

(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2009-3321

(P2009-3321A)

(43) 公開日 平成21年1月8日(2009.1.8)

(51) Int.Cl.	F I	テーマコード (参考)
GO3F 1/08 (2006.01)	GO3F 1/08 V	2H095
HO1L 21/027 (2006.01)	HO1L 21/30 5O2P	
GO1N 13/10 (2006.01)	GO3F 1/08 S	
	GO1N 13/10 K	

審査請求 未請求 請求項の数 4 O L (全 17 頁)

(21) 出願番号	特願2007-165983 (P2007-165983)	(71) 出願人	503460323 エスアイアイ・ナノテクノロジー株式会社 千葉県千葉市美浜区中瀬1丁目8番地
(22) 出願日	平成19年6月25日 (2007.6.25)	(74) 代理人	100064908 弁理士 志賀 正武
		(74) 代理人	100108578 弁理士 高橋 詔男
		(74) 代理人	100101465 弁理士 青山 正和
		(72) 発明者	中上 卓哉 千葉県千葉市美浜区中瀬1丁目8番地 エ スアイアイ・ナノテクノロジー株式会社内
		(72) 発明者	上本 敦 千葉県千葉市美浜区中瀬1丁目8番地 エ スアイアイ・ナノテクノロジー株式会社内 最終頁に続く

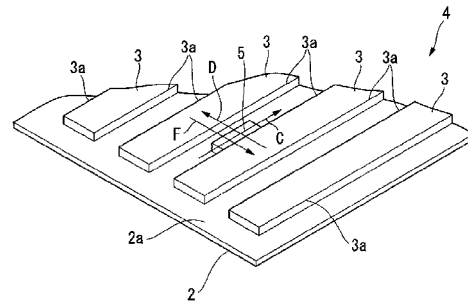
(54) 【発明の名称】 フォトマスク欠陥修正装置及びフォトマスク欠陥修正方法

(57) 【要約】

【課題】 欠陥部分の根元側周辺の画像をダブルチップイメージの影響を受けることなく正確に取得して、欠陥部分とマスクパターンとを明確に区別した状態で認識することができると共に、該欠陥部分を切削除去加工により高精度に除去すること。

【解決手段】 プローブの変位が一定となるように探針と基板表面 2 a との距離を制御しながら複数のラインを 1 ライン毎に順々に走査して欠陥部分 5 の形状を A F M 観察により認識する観察工程と、認識した欠陥部分に探針を所定の力で押し付けた状態で複数のラインを 1 ライン毎に順々に走査して欠陥部分を切削除去加工する加工工程と、を備え、観察工程の際、1 ライン毎の走査方向をマスクパターン 3 のエッジ 3 a に対して平行な方向 (C 方向) に設定すると共に、マスクパターン側から欠陥部分の先端側に向かう方向 (D 方向) に複数のラインを順々に走査するフォトマスク欠陥修正方法を提供する。

【選択図】 図 1



【特許請求の範囲】**【請求項 1】**

基板と該基板上に所定のパターンで形成されたマスクパターンとを有するフォトマスクを A F M 観察して、マスクパターンから突出した突起状の欠陥部分の形状を認識すると共に認識した欠陥部分を切削除去加工して修正するフォトマスク欠陥修正装置であって、

前記フォトマスクを固定するステージと、

前記基板に対向配置された探針を先端に有するプローブと、

前記基板と前記探針とを、前記基板表面に平行な方向及び基板表面に垂直な方向に相対的に移動させる移動手段と、

前記プローブの変位を測定する変位測定手段と、

10

該変位測定手段による測定結果に基づいて、前記プローブの変位が一定となるように前記探針と前記基板表面との距離を制御しながら隣接する複数のラインを 1 ライン毎順々に走査して、A F M 観察により前記欠陥部分の形状を認識すると共に、認識した欠陥部分に探針を所定の力で押し付けた状態で隣接する複数のラインを 1 ライン毎順々に走査して、欠陥部分を切削除去加工させる制御手段と、を備え、

該制御手段は、前記観察時に、前記 1 ライン毎の走査方向を前記マスクパターンのエッジに対して平行な方向に設定すると共に、マスクパターン側から前記欠陥部分の先端側に向かう方向に前記複数のラインを順々に走査するように制御し、

前記切削除去加工時に、前記 1 ライン毎の走査方向を前記マスクパターンのエッジに対して平行な方向に設定すると共に、前記欠陥部分の先端側からマスクパターンに向かう方向に前記複数のラインを順々に走査するように制御することを特徴とするフォトマスク欠陥修正装置。

20

【請求項 2】

基板と該基板上に所定のパターンで形成されたマスクパターンとを有するフォトマスクを A F M 観察して、マスクパターンから突出した突起状の欠陥部分の形状を認識すると共に認識した欠陥部分を切削除去加工して修正するフォトマスク欠陥修正装置であって、

前記フォトマスクを固定するステージと、

前記基板に対向配置された探針を先端に有するプローブと、

前記基板と前記探針とを、前記基板表面に平行な方向及び基板表面に垂直な方向に相対的に移動させる移動手段と、

30

前記プローブの変位を測定する変位測定手段と、

該変位測定手段による測定結果に基づいて、前記プローブの変位が一定となるように前記探針と前記基板表面との距離を制御しながら隣接する複数のラインを 1 ライン毎順々に走査して、A F M 観察により前記欠陥部分の形状を認識すると共に、認識した欠陥部分に探針を所定の力で押し付けた状態で隣接する複数のラインを 1 ライン毎順々に走査して、欠陥部分を切削除去加工させる制御手段と、を備え、

該制御手段は、前記観察時に、前記 1 ライン毎の走査方向を前記マスクパターン側から前記欠陥部分の先端側に向かう方向に設定すると共に、マスクパターンのエッジに対して平行な方向に前記複数のラインを順々に走査するように制御し、

前記切削除去加工時に、前記 1 ライン毎の走査方向を前記マスクパターンのエッジに対して平行な方向に設定すると共に、前記欠陥部分の先端側からマスクパターンに向かう方向に前記複数のラインを順々に走査するように制御することを特徴とするフォトマスク欠陥修正装置。

40

【請求項 3】

基板と該基板上に所定のパターンで形成されたマスクパターンとを有するフォトマスクを、先端に探針を有するプローブにより A F M 観察してマスクパターンから突出した突起状の欠陥部分の形状を認識すると共に認識した欠陥部分をプローブにより切削除去加工して修正するフォトマスク欠陥修正方法であって、

前記プローブの変位が一定となるように前記探針と前記基板表面との距離を制御しながら隣接する複数のラインを 1 ライン毎順々に走査して、A F M 観察により前記欠陥部分の

50

形状を認識する観察工程と、

該観察工程後、認識した前記欠陥部分に前記探針を所定の力で押し付けた状態で隣接する複数のラインを1ライン毎順々に走査して、欠陥部分を切削除去加工する加工工程と、を備え、

前記観察工程の際、前記1ライン毎の走査を前記マスクパターンのエッジに対して平行な方向に行うと共に、マスクパターン側から前記欠陥部分の先端側に向かう方向に前記複数のラインを順々に走査し、

前記加工工程の際、前記1ライン毎の走査を前記マスクパターンのエッジに対して平行な方向に行うと共に、前記欠陥部分の先端側からマスクパターンに向かう方向に前記複数のラインを順々に走査することを特徴とするフォトマスク欠陥修正方法。

