

(19) 日本国特許庁 (JP)

(12) 特 許 公 報 (B2)

(11) 特許番号

特許第5489050号  
(P5489050)

(45) 発行日 平成26年5月14日 (2014. 5. 14)

(24) 登録日 平成26年3月7日 (2014. 3. 7)

(51) Int. Cl.

F I

G O 3 F 7/20 (2006. 01)  
H O 1 L 21/027 (2006. 01)G O 3 F 7/20 5 O 1  
H O 1 L 21/30 5 2 9

請求項の数 3 (全 13 頁)

(21) 出願番号 特願2008-23737 (P2008-23737)  
 (22) 出願日 平成20年2月4日 (2008. 2. 4)  
 (65) 公開番号 特開2009-186555 (P2009-186555A)  
 (43) 公開日 平成21年8月20日 (2009. 8. 20)  
 審査請求日 平成22年11月8日 (2010. 11. 8)

(73) 特許権者 000004204  
 日本精工株式会社  
 東京都品川区大崎1丁目6番3号  
 (74) 代理人 100107272  
 弁理士 田村 敬二郎  
 (74) 代理人 100109140  
 弁理士 小林 研一  
 (72) 発明者 小口 寿明  
 神奈川県藤沢市鵠沼神明一丁目5番50号  
 日本精工株式会社内  
 審査官 久保田 創

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 露光装置

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項 1】

被露光物を移動可能なステージと、半導体レーザからなる光源と、駆動コイルを備える電磁駆動型に構成されミラーを繰り返し傾斜させる M E M S 光スキャナと、前記光源からの光を、光ファイバを介して導入してコリメートレンズで平行化してから、前記ミラーおよびレンズ系を介して被露光物上に露光する露光光学系と、を備え、

前記露光光学系において前記レンズ系における焦点位置を前記被露光物の表面に一致させて配置し、

前記光源からの光を前記 M E M S 光スキャナで傾斜するミラーにより走査して前記被露光物上に照射する際に、前記ステージを前記 M E M S 光スキャナによる光走査方向と略直交する方向に一定速度で移動させるとともに、前記光源からの光のオンオフを制御することで前記被露光物上にパターンを露光し、

前記露光のとき、前記ステージの移動により発生する周期信号と、前記 M E M S 光スキャナの逆起電力信号から得たゼロクロス信号を逡倍または分周して得た前記ステージの移動の基準周期信号と、による位相ロック制御に基づいて前記ステージの移動と前記 M E M S 光スキャナの駆動とを同期させ、

前記ステージの移動を露光のタイミング基準が M E M S 光スキャナのミラーの角度になるように前記ステージの移動を制御する露光装置。

【請求項 2】

前記露光光学系が対物レンズを含み、

10

20

前記対物レンズを前記被露光物に対し駆動し自動的に合焦させるオートフォーカス機構を備える請求項 1 に記載の露光装置。

【請求項 3】

前記ステージの位置を検出する位置検出部を備え、

前記ステージが駆動源としてモータを有し、

前記位置検出部の検出信号に基づいて前記モータを駆動し前記ステージの位置を制御する請求項 1 または 2 に記載の露光装置。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、マスクレス露光が可能な露光装置に関する。

【背景技術】

【0002】

従来、半導体集積回路や液晶デバイス等の製造工程では回路パターン形成のためにフォトリソグラフィ工程が多用されている。フォトリソグラフィは、所定のパターンが形成されたフォトマスクを用い、このフォトマスクを介してフォトレジストの塗布されたシリコンなどの基板上に露光することで、フォトマスクのパターンを基板上に転写してから、現像工程、エッチング工程等を経ることにより基板上にパターンを形成するものである。

【0003】

上述のようなフォトリソグラフィ工程の代わりに、フォトマスクを用いずに所望のパターンを基板等に直接形成するマスクレス露光（直接露光）装置が提案されている（例えば、下記特許文献 1 参照）。かかるマスクレス露光によれば、フォトマスクが不要でありコスト的に有利であり、また、高精度露光が可能であるとされている。

【0004】

特許文献 1 に記載のマスクレス露光装置は、露光ヘッドの結像光学系で結像される所望の露光パターンと被露光物の表面とを相対的に走査する走査手段を備え、かかる走査手段として X Y ステージを用いている。また、光走査手段としては、ポリゴンミラーやガルバノミラーとレンズ光学系を用いた光走査光学系が知られている。また、かかる光走査光学系の代わりに 2 次元光変調素子を用いることが提案されている（例えば、下記特許文献 2 参照）。

