



添付公開書類:

— 国際調査報告（条約第 21 条(3)）

偏光状態の変更に関して高い自由度を有する照明光学系。光源からの光により被照射面を照明する照明光学系は、第 1 面に配列されて個別に制御される複数の光学要素を有する第 1 空間光変調器と、第 1 面よりも被照射面側の光路中に配置されて、照明光学系の光軸を横切る面内の第 1 領域を通過する第 1 光束に、横切る面内における第 1 領域とは異なる第 2 領域を通過する第 2 光束とは異なる偏光状態の変化を与える偏光部材と、第 1 面よりも被照射面側の光路中または第 1 面よりも光源側の光路中の第 2 面に配列されて個別に制御される複数の光学要素を有し、照明光学系の照明瞳に光強度分布を可変的に形成する第 2 空間光変調器とを備えている。

明 細 書

発明の名称：照明光学系、露光装置、およびデバイス製造方法 技術分野

[0001] 本発明は、照明光学系、露光装置、およびデバイス製造方法に関する。

背景技術

[0002] この種の典型的な露光装置においては、光源から射出された光が、オプティカルインテグレータとしてのフライアイレンズを介して、多数の光源からなる実質的な面光源としての二次光源（一般には照明瞳における所定の光強度分布）を形成する。以下、照明瞳での光強度分布を、「瞳強度分布」という。また、照明瞳とは、照明瞳と被照射面（露光装置の場合にはマスクまたはウェハ）との間の光学系の作用によって、被照射面が照明瞳のフーリエ変換面となるような位置として定義される。

[0003] 二次光源からの光は、コンデンサー光学系により集光された後、所定のパターンが形成されたマスクを重畳的に照明する。マスクを透過した光は投影光学系を介してウェハ上に結像し、ウェハ上にはマスクパターンが投影露光（転写）される。マスクに形成されたパターンは微細化されており、この微細パターンをウェハ上に正確に転写するにはウェハ上において均一な照度分布を得ることが不可欠である。

[0004] 従来、フライアイレンズの直後に配置された波長板付きの開口絞りの作用により、フライアイレンズの後側焦点面またはその近傍の照明瞳に輪帯状または複数極状の二次光源（瞳強度分布）を形成し、この二次光源を通過する光束がその周方向を偏光方向とする直線偏光状態（以下、略して「周方向偏光状態」という）になるように設定する技術が提案されている（例えば、特許文献1を参照）。

先行技術文献

特許文献

[0005] 特許文献1：特許第3246615号公報

発明の概要

発明が解決しようとする課題

[0006] 様々な形態の微細パターンを忠実に転写するのに適した照明条件を実現するために、瞳強度分布の形状（大きさを含む広い概念）および偏光状態の変更に関する自由度の向上が望まれている。しかしながら、特許文献１に記載された従来技術では、波長板付きの開口絞りを交換しない限り、瞳強度分布の形状や偏光状態を変化させることができなかった。

[0007] 本発明は、前述の課題に鑑みてなされたものであり、偏光状態の変更に関して高い自由度を有する照明光学系を提供することを目的とする。また、本発明は、偏光状態の変更に関して高い自由度を有する照明光学系を用いて、適切な照明条件のもとで微細パターンを感光性基板に正確に転写することのできる露光装置およびデバイス製造方法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

[0008] 第１形態では、光源からの光により被照射面を照明する照明光学系において、

第１面に配列されて個別に制御される複数の光学要素を有する第１空間光変調器と、

前記第１面よりも前記被照射面側の光路中に配置されて、前記照明光学系の光軸を横切る面内の第１領域を通過する第１光束に、前記横切る面内における前記第１領域とは異なる第２領域を通過する第２光束とは異なる偏光状態の変化を与える偏光部材と、

前記第１面よりも前記被照射面側の前記光路中または前記第１面よりも前記光源側の光路中の第２面に配列されて個別に制御される複数の光学要素を有し、前記照明光学系の照明瞳に光強度分布を可変的に形成する第２空間光変調器とを備えていることを特徴とする照明光学系を提供する。

[0009] 第２形態では、所定のパターンを照明するための第１形態の照明光学系を備え、前記所定のパターンを感光性基板に露光することを特徴とする露光装置を提供する。

[0010] 第3形態では、第2形態の露光装置を用いて、前記所定のパターンを前記感光性基板に露光することと、

前記所定のパターンが転写された前記感光性基板を現像し、前記所定のパターンに対応する形状のマスク層を前記感光性基板の表面に形成することと、

前記マスク層を介して前記感光性基板の表面を加工することと、を含むことを特徴とするデバイス製造方法を提供する。

図面の簡単な説明

[0011] [図1]実施形態にかかる露光装置の構成を概略的に示す図である。

[図2]瞳形成用の空間光変調器の構成および作用を説明する図である。

[図3]空間光変調器の要部の部分斜視図である。

[図4]偏光仕分け用の空間光変調器の構成および作用を説明する図である。

[図5]実施形態の偏光部材の構成を概略的に示す図である。

[図6]偏光仕分け用の空間光変調器の有効反射領域が5つの部分領域に仮想的に分割される様子を示す図である。

[図7]瞳形成用の空間光変調器の有効反射領域が5つの部分領域に仮想的に分割される様子を示す図である。

[図8]8極状で周方向偏光状態の瞳強度分布に中央極の面光源が追加された9極状の瞳強度分布を示す図である。

[図9]輪帯状で周方向偏光状態の瞳強度分布を示す図である。

[図10]8極状で径方向偏光状態の瞳強度分布に中央極の面光源が追加された9極状の瞳強度分布を示す図である。

[図11]第1変形例にかかる偏光部材の構成を概略的に示す図である。

[図12]16分割タイプの輪帯状で周方向偏光状態の瞳強度分布を示す図である。

[図13]第2変形例にかかる偏光部材の構成を概略的に示す図である。

[図14]第3変形例にかかる偏光部材の構成を概略的に示す図である。

[図15]第4変形例にかかる偏光部材の構成を概略的に示す図である。

[図16]偏光仕分け用の空間光変調器と偏光部材と瞳形成用の空間光変調器との配置関係にかかる第1変形例を示す図である。

[図17]偏光仕分け用の空間光変調器と偏光部材と瞳形成用の空間光変調器との配置関係にかかる第2変形例を示す図である。

[図18]半導体デバイスの製造工程を示すフローチャートである。

[図19]液晶表示素子等の液晶デバイスの製造工程を示すフローチャートである。

発明を実施するための形態

[0012] 以下、実施形態を添付図面に基づいて説明する。図1は、実施形態にかかる露光装置の構成を概略的に示す図である。図1において、感光性基板であるウェハWの転写面（露光面）の法線方向に沿ってZ軸を、ウェハWの転写面内において図1の紙面に平行な方向にY軸を、ウェハWの転写面内において図1の紙面に垂直な方向にX軸をそれぞれ設定している。

[0013] 図1を参照すると、本実施形態の露光装置では、光源LSから露光光（照明光）が供給される。光源LSとして、たとえば193nmの波長の光を供給するArFエキシマレーザ光源や、248nmの波長の光を供給するKrFエキシマレーザ光源などを用いることができる。光源LSから+Z方向に射出された光は、ビーム送光部1を介して、偏光仕分け用の空間光変調器2に入射する。空間光変調器2を経て斜め方向に射出された光は、前側レンズ群3aと後側レンズ群3bとからなる再結像光学系3を介して、瞳形成用の空間光変調器4に入射する。

[0014] 再結像光学系3の瞳位置またはその近傍には、偏光部材5が配置されている。ビーム送光部1は、光源LSからの入射光束を適切な大きさおよび形状の断面を有する光束に変換しつつ空間光変調器2、4へ導くとともに、空間光変調器2、4に入射する光束の位置変動および角度変動をアクティブに補正する機能を有する。なお、ビーム送光部1は、光源LSからの入射光束を適切な大きさおよび形状の断面を有する光束に変換しない構成であってもよい。

[0015] 空間光変調器 2, 4 は、後述するように、所定面内に配列されて個別に制御される複数のミラー要素と、制御系 C R からの制御信号に基づいて複数のミラー要素の姿勢を個別に制御駆動する駆動部とを有する。偏光部材 5 は、並列的に配置されて偏光作用の互いに異なる複数の $1/2$ 波長板を有する。空間光変調器 2, 4 および偏光部材 5 の構成および作用については後述する。

[0016] 空間光変調器 4 から +Z 方向に射出された光は、リレー光学系 6 の前側レンズ群 6 a を介して、リレー光学系 6 の瞳面 6 c に入射する。前側レンズ群 6 a は、その前側焦点位置が空間光変調器 4 の複数のミラー要素の配列面（以下、「空間光変調器の配列面」という）の位置とほぼ一致し且つその後側焦点位置が瞳面 6 c の位置とほぼ一致するように設定されている。空間光変調器 4 を経た光は、後述するように、複数のミラー要素の姿勢に応じた光強度分布を瞳面 6 c に可変的に形成する。瞳面 6 c に光強度分布を形成した光は、リレー光学系 6 の後側レンズ群 6 b を介して、リレー光学系 7 に入射する。

[0017] リレー光学系 7 を経た光は、光路折曲げミラー MR 1 により +Y 方向に反射され、マイクロフライアイレンズ（またはフライアイレンズ）8 に入射する。後側レンズ群 6 b およびリレー光学系 7 は、瞳面 6 c とマイクロフライアイレンズ 8 の入射面とを光学的に共役に設定している。したがって、空間光変調器 4 を経た光は、瞳面 6 c と光学的に共役な位置に配置されたマイクロフライアイレンズ 8 の入射面に、瞳面 6 c に形成された光強度分布に対応した光強度分布を形成する。

[0018] マイクロフライアイレンズ 8 は、たとえば縦横に且つ稠密に配列された多数の正屈折力を有する微小レンズからなる光学素子であり、平行平板にエッチング処理を施して微小レンズ群を形成することによって構成されている。マイクロフライアイレンズでは、互いに隔絶されたレンズエレメントからなるフライアイレンズとは異なり、多数の微小レンズ（微小屈折面）が互いに隔絶されることなく一体的に形成されている。しかしながら、レンズ要素

が縦横に配置されている点でマイクロフライアイレンズはフライアイレンズと同じ波面分割型のオプティカルインテグレータである。

[0019] マイクロフライアイレンズ 8 における単位波面分割面としての矩形状の微小屈折面は、マスク M 上において形成すべき照野の形状（ひいてはウェハ W 上において形成すべき露光領域の形状）と相似な矩形状である。なお、マイクロフライアイレンズ 8 として、例えばシリンドリカルマイクロフライアイレンズを用いることもできる。シリンドリカルマイクロフライアイレンズの構成および作用は、例えば米国特許第 6 9 1 3 3 7 3 号明細書に開示されている。

[0020] マイクロフライアイレンズ 8 に入射した光束は多数の微小レンズにより二次元的に分割され、その後側焦点面またはその近傍の照明瞳には、入射面に形成される光強度分布とほぼ同じ光強度分布を有する二次光源（多数の小光源からなる実質的な面光源：瞳強度分布）が形成される。マイクロフライアイレンズ 8 の直後の照明瞳に形成された二次光源からの光束は、コンデンサー光学系 9 を介して、マスクブラインド 10 を重畳的に照明する。

[0021] こうして、照明視野絞りとしてのマスクブラインド 10 には、マイクロフライアイレンズ 8 の矩形状の微小屈折面の形状と焦点距離とに応じた矩形状の照野が形成される。なお、マイクロフライアイレンズ 8 の後側焦点面またはその近傍に、すなわち後述する投影光学系 PL の入射瞳面と光学的にほぼ共役な位置に、二次光源に対応した形状の開口部（光透過部）を有する照明開口絞りを配置してもよい。

[0022] マスクブラインド 10 の矩形状の開口部（光透過部）を介した光束は、結像光学系 11 の集光作用を受け、且つ結像光学系 11 の光路中に配置されたミラー MR 2 により Z 方向へ反射された後、所定のパターンが形成されたマスク M を重畳的に照明する。すなわち、結像光学系 11 は、マスクブラインド 10 の矩形状開口部の像をマスク M 上に形成することになる。

[0023] マスクステージ MS 上に保持されたマスク M を透過した光束は、投影光学系 PL を介して、ウェハステージ WS 上に保持されたウェハ（感光性基板）

W上にマスクパターンの像を形成する。こうして、投影光学系P Lの光軸A Xと直交する平面(X Y平面)内においてウェハステージW Sを二次元的に駆動制御しながら、ひいてはウェハWを二次元的に駆動制御しながら一括露光またはスキャン露光を行うことにより、ウェハWの各露光領域にはマスクMのパターンが順次露光される。スキャン露光を行う際には、たとえばY方向に沿って、投影光学系P Lの倍率に応じた速度比でマスクステージM SとウェハステージW Sとを駆動すればよい。

[0024] 本実施形態の露光装置は、照明光学系(1~11)を介した光に基づいて照明光学系の射出瞳面における瞳強度分布を計測する第1瞳強度分布計測部D T rと、投影光学系P Lを介した光に基づいて投影光学系P Lの瞳面(投影光学系P Lの射出瞳面)における瞳強度分布を計測する第2瞳強度分布計測部D T wと、第1および第2瞳強度分布計測部D T r, D T wのうちの少なくとも一方の計測結果に基づいて空間光変調器2, 4を制御し且つ露光装置の動作を統括的に制御する制御系C Rとを備えている。

[0025] 第1瞳強度分布計測部D T rは、例えば照明光学系の射出瞳位置と光学的に共役な位置に配置された光電変換面を有する撮像部を備え、照明光学系による被照射面上の各点に関する瞳強度分布(各点に入射する光が照明光学系の射出瞳位置に形成する瞳強度分布)をモニターする。また、第2瞳強度分布計測部D T wは、例えば投影光学系P Lの瞳位置と光学的に共役な位置に配置された光電変換面を有する撮像部を備え、投影光学系P Lの像面の各点に関する瞳強度分布(各点に入射する光が投影光学系P Lの瞳位置に形成する瞳強度分布)をモニターする。

[0026] 第1および第2瞳強度分布計測部D T r, D T wの詳細な構成および作用については、例えば米国特許公開第2008/0030707号明細書を参照することができる。また、瞳強度分布計測部として、米国特許公開第2010/0020302号公報の開示を参照することもできる。

[0027] 本実施形態では、マイクロフライアイレンズ8により形成される二次光源を光源として、照明光学系の被照射面に配置されるマスクM(ひいてはウェ

ハW) をケーラー照明する。このため、二次光源が形成される位置は投影光学系PLの開口絞りASの位置と光学的に共役であり、二次光源の形成面を照明光学系の照明瞳面と呼ぶことができる。また、この二次光源の形成面の像を照明光学系の射出瞳面と呼ぶことができる。典型的には、照明瞳面に対して被照射面(マスクMが配置される面、または投影光学系PLを含めて照明光学系と考える場合にはウェハWが配置される面)が光学的なフーリエ変換面となる。なお、瞳強度分布とは、照明光学系の照明瞳面または当該照明瞳面と光学的に共役な面における光強度分布(輝度分布)である。

[0028] マイクロフライアイレンズ8による波面分割数が比較的大きい場合、マイクロフライアイレンズ8の入射面に形成される大局的な光強度分布と、二次光源全体の大局的な光強度分布(瞳強度分布)とが高い相関を示す。このため、マイクロフライアイレンズ8の入射面および当該入射面と光学的に共役な面における光強度分布についても瞳強度分布と称することができる。図1の構成において、リレー光学系6、7、およびマイクロフライアイレンズ8は、空間光変調器4を経た光束に基づいてマイクロフライアイレンズ8の直後の照明瞳に瞳強度分布を形成する手段を構成している。

[0029] 瞳形成用の空間光変調器4は、図2に示すように、所定面内に配列された複数のミラー要素4aと、複数のミラー要素4aを保持する基盤4bと、基盤4bに接続されたケーブル(不図示)を介して複数のミラー要素4aの姿勢を個別に制御駆動する駆動部4cとを備えている。空間光変調器4では、制御系CRからの指令に基づいて作動する駆動部4cの作用により、複数のミラー要素4aの姿勢がそれぞれ変化し、各ミラー要素4aがそれぞれ所定の向きに設定される。

[0030] 空間光変調器4は、図3に示すように、二次元的に配列された複数の微小なミラー要素4aを備え、入射した光に対して、その入射位置に応じた空間的な変調を可変的に付与して射出する。説明および図示を簡単にするために、図2および図3では空間光変調器4が $4 \times 4 = 16$ 個のミラー要素4aを備える構成例を示しているが、実際には16個よりもはるかに多数のミラー

要素 4 a を備えている。

[0031] 図 2 を参照すると、空間光変調器 2 に入射する光線群のうち、光線 L 1 は複数のミラー要素 4 a のうちのミラー要素 S E a に、光線 L 2 はミラー要素 S E a とは異なるミラー要素 S E b にそれぞれ入射する。同様に、光線 L 3 はミラー要素 S E a, S E b とは異なるミラー要素 S E c に、光線 L 4 はミラー要素 S E a ~ S E c とは異なるミラー要素 S E d にそれぞれ入射する。ミラー要素 S E a ~ S E d は、その位置に応じて設定された空間的な変調を光 L 1 ~ L 4 に与える。

[0032] 空間光変調器 4 では、すべてのミラー要素 4 a の反射面が 1 つの平面に沿って設定された基準状態において、空間光変調器 2 と 4 との間の光路の光軸 A X と平行な方向に沿って入射した光線が、空間光変調器 4 で反射された後に、空間光変調器 4 とリレー光学系 6 との間の光路の光軸 A X と平行な方向に進むように構成されている。また、上述したように、空間光変調器 4 の配列面は、リレー光学系 6 の前側レンズ群 6 a の前側焦点位置またはその近傍に位置決めされている。

[0033] したがって、空間光変調器 4 の複数のミラー要素 S E a ~ S E d によって反射されて所定の角度分布が与えられた光は、リレー光学系 6 の瞳面 6 c に所定の光強度分布 S P 1 ~ S P 4 を形成し、ひいてはマイクロフライアイレンズ 8 の入射面に光強度分布 S P 1 ~ S P 4 に対応した光強度分布を形成する。すなわち、前側レンズ群 6 a は、空間光変調器 4 の複数のミラー要素 S E a ~ S E d が射出光に与える角度を、空間光変調器 4 のファースフィールド（フラウンホーファー回折領域）である瞳面 6 c 上での位置に変換する。こうして、マイクロフライアイレンズ 8 が形成する二次光源の光強度分布（瞳強度分布）は、空間光変調器 4 およびリレー光学系 6, 7 がマイクロフライアイレンズ 8 の入射面に形成する光強度分布に対応した分布となる。

