



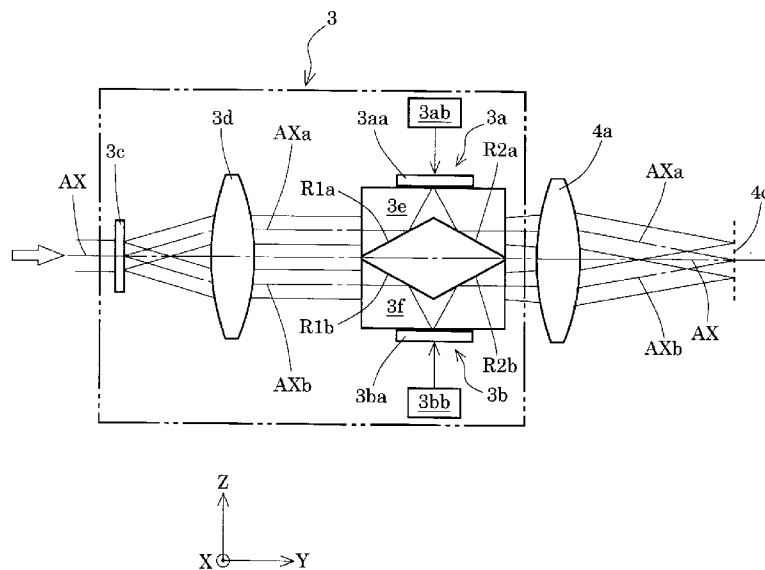
- (51) 国際特許分類:
H01L 21/027 (2006.01)
- (21) 国際出願番号: PCT/JP2009/053630
- (22) 国際出願日: 2009年2月27日(27.02.2009)
- (25) 国際出願の言語: 日本語
- (26) 国際公開の言語: 日本語
- (30) 優先権データ:
61/071,140 2008年4月14日(14.04.2008) US
- (71) 出願人(米国を除く全ての指定国について): 株式会社ニコン(NIKON CORPORATION) [JP/JP]; 〒1008331 東京都千代田区丸の内三丁目2番3号 Tokyo (JP).
- (72) 発明者; および
- (75) 発明者/出願人(米国についてのみ): 谷津 修(TANITSU, Osamu) [JP/JP]; 〒1008331 東京都千代田区丸の内三丁目2番3号 株式会社ニコン内 Tokyo (JP). 田中 裕久(TANAKA, Hirohisa) [JP/JP]; 〒1008331 東京都千代田区丸の内三丁目2番3号 株式会社ニコン内 Tokyo (JP). 大和 壮一(OWA, Soichi) [JP/JP]; 〒1008331 東京都千代田区丸の内三丁目2番3号 株式会社ニコン内 Tokyo (JP).
- (74) 代理人: 山口 孝雄(YAMAGUCHI, Takao); 〒1010048 東京都千代田区神田司町二丁目10番地 第一ビル Tokyo (JP).
- (81) 指定国(表示のない限り、全ての種類の国内保護が可能): AE, AG, AL, AM, AO, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IS, JP, KE, KG, KM, KN, KP, KR, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LT, LU, LY, MA, MD, ME, MG, MK, MN, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PG, PH, PL, PT, RO, RS, RU, SC, SD, SE, SG, SK, SL, SM, ST, SV, SY, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, ZA, ZM, ZW.
- (84) 指定国(表示のない限り、全ての種類の広域保護が可能): ARIPO (BW, GH, GM, KE, LS, MW, MZ, NA, SD, SL, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), ユーラシア (AM, AZ, BY, KG, KZ, MD, RU, TJ, TM), ヨーロッパ (AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, LV, MC, MK, MT, NL, NO, PL, PT, RO, SE, SI, SK, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

[続葉有]

(54) Title: SPATIAL LIGHT MODULATION UNIT, LIGHTING OPTICAL SYSTEM, EXPOSURE APPARATUS AND METHOD FOR MANUFACTURING DEVICE

(54) 発明の名称: 空間光変調ユニット、照明光学系、露光装置、およびデバイス製造方法

[図2]



(57) Abstract: Disclosed is a spatial light modulation unit that can stably exert a required function over a required period of time. A spatial light modulation unit (3) is used together with a lighting optical system to illuminate an irradiation subject surface in accordance with light from a light source and forms a desired light intensity distribution on a pupil surface of the lighting optical system. The spatial light modulation unit (3) is comprised of first and second spatial light modulators (3a, 3b) that apply a spatial light modulation to incident light and project the modulated incident light with two-dimensionally arranged and individually controlled multiple optical elements; and division light guide members (3c, 3d, 3e, 3f) that divide the incident light into multiple light components, guide first light component out of the multiple light components to the first spatial light modulator while guiding second light component out of the multiple light components to the second spatial light modulator.