【特許文献 1】特開 2006 - 250982 号公報

【特許文献 2】特開 2003 - 15077 号公報

【発明の開示】

【発明が解決しようとする課題】

【0005】

上述の光走査手段としてポリゴンミラーやガルバノミラーとレンズ光学系を用いた光走査光学系を用いると、装置の全体構成が大きくなってしまい、装置の小型化の障害となり、また、高価であり、応答性もよくない。また、2 次元光変調素子は短寿命化や誤動作発生の問題があるといわれており、誤動作対策に特別な構成やコストが必要となってしまう（特許文献 1 参照）、好ましくない。さらに、上述の露光装置において、X Y ステージによるステップ送りによるステージ移動を止める静止露光方式によれば、露光時間がかかり生産性が低下してしまう。

【0006】

本発明は、上述のような従来技術の問題に鑑み、小型化が可能でかつ安定した動作でマスクレス露光が可能で露光時間を短縮できる露光装置を提供することを目的とする。

【課題を解決するための手段】

【0007】

上記目的を達成するために、本実施形態による露光装置は、被露光物を移動可能なステージと、半導体レーザからなる光源と、駆動コイルを備える電磁駆動型に構成されミラーを繰り返し傾斜させる MEMS 光スキャナと、前記光源からの光を、光ファイバを介して

10

20

30

40

50

導入してコリメートレンズで平行化してから、前記ミラーおよびレンズ系を介して被露光物上に露光する露光光学系と、を備え、前記露光光学系において前記レンズ系における焦点位置を前記被露光物の表面に一致させて配置し、前記光源からの光を前記MEMS光スキャナで傾斜するミラーにより走査して前記被露光物上に照射する際に、前記ステージを前記MEMS光スキャナによる光走査方向と略直交する方向に一定速度で移動させるとともに、前記光源からの光のオンオフを制御することで前記被露光物上にパターンを露光し、

前記露光のとき、前記ステージの移動により発生する周期信号と、前記MEMS光スキャナの逆起電力信号から得たゼロクロス信号を逡倍または分周して得た前記ステージの移動の基準周期信号と、による位相ロック制御に基づいて前記ステージの移動と前記MEMS光スキャナの駆動とを同期させ、前記ステージの移動を露光のタイミング基準がMEMS光スキャナのミラーの角度になるように前記ステージの移動を制御する。

10

#### 【0008】

この露光装置によれば、MEMS（メムス）光スキャナによりミラーを繰り返し傾斜させて光源からの光を走査して走査光を得て被露光物上に直接露光できる。MEMS（メムス）とは、微小電気機械システム（Micro Electro Mechanical Systems）の略で、機械要素部品を極小サイズで作製した小型デバイスである。MEMS光スキャナは、アクチュエータによりミラーを駆動して光を走査するMEMS（メムス）光デバイスであり、小型に構成され信頼性が高く動作が安定している。このように、MEMS光スキャナを光走査に用いることによって、装置を小型化できかつ安定した動作でマスクレス露光が可能な露光装置を実現できる。

20

#### 【0009】

さらに、ステージをMEMS光スキャナによる光走査方向と略直交する方向に一定速度で移動させるとともに、光源からの光のオンオフを制御することで、被露光物上に所望のパターンを露光することができ、また、露光の間にステージを移動させ続けるので、露光時間を短縮でき、生産性を向上できる。光源からの光のオンオフ制御により、例えば、走査方向に断続的なパターンや走査方向と直交する方向に間欠的なパターン等の所望のパターンを露光できる。

#### 【0010】

上記露光装置において前記ステージの移動と前記MEMS光スキャナの駆動（ミラーの繰り返し傾斜）とを同期させることが好ましい。このために、例えば、前記ステージの移動により発生する周期信号と、前記MEMS光スキャナの基準信号から得た前記ステージの移動の基準周期信号と、による位相ロック制御に基づいて前記ステージの移動と前記MEMS光スキャナの駆動とを同期させるように構成できる。

30

#### 【0011】

また、前記露光光学系が対物レンズを含み、前記対物レンズを前記被露光物に対し駆動し自動的に合焦させるオートフォーカス機構を備えることで、露光中に自動的に合焦させることができるので、被露光物の表面に凹凸があっても高精度な露光が可能となる。

#### 【0012】

また、前記ステージの位置を検出する位置検出部を備え、前記ステージが駆動源としてモータを有し、前記位置検出部の検出信号に基づいて前記モータを駆動し前記ステージの位置を制御することで、フィードバック制御を行い、ステージの位置を高精度に制御できる。

40

#### 【発明の効果】

#### 【0013】

本発明の露光装置によれば、小型化が可能でかつ安定した動作でマスクレス露光が可能となり、さらに露光時間を短縮でき、生産性を向上できる。

#### 【発明を実施するための最良の形態】

#### 【0014】

50

以下、本発明を実施するための最良の形態について図面を用いて説明する。図1は本実施の形態による露光装置の全体の概略的構成を示す図である。図2は図1の露光光学系を説明するための図である。図3は図2の露光光学系のMEMS光スキャナのミラーとレンズとの関係を説明するための模式図である。

