

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特 許 公 報(B2)

(11) 特許番号

特許第3634068号

(P3634068)

(45) 発行日 平成17年3月30日(2005.3.30)

(24) 登録日 平成17年1月7日(2005.1.7)

(51) Int. Cl.<sup>7</sup>

F I

H O 1 L 21/027

H O 1 L 21/30 5 2 6 A

G O 3 F 7/20

G O 3 F 7/20 5 2 1

G O 3 F 9/02

G O 3 F 9/02 H

請求項の数 10 (全 20 頁)

(21) 出願番号	特願平8-143951	(73) 特許権者	000004112 株式会社ニコン
(22) 出願日	平成8年6月6日(1996.6.6)		東京都千代田区丸の内3丁目2番3号
(65) 公開番号	特開平9-266169	(74) 代理人	100098165 弁理士 大森 聡
(43) 公開日	平成9年10月7日(1997.10.7)	(72) 発明者	今井 裕二 東京都千代田区丸の内3丁目2番3号 株 式会社ニコン内
審査請求日	平成15年6月5日(2003.6.5)		
(31) 優先権主張番号	特願平7-177328	審査官	岩本 勉
(32) 優先日	平成7年7月13日(1995.7.13)		
(33) 優先権主張国	日本国(JP)		
(31) 優先権主張番号	特願平8-10790		
(32) 優先日	平成8年1月25日(1996.1.25)		
(33) 優先権主張国	日本国(JP)		

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 露光方法及び装置

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項1】

マスクパターンを感光性の基板上に投影する投影光学系と、前記基板を前記投影光学系の光軸方向、及び所定の走り面に沿って移動する基板ステージとを備え、前記基板ステージにより前記基板を位置決めして前記基板の複数のショット領域に順次前記マスクパターンを投影する露光方法において、

前記基板の第1のショット領域を前記投影光学系の露光フィールド内に設定し、前記露光フィールド内の所定の計測点で前記基板の表面を前記投影光学系の結像面に合焦させて前記第1のショット領域にマスクパターンを投影露光する第1工程と；

前記基板ステージを介して前記基板を前記所定の走り面に沿って移動して、前記基板の第2のショット領域を前記投影光学系の露光フィールド内に設定すると共に、前記所定の走り面と前記投影光学系の結像面とのずれ量分だけ前記基板ステージを介して前記基板の高さを調整して、前記所定の計測点で前記基板の表面と前記投影光学系の結像面とのデフォーカス量を計測して記憶する第2工程と；

前記所定の計測点で前記基板の表面を前記投影光学系の結像面に合焦させて前記第2のショット領域にマスクパターンを投影露光する第3工程と；を有することを特徴とする露光方法。

【請求項2】

請求項1記載の露光方法であって、

前記基板の複数のショット領域に対して前記第2工程及び第3工程を繰り返して得られ

10

20

る複数のデフォーカス量より前記基板と前記基板ステージとの間の異物の検出を行うことを特徴とする露光方法。

【請求項 3】

請求項 2 記載の露光方法であって、

前記第 2 工程及び第 3 工程を繰り返して得られる複数のデフォーカス量より前記基板の表面の傾斜角の分布を求め、該求められた分布より前記基板と前記基板ステージとの間の異物の位置及び大きさを算出し、該算出された異物の位置及び大きさを表示装置に表示することを特徴とする露光方法。

【請求項 4】

マスクパターンを感光性の基板上に投影する投影光学系と、前記基板を前記投影光学系の光軸方向、及び所定の走り面に沿って移動すると共に前記基板の傾斜角を調整する基板ステージとを備え、前記基板ステージにより前記基板を位置決めして前記基板上的複数のショット領域に順次前記マスクパターンを投影露光する露光方法において、

前記基板上的第 1 のショット領域を前記投影光学系の露光フィールド内に設定し、前記基板の表面の高さ及び傾斜角をそれぞれ前記投影光学系の結像面に合わせて前記第 1 のショット領域にマスクパターンを投影露光する第 1 工程と；

前記基板ステージを介して前記基板の傾斜角を固定した状態で前記基板を前記所定の走り面に沿って移動することにより、前記基板上的第 2 のショット領域を前記露光フィールド内に設定し、前記露光フィールド内での前記基板の表面の前記結像面に対する傾斜角を計測して記憶した後、前記基板の表面の高さ及び傾斜角をそれぞれ前記結像面に合わせて前記第 2 のショット領域にマスクパターンを投影露光する第 2 工程と；を有し、前記基板上的複数のショット領域に対して前記第 2 工程を繰り返して得られる複数の傾斜角の分布より、前記基板と前記基板ステージとの間の異物を検出することを特徴とする露光方法。

【請求項 5】

マスクパターンを感光性の基板上に投影する投影光学系と、前記基板を前記投影光学系の光軸方向、及び所定の走り面に沿って移動すると共に前記基板の傾斜角を調整する基板ステージとを備え、前記基板ステージにより前記基板を位置決めして前記基板上的複数のショット領域に順次前記マスクパターンを投影露光する露光方法において、

前記基板上的第 1 のショット領域を前記投影光学系の露光フィールド内に設定し、前記露光フィールド内の所定の計測点で前記基板の表面の高さを前記投影光学系の結像面に合わせると共に、前記結像面に対する前記基板の表面の傾斜量を記憶し、前記第 1 のショット領域にマスクパターンを投影露光する第 1 工程と；

前記基板ステージを介して前記基板の傾斜角を固定した状態で前記基板を前記所定の走り面に沿って移動して、前記基板上的第 2 のショット領域を前記投影光学系の露光フィールド内に設定すると共に、前記所定の計測点で前記基板の表面と前記投影光学系の結像面とのデフォーカス量を計測して記憶する第 2 工程と；

前記所定の計測点で前記基板の表面を前記投影光学系の結像面に合焦させて前記第 2 のショット領域にマスクパターンを投影露光する第 3 工程と；を有することを特徴とする露光方法。

【請求項 6】

請求項 5 記載の露光方法であって、

前記傾斜量は、前記基板上的ショット領域の前記結像面に対する傾斜角と前記ショット領域の間隔とによって算出されることを特徴とする露光方法。

【請求項 7】

請求項 5 記載の露光方法であって、

前記基板上的複数のショット領域に対して前記第 1 工程、前記第 2 工程及び第 3 工程を繰り返して得られる複数の前記デフォーカス量より前記基板と前記基板ステージとの間の異物の検出を行うことを特徴とする露光方法。

【請求項 8】

10

20

30

40

50

請求項 7 記載の露光方法であって、

前記第 1 工程、前記第 2 工程及び第 3 工程を繰り返して得られる複数の前記傾斜量及び前記デフォーカス量より前記基板の表面の傾斜量及びデフォーカス量の分布を求め、該求められた分布より前記基板と前記基板ステージとの間の異物の位置及び大きさを算出し、該算出された異物の位置及び大きさを表示装置に表示することを特徴とする露光方法。

【請求項 9】

マスクパターンを感光性の基板上に投影する投影光学系と、前記基板を前記投影光学系の光軸方向、及び所定の走り面に沿って移動する基板ステージとを備え、前記基板ステージにより前記基板を位置決めして前記基板の複数のショット領域に順次前記マスクパターンを投影する露光装置において、

10

前記投影光学系の露光フィールド内の所定の計測点で前記基板の表面を計測するフォーカスセンサと；

前記基板上における第 1 のショット領域にマスクパターンを投影露光した後、前記基板ステージを介して前記基板を前記所定の走り面に沿って移動して、前記基板の第 2 のショット領域を前記投影光学系の露光フィールド内に設定すると共に、前記所定の走り面と前記投影光学系の結像面とのずれ量分だけ前記基板ステージを介して前記基板の高さを調整する駆動手段と；

前記フォーカスセンサからの検出信号に基づいて、前記所定の計測点における前記第 2 のショット領域と前記投影光学系の結像面とのデフォーカス量を計測する計測手段と；

前記計測されたデフォーカス量を記憶した後、前記フォーカスセンサからの検出信号に基づいて前記基板の表面を前記投影光学系の結像面に合焦させた後、前記第 2 のショット領域にマスクパターンを投影露光する制御手段と；を有することを特徴とする露光装置。

20

【請求項 10】

マスクパターンを感光性の基板上に投影する投影光学系と、前記基板を前記投影光学系の光軸方向、及び所定の走り面に沿って移動すると共に前記基板の傾斜角を調整する基板ステージとを備え、前記基板ステージにより前記基板を位置決めして前記基板の複数のショット領域に順次前記マスクパターンを投影露光する露光装置において、

前記基板の表面の高さを求めるフォーカスセンサと；

前記基板の傾斜角を求めるレベリングセンサと；

前記基板上の第 1 のショット領域に前記マスクパターンを投影露光した後、前記基板ステージを介して前記基板の傾斜角を固定した状態で前記基板を前記所定の走り面に沿って移動することにより、前記基板の第 2 のショット領域を前記投影光学系の露光フィールド内に設定する駆動手段と；

30

前記レベリングセンサによって計測された前記第 2 のショット領域の傾斜角を記憶した後、前記フォーカスセンサと前記レベリングセンサとの検出信号に基づいて前記第 2 のショット領域の高さ及び傾斜角をそれぞれ前記結像面に合わせて前記第 2 のショット領域にマスクパターンを投影露光する制御手段と；

前記基板上の複数のショット領域に対して記憶された複数の傾斜角の分布より、前記基板と前記基板ステージとの間の異物を検出する検出手段と；を有することを特徴とする露光装置。