[0034] 空間光変調器 4 は、図 3 に示すように、平面状の反射面を上面にした状態で 1 つの平面に沿って規則的に且つ二次元的に配列された多数の微小な反射素子であるミラー要素 4 a を含む可動マルチミラーである。各ミラー要素 4

aは可動であり、その反射面の傾き、すなわち反射面の傾斜角および傾斜方向は、制御系C Rからの制御信号に基づいて作動する駆動部4 cの作用により独立に制御される。各ミラー要素4 aは、その反射面に平行な二方向であって互いに直交する二方向を回転軸として、所望の回転角度だけ連続的或いは離散的に回転することができる。すなわち、各ミラー要素4 aの反射面の傾斜を二次元的に制御することが可能である。

[0035] 各ミラー要素4 aの反射面を離散的に回転させる場合、回転角を複数の状態（例えば、・・・、-2.5度、-2.0度、・・・0度、+0.5度・・・+2.5度、・・・）で切り換え制御するのが良い。図3には外形が正形状のミラー要素4 aを示しているが、ミラー要素4 aの外形形状は正方形に限定されない。ただし、光利用効率の観点から、ミラー要素4 aの隙間が少なくなるように配列可能な形状（最密充填可能な形状）とすることができる。また、光利用効率の観点から、隣り合う2つのミラー要素4 aの間隔を必要最小限に抑えることができる。

[0036] 本実施形態では、空間光変調器4として、たとえば二次元的に配列された複数のミラー要素4 aの向きを連続的にそれぞれ変化させる空間光変調器を用いている。このような空間光変調器として、たとえば欧州特許公開第779530号公報、米国特許第5,867,302号公報、米国特許第6,480,320号公報、米国特許第6,600,591号公報、米国特許第6,733,144号公報、米国特許第6,900,915号公報、米国特許第7,095,546号公報、米国特許第7,295,726号公報、米国特許第7,424,330号公報、米国特許第7,567,375号公報、米国特許公開第2008/0309901号公報、国際特許公開第WO2010/037476号パンフレット、国際特許公開第WO2010/040506号パンフレット並びに特開2006-113437号公報に開示される空間光変調器を用いることができる。なお、二次元的に配列された複数のミラー要素4 aの向きを離散的に複数の段階を持つように制御してもよい。

[0037] 空間光変調器4では、制御系C Rからの制御信号に応じて作動する駆動部

4 c の作用により、複数のミラー要素 4 a の姿勢がそれぞれ変化し、各ミラー要素 4 a がそれぞれ所定の向きに設定される。空間光変調器 4 の複数のミラー要素 4 a によりそれぞれ所定の角度で反射された光は、マイクロフライアイレンズ 8 の直後の照明瞳に、所望の瞳強度分布を形成する。さらに、マイクロフライアイレンズ 8 の直後の照明瞳と光学的に共役な別の照明瞳の位置、すなわち結像光学系 11 の瞳位置および投影光学系 PL の瞳位置（開口絞り AS が配置されている位置）にも、所望の瞳強度分布が形成される。

[0038] このように、瞳形成用の空間光変調器 4 は、マイクロフライアイレンズ 8 の直後の照明瞳に瞳強度分布を可変的に形成する機能を有する。リレー光学系 6 および 7 は、空間光変調器 4 の複数のミラー要素 4 a がそのファーフールドに形成するファーフールドパターンを、マイクロフライアイレンズ 8 の直後の照明瞳と共役な位置（マイクロフライアイレンズ 8 の入射面またはその近傍）に結像させる分布形成光学系を構成している。この分布形成光学系は、空間光変調器 4 からの射出光束の角度方向の分布を、分布形成光学系からの射出光束の断面における位置分布に変換する。

[0039] 偏光仕分け用の空間光変調器 2 は、瞳形成用の空間光変調器 4 と同様の構成を有するが、空間光変調器 4 と異なる作用（機能）を有する。以下、空間光変調器 4 と重複する説明を省略し、空間光変調器 4 とは異なる点に着目して空間光変調器 2 を説明する。換言すれば、空間光変調器 2 の構成に関して特に言及しない点については、空間光変調器 4 の構成と同様である。

[0040] 空間光変調器 2 は、図 4 に示すように、所定面内に配列された複数のミラー要素 2 a と、複数のミラー要素 2 a を保持する基盤 2 b と、基盤 2 b に接続されたケーブル（不図示）を介して複数のミラー要素 2 a の姿勢を個別に制御駆動する駆動部 2 c とを備えている。図 4 では、空間光変調器 2 と対比させて空間光変調器 4 の説明を容易に理解できるように、光軸 AX を図 4 中の鉛直方向に一致させた状態で空間光変調器 2 から偏光部材 5 までの構成を図示している。

[0041] 空間光変調器 2 では、制御系 CR からの指令に基づいて作動する駆動部 2

cの作用により、複数のミラー要素2 aの姿勢がそれぞれ変化し、各ミラー要素2 aがそれぞれ所定の向きに設定される。空間光変調器2は、図3に示すように、二次元的に配列された複数の微小なミラー要素2 aを備え、入射した光に対して、その入射位置に応じた空間的な変調を可変的に付与して射出する。

[0042] 図4を参照すると、空間光変調器2に入射する光線群のうち、光線L 1 1は複数のミラー要素2 aのうちのミラー要素S E eに、光線L 1 2はミラー要素S E eとは異なるミラー要素S E fにそれぞれ入射する。同様に、光線L 1 3はミラー要素S E e, S E fとは異なるミラー要素S E gに、光線L 1 4はミラー要素S E e～S E gとは異なるミラー要素S E hにそれぞれ入射する。ミラー要素S E e～S E hは、その位置に応じて設定された空間的な変調を光L 1 1～L 1 4に与える。

[0043] 空間光変調器2では、すべてのミラー要素2 aの反射面が1つの平面に沿って設定された基準状態において、ビーム送光部1と空間光変調器2との間の光路の光軸A Xと平行な方向に沿って入射した光線が、空間光変調器2で反射された後に、空間光変調器2と4との間の光路の光軸A Xと平行な方向に進むように構成されている。上述したように、偏光部材5は、空間光変調器2の配列面と光学的にフーリエ変換の関係にある位置またはその近傍に位置決めされている。

[0044] したがって、再結像光学系3の前側レンズ群3 aは、空間光変調器2の複数のミラー要素S E e～S E hが射出光に与える角度を、空間光変調器2のファーストフィールドである偏光部材5の入射面上での位置に変換する。このように、偏光仕分け用の空間光変調器2は、その入射面の任意の領域に入射した光を、リレー光学系としての前側レンズ群3 aを介して偏光部材5の入射面上の所望の領域へ可変的に導く機能を有する。

[0045] 偏光部材5は、図5に示すように、光路中に並列的に配置された8つの1／2波長板5 1 a, 5 1 b, 5 1 c, 5 1 dと、1つのデポライザ（非偏光化素子）5 1 eとを備えている。一例として、1／2波長板5 1 a～5 1

dおよびデポラライザ51eは、光軸AXと直交する単一の平面に沿って配置されている。図5では、説明の理解を容易するために、偏光部材5の入射面においてX方向と平行な方向にx方向を設定し、偏光部材5の入射面においてx方向と直交する方向にz方向を設定している。

[0046] 図5に示す設置状態において、一对の1/2波長板51aは、x方向に偏光方向を有する直線偏光（以下、「x方向直線偏光」という）の光が入射した場合、x方向を90度回転させた方向、すなわちz方向に偏光方向を有するz方向直線偏光の光を射出するように、光学軸の向きが設定されている。一对の1/2波長板51bは、x方向直線偏光の光が入射した場合、その偏光方向を変化させることなくx偏光直線偏光の光を射出するように、光学軸の向きが設定されている。

[0047] 一对の1/2波長板51cは、x方向直線偏光の光が入射した場合、x方向を図5中時計回りに+45度回転させた方向、すなわち+45度斜め方向に偏光方向を有する直線偏光の光を射出するように、光学軸の向きが設定されている。一对の1/2波長板51dは、x方向直線偏光の光が入射した場合、x方向を図5中時計回りに-45度（あるいは+135度）回転させた方向、すなわち-45度斜め方向に偏光方向を有する直線偏光の光を射出するように、光学軸の向きが設定されている。

[0048] 瞳形成用の空間光変調器4の配列面は、再結像光学系3を介して、偏光仕分け用の空間光変調器2の配列面と光学的に共役な位置またはその近傍にある。したがって、空間光変調器4への入射光束の性状は、空間光変調器2への入射光束の性状に対応している。以下、説明の理解を容易にするために、空間光変調器2には矩形状の断面を有するX方向直線偏光の平行光束が入射するものとする。すなわち、偏光部材5には、x方向直線偏光の光が入射する。空間光変調器4には、矩形状の断面を有する平行光束が入射する。

[0049] 本実施形態では、図6に示すように、偏光仕分け用の空間光変調器2の有効反射領域R2が、5つの部分領域R2a、R2b、R2c、R2d、R2eに仮想的に分割される。5つの部分領域R2a～R2eに対応して、図7

に示すように、瞳形成用の空間光変調器 4 の有効反射領域 R 4 は、5 つの部分領域 R 4 a, R 4 b, R 4 c, R 4 d, R 4 e に仮想的に分割される。なお、空間光変調器 2, 4 の有効反射領域の仮想的な分割のやり方については、様々な形態が可能である。

[0050] 空間光変調器 2 の部分領域 R 2 a に入射した X 方向直線偏光の光は、偏光部材 5 の一对の 1/2 波長板 5 1 a へ導かれ、1/2 波長板 5 1 a を介して z 方向直線偏光の光になり、空間光変調器 4 の部分領域 R 4 a に達する。空間光変調器 2 の部分領域 R 2 b に入射した X 方向直線偏光の光は、偏光部材 5 の一对の 1/2 波長板 5 1 b へ導かれ、1/2 波長板 5 1 b を介して偏光方向が変化することなく x 方向直線偏光の状態で、空間光変調器 4 の部分領域 R 4 b に達する。

[0051] 空間光変調器 2 の部分領域 R 2 c に入射した X 方向直線偏光の光は、偏光部材 5 の一对の 1/2 波長板 5 1 c へ導かれ、1/2 波長板 5 1 c を介して +45 度斜め方向に偏光方向を有する +45 度斜め方向直線偏光の光になり、空間光変調器 4 の部分領域 R 4 c に達する。空間光変調器 2 の部分領域 R 2 d に入射した X 方向直線偏光の光は、偏光部材 5 の一对の 1/2 波長板 5 1 d へ導かれ、1/2 波長板 5 1 d を介して -45 度斜め方向に偏光方向を有する -45 度斜め方向直線偏光の光になり、空間光変調器 4 の部分領域 R 4 d に達する。

[0052] 空間光変調器 2 の部分領域 R 2 e に入射した X 方向直線偏光の光は、偏光部材 5 のデポラライザ 5 1 e へ導かれ、デポラライザ 5 1 e を介して非偏光状態の光になり、空間光変調器 4 の部分領域 R 4 e に達する。空間光変調器 4 の駆動部 4 c は、図 8 に示すように、部分領域 R 4 a に位置する第 1 ミラー要素群 S 4 a を経た光がマイクロフライアイレンズ 8 の直後の照明瞳面上の一对の瞳領域 R 1 1 a, R 1 1 b へ導かれるように、第 1 ミラー要素群 S 4 a に属する複数のミラー要素 4 a の姿勢をそれぞれ制御する。一对の瞳領域 R 1 1 a, R 1 1 b は、例えば光軸 A X を挟んで X 方向に間隔を隔てた領域である。

[0053] 駆動部4 cは、部分領域R 4 bに位置する第2ミラー要素群S 4 bを経た光が照明瞳面上の一对の瞳領域R 1 2 a, R 1 2 bへ導かれるように、第2ミラー要素群S 4 bに属する複数のミラー要素4 aの姿勢をそれぞれ制御する。一对の瞳領域R 1 2 a, R 1 2 bは、例えば光軸A Xを挟んでZ方向に間隔を隔てた領域である。駆動部4 cは、部分領域R 4 cに位置する第3ミラー要素群S 4 cを経た光が照明瞳面上の一对の瞳領域R 1 3 a, R 1 3 bへ導かれるように、第3ミラー要素群S 4 cに属する複数のミラー要素4 aの姿勢をそれぞれ制御する。一对の瞳領域R 1 3 a, R 1 3 bは、例えば光軸A Xを挟んで+ X方向および+ Z方向と4 5度をなす方向に間隔を隔てた領域である。

[0054] 駆動部4 cは、部分領域R 4 dに位置する第4ミラー要素群S 4 dを経た光が照明瞳面上の一对の瞳領域R 1 4 a, R 1 4 bへ導かれるように、第4ミラー要素群S 4 dに属する複数のミラー要素4 aの姿勢をそれぞれ制御する。一对の瞳領域R 1 4 a, R 1 4 bは、例えば光軸A Xを挟んで- X方向および+ Z方向と4 5度をなす方向に間隔を隔てた領域である。駆動部4 cは、部分領域R 4 eに位置する第5ミラー要素群S 4 eを経た光が照明瞳面上の単一の瞳領域R 1 5へ導かれるように、第5ミラー要素群S 4 eに属する複数のミラー要素4 aの姿勢をそれぞれ制御する。瞳領域R 1 5は、例えば光軸A Xを含む領域である。

[0055] こうして、空間光変調器4は、矩形状の断面を有する平行光束に基づいて、マイクロフライアイレンズ8の直後の照明瞳に、例えば9つの円形状の実質的な面光源P 1 1 a, P 1 1 b ; P 1 2 a, P 1 2 b ; P 1 3 a, P 1 3 b ; P 1 4 a, P 1 4 b ; P 1 5からなる9極状の瞳強度分布2 1を形成する。瞳領域R 1 1 a, R 1 1 bを占める面光源P 1 1 a, P 1 1 bを形成する光は、1 / 2波長板5 1 aを経ているので、Z方向直線偏光（図5におけるz方向直線偏光に対応）である。

[0056] 瞳領域R 1 2 a, R 1 2 bを占める面光源P 1 2 a, P 1 2 bを形成する光は、1 / 2波長板5 1 bを経ているので、X方向直線偏光（図5における

x方向直線偏光に対応)である。瞳領域R 1 3 a, R 1 3 bを占める面光源P 1 3 a, P 1 3 bを形成する光は、1/2波長板5 1 cを経ているので、図8の紙面においてX方向を時計廻りに+45度回転させた方向に偏光方向を有する+45度斜め方向直線偏光(図5における+45度斜め方向直線偏光に対応)である。

[0057] 瞳領域R 1 4 a, R 1 4 bを占める面光源P 1 4 a, P 1 4 bを形成する光は、1/2波長板5 1 dを経ているので、図8の紙面においてX方向を時計廻りに-45度回転させた方向に偏光方向を有する-45度斜め方向直線偏光(図5における-45度斜め方向直線偏光に対応)である。瞳領域R 1 5を占める面光源P 1 5を形成する光は、デポライザ5 1 eを経ているので、非偏光状態である。

[0058] こうして、偏光仕分け用の空間光変調器2と偏光部材5と瞳形成用の空間光変調器4との協働作用により、マイクロフライアイレンズ8の直後の照明瞳には、8極状で周方向偏光状態の瞳強度分布に中央極の面光源P 1 5が追加された8極状の瞳強度分布2 1が形成される。さらに、マイクロフライアイレンズ8の直後の照明瞳と光学的に共役な別の照明瞳の位置、すなわち結像光学系1 1の瞳位置および投影光学系P Lの瞳位置(開口絞りA Sが配置されている位置)にも、瞳強度分布2 1に対応する9極状の瞳強度分布が形成される。

[0059] なお、図示を省略するが、空間光変調器2の部分領域R 2 eに入射した光をデポライザ5 1 eへ導くことなく1/2波長板5 1 a~5 1 dへ導くとともに、空間光変調器4の部分領域R 4 eに入射した光を瞳領域R 1 1 a, R 1 1 b; R 1 2 a, R 1 2 b; R 1 3 a, R 1 3 b; R 1 4 a, R 1 4 bへ導くことにより、図8の9極状の瞳強度分布2 1から中央極の面光源P 1 5を除いて得られる8極状で周方向偏光状態の瞳強度分布を形成することができる。あるいは、デポライザ5 1 eおよび空間光変調器4の第5ミラ要素群S 4 eを経た光が照明瞳の形成に寄与しないように、例えば照明光路の外部へ導くことにより、同じく8極状で周方向偏光状態の瞳強度分布を形

成することができる。

[0060] 一般に、周方向偏光状態の輪帯状や複数極状（４極状、８極状など）の瞳強度分布に基づく周方向偏光照明では、最終的な被照射面としてのウェハWに照射される光がs偏光を主成分とする偏光状態になる。ここで、s偏光とは、入射面に対して垂直な方向に偏光方向を有する直線偏光（入射面に垂直な方向に電気ベクトルが振動している偏光）のことである。入射面とは、光が媒質の境界面（被照射面：ウェハWの表面）に達したときに、その点での境界面の法線と光の入射方向とを含む面として定義される。その結果、周方向偏光照明では、投影光学系の光学性能（焦点深度など）の向上を図ることができ、ウェハ（感光性基板）上において高いコントラストのマスクパターン像を得ることができる。

[0061] 本実施形態では、姿勢が個別に制御される多数のミラー要素４aを有する瞳形成用の空間光変調器４を用いているので、瞳強度分布の形状（大きさを含む広い概念）の変更に関する自由度は高い。一例として、制御系CRからの指令にしたがって空間光変調器４を制御するだけで、図９に示すように、マイクロフライアイレンズ８の直後の照明瞳に輪帯状で周方向偏光状態の瞳強度分布２２を形成することができる。

[0062] 図９に示す例では、１／２波長板５１aおよび第１ミラー要素群Ｓ４aを経た光が、照明瞳面において光軸AXを挟んでX方向に間隔を隔てた一対の円弧状の瞳領域Ｒ２１a，Ｒ２１bへ導かれて、実質的な面光源Ｐ２１a，Ｐ２１bを形成する。１／２波長板５１bおよび第２ミラー要素群Ｓ４bを経た光は、光軸AXを挟んでZ方向に間隔を隔てた一対の円弧状の瞳領域Ｒ２２a，Ｒ２２bへ導かれて、実質的な面光源Ｐ２２a，Ｐ２２bを形成する。１／２波長板５１cおよび第３ミラー要素群Ｓ４cを経た光は、光軸AXを挟んで＋X方向および＋Z方向と４５度をなす方向に間隔を隔てた一対の円弧状の瞳領域Ｒ２３a，Ｒ２３bへ導かれて、実質的な面光源Ｐ２３a，Ｐ２３bを形成する。