(57) 要約:

[続葉有]



添付公開書類:

— 国際調査報告 (条約第 21 条(3))

所要の機能を所要期間に亘って安定的に発揮することのできる空間光変調ユニット。光源からの光に基づいて被照射面を照明する照明光学系と共に用いられ、照明光学系の瞳面に所望の光強度分布を形成するための空間光変調ユニット(3)は、二次元的に配列されて個別に制御される複数の光学要素を有し、入射した光に空間的な光変調を付与して射出する第1空間光変調器(3a)および第2空間光変調器(3b)と、入射光を複数の光に分割し、該複数の光のうちの第1の光を第1空間光変調器へ導き且つ複数の光のうちの第2の光を第2空間光変調器へ導く分割導光部材(3c, 3d, 3e, 3f)とを備えている。

明 細 書

空間光変調ユニット、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、空間光変調ユニット、照明光学系、露光装置、およびデバイス製造方法に関する。さらに詳細には、本発明は、半導体素子、撮像素子、液晶表示素子、薄膜磁気ヘッド等のデバイスをリソグラフィー工程で製造するための露光装置に好適な照明光学系に関するものである。

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束が、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、「照明瞳輝度分布」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] 二次光源からの光束は、コンデンサーレンズ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高集積化されており、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、ズーム光学系を用いることなく照明瞳輝度分布（ひいては照明条件）を連続的に変更することのできる照明光学系が提案されている（特許文献1を参照）。特許文献1に開示された照明光学系では、アレイ状に配列され且つ傾斜角および傾斜方向が個別に駆動制御される多数の微小なミラー要素により構成された可動マルチミラーを用いて、入射光束を反射面毎の微小単位に分割して偏向させることにより、光束の断面を所望の形状または所望の大きさに変換し、ひいては所望の照明瞳輝度分布を実現している。

[0005] 特許文献1：特開2002－353105号公報

発明の開示

発明が解決しようとする課題

[0006] 特許文献1に記載された照明光学系では、可動マルチミラーを用いているので、照明瞳輝度分布の形状および大きさの変更に関する自由度は高い。しかしながら、この照明光学系に用いられて照明瞳輝度分布を形成する空間光変調ユニットでは、空間光変調器としての可動マルチミラーを単体で使用しているため、ミラー要素の反射面に入射する光の単位面積当たりのエネルギーが比較的大きくなる。その結果、光照射に起因してミラー要素の反射率が経時的に低下し易く、ひいては空間光変調ユニットが所要の機能を所要期間に亘って安定的に発揮することが困難になる。

[0007] 一方、ミラー要素の反射面に入射する光の単位面積当たりのエネルギーを小さく抑えるために空間光変調ユニットへの入射光束の断面を大きくすると、二次元的に配置された多数のミラー要素が占める反射領域の全体面積が大きくなり、空間光変調器が大型化する。空間光変調器の大型化は、空間光変調器の入射側および射出側の光学系(レンズ、プリズム、ミラーなど)の大型化を招き、ひいては空間光変調ユニットの大型化およびコストアップを招いてしまう。

[0008] 本発明は、前述の課題に鑑みてなされたものであり、所要の機能を所要期間に亘って安定的に発揮することのできる空間光変調ユニットを提供することを目的とする。また、本発明は、所要の機能を安定的に発揮する空間光変調ユニットを用いて、照明瞳輝度分布の形状および大きさについて多様性に富んだ照明条件を実現することのでき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、多様性に富んだ照明条件を実現する照明光学系を用いて、転写すべき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良好な露光を行うことの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

[0009] 前記課題を解決するために、本発明の第1形態では、光源からの光に基づいて被照射面を照明する照明光学系と共に用いられ、前記照明光学系の瞳面に所望の光強度分布を形成するための空間光変調ユニットであって、

二次元的に配列されて個別に制御される複数の光学要素を有し、入射した光に空

間的な光変調を付与して射出する第1空間光変調器と、

二次元的に配列されて個別に制御される複数の光学要素を有し、入射した光に空間的な光変調を付与して射出する第2空間光変調器と、

入射光を複数の光に分割し、該複数の光のうちの第1の光を前記第1空間光変調器へ導き且つ前記複数の光のうちの第2の光を前記第2空間光変調器へ導く分割導光部材とを備えていることを特徴とする空間光変調ユニットを提供する。

[0010] 本発明の第2形態では、光源からの光に基づいて被照射面を照明する照明光学系において、

第1形態の空間光変調ユニットと、

前記第1空間光変調器および前記第2空間光変調器を介した光に基づいて、前記照明光学系の照明瞳に所定の光強度分布を形成する分布形成光学系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。

[0011] 本発明の第3形態では、所定のパターンを照明するための第2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。

[0012] 本発明の第4形態では、第3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露光工程と、

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現像工程と、

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加工工程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。

発明の効果

[0013] 本発明では、空間光変調ユニットが一对の空間光変調器を備えているので、空間光変調器を単体で使用する場合に比して、光学要素の光学面に入射する光の単位面積当たりのエネルギーが小さく抑えられる。具体的には、複数のミラー要素を有する一对の反射型の空間光変調器を用いる場合、ミラー要素の反射面に入射する光の単位面積当たりのエネルギーが小さく抑えられる。その結果、本発明の空間光変調ユニットでは、長期間に亘って光照射を受けてもミラー要素の反射率が低下しにく