10

【請求項4】

基板と該基板上に所定のパターンで形成されたマスクパターンとを有するフォトマスクを、先端に探針を有するプローブによりAFM観察してマスクパターンから突出した突起状の欠陥部分の形状を認識すると共に認識した欠陥部分をプローブにより切削除去加工して修正するフォトマスク欠陥修正方法であって、

前記プローブの変位が一定となるように前記探針と前記基板表面との距離を制御しながら隣接する複数のラインを1ライン毎順々に走査して、AFM観察により前記欠陥部分の形状を認識する観察工程と、

該観察工程後、認識した前記欠陥部分に前記探針を所定の力で押し付けた状態で隣接する複数のラインを1ライン毎順々に走査して、欠陥部分を切削除去加工する加工工程と、

20

前記観察工程の際、前記1ライン毎の走査を前記マスクパターン側から前記欠陥部分の先端側に向かう方向に行うと共に、マスクパターンのエッジに対して平行な方向に前記複数のラインを順々に走査し、

前記加工工程の際、前記1ライン毎の走査を前記マスクパターンのエッジに対して平行な方向に行うと共に、前記欠陥部分の先端側からマスクパターンに向かう方向に前記複数のラインを順々に走査することを特徴とするフォトマスク欠陥修正方法。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

30

本発明は、半導体を製造する際に用いられるフォトマスクの欠陥部分を切削除去加工して、正常なフォトマスクに修正するフォトマスク欠陥修正装置及びフォトマスク欠陥修正方法に関するものである。

【背景技術】

【0002】

半導体を製造する際に使用されるフォトマスクは、パターンの原版となるものであるため、マスク基板上にマスクパターンを描画した後、欠陥部分の有無を必ず検査すると共に必要に応じて欠陥部分の修正を適宜行っている。

このフォトマスクは、予め設計された描画データに基づいて描画装置によりマスク基板上に描かれている。これにより、マスク基板上にマスクパターンが描画されたフォトマスクが作製されている。また、フォトマスクを作製した後、欠陥検査装置により、フォトマスクの欠陥の有無や存在場所が調べられ、欠陥が存在する場合にはウエハへ転写する前にフォトマスク欠陥修正装置により欠陥修正処理が行われている。

40

【0003】

マスクパターンの欠陥としては、例えば、所望するパターンから余分に突出して突起となってしまったもの(Protrusion)や、所望するパターンに欠け等の凹部が生じてしまったもの(Intrusion)等がある。このような欠陥部分は、欠陥検査装置によって位置が特定された後、フォトマスク欠陥修正装置によって詳細に欠陥部の形状等が認識されると共に、突起となってしまったものに関しては除去加工が、パターン欠けに関しては凹部に遮光膜が膜付けされて修正されている。

50

【 0 0 0 4 】

この際の修正方法としては、様々な方法が知られているが、その1つとして原子間力顕微鏡 (A F M : Atomic Force Microscope) を利用して欠陥部分を修正する方法が知られている (非特許文献 1 参照) 。

この方法は、先端に探針が設けられたプローブによりマスク基板上の所定範囲を A F M 観察して、マスクパターンの欠陥部分を詳細に特定した後、該欠陥部分を同じプローブを利用して切削除去加工することで修正を行う方法である。特に、欠陥部分が所望するパターンから余分に突出して突起状となっている場合に有効な方法である。

【 0 0 0 5 】

この方法について、図 1 2 を参照して具体的に説明する。なお図 1 2 は、マスク基板 3 0 上に描かれたマスクパターン 3 1 を上方から見た図であり、マスクパターン 3 1 に突起状の欠陥部分 3 2 がある場合を図示している。

始めに、欠陥検査装置によって、予めマスクパターン 3 1 に欠陥部分 3 2 が存在していることが確認されていると共に、該欠陥部分 3 2 の位置が特定されている。そして、フォトマスク欠陥修正装置により修正を行う前に、この位置データに基づいて予め欠陥部分 3 2 の周辺を観察範囲 E として指定しておく。

【 0 0 0 6 】

観察範囲 E が指定されると、フォトマスク欠陥修正装置は、この観察範囲 E 内でプローブを走査させる。具体的には、プローブの撓みが一定となるように、探針とマスク基板 3 0 との距離を高さ制御しながら走査を行う。この際、マスクパターン 3 1 に平行な方向 (矢印 A 1 方向) に走査を行うと共に、該走査を欠陥部分 3 2 の先端側から根元側 (マスクパターン 3 1 側) に向かって (矢印 A 2 方向に向かって) 複数回繰り返し行っている。これにより、観察範囲 E 内においてマスク基板 3 0 の表面観察を行うことができ、マスクパターン 3 1 の一部及び欠陥部分 3 2 の画像を取得して、該画像から画像処理等により欠陥のない直線パターンの輪郭線を抽出し、抽出した輪郭線から欠陥部分 3 2 の輪郭線を推定し、推定した輪郭線の外側の余剰部分を欠陥と認識することができる。

【 0 0 0 7 】

次いで、上記方法で欠陥部分 3 2 を認識した後、プローブを所定の力で欠陥部分 3 2 に押し付けながら走査を行わせる。これにより、被加工材料 (欠陥部分) よりも硬い探針を利用して、認識した欠陥部分 3 2 を機械的な加工で切削することができる。そして、この走査をやはり複数回繰り返し行うことで、欠陥部分 3 2 の全体を切削除去加工して、除去することができる。

具体的には、プローブをマスクパターン 3 1 に平行な方向 (矢印 A 1 方向) に走査してライン状に欠陥部分 3 2 を切削すると共に、該走査を欠陥部分 3 2 の先端側から根元側に向かって (矢印 A 2 方向に向かって) 複数回繰り返し行うことで、欠陥部分 3 2 の全体を切削除去加工している。

【 0 0 0 8 】

上述した方向 (矢印 A 2 方向) に切削を行うのは、できるだけ切削抵抗を小さくするためである。仮に、根元側から先端側に向かって (矢印 A 2 方向とは反対の方向に向かって) 切削除去加工を行った場合には、切削抵抗が大きいためうまく削り取れない恐れがあった。特に、フォトマスクは、上述したようにパターンの原版となるものであるため、欠陥部分 3 2 を切削除去加工するにあたって高精度な加工が求められる。そのため、上述した方向で切削除去加工を行っている。これらの結果、突起状の欠陥部分 3 2 を除去することができ、正しいマスクパターン 3 1 に修正することができる。

【 非特許文献 1 】 Y.Morikawa、H.Kokubo、M.Nishiguchi、N.Hayashi、R.White、R.Bozak、L.Trill 著「Defect repair performance using the nanomachining repair technique」、2003年、Proc.of SPIE 5 1 3 0、P 5 2 0 - P 5 2 7

【 発明の開示 】

【 発明が解決しようとする課題 】

【 0 0 0 9 】

10

20

30

40

50

しかしながら、上述した従来の方法では、以下の問題点がまだ残されていた。

始めに、プローブの先端に設けられている探針は、欠陥部分 3 2 を切削除去加工するために、硬い材質（ダイヤモンド等）が採用されている。そのため、AFM 観察する際に、図 1 3 に示すように探針 3 3 によって欠陥部分 3 2 の一部が抉られてしまう場合があった。特に、探針 3 3 が欠陥部分 3 2 を駆け上がる箇所が発生し易かった。しかも、この抉り取られた部分は、探針 3 3 にそのまま付着してしまい、これ以降単なる異物 X となってしまふものであった。

