

(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2010-109220

(P2010-109220A)

(43) 公開日 平成22年5月13日(2010.5.13)

(51) Int.Cl.	F I	テーマコード (参考)
<b>H 0 1 L 21/027 (2006.01)</b>	H 0 1 L 21/30 5 2 9	2 H 0 9 7
<b>G 0 3 F 7/20 (2006.01)</b>	G 0 3 F 7/20 5 0 1	5 F 0 4 6
	H 0 1 L 21/30 5 1 9	

審査請求 未請求 請求項の数 9 O L (全 12 頁)

(21) 出願番号	特願2008-280941 (P2008-280941)	(71) 出願人	000004112
(22) 出願日	平成20年10月31日(2008.10.31)		株式会社ニコン
			東京都千代田区丸の内3丁目2番3号
		(74) 代理人	100072718
			弁理士 古谷 史旺
		(74) 代理人	100116001
			弁理士 森 俊秀
		(72) 発明者	小松 宏一郎
			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
		Fターム(参考)	2H097 AA03 BB10 GB04 KA13 KA20
			LA15
			5F046 BA06 BA07 CB02 CB10 CB18
			CB27 DA13 EB07 FA10 FA17
			FC10

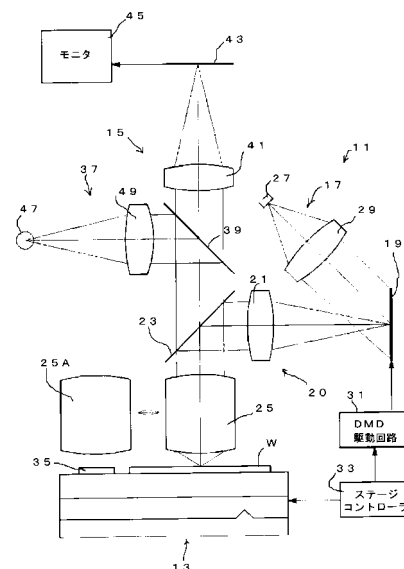
(54) 【発明の名称】 マスクレス露光装置およびマスクレス露光方法

## (57) 【要約】

【課題】 本発明は、MEMS、半導体等の製造に用いるマスクレス露光装置およびマスクレス露光方法に関し、投影パターンの大きさに応じて投影倍率を可変にした場合であっても精度よく投影パターンを形成することを目的とする。

【解決手段】 基板を支持するステージと、前記基板に投影する所望の投影パターンを外部信号の入力により生成する空間光変調部と、対物レンズを備え前記投影パターンを前記基板に投影する投影光学系と、前記対物レンズを介して前記基板に形成された位置合わせマークを検出する観察光学系とを有するマスクレス露光装置であって、前記投影光学系は、投影倍率を変更可能に前記対物レンズが構成されてなるとともに、前記投影倍率を変更する毎に、前記位置合わせマークを予め設定した指標又は予め特定した前記投影パターンの中心位置に対して位置合わせする機構を有することを特徴とする。

【選択図】 図1



**【特許請求の範囲】****【請求項 1】**

基板を支持するステージと、  
前記基板に投影する所望の投影パターンを外部信号の入力により生成する空間光変調部と、  
対物レンズを備え前記投影パターンを前記基板に投影する投影光学系と、  
前記対物レンズを介して前記基板に形成された位置合わせマークを検出する観察光学系と、  
を有するマスクレス露光装置であって、  
前記投影光学系は、投影倍率を変更可能に前記対物レンズが構成されてなるとともに、  
前記投影倍率を変更する毎に、前記位置合わせマークを予め設定した指標又は予め特定した前記投影パターンの中心位置に対して位置合わせする機構を有することを特徴とするマスクレス露光装置。

10

**【請求項 2】**

請求項 1 記載のマスクレス露光装置において、  
前記ステージ上の前記基板を載置する位置とは異なる位置に、位置検出用の投影パターンを投影するための反射部材または蛍光部材を設けてなることを特徴とするマスクレス露光装置。

**【請求項 3】**

請求項 1 又は 2 記載のマスクレス露光装置において、  
前記観察光学系は、前記投影パターンを表示するモニタを有し、前記モニタは予め設定された指標を有することを特徴とするマスクレス露光装置。

20

**【請求項 4】**

請求項 1 又は 2 記載のマスクレス露光装置において、  
前記観察光学系は、前記基板に設けられた位置合わせマークの位置を画像処理により検出する位置検出装置を有することを特徴とするマスクレス露光装置。