[0063] １／２波長板５１dおよび第４ミラー要素群Ｓ４dを経た光は、光軸AX

を挟んで $-X$ 方向および $+Z$ 方向と 45 度をなす方向に間隔を隔てた一對の円弧状の瞳領域 $R24a$, $R24b$ へ導かれて、実質的な面光源 $P24a$, $P24b$ を形成する。デポライザ $51e$ および第5ミラー要素群 $S4e$ を経た光は、例えば照明光路の外部へ導かれて、照明瞳の形成に寄与しない。こうして、例えば8つの円弧状の実質的な面光源 $P21a$, $P21b$; $P22a$, $P22b$; $P23a$, $P23b$; $P24a$, $P24b$ からなる輪帯状で周方向偏光状態の瞳強度分布 22 が形成される。

[0064] なお、空間光変調器2の部分領域 $R2e$ に入射した光をデポライザ $51e$ へ導くことなく $1/2$ 波長板 $51a \sim 51d$ へ導くとともに、空間光変調器4の部分領域 $R4e$ に入射した光を瞳領域 $R21a$, $R21b$; $R22a$, $R22b$; $R23a$, $R23b$; $R24a$, $R24b$ へ導くことにより、照明瞳の形成に寄与させることもできる。また、図示を省略するが、空間光変調器2の部分領域 $R2e$ に入射した光を、デポライザ $51e$ を介して照明瞳において光軸 AX を含む中央瞳領域へ導くことにより、輪帯状で周方向偏光状態の瞳強度分布 22 に図8の中央極の面光源 $P15$ を追加して得られる変形輪帯状の瞳強度分布を形成することもできる。

[0065] また、本実施形態では、姿勢が個別に制御される多数のミラー要素 $2a$ を有する偏光仕分け用の空間光変調器2を用いているので、瞳強度分布の偏光状態の変更に関する自由度は高い。一例として、制御系 CR からの指令にしたがって空間光変調器2を制御するだけで、図10に示すように、マイクロフライアイレンズ8の直後の照明瞳に8極状で径方向偏光状態の瞳強度分布に中央極の面光源 $P35$ を追加して得られる9極状の瞳強度分布 23 を形成することができる。

[0066] 図10に示す例では、空間光変調器2の部分領域 $R2a$ からの光が、偏光部材5の $1/2$ 波長板 $51b$ および空間光変調器4の第1ミラー要素群 $S4a$ を経て、照明瞳面において光軸 AX を挟んで X 方向に間隔を隔てた一對の瞳領域 $R31a$, $R31b$ へ導かれて、実質的な面光源 $P31a$, $P31b$ を形成する。空間光変調器2の部分領域 $R2b$ からの光は、 $1/2$ 波長板5

1 a および第2ミラー要素群 S 4 b を経て、照明瞳面において光軸 A X を挟んで Z 方向に間隔を隔てた一对の瞳領域 R 3 2 a, R 3 2 b へ導かれて、実質的な面光源 P 3 2 a, P 3 2 b を形成する。

[0067] 空間光変調器 2 の部分領域 R 2 c からの光は、 $1/2$ 波長板 5 1 d および第3ミラー要素群 S 4 c を経て、照明瞳面において光軸 A X を挟んで - X 方向および + Z 方向と 45 度をなす方向に間隔を隔てた一对の瞳領域 R 3 3 a, R 3 3 b へ導かれて、実質的な面光源 P 3 3 a, P 3 3 b を形成する。空間光変調器 2 の部分領域 R 2 d からの光は、 $1/2$ 波長板 5 1 c および第4ミラー要素群 S 4 d を経て、照明瞳面において光軸 A X を挟んで + X 方向および + Z 方向と 45 度をなす方向に間隔を隔てた一对の瞳領域 R 3 4 a, R 3 4 b へ導かれて、実質的な面光源 P 3 4 a, P 3 4 b を形成する。

[0068] 空間光変調器 2 の部分領域 R 2 e からの光は、デポライザ 5 1 e および第5ミラー要素群 S 4 e を経て、照明瞳面において光軸 A X を含む中央瞳領域 R 3 5 へ導かれて、実質的な面光源 P 3 5 を形成する。こうして、例えば 8 つの円形状の実質的な面光源 P 3 1 a, P 3 1 b ; P 3 2 a, P 3 2 b ; P 3 3 a, P 3 3 b ; P 3 4 a, P 3 4 b からなる 8 極状で径方向偏光状態の瞳強度分布に中央極の面光源 P 3 5 が追加された 9 極状の瞳強度分布 2 3 が形成される。

[0069] なお、図示を省略するが、空間光変調器 2 の部分領域 R 2 e に入射した光をデポライザ 5 1 e へ導くことなく $1/2$ 波長板 5 1 a ~ 5 1 d へ導くとともに、空間光変調器 4 の部分領域 R 4 e に入射した光を瞳領域 R 3 1 a, R 3 1 b ; R 3 2 a, R 3 2 b ; R 3 3 a, R 3 3 b ; R 3 4 a, R 3 4 b へ導くことにより、図 10 の 9 極状の瞳強度分布 2 3 から中央極の面光源 P 3 5 を除いて得られる 8 極状で径方向偏光状態の瞳強度分布を形成することができる。あるいは、デポライザ 5 1 e および空間光変調器 4 の第5ミラー要素群 S 4 e を経た光が照明瞳の形成に寄与しないように、例えば照明光路の外部へ導くことにより、同じく 8 極状で径方向偏光状態の瞳強度分布を形成することができる。

[0070] また、図示を省略するが、制御系C Rからの指令にしたがって空間光変調器4を制御することにより、マイクロフライアイレンズ8の直後の照明瞳に輪帯状で径方向偏光状態の瞳強度分布を形成したり、輪帯状で径方向偏光状態の瞳強度分布に中央極の面光源を追加して得られる変形輪帯状の瞳強度分布を形成したりすることができる。

[0071] 一般に、径方向偏光状態の輪帯状や複数極状の瞳強度分布に基づく径方向偏光照明では、最終的な被照射面としてのウェハWに照射される光がp偏光を主成分とする偏光状態になる。ここで、p偏光とは、上述のように定義される入射面に対して平行な方向に偏光方向を有する直線偏光（入射面に平行な方向に電気ベクトルが振動している偏光）のことである。その結果、径方向偏光照明では、ウェハWに塗布されたレジストにおける光の反射率を小さく抑えて、ウェハ（感光性基板）上において良好なマスクパターン像を得ることができる。

[0072] 以上のように、本実施形態では、姿勢が個別に制御される多数のミラー要素4 aを有する瞳形成用の空間光変調器4を用いているので、瞳強度分布の形状（大きさを含む広い概念）の変更に関する自由度は高く、様々な形態を有する輪帯状または複数極状の瞳強度分布を形成することができる。また、姿勢が個別に制御される多数のミラー要素2 aを有し且つ空間光変調器4と光学的に共役な位置に配置された偏光仕分け用の空間光変調器2と、空間光変調器2と光学的にフーリエ変換の関係にある位置に並列的に配置されて偏光変換特性の互いに異なる複数の波長板5 1 a～5 1 eを有する偏光部材5とを用いているので、瞳強度分布を構成する各瞳領域の偏光状態の変更に関する自由度は高く、様々な偏光状態の瞳強度分布を形成することができる。

[0073] すなわち、本実施形態の照明光学系（1～11）では、光学部材の交換を伴うことなく、マイクロフライアイレンズ8の直後の照明瞳に形成される瞳強度分布の形状および偏光状態の変更に関して高い自由度を実現することができる。本実施形態の露光装置（1～WS）では、瞳強度分布の形状および偏光状態の変更に関して高い自由度を有する照明光学系（1～11）を用い

て、転写すべきマスクMのパターンの特性に応じて実現された適切な照明条件のもとで、微細パターンをウェハWに正確に転写することができる。

[0074] 上述の実施形態において、制御系CRは、たとえば、CPU（中央演算処理装置）、ROM（リード・オンリ・メモリ）、RAM（ランダム・アクセス・メモリ）等からなるいわゆるワークステーション（又はマイクロコンピュータ）等から構成することができ、装置全体を統括して制御することができる。また、制御系CRには、例えばハードディスクから成る記憶装置、キーボード、マウス等のポインティングデバイス等を含む入力装置、CRTディスプレイ（又は液晶ディスプレイ）等の表示装置、及びCD（compact disc）、DVD（digital versatile disc）、MO（magneto-optical disc）あるいはFD（flexible disc）等の情報記憶媒体のドライブ装置が、外付けで接続されていてもよい。

[0075] 本実施形態では、記憶装置には、投影光学系PLによってウェハW上に投影される投影像の結像状態が最適（例えば収差又は線幅が許容範囲内）となる瞳強度分布（照明光源形状）に関する情報、これに対応する照明光学系、特に空間光変調器2、4のミラー要素の制御情報等を格納してもよい。ドライブ装置には、後述する瞳強度分布の設定を行うためのプログラム等が格納された情報記憶媒体（以下の説明では便宜上CD-ROMとする）がセットされていてもよい。なお、これらのプログラムは記憶装置にインストールされていても良い。制御系CRは、適宜、これらのプログラムをメモリ上に読み出す。

[0076] 制御系CRは、たとえば以下の手順で、空間光変調器2、4を制御することができる。なお、以下の説明に際して、実施形態の露光装置は、図8に示す瞳強度分布21を形成するものとする。瞳強度分布は、たとえば瞳面を格子状に複数の区画に分割し、それぞれの区画の光強度および偏光状態を用いて数値として表現した形式（広義のビットマップ形式）で表現することができる。ここで、空間光変調器4のミラー要素数をN個とし、瞳強度分布の分割された区画数をM個とすると、個々のミラー要素により反射されるN本の

光線を適当に組み合わせてM個の区画に導く、換言すれば、M個の区画により構成されるM個の輝点上でN本の光線を適当に重ね合わせることで、瞳強度分布（二次光源）が形成（設定）される。

[0077] まず、制御部C Rは、目標となる瞳強度分布2 1に関する情報を記憶装置から読み出す。次に、読み出された瞳強度分布2 1に関する情報から、偏光状態ごとの強度分布を形成するのに、それぞれ何本の光線が必要なのかを算出する。そして、制御部C Rは、空間光変調器4の複数のミラー要素4 aを、それぞれ所要数のミラー要素からなる5つのミラー要素群S 4 a, S 4 b, S 4 c, S 4 d, S 4 eに仮想的に分割し、それぞれのミラー要素群S 4 a～S 4 eが位置する部分領域R 4 a～R 4 eを設定する。その結果、空間光変調器2において、空間光変調器4の部分領域R 4 a～R 4 eに対応する部分領域R 2 a～R 2 eが設定される。

[0078] 制御部C Rは、空間光変調器2の部分領域R 2 aに位置するミラー要素2 aを駆動して、部分領域R 2 aからの光が偏光部材5の一对の1 / 2波長板5 1 aに向かうように設定する。同様に、部分領域R 2 b, R 2 c, R 2 dに位置するミラー要素2 aを駆動して、部分領域R 2 b, R 2 c, R 2 dからの光が一对の1 / 2波長板5 1 b, 5 1 c, 5 1 dに向かうように設定する。さらに、部分領域R 2 eに位置するミラー要素2 aを駆動して、部分領域R 2 eからの光がデポラライザ5 1 eに向かうように設定する。

[0079] また、制御部C Rは、空間光変調器4の第1ミラー要素群S 4 aのミラー要素4 aを駆動して、第1ミラー要素群S 4 aからの光が面光源P 1 1 a, P 1 1 bに向かうように設定する。同様に、空間光変調器4のミラー要素群S 4 b, S 4 c, S 4 d, S 4 eのミラー要素4 aを駆動して、ミラー要素群S 4 b, S 4 c, S 4 d, S 4 eからの光が面光源P 1 2 a, P 1 2 b ; P 1 3 a, P 1 3 b ; P 1 4 a, P 1 4 b ; P 1 5に向かうように設定する。

[0080] また、上述の実施形態において、制御部C Rは、第1および第2瞳強度分布計測部D T r, D T wのうちの少なくとも一方の計測結果に基づいて、照

明光学系または投影光学系の射出瞳面における瞳強度分布を所要の分布とするために空間光変調器 2, 4 のうちの少なくとも一方を制御している。

[0081] ここで、上述の実施形態において、第 1 および第 2 瞳強度分布計測部 DT_r , DT_w に加えて、照明光学系による被照射面上の各点に関する瞳偏光状態の分布（各点に入射する光が照明光学系の射出瞳位置に形成する偏光状態ごとの瞳強度分布）や、投影光学系 PL の像面の各点に関する瞳偏光状態分布（各点に入射する光が投影光学系 PL の瞳位置に形成する偏光状態ごとの瞳強度分布）をモニターする瞳偏光状態分布計測部を設けてもよい。

[0082] 制御部 CR は、瞳偏光状態分布計測部の計測結果に基づいて、照明光学系または投影光学系の射出瞳面における瞳偏光状態の分布を所要の分布とするために空間光変調器 2, 4 のうちの少なくとも一方を制御してもよい。このような瞳偏光状態分布計測部の構成び作用については、例えば米国特許出願公開第 2007/0146676 号明細書や第 2007/0188730 号明細書を参照することができる。

[0083] なお、上述の実施形態では、偏光部材 5 が、8 つの（4 種類の）1/2 波長板 51a~51d とデポライザ 51e とにより構成され、再結像光学系 3 の瞳位置またはその近傍に並列配置されている。しかしながら、これに限定されることなく、偏光部材の具体的な構成、すなわち偏光部材を形成する 1 つまたは複数の偏光要素の種別、偏光変換特性、数、外形、配置などについて、様々な変形例が可能である。

[0084] 一例として、図 11 に示すように、光路中に並列配置された互いに偏光変換特性の異なる 8 つの 1/2 波長板 52a, 52b, 52c, 52d, 52e, 52f, 52g, 52h により偏光部材 5A を構成することもできる。偏光部材 5A は、図 11 に示す設置状態において、例えば光軸 AX を中心とする円形状の外形を有し、光軸 AX から円の径方向に延びる線分によって分割された 8 つの扇形状の領域に対応して、光学軸の向きが互いに異なる 8 つの 1/2 波長板 52a~52h が配置されている。

[0085] 図 11 では、1/2 波長板 52a, 52b が全体の 1/4 の面積を占め、

1 / 2 波長板 5 2 c, 5 2 d が全体の 1 / 8 の面積を占め、1 / 2 波長板 5 2 e ~ 5 2 h が全体の 1 / 16 の面積を占めている。1 / 2 波長板 5 2 a は、x 方向直線偏光の光が入射した場合、z 方向直線偏光の光を射出するように光学軸の向きが設定されている。1 / 2 波長板 5 2 b は、x 方向直線偏光の光が入射した場合、その偏光方向を変化させることなく x 偏光直線偏光の光を射出するように光学軸の向きが設定されている。

[0086] 1 / 2 波長板 5 2 c は、x 方向直線偏光の光が入射した場合、x 方向を図 1 1 中時計廻りに + 4 5 度回転させた方向、すなわち + 4 5 度斜め方向に偏光方向を有する + 4 5 度斜め方向直線偏光の光を射出するように、光学軸の向きが設定されている。1 / 2 波長板 5 2 d は、x 方向直線偏光の光が入射した場合、- 4 5 度（あるいは + 1 3 5 度）斜め方向直線偏光の光を射出するように、光学軸の向きが設定されている。

[0087] 1 / 2 波長板 5 2 e は、x 方向直線偏光の光が入射した場合、+ 2 2 . 5 度斜め方向直線偏光の光を射出するように、光学軸の向きが設定されている。1 / 2 波長板 5 2 f は、x 方向直線偏光の光が入射した場合、+ 6 7 . 5 度斜め方向直線偏光の光を射出するように、光学軸の向きが設定されている。1 / 2 波長板 5 2 g は、- 2 2 . 5 度（あるいは + 1 1 2 . 5 度）斜め方向直線偏光の光を射出するように、光学軸の向きが設定されている。1 / 2 波長板 5 2 h は、- 6 7 . 5 度（あるいは + 1 5 7 . 5 度）斜め方向直線偏光の光を射出するように、光学軸の向きが設定されている。

[0088] 図 1 1 に示す変形例では、空間光変調器 2, 4 の有効反射領域が 8 つの部分領域に仮想的に分割され、空間光変調器 2, 4 と偏光部材 5 A との協働作用により、図 1 2 に示すような輪帯状の瞳強度分布 2 4 が形成される。すなわち、空間光変調器 2 の第 1 部分領域からの光は、1 / 2 波長板 5 2 a および空間光変調器 4 の第 1 部分領域を経て、照明瞳面において光軸 A X を挟んで X 方向に間隔を隔てた一対の円弧状の瞳領域 R 4 1 a, R 4 1 b へ導かれて、実質的な面光源 P 4 1 a, P 4 1 b を形成する。

[0089] 空間光変調器 2 の第 2 部分領域からの光は、1 / 2 波長板 5 2 b および空

間光変調器 4 の第 2 部分領域を経て、照明瞳面において光軸 A X を挟んで Z 方向に間隔を隔てた一对の円弧状の瞳領域 R 4 2 a, R 4 2 b へ導かれて、実質的な面光源 P 4 2 a, P 4 2 b を形成する。空間光変調器 2 の第 3 部分領域からの光は、1 / 2 波長板 5 2 c および空間光変調器 4 の第 3 部分領域を経て、照明瞳面において光軸 A X を挟んで + X 方向および + Z 方向と 45 度をなす方向に間隔を隔てた一对の円弧状の瞳領域 R 4 3 a, R 4 3 b へ導かれて、実質的な面光源 P 4 3 a, P 4 3 b を形成する。

[0090] 空間光変調器 2 の第 4 部分領域からの光は、1 / 2 波長板 5 2 d および空間光変調器 4 の第 4 部分領域を経て、照明瞳面において光軸 A X を挟んで - X 方向および + Z 方向と 45 度をなす方向に間隔を隔てた一对の円弧状の瞳領域 R 4 4 a, R 4 4 b へ導かれて、実質的な面光源 P 4 4 a, P 4 4 b を形成する。空間光変調器 2 の第 5 部分領域からの光は、1 / 2 波長板 5 2 e および空間光変調器 4 の第 5 部分領域を経て、照明瞳面において瞳領域 R 4 2 a と R 4 3 a との間の円弧状の瞳領域 R 4 5 a および瞳領域 R 4 2 b と R 4 3 b との間の円弧状の瞳領域 R 4 5 b へ導かれて、実質的な面光源 P 4 5 a および P 4 5 b を形成する。