【0010】

このように観察を行っている最中に一旦異物 X が探針付近に付着してしまうと、該異物 X が付着したままの探針 3 3 で観察を行わざるを得ないので、探針先端と異物 X との両方から原子間力を検出してしまい両者の原子間力をコンボリューションした二重像になり（以下ダブルチップイメージと呼ぶ）、正確な画像を取得することができなかつた。しかも、先程付着した異物 X によって欠陥部分 3 2 が再び抉られる可能性があり、図 1 4 に示すように別の異物 X が新たに付着する恐れもあった。

このように、探針 3 3 に付着した異物 X の影響によって、正常な画像が得られない場合があった。特に、1 回目の観察はそれほどの影響はないが、複数回観察してから加工する場合には、ダブルチップイメージになり易かった。

【0011】

ここで、従来の方法では、観察時に走査を繰り返す方向が、欠陥部分 3 2 の先端側からマスクパターン 3 1 側である根元側に向かって（矢印 A 2 方向に向かって）行うので、図 1 5 に示すように、欠陥部分 3 2 の根元側周辺の画像がダブルチップイメージになってしまうものであった。そのため、欠陥部分 3 2 の根元側付近における外形形状や、マスクパターン 3 1 のエッジ形状を正確に認識することができない場合があった。具体的には、エッジ部がぼやけて不明確になったり、二重になったりして、明確な画像を得ることができなかつた。

特に、マスクパターン 3 1 のエッジ形状を正確に認識できないので、マスクパターン 3 1 と欠陥部分 3 2 とを明確に区別することが難しかった。そのため、欠陥部分 3 2 だけを高精度に切削除去加工により除去することができないだけでなく、マスクパターン 3 1 を削ってしまう恐れがあった。逆に、マスクパターン 3 1 と欠陥部分 3 2 とを明確に区別できないために、欠陥部分 3 2 を大きく削り残してしまった場合には、追加工が必要となつてしまい、作業効率を低下させていた。

【0012】

この発明は、このような事情を考慮してなされたもので、その目的は、欠陥部分の根元側周辺の画像をダブルチップイメージの影響を受けることなく正確に取得して、欠陥部分とマスクパターンとを明確に区別した状態で認識することができると共に、該欠陥部分を切削除去加工により高精度に除去することができるフォトマスク欠陥修正装置及びフォトマスク欠陥修正方法を提供することである。

【課題を解決するための手段】

【0013】

上記の目的を達成するために、この発明は以下の手段を提供している。

本発明に係るフォトマスク欠陥修正装置は、基板と該基板上に所定のパターンで形成されたマスクパターンとを有するフォトマスクを AFM 観察して、マスクパターンから突出した突起状の欠陥部分の形状を認識すると共に認識した欠陥部分を切削除去加工して修正するフォトマスク欠陥修正装置であつて、前記フォトマスクを固定するステージと、前記基板に対向配置された探針を先端に有するプローブと、前記基板と前記探針とを、前記基板表面に平行な方向及び基板表面に垂直な方向に相対的に移動させる移動手段と、前記プローブの変位を測定する変位測定手段と、該変位測定手段による測定結果に基づいて、前記プローブの変位が一定となるように前記探針と前記基板表面との距離を制御しながら隣接する複数のラインを 1 ライン毎順々に走査して、AFM 観察により前記欠陥部分の形状を認識すると共に、認識した欠陥部分に探針を所定の力で押し付けた状態で隣接する複数

10

20

30

40

50

のラインを1ライン毎順々に走査して、欠陥部分を切削除去加工させる制御手段と、を備え、該制御手段が、前記観察時に、前記1ライン毎の走査方向を前記マスクパターンのエッジに対して平行な方向に設定すると共に、マスクパターン側から前記欠陥部分の先端側に向かう方向に前記複数のラインを順々に走査するように制御し、前記切削除去加工時に、前記1ライン毎の走査方向を前記マスクパターンのエッジに対して平行な方向に設定すると共に、前記欠陥部分の先端側からマスクパターンに向かう方向に前記複数のラインを順々に走査するように制御することを特徴とするものである。

【0014】

また、本発明に係るフォトマスク欠陥修正方法は、基板と該基板上に所定のパターンで形成されたマスクパターンとを有するフォトマスクを、先端に探針を有するプローブによりAFM観察してマスクパターンから突出した突起状の欠陥部分の形状を認識すると共に認識した欠陥部分をプローブにより切削除去加工して修正するフォトマスク欠陥修正方法であって、前記プローブの変位が一定となるように前記探針と前記基板表面との距離を制御しながら隣接する複数のラインを1ライン毎順々に走査して、AFM観察により前記欠陥部分の形状を認識する観察工程と、該観察工程後、認識した前記欠陥部分に前記探針を所定の力で押し付けた状態で隣接する複数のラインを1ライン毎順々に走査して、欠陥部分を切削除去加工する加工工程と、を備え、前記観察工程の際、前記1ライン毎の走査を前記マスクパターンのエッジに対して平行な方向に行うと共に、マスクパターン側から前記欠陥部分の先端側に向かう方向に前記複数のラインを順々に走査し、前記加工工程の際、前記1ライン毎の走査を前記マスクパターンのエッジに対して平行な方向に行うと共に、前記欠陥部分の先端側からマスクパターンに向かう方向に前記複数のラインを順々に走査することを特徴とするものである。

【0015】

この発明に係るフォトマスク欠陥修正装置及びフォトマスク欠陥修正方法においては、まず基板上に予め所定のパターンからなるマスクパターンが描画されたフォトマスクを、ステージ上に固定する。フォトマスクを固定した後、他の手段によって位置が特定されたマスクパターンの突起状の欠陥部分の周辺を観察範囲として指定する。

観察範囲が指定されると、制御手段はこの観察範囲内でプローブを走査させてAFM観察により画像を取得し、欠陥部分の形状を詳細に認識する観察工程を行う。具体的には、プローブの変位が一定となるように、探針と基板表面との距離を制御しながら複数のラインを1ライン毎に順々に走査して観察画像を取得する。これにより、指定した観察範囲内において基板の表面観察を行うことができ、マスクパターンの一部及び欠陥部分の外形形状を認識することができる。

【0016】

特に、1ライン毎の走査を繰り返し行って複数のラインを順々に走査する際に、その繰り返し方向（即ち隣のラインに探針を移行する方向）が、欠陥部分の根元側であるマスクパターン側から欠陥部分の先端側に向かうように制御している。つまり、欠陥部分の先端側を先に観察するのではなく、先に根元側から観察を行っている。従って、異物等が付着していない清浄な探針を利用して、欠陥部分の根元側周辺を先に観察できるので、欠陥部分の根元側付近の外形形状やマスクパターンのエッジ形状の画像をダブルチップイメージの影響を受けることなく正確に取得することができる。これにより、欠陥部分とマスクパターンとを明確に区別した状態で認識することができる。

【0017】

なお、欠陥部分の根元側を観察した後、徐々に欠陥部分の先端側に向かって走査が繰り返されるが、その途中で、探針によって抉り取られてしまった欠陥部分の一部が探針に付着する恐れがある。この場合には、欠陥部分の先端側の画像がダブルチップイメージとなり、先端側の外形形状を明確に認識することができない。しかしながら、上述したように観察を欠陥部分の根元側から先に行うので、根元側周辺に関しては正確な画像を取得することができる。

【0018】

10

20

30

40

50

しかも、1ライン毎の走査に関しては、探針をマスクパターンのエッジに対して平行な方向に走査させる。そのため、マスクパターンのエッジに沿って探針を走査させることができるので、エッジの画像を高精度に取得することができる。その結果、マスクパターンのエッジを明瞭に認識することができる。