く、所要の機能を所要期間に亘って安定的に発揮することができる。

- [0014] したがって、本発明の照明光学系では、所要の機能を安定的に発揮する空間光変調ユニットを用いて、照明瞳輝度分布の形状および大きさについて多様性に富んだ照明条件を実現することができる。また、本発明の露光装置では、多様性に富んだ照明条件を実現する照明光学系を用いて、転写すべき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良好な露光を行うことができ、ひいては良好なデバイスを製造することができる。

図面の簡単な説明

- [0015] [図1]本発明の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]本実施形態にかかる空間光変調ユニットの内部構成を概略的に示す図である。
- [図3]シリンドリカルマイクロフライアイレンズの構成を概略的に示す斜視図である。
- [図4]図2の空間光変調ユニットの要部構成を概略的に示す図である。
- [図5]図4の空間光変調器の部分斜視図である。
- [図6]本実施形態においてアフォーカルレンズの瞳面に形成される4極状の光強度分布を模式的に示す図である。
- [図7]光分割器としてプリズムユニットを用いる変形例の要部構成を概略的に示す図である。
- [図8]1つのプリズムの形態を有する分割導光部材を備えた空間光変調ユニットの変形例の要部構成を概略的に示す図である。
- [図9]1つのプリズムの形態を有する分割導光部材を備えた空間光変調ユニットのもう1つの変形例の要部構成を概略的に示す図である。
- [図10]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11]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。

符号の説明

- [0016] 1 光源
- 3 空間光変調ユニット
- 3a, 3b 空間光変調器

3c 回折光学素子

3g プリズムユニット

4 アフォーカルレンズ

7 ズームレンズ

8 シリンドリカルマイクロフライアイレンズ

10 コンデンサー光学系

11 マスクブラインド

12 結像光学系

SE 空間光変調器3a, 3bの複数のミラー要素

M マスク

PL 投影光学系

W ウェハ

発明を実施するための最良の形態

[0017] 本発明の実施形態を、添付図面に基づいて説明する。図1は、本発明の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は、本実施形態にかかる空間光変調ユニットの内部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。

[0018] 図1を参照すると、本実施形態の露光装置では、光源1から露光光(照明光)が供給される。光源1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1から射出された光は、整形光学系2により所要の断面形状の光束に拡大された後、空間光変調ユニット3に入射する。空間光変調ユニット3は、図2に示すように、光の入射側から順に、回折光学素子3cと、集光レンズ3dと、一對のプリズム3eおよび3fと、一對の空間光変調器3aおよび3bとを備えている。空間光変調ユニット3の具体的な構成および作用については後述する。

[0019] 再び図1を参照すると、空間光変調ユニット3から射出された光は、アフォーカルレ

レンズ4に入射する。アフォーカルレンズ4は、アフォーカル系(無焦点光学系)であつて、その前側焦点位置と空間光変調ユニット3中の第1空間光変調器3aの位置および第2空間光変調器3bの位置とがほぼ一致し、且つその後側焦点位置と図中破線で示す所定面5の位置とがほぼ一致するように設定されている。

[0020] したがって、第1空間光変調器3aを介した光は、アフォーカルレンズ4の瞳面に、例えば光軸AXを中心としてZ方向に間隔を隔てた2つの円形状の光強度分布からなるZ方向2極状の光強度分布を形成した後、2極状の角度分布でアフォーカルレンズ4から射出される。一方、第2空間光変調器3bを介した光は、アフォーカルレンズ4の瞳面に、例えば光軸AXを中心としてX方向に間隔を隔てた2つの円形状の光強度分布からなるX方向2極状の光強度分布を形成した後、2極状の角度分布でアフォーカルレンズ4から射出される。

[0021] アフォーカルレンズ4の前側レンズ群4aと後側レンズ群4bとの間の光路中においてその瞳面の位置(図2において参照符号4cで示す位置)またはその近傍の位置には、円錐アキシコン系6が配置されている。円錐アキシコン系6の構成および作用については後述する。アフォーカルレンズ4を介した光束は、 σ 値(σ 値=照明光学系のマスク側開口数/投影光学系のマスク側開口数)可変用のズームレンズ7を介して、シリンドリカルマイクロフライアイレンズ8に入射する。

[0022] シリンドリカルマイクロフライアイレンズ8は、図3に示すように、光源側に配置された第1フライアイ部材8aとマスク側に配置された第2フライアイ部材8bとから構成されている。第1フライアイ部材8aの光源側の面および第2フライアイ部材8bの光源側の面には、X方向に並んで配列されたシリンドリカルレンズ群8aaおよび8baがそれぞれピッチp1で形成されている。第1フライアイ部材8aのマスク側の面および第2フライアイ部材8bのマスク側の面には、Z方向に並んで配列されたシリンドリカルレンズ群8abおよび8bbがそれぞれピッチp2($p2 > p1$)で形成されている。

[0023] シリンドリカルマイクロフライアイレンズ8のX方向に関する屈折作用(すなわちXY平面に関する屈折作用)に着目すると、光軸AXに沿って入射した平行光束は、第1フライアイ部材8aの光源側に形成されたシリンドリカルレンズ群8aaによってX方向に沿ってピッチp1で波面分割され、その屈折面で集光作用を受けた後、第2フライアイ部