40

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】

本発明は、例えば半導体素子、撮像素子（CCD等）、液晶表示素子、又は薄膜磁気ヘッド等を製造する際に使用される露光方法及び装置に関し、特に感光性の基板を投影光学系の結像面に合わせ込むためのオートフォーカス機構を備えた投影露光装置で使用して好適なものである。

【0002】

【従来の技術】

半導体素子等を製造するためのフォトリソグラフィ工程で、マスクとしてのレチクルのバ

50

ターンの投影光学系を介した像を、フォトレジストが塗布されたウエハ（又はガラスプレート等）上の各ショット領域に露光するための投影露光装置（ステッパー等）が使用されている。斯かる投影露光装置では、ウエハは、例えば同心円状の凸部が形成されたウエハホルダ上に真空吸着により保持されている。また、投影光学系の露光フィールド内の例えば中央の計測点でのウエハの焦点位置（高さ）を検出するオートフォーカスセンサと、この検出結果に基づいてウエハの各ショット領域の表面を投影光学系の結像面に対して焦点深度の範囲内に合わせ込むステージ機構と、からなるオートフォーカス機構が備えられている。

#### 【0003】

従来のオートフォーカス機構では、予めウエハの表面が投影光学系の結像面に合致しているときにオートフォーカスセンサからの検出信号が所定の基準値となるようにキャリブレーションが行われていた。そして、露光動作中にオートフォーカスを行うために、そのオートフォーカスセンサからの検出信号が常時その基準値となるように、ステージ機構を介してサーボ方式でウエハの焦点位置が制御されていた。

#### 【0004】

##### 【発明が解決しようとする課題】

上述のように従来のオートフォーカス方式では、露光フィールド内の所定の計測点での焦点位置を予め求めてあった結像面の位置に合わせていた。そのため、例えばウエハの裏面とウエハホルダとの間にレジスト残滓、又は塵等の異物が存在して、露光対象のショット領域内でその計測点に対応する部分の近傍が突出しているような場合には、その突出している部分のみが結像面に合わせ込まれ、その他の大部分の領域が結像面から大きく外れてしまうことがあった。このような場合、そのショット領域に形成されるチップパターンは不良となるが、従来は最終的に製造されたチップパターンの検査を行うまで、その異物に起因する不良品を検出できないという不都合があった。

#### 【0005】

これに対して、そのような異物の検出が可能になると、例えばウエハ上の第1層目への露光で或るショット領域の裏面で大きい異物が検出されたときには、例えばそのウエハ上の2層目以降の露光に際してはそのショット領域への露光を省くことにより、無駄な露光を省くことができる。

また、異物を検出するための専用の検出装置を設けるのは、ウエハが載置されるステージ側の構成が複雑化して製造コストも上昇してしまう。

#### 【0006】

本発明は斯かる点に鑑み、特に専用の異物検出装置を設けることなく、ウエハの裏面の異物を検出できる露光方法を提供することを目的とする。

#### 【0007】

##### 【課題を解決するための手段】

本発明による第1の露光方法は、マスクパターン（R）を感光性の基板（W）上に投影する投影光学系（PL）と、基板（W）を投影光学系（PL）の光軸方向、及び所定の走り面（13）に沿って移動する基板ステージ（2, 3A~3C, 5, 27, 28）とを備え、この基板ステージにより基板（W）を位置決めして基板（W）上の複数のショット領域に順次マスクパターン（R）を投影する露光方法において、基板（W）上の第1のショット領域を投影光学系（PL）の露光フィールド内に設定し、その露光フィールド内の所定の計測点（7）で基板（W）の表面を投影光学系（PL）の結像面（12）に合焦させてその第1のショット領域にマスクパターン（R）を投影露光する第1工程（ステップ102~104）と、その基板ステージを介して基板（W）を所定の走り面（13）に沿って移動して、基板（W）上の第2のショット領域を投影光学系（PL）の露光フィールド内に設定すると共に、所定の走り面（13）とその投影光学系の結像面（12）とのずれ量分だけその基板ステージを介して基板（W）の高さを調整して、所定の計測点（7）で基板（W）の表面とその投影光学系の結像面（12）とのデフォーカス量を計測して記憶する第2工程（ステップ106, 102, 103）と、所定の計測点（7）で基板（W）の

10

20

30

40

50

表面をその投影光学系の結像面(13)に合焦させてその第2のショット領域にマスクパターン(R)を投影露光する第3工程(ステップ104)と、を有するものである。

【0008】

この場合、基板(W)上の複数のショット領域に対してそれら第2工程及び第3工程を繰り返して得られる複数のデフォーカス量より基板(W)とその基板ステージとの間の異物の検出を行う(ステップ107, 108)ことが望ましい。また、それら第2工程及び第3工程を繰り返して得られる複数のデフォーカス量より基板(W)の表面の傾斜角の分布を求め、このように求められた分布より基板(W)とその基板ステージとの間の異物の位置及び大きさを算出し、このように算出された異物の位置及び大きさを表示装置に表示してもよい。

10

【0009】

また、本発明の第2の露光方法は、その第1の露光方法と同じ前提部において、基板(W)上の第1のショット領域を投影光学系(PL)の露光フィールド内に設定し、基板(W)の表面の高さ及び傾斜角をそれぞれ投影光学系(PL)の結像面(12)に合わせてその第1のショット領域にマスクパターン(R)を投影露光する第1工程(ステップ122~125)と、その基板ステージを介して基板(W)の傾斜角を固定した状態で基板(W)を所定の走り面(13)に沿って移動することにより、基板(W)上の第2のショット領域をその露光フィールドに設定し、その露光フィールド内での基板(W)の表面の結像面(12)に対する傾斜角を計測して記憶した後、基板(W)の表面の高さ及び傾斜角をそれぞれ結像面(12)に合わせてその第2のショット領域にマスクパターン(R)を投影露光する第2工程(ステップ127, 122~125)と、を有し、基板(W)上の複数のショット領域に対してその第2工程を繰り返して得られる複数の傾斜角の分布より、基板(W)とその基板ステージとの間の異物を検出する(ステップ128, 129)ものである。

20

【0010】

また、本発明の第3の露光方法は、その第1の露光方法と同じ前提部において、基板(W)上の第1のショット領域を前記投影光学系(PL)の露光フィールド内に設定し、その露光フィールド内の所定の計測点で基板(W)の表面の高さを投影光学系(PL)の結像面(12)に合わせると共に、結像面(12)に対する基板(W)の表面の傾斜量を記憶し、第1のショット領域にマスクパターン(R)を投影露光する第1工程(ステップ142~144)と、その基板ステージを介して基板(W)を所定の走り面(13)に沿って移動して、基板(W)上の第2のショット領域を投影光学系(PL)の露光フィールド内に設定すると共に、その所定の計測点で基板(W)の表面と投影光学系(PL)の結像面(12)とのデフォーカス量を計測して記憶する第2工程(ステップ146, ステップ142~143)と、その所定の計測点で基板(W)の表面を投影光学系(PL)の結像面(12)に合焦させてその第2のショット領域にマスクパターンを投影露光する第3工程(ステップ144)と、を有するものである。

30

【0011】

この場合、その傾斜量は、例えば基板(W)上のショット領域のその結像面に対する傾斜角とショット領域の間隔とによって算出されるものである。

40

また、基板(W)上の複数のショット領域に対してそれら第1工程、第2工程及び第3工程を繰り返して得られる複数のそのデフォーカス量より基板(W)とその基板ステージとの間の異物の検出を行う(ステップ147~148)ことが望ましい。

【0012】

また、それら第1工程、第2工程及び第3工程を繰り返して得られる複数のその傾斜量及びそのデフォーカス量より基板(W)の表面の傾斜量及びデフォーカス量の分布(傾斜分布)を求め、このように求められた分布より基板(W)とその基板ステージとの間の異物の位置及び大きさを算出し、このように算出された異物の位置及び大きさを表示装置に表示してもよい。

【0013】

50

斯かる本発明の第1の露光方法によれば、例えば図3(a)に示すように、先ず第1工程で、基板(W)上の第1のショット領域に露光を行う際に、その第1のショット領域内の点Pが結像面(12)に合焦される。次に第2工程において、基板(W)上の第2のショット領域に露光を行うために、図3(a)、(b)に示すように、基板ステージ(4)を所定の走り面(13)に沿って駆動することにより、その第2のショット領域が露光フィールド内に設定される。この場合、結像面(12)に対する走り面(13)の予め求められている傾斜角を $\theta$ 、基板ステージ(4)の移動距離をLとすると、基板(W)の焦点位置は $(L \cdot \theta)$ だけ変化している。

【0014】

そこで、図3(c)に示すように、基板ステージ(4)を介して基板(W)の焦点位置を $Z$ だけ調整する。これによって、基板(W)が平坦な場合には基板(W)上のその第2のショット領域内の点Qは結像面(12)に合焦される。しかしながら、図3(d)に示すように、基板(W)と基板ステージ(4)との間に異物(14)が介在するときには、その点Qと結像面(12)の間にはデフォーカス量 $Z$ が計測される。従って、例えば通常のオートフォーカスセンサを使用してそのデフォーカス量 $Z$ を計測することにより、基板(W)の裏面の異物を検出できることになる。

【0015】

この場合、それら第2工程及び第3工程を繰り返して得られる複数のデフォーカス量より基板(W)の表面の傾斜角の分布を求めると、裏面に大きな異物がある部分を頂点とするように傾斜角が分布する。従って、その傾斜角の分布より基板(W)の裏面の異物の位置及び大きさが算出できるため、このように算出された異物の位置及び大きさを表示装置に表示できる。