【0015】

図1に示すように、露光装置10は、被露光物Aを載置し保持してXY方向に移動可能なXYステージ11と、半導体レーザからなる光源12と、光源12から光ファイバFIで導かれた光により被露光物Aに対し露光する露光光学系と、露光を行う際に露光光学系の鏡筒31内の対物レンズをXYステージ11上の被露光物Aに対し図の上下方向に駆動し自動的に合焦させるオートフォーカス機構と、XYステージ11上の被露光物Aを観察するための観察光学系と、XYステージ11及び光源12等を制御する制御装置13と、を備えている。

10

【0016】

露光光学系は、図1～図3のように、光源12からの光が光ファイバFIを介して導入されてコリメートレンズCで平行化されてミラーMで反射し、レンズL2，ミラー19，レンズL1，ビームスプリッタ29を介して鏡筒31内の対物レンズJでステージ11上の被露光物Aの表面A1に集光されて結像しスポット照射するようになっている。

【0017】

上述の露光光学系の内のコリメートレンズCからレンズL1までの各光学要素はハウジング20内に配置され収容されている。

20

【0018】

オートフォーカス機構は、図1のように、オートフォーカス用レーザ光源22からの光がビームスプリッタ27，28，29を介して鏡筒31内の対物レンズJ（図2）でXYステージ11上の被露光物Aの表面A1に集光され、その反射光が対物レンズJ、ビームスプリッタ29，28，27，チューブレンズ32，ビームスプリッタ26を介してフォトダイオード（PD）からなる受光素子21に入射し、その入射光信号に基づいて公知のピエゾ素子からなるアクチュエータ23で鏡筒31を光軸方向に駆動して鏡筒31内の対物レンズJ（図2）を移動させて合焦させるようになっている。

【0019】

上述のビームスプリッタ26，27，28，29及びチューブレンズ32はハウジング30内に配置され収容されている。

30

【0020】

観察光学系は、照明光を光導入部25から導入してXYステージ11上の被露光物Aに照射してその反射光をCCDカメラ24で撮像して被露光物Aを観察できるようになっている。

【0021】

図1のように、ハウジング30には、受光素子21，オートフォーカス用レーザ光源22，CCDカメラ24及び光導入部25が取り付けられており、ハウジング30の下端にアクチュエータ23が配置され、さらにアクチュエータ23の下方に鏡筒31が配置されている。

40

【0022】

XYステージ11には、図1のステッピングモータ15a，15bとステッピングモータ15a，15bによる各回転運動をX方向及びY方向への直線運動に変換する公知のボールねじ等から構成された直動機構とが内蔵されている。ステッピングモータ15a，15bの各等速回転によりXYステージ11は図1の横方向（X方向）及び図1の紙面垂直方向（Y方向）に等速で移動可能になっている。

【0023】

制御装置13は、モータドライバ16を介してステッピングモータ15a，15bを制御する。また、露光装置10はXYステージ11のX方向及びY方向の各位置を検出するエンコーダ等から構成された位置検出部14を備えている。

50

## 【 0 0 2 4 】

制御装置 1 3 は、X Y ステージ 1 1 の X 方向及び Y 方向の各移動量を制御するが、このとき、位置検出部 1 4 から入力した位置検出信号に基づいてステッピングモータ 1 5 a , 1 5 b をフィードバック制御することで、X Y ステージ 1 1 を高精度に制御できる。

## 【 0 0 2 5 】

また、制御装置 1 3 は、ドライバ 1 7 を介して光源 1 2 をオンオフ制御し、光源 1 2 からの光をオンオフするようになっている。なお、光源 1 2 に対し公知の電動シャッタを後置し、この電動シャッタを制御装置 1 3 が制御することにより、光源 1 2 からの光をオンオフするようにしてもよい。

## 【 0 0 2 6 】

また、制御装置 1 3 は、C P U ( 中央演算処理装置 ) を備え、C P U により光源 1 2 及び X Y ステージ 1 1 を所定のシーケンスで制御し、所定パターンの露光が可能となっている。

## 【 0 0 2 7 】

図 1 ~ 図 3 に示すミラー M は、M E M S 光スキャナの一部を構成するものであるが、かかる M E M S 光スキャナについて図 4、図 5 を参照して説明する。

## 【 0 0 2 8 】

図 4 は図 1 ~ 図 3 の露光装置で使用可能な M E M S 光スキャナの基本構造及び動作原理を説明するための概略図である。図 5 は図 1 ~ 図 3 の露光装置で使用可能な M E M S 光スキャナの実例を示す上面図 ( a )、b-b 線方向に切断してみた断面図 ( b ) 及び下面図 ( c ) である。

## 【 0 0 2 9 】

図 4 に示す M E M S 光スキャナは、矩形状のヨーク Y 内に矩形平面状のミラー M を一對のねじり棒 T , T でヨーク Y と連結するように形成し、ミラー M の外周に沿って駆動コイル D を形成し、ヨーク Y の外側に対向するように一對の永久磁石 P 1 , P 2 を配置するものであり、電磁駆動アクチュエータによりミラーを駆動する電磁駆動式の共振型である。