【0019】

次いで、制御手段は、観察工程によって詳細に形状を認識した欠陥部分に探針を所定の力で押し付けた状態で、隣接する複数のラインを1ライン毎順々に走査して欠陥部分を切削除去加工する加工工程を行う。具体的には、上述した観察工程の場合と異なり、複数のラインを順々に走査する際の繰り返し方向（即ち隣のラインに探針を移行する方向）が、欠陥部分の先端側から欠陥部分の根元側であるマスクパターンに向かうよう制御しながら加工を行う。このように、欠陥部分の先端側から切削除去加工を行うので、小さい切削抵抗で加工することができ、効率良く短時間で切削を行うことができる。

10

【0020】

上述したように、本発明に係るフォトマスク欠陥修正装置及びフォトマスク欠陥修正方法によれば、観察工程によって、欠陥部分の根元側の外形形状やマスクパターンのエッジの画像が従来のもとは異なり正確に取得されており、欠陥部分とマスクパターンとが明確に区別されている。そのため、マスクパターンを削ってしまうといった不具合を防止しつつ、欠陥部分だけを高精度に切削除去加工して除去することができる。

その結果、マスクパターンの修正を高精度に行うことができる。また、転写の原版として高品質なフォトマスクを得ることができる。

20

【0021】

また、本発明に係るフォトマスク欠陥修正装置は、基板と該基板上に所定のパターンで形成されたマスクパターンとを有するフォトマスクをAFM観察して、マスクパターンから突出した突起状の欠陥部分の形状を認識すると共に認識した欠陥部分を切削除去加工して修正するフォトマスク欠陥修正装置であって、前記フォトマスクを固定するステージと、前記基板に対向配置された探針を先端に有するプローブと、前記基板と前記探針とを、前記基板表面に平行な方向及び基板表面に垂直な方向に相対的に移動させる移動手段と、前記プローブの変位を測定する変位測定手段と、該変位測定手段による測定結果に基づいて、前記プローブの変位が一定となるように前記探針と前記基板表面との距離を制御しながら隣接する複数のラインを1ライン毎順々に走査して、AFM観察により前記欠陥部分の形状を認識すると共に、認識した欠陥部分に探針を所定の力で押し付けた状態で隣接する複数のラインを1ライン毎順々に走査して、欠陥部分を切削除去加工させる制御手段と、を備え、該制御手段が、前記観察時に、前記1ライン毎の走査方向を前記マスクパターン側から前記欠陥部分の先端側に向かう方向に設定すると共に、マスクパターンのエッジに対して平行な方向に前記複数のラインを順々に走査するように制御し、前記切削除去加工時に、前記1ライン毎の走査方向を前記マスクパターンのエッジに対して平行な方向に設定すると共に、前記欠陥部分の先端側からマスクパターンに向かう方向に前記複数のラインを順々に走査するように制御することを特徴とするものである。

30

【0022】

また、本発明に係るフォトマスク欠陥修正方法は、基板と該基板上に所定のパターンで形成されたマスクパターンとを有するフォトマスクを、先端に探針を有するプローブによりAFM観察してマスクパターンから突出した突起状の欠陥部分の形状を認識すると共に認識した欠陥部分をプローブにより切削除去加工して修正するフォトマスク欠陥修正方法であって、前記プローブの変位が一定となるように前記探針と前記基板表面との距離を制御しながら隣接する複数のラインを1ライン毎順々に走査して、AFM観察により前記欠陥部分の形状を認識する観察工程と、該観察工程後、認識した前記欠陥部分に前記探針を所定の力で押し付けた状態で隣接する複数のラインを1ライン毎順々に走査して、欠陥部分を切削除去加工する加工工程と、を備え、前記観察工程の際、前記1ライン毎の走査を前記マスクパターン側から前記欠陥部分の先端側に向かう方向に行うと共に、マスクパターンのエッジに対して平行な方向に前記複数のラインを順々に走査し、前記加工工程の際

40

50

、前記 1 ライン毎の走査を前記マスクパターンのエッジに対して平行な方向に行うと共に、前記欠陥部分の先端側からマスクパターンに向かう方向に前記複数のラインを順々に走査することを特徴とするものである。

【 0 0 2 3 】

この発明に係るフォトマスク欠陥修正装置及びフォトマスク欠陥修正方法においては、まず基板上に予め所定のパターンからなるマスクパターンが描画されたフォトマスクを、ステージ上に固定する。フォトマスクを固定した後、他の手段によって位置が特定されたマスクパターンの突起状の欠陥部分の周辺を観察範囲として指定する。

観察範囲が指定されると、制御手段はこの観察範囲内でプローブを走査させて A F M 観察により画像を取得し、欠陥部分の形状を詳細に認識する観察工程を行う。具体的には、プローブの変位が一定となるように、探針と基板表面との距離を制御しながら複数のラインを 1 ライン毎に順々に走査して観察画像を取得する。これにより、指定した観察範囲内において基板の表面観察を行うことができ、マスクパターンの一部及び欠陥部分の外形形状を認識することができる。

10

【 0 0 2 4 】

特に、1 ライン毎の走査をマスクパターン側から欠陥部分の先端側に向かう方向に行う。このように、1 ライン毎の走査を行う際に、基板上に形成されたマスクパターン側から行うので、探針は基板とマスクパターンとの間に生じた段差を常に上から下に向けて下りる形となる。ここで、欠陥部分が探針によって抉られて、その一部が探針に付着する現象は、探針が欠陥部分を駆け上がる場合に発生し易いものである。しかしながら、上述した方向に探針を走査することで、探針の駆け上がりをなくすことができるので、探針によって欠陥部分が抉られてしまうことを防止することができる。

20

【 0 0 2 5 】

従って、異物の付着がない清浄な探針で観察を行うことができ、欠陥部分の根元側だけでなく、全体の外形形状やマスクパターンのエッジ形状の画像をダブルチップイメージの影響を受けることなく正確に取得することができる。これにより、欠陥部分とマスクパターンとを明確に区別した状態で認識することができる。

しかも、1 ライン毎の走査を繰り返し行って複数のラインを順々に走査する際に、その繰り返し方向（即ち隣のラインに探針を移行する方向）が、マスクパターンのエッジに対して平行な方向に向くように制御している。よって、走査回数を減らしたとしても、各走査で得られる観察画像からエッジ検出を行うことができる、従って、観察工程に費やす時間を短縮することができ、作業効率を向上することができる。

30

【 0 0 2 6 】

次いで、制御手段は、観察工程によって詳細に形状を認識した欠陥部分に探針を所定の力で押し付けた状態で、隣接する複数のラインを 1 ライン毎順々に走査して欠陥部分を切削除去加工する加工工程を行う。具体的には、上述した観察工程の場合と異なり、複数のラインを順々に走査する際の繰り返し方向（即ち隣のラインに探針を移行する方向）が、欠陥部分の先端側から欠陥部分の根元側であるマスクパターンに向かうよう制御しながら加工を行う。このように、欠陥部分の先端側から切削除去加工を行うので、小さい切削抵抗で加工することができ、効率良く短時間で切削を行うことができる。

40

【 0 0 2 7 】

上述したように、本発明に係るフォトマスク欠陥修正装置及びフォトマスク欠陥修正方法によれば、観察工程によって、欠陥部分の根元側の外形形状やマスクパターンのエッジの画像が従来のもとは異なり正確に取得されており、欠陥部分とマスクパターンとが明確に区別されている。そのため、マスクパターンを削ってしまうといった不具合を防止しつつ、欠陥部分だけを高精度に切削除去加工して除去することができる。