【0016】

次に、本発明の第2の露光方法によれば、第1工程で基板(W)上の第1のショット領域が結像面(12)に平行に設定され、第2工程で基板(W)の傾斜角を固定した状態で第2のショット領域が露光フィールドに設定される。この際に、この第2のショット領域の裏面付近に異物が存在すると、この第2のショット領域の表面の結像面(12)に対する所定の傾斜角が検出される。その第2工程を繰り返すことにより、異物に起因する基板(W)の傾斜角の分布が検出される。従って、その傾斜角の分布から逆にその異物の位置及び大きさが検出できる。この場合、基板(W)上の傾斜角は通常のレベリングセンサにより検出できるため、別途専用の異物検出装置を設ける必要がない。

【0017】

次に、本発明の第3の露光方法によれば、例えば図3(a)に示すように、先ず第1工程で、基板(W)上の第1のショット領域に露光を行う際に、その第1のショット領域内の点Pが結像面(12)に合焦されると共に、結像面(12)に対するショット領域の表面の傾斜量を計測する。次に、第2工程において、基板(W)上の第2のショット領域に露光を行うために、図3(a)、(b)に示すように、基板ステージ(4)を所定の走り面(13)に沿って駆動することにより、その第2のショット領域が露光フィールド内に設定される。この場合、結像面(12)に対する走り面(13)の予め求められている傾斜角を $\theta$ 、基板ステージ(4)の移動距離をLとすると、基板(W)の焦点位置は $(L \cdot \theta)$ だけ変化している。従って、この $(L \cdot \theta)$ を第1のショット領域において予め計測されている傾斜量 $\theta_1$ と、ショット間における基板ステージ(4)の移動距離L(ステップピッチ)とより求めて記憶する。次に、その点Qにおけるデフォーカス量 $(Z')$ を計測し、 $(Z = Z' - L \cdot \theta_1)$ の計算を行うと、基板(W)が平坦な場合には $Z = 0$ となる。しかしながら、図3(d)に示すように、基板(W)と基板ステージ(4)との間に異物(14)が介在する場合、その点Qと結像面(12)の間にはデフォーカス量 $Z$ が計測され、異物が介在していると検出される。

【0018】

この場合、それら第1工程、第2工程及び第3工程を繰り返して得られる複数のデフォーカス量より基板(W)の表面のデフォーカス量の分布を求めると、異物のある所ではその

10

20

30

40

50

デフォーカス量が変化する。従って、そのデフォーカス量の分布より基板(W)の裏面の異物が検出できる。

更に、それら複数のデフォーカス量の分布に加えて複数の傾斜量の分布をも考慮することによって、基板(W)上で隣接するショット領域の境界部の下にある異物についても位置及び大きさを算出できるため、このように算出された異物の位置及び大きさを表示装置に表示できる。

また、本発明の第1の露光装置は、マスクパターン(R)を感光性の基板(W)上に投影する投影光学系(PL)と、その基板をその投影光学系の光軸方向、及び所定の走り面(13)に沿って移動する基板ステージ(2, 3A~3C, 5, 27, 28)とを備え、その基板ステージによりその基板を位置決めしてその基板上の複数のショット領域に順次そのマスクパターンを投影する露光装置において、その投影光学系の露光フィールド内の所定の計測点(7)でその基板の表面を計測するフォーカスセンサ(42~50)と、その基板上における第1のショット領域にマスクパターンを投影露光した後、その基板ステージを介してその基板をその所定の走り面に沿って移動して、その基板上の第2のショット領域をその投影光学系の露光フィールド内に設定すると共に、その所定の走り面とその投影光学系の結像面とのずれ量分だけその基板ステージを介してその基板の高さを調整する駆動手段(30)と、そのフォーカスセンサからの検出信号に基づいて、その所定の計測点におけるその第2のショット領域とその投影光学系の結像面とのデフォーカス量を計測する計測手段(52)と、その計測されたデフォーカス量を記憶した後、そのフォーカスセンサからの検出信号に基づいてその基板の表面をその投影光学系の結像面に合焦させた後、その第2のショット領域にマスクパターンを投影露光する制御手段(30)と、を有するものである。

また、本発明の第2の露光装置は、マスクパターン(R)を感光性の基板(W)上に投影する投影光学系(PL)と、その基板をその投影光学系の光軸方向、及び所定の走り面(13)に沿って移動すると共にその基板の傾斜角を調整する基板ステージ(2, 3A~3C, 5, 27, 28)とを備え、その基板ステージによりその基板を位置決めしてその基板上の複数のショット領域に順次そのマスクパターンを投影露光する露光装置において、その基板の表面の高さを求めるフォーカスセンサ(42~50)と、その基板の傾斜角を求めるレベリングセンサ(53~57)と、その基板上の第1のショット領域にそのマスクパターンを投影露光した後、その基板ステージを介してその基板の傾斜角を固定した状態でその基板をその所定の走り面に沿って移動することにより、その基板上の第2のショット領域をその投影光学系の露光フィールド内に設定する駆動手段(30)と、そのレベリングセンサによって計測されたその第2のショット領域の傾斜角を記憶した後、そのフォーカスセンサとそのレベリングセンサとの検出信号に基づいてその第2のショット領域の高さ及び傾斜角をそれぞれその結像面に合わせてその第2のショット領域にマスクパターンを投影露光する制御手段(30)と、その基板上の複数のショット領域に対して記憶された複数の傾斜角の分布より、その基板とその基板ステージとの間の異物を検出する検出手段(30)と、を有するものである。

【0019】

【発明の実施の形態】

以下、本発明による露光方法の第1の実施の形態につき図1~図4を参照して説明する。図2は本例で使用される投影露光装置の要部の構成を示し、この図2において、不図示の光源から露光用の照明光ILがフライアイレンズ21に供給されている。照明光ILとしては、水銀ランプからのg線、i線、あるいはエキシマレーザ光源からの紫外線パルス光等が使用される。フライアイレンズ21の射出面の多数の光源像からの照明光ILの大部分は、透過率が大きく反射率の小さなビームスプリッター22を通過した後、コンデンサーレンズ23及びミラー24を経て、レチクルRのパターン領域PAを均一な照度分布で落射照明する。レチクルRはレチクルホルダ25を介してレチクルステージ26上に保持され、レチクルステージ26は所定の範囲内でレチクルRの位置決めを行うことができ、レチクルステージ26の2次元的な位置、及び回転角が不図示のレーザ干渉計により計測

10

20

30

40

50

され、この計測結果が装置全体を統轄制御する主制御系 30 に供給されている。

【0020】

レチクル R のパターン領域 P A を通過した照明光 I L は、両側テレセントリック（片側テレセントリックも可）な投影光学系 P L を介してウエハ W 上にパターン領域 P A の像を形成する。ウエハ W は、ウエハホルダ 1 を介して試料台 2 上に保持され、試料台 2 は 3 個の伸縮自在な支点 3 A ~ 3 C を介して Z レベリングステージ 5 上に載置され、Z レベリングステージ 5 は X Y ステージ 27 上に載置され、X Y ステージ 27 はベース 28 上に載置されている。これらの試料台 2、支点 3 A ~ 3 C、Z レベリングステージ 5、X Y ステージ 27、及びベース 28 よりウエハステージが構成されている。以下、投影光学系 P L の光軸 A X に平行に Z 軸を取り、Z 軸に垂直な平面内で図 2 の紙面に平行に X 軸を、図 2 の紙面に垂直に Y 軸を取って説明する。

10

【0021】

試料台 2 上のウエハホルダ 1 の近傍に基準マーク部材 8 が埋め込まれ、基準マーク部材 8 の表面の高さはウエハ W の表面とほぼ等しくなるように設定されている。基準マーク部材 8 はガラス基板よりなり、基準マーク部材 8 の表面の遮光膜内に透過性の基準マークが形成されている。更に、試料台 2 の端部に X 軸用の移動鏡 10 X、及び Y 軸用の移動鏡（不図示）が固定されている。それらの移動鏡に対向するように X 軸用のレーザ干渉計 11 X、及び Y 軸用のレーザ干渉計（不図示）が配置され、これらのレーザ干渉計により試料台 2 の 2 次元の座標（X, Y）が常時例えば 0.01  $\mu\text{m}$  程度の分解能で検出される。

【0022】

20

また、3 個の支点 3 A ~ 3 C は、例えばカム機構で球体を Z 方向に上下させる機構、又はピエゾ素子等の伸縮可能な駆動素子から構成され、3 個の支点 3 A ~ 3 C を同時に同じ量だけ伸縮することにより Z レベリングステージ 5 に対して試料台 2 を Z 方向に所望の量だけ変位できるようになっている。更に、3 個の支点 3 A ~ 3 C の伸縮量を異ならしめることにより、Z レベリングステージ 5 に対して試料台 2 を 2 次元的に所望の角度だけ傾斜できるようになっている。この場合、予めそれら 3 個の支点 3 A ~ 3 C の伸縮量と、試料台 2 の Z 方向への変位量及び傾斜角との関係が求められている。