## 【 0 0 3 0 】

M E M S 光スキャナは、図 4 のように、永久磁石 P 1 , P 2 により磁束密度 B の磁界がねじり棒 T , T に直交する方向に生じ、駆動コイル D に電流 i を流すと、ローレンツ力 F による回転トルクでねじり棒 T , T がその弾性復元力に抗して回転してミラー M が傾く。電流 i を交流電流とすることにより、ねじり棒 T , T が回転方向 r とその逆方向 r ' に共振して回転することでミラー M が共振して傾斜を繰り返す。ここで、 $F = i \cdot B$  であるので、電流量を変化させることで、ミラー M の傾きを変えることができる。ミラー M は回転方向 r , r ' に傾斜し、ミラー M に入射して反射する光の方向を一方向において変えるので、図 4 の M E M S 光スキャナは 1 次元可動タイプである。

## 【 0 0 3 1 】

M E M S 光スキャナ 1 は、具体的には、図 5 ( a ) ~ ( c ) のように、基板 6 の基準面 6 a 側にヨーク 4 を設け、ヨーク 4 の内側に永久磁石 2 , 3 を対向させて配置し、永久磁石 2 , 3 の間にシリコンチップ 7 を設け、ミラー 5 をシリコンチップ 7 で包囲するようにして配置し、図 4 のように駆動コイルを形成し、この駆動コイルにコネクタ 8 を介して外部から交流電流を流すことで、図 5 ( b )、( c ) のようにミラー 5 が回転中心軸 p を中心にして回転方向 r、その逆方向 r' に共振して傾斜を繰り返すようになり、1 次元可動タイプの電磁駆動式共振型に構成されている。

## 【 0 0 3 2 】

図 5 ( a ) ~ ( c ) の M E M S 光スキャナ 1 では、基板 6 の基準面 6 a の反対面 6 b 側において入射光 n がミラー M で反射するとき、その反射光 n ' の基準面 6 a に対する反射角度がミラー 5 の傾斜角に応じて変化する。なお、M E M S 光スキャナ 1 には、図 4 のねじり棒 T と同様のねじり棒が回転中心軸 p 上に設けられている。

## 【 0 0 3 3 】

図 5 ( a ) ~ ( c ) の M E M S 光スキャナ 1 は、各部品が微小に構成されており、その

10

20

30

40

50

全体寸法が、例えば、30 mm × 22 mm × 5 mm（厚さ）であり、ミラー5の平面寸法が4 mm × 4 mmである。このようなMEMS光スキャナは、例えば、日本信号株式会社から商品名「ECO SCAN:ESS115B」として販売されている。

#### 【0034】

MEMS光スキャナ1は、図1～図3のミラーMの位置に配置される。すなわち、MEMS光スキャナ1は、基板6の四隅に取付孔6cを有し、基準面6aを基準にして図1の露光装置10のハウジング20内の所定位置にミラー5がミラーMの機能を発揮するように取付孔6cで取り付けられる。また、MEMS光スキャナ1は、図1のように、制御装置13により制御される。

#### 【0035】

次に、図1～図3の露光装置10の露光動作について図1～図6を参照して説明する。図6は図1の被露光物の表面に露光されるパターンの一例を説明するための模式図である。

#### 【0036】

最初に、露光装置10による露光について説明する。まず、光源12からの光がコリメートレンズCで平行光mになって図2，図3のようにミラーMに入射する。ミラーMは、図5(a)～(c)のMEMS光スキャナ1のミラー5に相当し、MEMS光スキャナ1に図4の駆動コイルDのように交流電流を流すことで、図4のねじり棒Tを中心に回転を繰り返し、図2，図3の光軸bに対し傾斜を繰り返す。すなわち、ミラーMは、図2，図3のように光軸bを中心にしてX方向に傾斜角 $\theta_2$ で傾く。

#### 【0037】

ここで、図3のように、X方向に傾斜するミラーMで反射した光m'に関し、ミラーMとレンズL2との間で次式が成立する。

$$\tan(\theta_2) = x_2 / f_2$$

#### 【0038】

次に、ミラーMで反射した光m'は、焦点距離 $f_2$ のレンズL2，ミラー19（図1），焦点距離 $f_1$ のレンズL1，ビームスプリッタ29（図1）を介して焦点距離 $f_0$ の対物レンズJにより図1の被露光物Aの表面A1に集光される。

#### 【0039】

MEMS光スキャナ1によりミラーMは光源12からの平行光mを図3のX方向に走査し、図2の表面A1上における光軸cからのX方向への走査光の走査長さ $x_0$ は、次式(1)により表すことができる。

$$x_0 = f_0 \cdot (f_2 / f_1) \cdot \tan(\theta_2) \cdots (1)$$

ただし、 $\theta_2$ ：ミラーMの光軸bに対するX方向への傾斜角（振れ角）

#### 【0040】

上述のようにして、図1のXYステージ11に載置されて保持された被露光物Aの表面A1に対し、光源12からの光をミラーMでX方向に走査長さ $x_0$ で走査しながらライン照射し露光することができる。

