し、各フォーカス評価値を比較する。そして、検査センサ40上の光学像の最適なフォーカス位置と、必要なフォーカス変位量が算出される。フォーカス制御回路83では、フォーカス検出回路82により算出されたフォーカス位置に基づいて対物レンズ31のフォーカスを制御する。

【0023】

フォーカス検出回路82での動作を図3を用いてより詳しく説明する。すなわち、前側フォーカス側の画像からは前側フォーカス側の画像の高域成分を、後側フォーカス側の画像からは前側フォーカス側の画像の高域成分を検出し、前側フォーカス側、後側フォーカス側の画像の高域成分を比較処理することでフォーカス変位量を算出する。

【0024】

図3は、入力された画像信号を、X・Y方向のそれぞれの微分演算、度数分布の算出、度数N%以上の濃度平均算出を行い、最大値又は2乗和を算出することで、前側フォーカス側の高域成分を出力する。同様にして後側フォーカス側の高域成分を出力する。これらの差をフォーカス変位量として出力する。

【0025】

尚、図3は、フォーカス検出装置の演算回路を示すブロック図の一例であって、種々変形して用いることが可能である。

【0026】

図4は、検査用センサ40及びAF用センサ70の出力の一例を示す説明図である。すなわち、検査用センサ40にはL/Sパターンが結像している場合、AF用センサ70の前側フォーカス側、後側フォーカス側には、検査用センサ40に結像したセンサ像の前側フォーカス側の光学像と後側フォーカス側の光学像が結像される。検査用センサ40のフォーカス位置が前側フォーカス側にあり、AF用センサ70の前側フォーカス側のセンサ出力振幅が後側フォーカス側のセンサ出力振幅より大きくなる場合を示している。

10

20

30

40

50

【0027】

次にフォーカス検出回路82内部の具体的な信号の変化に基づいて説明する。図5～図7は、検査用センサ40のフォーカス位置が前側フォーカス側にある場合、図8～図10は、検査用センサ40のフォーカス位置が合う場合、図11～図13は、検査用センサ40のフォーカス位置が後側フォーカス側にある場合である。

【0028】

検査用センサ40のフォーカス位置が前側フォーカス側にある場合、図5はセンサ出力を示す図、図6は微分出力を示す図、図7は度数分布の関係を示す図である。この場合、前側フォーカス側のセンサ出力振幅が後側フォーカス側のセンサ出力より大きくなり、前側フォーカス側の微分出力信号も後側フォーカス側の微分出力信号より大きくなる。このため、微分出力信号の度数分布は、前側フォーカス側が後側フォーカス側にくらべ明部の分布が増大し、度数N%以上の明るさの平均値を計算すると前側フォーカス側の値が後側フォーカス側に比べて大きな値となる。

【0029】

検査用センサ40のフォーカス位置が合う場合、図8はセンサ出力を示す図、図9は微分出力を示す図、図10は度数分布の関係を示す図である。この場合、前側フォーカス側、後側フォーカス側のセンサ出力振幅が同じになり、微分出力信号の振幅も同じになる。フォーカス位置での微分出力信号の度数分布は、前側フォーカス側、後側フォーカス側とも同様な分布となり、度数N%以上の明るさの平均値も同等の値となる。

【0030】

検査用センサ40のフォーカス位置が後側フォーカス側にある場合、図11はセンサ出力を示す図、図12は微分出力を示す図、図13は度数分布の関係を示す図である。この場合、後側フォーカス側のセンサ出力振幅が前側フォーカス側のセンサ出力より大きくなり、後側フォーカス側の微分出力信号も前側フォーカス側の微分出力信号より大きくなる。このため、微分出力信号の度数分布は、後側フォーカス側が前側フォーカス側にくらべ明部の分布が増大し、度数N%以上の明るさの平均値を計算すると後側フォーカス側の値が前側フォーカス側に比べて大きな値となる。

【0031】

この度数N%以上の明るさの平均値は、画像の高域成分を現すとともに、フォーカスが合っているかの指標となるため、フォーカス評価値として用いることができる。以下、その理由を詳述する。なお、図14に示すように、フォーカス位置を前側フォーカス側から後側フォーカス側に変化した場合に、前側フォーカス側、後側フォーカス側の画像の高域成分から求めたフォーカス評価値の変化特性と、後側フォーカス側のフォーカス評価値から前側フォーカス側のフォーカス評価値を引いた差の値を示したものである。