その結果、マスクパターンの修正を高精度に行うことができる。また、転写の原版として高品質なフォトマスクを得ることができる。

【 発明の効果 】

【 0 0 2 8 】

50

この発明に係るフォトマスク欠陥修正装置及びフォトマスク欠陥修正方法によれば、欠陥部分の根元側周辺の画像をダブルチップイメージの影響を受けることなく正確に取得して、欠陥部分とマスクパターンとを明確に区別した状態で認識することができると共に、該欠陥部分を切削除去加工により高精度に除去することができる。その結果、マスクパターンを高精度に修正することができる。

【発明を実施するための最良の形態】

【0029】

以下、本発明に係るフォトマスク欠陥修正装置及びフォトマスク欠陥修正方法の一実施形態について、図1から図8を参照して説明する。なお、本実施形態では、光てこ方式を利用した場合を例に挙げて説明する。

10

【0030】

本実施形態のフォトマスク欠陥修正装置1は、図1に示す基板2と該基板2上に所定のパターンで形成された遮光膜マスクパターン(以下、単にマスクパターンと言う)3とを有するフォトマスク4をAFM観察して、マスクパターン3から突出した突起状の余剰欠陥部分(以下、単に欠陥部分と言う)5の形状を認識すると共に、認識した欠陥部分5を切削除去加工して修正する装置である。

なお、フォトマスク4は、図示しない描画装置によって作製されたものであり、予め設計された描画データに基づいて基板2上にマスクパターン3が描画されている。また、描画装置によって作製された後、フォトマスク4は図示しない欠陥検査装置によって検査されており、欠陥部分5の位置が既に特定されている。また、フォトマスク4の基板2は、光の透過部でマスク基板となるものであり、例えばガラス又は石英基板である。

20

【0031】

本実施形態のフォトマスク欠陥修正装置1は、図2に示すように、フォトマスク4を固定するステージ10と、基板2に対向配置された探針11aを先端に有するプローブ11と、基板2と探針11aとを基板表面2aに平行なXY方向及び基板表面2aに垂直なZ方向に相対的に移動させる移動手段12と、プローブ11の変位(撓み)を測定する変位測定手段13と、これら各構成部品を総合的に制御する制御手段14と、を備えている。

【0032】

上記探針11aは、欠陥部分5を容易に切削することができるように硬い材質、例えばダイヤモンド等からなるものであり、切削除去加工の際に欠陥部分5に当たる面が垂直になるように形成されている。また、プローブ11は、シリコン等により形成されており、本体部11bによって片持ち状態に支持されている。このプローブ11は、切削除去加工時の加工抵抗で振れて刃先に対して加工に十分な荷重がかからなくなないように、従来のプローブよりもパネ定数の高いものを使用している。本体部11bは、ホルダ部15に固定された斜面ブロック16の載置面16aに図示しないワイヤ等を利用して着脱自在に固定されている。これによりプローブ11は、基板表面2aに対して所定角度傾いた状態で固定されている。

30

【0033】

ホルダ部15は、基板2の上方に位置するように図示しない架台に取り付けられている。また、このホルダ部15には、プローブ11の裏面に形成された図示しない反射面に向けて、後述するレーザ光Lを入射させると共に、反射面で反射したレーザ光Lを出射させる開口部15aが形成されている。

40

上記ステージ10は、XYZスキャナ20上に載置されており、該XYZスキャナ20は図示しない防振台上に載置されている。このXYZスキャナ20は、例えばピエゾ素子であり、XY走査系とZサーボ系を含むXYZスキャナ制御部21から電圧を印加されることで、XY方向及びZ方向にそれぞれ微小移動するようになっている。即ち、これらXYZスキャナ20及びXYZスキャナ制御部21は、上記移動手段12として機能する。

【0034】

また、ホルダ部15の上方には、プローブ11の裏面側に形成された反射面に向けてレーザ光Lを照射するレーザ光源22と、反射面で反射されたレーザ光Lを、ミラー23を

50

利用して受光する光検出部 2 4 と、が設けられている。なお、レーザ光源 2 2 から照射されたレーザ光 L は、ホルダ部 1 5 の開口部 1 5 a 内を通過しながら反射面に達し、反射面で反射された後、再度開口部 1 5 a 内を通過して光検出部 2 4 に入射するようになっている。

【 0 0 3 5 】

光検出部 2 4 は、例えば入射面が 2 分割或いは 4 分割されたフォトダイオードであり、レーザ光 L の入射位置からプローブ 1 1 の変位（撓み）を検出する。そして、光検出部 2 4 は、検出したプローブ 1 1 の変位を D I F 信号としてプリアンプ 2 5 に出力している。即ち、これらレーザ光源 2 2、ミラー 2 3、光検出部 2 4 は、プローブ 1 1 の変位を測定する上記変位測定手段 1 3 として機能する。

10

【 0 0 3 6 】

また、光検出部 2 4 から出力された D I F 信号は、プリアンプ 2 5 によって増幅された後、Z 電圧フィードバック回路 2 6 に送られる。Z 電圧フィードバック回路 2 6 は、送られてきた D I F 信号が常に一定となるように、X Y Z スキャナ制御部 2 1 をフィードバック制御する。これにより、基板表面 2 a を A F M 観察する際に、基板 2 と探針 1 1 a との距離をプローブ 1 1 の変位が一定となるように高さ制御することができる。

【 0 0 3 7 】

また、Z 電圧フィードバック回路 2 6 には、制御部 2 7 が接続されており、該制御部 2 7 が Z 電圧フィードバック回路 2 6 により上下させる信号に基づいて、基板表面 2 a 上の観察データを取得することができるようになっている。これにより、基板 2 上に形成されているマスクパターン 3 や該マスクパターン 3 の欠陥部分 5 の画像を取得することができるようになっている。

20

即ち、これら Z 電圧フィードバック回路 2 6 及び制御部 2 7 は、上記制御手段 1 4 として機能する。なお、この制御手段 1 4 は、A F M 観察を行って、切削除去加工の対象物である欠陥部分 5 を詳細に認識した後、引き続き欠陥部分 5 を切削除去加工するように設定されている。

【 0 0 3 8 】

また、上記制御部 2 7 には、オペレータが各種の情報を入力することができる入力部 2 8 が接続されており、該入力部 2 8 を介して A F M 観察を行う走査範囲等を自在に設定できるようになっている。これによりオペレータは、欠陥検査装置によって特定された欠陥部分 5 の位置データに基づいて、観察範囲 E を設定することが可能とされている。

30

そして制御部 2 7 は、観察範囲 E が設定されると、該観察範囲 E 内で A F M 観察及び切削除去加工を行うように設定されている。

【 0 0 3 9 】

本実施形態では、観察を行う際に、プローブ 1 1 の変位が一定となるように探針 1 1 と基板表面 2 a との距離を制御しながら隣接する複数のラインを 1 ライン毎順々に走査して A F M 観察を行うように、制御手段 1 4 が各構成部品を制御している。

具体的には、図 1 に示すように、1 ライン毎の走査方向をマスクパターン 3 のエッジ 3 a に対して平行な方向（矢印 C 方向）に設定すると共に、マスクパターン 3 側から欠陥部分 5 の先端側に向かう方向（矢印 D 方向）に複数のラインを順々に走査するように制御している。

40

【 0 0 4 0 】

一方、切削除去加工を行う際に、A F M 観察によって認識した欠陥部分に探針 1 1 を所定の力で押し付けた状態で、隣接する複数のラインを 1 ライン毎順々に走査して欠陥部分 5 を切削除去加工するように、制御手段 1 4 が各構成部品を制御している。