#### 【0041】

次に、上述の露光装置10による所定パターンの露光について説明する。XYステージ11上に被露光物Aを載せて保持し、MEMS光スキャナ1を駆動し、ミラーMを振動させることで、図6のように、走査光は被露光物Aの表面A1上において走査方向Xに走査される。また、XYステージ11による被露光物Aの移動方向をY方向とし、XYステージ11のステッピングモータ15bを駆動することでXYステージ11を移動方向（走査方向Xと直交する方向）Yに等速で移動させる。

#### 【0042】

共振周波数で駆動されるMEMS光スキャナ1を安定して駆動するためには一定周波数でミラーMを振動させることが必要である。そこで、かかる共振型のミラーを用いて露光を行う場合は、露光のタイミング基準がMEMS光スキャナ1になるようにステージ11を移動させて露光を行う。

10

20

30

40

50

## 【 0 0 4 3 】

すなわち、X Y ステージ 1 1 の移動を M E M S 光スキャナ 1 によるミラー M の振動と同期させることで、X Y ステージ 1 1 を等速で移動させながらミラー M の角度と露光位置とを同期（一致）させて光源 1 2 からの光をオンオフして露光を行う。

## 【 0 0 4 4 】

例えば、X Y ステージ 1 1 を等速で移動させながら、図 6 のように、被露光物 A の表面 A 1 上に X 方向に走査長さ  $\times 0$  に対応する長さのラインパターン P A 1 を露光し、所定幅に対応する時間だけ光源 1 2 からの光をオフとしてから、次のラインパターン P A 2 を露光することで、Y 方向に間欠的なパターンを露光できる。ラインパターン P A 2 は、光源 1 2 からの光をオンオフすることで、断続的なラインパターンとなっている。同様にして、ラインパターン P A 3 ~ P A 6 を露光する。

10

## 【 0 0 4 5 】

また、X Y ステージ 1 1 を移動させ所定の露光位置で停止して図 6 のラインパターン P A 1 を露光するようにして、ラインパターン P A 2 ~ P A 6 を露光してもよい。

## 【 0 0 4 6 】

また、上記露光の際に、図 1 のオートフォーカス機構を作動させると、レーザ光源 2 2 から光が対物レンズ J（図 2）を介して被露光物 A の表面 A 1 に集光され、その反射光が受光素子 2 1 に入射し、その入射光信号に基づいてアクチュエータ 2 3 で鏡筒 3 1 内の対物レンズ J を光軸方向に駆動して自動的に合焦させる。オートフォーカス機構は、露光の間に継続して作動させることで、被露光物 A の表面 A 1 に凹凸があっても高精度に露光を行うことができる。また、必要に応じて、C C D カメラ 2 4 で被露光物 A の表面 A 1 を観察する。

20

## 【 0 0 4 7 】

以上のように、M E M S 光スキャナは、電磁駆動アクチュエータによりミラーを共振させ光を走査する M E M S（メムス）光デバイスであり、小型に構成されて信頼性が高く動作が安定しているので、M E M S 光スキャナを露光装置 1 0 の光走査に用いることによって、装置を小型化できかつ安定した動作でマスクレス露光が可能な露光装置を実現できる。

## 【 0 0 4 8 】

従来の光走査手段であるポリゴンミラーやガルバノミラーとレンズ光学系を用いた光走査光学系によれば、装置の全体構成が大きく、高価であり、応答性もよくなかったのに対し、本実施の形態のように M E M S 光スキャナを用いることで、安価でかつ小型化が可能となり、応答性のよい露光装置 1 0 の光走査が可能となり、さらに従来構成よりも省電力になる。また、従来の別の光走査手段である 2 次元光変調素子には短寿命化や誤動作発生の問題があったのに対し、M E M S 光スキャナを用いることで、信頼性が高く安定した露光が可能となる。

30

## 【 0 0 4 9 】

次に、本実施形態における図 6 のような定速度露光方法について図 7，図 8 を参照してより具体的に説明する。図 7 は、図 1 の制御装置 1 3 における定速度露光制御を説明するためのブロック線図である。図 8 は、図 7 の定速度露光制御における各信号（a）～（g）のタイミングチャートである。