**【請求項 5】**

外部信号の入力により生成される所望の投影パターンを、対物レンズを備えた投影光学系を介して基板に投影して前記基板を露光するマスクレス露光方法において、

第 1 の投影倍率を有する第 1 の対物レンズを設定するとともに、前記第 1 の対物レンズを含む第 1 の観察光学系を用いて、前記基板に形成された位置合わせマークを観察し、予め設定した指標又は予め特定した前記投影パターンの中心位置に対して位置合わせを行う第 1 の工程と、  
前記第 1 の対物レンズを介して、前記基板に前記投影パターンを投影露光する第 2 の工程と、

30

前記第 1 の投影倍率と異なる第 2 の投影倍率の第 2 の対物レンズを設定するとともに、前記第 2 の対物レンズを含む第 2 の観察光学系を用いて、前記位置合わせマークを観察し、前記指標又は前記投影パターンの中心位置に対して位置合わせを行う第 3 の工程と、  
前記第 2 の対物レンズを介して、前記基板に前記投影パターンを投影露光する第 4 の工程と、

40

を有することを特徴とするマスクレス露光方法。

**【請求項 6】**

請求項 5 記載のマスクレス露光方法において、

蛍光部材に向けて照射された前記投影パターンの蛍光像、或いは反射部材に向けて照射された前記投影パターンの反射像を前記第 1 の観察光学系及び前記第 2 の観察光学系にて検出し、前記投影パターンの中心位置を特定することを特徴とするマスクレス露光方法。

**【請求項 7】**

請求項 5 記載のマスクレス露光方法において、

蛍光部材に向けて照射された前記投影パターンの蛍光像、或いは反射部材に向けて照射された前記投影パターンの反射像を前記第 1 の観察光学系及び前記第 2 の観察光学系にて

50

検出し、前記指標を前記蛍光像又は前記反射像に対して位置設定することを特徴とするマスクレス露光方法。

【請求項 8】

請求項 5 又は 7 記載のマスクレス露光方法において、

前記観察光学系を介して検出された前記基板上の位置合わせマークを前記モニタに表示し、前記モニタに表示された前記指標に対して、前記基板を載置したステージを移動して前記位置合わせマークを位置合わせして前記ステージの位置を補正することを特徴とするマスクレス露光方法。

【請求項 9】

請求項 5 又は 6 記載のマスクレス露光方法において、

前記観察光学系を介して検出された前記基板上の位置合わせマークの位置を画像処理により検出し、前記投影パターンの中心位置とのずれ量を求め前記ステージの位置を補正することを特徴とするマスクレス露光方法。

10

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、MEMS (Micro Electro Mechanical Systems)、半導体等の製造に用いるマスクレス露光装置およびマスクレス露光方法に関する。

【背景技術】

20

【0002】

近時、DMD (Digital Micromirror Device) を用いて露光パターンを生成し、この露光パターンを縮小投影して基板を露光するマスクレス露光装置が開発されている。

従来のマスクレス露光装置では、1 回に露光される露光面積が非常に小さいにも拘わらず、露光する領域を単に複数に分割し、ステージを移動させながら画面継ぎ露光をしているため、露光作業に多大な時間が必要になるという問題があったが、対物レンズを調整することによりパターンの投影倍率を可変にしてこの問題を解決していた。

【特許文献 1】特開 2000 - 40660 号公報

【特許文献 2】特開 2006 - 310446 号公報

【特許文献 3】特開 2007 - 25394 号公報

30

【発明の開示】

【発明が解決しようとする課題】

【0003】

しかしながら、露光パターンの位置合わせは、被露光物に載置したステージを移動させる過程で、被露光物に形成されたアライメントマークをカメラで読み取り、読み取った位置データに基づいて位置補正を行っていたに過ぎない。

【0004】

本発明は、かかる事情に対処してなされたもので、投影パターンの大きさに応じて投影倍率を可変にした場合であっても精度よく投影パターンを形成できるマスクレス露光装置およびマスクレス露光方法を提供することを目的とする。

40

【課題を解決するための手段】

【0005】

本発明のマスクレス露光装置は、基板を支持するステージと、前記基板に投影する所望の投影パターンを外部信号の入力により生成する空間光変調部と、対物レンズを備え前記投影パターンを前記基板に投影する投影光学系と、前記対物レンズを介して前記基板に形成された位置合わせマークを検出する観察光学系とを有するマスクレス露光装置であって、前記投影光学系は、投影倍率を変更可能に前記対物レンズが構成されてなるとともに、前記投影倍率を変更する毎に、前記位置合わせマークを予め設定した指標又は予め特定した前記投影パターンの中心位置に対して位置合わせする機構を有することを特徴とする。