材8bの光源側に形成されたシンドリカルレンズ群8baのうちの対応するシンドリカルレンズの屈折面で集光作用を受け、シンドリカルマイクロフライアイレンズ8の後側焦点面上に集光する。

[0024] シンドリカルマイクロフライアイレンズ8のZ方向に関する屈折作用(すなわちYZ平面に関する屈折作用)に着目すると、光軸AXに沿って入射した平行光束は、第1フライアイ部材8aのマスク側に形成されたシンドリカルレンズ群8abによってZ方向に沿ってピッチ p_2 で波面分割され、その屈折面で集光作用を受けた後、第2フライアイ部材8bのマスク側に形成されたシンドリカルレンズ群8bbのうちの対応するシンドリカルレンズの屈折面で集光作用を受け、シンドリカルマイクロフライアイレンズ8の後側焦点面上に集光する。

[0025] このように、シンドリカルマイクロフライアイレンズ8は、シンドリカルレンズ群が両側面に配置された第1フライアイ部材8aと第2フライアイ部材8bとにより構成されているが、X方向に p_1 のサイズを有しZ方向に p_2 のサイズを有する多数の矩形状の微小屈折面が縦横に且つ稠密に一体形成されたマイクロフライアイレンズと同様の光学的機能を発揮する。シンドリカルマイクロフライアイレンズ8では、微小屈折面の面形状のばらつきに起因する歪曲収差の変化を小さく抑え、たとえばエッチング加工により一体的に形成される多数の微小屈折面の製造誤差が照度分布に与える影響を小さく抑えることができる。

[0026] 所定面5の位置はズームレンズ7の前側焦点位置の近傍に配置され、シンドリカルマイクロフライアイレンズ8の入射面はズームレンズ7の後側焦点位置の近傍に配置されている。換言すると、ズームレンズ7は、所定面5とシンドリカルマイクロフライアイレンズ8の入射面とを実質的にフーリエ変換の関係に配置し、ひいてはアフォーカルレンズ4の瞳面とシンドリカルマイクロフライアイレンズ8の入射面とを光学的にほぼ共役に配置している。

[0027] したがって、シンドリカルマイクロフライアイレンズ8の入射面上には、アフォーカルレンズ4の瞳面と同様に、たとえば光軸AXを中心としてZ方向に間隔を隔てた2つの円形状の光強度分布と光軸AXを中心としてX方向に間隔を隔てた2つの円形状の光強度分布とからなる4極状の照野が形成される。この4極状の照野の全体形状は、

ズームレンズ7の焦点距離に依存して相似的に変化する。シリンダリカルマイクロフライアイレンズ8における波面分割単位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。

[0028] シリンダリカルマイクロフライアイレンズ8に入射した光束は二次元的に分割され、その後側焦点面またはその近傍(ひいては照明瞳)には、入射光束によって形成される照野とほぼ同じ光強度分布を有する二次光源、すなわち光軸AXを中心としてZ方向に間隔を隔てた2つの円形状の実質的な面光源と光軸AXを中心としてX方向に間隔を隔てた2つの円形状の実質的な面光源とからなる4極状の二次光源(4極状の照明瞳輝度分布)が形成される。シリンダリカル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形成された二次光源からの光束は、その近傍に配置された開口絞り9に入射する。

[0029] 開口絞り9は、シリンダリカル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形成される4極状の二次光源に対応した4極状の開口部(光透過部)を有する。開口絞り9は、照明光路に対して挿脱自在に構成され、且つ大きさおよび形状の異なる開口部を有する複数の開口絞りと切り換え可能に構成されている。開口絞りの切り換え方式として、たとえば周知のターレット方式やスライド方式などを用いることができる。開口絞り9は、後述する投影光学系PLの入射瞳面と光学的にはほぼ共役な位置に配置され、二次光源の照明に寄与する範囲を規定する。

[0030] 開口絞り9により制限された二次光源からの光は、コンデンサー光学系10を介して、マスクブラインド11を重畳的に照明する。こうして、照明視野絞りとしてのマスクブラインド11には、シリンダリカルマイクロフライアイレンズ8の波面分割単位である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。マスクブラインド11の矩形状の開口部(光透過部)を介した光束は、結像光学系12の集光作用を受けた後、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12は、マスクブラインド11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。

[0031] 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PLの光軸AXと直交する平面(XY平面)内においてウェハステージWS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。

[0032] 円錐アキシコン系6は、光源側から順に、光源側に平面を向け且つマスク側に凹円錐状の屈折面を向けた第1プリズム部材6aと、マスク側に平面を向け且つ光源側に凸円錐状の屈折面を向けた第2プリズム部材6bとから構成されている。そして、第1プリズム部材6aの凹円錐状の屈折面と第2プリズム部材6bの凸円錐状の屈折面とは、互いに当接可能なように相補的に形成されている。また、第1プリズム部材6aおよび第2プリズム部材6bのうち少なくとも一方の部材が光軸AXに沿って移動可能に構成され、第1プリズム部材6aの凹円錐状の屈折面と第2プリズム部材6bの凸円錐状の屈折面との間隔が可変に構成されている。以下、理解を容易にするために、4極状または輪帯状の二次光源に着目して、円錐アキシコン系6の作用およびズームレンズ7の作用を説明する。