40

## 【 0 0 5 0 】

図 7 に示すように、X Y ステージ 1 1 の速度制御に関する設定値 V を入力し、X Y ステージ 1 1 を一定速度で移動させるとき、X Y ステージ 1 1 の周期的な位置の通過に伴って論理が反転する図 8（f）のような一定周波数のブレイクポイント信号（周期 B P 出力信号）が出力し、この周期 B P 出力信号がサンプラ 6 3 に入力し、そのサンプリング信号 Y out(i) が積分器 6 5 に入力し、また、基準信号発生器 6 1 から図 8（d）のような基準ブレイクポイント周期信号（基準 B P 周期信号）が -1/2 オフセット回路 6 2 を介してサンプラ 6 4 に入力し、そのサンプリング信号 Y o(i) が積分器 6 5 に入力し、これらの周期信号の位相差に基づいて積分器 6 5 で所定のサンプル数 i 分だけ積分された位相差信号が I ma

50

xで規格化されて目標値eが出力する一方、 $V_{max}$ に変換されて $e/V_{max}$ がフィードバックされて $(V - e/V_{max})$ による制御がなされる。このようなPLL制御は、比例制御となっており、目標値 $e = 0$ で、図8(g)のように周期BP出力信号の位相がロックされ、位相差がゼロとなる。

【0051】

なお、ブレイクポイント(BP)とは登録位置によって信号論理が反転する位置をいう。また、基準BP周期信号は、図8(c)のようなスキャナゼロクロス信号を逡倍または分周させて得ることができる。

【0052】

図1のMEMS光スキャナ(スキャナ)1のミラーMは、図8(a)の時間間隔(角度)で振動し、図1の制御装置13は図8(b)のスキャナ1の逆起電力信号から図8(c)のようなスキャナゼロクロス信号を得て露光タイミング信号とする。

【0053】

図6のように、XYステージ11の移動方向YをMEMS光スキャナによるミラーMの光走査方向Xと直交させてXYステージ11を一定速度で移動させる。このとき、図8(f)のように、XYステージ11の周期的な移動により周期BP出力信号が出力する。

【0054】

図8(c)のようなスキャナゼロクロス信号を逡倍または分周させて基準BP周期信号を得て、この基準BP周期信号と図8(f)の周期BP出力信号とにより、上述のようにPLL制御(位相ロック制御)を行うことで、図8(g)のように位相が一致した周期BP出力信号を得る。

【0055】

上述のようなPLL制御により、XYステージ11の速度制御を行うとともに、MEMS光スキャナ1のミラーMの振動と、XYステージ11上の被露光物Aの表面A1における露光位置とを同期させることができる。

【0056】

XYステージ11が一定速度で移動し、被露光物Aの表面A1上の所定の露光位置に達すると、ミラーMの図8(c)のゼロクロス信号をトリガとして露光指令値にしたがって、所定のクロック数で光照射をオンオフすることで、露光を行う。

【0057】

次に、上記定速度露光制御における各制御パラメータについて説明する。

図6のY方向における露光最小間隔： $x_{ex}$ (mm)

周期的BP間隔： $x_{BP}$ (mm)

露光ステージ速度： $V_{ex}$ (mm/s)

周期的BP出力周波数： $f_{BP}$ (Hz)

MEMS光スキャナ1の振動数： $f_{scan}$ (Hz)

周期的BP間隔 $x_{BP}$ と露光最小間隔 $x_{ex}$ との比： $x_{ex}/x_{BP}$

【0058】

各制御パラメータの計算式は次のとおりである。ただし、 $x_{ex}/x_{BP}$  2(整数)

$V_{ex}$ (mm/s) =  $f_{scan}$ (Hz) ×  $x_{ex}$ (mm)

$x_{BP}$ (mm) =  $x_{ex}$ (mm) × ( $x_{ex}/x_{BP}$ )

ステージ速度 $v = f_{scan} \cdot x_{ex} = f_{BP} (2 \cdot x_{BP})$ から

$f_{BP} = f_{scan} \cdot x_{ex} / (2 \cdot x_{BP})$

【0059】

以上のような定速露光制御により、XYステージ11で被露光物Aを一定速度で移動させながらMEMS光スキャナ1のミラーMの角度と露光位置とを一致(同期)させて光源12から光照射を行い、かかる光照射をオンオフ制御することで、図6のようなラインパターンPA1~PA6を露光することができる。また、XYステージ11を移動させ続けながら被露光物Aに露光を行うので、従来の静止露光方式と比べて、露光時間を短縮化でき、生産性を向上できる。

10

20

30

40

50



## 【 0 0 6 0 】

なお、MEMS光スキャナ1のミラーMの振動周波数は、XYステージ11の速度よりもかなり大きいので、XYステージ11を一定速度で移動させながらミラーMによる走査光で露光をしても、ラインパターンPA1～PA6の直線性に影響はない。

## 【 0 0 6 1 】

また、本実施の形態において、露光可能なパターンに関し、図6はほんの一例であり、光源12からの光のオンオフを制御することで、光源12からの光により任意のパターンを被露光物Aの表面A1上に露光できる。例えば、制御装置13は、装置内部または外部のハードディスク記憶装置等の記憶装置から、所望のパターンで露光するプログラムをCPUに読み取らせ、そのプログラムに従って光源12を制御することで、露光装置10は所望のパターンによる自動露光が可能である。