[0091] 空間光変調器 2 の第 6 部分領域からの光は、1 / 2 波長板 5 2 f および空間光変調器 4 の第 6 部分領域を経て、照明瞳面において瞳領域 R 4 1 b と R 4 3 a との間の円弧状の瞳領域 R 4 6 a および瞳領域 R 4 1 a と R 4 3 b との間の円弧状の瞳領域 R 4 6 b へ導かれて、実質的な面光源 P 4 6 a および P 4 6 b を形成する。空間光変調器 2 の第 7 部分領域からの光は、1 / 2 波長板 5 2 g および空間光変調器 4 の第 7 部分領域を経て、照明瞳面において瞳領域 R 4 2 a と R 4 4 a との間の円弧状の瞳領域 R 4 7 a および瞳領域 R 4 2 b と R 4 4 b との間の円弧状の瞳領域 R 4 7 b へ導かれて、実質的な面光源 P 4 7 a および P 4 7 b を形成する。

[0092] 空間光変調器 2 の第 8 部分領域からの光は、1 / 2 波長板 5 2 h および空間光変調器 4 の第 8 部分領域を経て、照明瞳面において瞳領域 R 4 1 a と R 4 4 a との間の円弧状の瞳領域 R 4 8 a および瞳領域 R 4 1 b と R 4 4 b と

の間の円弧状の瞳領域 R 4 8 b へ導かれて、実質的な面光源 P 4 8 a および P 4 8 b を形成する。こうして、16分割タイプの輪帯状で周方向偏光状態の瞳強度分布 2 4 が形成される。

[0093] 偏光部材 5 A を用いる変形例では、空間光変調器 4 を制御するだけで、マイクロフライアイレンズ 8 の直後の照明瞳に 16 極状で周方向偏光状態の瞳強度分布を形成することができる。また、空間光変調器 2 を制御することにより、マイクロフライアイレンズ 8 の直後の照明瞳に、輪帯状で径方向偏光状態の瞳強度分布を形成したり、16 極状で径方向偏光状態の瞳強度分布を形成したりすることができる。

[0094] 具体的に、径方向偏光状態の瞳強度分布の形成に際して、空間光変調器 2 の第 1 部分領域からの光を 1 / 2 波長板 5 2 b へ導き、第 2 部分領域からの光を 1 / 2 波長板 5 2 a へ導き、第 3 部分領域からの光を 1 / 2 波長板 5 2 d へ導き、第 4 部分領域からの光を 1 / 2 波長板 5 2 c へ導く。同様に、空間光変調器 2 の第 5 部分領域からの光を 1 / 2 波長板 5 2 h へ導き、第 6 部分領域からの光を 1 / 2 波長板 5 2 g へ導き、第 7 部分領域からの光を 1 / 2 波長板 5 2 f へ導き、第 8 部分領域からの光を 1 / 2 波長板 5 2 e へ導く。

[0095] また、偏光部材 5 A を用いる変形例では、空間光変調器 2, 4 を制御することにより、輪帯状または 16 極状の瞳強度分布に対して、実質的に非偏光状態の中央極の面光源を追加することもできる。中央極の面光源の形成に際して、空間光変調器 4 の第 1 ~ 第 8 部分領域からの光の一部は、マイクロフライアイレンズ 8 の直後の照明瞳において光軸 A X を含む中央瞳領域で重畳される。その結果、中央極の面光源は、様々な直線偏光成分を含む実質的な非偏光状態になる。

[0096] ところで、偏光部材 5 A では、縦偏光および横偏光を生成する使用頻度の比較的高い 1 / 2 波長板 5 2 a, 5 2 b に対して比較的大きな入射面積を付与し、45度の斜め偏光を生成する平均的な使用頻度の 1 / 2 波長板 5 2 c, 5 2 d に対して平均的な入射面積を付与し、その他の使用頻度の比較的低

い1／2波長板52e～52hに対して比較的小さな入射面積を付与している。その結果、偏光部材5Aでは光照射による局所的な損傷の発生を抑えることができ、ひいては偏光部材5Aの耐久性の向上を図ることができる。

[0097] また、別の例として、図13に示すように、例えばx方向に沿って厚さが連続的（線形状、曲線状、あるいは階段状）に変化したくさび状の形態を有する波長板53aと、波長板53aと補完的なくさび状の形態を有し波長板53aによる光の偏向作用を補償するための補正板53bとにより偏光部材5Bを構成することもできる。図13の偏光部材5Bを用いる変形例では、例えば輪帯状または複数極状の瞳強度分布における各瞳領域の偏光状態を、所望の直線偏光状態、所望の楕円偏光状態（円偏光状態を含む）、または実質的な非偏光状態に設定することができる。

[0098] なお、図5の実施形態、図11の変形例、および図13の変形例では、波長板を用いて偏光部材5、5A、5Bを構成している。しかしながら、波長板に限定されることなく、例えば旋光素子を用いて偏光部材を構成することもできる。一例として、図14に示すように、8つの旋光素子54a、54b、54c、54dと1つのデポライザ54eとにより、図5の実施形態にかかる偏光部材5と同じ機能を有する偏光部材5Cを構成することができる。

[0099] 旋光素子54a～54dは、平行平板の形態を有し、旋光性を有する光学材料である結晶材料、例えば水晶により形成されている。旋光素子54a～54dの入射面（ひいては射出面）は光軸AXと直交し、その結晶光学軸は光軸AXの方向とほぼ一致（すなわち入射光の進行方向とほぼ一致）している。旋光素子54a～54dは、互いに異なる厚さを有し、ひいては互いに異なる偏光変換特性を有する。具体的に、旋光素子54a～54dは、図5の偏光部材5における1／2波長板51a～51dと同じ偏光変換特性を有する。

[0100] すなわち、旋光素子54aは、x方向直線偏光の光が入射した場合、z方向直線偏光の光を射出するように、光軸方向の厚さが設定されている。旋光

素子 5 4 b は、 x 方向直線偏光の光が入射した場合、その偏光方向を変化させることなく x 偏光直線偏光の光を射出するように厚さが設定されている。旋光素子 5 4 c は、 x 方向直線偏光の光が入射した場合、 $+45$ 度斜め方向直線偏光の光を射出するように厚さが設定されている。旋光素子 5 4 d は、 x 方向直線偏光の光が入射した場合、 -45 度斜め方向直線偏光の光を射出するように厚さが設定されている。

[0101] 同様に、図示を省略するが、偏光変換特性の互いに異なる 8 つの旋光素子を用いて、図 1 1 の変形例にかかる偏光部材 5 A と同じ機能を有する偏光部材を構成することができる。また、図 1 5 に示すように、図 1 3 の偏光部材 5 B における波長板 5 3 a を、例えば同じ形態の旋光素子 5 5 a で置換することにより偏光部材 5 D を構成することができる。図 1 5 に示す偏光部材 5 D を用いる変形例では、例えば輪帯状または複数極状の瞳強度分布における各瞳領域の偏光状態を、所望の直線偏光状態または実質的な非偏光状態に設定することができる。

[0102] 一般に、偏光部材は、照明光学系の光軸を横切る面内の第 1 領域を通過する第 1 光束に、第 1 領域とは異なる第 2 領域を通過する第 2 光束とは異なる偏光状態の変化を与えることが重要である。したがって、偏光部材では、偏光変換特性の互いに異なる複数のくさび状の波長板を光路中に並列的に配置しても良いし、偏光変換特性の互いに異なる複数のくさび状の旋光素子を光路中に並列的に配置しても良い。波長板と旋光素子とを混在させて偏光部材を構成しても良い。上述の各種の偏光部材から選択された複数種類の偏光部材を光路に沿って直列的に配置しても良い。各偏光部材を光路中に固定的に配置しても良いし、各偏光部材を移動可能または回転可能に構成しても良いし、各偏光部材を交換可能に構成しても良い。

[0103] なお、上述の説明では、瞳形成用の空間光変調器 4 の配列面は、偏光仕分け用の空間光変調器 2 の配列面と光学的に共役な位置またはその近傍に配置されている。偏光部材 5 は、再結像光学系 3 の瞳位置またはその近傍、すなわち偏光仕分け用の空間光変調器 2 の配列面と光学的にフーリエ変換の関係

にある位置またはその近傍に配置されている。しかしながら、これに限定されることなく、瞳形成用の空間光変調器の配列面を、偏光仕分け用の空間光変調器の配列面と光学的に共役な空間、または偏光仕分け用の空間光変調器の配列面と光学的にフーリエ変換の関係にある空間に配置することができる。再結像光学系の瞳空間に偏光部材を配置することができる。偏光仕分け用の空間光変調器の配列面と光学的にフーリエ変換の関係にある空間に、偏光部材を配置することができる。

[0104] 偏光仕分け用の空間光変調器の配列面と「光学的に共役な空間」とは、偏光仕分け用の空間光変調器の配列面と光学的に共役な共役位置の前側に隣接するパワーを有する光学素子と当該共役位置の後側に隣接するパワーを有する光学素子との間の空間である。再結像光学系の「瞳空間」とは、再結像光学系の瞳位置の前側に隣接するパワーを有する光学素子と当該瞳位置の後側に隣接するパワーを有する光学素子との間の空間である。

[0105] 偏光仕分け用の空間光変調器の配列面と「光学的にフーリエ変換の関係にある空間」とは、偏光仕分け用の空間光変調器の配列面と光学的にフーリエ変換の関係にあるフーリエ変換面の前側に隣接するパワーを有する光学素子と当該フーリエ変換面の後側に隣接するパワーを有する光学素子との間の空間である。「光学的に共役な空間」、「瞳空間」および「光学的にフーリエ変換の関係にある空間」内には、パワーを持たない平行平板や平面鏡が存在していても良い。

[0106] したがって、偏光仕分け用の空間光変調器と偏光部材と瞳形成用の空間光変調器との配置関係について、様々な変形例が可能である。一例として、偏光仕分け用の空間光変調器よりも被照射面側において偏光仕分け用の空間光変調器の配列面と光学的にフーリエ変換の関係にある空間に、偏光部材および瞳形成用の空間光変調器を配置する構成も可能である。

[0107] 具体的に、図 16 に示す変形例では、偏光仕分け用の空間光変調器 2 よりもマスク側（被照射面側）の光路中に、空間光変調器 2 の配列面と光学的にフーリエ変換の関係にある位置を形成するリレー光学系 3c が配置されてい

る。リレー光学系 3 c と瞳形成用の空間光変調器 4 との間の光路中に、偏光部材 5 (5 A ~ 5 D) が配置されている。空間光変調器 4 の配列面は、リレー光学系 3 c によって形成される空間光変調器 2 の配列面と光学的にフーリエ変換の関係にある位置またはその近傍に設定されている。

[0108] 図 1 6 では、偏光仕分け用の空間光変調器 2 からマイクロフライアイレンズ 8 までの光路を示しているが、それ以外の構成は図 1 と同様である。別の表現をすれば、図 1 6 における空間光変調器 2 と 4 との間の構成だけが、図 1 の構成と異なっている。図 1 6 の構成においても図 1 の構成と同様に、リレー光学系 6 および 7 は、空間光変調器 4 の複数のミラー要素 4 a がそのファーストフィールドに形成するファーストフィールドパターンを、マイクロフライアイレンズ 8 の直後の照明瞳と共役な位置 (マイクロフライアイレンズ 8 の入射面またはその近傍) に結像させる分布形成光学系を構成している。

[0109] 図 1 6 の変形例では、リレー光学系 3 c が、空間光変調器 2 の複数のミラー要素 2 a が射出光に与える角度を、空間光変調器 2 のファーストフィールドである偏光部材 5 (5 A ~ 5 D) の入射面上での位置、および空間光変調器 4 の配列面 (複数のミラー要素 4 a の入射面) 上での位置に変換する。その結果、図 1 6 の変形例においても、偏光仕分け用の空間光変調器 2 と偏光部材 5 (5 A ~ 5 D) と瞳形成用の空間光変調器 4 との協働作用により、所望の形状および偏光状態を有する瞳強度分布を形成することができる。

[0110] また、別の例として、偏光仕分け用の空間光変調器よりも光源側において偏光仕分け用の空間光変調器の配列面と光学的にフーリエ変換の関係にある空間に瞳形成用の空間光変調器を配置し、偏光仕分け用の空間光変調器よりも被照射面側において偏光仕分け用の空間光変調器の配列面と光学的にフーリエ変換の関係にある空間に偏光部材を配置する構成も可能である。

[0111] 具体的に、図 1 7 に示す変形例では、瞳形成用の空間光変調器 4 よりもマスク側 (被照射面側) の光路中に、空間光変調器 4 の配列面と光学的にフーリエ変換の関係にある位置を形成するリレー光学系 3 d が配置されている。偏光仕分け用の空間光変調器 2 の配列面は、リレー光学系 3 d によって形成

される空間光変調器 4 の配列面と光学的にフーリエ変換の関係にある位置またはその近傍に設定されている。空間光変調器 2 とマイクロフライアイレンズ 8 との間の光路中には、一对の結像光学系 1 2 および 1 3 が配置されている。

[0112] 第 1 結像光学系 1 2 は、前側レンズ群 1 2 a と後側レンズ群 1 2 b とからなり、空間光変調器 2 の配列面と光学的に共役な面 1 4 を形成する。第 2 結像光学系 1 3 は、前側レンズ群 1 3 a と後側レンズ群 1 3 b とからなり、共役面 1 4 と光学的に共役な面を、マイクロフライアイレンズ 8 の入射面またはその近傍に形成する。第 1 結像光学系 1 2 の瞳空間、例えば前側レンズ群 1 2 a と後側レンズ群 1 2 b との間の瞳位置またはその近傍に、偏光部材 5 (5 A ~ 5 D) が配置されている。

[0113] 図 1 7 では、瞳形成用の空間光変調器 4 からマイクロフライアイレンズ 8 までの光路を示しているが、それ以外の構成は図 1 と同様である。マイクロフライアイレンズ 8 との関係に着目すると、図 1 7 における第 2 結像光学系 1 3 の後側レンズ群 1 3 b は図 1 におけるリレー光学系 7 に対応し、図 1 7 における第 2 結像光学系 1 3 の前側レンズ群 1 3 a および第 1 結像光学系 1 2 の後側レンズ群 1 2 b は図 1 におけるリレー光学系 6 の後側レンズ群 6 b および前側レンズ群 6 a に対応し、図 1 7 における瞳面 6 c は共役面 1 4 に対応している。

[0114] 図 1 7 の構成において、リレー光学系 3 d、第 1 結像光学系 1 2 および第 2 結像光学系 1 3 は、空間光変調器 4 の複数のミラー要素 4 a がそのファーフールドに形成するファーフールドパターンを、マイクロフライアイレンズ 8 の直後の照明瞳と共役な位置（マイクロフライアイレンズ 8 の入射面またはその近傍）に結像させる分布形成光学系を構成している。

[0115] 図 1 7 の変形例では、第 1 結像光学系 1 2 の前側レンズ群 1 2 a が、空間光変調器 2 の複数のミラー要素 2 a が射出光に与える角度を、空間光変調器 2 のファーフールドである偏光部材 5 (5 A ~ 5 D) の入射面上での位置に変換する。また、リレー光学系 3 d が、空間光変調器 4 の複数のミラー要

素 4 a が射出光に与える角度を、空間光変調器 4 のファーストフィールドである空間光変調器 2 の配列面（複数のミラー要素 2 a の入射面）上での位置に変換する。その結果、図 17 の変形例においても、偏光仕分け用の空間光変調器 2 と偏光部材 5（5 A～5 D）と瞳形成用の空間光変調器 4 との協働作用により、所望の形状および偏光状態を有する瞳強度分布を形成することができる。

[0116] 上述の実施形態では、二次元的に配列されて個別に制御される複数のミラー要素を有する空間光変調器 2，4 として、二次元的に配列された複数の反射面の向き（角度：傾き）を個別に制御可能な空間光変調器を用いている。しかしながら、これに限定されることなく、たとえば二次元的に配列された複数の反射面の高さ（位置）を個別に制御可能な空間光変調器を用いることもできる。このような空間光変調器としては、たとえば米国特許第 5,312,513 号公報、並びに米国特許第 6,885,493 号公報の図 1 d に開示される空間光変調器を用いることができる。これらの空間光変調器では、二次元的な高さ分布を形成することで回折面と同様の作用を入射光に与えることができる。なお、上述した二次元的に配列された複数の反射面を持つ空間光変調器を、たとえば米国特許第 6,891,655 号公報や、米国特許公開第 2005/0095749 号公報の開示に従って変形しても良い。

[0117] 上述の実施形態では、空間光変調器 2，4 が所定面内で二次元的に配列された複数のミラー要素 2 a，4 a を備えているが、これに限定されることなく、所定面内に配列されて個別に制御される複数の透過光学要素を備えた透過型の空間光変調器を用いることもできる。

[0118] また、上述の実施形態では、瞳形成用の空間光変調器として 1 つの空間光変調器を用いたが、複数の瞳形成用の空間光変調器を用いることも可能である。複数の瞳形成用の空間光変調器を用いた露光装置向けの照明光学系として、例えば米国特許出願公開第 2009/0109417 号明細書および米国特許出願公開第 2009/0128886 号明細書に開示される照明光学系を採用することができる。

[0119] 上述の実施形態では、マスクの代わりに、所定の電子データに基づいて所定パターンを形成する可変パターン形成装置を用いることができる。なお、可変パターン形成装置としては、たとえば所定の電子データに基づいて駆動される複数の反射素子を含む空間光変調素子を用いることができる。空間光変調素子を用いた露光装置は、たとえば米国特許公開第2007/0296936号公報に開示されている。また、上述のような非発光型の反射型空間光変調器以外に、透過型空間光変調器を用いても良く、自発光型の画像表示素子を用いても良い。

[0120] 上述の実施形態の露光装置は、本願特許請求の範囲に挙げられた各構成要素を含む各種サブシステムを、所定の機械的精度、電気的精度、光学的精度を保つように、組み立てることで製造される。これら各種精度を確保するために、この組み立ての前後には、各種光学系については光学的精度を達成するための調整、各種機械系については機械的精度を達成するための調整、各種電気系については電気的精度を達成するための調整が行われる。各種サブシステムから露光装置への組み立て工程は、各種サブシステム相互の、機械的接続、電気回路の配線接続、気圧回路の配管接続等が含まれる。この各種サブシステムから露光装置への組み立て工程の前に、各サブシステム個々の組み立て工程があることはいうまでもない。各種サブシステムの露光装置への組み立て工程が終了したら、総合調整が行われ、露光装置全体としての各種精度が確保される。なお、露光装置の製造は温度およびクリーン度等が管理されたクリーンルームで行っても良い。

[0121] 次に、上述の実施形態にかかる露光装置を用いたデバイス製造方法について説明する。図18は、半導体デバイスの製造工程を示すフローチャートである。図18に示すように、半導体デバイスの製造工程では、半導体デバイスの基板となるウェハWに金属膜を蒸着し（ステップS40）、この蒸着した金属膜上に感光性材料であるフォトリソを塗布する（ステップS42）。つづいて、上述の実施形態の投影露光装置を用い、マスク（レチクル）Mに形成されたパターンをウェハW上の各ショット領域に転写し（ステップ