【0006】

50

本発明のマスキレス露光方法は、外部信号の入力により生成される所望の投影パターンを、対物レンズを備えた投影光学系を介して基板に投影して前記基板を露光するマスキレス露光方法において、第１の投影倍率を有する第１の対物レンズを設定するとともに、前記第１の対物レンズを含む第１の観察光学系を用いて、前記基板に形成された位置合わせマークを観察し、予め設定した指標又は予め特定した前記投影パターンの中心位置に対して位置合わせを行う第１の工程と、前記第１の対物レンズを介して、前記基板に前記投影パターンを投影露光する第２の工程と、前記第１の投影倍率と異なる第２の投影倍率の第２の対物レンズを設定するとともに、前記第２の対物レンズを含む第２の観察光学系を用いて、前記位置合わせマークを観察し、前記指標又は前記投影パターンの中心位置に対して位置合わせを行う第３の工程と、前記第２の対物レンズを介して、前記基板に前記投影パターンを投影露光する第４の工程とを有することを特徴とする。

10

【発明の効果】

【０００７】

本発明では、露光作業時間を低減することができる。

【発明を実施するための最良の形態】

【０００８】

以下、本発明の実施形態を図面を用いて詳細に説明する。

(第１の実施形態)

図１は、本発明のマスキレス露光装置の第１の実施形態を示している。

【０００９】

20

このマスキレス露光装置は、露光光学系１１、ステージ１３、観察光学系１５を有している。

【００１０】

露光光学系１１は、投影照明光学系１７、ＤＭＤ素子１９、投影光学系２０を有している。投影光学系２０は、第１投影レンズ群２１、ダイクロイックミラー２３、第２投影レンズ群２５を有している。

【００１１】

投影照明光学系１７は、露光光源２７、コンデンサレンズ２９を有している。露光光源２７には、ＬＤ、ＬＥＤ、水銀ランプ等が使用される。より具体的には、 $i$ 線( $365\text{ nm}$ )、 $g$ 線( $436\text{ nm}$ )等の露光光が使用される。コンデンサレンズ２９は、露光光源２７からの露光光を集光し、平行光をＤＭＤ素子１９に照射する。ＤＭＤ素子(Digital Micromirror Device) １９は、反射角変更可能な多数のマイクロミラーを有している。ＤＭＤ素子駆動回路３１によりマイクロミラーを駆動して反射角を変えることで、種々な形状の露光パターンを生成することが可能である。

30

【００１２】

ＤＭＤ素子１９で反射された露光パターンを有する露光光は、第１投影レンズ群２１を通りダイクロイックミラー２３で反射される。反射された露光光は、対物レンズ群である第２投影レンズ群２５を通り基板Ｗ上に照射され基板Ｗに塗布されたレジストが露光される。第１投影レンズ群２１および第２投影レンズ群２５は、それぞれ収差の補正された無限遠系設計となっており、ＤＭＤ素子１９上の１点から出て第１投影レンズ群２１を通過した光束は平行な光束となっている。そして、第２投影レンズ群２５を通過し焦点面の１点で集光する。第２投影レンズ群２５は、図示しないレボルバに支持されており、レボルバを回転することで倍率の異なる複数の第２投影レンズ群２５Ａ等に交換可能とされている。

40

【００１３】

ステージ１３は、水平方向および鉛直方向に移動可能とされている。ステージ１３は、ステージコントローラ３３により駆動を制御される。ステージ１３上には、基板Ｗが吸着可能とされている。ステージ１３上には、ＤＭＤ素子１９の露光パターンの位置を検出するための蛍光部材３５が固定されている。

【００１４】

50

観察光学系 15 は、観察照明光学系 37、ハーフミラー 39、ダイクロイックミラー 23、第 2 投影レンズ群 25、結像レンズ 41、撮像素子 43、モニタ 45 を有している。ダイクロイックミラー 23、第 2 投影レンズ群 25 は、露光光学系 11 と観察光学系 15 に共用されている。

【0015】

観察照明光学系 37 は、光源 47、コレクタレンズ 49 を有している。光源 47 には、白色光源が使用される。より具体的には、基板 W のレジストを感光しない、例えば波長が 500 nm 以上の白色光が使用される。光源 47 からの光は、コレクタレンズ 49 を通りハーフミラー 39 で反射される。反射された光は、ダイクロイックミラー 23 を透過し、第 2 投影レンズ群 25 を通り基板 W を照明する。基板 W で反射した照明光は、第 2 投影レンズ群 25、ダイクロイックミラー 23、ハーフミラー 39、結像レンズ 41 を通り撮像素子 43 に導かれる。撮像素子 43 は、得られた像を光電変換しモニタ 45 に出力する。取得された基板 W の拡大画像はモニタ 45 の画面に表示される。この実施形態では、説明を簡単にするために、DMD 素子 19 の投影する視野と撮像素子 43 の視野とが等しい場合について説明する。しかしながら、特に一致させる必要はない。