10

## 【 0 0 6 2 】

以上のように本発明を実施するための最良の形態について説明したが、本発明はこれらに限定されるものではなく、本発明の技術的思想の範囲内で各種の変形が可能である。例えば、被露光物Aの表面A1上における走査光のX方向の走査幅0は、ミラーMのMEMS光スキャナ1への駆動電流量を変えることによりミラー傾斜角を変えることができ、所定範囲内で調整可能である。

## 【 0 0 6 3 】

また、MEMS光スキャナは交流電流により変位する共振タイプから構成したが、直流電流で変位するMEMS光スキャナであってもよい。

20

## 【図面の簡単な説明】

## 【 0 0 6 4 】

【図1】本実施の形態による露光装置の全体の概略的構成を示す図である。

【図2】図1の露光光学系を説明するための図である。

【図3】図2の露光光学系のMEMS光スキャナのミラーとレンズとの関係を説明するための模式図である。

【図4】図1～図3の露光装置で使用可能なMEMS光スキャナの基本構造及び動作原理を説明するための概略図である。

【図5】図1～図3の露光装置で使用可能なMEMS光スキャナの具体例を示す上面図(a)、b-b線方向に切断してみた断面図(b)及び下面図(c)である。

30

【図6】図1の被露光物の表面に露光されるパターンの一例を説明するための模式図である。

【図7】図1の制御装置13における定速度露光制御を説明するためのブロック線図である。

【図8】図7の定速度露光制御における各信号(a)～(g)のタイミングチャートである。

## 【符号の説明】

## 【 0 0 6 5 】

1 MEMS光スキャナ

5 ミラー

40

10 露光装置

11 XYステージ

12 光源

13 制御装置

14 位置検出部

15 a, 15 b ステッピングモータ

21 受光素子

22 オートフォーカス用レーザ光源

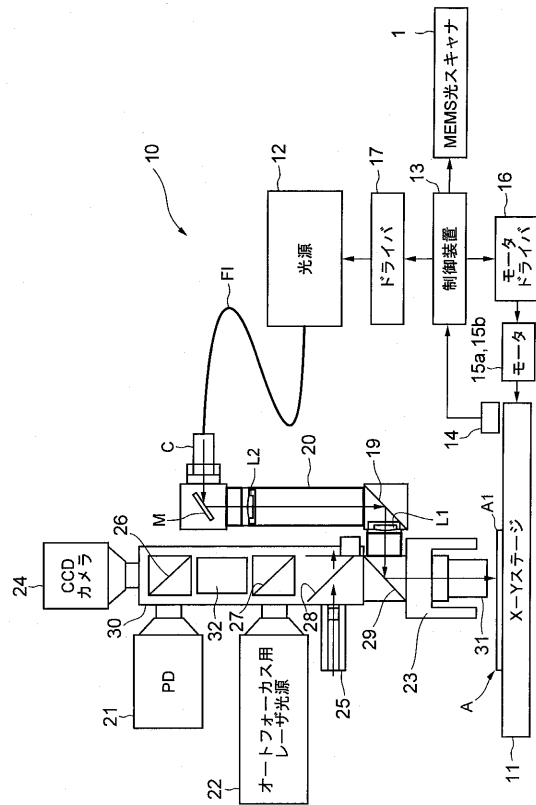
23 アクチュエータ

24 CCDカメラ

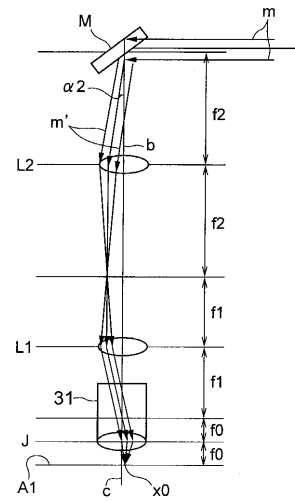
50

2 5	光導入部	
2 6 ~ 2 9	ビームスプリッタ	
2 0 , 3 0	ハウジング	
3 1	鏡筒	
3 2	チューブレンズ	
A	被露光物	
A 1	表面	
B	磁束密度	
C	コリメートレンズ	
D	駆動コイル	10
F	ローレンツ力	
F I	光ファイバ	
J	対物レンズ	
L 1 , L 2	レンズ	
M	ミラー	
P 1 , P 2	永久磁石	
P A 1 ~ P A 6	ラインパターン	
T	ねじり棒	
Y	ヨーク	
b	光軸	20
c	光軸	
i	電流	
m	平行光	
m '	反射光	
p	回転中心軸	
r	回転方向	
r '	回転方向 r の逆方向	