[0033] 第1プリズム部材6aの凹円錐状屈折面と第2プリズム部材6bの凸円錐状屈折面とが互いに当接している状態では、円錐アキシコン系6は平行平板として機能し、形成される4極状または輪帯状の二次光源に及ぼす影響はない。しかしながら、第1プリズム部材6aの凹円錐状屈折面と第2プリズム部材6bの凸円錐状屈折面とを離間させると、4極状または輪帯状の二次光源の幅(4極状の二次光源に外接する円の直径(外径)と内接する円の直径(内径)との差の $1/2$;輪帯状の二次光源の外径と内径との差の $1/2$)を一定に保ちつつ、4極状または輪帯状の二次光源の外径(内径)が変化する。すなわち、4極状または輪帯状の二次光源の輪帯比(内径/外径)および大きさ(外径)が変化する。

[0034] ズームレンズ7は、4極状または輪帯状の二次光源の全体形状を相似的(等方的)に拡大または縮小する機能を有する。たとえば、ズームレンズ7の焦点距離を最小値から所定の値へ拡大させることにより、4極状または輪帯状の二次光源の全体形状が相似的に拡大される。換言すると、ズームレンズ7の作用により、4極状または輪帯状

の二次光源の輪帯比が変化することなく、その幅および大きさ(外径)がともに変化する。このように、円錐アキシコン系6およびズームレンズ7の作用により、4極状または輪帯状の二次光源の輪帯比と大きさ(外径)とを制御することができる。

[0035] 本実施形態の空間光変調ユニット3では、図2に示すように、整形光学系2を介した光源1からの光束が、光軸AXに沿って回折光学素子3cに入射する。回折光学素子3cは、例えば矩形状の断面を有する平行光束が光軸AXに沿って入射した場合、ファースフィールド(またはフラウンホーファー回折領域)に、光軸AXを中心としてZ方向に間隔を隔てた2つの矩形状の光強度分布を形成する機能を有する。

[0036] 回折光学素子3cにより分割された2つの光束のうちの第1光束は、フーリエ変換レンズとして機能する集光レンズ3dを介して、プリズム3eおよび第1空間光変調器3aを経た後、アフォーカルレンズ4の前側レンズ群4aを介して、アフォーカルレンズ4の瞳面4cに達する。一方、回折光学素子3cにより分割された2つの光束のうちの第2光束は、集光レンズ3dを介して、プリズム3fおよび第2空間光変調器3bを経た後、前側レンズ群4aを介して瞳面4cに達する。アフォーカルレンズ4の前側レンズ群4aは、第1空間光変調器3aを介した光束と第2空間光変調器3bを介した光束とを瞳面4cで重ね合わせる。

[0037] 以下、説明の理解を容易にするために、プリズム3eと第1空間光変調器3aとからなる第1光学ユニット(3e, 3a)と、プリズム3fと第2空間光変調器3bとからなる第2光学ユニット(3f, 3b)とは、互いに同じ構成を有し、光軸AXを含んでXY平面に平行な面に関して対称に配置されているものとする。したがって、第2光学ユニット(3f, 3b)について第1光学ユニット(3e, 3a)と重複する説明を省略し、第1光学ユニット(3e, 3a)に着目して、空間光変調ユニット3の具体的な構成および作用を説明する。

[0038] 第1光学ユニット(3e, 3a)は、図4に示すように、例えば蛍石のような光学材料により形成されたプリズム3eと、プリズム3eのXY平面に平行な側面3eaに近接して取り付けられた反射型の空間光変調器3aとを備えている。プリズム3eを形成する光学材料は、蛍石に限定されることなく、光源1が供給する光の波長などに応じて、石英ガラスであっても良くその他の光学材料であっても良い。空間光変調器3aは、二次元的に配列された複数のミラー要素SEを有する本体3aaと、複数のミラー要素SEの姿勢を

個別に制御駆動する駆動部3abとにより構成されている。

[0039] プリズム3eは、直方体の1つの側面(空間光変調器3aの本体3aaが近接して取り付けられる側面3eaと対向する側面)をV字状に凹んだ側面3ebおよび3ecと置き換えることにより得られる形態を有し、YZ平面に沿った断面形状に因んでKプリズムとも呼ばれる。プリズム3eのV字状に凹んだ側面3ebおよび3ecは、鈍角をなすように交差する2つの平面PN1およびPN2によって規定されている。2つの平面PN1およびPN2はともにYZ平面と直交し、YZ平面に沿ってV字状を呈している。

[0040] 2つの平面PN1とPN2との接線(X方向に延びる直線)P3で接する2つの側面3ebおよび3ecの内面は、反射面R1aおよびR2aとして機能する。すなわち、反射面R1aは平面PN1上に位置し、反射面R2aは平面PN2上に位置し、反射面R1aとR2aとのなす角度は鈍角である。一例として、反射面R1aとR2aとのなす角度を120度とし、光軸AXaに垂直なプリズム3eの入射面IPと反射面R1aとのなす角度を60度とし、光軸AXaに垂直なプリズム3eの射出面OPと反射面R2aとのなす角度を60度とすることができる。