10

【0016】

図 2 は、上述した複数の第 2 投影レンズ群 25、25A 等の詳細を示している。図 2 では、第 1 投影レンズ群 21 の焦点距離を 300 mm としている。

【0017】

図 2 の (a) は、レボルバで変更可能な第 2 投影レンズ群の焦点距離を示している。20 mm、10 mm、5 mm、2 mm の焦点距離の第 2 投影レンズ群が選択可能とされている。図 2 の (b) は、その時の投影倍率である。図 2 の (c) は、DMD 素子 19 の大きさを 16 mm × 12 mm とした時の投影される領域の大きさである。図 2 の (d) は、DMD 素子 19 の 1 画素の大きさ、すなわち、DMD 素子 19 のマイクロミラーの大きさを 10 μm とした時の画素の大きさである。図 2 の (e) は、第 2 投影レンズ群の開口数である。図 2 の (f) は光学解像度である。第 2 投影レンズ群の開口数を第 1 投影レンズ群 21 と同じ開口数にすると、光学解像度はおよそ 4 画素相当になる。光学解像度より画素サイズを小さくして複数の画素で線を形成するようにし、欠陥画素は、並んで発生しないという仮定のもと、DMD 素子 19 に欠陥画素があっても電気配線が破断するのを防止している。

20

【0018】

図 3 は、上述したマスクレス露光装置により露光された基板 W を示している。基板 W には、多数の露光パターン領域 P が形成されている。露光パターン領域 P は、所定間隔を置いて形成されている。そして、露光パターン領域 P の間に位置合わせマーク A が形成されている。

30

【0019】

図 4 は、上述したマスクレス露光装置による基板 W への露光方法の一実施形態を示している。

【0020】

ステップ S1：基板 W 上に位置合わせマーク A を形成する。位置合わせマーク A は、露光パターン領域 P の間に形成される。位置合わせマーク A は、位置合わせマーク A に対応する形状の投影パターンを DMD 素子 19 を用いて形成し、その投影パターンを基板 W 上に露光した後、現像、エッチングを行うことにより形成される。位置合わせマーク A は、ステージ 13 を移動することにより所定の間隔で所定の位置に高い精度で露光される。位置合わせマーク A を最初に形成しておくことにより、後のプロセスにより基板 W が変位しても、露光パターン領域 P の位置を高い精度で維持することが可能になる。DMD 素子 19 に形成される位置合わせマーク A に対応する形状の投影パターンは、予め装置に記憶されている。

40

【0021】

ステップ S2：位置合わせマーク A が形成された基板 W をステージ 13 上に載置する。

【0022】

50

ステップ S 3 : レボルバを操作して、第 1 の倍率の第 2 投影レンズ群 2 5 を配置する。  
既に第 1 の倍率の第 2 投影レンズ群 2 5 になっている時には、そのままにする。

【 0 0 2 3 】

ステップ S 4 : 第 1 の倍率の第 2 投影レンズ群 2 5 を用いた時の投影パターンの中心を  
指標 M の中心と一致させる。第 2 投影レンズ群 2 5 の焦点面に蛍光部材 3 5 が位置するよ  
うにステージ 1 3 を移動する。そして、観察照明光学系 3 7 の光源 4 7 を消した状態で、  
投影照明光学系 1 7 の光源 2 7 を点灯する。DMD 素子 1 9 には、予め、十字パターンが  
形成されており、十字パターンが第 1 投影レンズ群 2 1、ダイクロイックミラー 2 3、第  
2 投影レンズ群 2 5 を介して蛍光部材 3 5 に投影される。蛍光部材 3 5 に十字パターンを  
投影すると蛍光部材 3 5 から蛍光が発生する。この蛍光は、第 2 投影レンズ群 2 5 で集光  
され、ダイクロイックミラー 2 3 およびハーフミラー 3 9 を透過して結像レンズ 4 1 で集  
光され、撮像素子 4 3 上で結像する。そして、モニタ 4 5 に表示される。

10

【 0 0 2 4 】

図 5 は、モニタ 4 5 に表示された十字パターンを示している。十字パターンの中心 O が  
投影パターンの中心位置になる。モニタ 4 5 には、図 6 に示すように 4 つの指標 M が設け  
られている。モニタ 4 5 上で指標 M を移動し、指標 M の中心を十字パターンの中心に位置  
することにより指標 M の位置が投影パターンの中心位置に設定される。指標 M の間隔は、  
第 1 の倍率の第 2 投影レンズ群 2 5 に対応して設定されている。第 1 の倍率の第 2 投影レ  
ンズ群 2 5 の焦点距離は、例えば 20 mm とされている。なお、点線は、モニタ 4 5 の視  
野 F を示している。