S 4 4 : 露光工程)、この転写が終了したウェハWの現像、つまりパターンが転写されたフォトレジストの現像を行う(ステップS 4 6 : 現像工程)。

[0122] その後、ステップS 4 6によってウェハWの表面に生成されたレジストパターンをマスクとし、ウェハWの表面に対してエッチング等の加工を行う(ステップS 4 8 : 加工工程)。ここで、レジストパターンとは、上述の実施形態の投影露光装置によって転写されたパターンに対応する形状の凹凸が生成されたフォトレジスト層であって、その凹部がフォトレジスト層を貫通しているものである。ステップS 4 8では、このレジストパターンを介してウェハWの表面の加工を行う。ステップS 4 8で行われる加工には、例えばウェハWの表面のエッチングまたは金属膜等の成膜の少なくとも一方が含まれる。なお、ステップS 4 4では、上述の実施形態の投影露光装置は、フォトレジストが塗布されたウェハWを感光性基板としてパターンの転写を行う。

[0123] 図19は、液晶表示素子等の液晶デバイスの製造工程を示すフローチャートである。図19に示すように、液晶デバイスの製造工程では、パターン形成工程(ステップS 5 0)、カラーフィルタ形成工程(ステップS 5 2)、セル組立工程(ステップS 5 4)およびモジュール組立工程(ステップS 5 6)を順次行う。ステップS 5 0のパターン形成工程では、プレートPとしてフォトレジストが塗布されたガラス基板上に、上述の実施形態の投影露光装置を用いて回路パターンおよび電極パターン等の所定のパターンを形成する。このパターン形成工程には、上述の実施形態の投影露光装置を用いてフォトレジスト層にパターンを転写する露光工程と、パターンが転写されたプレートPの現像、つまりガラス基板上のフォトレジスト層の現像を行い、パターンに対応する形状のフォトレジスト層を生成する現像工程と、この現像されたフォトレジスト層を介してガラス基板の表面を加工する加工工程とが含まれている。

[0124] ステップS 5 2のカラーフィルタ形成工程では、R (Red)、G (Green)、B (Blue)に対応する3つのドットの組をマトリックス状に多数配列するか、またはR、G、Bの3本のストライプのフィルタの組を水平走査方向に

複数配列したカラーフィルタを形成する。ステップS54のセル組立工程では、ステップS50によって所定パターンが形成されたガラス基板と、ステップS52によって形成されたカラーフィルタとを用いて液晶パネル（液晶セル）を組み立てる。具体的には、例えばガラス基板とカラーフィルタとの間に液晶を注入することで液晶パネルを形成する。ステップS56のモジュール組立工程では、ステップS54によって組み立てられた液晶パネルに対し、この液晶パネルの表示動作を行わせる電気回路およびバックライト等の各種部品を取り付ける。

[0125] また、本発明は、半導体デバイス製造用の露光装置への適用に限定されることなく、例えば、角型のガラスプレートに形成される液晶表示素子、若しくはプラズマディスプレイ等のディスプレイ装置用の露光装置や、撮像素子（CCD等）、マイクロマシーン、薄膜磁気ヘッド、及びDNAチップ等の各種デバイスを製造するための露光装置にも広く適用できる。更に、本発明は、各種デバイスのマスクパターンが形成されたマスク（フォトマスク、レチクル等）をフォトリソグラフィ工程を用いて製造する際の、露光工程（露光装置）にも適用することができる。

[0126] なお、上述の実施形態では、露光光としてArFエキシマレーザ光（波長：193nm）やKrFエキシマレーザ光（波長：248nm）を用いているが、これに限定されることなく、他の適当なレーザ光源、たとえば波長157nmのレーザ光を供給するF₂レーザ光源、Ar₂レーザ（出力波長126nm）、Kr₂レーザ（出力波長146nm）などのパルスレーザ光源、g線（波長436nm）、YAGレーザの高調波発生装置や、i線（波長365nm）などの輝線を発する超高圧水銀ランプなどに対して本発明を適用することもできる。

[0127] また、例えば米国特許第7,023,610号明細書に開示されているように、真空紫外光としてDFB半導体レーザ又はファイバーレーザから発振される赤外域、又は可視域の単一波長レーザ光を、例えばエルビウム（又はエルビウムとイッテルビウムの両方）がドーパされたファイバーアンプで増幅

し、非線形光学結晶を用いて紫外光に波長変換した高調波を用いても良い。

[0128] また、上述の実施形態において、投影光学系と感光性基板との間の光路中を1.1よりも大きな屈折率を有する媒体（典型的には液体）で満たす手法、所謂液浸法を適用しても良い。この場合、投影光学系と感光性基板との間の光路中に液体を満たす手法としては、国際公開第WO99/49504号パンフレットに開示されているような局所的に液体を満たす手法や、特開平6-124873号公報に開示されているような露光対象の基板を保持したステージを液槽の中で移動させる手法や、特開平10-303114号公報に開示されているようなステージ上に所定深さの液体槽を形成し、その中に基板を保持する手法などを採用することができる。また、これに限らず、例えば欧州特許出願公開第1420298号明細書、国際公開第2004/055803号、米国特許第6,952,253号明細書などに開示される手法も適用することができる。ここでは、国際公開第WO99/49504号パンフレット、特開平6-124873号公報、特開平10-303114号公報、欧州特許出願公開第1420298号、国際公開第2004/055803号および米国特許第6,952,253号の教示を参照として援用する。

[0129] また、上述の実施形態において、露光装置の投影光学系は縮小系のみならず等倍及び拡大系のいずれでも良いし、投影光学系は屈折系のみならず、反射系及び反射屈折系のいずれでも良いし、この投影像は倒立像及び正立像のいずれでも良い。

[0130] また、例えば国際公開第2001/035168号に開示されているように、干渉縞をウェハW上に形成することによって、ウェハW上にライン・アンド・スペースパターンを形成する露光装置（リソグラフィシステム）に適用することができる。

[0131] さらに、例えば米国特許第6,611,316号明細書に開示されているように、2つのレチクルパターンを、投影光学系を介してウェハ上で合成し、1回のスキャン露光によってウェハ上の1つのショット領域をほぼ同時に

二重露光する露光装置に適用することができる。

[0132] なお、上記実施形態でパターンを形成すべき物体（エネルギービームが照射される露光対象の物体）はウェハに限られるものでなく、ガラスプレート、セラミック基板、フィルム部材、あるいはマスクブランクスなど他の物体でも良い。

[0133] また、上述の実施形態では、露光装置においてマスク（またはウェハ）を照明する照明光学系に対して本発明を適用しているが、これに限定されることなく、マスク（またはウェハ）以外の被照射面を照明する一般的な照明光学系に対して本発明を適用することもできる。

[0134] 「35 U. S. C. § 112」を満足するために必要とされる詳細において本特許出願において説明しかつ例示した「表題」の実施形態の特定の態様は、上述の実施形態の態様のあらゆる上述の目的、及び上述の実施形態の態様により又はその目的のあらゆる他の理由で又はその目的のために解決すべき問題を完全に達成することができるが、請求した内容の上述の実施形態のここで説明した態様は、請求した内容によって広く考察された内容を単に例示しかつ代表することは、当業者によって理解されるものとする。実施形態のここで説明しかつ主張する態様の範囲は、本明細書の教示内容に基づいて当業者に現在明らかであると考えられるか又は明らかになると考えられる他の実施形態を漏れなく包含するものである。本発明の「表題」の範囲は、単独にかつ完全に特許請求の範囲によってのみ限定され、いかなるものも特許請求の範囲の詳細説明を超えるものではない。単数形でのこのような請求項における要素への言及は、解釈において、明示的に説明していない限り、このような要素が「1つ及び1つのみ」であることを意味するように意図しておらず、かつ意味しないものとし、「1つ又はそれよりも多い」を意味する意図とし、かつ意味するものとする。当業者に公知か又は後で公知になる実施形態の上述の態様の要素のいずれかに対する全ての構造的及び機能的均等物は、引用により本明細書に明示的に組み込まれると共に、特許請求の範囲によって包含されるように意図されている。本明細書及び／又は本出願の請

求項に使用され、かつ本明細書及び／又は本出願の請求項に明示的に意味を与えられたあらゆる用語は、このような用語に関するあらゆる辞書上の意味又は他の一般的に使用される意味によらず、その意味を有するものとする。実施形態のいずれかの態様として本明細書で説明した装置又は方法は、それが特許請求の範囲によって包含されるように本出願において開示する実施形態の態様によって解決するように求められる各及び全て問題に対処することを意図しておらず、また必要でもない。本発明の開示内容におけるいかなる要素、構成要素、又は方法段階も、その要素、構成要素、又は方法段階が特許請求の範囲において明示的に詳細に説明されているか否かに関係なく、一般大衆に捧げられることを意図したものではない。特許請求の範囲におけるいかなる請求項の要素も、その要素が「～のための手段」という語句を使用して明示的に列挙されるか又は方法の請求項の場合にはその要素が「作用」ではなく「段階」として列挙されていない限り、「35 U. S. C. § 112」第6項の規定に基づいて解釈されないものとする。

- [0135] 米国の特許法の準拠において、本出願人は、本出願の明細書に添付されたあらゆるそれぞれの請求項、一部の場合には1つの請求項だけにおいて説明した各発明の少なくとも1つの権能付与的かつ作用する実施形態を開示したことが当業者によって理解されるであろう。本出願人は、開示内容の実施形態の態様／特徴／要素、開示内容の実施形態の作用、又は開示内容の実施形態の機能を定義し、及び／又は開示内容の実施形態の態様／特徴／要素のあらゆる他の定義を説明する際に、随時又は本出願を通して、定義的な動詞（例えば、「is」、「are」、「does」、「has」、又は「include」など）、及び／又は他の定義的な動詞（例えば、「生成する」、「引き起こす」、「サンプリングする」、「読み取る」、又は「知らせる」など）、及び／又は動名詞（例えば、「生成すること」、「使用すること」、「取ること」、「保つこと」、「製造すること」、「判断すること」、「測定すること」、又は「計算すること」など）を使用した。あらゆるこのような定義的語又は語句などが、本明細書で開示する1つ又はそれよりも多くの実施形態のいずれか

の態様／特徴／要素、すなわち、あらゆる特徴、要素、システム、サブシステム、処理、又はアルゴリズムの段階、特定の材料などを説明するのに使用されている場合は、常に、本出願人が発明しかつ請求したものに関する本発明の範囲を解釈するために、以下の制限的語句、すなわち、「例示的に」、「例えば」、「一例として」、「例示的に単に」、「例示的にのみ」などの1つ又はそれよりも多く又は全てが先行し、及び／又は語句「することができる」、「する可能性がある」、「かもしれない」、及び「することができるであろう」などのいずれか1つ又はそれよりも多く又は全てを含むと読むべきである。全てのこのような特徴、要素、段階、及び材料などは、たとえ特許法の要件の準拠において本出願人が特許請求した内容の実施形態又はいずれかの実施形態のあらゆるそのような態様／特徴／要素の単一の権能付与的な実施例だけを開示したとしても、1つ又はそれよりも多くの開示した実施形態の単に可能な態様として説明されており、いずれかの実施形態のいずれか1つ又はそれよりも多くの態様／特徴／要素の唯一の可能な実施、及び／又は特許請求した内容の唯一の可能な実施形態として説明していないと考えるべきである。本出願又は本出願の実施において、特許請求の範囲のあらゆる開示する実施形態又はあらゆる特定の発明の開示する実施形態の特定の態様／特徴／要素が、特許請求の範囲の内容又はあらゆるそのような特許請求の範囲に説明されるあらゆる態様／特徴／要素を実行する1つ及び唯一の方法になると本出願人が考えていることを明示的かつ具体的に特に示さない限り、本出願人は、本特許出願の特許請求の範囲の内容のあらゆる開示する実施形態のあらゆる開示した態様／特徴／要素又は実施形態全体のあらゆる説明が、特許請求の範囲の内容又はそのあらゆる態様／特徴／要素を実行するそのような1つ及び唯一の方法であり、従って、特許請求の範囲の内容の他の可能な実施例と共にあらゆるそのように開示した実施例を包含するのに十分に広範囲にわたるものであるあらゆる特許請求の範囲をこのような開示した実施形態のそのような態様／特徴／要素又はそのような開示した実施形態に限定するように解釈されることを意図していない。本出願人は、

1 つ又は複数の親請求項に説明した特許請求の範囲の内容又は直接又は間接的に従属する請求項のあらゆる態様／特徴／要素、段階のようなあらゆる詳細と共にいずれかの請求項に従属する従属請求項を有するあらゆる請求項は、親請求項の説明事項が、他の実施例と共に従属請求項内に更なる詳細を包含するのに十分に広範囲にわたるものであること、及び更なる詳細が、あらゆるこのような親請求項で請求する態様／特徴／要素を実行し、従って従属請求項の更なる詳細を親請求項に取り込むことによって含むあらゆるこのような親請求項のより幅広い態様／特徴／要素の範囲をいかなる点においても制限するいずれかの従属請求項に説明されるいずれかのこのような態様／特徴／要素の更なる詳細に限られる唯一の方法ではないことを意味するように解釈されるべきであることを具体的、明示的、かつ明解に意図するものである。

符号の説明

[0136] L S 光源

1 ビーム送光部

2, 4 空間光変調器

3 再結像光学系

5, 5 A ~ 5 D 偏光部材

5 1 a ~ 5 1 d 1 / 2 波長板

5 1 e デポラライザ

6, 7 リレー光学系

8 マイクロフライアイレンズ

9 コンデンサー光学系

1 0 マスクブラインド

1 1 結像光学系

D T r, D T w 瞳強度分布計測部

C R 制御系

M マスク

MS マスクステージ

PL 投影光学系

W ウェハ

WS ウェハステージ

請求の範囲

- [請求項1] 光源からの光により被照射面を照明する照明光学系において、
- 第1面に配列されて個別に制御される複数の光学要素を有する第1空間光変調器と、
- 前記第1面よりも前記被照射面側の光路中に配置されて、前記照明光学系の光軸を横切る面内の第1領域を通過する第1光束に、前記横切る面内における前記第1領域とは異なる第2領域を通過する第2光束とは異なる偏光状態の変化を与える偏光部材と、
- 前記第1面よりも前記被照射面側の前記光路中または前記第1面よりも前記光源側の光路中の第2面に配列されて個別に制御される複数の光学要素を有し、前記照明光学系の照明瞳に光強度分布を可変的に形成する第2空間光変調器とを備えていることを特徴とする照明光学系。
- [請求項2] 前記第2面と前記照明瞳との間の光路中に配置されて、前記第2空間光変調器の前記複数の光学要素が前記第2空間光変調器のファーフールドに形成するファーフールドパターンを、前記照明瞳または前記照明瞳と共役な位置に結像させる分布形成光学系を備えていることを特徴とする請求項1に記載の照明光学系。
- [請求項3] 前記第2空間光変調器の前記複数の光学要素が配列される第2面は、前記第1面と光学的に共役な空間または前記第1面と光学的にフーリエ変換の関係にある空間に位置することを特徴とする請求項1または2に記載の照明光学系。
- [請求項4] 前記偏光部材は、前記第1面と光学的にフーリエ変換の関係にある空間に配置されていることを特徴とする請求項1乃至3のいずれか1項に記載の照明光学系。
- [請求項5] 前記第1面と光学的に共役な前記第2面を形成する再結像光学系をさらに備え、
- 前記偏光部材は、前記再結像光学系の瞳空間に配置されていること

を特徴とする請求項 1 乃至 4 のいずれか 1 項に記載の照明光学系。

[請求項6] 前記第 1 面よりも前記被照射面側の光路中に配置されて前記第 1 面と光学的にフーリエ変換の関係にある位置を形成するリレー光学系をさらに備え、

前記偏光部材は、前記リレー光学系と前記第 2 空間光変調器との間の光路中に配置されていることを特徴とする請求項 1 乃至 4 のいずれか 1 項に記載の照明光学系。

[請求項7] 前記第 2 空間光変調器の前記複数の光学要素が配列される前記第 2 面は、前記リレー光学系によって形成される前記第 1 面と光学的にフーリエ変換の関係にある前記位置に設定されることを特徴とする請求項 6 に記載の照明光学系。

[請求項8] 前記第 2 面よりも前記被照射面側の光路中に配置されて前記第 2 面と光学的にフーリエ変換の関係にある位置を形成するリレー光学系をさらに備え、

前記第 1 空間光変調器は、前記リレー光学系と前記偏光部材との間の光路中に配置されていることを特徴とする請求項 1 乃至 4 のいずれか 1 項に記載の照明光学系。

[請求項9] 前記第 2 面と前記照明瞳との間の光路中に配置されて、前記第 2 空間光変調器の前記複数の光学要素が前記第 2 空間光変調器のファーフールドに形成するファーフールドパターンを、前記照明瞳または前記照明瞳と共役な位置に結像させる分布形成光学系を備え、

前記リレー光学系は、該分布形成光学系の一部であることを特徴とする請求項 8 に記載の照明光学系。

[請求項10] 前記第 1 空間光変調器の前記複数の光学要素が配列される前記第 1 面は、前記リレー光学系によって形成される前記第 2 面と光学的にフーリエ変換の関係にある前記位置に設定されることを特徴とする請求項 8 または 9 に記載の照明光学系。

[請求項11] 前記偏光部材は、前記第 1 光束を第 1 の偏光状態の光に変化させる第

1 波長板と、該第 1 波長板と並列的に配置されて前記第 2 光束を第 2 の偏光状態の光に変化させる第 2 波長板とを有することを特徴とする請求項 1 乃至 10 のいずれか 1 項に記載の照明光学系。

[請求項12] 前記偏光部材は、前記第 1 波長板および前記第 2 波長板と並列的に配置されて入射光を非偏光化して射出するデポラライザをさらに有することを特徴とする請求項 11 に記載の照明光学系。

[請求項13] 前記偏光部材は、所定方向に沿って厚さが連続的に変化した形態の波長板を有することを特徴とする請求項 1 乃至 12 のいずれか 1 項に記載の照明光学系。

[請求項14] 前記偏光部材は、前記第 1 光束を第 1 の偏光状態の光に変化させる第 1 旋光素子と、該第 1 旋光素子と並列的に配置されて前記第 2 光束を第 2 の偏光状態の光に変化させる第 2 旋光素子とを有することを特徴とする請求項 1 乃至 13 のいずれか 1 項に記載の照明光学系。

[請求項15] 前記偏光部材は、旋光性を有する光学材料により形成されて所定方向に沿って厚さが連続的に変化した形態の旋光部材を有することを特徴とする請求項 1 乃至 14 のいずれか 1 項に記載の照明光学系。