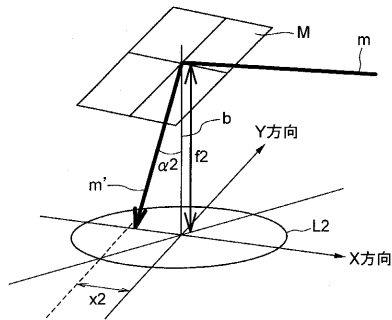
【図 1】



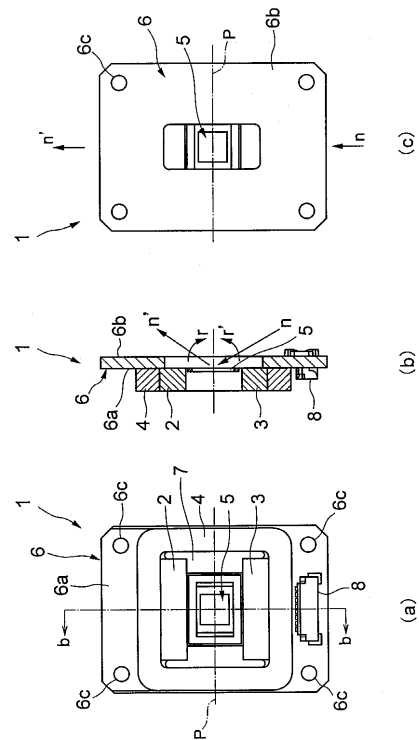
【図 2】



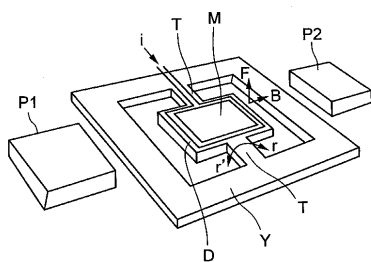
【図 3】



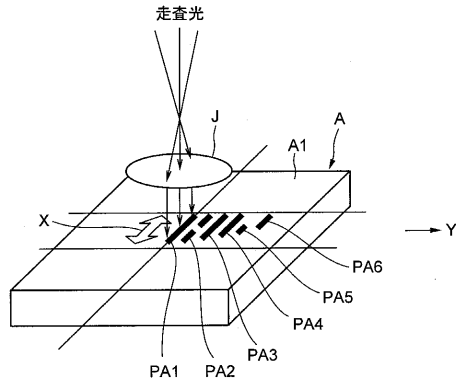
【図 5】



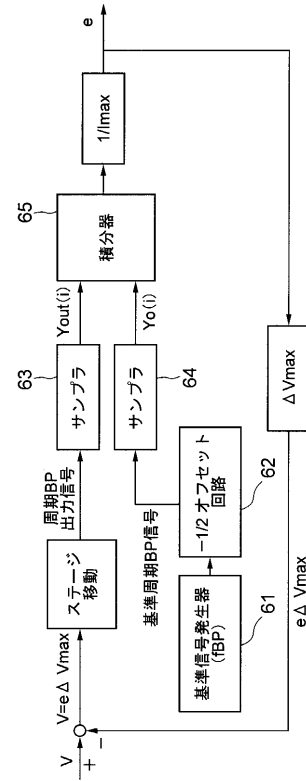
【図 4】



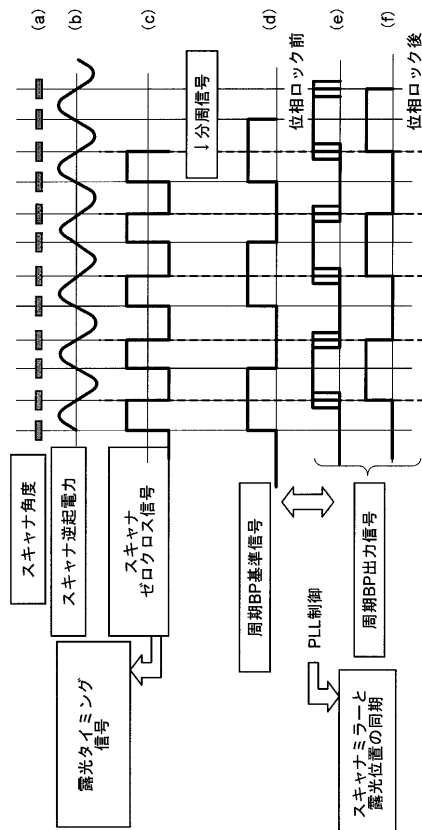
【図 6】



【図 7】



【図 8】



---

フロントページの続き

(56)参考文献 特開2005-316166(JP,A)  
特開2007-152766(JP,A)  
特開昭63-153821(JP,A)  
特開2004-013104(JP,A)  
特開2003-316166(JP,A)  
特開2003-115449(JP,A)  
特表2002-540455(JP,A)  
特表2002-520644(JP,A)  
特開2009-188012(JP,A)  
特開平11-109273(JP,A)  
特開2004-284131(JP,A)  
国際公開第2005/083493(WO,A1)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

G03F 7/20  
H01L 21/027