具体的には、図 1 に示すように、1 ライン毎の走査方向をマスクパターン 3 のエッジ 3 a に対して平行な方向（矢印 C 方向）に設定すると共に、欠陥部分 5 の先端側からマスクパターン 3 に向かう方向（矢印 F 方向）に複数のラインを順々に走査するように制御している。

【 0 0 4 1 】

50

次に、このように構成されたフォトマスク欠陥修正装置 1 により、マスクパターン 3 の欠陥部分 5 を修正するフォトマスク欠陥修正方法について、以下に説明する。

本実施形態のフォトマスク欠陥修正方法は、欠陥検査装置によって位置が特定された欠陥部分 5 を A F M 観察して形状を詳細に認識する観察工程と、観察工程によって認識された欠陥部分 5 を切削除去加工して除去する加工工程と、を備えている。これら各工程について、以下に詳細に説明する。

【 0 0 4 2 】

まず初めに、初期設定を行う。即ち、ステージ 1 0 上にフォトマスク 4 を固定した後、プローブ 1 1 の反射面に確実にレーザ光 L が入射するように、また、反射したレーザ光 L が光検出部 2 4 に確実に入射するように、レーザ光源 2 2 及び光検出部 2 4 の位置や、プローブ 1 1 の取付け状態等を調整する。続いてオペレータは、入力部 2 8 を介して、欠陥検査装置によって位置が特定された欠陥部分 5 の周辺を、図 3 に示すように観察範囲 E として指定する。

10

【 0 0 4 3 】

この初期設定が終了した後、観察を開始させる。

観察が開始されると、制御手段 1 4 は指定された観察範囲 E 内でプローブ 1 1 を走査させて A F M 観察により画像を取得し、欠陥部分 5 の形状を詳細に認識する観察工程を行う。具体的に説明すると、まず、X Y Z スキャナ 2 0 を駆動して、探針 1 1 a を図 3 に示すポイント P 1 に移動させると共に、該ポイント P 1 で探針 1 1 a と基板 2 とを接近させ、探針 1 1 a とマスクパターン 3 とを微小な力で接触させる。この際、探針 1 1 a が接近するにつれて、徐々にプローブ 1 1 が撓んで変位する。よって、この変位に基づいて、探針 1 1 a が微小な力で接触したか否かを高精度に検出することができる。

20

【 0 0 4 4 】

次いで、プローブ 1 1 の変位が一定となるように高さ制御しながら、図 3 及び図 4 に示すように、X Y Z スキャナ 2 0 を駆動して探針 1 1 a をマスクパターン 3 のエッジ 3 a に対して平行な方向（矢印 C 方向）に沿ってライン状に走査させると共に、このライン状の走査を、マスクパターン 3 側から欠陥部分 5 の先端側に向かう方向（矢印 D 方向）に順々に繰り返し行う。この際、凹凸に応じてプローブ 1 1 が撓んで変位しようとするので、光検出部 2 4 に入射するレーザ光 L の位置が異なる。すると光検出部 2 4 は、入射位置の変位に応じた D I F 信号をプリアンプ 2 5 に出力する。出力された D I F 信号は、プリアンプ 2 5 によって増幅された後、Z 電圧フィードバック回路 2 6 に送られる。

30

【 0 0 4 5 】

Z 電圧フィードバック回路 2 6 は、送られてきた D I F 信号が常に一定となるように（つまり、プローブ 1 1 の変位が一定となるように）、X Y Z スキャナ制御部 2 1 により X Y Z スキャナ 2 0 を Z 方向に微小移動させてフィードバック制御を行う。これにより、プローブ 1 1 の変位が一定となるように高さ制御した状態で走査を行うことができる。また、制御部 2 7 は、Z 電圧フィードバック回路 2 6 により上下させる信号に基づいて、観察範囲 E 内の表面観察を行うことができる。その結果、観察範囲 E 内において、マスクパターン 3 の一部及び欠陥部分 5 の外形形状を認識することができる。

40

【 0 0 4 6 】

特に、1 ライン毎の走査を繰り返し行って複数のラインを順々に走査する際に、その繰り返し方向（即ち、隣のラインに探針 1 1 を移行する方向）が、欠陥部分 5 の根元側であるマスクパターン 3 側から欠陥部分 5 の先端側に向かう方向（矢印 D 方向）になるように制御している。つまり、欠陥部分 5 の先端側を先に観察するのではなく、先に根元側から観察を行っている。従って、異物等が付着していない清浄な探針 1 1 a を利用して、欠陥部分 5 の根元側周辺を先に観察できるので、図 5 に示すように、欠陥部分 5 の根元側付近の外形形状やマスクパターン 3 のエッジ 3 a 形状の画像を、ダブルチップイメージの影響を受けることなく正確に取得することができる。これにより、欠陥部分 5 とマスクパターン 3 とを明確に区別した状態で認識することができる。

【 0 0 4 7 】

50

なお、欠陥部分 5 の根元側を観察した後、徐々に欠陥部分 5 の先端側に向かって走査が繰り返されるが、その途中で、探針 1 1 a によって挟り取られてしまった欠陥部分 5 の一部が探針 1 1 a に付着する恐れがある。この場合には、欠陥部分 5 の先端側の画像が、ダブルチップイメージとなり、先端側の外形形状を明確に認識することができない。しかしながら、上述したように、観察を根元側から先に行うので、図 5 に示すように根元側周辺に関しては正確な画像を取得することができる。

【 0 0 4 8 】

しかも、1 ライン毎の走査に関しては、探針 1 1 a をマスクパターン 3 のエッジ 3 a に対して平行な方向（矢印 C 方向）に走査させている。これにより、マスクパターン 3 のエッジ 3 a に沿って探針 1 1 a を走査させることができ、エッジ 3 a の画像をより高精度に取得することができる。そのため、マスクパターン 3 のエッジ 3 a を明瞭に認識することができる。

10

【 0 0 4 9 】

次いで、制御部 2 7 は、観察工程によって詳細に形状を認識した欠陥部分 5 に探針 1 1 a を所定の力で押し付けた状態で、隣接する複数のラインを 1 ライン毎順々に走査して欠陥部分 5 を切削除去加工する加工工程を行う。

具体的に説明すると、まず、XYZ スキャナ 2 0 を駆動して、探針 1 1 a を図 6 に示すポイント P 2 に移動させると共に、該ポイント P 2 で探針 1 1 a と基板 2 とを接近させ、探針 1 1 a とマスクパターン 3 とを所定の力で接触させる。この際、探針 1 1 a を押し付けるにつれて、徐々にプローブ 1 1 が撓んで変位するので、この変位に基づいて探針 1 1 a を所定の力で確実に押し付けることができる。

20

【 0 0 5 0 】

次いで、この押し付け力を制御しながら XYZ スキャナ 2 0 を駆動して、探針 1 1 a をマスクパターン 3 のエッジ 3 a に対して平行な方向（矢印 C 方向）にライン状に走査させると共に、図 6 及び図 7 に示すように、このライン状の走査を欠陥部分 5 の先端側からマスクパターン 3 側に向かう方向（矢印 F 方向）に順々に繰り返し行う。これにより、欠陥部分 5 を徐々に切削除去加工することができ、最終的に欠陥部分 5 の全体を切削して除去することができる。特に、上述した観察工程の場合と異なり、欠陥部分 5 の先端側から切削除去加工を行うので、小さい切削抵抗で加工することができ、効率良く短時間で切削を行うことができる。