【0032】

すなわち、フォーカス位置が前ピン位置にあるときは、前側フォーカス側のフォーカス評価値が高く、フォーカス位置が後側フォーカス側に変化するにしたがい後側フォーカス側のフォーカス評価値が高くなってくる。一方、フォーカス評価値の差は、フォーカスが合っている位置では、前側フォーカス側、後側フォーカス側のフォーカス評価値が同じ値になるためゼロとなる。

【0033】

したがって、フォーカスが前側フォーカス側から後側フォーカス側に変化する場合、フォーカス評価値の差は、フォーカスが合っているゼロクロス点を中心に単調増加の出力となる。すなわち、フォーカス評価値の差から、前側フォーカス側にあるか、後側フォーカス側にあるか、さらに単調増加の出力が得られることからフォーカスがどのくらいずれているかを判断することができる。

【0034】

以上の結果から、フォーカス評価値の差の値はフォーカス変位量として用いることが可能で、フォーカス変位量をフォーカス制御回路83に出力することで、フォーカス制御を行なうことが可能となる。

10

20

30

40

50

【0035】

このように構成されたフォーカス検出装置50が組み込まれた半導体パターン検査装置10によれば、前ピンと後ピンとの画像信号のうち高域信号を抽出して比較することで、半導体のパターンの線幅、ピッチが光学系の波長以下になった場合であっても、正しいフォーカス検出を行い、高精度の計測及び検査技術を行うことができる。

【0036】

なお、上述したフォーカス検出装置50は、半導体パターン検査装置10に組み込んだものについて説明したが、光学的な計測・検査装置一般に適用できるのは勿論である。

【0037】

また、本実施の形態では、被写体として、半導体ウエハの他に、フォトマスク等を用いることが可能である。その場合、被写体としてのフォトマスク上においても、パターンを検査する場合に、前述と同様の手順でフォーカス合わせ等を行い、同様の効果を得ることが可能である。

【0038】

なお、本発明は上記実施形態そのままで限定されるものではなく、実施段階ではその要旨を逸脱しない範囲で構成要素を変形して具体化できる。また、上記実施形態に開示されている複数の構成要素の適宜な組み合わせにより、種々の発明を形成できる。例えば、実施形態に示される全構成要素から幾つかの構成要素を削除してもよい。さらに、異なる実施形態にわたる構成要素を適宜組み合わせてもよい。