20

【 0 0 2 5 】

ステップ S 5 : 第 1 の倍率の第 2 投影レンズ群 2 5 を用いて露光パターン領域 P への露  
光を行う。

【 0 0 2 6 】

図 7 は、図 3 に示した基板 W の位置合わせマーク A、露光パターン領域 P の詳細を示し  
ている。露光パターン領域 P は、位置合わせマーク A に対して所定の間隔だけ離れた位置  
に設けられている。露光パターン領域 P は、DMD 素子 1 9 の投影パターンが投影される  
露光領域 EX 1 1 ~ EX 3 3 のように分割されている。そして、露光パターン領域 P には  
、露光領域 EX 1 1 ~ EX 3 3 より小さい露光領域 FX 1 ~ FX 3 が存在している。この  
ステップ S 5 では、露光領域 EX 1 1 ~ EX 3 3 のみが第 1 の倍率の第 2 投影レンズ群 2  
5 を用いて露光される。各露光領域 EX 1 1 ~ EX 3 3 の位置は、ステージコントローラ  
3 3 に位置合わせマーク A からの相対的な座標 (X, Y) として記憶されている。ステージ  
コントローラ 3 3 は、ステージ 1 3 に移動量を指定して移動させ、DMD 駆動回路 3 1 に  
信号を送り、対応する露光領域 EX 1 1 ~ EX 3 3 を順次露光する。

30

【 0 0 2 7 】

各露光パターン領域 P への露光前には、位置合わせマーク A の位置と指標 M との位置合  
わせを行う。この位置合わせは、モニタ 4 5 を用いて行われる。モニタ 4 5 には、例えば  
図 8 に示すように、基板 W 上に設けられた位置合わせマーク A の像と、焦点距離が 20 m  
m の第 2 投影レンズ群 2 5 の位置合わせ目標を示す指標 M が重ねて表示されている。指標  
M の位置は、ステップ S 4 で求められたもので、投影パターンの中心位置に設定されてい  
る。指標 M の間隔は、焦点距離が 20 mm の第 2 投影レンズ群 2 5 に対応して設定されて  
いる。

40

【 0 0 2 8 】

位置合わせマーク A は、図 9 に示すように十字形状をしている。位置合わせマーク A は  
、相互に直交する 4 本の線部 S を有している。各線部 S は同一形状に形成されている。各  
線部 S には、中心に向けて線幅が細くなるように段差部が形成されている。図 9 において  
数字は各部の寸法を  $\mu\text{m}$  単位で示している。線部 S の幅 120、60、30、12 は、図  
2 に示した焦点距離 20 mm、10 mm、5 mm、2 mm の第 2 投影レンズ群に対応して  
形成されている。

【 0 0 2 9 】

50

指標 M は、図 8 に示すように、対向した一对の直角三角形からなり、対称軸上に位置合わせマーク A の中心を合わせるようになっている。位置合わせマーク A と指標 M の中心が一致している時に、位置合わせマーク A の十字線の端と指標 M の直角三角形の斜辺との交点が、指標 M の直角三角形の斜辺の中点になる。なお、点線は、モニタ 4 5 の視野 F を示している。

【 0 0 3 0 】

図 1 0 に示すように、指標 M の中心に対して位置合わせマーク A の中心がずれている場合には、位置合わせマーク A の十字線の端と指標 M の直角三角形の斜辺とが交わる位置がずれてしまう。オペレータは、十字線の端と直角三角形の斜辺とが図 8 に示すようになるようにステージ 1 3 を移動して、位置合わせマーク A の中心と指標 M の中心を合わせる。この時、指標 M の直角三角形の斜辺の傾斜が小さいほど、位置合わせマーク A の中心と指標 M の位置ずれに対する感度は高くなるが、ずれ量が大きくなると位置合わせマーク A の十字線の端が指標 M の直角三角形の斜辺から外れてしまうので、位置合わせマーク A の位置合わせに用いる部分の線幅の  $1/8$  から  $1/2$  程度の傾斜にしておくのが望ましい。