[0041] プリズム3eでは、空間光変調器3aの本体3aaが近接して取り付けられる側面3eaと光軸AXaとが平行であり、且つ反射面R1aが光源1側(露光装置の上流側:図4中左側)に、反射面R2aがアフォーカルレンズ4側(露光装置の下流側:図4中右側)に位置している。さらに詳細には、反射面R1aは光軸AXaに対して斜設され、反射面R2aは接線P3を通り且つXZ平面に平行な面に関して反射面R1aとは対称的に光軸AXaに対して斜設されている。プリズム3eの側面3eaは、後述するように、空間光変調器3aの本体3aaにおいて複数のミラー要素SEが配列される面に対向した光学面である。

[0042] プリズム3eの反射面R1aは、入射面IPを介して入射した光を空間光変調器3aに向かって反射する。空間光変調器3aは、反射面R1aと反射面R2aとの間の光路中に配置され、反射面R1aを経て入射した光を反射する。プリズム3eの反射面R2aは、空間光変調器3aを経て入射した光を反射し、射出面OPを介してアフォーカルレンズ4の前側レンズ群4aへ導く。図4では、説明の理解を容易にするために、前側レンズ群4aよりも後側において光軸AXaが直線状に延びるように光路を展開している。また、

図4にはプリズム3eを1つの光学ブロックで一体的に形成した例を示しているが、複数の光学ブロックを用いてプリズム3eを構成しても良い。

[0043] 空間光変調器3aは、反射面R1aを経て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付与して射出する。空間光変調器3aの本体3aaは、図5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(光学要素)SEを備えている。説明および図示を簡単にするために、図4および図5では空間光変調器3aが $4 \times 4 = 16$ 個のミラー要素SE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SEを備えている。

[0044] 図4を参照すると、光軸AXaと平行な方向に沿ってプリズム3eに入射する光線群のうち、光線L1は複数のミラー要素SEのうちのミラー要素SEaに、光線L2はミラー要素SEaとは異なるミラー要素SEbにそれぞれ入射する。同様に、光線L3はミラー要素SEa, SEbとは異なるミラー要素SEcに、光線L4はミラー要素SEa～SEcとは異なるミラー要素SEdにそれぞれ入射する。ミラー要素SEa～SEdは、その位置に応じて設定された空間的な変調を光L1～L4に与える。

[0045] 空間光変調器3aでは、すべてのミラー要素SEの反射面がXY平面に平行に設定された基準の状態(以下、「基準状態」という)において、光軸AXaと平行な方向に沿って反射面R1aへ入射した光線が、空間光変調器3aを経た後に、反射面R2aにより光軸AXaと平行な方向に向かって反射されるように構成されている。また、空間光変調器3aは、プリズム3eの入射面IPからミラー要素SEa～SEdを経て射出面OPまでの空気換算長と、プリズム3eが光路中に配置されていないときの入射面IPに相当する位置から射出面OPに相当する位置までの空気換算長とが等しくなるように構成されている。ここで、空気換算長とは、光学系中の光路長を屈折率1の空気中の光路長に換算したものであり、屈折率nの媒質中の空気換算長は、その光路長に $1/n$ を乗じたものである。なお、空間光変調器3aから反射面R2aまでの光路長と、空間光変調器3bから反射面R2bまでの光路長とは互いに等しくなっている。

[0046] 空間光変調器3aの複数のミラー要素SEが配列される面は、集光レンズ3dの後側焦点位置またはその近傍に位置決めされ、且つアフォーカルレンズ4の前側焦点位置またはその近傍に位置決めされている。したがって、空間光変調器3aには、回折

光学素子3cの特性に応じた形状(例えば矩形状)の断面を有する光束が入射する。空間光変調器3aの複数のミラー要素SEa～SEdによって反射されて所定の角度分布が与えられた光は、アフォーカルレンズ4の瞳面4cに所定の光強度分布SP1～SP4を形成する。すなわち、アフォーカルレンズ4の前側レンズ群4aは、空間光変調器3aの複数のミラー要素SEa～SEdが射出光に与える角度を、空間光変調器3aの遠視野領域(フラウンホーファー回折領域)である面4c上での位置に変換している。

[0047] 図1を参照すると、アフォーカルレンズ4の瞳面4c(図1では不図示)と光学的に共役な位置またはその近傍に、シリンドリカルマイクロフライアイレンズ8の入射面が位置決めされている。したがって、シリンドリカル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(輝度分布)は、空間光変調器3aおよびアフォーカルレンズ4の前側レンズ群4aが瞳面4cに形成する光強度分布SP1～SP4に応じた分布となる。空間光変調器3aは、図5に示すように、平面形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SEを含む可動マルチミラーである。

[0048] 各ミラー要素SE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、制御部(不図示)からの指令にしたがって作動する駆動部3abの作用により独立に制御される。各ミラー要素SE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(X方向およびY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SE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。