[請求項16] 前記偏光部材は、交換可能に構成されていることを特徴とする請求項 1 乃至 15 のいずれか 1 項に記載の照明光学系。

[請求項17] オプティカルインテグレータを備え、
前記偏光部材は、前記第 1 空間光変調器と前記オプティカルインテグレータとの間の光路中に配置されていることを特徴とする請求項 1 乃至 16 のいずれか 1 項に記載の照明光学系。

[請求項18] 前記第 2 面と前記オプティカルインテグレータとの間の光路中に配置されて、前記第 2 空間光変調器の前記複数の光学要素が前記第 2 空間光変調器のファーフールドに形成するファーフールドパターンを、前記オプティカルインテグレータの入射面またはその近傍に結像させる分布形成光学系を備えていることを特徴とする請求項 17 に記載の照明光学系。

- [請求項19] 前記分布形成光学系は、前記第2空間光変調器からの射出光束の角度方向の分布を、前記分布形成光学系からの射出光束の断面における位置分布に変換することを特徴とする請求項2または18に記載の照明光学系。
- [請求項20] 前記第2空間光変調器は、前記第2面内で二次元的に配列された複数のミラー要素と、該複数のミラー要素の姿勢を個別に制御駆動する駆動部とを有することを特徴とする請求項1乃至19のいずれか1項に記載の照明光学系。
- [請求項21] 前記駆動部は、前記複数のミラー要素の向きを連続的または離散的に変化させることを特徴とする請求項20に記載の照明光学系。
- [請求項22] 前記複数のミラー要素のうちの前記第2面上の第1領域に位置するミラー要素の群を第1ミラー要素群とし、前記複数のミラー要素のうちの前記第1領域とは異なる前記第2面上の第2領域に位置するミラー要素の群を第2ミラー要素群とすると、前記駆動部は、前記第1ミラー要素群を経た光が前記第2面の光学的なフーリエ変換面上の第1瞳領域へ導かれるように前記第1ミラー要素群を制御駆動し、且つ前記第2ミラー要素群を経た光が前記第2面の光学的なフーリエ変換面上の第2瞳領域へ導かれるように前記第2ミラー要素群を制御駆動することを特徴とする請求項20または21に記載の照明光学系。
- [請求項23] 前記被照射面と光学的に共役な面を形成する投影光学系と組み合わせる用いられ、前記照明瞳は前記投影光学系の開口絞りと光学的に共役な位置であることを特徴とする請求項1乃至22のいずれか1項に記載の照明光学系。
- [請求項24] 所定のパターンを照明するための請求項1乃至23のいずれか1項に記載の照明光学系を備え、前記所定のパターンを感光性基板上に露光することを特徴とする露光装置。
- [請求項25] 前記所定のパターンの像を前記感光性基板上に形成する投影光学系を備え、前記照明瞳は前記投影光学系の開口絞りと光学的に共役な位置

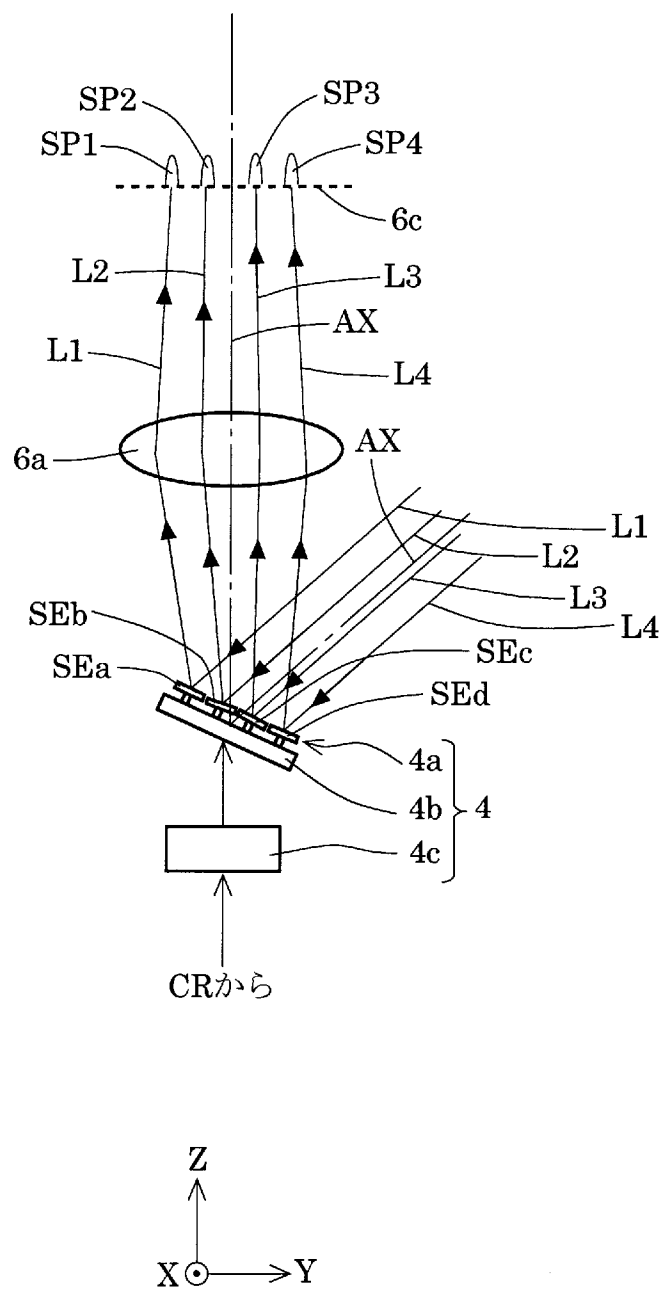
であることを特徴とする請求項 2 4 に記載の露光装置。

[請求項26] 請求項 2 4 または 2 5 に記載の露光装置を用いて、前記所定のパターンを前記感光性基板に露光することと、

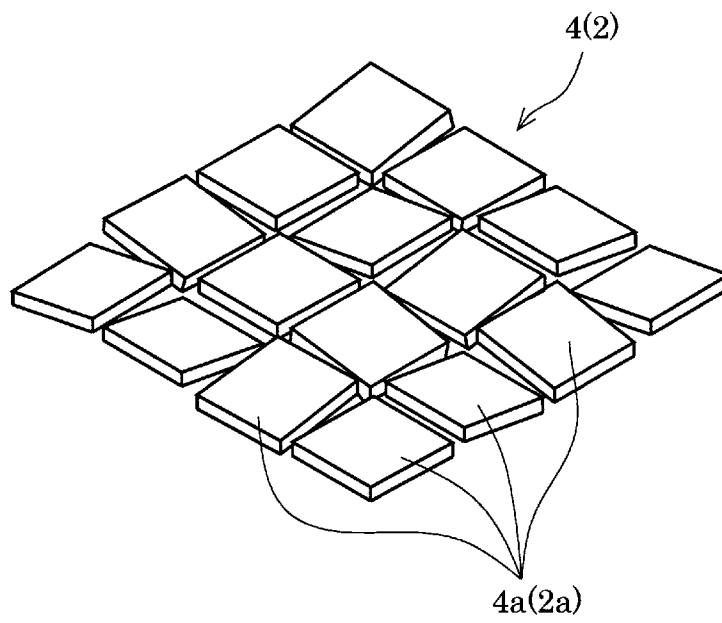
前記所定のパターンが転写された前記感光性基板を現像し、前記所定のパターンに対応する形状のマスク層を前記感光性基板の表面に形成することと、

前記マスク層を介して前記感光性基板の表面を加工することと、を含むことを特徴とするデバイス製造方法。

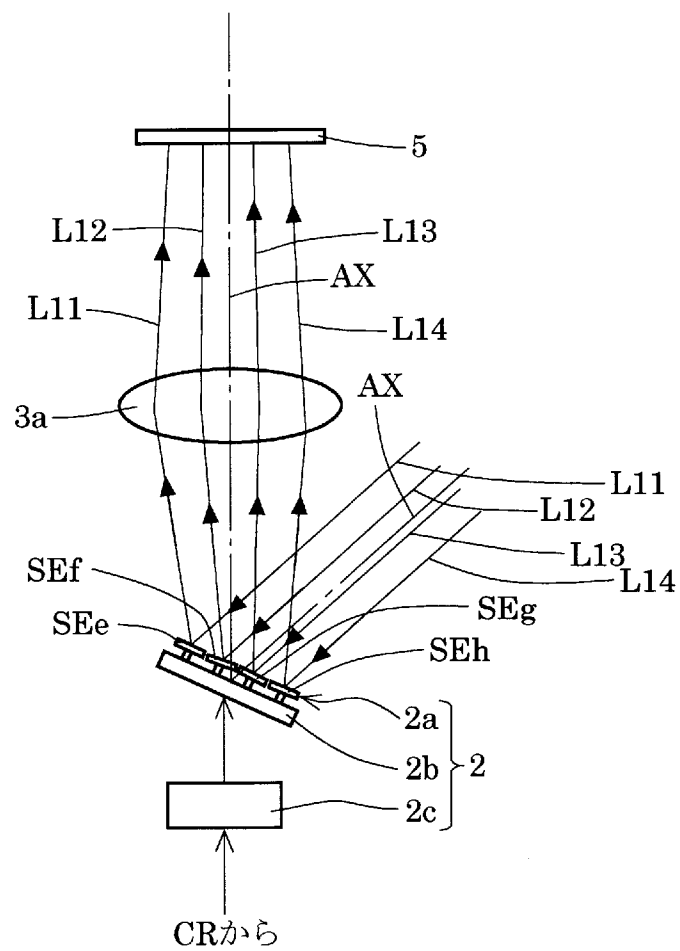
[図2]



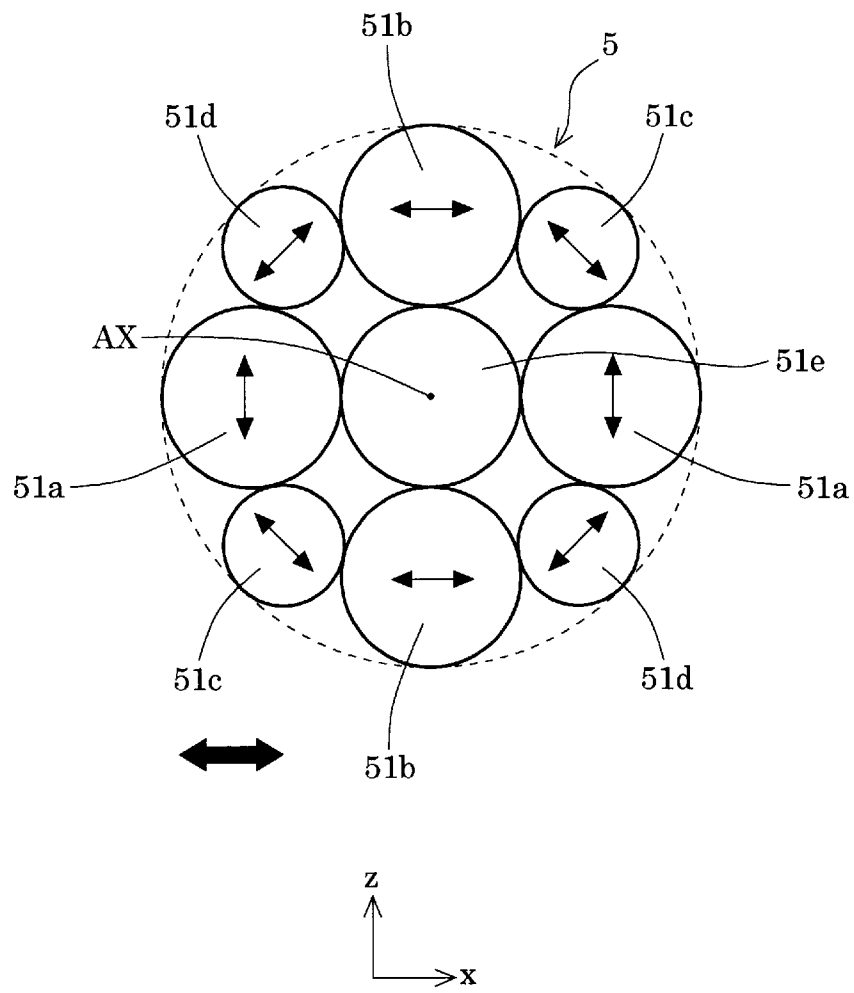
[図3]



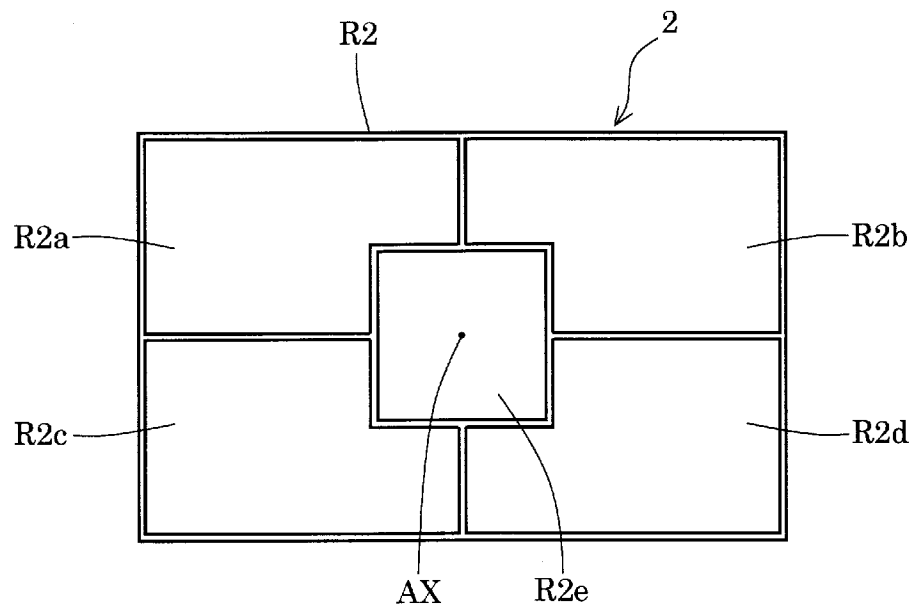
[図4]



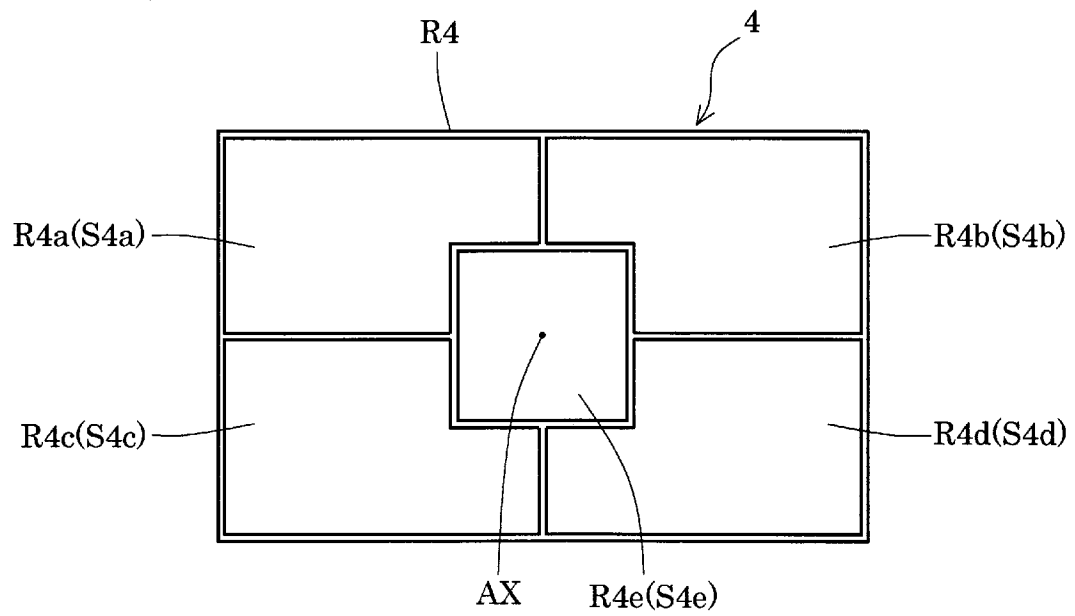
[図5]



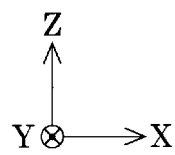
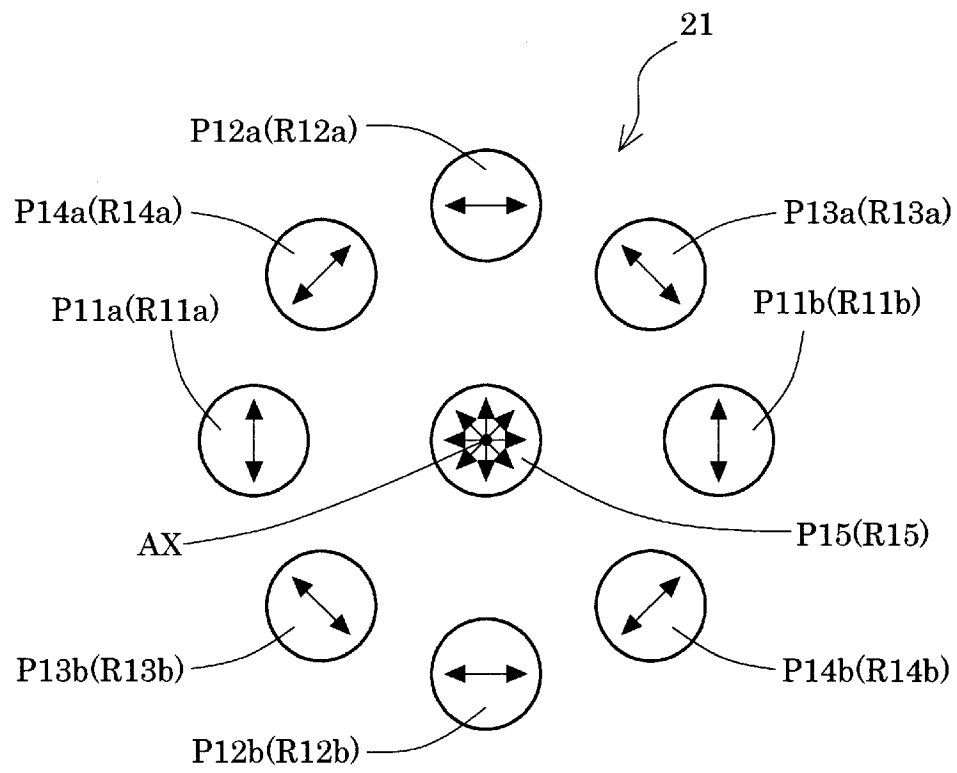
[図6]