【0023】

図 2 において、X Y ステージ 27 はベース 28 上に X 方向及び Y 方向に移動自在に載置され、レーザ干渉計 11 X、及び Y 軸用のレーザ干渉計（不図示）で計測された試料台 2 の 2 次元座標（X, Y）を示す位置情報 S 2、及び 3 個の支点 3 A ~ 3 C の伸縮量を示す高さ情報 S 3 がステージ駆動系 29 に供給されている。ステージ駆動系 29 は、主制御系 30 からの制御情報 S 1、及び位置情報 S 2 に基づいて、X Y ステージ 27 の X 方向、Y 方向への位置を制御すると共に、その制御情報 S 1、位置情報 S 2 及び高さ情報 S 3 に基づいて試料台 2 の Z 方向の位置（焦点位置）及び傾斜角を制御する。

30

【0024】

また、図 2 においてウエハホルダ 1、試料台 2、支点 3 A ~ 3 C、及び Z レベリングステージ 5 よりなる部材を、図 3 (a) に示すステージ系 4 とすると、図 2 の X Y ステージ 27 を駆動してこのステージ系 4 を介してウエハ W を X 方向に駆動する際には、ステージ系 4 は実質的に走り面 13 に沿って移動することになる。そして、投影光学系 P L の結像面を図 3 (a) に示す結像面 12 とすると、この結像面 12 に対してその走り面 13 がなす角度は予め求められて、主制御系 30 内の記憶部に記憶されている。同様に、X Y ステージ 27 を駆動してそのステージ系 4 を介してウエハ W を Y 方向に駆動する際のステージ系 4 の走り面が、その結像面 12 に対してなす角度も主制御系 30 内の記憶部に記憶されている。

40

【0025】

図 2 に戻り、本例ではレチクル R のウエハステージに対する位置合わせを行うための所謂イメージング・スリット・センサ方式（以下、「ISS 方式」と呼ぶ）のアライメントセンサが設けられている。

本例の ISS 方式の照明系において、光源 31 は露光用の照明光 I L の波長と同一か、又

50



はその近傍の波長の照明光 I E を発生する。この照明光 I E はレンズ 3 2、光ガイド 3 3 を介して試料台 2 の内部の基準マーク部材 8 の底部に送られる。光ガイド 3 3 から射出された照明光 I E は、レンズ 3 4 によって集光され、ミラー 3 5 で反射されて基準マーク部材 8 上の基準マークを下側から照明する。その基準マークの投影光学系 P L を介した像は、それぞれレチクル R に設けられたアライメントマークの近傍に結像する。

**【 0 0 2 6 】**

このとき、例えばレチクル R の Y 方向の位置を検出するために、主制御系 3 0 は X Y ステージ 2 7 を Y 方向に駆動することによって、Y 軸のアライメントマーク 3 6 Y と Y 軸の基準マークとを相対走査させる。そのアライメントマーク 3 6 Y を透過した照明光 I E は、ミラー 2 4、コンデンサーレンズ 2 3 を経てビームスプリッター 2 2 に入射し、ビームスプリッター 2 2 で反射された光が光電検出器 3 7 で受光される。光電検出器 3 7 からの光電信号 S i、及びレーザ干渉計 1 1 X 等からの位置情報 S 2 が I S S 処理回路 3 8 に供給される。この場合、基準マークの共役像がアライメントマーク 3 6 Y と重なるときに光電信号 S i が最大となることを利用して、I S S 処理回路 3 8 では光電信号 S i が最大となるときの試料台 2 の Y 座標、即ちレチクル R の中心の Y 座標を求めて主制御系 3 0 に供給する。

10

**【 0 0 2 7 】**

同様に、X 軸のアライメントマーク 3 6 X と X 軸の基準マークとを X 方向に走査走査した状態で、光電検出器 3 7 からの光電信号 S i と位置情報 S 2 とをモニタすることにより、I S S 処理回路 3 8 でレチクル R の中心の X 座標が検出されて主制御系 3 0 に供給される。主制御系 3 0 は、必要に応じて不図示のレチクル駆動系を介してレチクルステージ 2 6 の位置を制御することにより、レチクル R の位置を調整する。

20

**【 0 0 2 8 】**

また、本例の投影露光装置は、ウエハ W 上の位置合わせ用のマーク（ウエハマーク）の位置を検出するためのオフ・アクシス方式のアライメントセンサを備えている。このアライメントセンサの詳細な構成については特開昭 6 2 - 1 7 1 1 2 5 号公報に開示されているのでここでは簡単に説明する。そのアライメントセンサは、投影光学系 P L の側面に配置されたアライメント光学系 3 9、2 次元 C C D 等の撮像素子 4 0 及び信号処理回路 4 1 より構成されている。

**【 0 0 2 9 】**

アライメント光学系 3 9 の光軸は投影光学系 P L の光軸 A X から所定の距離だけ X 方向に離れ、アライメント光学系 3 9 は照明光としてある帯域幅を持つブロードな波長分布の照明光をウエハ W 上に照射する。この場合、ウエハ W 上のウエハマークからの反射光は再びアライメント光学系 3 9 に入射し、そのウエハマークの像はアライメント光学系 3 9 中に設けられている指標板の下面に結像する。そして、そのウエハマークの像、及び指標板に形成された指標マークの像が、アライメント光学系 3 9 に装着された撮像素子 4 0 の撮像面に重畳して結像される。撮像素子 4 0 からの撮像信号 S f、及びレーザ干渉計 1 1 X 等からの位置情報 S 2 が信号処理回路 4 1 に供給され、信号処理回路 4 1 ではそのウエハマークの座標 ( X , Y ) を求めて主制御系 3 0 に供給する。このようにして求められた座標に基づいて、ウエハ W の各ショット領域の位置決めが行われる。

30

40

**【 0 0 3 0 】**

さて、次に本例の投影露光装置に組み込まれている斜入射方式のオートフォーカスセンサ（以下、「A F センサ」という）の構成について説明する。本例の斜入射方式の A F センサは、照射光学系 4 2、受光光学系 4 7、及び A F 信号処理回路 5 2 より構成されている。照射光学系 4 2 において、投光器 4 3 からウエハ W に塗布されている感光材料（フォトレジスト等）を感光させない波長帯の検出光（例えば赤外光等）が射出される。この投光器 4 3 中には送光用のスリット板が設けられ、このスリット板中のスリットを通過した検出光が、平行平板ガラス（プレーンパラレル）4 5、及び集光レンズ 4 6 を通って、ウエハ W 上の計測点 7 上にスリット像として照射される。この計測点 7 は、本例では投影光学系 P L の光軸 A X とウエハ W の表面とが交差する点に位置する。

50

## 【 0 0 3 1 】

そして、平行平板ガラス 4 5 は投光器 4 3 内の送光用のスリット板の近傍に配置されている。更に平行平板ガラス 4 5 は図 2 の紙面と垂直な Y 方向、及び図 2 の紙面に平行な方向にそれぞれ回転軸を有し、これらの回転軸を中心に微量回転できるようになっている。駆動部 4 4 は平行平板ガラス 4 5 を 2 つの回転軸の回りにそれぞれ所定の角度範囲内で回転させる。この回転によってウエハ W 上のスリット像の結像位置、即ち焦点位置の計測点 7 はウエハ W の表面に沿ってほぼ X 方向及び Y 方向に変位する。

## 【 0 0 3 2 】

ウエハ W 上の計測点 7 で反射された検出光（反射光）は、受光光学系 4 7 において、集光レンズ 4 8、及び平行平板ガラス 4 9 を通って受光器 5 0 に受光される。この受光器 5 0 中には受光用スリット板が設けられており、この受光用スリット板のスリットを通過した光が光電検出される。また、平行平板ガラス 4 9 も Y 方向に平行な回転軸を有し、駆動部 5 1 によって平行平板ガラス 4 9 を所定の角度範囲内で回転できるようになっている。平行平板ガラス 4 9 の回転により、受光器 5 0 における反射光の受光位置が調整できる。この反射光の受光位置の調整方向は、ウエハ W が Z 方向に変位したときの受光位置の変位方向に合致し、ウエハ W 上の計測点 7 の Z 方向の位置（焦点位置）が、投影光学系 P L の結像面に合致している状態で、受光器 5 0 内での受光位置が検出中心となるように平行平板ガラス 4 9 の回転角が調整される。

## 【 0 0 3 3 】

受光器 5 0 からはウエハ W 上の計測点 7 での焦点位置の結像面からのデフォーカス量（ずれ量）に対応する焦点信号 S a が出力され、この焦点信号 S a、及びレーザ干渉計 1 0 X 等からの位置情報 S 2 が信号処理回路 5 2 に供給される。信号処理回路 5 2 は、ウエハ W 上の計測点 7 での結像面に対するデフォーカス量を検出して主制御系 3 0 に供給する。主制御系 3 0 は、そのデフォーカス量が 0 になるようにオートフォーカス方式で、ステージ駆動系 2 9 を介して試料台 2 の Z 方向の位置を制御する。この場合、試料台 2 の傾斜角は、予め試料台 2 上に保持された平坦なウエハの表面が投影光学系 P L の結像面に平行になるような傾斜角に設定され、且つ X Y ステージ 2 7 が移動する際や試料台 2 の焦点位置が変化する場合でもその傾斜角は変化しないものとする。

## 【 0 0 3 4 】

次に、図 1 のフローチャートを参照して本例の露光動作につき説明する。先ず、図 1 のステップ 1 0 1 において、1 ロット内の先頭のウエハ W を図 2 の投影露光装置のウエハステージ上に搬送し、そのウエハ W をウエハホルダ 1 上に固定する。その後、アライメント光学系 3 9 を有するオフ・アクシス方式のアライメントセンサを使用して、ウエハ W 上の所定個数のショット領域の配列座標を計測し、この計測結果に基づいてウエハ W 上の全部のショット領域の正確な配列座標を求める。この工程はウエハ・アライメント工程として周知であるため、ここでは詳細な説明を省略する。