【 0 0 3 1 】

ステップ S 6 : レボルバを操作して、第 2 の倍率の第 2 投影レンズ群 2 5 A を配置する。

【 0 0 3 2 】

ステップ S 7 : 第 2 の倍率の第 2 投影レンズ群 2 5 A を用いた時の投影パターンの中心を指標 M の中心と一致させる。第 2 の倍率の第 2 投影レンズ群 2 5 A の焦点面に蛍光部材 3 5 が位置するようにステージ 1 3 を移動する。そして、上述したステップ S 4 と同様にして、蛍光部材 3 5 から発生した蛍光による十字パターン像をモニタ 4 5 に表示する。そして、上述したステップ S 4 と同様にして、モニタ 4 5 上で指標 M を移動し、指標 M の中心を十字パターンの中心に位置させることにより指標 M の位置が投影パターンの中心位置に設定される。指標 M の間隔は、第 2 の倍率の第 2 投影レンズ群 2 5 A に対応して設定される。第 2 の倍率の第 2 投影レンズ群 2 5 A の焦点距離は、例えば 5 mm とされている。

【 0 0 3 3 】

ステップ S 8 : 第 2 の倍率の第 2 投影レンズ群 2 5 A を用いて露光パターン領域 P への露光を行う。このステップでは、図 7 に示した露光領域 E X 1 1 ~ E X 3 3 より小さい露光領域 F X 1 ~ F X 3 のみが、第 2 の倍率の第 2 投影レンズ群 2 5 A を用いて露光される。各露光領域 F X 2 ~ F X 3 の位置は、ステージコントローラ 3 3 に位置合わせマーク A からの相対的な座標 ( x , y ) として記憶されている。そして、ステージコントローラ 3 3 によりステージ 1 3 に移動量を指定して移動させ、DMD 駆動回路 3 1 に信号を送り、対応する露光領域 F X 2 ~ F X 3 を順次露光する。

【 0 0 3 4 】

各露光パターン領域 P への露光前には、位置合わせマーク A の位置と指標 M との位置合わせを行う。この位置合わせは、モニタ 4 5 を用いて行われる。モニタ 4 5 には、例えば図 1 1 に示すように、基板 W 上に設けられた位置合わせマーク A の像の一部と、焦点距離が 5 mm の第 2 投影レンズ群 2 5 A の位置合わせ目標を示す指標 M が重ねて表示されている。指標 M の位置は、ステップ S 7 で求められたもので、投影パターンの中心位置に設定されている。指標 M の間隔は、焦点距離が 5 mm の第 2 投影レンズ群 2 5 A に対応して設定されている。オペレータは、ステージ 1 3 を移動して、位置合わせマーク A の中心と指標 M の中心を合わせる。図 1 1 において、実際には、視野 F を示す点線の内側しか見えないが、位置合わせマーク A の線幅の細い部分を用いて指標 M に対する位置合わせを行うことができる。

【 0 0 3 5 】

このようにして基板 W への一連の露光作業が終了する。

【 0 0 3 6 】

上述したマスクレス露光装置では、投影光学系 2 0 の第 2 投影レンズ群 2 5 , 2 5 A ... の倍率を可変とし、投影パターンの線幅が細かい場合には、投影する倍率を上げて大きい

10

20

30

40

50

開口数の投影光学系 20 を用いて狭い面積を露光し、投影パターンの線幅が粗い場合には、投影する倍率を下げて広い面積を露光するようにしたので、露光作業時間を低減することができる。

【0037】

また、第2投影レンズ群 25, 25A...を介して、十字パターン（投影パターン）、基板 W の位置合わせマーク A を観察し、モニターに表示された指標 M とそれぞれ位置合わせ（中心を一致させる）を行うべく観察光学系 15 を設けたので、第2投影レンズ群 25, 25A...を交換した時に生じる光軸ずれに起因する露光位置のずれを補正して低減することができる。すなわち、例えば第2投影レンズ群を第2投影レンズ群 25 から第2投影レンズ群 25A に交換すると、光軸の位置が微妙に変化し、ステージ 13 の位置が同じでも露光位置がずれてしまう。しかしながら、交換した第2投影レンズ群 25A を用いた観察光学系 15 により DMD 素子 19 の投影パターンの位置を観察し、光軸ずれも含んだ状態で投影パターンの位置検出を行うことで、光軸ずれに起因する露光位置のずれを補正することができる。

10

【0038】

なお、この実施形態では、図7に示したように、露光領域 EX11 ~ EX33 の接続部 K を重ねて露光しているが、単に重ねて露光すると図12の(a)に示すように、接続部 K の露光量が多くなり望ましくない。そこで、この実施形態では、図12の(b)に示すように、DMD 素子 19 のマイクロミラーの方向を露光中に周辺側から順次オフに変えることで、接続部 K の露光量を他の部分の露光量と同一にしている。そして、このように段階的に光量比を変えることにより、図12の(c)に示すように、露光領域の位置が僅かにずれても接続部 K の光量変化が小さくなり、連続したパターンを確実に形成することができる。