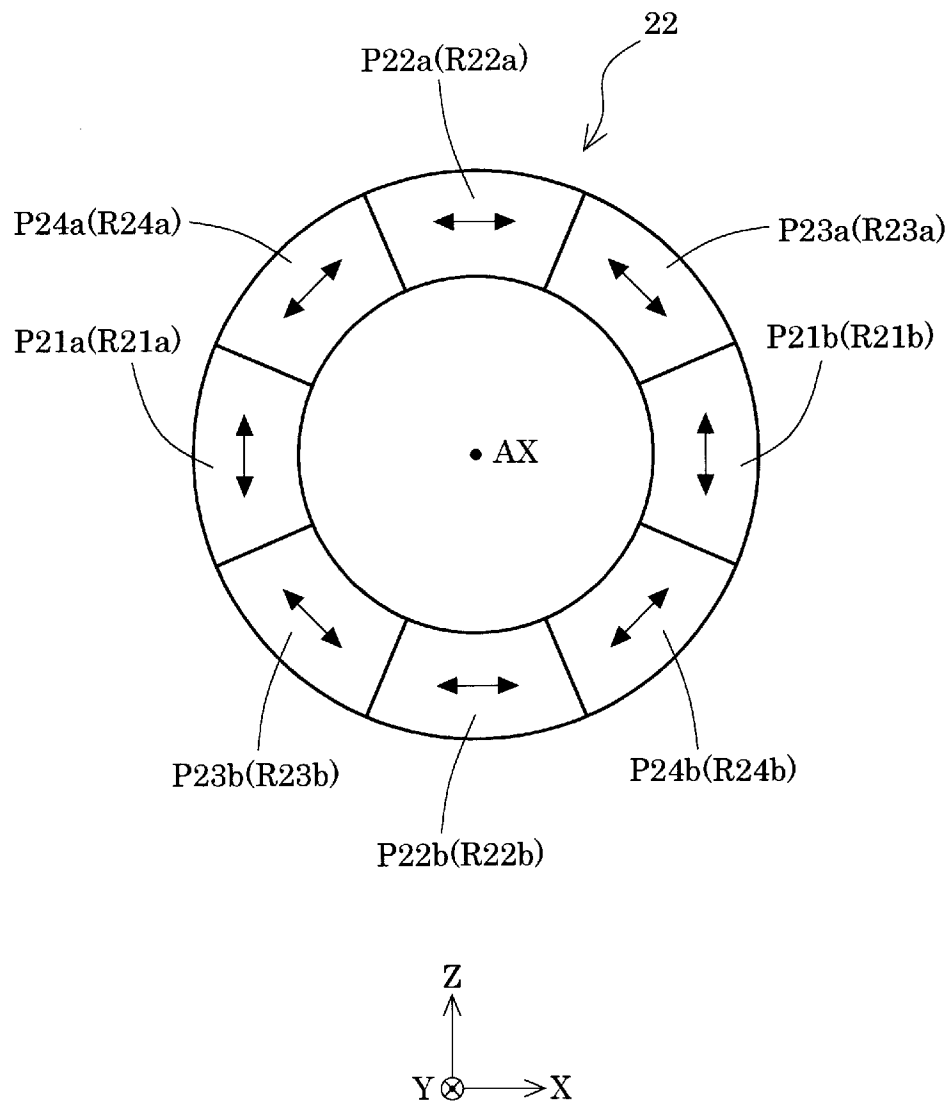
[図7]



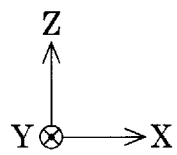
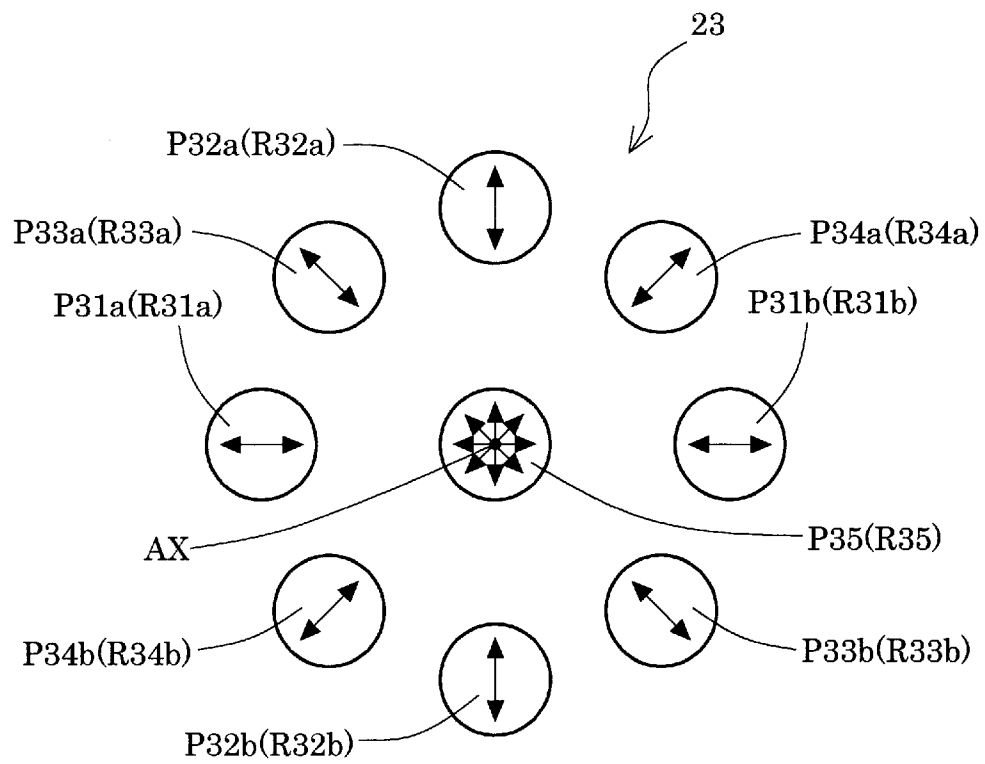
[図8]

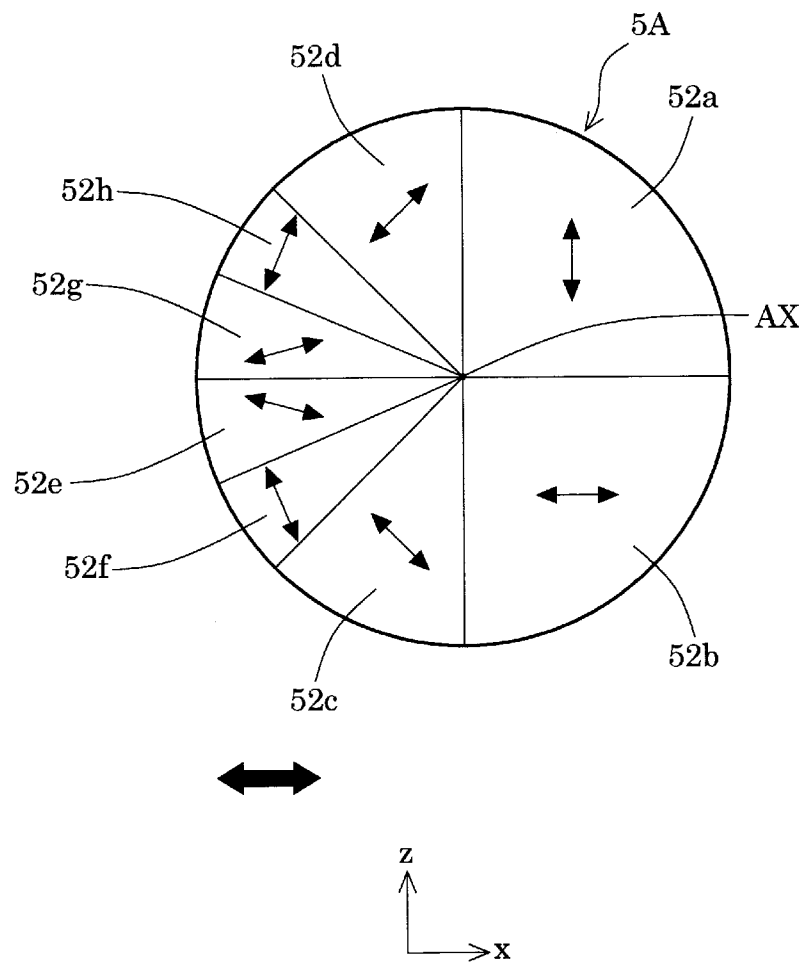


[図9]

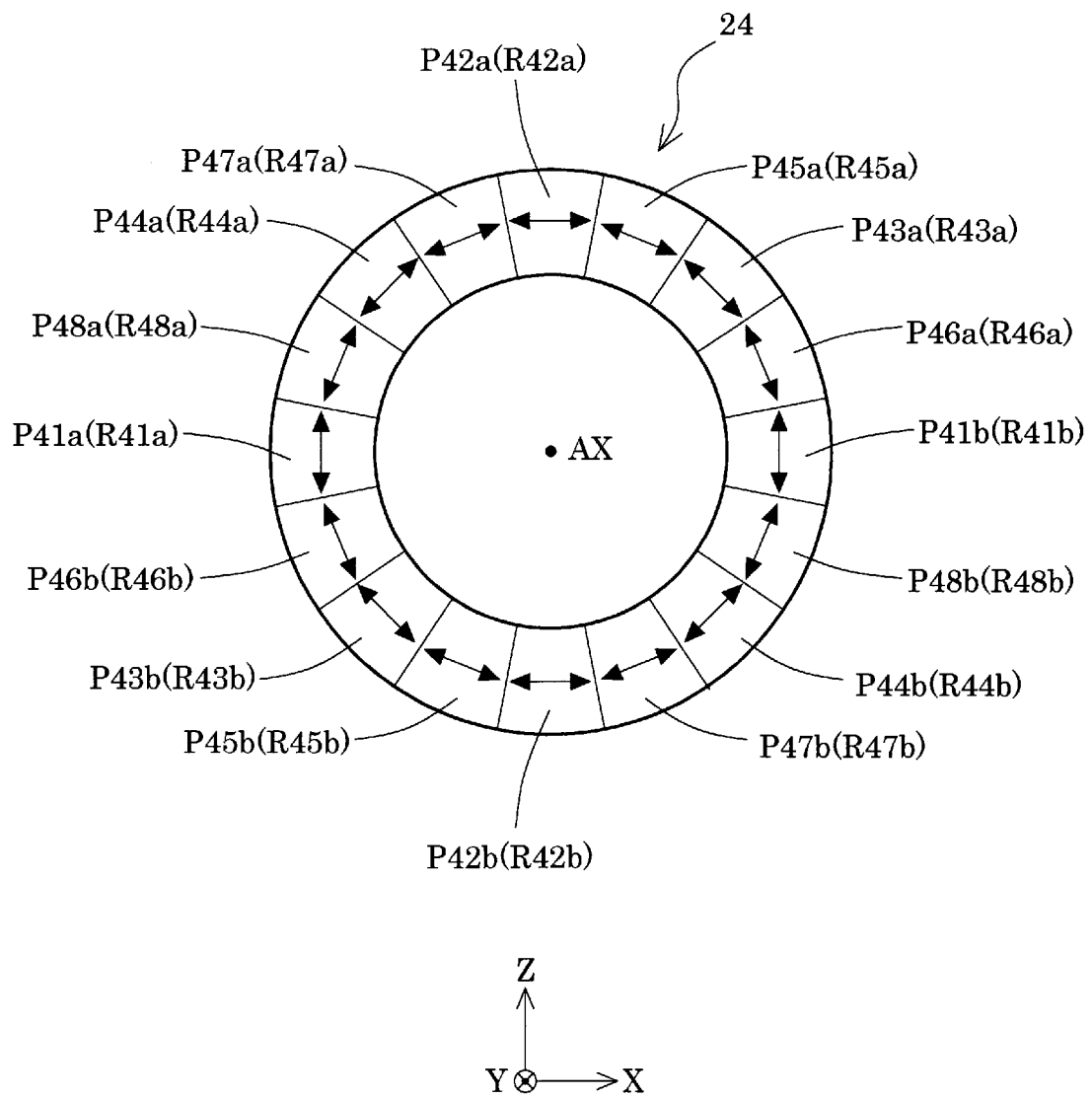


[図10]

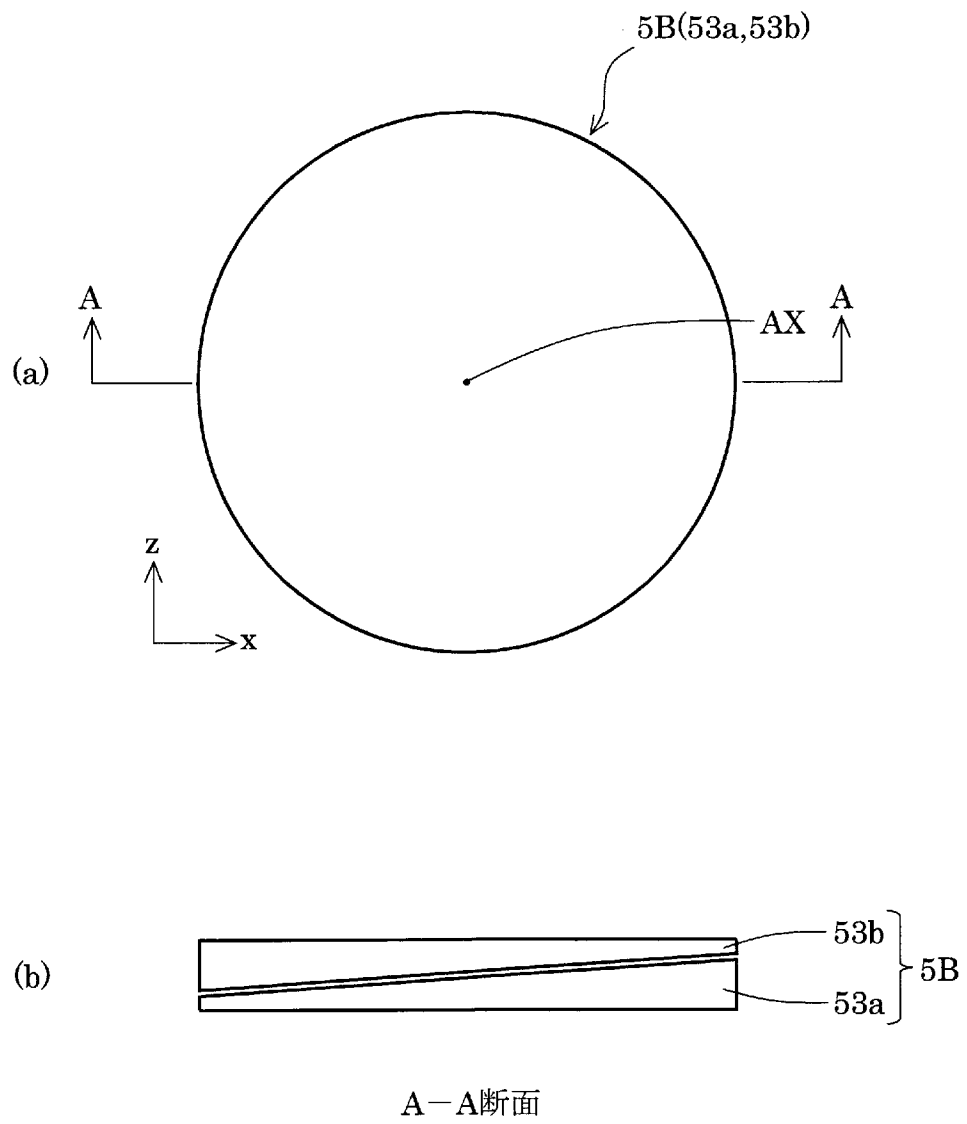




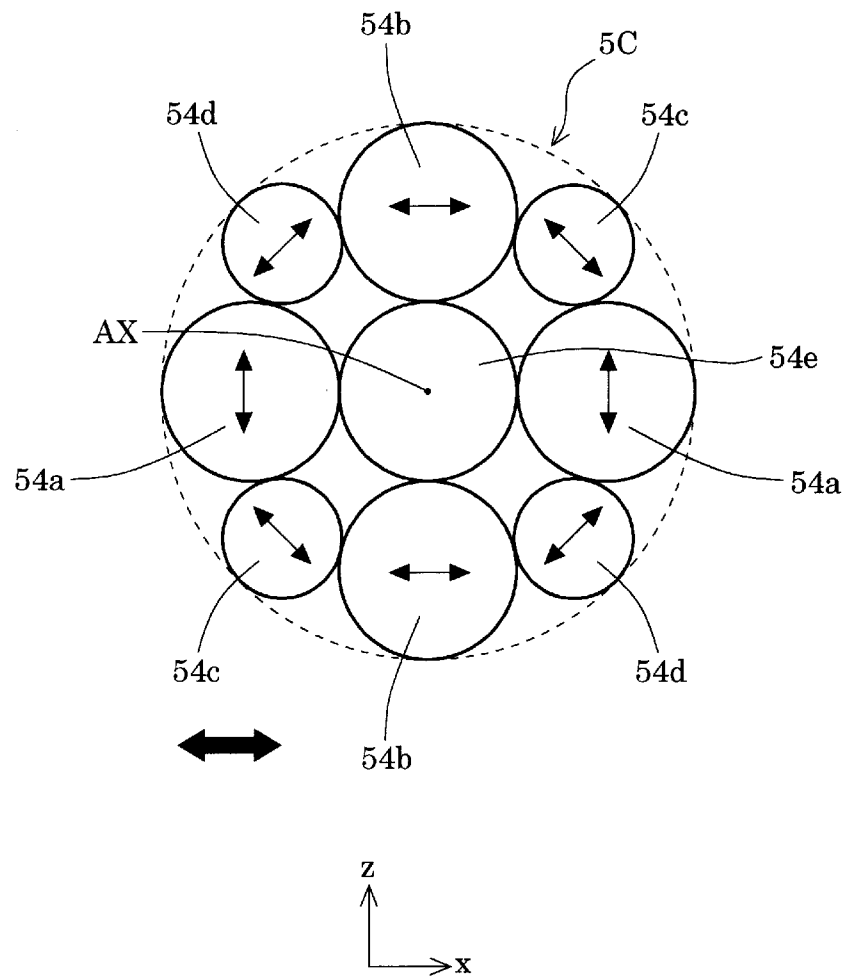
[図12]