## 【 0 0 3 5 】

次に、ステップ 1 0 2 において、そのように求められた配列座標に基づいて X Y ステージ 2 7 を X 方向、Y 方向に駆動して、ウエハ W 上の露光対象のショット領域の中心を投影光学系 P L の露光フィールド内の中心（光軸 A X 上）の露光位置に位置決めする。それに続くステップ 1 0 3 において、照射光学系 4 2、受光光学系 4 7、及び A F 信号処理回路 5 2 よりなる A F センサを用いて、そのショット領域の中心の焦点位置を計測する。この計測結果は、投影光学系 P L の結像面の位置（合焦位置）に対するデフォーカス量であり、このデフォーカス量が当該ショット領域の配列座標と共に、主制御系 3 0 内の記憶部に記憶される。そして、このデフォーカス量が 0 になるように、Z レベリングステージ 5 上の 3 個の支点 3 A ~ 3 C を介してウエハ W の合焦が行われる。

## 【 0 0 3 6 】

その後、ステップ 1 0 4 でそのショット領域にレチクル R のパターン像が投影露光される。次に、ステップ 1 0 5 で主制御系 3 0 は、ウエハ W 上の全部のショット領域への露光が終了したかどうか判定する。このとき露光が終了していない場合は、ステップ 1 0 6 に移

10

20

30

40

50

行して、XYステージ27を駆動して、次に露光対象とするショット領域を露光フィールド内の露光位置に向けてステップング駆動する。これと並行して、結像面とウエハステージの走り面とがそのステップング方向でなす角度に応じて生ずるウエハWの焦点位置(高さ)の変化を相殺するように、Zレベリングステージ5上の3個の支点3A~3Cを介してウエハWの焦点位置が補正される。

#### 【0037】

このステップ106の最初の状態を図3(a)の状態とする。図3(a)において、直前に露光されたショット領域の中心の点Pが投影光学系PLの光軸AX上に位置し、その点Pの焦点位置が投影光学系PLの結像面12に合焦されている。そして、点Pから、次に露光対象とするショット領域の中心の点Qへの間隔をX方向にLであるとする。また、ウエハWが載置されるステージ系4のX方向に対する走り面13が、結像面12に対してなす角度を $[\text{rad}]$ とする。なお、走り面13を基準として、走り面13に対して結像面12が角度 $\theta$ で傾斜している場合も同様である。この場合、図3(a)の状態からステージ系4を走り面13に沿ってX方向に間隔Lだけ駆動して、図3(b)に示すように点Qが投影光学系PLの光軸AX上、即ち露光位置に達すると、ウエハWの焦点位置(高さ)は次式で表される $z$ だけ変化する。

#### 【0038】

$$L \cdot \sin \theta \quad (1)$$

そこで、そのステップング駆動と並行して、ウエハWの焦点位置をその $z$ 分だけ変化させると、ウエハWが平坦な場合には、図3(c)に示すようにその点Qは結像面12に合焦される。しかしながら、図3(d)に示すように、その点Qの裏面とステージ系4との間にレジスト残滓等の異物14が存在するときには、点Qの焦点位置とその結像面12との間にはほぼその異物14の高さに等しいデフォーカス量 $Z$ が残存する。本例では後述のように、各ショット領域毎にそのデフォーカス量 $Z$ を計測することにより、ウエハWの裏面の異物の位置、及び大きさを求める。

#### 【0039】

即ち、ステップ106に続いて動作はステップ102に戻り、XYステージ27をX方向、Y方向に微動することにより、ウエハW上の露光対象のショット領域の中心が露光位置に位置決めされ、それに続くステップ103において、AFセンサを用いて、そのショット領域の中心の結像面に対するデフォーカス量が検出され、このデフォーカス量が当該ショット領域の配列座標と共に、主制御系30内の記憶部に記憶される。そして、このデフォーカス量が0になるように、Zレベリングステージ5上の3個の支点3A~3Cを介してウエハWの合焦が行われ、その次のステップ104でそのショット領域にレチクルRのパターン像が投影露光される。以下、ウエハW上の未露光のショット領域に対してステップ106、ステップ102~104が繰り返して実行され、各ショット領域のデフォーカス量(図3(d)のデフォーカス量 $Z$ に相当する量)が記憶される。

#### 【0040】

最終的に、ステップ105で全ショット領域への露光終了と判断された場合は、ステップ107に移行して、主制御系30は、ステップ103で記憶された各ショット領域のデフォーカス量の分布に基づいてウエハWの表面の凹凸の分布を求める。その後、主制御系30は、その凹凸の分布よりウエハWの裏面の異物の位置、及び大きさを判定し(ステップ108)、不図示のCRTディスプレイにその異物の位置及び大きさを表示する(ステップ109)。なお、ステップ107において主制御系30は、記憶された各ショット領域の配列座標及びデフォーカス量を不図示のホストコンピュータに供給し、このホストコンピュータ側でステップ107~109の異物検出処理を行ってもよい。

#### 【0041】

ここで、ステップ107~109の動作につき図4を参照して具体的に説明する。まず、図4(a)は、ウエハW上の各ショット領域の配列の一例、及びこれらショット領域で検出されたデフォーカス量の一例を示す。図4(a)において、ウエハWの表面はX方向に4列でY方向に4行のショット領域に分割され、例えば1列目で4行目のショット領域を

10

20

30

40

50

ショット領域  $E(1, 4)$  と呼ぶように、 $i$  列で  $j$  行 ( $i = 1 \sim 4; j = 1 \sim 4$ ) 目のショット領域をショット領域  $E(i, j)$  と呼んでいる。また、各ショット領域内の数値がステップ 103 で記憶されたデフォーカス量 [ $\mu\text{m}$ ] を表し、各ショット領域間の矢印は露光順序を表している。例えばショット領域  $E(2, 4)$  でのデフォーカス量は  $0.5 \mu\text{m}$  である。

#### 【0042】

但し、図 4 (a) のデフォーカス量はそれぞれ直前のショット領域でのデフォーカス量を 0 に修正した後での計測値を示すため、実際のウエハ  $W$  上の各ショット領域の中心での凹凸量の分布を求めるためには、計測順にそれらのデフォーカス量を積算する必要がある。図 4 (b) は、図 4 (a) のデフォーカス量を計測順に積算した結果を示し、図 4 (b) の各ショット領域内の数値はウエハ  $W$  の実際の凹凸量 [ $\mu\text{m}$ ] を示している。ここで、本例では異物として認識する凹凸量の閾値  $Z_{\text{min}}$  を設定する。その閾値  $Z_{\text{min}}$  を例えば  $0.5 \mu\text{m}$  と設定すると、図 4 (b) ではショット領域  $E(2, 4)$  及び  $E(2, 3)$  での凹凸量が共に  $0.5 \mu\text{m}$  となりその閾値  $Z_{\text{min}}$  に達しているため、それらのショット領域  $E(2, 4)$  及び  $E(2, 3)$  の内部の裏面、又はそれらのショット領域の境界部にほぼ  $0.5 \mu\text{m}$  以上の異物が存在すると判定される。また、その凹凸量の閾値  $Z_{\text{min}}$  を複数段階で設定して、異物を大きさ別にランク分けしてもよい。

10

#### 【0043】

そして、例えば図 4 (b) の各ショット領域毎の凹凸量の分布、又は各ショット領域毎に存在する異物のランクを示す表示が CRT ディスプレイに表示される。なお、ステップ 107 ~ 109 までの動作を図 2 の主制御系 30 で行う場合には、各ウエハ毎の異物の情報をホストコンピュータに出力して、オンラインで異物の管理を行ってもよい。その後、例えば所定の許容値を超える大きさの異物が検出されたショット領域については、製造されるチップパターンが不良品となる確率が高いため、例えばその後の露光工程ではそのショット領域への露光を省く等の措置を取ることができる。これによって、無駄な露光を省くことができる。

20

#### 【0044】

その後、ステップ 110 で露光の終わったウエハ  $W$  の搬出 (アンロード) が行われ、ステップ 111 で 1 ロット内の全ウエハへの露光が終了したかが判定され、未露光のウエハが残っているときにはステップ 101 ~ 110 が繰り返して実行される。そして、ステップ 111 で全ウエハへの露光が終了したときには、ステップ 112 に移行して主制御系 30 は、1 ロット内の各ウエハに共通にほぼ同じ位置に異物が存在するかどうかを判定する。これは、ウエハの裏面の異物が例えばウエハホルダ 1 上にこびり着いたレジスト残滓である場合には、その 1 ロット内の全部のウエハについて共通にそのレジスト残滓が異物と判定されるためである。

30

#### 【0045】

この場合、そのようなレジスト残滓を除去しない限り、それ以降のロットについても同じ位置に異物が検出されて、製造される半導体素子等の歩留りが悪化する恐れがある。そこで、そのように全部のウエハについて共通に同じ位置に異物が検出された場合には、主制御系 30 はオペレータに対してウエハホルダ 1 上に異物が存在する恐れがある旨のアラームを発生し、これに対してオペレータはその投影露光装置に例えばウエハホルダ 1 の清掃シーケンスを実行させる。これにより、そのウエハホルダ 1 上の異物が除去される。

40

#### 【0046】

なお、上述の実施の形態では、焦点位置の検出は、各ショット領域内の 1 点で行われているが、露光フィールド内の多数の計測点でそれぞれ焦点位置検出を行う多点 AF センサを使用し、各ショット領域内においてそれぞれ多点のデフォーカス量を求めるようにしてもよい。これによって、ウエハの裏面での異物の位置をより細かい分解能で特定できる利点がある。