20

(第2の実施形態)

図13は、本発明のマスキレス露光装置の第2の実施形態を示している。なお、この実施形態において第1の実施形態と同一の要素には同一の符号を付して詳細な説明を省略する。

【0039】

この実施形態では、撮像素子 43 で撮像された画像を画像処理して位置合わせマーク A の位置を検出する位置検出装置 51 が設けられている。位置検出装置 51 には、撮像素子 43 の出力が入力される。また、位置検出装置 51 からの出力が、ステージコントローラを含む装置コントローラ 53 に入力される。

30

【0040】

位置検出装置 51 は、図14に示すように、撮像素子 43 から入力される画像信号の太い実線 J で囲んだ領域の光強度信号をそれぞれ矢印の方向に積算する。これにより、図14の周囲に描かれているような一次元の光強度信号が得られる。この光強度信号に対して閾値を設定し、その閾値を横切る2つの座標 A、B の中心 C を位置合わせマーク A の一端の中心とする。これを図14に示すように X 方向および Y 方向に独立して測定することで、位置合わせマーク A の中心を求めることができる。同じ方向で2箇所の積算領域を設けているのは、それぞれの中心位置のずれから位置合わせマーク A の回転成分を求めるためである。

40

【0041】

この実施形態では、位置検出装置 51 により位置合わせマーク A の位置を検出するようにしたので、オペレータが指標 M に対する位置合わせをする必要がなくなり作業時間を短縮することができる。そして、画像処理により位置合わせマーク A の中心の座標を求め、蛍光部材 35 を入れた時の DMD 素子 19 の投影パターンの中心位置の座標との差をオフセット値として算出し、位置合わせマーク A を観察している位置から投影パターンを露光する露光領域 EX11 までのステージ 13 の移動量を調整することで光軸ずれに起因する露光位置のずれを容易に補正することができる。従って、作業時間をより短縮することができる。

50



## 【 0 0 4 2 】

## (実施形態の補足事項)

以上、本発明を上述した実施形態によって説明してきたが、本発明の技術的範囲は上述した実施形態に限定されるものではなく、例えば、以下のような形態でも良い。

## 【 0 0 4 3 】

(1) 上述した実施形態では、DMD素子19により露光パターンを生成した例について説明したが、例えば、画面を細かく分割し透過率を制御する液晶表示素子等の空間変調器を用いても良い。

## 【 0 0 4 4 】

(2) 上述した実施形態では、第2投影レンズ群25, 25A...をレボルバにより交換して倍率を変更した例について説明したが、例えば第2投影レンズ群にズームレンズを使用して倍率を変更するようにしても良い。ズームレンズの場合にも倍率の変更により光軸ずれが発生する。

## 【 0 0 4 5 】

(3) 上述した実施形態では、DMD素子19の投影パターンを蛍光部材35を介して撮像素子43で検出した例について説明したが、例えば蛍光部材35の替わりにミラー等の反射部材を設け、ダイクロイックミラー23の位置にハーフミラーを配置して検出するようにしても良い。また、蛍光部材35を使用する場合には、露光光と蛍光との間に波長の差があるので、第2投影レンズ群25, 25A...に色ずれ補正処理をするのが望ましい。

## 【図面の簡単な説明】

## 【 0 0 4 6 】

【図1】本発明のマスクレス露光装置の第1の実施形態を示す説明図である。

【図2】図1の第2投影レンズ群の詳細を示す説明図である。

【図3】図1のマスクレス露光装置で露光される基板を示す説明図である。

【図4】図1のマスクレス露光装置を用いた露光工程を示す説明図である。

【図5】モニタに表示される投影パターンを示す説明図である。

【図6】図5の投影パターンに指標を位置決めした状態を示す説明図である。

【図7】図3の位置合わせマークおよび露光パターン領域の詳細を示す説明図である。

【図8】指標に位置合わせマークを合わせた状態を示す説明図である。

【図9】位置合わせマークの詳細形状を示す説明図である。

【図10】位置合わせマークが指標からずれている状態を示す説明図である。

【図11】第2投影レンズ群の倍率を大きくした時のモニタの状態を示す説明図である。

【図12】露光領域の接続部を重ねて露光する方法を示す説明図である。

【図13】本発明のマスクレス露光装置の第2の実施形態を示す説明図である。

【図14】図13の位置検出装置による位置合わせマークの位置検出方法を示す説明図である。

## 【符号の説明】

## 【 0 0 4 7 】

13...ステージ、15...観察光学系、19...DMD素子、20...投影光学系、25, 25A...第2投影レンズ群、35...蛍光部材、45...モニタ、51...位置検出装置、A...位置合わせマーク、M...指標、W...基板。