30

【 0 0 5 1 】

また、観察工程によって、欠陥部分 5 の根元側の外形形状やマスクパターン 3 のエッジ 3 a の画像が従来のものとは異なり正確に取得されており、欠陥部分 5 とマスクパターン 3 とが明確に区別されている。そのため、マスクパターン 3 を削ってしまうといった不具合を防止しつつ、図 8 に示すように、欠陥部分 5 だけを高精度に切削除去加工して除去することができる。その結果、マスクパターン 3 の修正を高精度に行うことができる。また、転写の原版として高品質なフォトマスク 4 を得ることができる。

【 0 0 5 2 】

上述したように、本実施形態のフォトマスク欠陥修正装置 1 及びフォトマスク欠陥修正方法によれば、観察時に、欠陥部分 5 の根元側周辺の画像をダブルチップイメージの影響を受けることなく正確に取得することができ、欠陥部分 5 とマスクパターン 3 とを明確に区別した状態で認識することができる。従って、欠陥部分 5 だけを高精度に切削除去加工することができ、高精度な修正を行うことができる。

40

【 0 0 5 3 】

なお、本発明の技術範囲は、上記実施形態に限定されるものではなく、本発明の趣旨を逸脱しない範囲において、種々の変更を加えることが可能である。

【 0 0 5 4 】

例えば、上記実施形態では、基板 2 側を 3 次元方向に移動させるスキャン方式としたが、この場合に限られず、プローブ 1 1 側を 3 次元方向に移動させるようにしても構わない。また、プローブ 1 1 側を Z 方向に移動させると共に、基板 2 側を XY 方向に移動させる

50

ように構成しても構わない。いずれの場合であっても、スキャン方式が異なるだけで、上記実施形態と同様の作用効果を奏することができる。

【0055】

また、上記実施形態では、ホルダ部15に形成された開口部15aを通してプローブ11にレーザ光Lを入射させると共に、反射したレーザ光Lを出射させる構成としたが、この場合に限られるものではない。例えば、ホルダ部15を光学的に透明な材料（例えば、ガラス）で形成して開口部15aをなくしても構わない。

また、上記実施形態では、変位測定手段13が光てこ方式によりプローブ11の変位検出を行ったが、光てこ方式に限定されるものではない、例えば、プローブ11自身に変位検出機能（例えば、 piezo抵抗素子等）を設けた自己検知方式を採用しても構わない。

10

【0056】

また、上記実施形態において、観察工程の際に図9に示す矢印J方向（矢印C方向とは反対の方向）に走査しても構わない。この場合であっても、同様の作用効果を奏することができる。

【0057】

更に、上記実施形態において、観察工程の際に、1ライン毎の走査方向をマスクパターン3のエッジ3aに対して平行な方向（矢印C方向）に設定すると共に、マスクパターン3側から欠陥部分5の先端側に向かう方向（矢印D方向）に複数のラインを順々に走査するように制御したが、図10に示すように、制御しても構わない。

即ち、マスクパターン3側から欠陥部分5の先端側に向かう方向（矢印D方向）にライン状に走査すると共に、該ライン状の走査をマスクパターン3のエッジ3aに対して平行な方向（矢印C方向）に向けて順に繰り返し行うように制御しても構わない。

20

【0058】

この場合には、1ライン毎の走査を行う際に、基板2上に形成されたマスクパターン3側から行うので、探針11aは基板2とマスクパターン3或いは欠陥部分5との間に生じた段差を上から下に向けて下りる形となる。ここで、欠陥部分5が探針11aによって挟まれて、その一部が探針11aに付着する現象は、探針11aが欠陥部分5を駆け上がる場合に発生し易いものである。しかしながら、上記方向（D方向）に探針11aを走査することで、探針11aの駆け上がりをなくすることができるので、探針11aによって欠陥部分5が挟まれてしまうことを防止することができる。

30

【0059】

従って、異物の付着がない清浄な探針11aで観察を行うことができ、欠陥部分5の根元側だけでなく、全体の外形形状やマスクパターン3のエッジ3aの画像をダブルチップイメージの影響を受けることなく正確に取得することができる。その結果、上記実施形態と同様に、欠陥部分5の切削を高精度に行うことができ、マスクパターン3の修正を確実にすることができる。

また、マスクパターン3のエッジ3aに対して平行な方向（矢印C方向）に走査を繰り返し行うので、走査回数を減らしたとしても、各走査で得られる画像からエッジ3aを検出することができる。従って、観察工程に費やす時間を短縮することができ、作業効率を向上することができる。

40

なお、図11に示す矢印J方向に、ライン状の走査を順々に繰り返し行っても構わない。この場合であっても同様の作用効果を奏することができる。

【図面の簡単な説明】

【0060】

【図1】本発明に係るフォトマスク欠陥修正装置で修正を行うフォトマスクの斜視図である。

【図2】本発明に係るフォトマスク欠陥修正装置の一実施形態を示す構成図である。

【図3】図2に示すフォトマスク欠陥修正装置によりマスクパターンに生じた欠陥部分を修正する際の一工程を示す図であって、設定された観察範囲内でAFM観察を行っているときの探針の動きを、マスクパターンの上方から見た図である。

50

【図 4】図 3 に示す断面矢視 G - G 図である。

【図 5】図 3 に示す観察の結果得られた、マスクパターン及び欠陥部分の画像イメージ図である。

【図 6】図 2 に示すフォトマスク欠陥修正装置によりマスクパターンに生じた欠陥部分を修正する際の一工程を示す図であって、観察終了後、欠陥部分を切削除去加工しているときの探針の動きを、マスクパターンの上方から見た図である。

【図 7】図 6 に示す断面矢視 H - H 図である。

【図 8】切削除去加工を行った後のマスクパターンの斜視図である。

【図 9】AFM 観察を行う場合の変形例を示す図であって、図 3 に示す方向とは反対の方向に探針を走査させる場合の動きを、マスクパターンの上方から見た図である。

10

【図 10】AFM 観察を行う場合の変形例を示す図であって、マスクパターン側から欠陥部分の先端側に向けて探針を走査させると共に、該走査をマスクパターンに平行な方向に繰り返し行う場合の探針の動きを、マスクパターンの上方から見た図である。

【図 11】AFM 観察を行う場合の変形例を示す図であって、図 10 に示す方向とは反対の方向に探針を走査させる場合の動きを、マスクパターンの上方から見た図である。

【図 12】従来のマスク修正の方法を説明する図であって、AFM 観察する際に、マスクパターンに平行な方向に走査すると共に、該走査を欠陥部分の先端側からマスクパターン側に向かって繰り返し行う場合の探針の動きを、マスクパターンの上方から見た図である。

【図 13】図 12 に示す観察を行っている際に、探針に異物が付着した状態を示す図である。

20

【図 14】図 13 に示した状態の後、探針に別の異物が付着した状態を示す図である。

【図 15】図 13 に示す探針で取得したマスクパターン及び欠陥部分の画像イメージ図である。

【図 16】図 15 に示す断面矢視 A - A 図である。

【符号の説明】

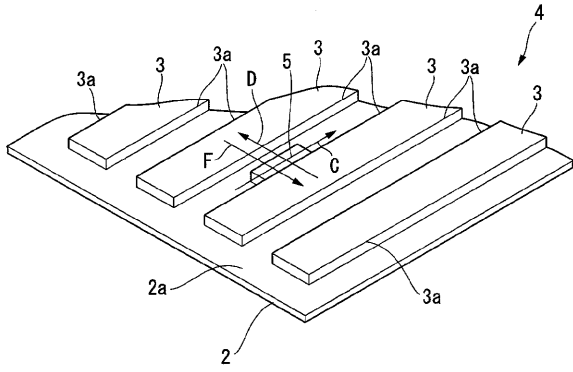
【0061】

- D 第 1 の方向
- F 第 2 の方向
- 1 フォトマスク欠陥修正装置
- 2 基板
- 2 a 基板表面
- 4 フォトマスク
- 3 マスクパターン
- 3 a マスクパターンのエッジ
- 5 欠陥部分
- 10 ステージ
- 11 a 探針
- 11 プローブ
- 12 移動手段
- 13 変位測定手段
- 14 制御手段