#### 【0047】

このように露光フィールド内の多点で焦点位置検出を行った場合は、連続して露光を行う

50

ショット領域間の移動前後でそれぞれ各計測点での焦点位置のずれ量を求めてもよい。この場合、例えば各計測点での焦点位置のずれ量の平均値を求め、この平均値に対するずれ量の偏差の大きい計測点の裏面に異物が存在するとみなすことができる。

【0048】

又は、各ショット領域内の各計測点間での焦点位置のばらつき（例えば分散）を全ショット領域について求め、そのばらつきの平均値を算出し、焦点位置のばらつきがその平均値から所定の閾値以上に大きいショット領域については異物が存在すると判定してもよい。次に、本発明の第2の実施の形態につき図5～図8を参照して説明する。本例でも基本的に図2の投影露光装置を使用するが、更に本例ではレベリングセンサをも使用する。

【0049】

図5は、本例で使用されるレベリングセンサを示し、この図2に対応する部分に同一符号を付して示す図5において、レベリングセンサの光源53から射出されたフォトレジストに対する感光性の弱い波長域の検出光は、スリット板54で整形された後、対物レンズ55によって平行光束に変換されて投影光学系PLの光軸AXに対して斜めにウエハW上に照射される。その検出光の照射領域はほぼウエハW上の1つのショット領域の全面を覆う程度の広さを有する。そして、その検出光のウエハWからの反射光は、結像レンズ56を介して例えば受光面が4個の受光部に分割された光電センサ57上に集光され、光電センサ57から図2の主制御系30に対してその反射光の集光位置の2次元座標に対応する検出信号S4が供給される。

【0050】

この場合、ウエハWの表面が傾斜すると、光電センサ57上での検出光の集光点の位置が変化すると共に、予めウエハWの表面が投影光学系PLの結像面に平行な状態で、その集光点の位置が光電センサ57の受光面の中心となるようにキャリブレーションが行われている。従って、主制御系30はその光電センサ57からの検出信号S4に基づいて、ウエハWの表面のその結像面に対するY軸に平行な軸の回りでの傾斜角 $\alpha_x$ 、及びX軸に平行な軸の回りでの傾斜角 $\alpha_y$ を検出できるようになっている。これらの傾斜角( $\alpha_x$ ,  $\alpha_y$ )を、以下では2方向への傾斜角という。

【0051】

次に、図6のフローチャートを参照して本例の露光動作につき説明する。まず、図6のステップ121において、露光対象のウエハWを図2の投影露光装置のウエハホルダ1上にロードする。その後、第1の実施の形態と同様にウエハ・アライメントを実行した後、ステップ122において、XYステージ27をX方向、Y方向に駆動して、ウエハW上の露光対象のショット領域の中心を投影光学系PLの露光フィールド内の中心（露光位置）に位置決めする。それに続くステップ123において、図5のレベリングセンサを使用して露光対象とするショット領域の表面の、投影光学系PLの結像面に対する2方向への傾斜角( $\alpha_x$ ,  $\alpha_y$ )を計測する。その後、ステップ124で、これらの傾斜角( $\alpha_x$ ,  $\alpha_y$ )が(0, 0)となるように、Zレベリングステージ5上の3個の支点3A～3Cを介してウエハWのレベリングが行われる。また、そのレベリング動作と並行して、AFセンサを用いて、そのショット領域の中心の結像面に対するデフォーカス量が計測され、このデフォーカス量が0になるように、それら3個の支点3A～3Cを介してウエハWの合

【0052】

その後、ステップ125でそのショット領域にレチクルRのパターン像が投影露光される。次のステップ126で、ウエハW上の全部のショット領域への露光が終了していない場合は、ステップ127に移行して、主制御系30はXYステージ27を駆動して、次に露光対象とするショット領域を露光位置に向けてステップング駆動する。この際に、ウエハWは、その傾斜角が直前のショット領域で結像面に合わされた状態にロック（固定）されて移動する。また、第1の実施の形態と同様に、結像面とウエハステージの走り面とがそのステップング方向でなす角度に応じて生ずるウエハWの焦点位置の変化を相殺するように、Zレベリングステージ5上の3個の支点3A～3Cを介してウエハWの焦点位置が補

10

20

30

40

50

正される。但し、本例では焦点位置のずれ量は異物検出のデータとはならないため、このステップ127で、ウエハWの焦点位置の補正を行う必要は必ずしもない。しかしながら、このようにステップ駆動と並行に焦点位置の補正を行うことにより、ステップ124での合焦の際のウエハWのZ方向への駆動量が平均的に少なくなるため、合焦時間が短縮できる利点がある。

#### 【0053】

そのステップ127に続いて動作はステップ122に戻り、ウエハW上の露光対象のショット領域の中心が露光位置に位置決めされ、それに続くステップ123において、レベリングセンサを用いて、そのショット領域の結像面に対する傾斜角 ( $\alpha_x$ ,  $\alpha_y$ ) が計測され、この傾斜角 ( $\alpha_x$ ,  $\alpha_y$ ) が当該ショット領域の配列座標と共に、主制御系30内の記憶部に記憶される。そして、ステップ124でそのショット領域のレベリング、及び合焦(フォーカシング)が行われ、次のステップ125でそのショット領域にレチクルRのパターン像が投影露光される。以下、ウエハW上の未露光のショット領域に対してステップ127、ステップ122~125が繰り返して実行され、各ショット領域の結像面に対する傾斜角 ( $\alpha_x$ ,  $\alpha_y$ ) が記憶される。

10

#### 【0054】

最終的に、ステップ126で全ショット領域への露光終了と判断された場合は、ステップ128に移行して、主制御系30は、ステップ123で記憶された各ショット領域の傾斜角 ( $\alpha_x$ ,  $\alpha_y$ ) の分布に基づいてウエハWの表面の凹凸の分布を求める。その後、主制御系30は、その凹凸の分布よりウエハWの裏面の異物の位置、及び大きさを判定し(ステップ129)、不図示のCRTディスプレイにその異物の位置及び大きさを表示する(ステップ130)。

20

#### 【0055】

ここで、ステップ128~130の動作につき図7及び図8を参照して具体的に説明する。先ず、図7は、図4(a)と同様のウエハW上の各ショット領域の配列の一例、及びこれらショット領域で検出された傾斜角 ( $\alpha_x$ ,  $\alpha_y$ ) の一例を示す。図7において、各ショット領域内の数値がステップ123で記憶された傾斜角 ( $\alpha_x$ ,  $\alpha_y$ ) [ $\mu\text{rad}$ ] を表し、各ショット領域間の矢印は露光順序を表している。例えばショット領域E(2, 4)のY軸に平行な軸の回りの傾斜角  $\alpha_x$  は  $100\mu\text{rad}$ 、X軸に平行な軸の回りの傾斜角  $\alpha_y$  は  $100\mu\text{rad}$  である。図7より、4つのショット領域E(2, 3), E(3, 3), E(2, 4), E(3, 4) が接する共通の頂点の裏面に異物58が存在することが推定される。

30

#### 【0056】

より分かり易くするために、そのウエハWの表面の傾斜角の分布を斜視図で示すと、図8のようになる。この図8において、各ショット領域内の矢印はそれぞれ各ショット領域が傾斜している方向を表すベクトルであり、異物58の存在によって、互いに隣接する4つのショット領域E(2, 3), E(3, 3), E(2, 4), E(3, 4) がそれぞれ共通の頂点の方向に傾斜していることが分かる。

#### 【0057】

また、図7において、各ショット領域E(i, j)の大きさを20mm角とすると、例えばショット領域E(2, 4)の中心に対する右上の頂点での焦点位置の変化量  $Z_1$ 、即ち異物58の高さは次のように約  $1.4\mu\text{m}$  となる。

40

$$\begin{aligned} \Delta Z_1 &\cong 2^{1/2} \cdot 10 \cdot 10^{-3} \cdot 100 \cdot 10^{-6} [\text{m}] \\ &\cong 1.4 \cdot 10^{-6} [\text{m}] \quad (2) \end{aligned}$$

そして、例えば図7に示すような、各ショット領域毎の傾斜角を数値で表した数値マップ、又は図8に示すような、各ショット領域毎の傾斜角をベクトルで表したベクトルマップがCRTディスプレイに表示される。その他に、各ショット領域の4隅での焦点位置の変化量等を表示してもよく、更に最終的に検出される異物の位置及び大きさの概算値を表示してもよい。

50

## 【 0 0 5 8 】

また、本例においても、第 1 の実施の形態と同様に 1 ロット内の全ウエハについて露光を行った後に、各ウエハの裏面の共通の位置に異物があるかどうかを調べ、この結果に基づいてウエハホルダ上に付着した異物を検出してもよい。

次に、本発明の第 3 の実施の形態につき、図 9 のフローチャートを参照して説明する。本例では、図 2 の投影露光装置及び図 5 のレベリングセンサを使用するが、その露光動作は第 1 の実施の形態の露光動作と部分的に類似するため、図 9 のフローチャートは図 1 のフローチャートに対応した形で表し、第 1 の実施の形態（図 1）の露光動作と同様の動作を行うステップについては、詳細な説明は省略する。