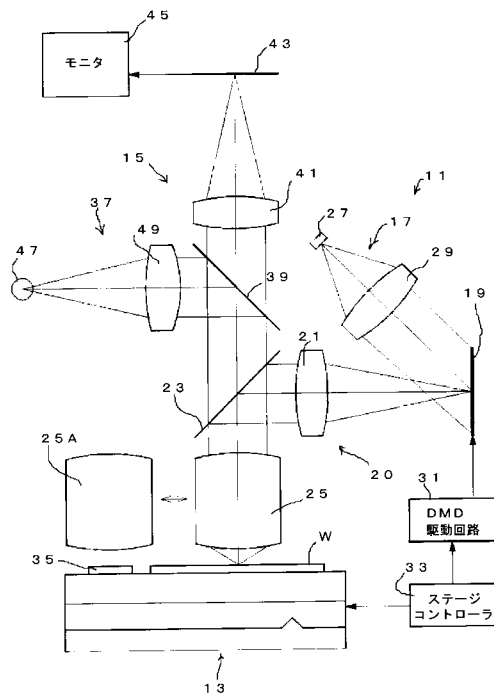
10

20

30

40

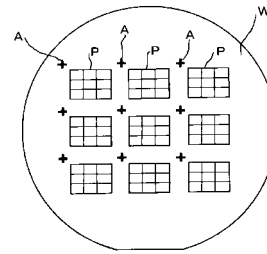
【図 1】



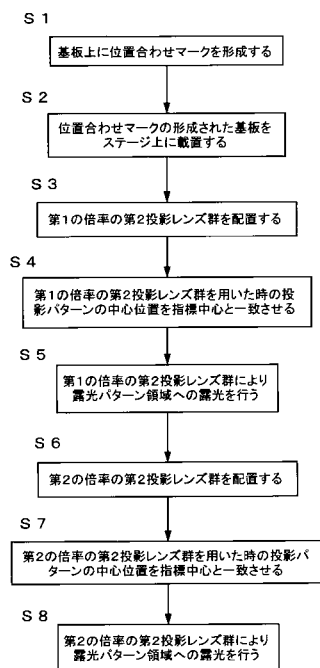
【図 2】

(a)	(b)	(c)	(d)	(e)	(f)
第2投影レ ンズ群の焦 点距離	投影倍 率	投影される領域 の大きさ	投影される画 素の大きさ	第2投影 レンズ群 の開口径	光学解像度
30mm	1/15	1066 $\mu$ m $\times$ 800 $\mu$ m	666nm $\square$	0.1	2623nm
10mm	1/30	533 $\mu$ m $\times$ 400 $\mu$ m	333nm $\square$	0.2	1311nm
5mm	1/60	266 $\mu$ m $\times$ 200 $\mu$ m	166nm $\square$	0.4	655nm
2mm	1/150	106 $\mu$ m $\times$ 80 $\mu$ m	66nm $\square$	0.95	276nm

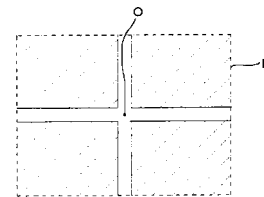
【図 3】



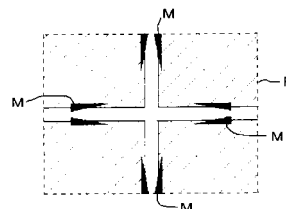
【図 4】



【図 5】

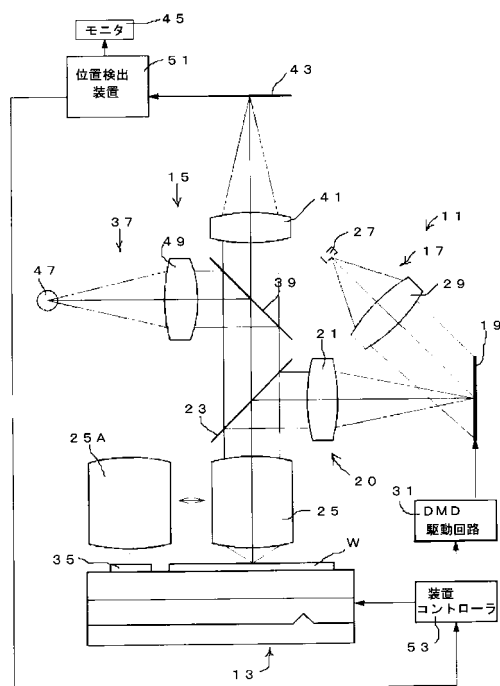


【図 6】





【 図 1 3 】



【 図 1 4 】