【図面の簡単な説明】

【0039】

【図1】本発明の一実施の形態に係るフォーカス検出装置の構成例を示す。

【図2】同フォーカス検出装置の構成を示す説明図。

【図3】同フォーカス検出装置の演算回路を示すブロック図。

【図4】同フォーカス検出装置によるフォーカス検出原理を示す説明図。

【図5】検査用センサのフォーカス位置が前側フォーカス側にある場合におけるセンサ出力を示す説明図。

【図6】同微分出力を示す説明図。

【図7】同度数分布の関係を示す説明図。

【図8】検査用センサのフォーカス位置が合う場合におけるセンサ出力を示す説明図。

【図9】同微分出力を示す説明図。

【図10】同度数分布の関係を示す説明図。

【図11】検査用センサのフォーカス位置が後側フォーカス側にある場合におけるセンサ出力を示す説明図。

【図12】同微分出力を示す説明図。

【図13】同度数分布の関係を示す説明図。

【図14】フォーカス評価値の変化特性及びフォーカス評価値の差を示す説明図。

【図15】光テコ方式を用いたフォーカス合わせの機構の構成を示す説明図。

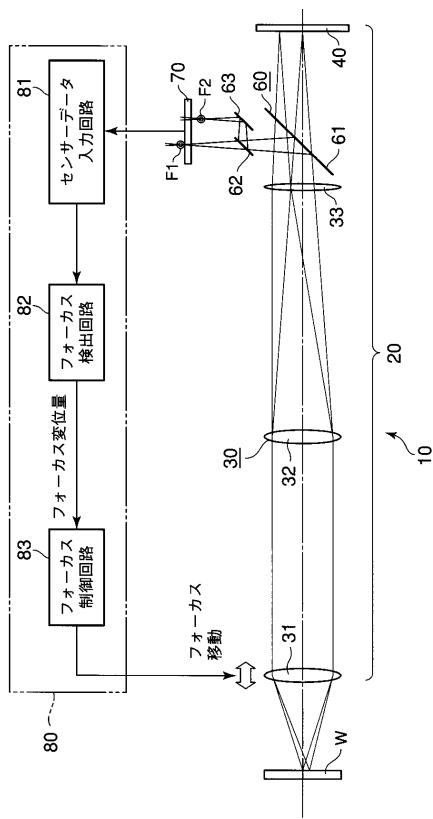
【符号の説明】

【0040】

10...半導体パターン検査装置、20...検査装置、30...第1結像光学系、40...検査用センサ、50...フォーカス検査装置、60...第2結像光学系、61...第1ハーフミラー、62...第2ハーフミラー、63...ミラー、70...AF用センサ、80...信号処理回路、81...センサデータ入力回路、82...フォーカス検出回路、83...フォーカス制御回路、W...被写体。