## 【 0 0 5 9 】

先ず、図 9 のステップ 1 4 1 において、露光対象のウエハ W を図 2 の投影露光装置のウエハホルダ 1 上にロードする。その後、第 1 の実施の形態と同様にウエハ・アライメントを実行し、XY ステージ 2 7 を X 方向、Y 方向に駆動して、ウエハ W 上の露光対象のショット領域の中心を投影光学系 P L の露光フィールド内の中心（露光位置）に位置決めする（ステップ 1 4 2）。それに続くステップ 1 4 3 において、第 1 の実施の形態と同様に A F センサを用いて合焦が行われる。このとき、焦点位置計測を行い、デフォーカス量を求めて記憶する動作は第 1 の実施の形態と同様である。本例では、更に、図 5 に示されたレベリングセンサを用いて露光対象とするショット領域の表面の傾斜角を計測する。なお、この傾斜角の計測は、Z レベリングステージ 5 の駆動部（3 個の支点 3 A ~ 3 C）の変位量によって計測することもできる。そして、この傾斜角とショット間の移動距離 L とより傾斜量を算出する。この計測された傾斜量は、主制御系 3 0 内の記憶部に記憶される。

## 【 0 0 6 0 】

その後、第 1 の実施の形態と同様にレチクル R のパターン像を投影する。そして、ステップ 1 4 5 においても同様に、主制御系 3 0 がウエハ W 上の全部のショット領域への露光が終了したかどうか判断し、露光されていないショット領域が残っている場合は、ステップ 1 4 6 に移行する。主制御系 3 0 は XY ステージ 2 7 を駆動して、次に露光対象とするショット領域を露光位置に向けてステップング駆動する。この際、Z レベリングステージ 5 は直前のショット領域で結像面に合わされた状態にロック（固定）されて移動する。つまり、ステップ 1 4 3 で計測された傾斜量が保持されたままショット領域がステップング駆動される。

## 【 0 0 6 1 】

ステップ 1 4 6 に続き、動作はステップ 1 4 2 に戻り、未露光領域が無くなるまで、ステップ 1 4 2 ~ 1 4 7 を繰り返す。

ここで、本例の異物の検出方法について図 3 を用いて具体的に説明する。ステップ 1 4 6 の最初の状態を図 3 ( a ) の状態とする。第 1 の実施の形態で述べたように、図 3 ( a ) の状態からステージ系 4 を走り面 1 3 に沿って X 方向にショットの間隔 L だけ駆動して、図 3 ( b ) に示すように点 Q が投影光学系 P L の光軸 A X 上、即ち露光位置に達すると、ウエハ W の焦点位置（高さ）は だけ変化する。この は、図 3 ( a ) の状態で計測し記憶されたショット領域の表面の傾斜量と、ショット間隔 L 及びステージ系 4 の走り面 1 3 の傾斜とにより決定する。ショット間隔 L 及びステージ系 4 の走り面 1 3 の傾斜は、予め定められた設計値である。ショット領域の傾斜量は、図 5 に示されたレベリングセンサを用いて計測される結像面 1 2 に対するショット領域の表面の傾斜角と、ショット間隔 L とによって求められる高さ方向の変位量である。従って、その点 Q におけるデフォーカス量（  $Z'$  ）を計測し、（  $Z = Z' -$  ）の計算を行うと、ウエハ W が平坦な場合には  $Z = 0$  となる。しかしながら、図 3 ( d ) に示すように、ウエハ W とステージ系 4 との間に異物 1 4 が介在する場合、その点 Q と結像面 1 2 との間にはデフォーカス量  $Z$  が計測され、異物が介在していると検出される。

## 【 0 0 6 2 】

ところで、最終的にステップ 1 4 5 で全ショット領域への露光終了と判断された場合は、ステップ 1 4 7 に移行して、主制御系 3 0 は、ステップ 1 4 3 で記憶された各ショット領

10

20

30

40

50

域のデフォーカス量の分布に基づいてウエハWの表面の凹凸の分布を求める。その後、主制御系30は、その凹凸の分布よりウエハWの裏面の異物の位置、及び大きさを判定し(ステップ148)、不図示のCRTディスプレイにその異物の位置及び大きさを表示する(ステップ149)。それに続くステップ150~152の動作は、図1のステップ110~112の動作と同様である。

【0063】

なお、ステップ148において、ステップ143で記憶された傾斜量の分布もデフォーカス量と共に求め、ステップ149において異物の位置をCRTディスプレイに表示することができる。これにより、各ショット領域内のどの位置に異物が介在しているかを検出することができるため、より正確な異物検出をすることができる。

10

【0064】

また、本発明はステップ・アンド・リピート方式でウエハの位置決めを行う投影露光装置(ステッパー等)のみならず、レチクルとウエハとを投影光学系に対して走査して露光を行うステップ・アンド・スキャン方式の投影露光装置にも適用できる。このように本発明は上述の実施の形態に限定されず、本発明の要旨を逸脱しない範囲で種々の構成を取り得る。

【0065】

【発明の効果】

本発明の第1及び第3の露光方法によれば、第1のショット領域の露光から第2のショット領域の露光に移る際に、基板ステージの所定の走り面の投影光学系の結像面に対する傾斜角(ずれ量)に応じた高さだけ基板の高さを調整した後、合焦動作の前にその基板の表面のその結像面に対するデフォーカス量を計測している。この場合、このように計測されるデフォーカス量は主にその基板の裏面の異物に起因するものである。従って、例えば投影露光装置に通常設けられているAFセンサを使用してその基板の焦点位置を計測するだけで、特に専用の異物検出装置を設けることなく、基板の裏面の異物を検出できる利点がある。また、例えばその異物の大きさが所定の値以上であるときには、その異物上のショット領域は不良ショット領域とみなせるため、本発明により最終的に得られるチップパターン等の検査を行うことなく、不良ショット領域が推定できる利点もある。

20

【0066】

また、その第1の露光方法において、基板上の複数のショット領域に対して第2工程及び第3工程を繰り返して得られる複数のデフォーカス量よりその基板とその基板ステージとの間の異物の検出を行う場合には、基板の裏面のほぼ全面での異物の分布を検出できる。更に、例えば1ロットの基板(ウエハ等)に対してそのように異物検出を行い、各基板に共通の位置に異物が存在するかどうかを判定することにより、基板を保持するための基板保持部材(ウエハホルダ等)に付着した異物を検出できる利点もある。

30

【0067】

また、その第1の露光方法において、それらの第2工程及び第3工程を繰り返して得られる複数のデフォーカス量よりその基板の表面の傾斜角の分布を求め、このように求められた分布よりその基板とその基板ステージとの間の異物の位置及び大きさを算出し、このように算出された異物の位置及び大きさを表示装置に表示する場合には、例えば基板上の各ショット領域の境界付近の裏面に異物が存在するときでも、その異物を正確に検出できる利点がある。

40

【0068】

次に、本発明の第2の露光方法によれば、第1のショット領域の露光から第2のショット領域の露光に移る際に、基板の傾斜角を固定した状態で移動を行い、レベリング、及び合焦動作の前にその基板の表面のその結像面に対する傾斜角を計測している。この場合、このように計測される傾斜角は主にその基板の裏面の異物に起因するものである。従って、例えば投影露光装置に通常設けられているレベリングセンサを使用してその基板の傾斜角を計測するだけで、特に専用の異物検出装置を設けることなく、基板の裏面の異物を検出できる利点がある。これにより、不良ショット領域を推定できる利点もある。

50



## 【 0 0 6 9 】

また、本発明の第3の露光方法において、その基板の表面の傾斜量を、その基板上のショット領域の結像面に対する傾斜角とそれらショット領域の間隔とによって算出する場合には、その傾斜量が容易、且つ正確に算出できる。

また、その基板上の複数のショット領域に対して第1工程、第2工程及び第3工程を繰り返して得られる複数のデフォーカス量よりその基板とその基板ステージとの間の異物の検出を行う場合には、基板の裏面のほぼ全面での異物の分布を検出できる。

## 【 0 0 7 0 】

更に、第1工程、第2工程及び第3工程を繰り返して得られる複数の傾斜量及びデフォーカス量よりその基板の表面の傾斜量及びデフォーカス量の分布を求め、このように求められた分布よりその基板とその基板ステージとの間の異物の位置及び大きさを算出し、このように算出された異物の位置及び大きさを表示装置に表示する場合には、例えば基板上の各ショット領域の境界付近の裏面に異物が存在するときでも、その異物を正確に検出できる利点がある。

また、本発明の第1、第2の露光装置によれば、特に専用の異物検出装置を設けることなく、基板の裏面の異物を検出することができる。

## 【 図面の簡単な説明 】

【 図 1 】 本発明の第1の実施の形態の露光動作を示すフローチャートである。

【 図 2 】 本発明の実施の形態で使用される投影露光装置を示す一部を切り欠いた概略構成図である。

【 図 3 】 第1の実施の形態における異物検出原理の説明図である。

【 図 4 】 ( a ) は第1の実施の形態で露光が行われたウエハ上の各ショット領域のデフォーカス量の分布の一例を示す図、( b ) はそのデフォーカス量を積算して求めた凹凸量の分布を示す図である。