[0049] なお、各ミラー要素SE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5には外形が正形状のミラー要素SEを示しているが、ミラー要素SE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SE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SEの間隔を必要最小限に抑えることができる。

[0050] 本実施形態では、空間光変調器3a、3b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SE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、たとえば特表平10-503300号公報およびこれに対応する欧州特許公開第779530号公報、特開2004-78136号公報およびこれに対応する米国特許第6,900,915号公報、特表2006-524349号公報およびこれに対応する米国特許第7,095,546号公報、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SE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。

[0051] こうして、第1空間光変調器3aでは、制御部からの制御信号に応じて作動する駆動部3abの作用により、複数のミラー要素SEの姿勢がそれぞれ変化し、各ミラー要素SEがそれぞれ所定の向きに設定される。第1空間光変調器3aの複数のミラー要素SEによりそれぞれ所定の角度で反射された光は、図6に示すように、アフォーカルレンズ4の瞳面に、例えば光軸AXを中心としてZ方向に間隔を隔てた2つの円形状の光強度分布41aおよび41bを形成する。

[0052] 同様に、第2空間光変調器3bでは、制御部からの制御信号に応じて作動する駆動部3bbの作用により、本体3baの複数のミラー要素SEの姿勢がそれぞれ変化し、各ミラー要素SEがそれぞれ所定の向きに設定される。第2空間光変調器3bの複数のミラー要素SEによりそれぞれ所定の角度で反射された光は、図6に示すように、アフォーカルレンズ4の瞳面に、例えば光軸AXを中心としてX方向に間隔を隔てた2つの円形状の光強度分布41cおよび41dを形成する。

[0053] なお、本実施形態において、反射面R1aは光軸AXaに対して第1の角度で斜設され、且つ反射面R1bは光軸AXaに対して第1の角度と大きさが同じ第2の角度で斜設されている。

[0054] また、本実施形態では、空間光変調器3aから反射面R2aまでの光路長と、空間光変調器3bから反射面R2bまでの光路長とが互いに等しいため、アフォーカルレンズ4の瞳面4cから各空間光変調器3a、3bまでの光路長を等しくすることができる。

[0055] アフォーカルレンズ4の瞳面に4極状の光強度分布41を形成した光は、シリンジカルマイクロフライアイレンズ8の入射面、およびシリンジカル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の照明瞳(開口絞り9が配置されている位置)に、光強

度分布41a～41dに対応する4極状の光強度分布を形成する。さらに、開口絞り9と光学的に共役な別の照明瞳位置、すなわち結像光学系12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、光強度分布41a～41dに対応する4極状の光強度分布が形成される。

[0056] すなわち、アフォーカルレンズ4、ズームレンズ7、およびシリンダリカルマイクロフライアイレンズ8は、第1空間光変調器3aおよび第2空間光変調器3bを介した光束に基づいて、照明光学系(2～12)の照明瞳に所定の光強度分布を形成する分布形成光学系を構成している。そして、アフォーカルレンズ4およびズームレンズ7は、オプティカルインテグレータとしてのシリンダリカルマイクロフライアイレンズ8と空間光変調ユニット3との間の光路中に配置された集光光学系を構成している。

[0057] 露光装置では、マスクMのパターンをウェハWに高精度に且つ忠実に転写するために、パターン特性に応じた適切な照明条件のもとで露光を行うことが重要である。本実施形態では、複数のミラー要素SEの姿勢がそれぞれ個別に変化する一对の空間光変調器3a, 3bを備えた空間光変調ユニット3を用いているので、第1空間光変調器3aの作用により照明瞳に形成される第1光強度分布および第2空間光変調器3bの作用により照明瞳に形成される第2光強度分布をそれぞれ自在に且つ迅速に変化させることができる。

[0058] すなわち、第1空間光変調器3aの作用により照明瞳に形成される第1光強度分布と第2空間光変調器3bの作用により照明瞳に形成される第2光強度分布とからなる照明瞳輝度分布を自在に且つ迅速に変化させることができる。その結果、本実施形態では、第1光強度分布および第2光強度分布の形状および大きさをそれぞれ変化させることにより、照明瞳輝度分布の形状および大きさについて多様性に富んだ照明条件を実現することができる。

[0059] また、本実施形態では、一对の空間光変調器3a, 3bを備えた空間光変調ユニット3を用いているので、空間光変調器を単体で使用する場合に比して、ミラー要素SEの反射面に入射する光の単位面積当たりのエネルギーが小さく(例えば1/2に)抑えられる。その結果、本実施形態の空間光変調ユニット3では、長期間に亘って光照射を受けてもミラー要素SEの反射率が低下しにくく、所要の機能を所要期間に亘つ

て安定的に発揮することができる。

[0060] 以上のように、本実施形態において光源1からの光に基づいて被照射面としてのマスクMを照明する照明光学系(2~12)では、所要の機能を安定的に発揮する空間光変調ユニット3を用いて、照明瞳輝度分布の形状および大きさについて多様性に富んだ照明条件を実現することができる。また、本実施形態の露光装置(2~WS)では、多様性に富んだ照明条件を実現する照明光学系(2~12)を用いて、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良好な露光を行うことができる。