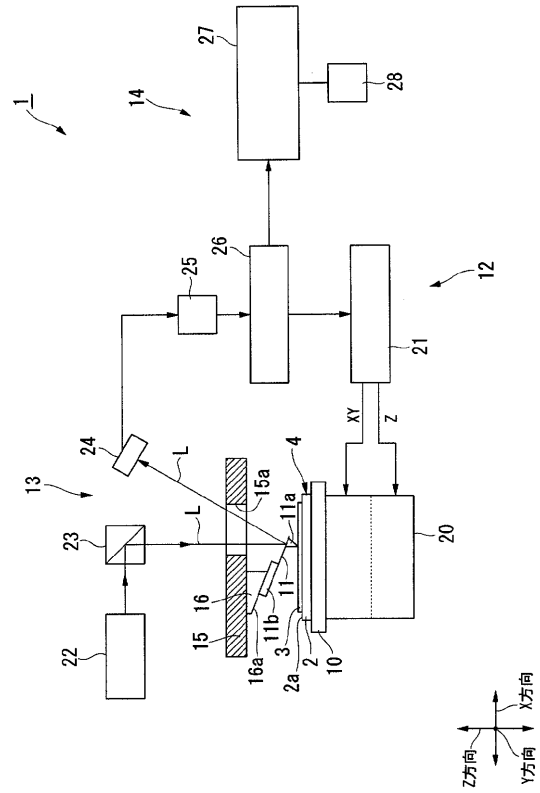
30

40

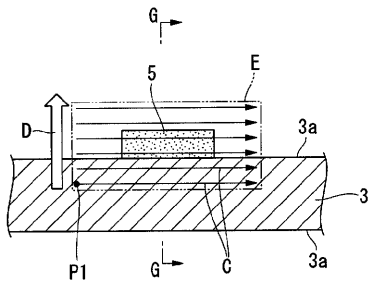
【 図 1 】



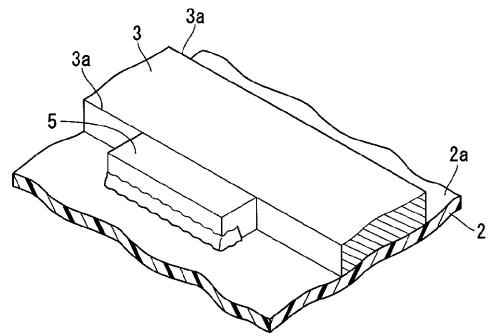
【 図 2 】



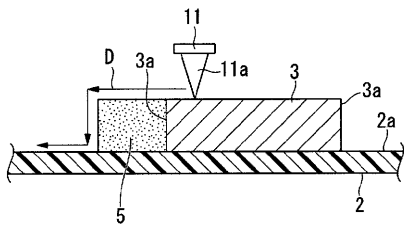
【 図 3 】



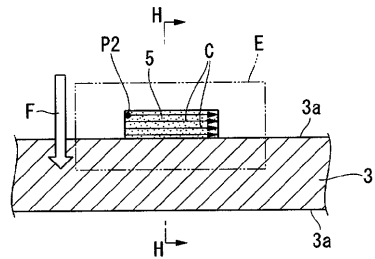
【 図 5 】



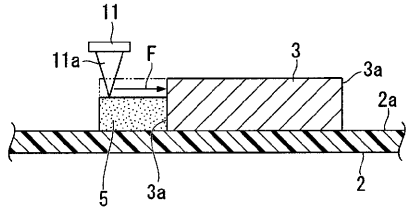
【 図 4 】



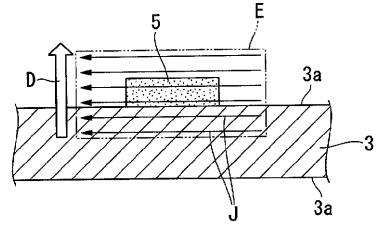
【 図 6 】



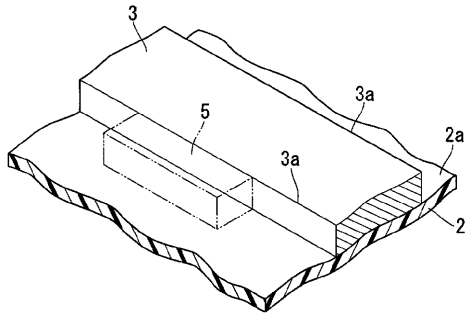
【 図 7 】



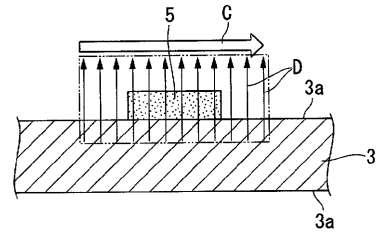
【 図 9 】



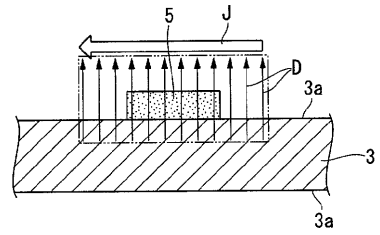
【 図 8 】



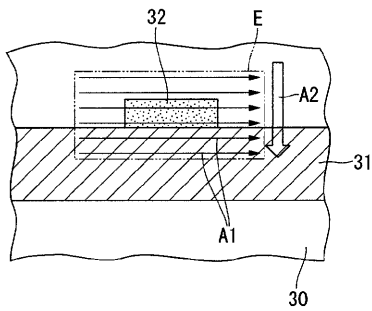
【 図 10 】



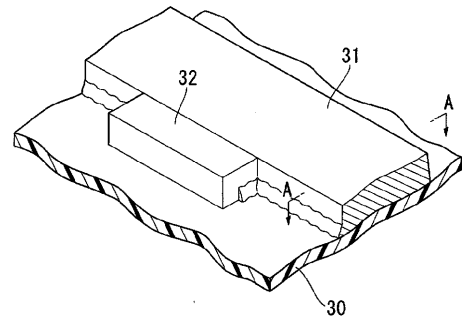
【 図 11 】



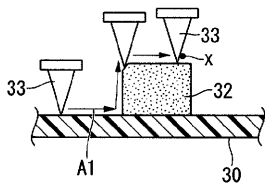
【 図 12 】



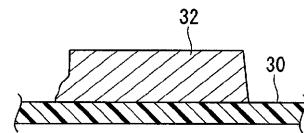
【 図 15 】



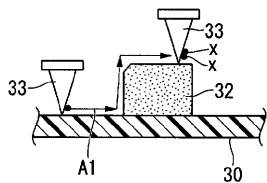
【 図 13 】



【 図 16 】



【 図 14 】



フロントページの続き

(72)発明者 高岡 修

千葉県千葉市美浜区中瀬1丁目8番地 エスアイアイ・ナノテクノロジー株式会社内

Fターム(参考) 2H095 BD12 BD32 BD40