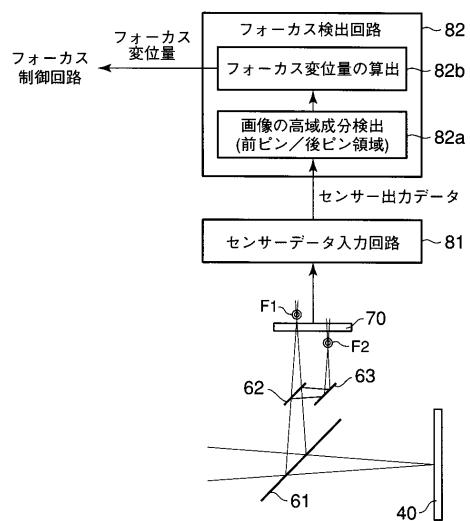
【図1】

図1



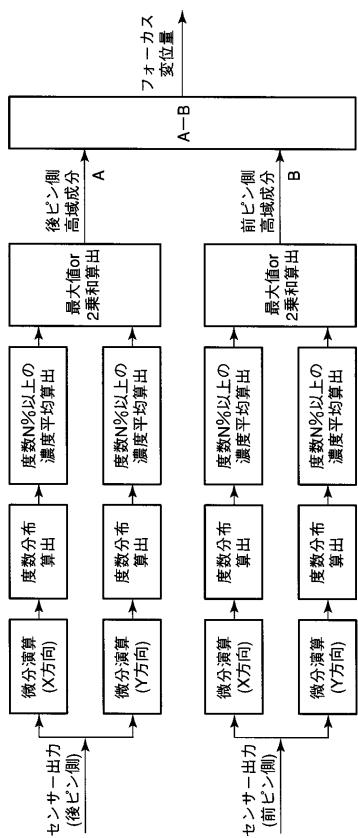
【図2】

図2



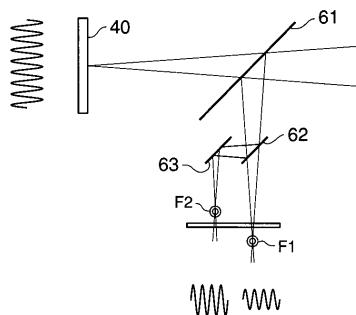
【図3】

図3



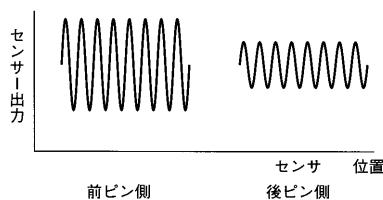
【図4】

図4



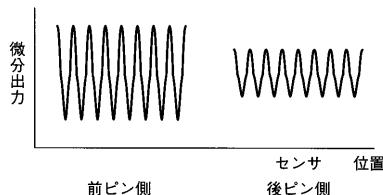
【図5】

図5



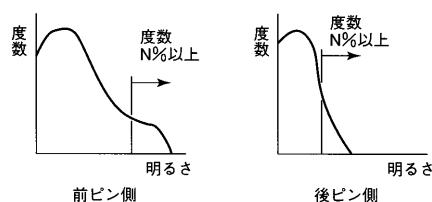
【図6】

図6



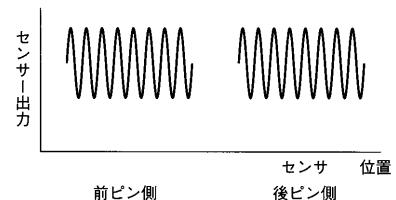
【図7】

図7



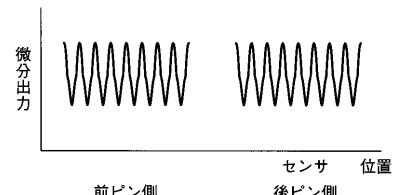
【図8】

図8



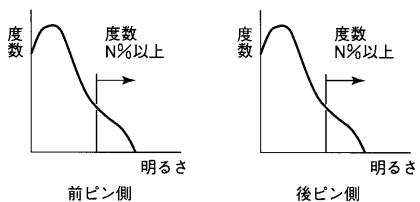
【図9】

図9



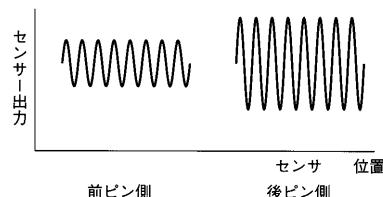
【図10】

図10



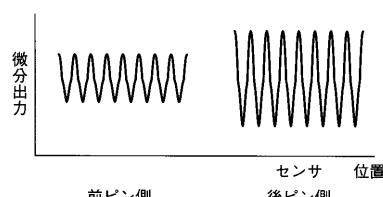
【図11】

図11



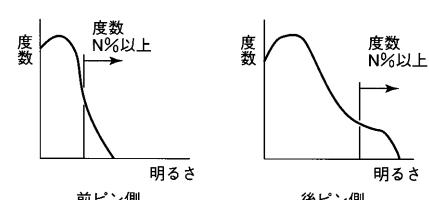
【図12】

図12



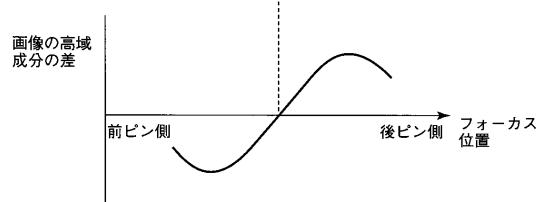
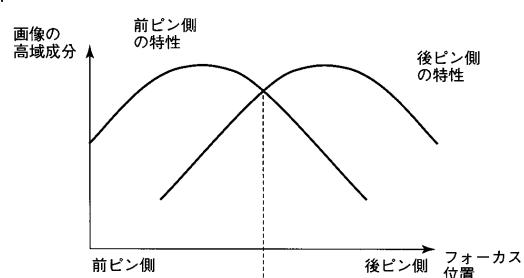
【図13】

図13



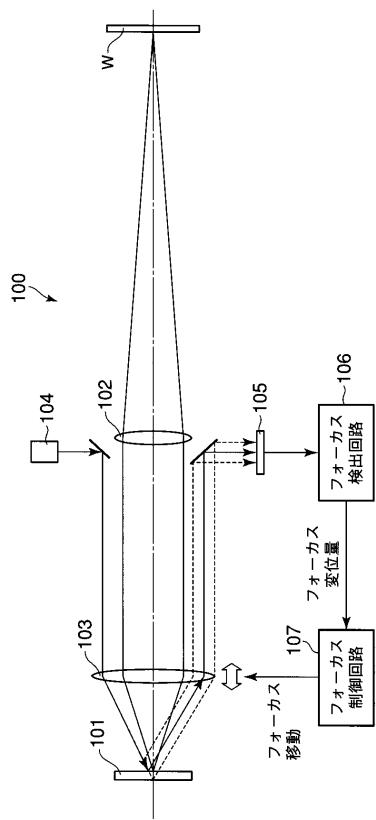
【図14】

図14



【 図 1 5 】

図 15



フロントページの続き

(74)代理人 100075672
弁理士 峰 隆司

(74)代理人 100109830
弁理士 福原 淑弘

(74)代理人 100084618
弁理士 村松 貞男

(74)代理人 100092196
弁理士 橋本 良郎

(72)発明者 井上 広
神奈川県横浜市磯子区新磯子町33番地 株式会社東芝生産技術センター内

(72)発明者 渡辺 智英
神奈川県川崎市幸区小向東芝町1番地 株式会社東芝マイクロエレクトロニクスセンター内

(72)発明者 遠藤 智
静岡県沼津市大岡2068-3 株式会社ニューフレアテクノロジー内

(72)発明者 池田 正己
静岡県沼津市大岡2068-3 株式会社ニューフレアテクノロジー内

F ターム(参考) 2G051 AA51 AA56 AB07 BB11 CA03 CA04 CC11 EA08 EC02
2H051 BA47 BA52 BA53 BA55 CB02 CB11 CB14 CB17 CB20 CB22
CB23 CE14