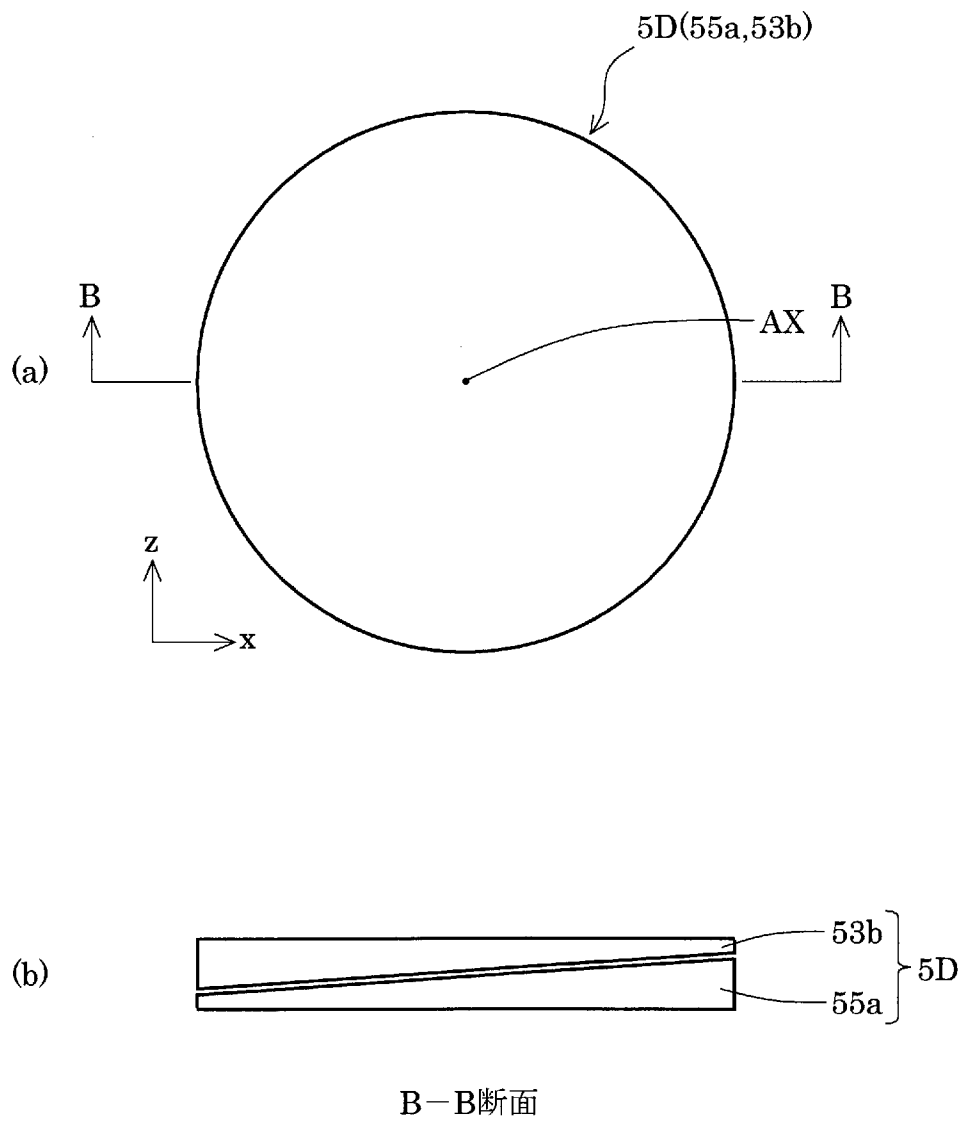
[図13]



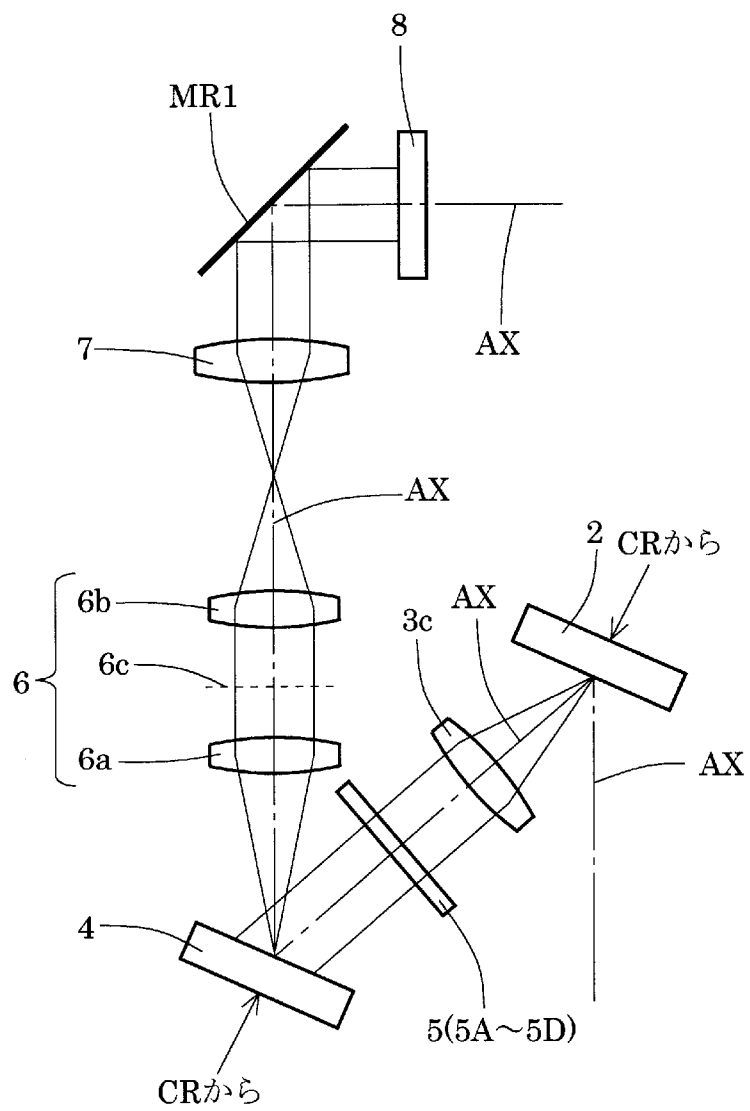
[図14]



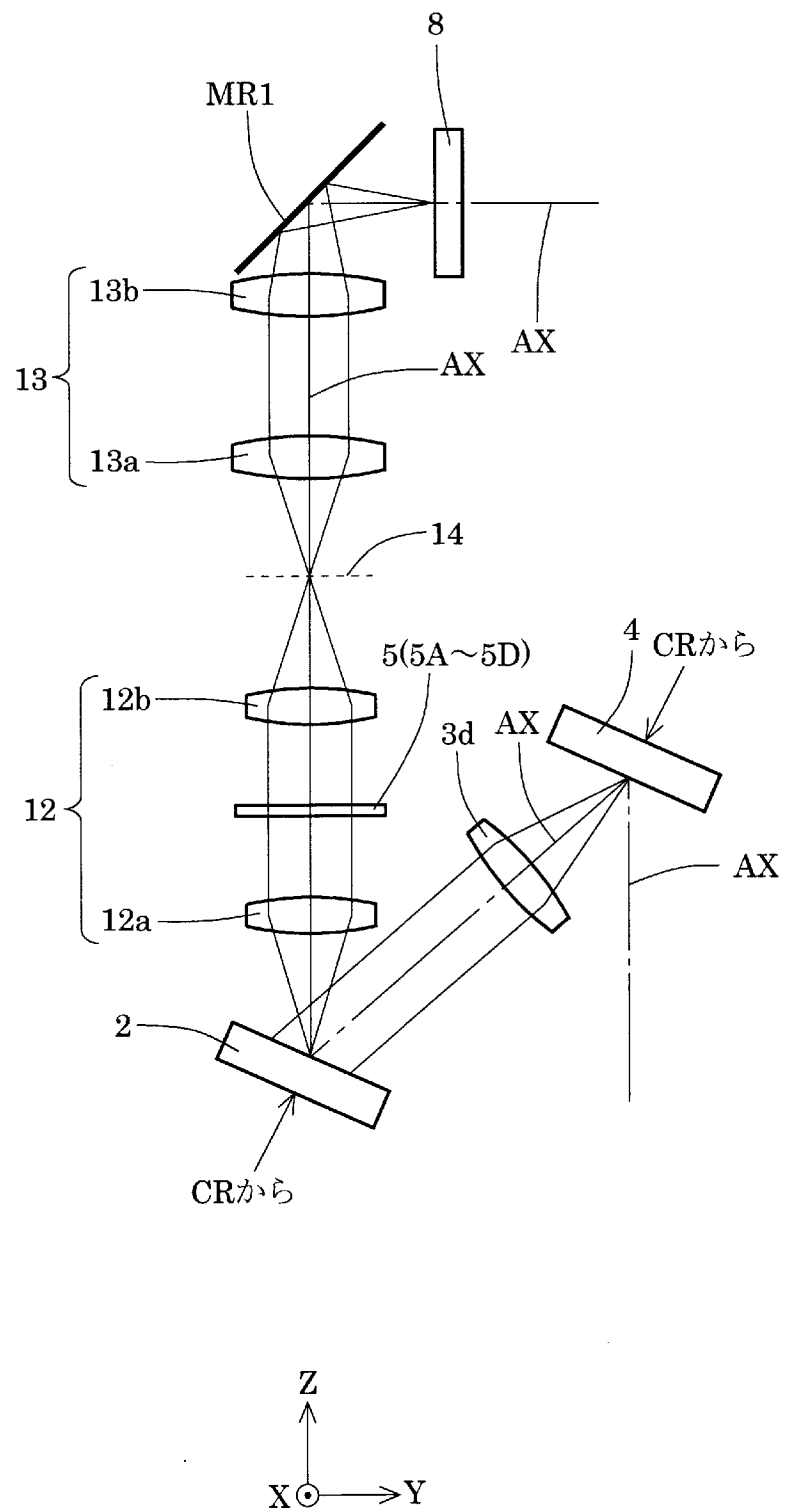
[図15]



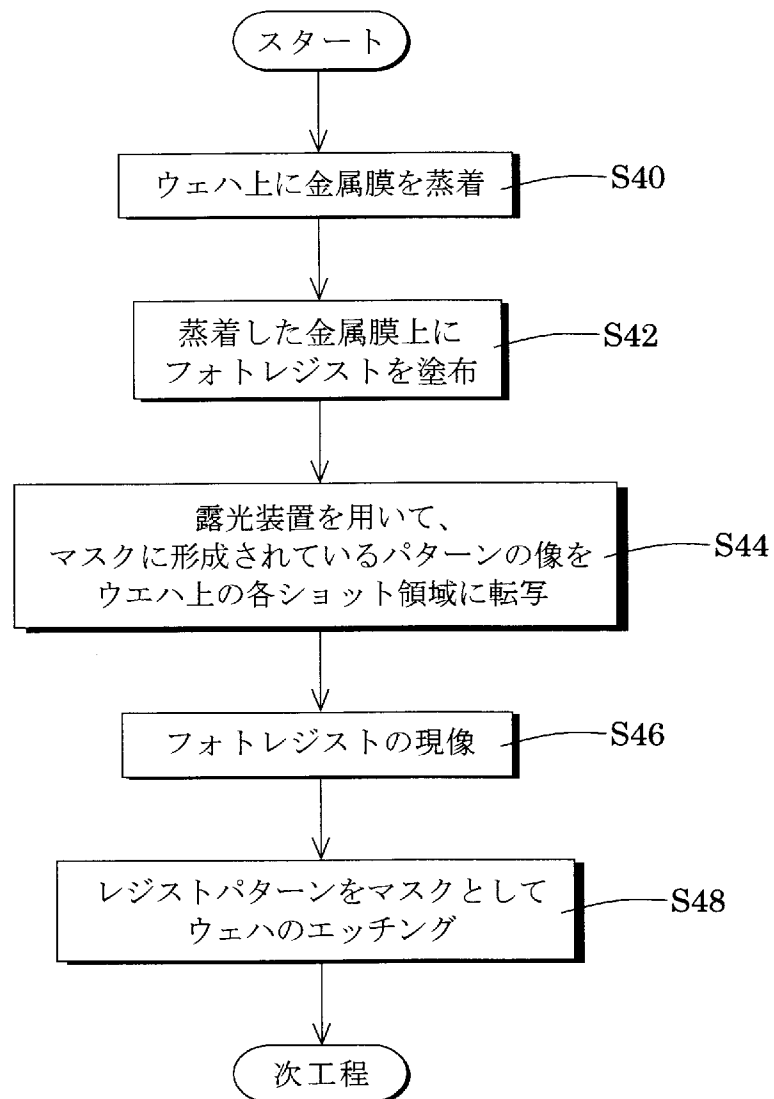
[図16]



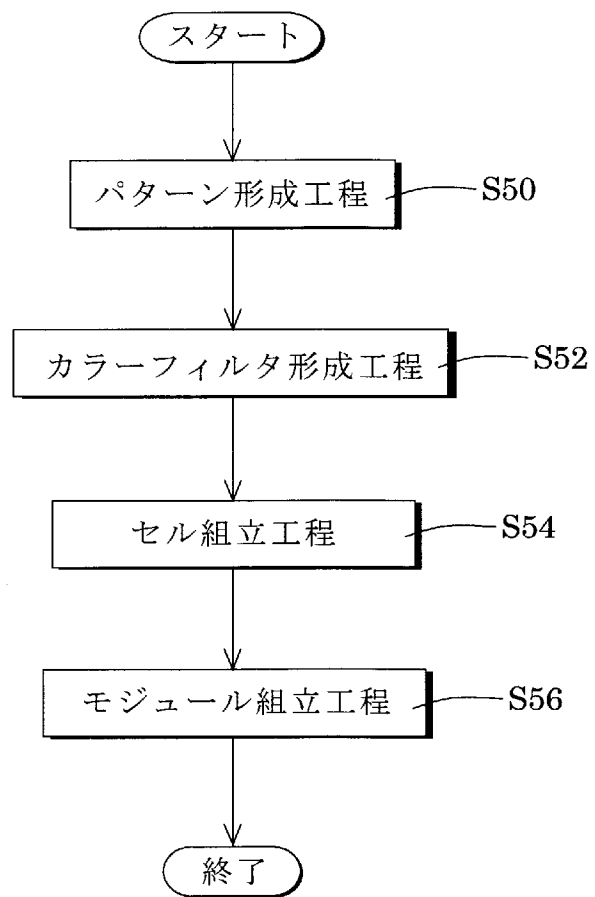
[図17]



[図18]



[図19]



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2011/077199

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

H01L21/027(2006.01)i, G03F7/20(2006.01)i

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)

H01L21/027, G03F7/20-7/24

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Jitsuyo Shinan Koho	1922-1996	Jitsuyo Shinan Toroku Koho	1996-2011
Kokai Jitsuyo Shinan Koho	1971-2011	Toroku Jitsuyo Shinan Koho	1994-2011

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used)

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	JP 2010-87389 A (Nikon Corp.), 15 April 2010 (15.04.2010), entire text; all drawings (Family: none)	1-26
A	JP 2010-272640 A (Nikon Corp.), 02 December 2010 (02.12.2010), entire text; all drawings (Family: none)	1-26
A	JP 2011-114041 A (Nikon Corp.), 09 June 2011 (09.06.2011), entire text; all drawings (Family: none)	1-26

☒ Further documents are listed in the continuation of Box C.

☐ See patent family annex.

* Special categories of cited documents:

“A” document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance

“E” earlier application or patent but published on or after the international filing date

“L” document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)

“O” document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means

“P” document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

“T” later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention

“X” document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone

“Y” document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art

“&” document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search
12 December, 2011 (12.12.11)

Date of mailing of the international search report
20 December, 2011 (20.12.11)

Name and mailing address of the ISA/
Japanese Patent Office

Authorized officer

Facsimile No.

Telephone No.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2011/077199

C (Continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	JP 2009-105396 A (Nikon Corp.), 14 May 2009 (14.05.2009), entire text; all drawings & EP 2203778 A & EP 2273304 A1 & EP 2273305 A2 & WO 2009/054541 A2 & CN 101765799 A & KR 10-2010-0084559 A	1-26

A. 発明の属する分野の分類（国際特許分類（I P C））
Int.Cl. H01L21/027 (2006.01)i, G03F7/20 (2006.01)i

B. 調査を行った分野

調査を行った最小限資料（国際特許分類（I P C））

Int.Cl. H01L21/027, G03F7/20-7/24

最小限資料以外の資料で調査を行った分野に含まれるもの

日本国実用新案公報	1 9 2 2 - 1 9 9 6 年
日本国公開実用新案公報	1 9 7 1 - 2 0 1 1 年
日本国実用新案登録公報	1 9 9 6 - 2 0 1 1 年
日本国登録実用新案公報	1 9 9 4 - 2 0 1 1 年

国際調査で使用した電子データベース（データベースの名称、調査に使用した用語）

C. 関連すると認められる文献

引用文献の カテゴリー*	引用文献名 及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	関連する 請求項の番号
A	JP 2010-87389 A（株式会社ニコン）2010.04.15, 全文, 全図（ファミリーなし）	1-26
A	JP 2010-272640 A（株式会社ニコン）2010.12.02, 全文, 全図（ファミリーなし）	1-26
A	JP 2011-114041 A（株式会社ニコン）2011.06.09, 全文, 全図（ファミリーなし）	1-26

☒ C欄の続きにも文献が列挙されている。

☐ パテントファミリーに関する別紙を参照。

* 引用文献のカテゴリー

「A」特に関連のある文献ではなく、一般的技術水準を示すもの

「E」国際出願日前の出願または特許であるが、国際出願日以後に公表されたもの

「L」優先権主張に疑義を提起する文献又は他の文献の発行日若しくは他の特別な理由を確立するために引用する文献（理由を付す）

「O」口頭による開示、使用、展示等に言及する文献

「P」国際出願日前で、かつ優先権の主張の基礎となる出願

の日の後に公表された文献

「T」国際出願日又は優先日後に公表された文献であって出願と矛盾するものではなく、発明の原理又は理論の理解のために引用するもの

「X」特に関連のある文献であって、当該文献のみで発明の新規性又は進歩性がないと考えられるもの

「Y」特に関連のある文献であって、当該文献と他の1以上の文献との、当業者にとって自明である組合せによって進歩性がないと考えられるもの

「&」同一パテントファミリー文献

国際調査を完了した日

1 2 . 1 2 . 2 0 1 1

国際調査報告の発送日

2 0 . 1 2 . 2 0 1 1

国際調査機関の名称及びあて先

日本国特許庁（I S A / J P）

郵便番号 1 0 0 - 8 9 1 5

東京都千代田区霞が関三丁目4番3号

特許庁審査官（権限のある職員）

赤尾 隼人

2 M

4 4 5 6

電話番号 0 3 - 3 5 8 1 - 1 1 0 1 内線 3 2 7 4

C (続き) . 関連すると認められる文献		
引用文献の カテゴリー*	引用文献名 及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	関連する 請求項の番号
A	JP 2009-105396 A (株式会社ニコン) 2009.05.14, 全文, 全図 & EP 2203778 A & EP 2273304 A1 & EP 2273305 A2 & WO 2009/054541 A2 & CN 101765799 A & KR 10-2010-0084559 A	1-26