【 図 5 】 本発明の第2の実施の形態で使用されるレベリングセンサを示す構成図である。

【 図 6 】 本発明の第2の実施の形態の露光動作を示すフローチャートである。

【 図 7 】 その第2の実施の形態で露光が行われたウエハ上の各ショット領域の傾斜角 (  $x$  ,  $y$  ) の分布の一例を示す図である。

【 図 8 】 図7の傾斜角の分布を傾斜状態のベクトル分布として示す図である。

【 図 9 】 本発明の第3の実施の形態の露光動作を示すフローチャートである。

## 【 符号の説明 】

R レチクル

P L 投影光学系

W ウエハ

1 ウエハホルダ

2 試料台

3 A ~ 3 C 支点

5 Zレベリングステージ

1 0 X 移動鏡

1 1 X レーザ干渉計

1 2 結像面

1 3 走り面

2 7 X Yステージ

2 9 ステージ駆動系

3 0 主制御系

3 9 アライメント光学系

4 0 撮像素子

4 2 斜入射方式のA Fセンサの照射光学系

4 7 斜入射方式のA Fセンサの受光光学系

5 7 レベリングセンサの光電センサ

10

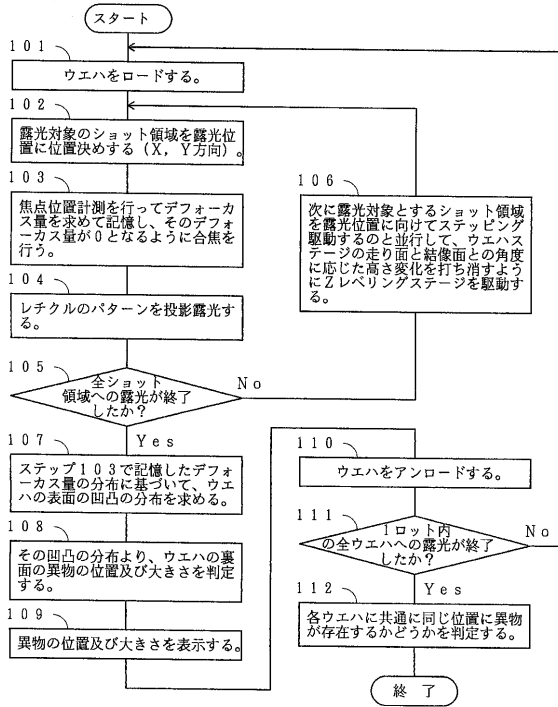
20

30

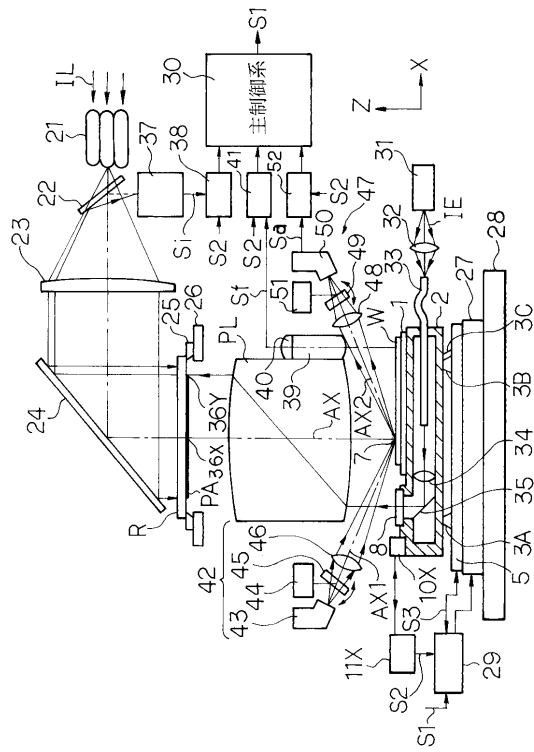
40

50

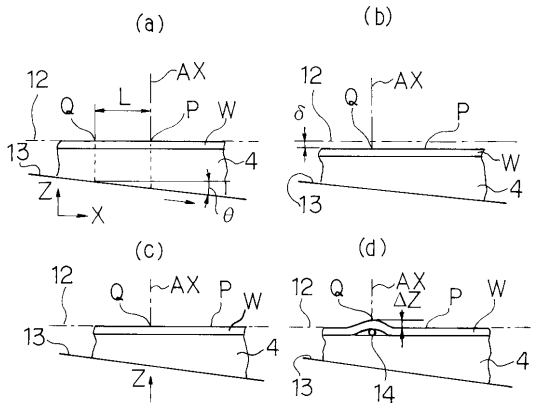
【 図 1 】



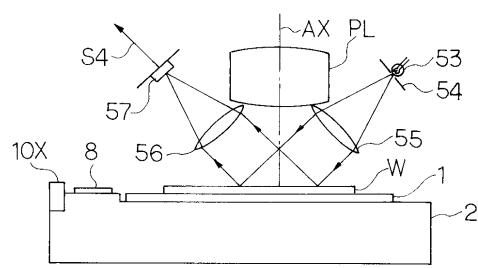
【 図 2 】



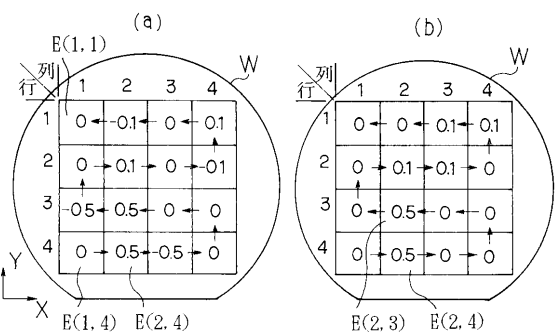
【 図 3 】



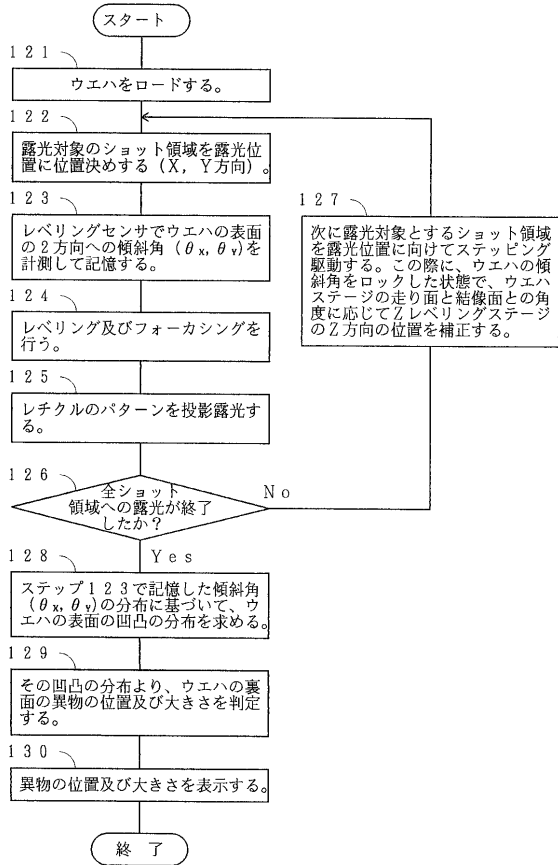
【 図 5 】



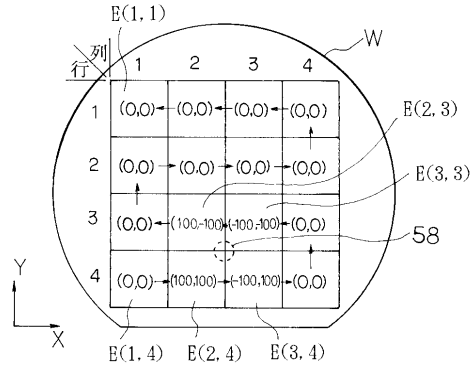
【 図 4 】



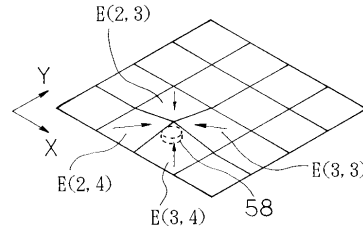
【 図 6 】



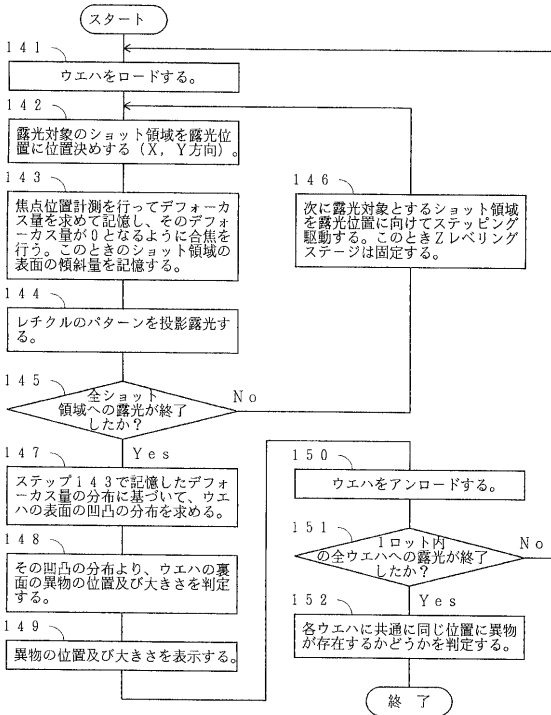
【 図 7 】



【 図 8 】



【 図 9 】



---

フロントページの続き

- (56)参考文献 特開平07 - 066114 (JP, A)  
特開平02 - 122613 (JP, A)  
特開平06 - 097046 (JP, A)  
特開平06 - 196386 (JP, A)  
特開平04 - 350925 (JP, A)  
特開平07 - 161614 (JP, A)  
特開平06 - 260391 (JP, A)

(58)調査した分野(Int.Cl.<sup>7</sup>, DB名)

H01L 21/027

G03F 9/02