[0061] 特に、本実施形態では、第1空間光変調器3aの複数のミラー要素SEの配列される配列面と第2空間光変調器3bの複数のミラー要素SEの配列される配列面とが平行であり、且つ第1空間光変調器3aの複数のミラー要素SEの反射面と第2空間光変調器3bの複数のミラー要素SEの反射面とが対向している。この構成により、一对のプリズム3e, 3fに入射する一对の光束の間隔および一对のプリズム3e, 3fから射出される一对の光束の間隔を小さく抑えることができる。その結果、一对のプリズム3e, 3fの前後の光学系(集光レンズ3d, アフォーカルレンズ4など)の小型化を、ひいては空間光変調ユニット3および照明光学系(2~12)の小型化を図ることができる。

[0062] また、本実施形態では、光分割器として回折光学素子3cを用いているので、空間光変調ユニット3中の空間光変調器3a, 3bに入射する光の強度の均一性を向上させることができるという利点がある。また、回折光学素子3cに入射する光束の位置が変動しても、回折光学素子3cの直後の光束の角度が変化しないので、空間光変調器3a, 3bに入射する光束の位置が変動し難いという利点がある。

[0063] また、本実施形態では、第1空間光変調器3aによる第1光強度分布と第2空間光変調器3bによる第2光強度分布とを照明瞳において異なる場所に形成したが、これらの第1光強度分布と第2光強度分布とは互いにその一部が重畳していても良く、また完全に重畳(第1光強度分布と第2光強度分布とが同じ分布かつ同じ位置に形成)していても良い。

[0064] なお、上述の実施形態では、入射光を2つの光に分割する光分割器として、回折光学素子3cを用いている。しかしながら、これに限定されることなく、例えば図7に示

ように、一対のプリズム部材3gaと3gbとを有するプリズムユニット3gを用いて入射光束を2つの光束に分割する構成も可能である。図7の変形例は図2の実施形態と類似の構成を有するが、回折光学素子3cおよび集光レンズ3dに代えてプリズムユニット3gが配置されている点だけが相違している。図7では、図2に示す構成要素と同様の機能を有する要素に、図2と同じ参照符号を付している。

[0065] 図7の変形例において光分割器として機能するプリズムユニット3gは、光源側(図中左側)から順に、光源側に平面を向け且つマスク側(図中右側)に凹状で且つV字状の屈折面を向けた第1プリズム部材3gaと、マスク側に平面を向け且つ光源側に凸状で且つV字状の屈折面を向けた第2プリズム部材3gbとにより構成されている。第1プリズム部材3gaの凹状屈折面は2つの平面から構成され、その交線(稜線)はX方向に沿って延びている。第2プリズム部材3gbの凸状屈折面は、第1プリズム部材3gaの凹状屈折面と相補的に形成されている。すなわち、第2プリズム部材3gbの凸状屈折面も2つの平面から構成され、その交線(稜線)はX方向に沿って延びている。図7の変形例では、一対のプリズム部材3gaと3gbとにより光分割器としてのプリズムユニット3gを構成しているが、少なくとも1つのプリズムを用いて光分割器を構成することもできる。さらに、光分割器の具体的な構成については様々な形態が可能である。

[0066] なお、上述の実施形態および図7の変形例では、第1空間光変調器3aの複数のミラー要素SEがプリズム3eに近接して配置され、第2空間光変調器3bの複数のミラー要素SEがプリズム3fに近接して配置されている。この場合、プリズム3e、3fが複数のミラー要素SEのカバー部材の役目を果たすことになり、空間光変調器3a、3bの耐久性の向上を図ることができる。

[0067] また、上述の実施形態および図7の変形例では、回折光学素子3cまたはプリズムユニット3gに矩形状の断面を有する光束が入射する場合、プリズム3e、3fの小型化、ひいては空間光変調ユニット3の小型化を図るには、矩形状の断面の短辺方向に入射光束を分割することができる。換言すれば、空間光変調ユニット3中の空間光変調器3a、3bの有効領域の長手方向を法線とする面内で入射光束を分割することができる。

[0068] また、上述の実施形態および図7の変形例では、プリズム3eの入射側の反射面R1

aは光分割器としての回折光学素子3cまたはプリズムユニット3gを経た光を第1空間光変調器3aに向かって偏向する第1偏向面を構成し、プリズム3fの入射側の反射面R1bは回折光学素子3cまたはプリズムユニット3gを経た光を第2空間光変調器3bに向かって偏向する第2偏向面を構成している。そして、回折光学素子3cまたはプリズムユニット3gと反射面R1aと反射面R1bとは、入射光を2つの光(一般には複数の光)に分割し、第1の光を第1空間光変調器3aへ導き且つ第2の光を第2空間光変調器3bへ導く分割導光部材を構成している。

[0069] また、プリズム3eの射出側の反射面R2aは第1空間光変調器3aを経た光を後続の光学系であるアフォーカルレンズ4に向かって偏向する第3偏向面を構成し、プリズム3fの射出側の反射面R2bは第2空間光変調器3bを経た光をアフォーカルレンズ4に向かって偏向する第4偏向面を構成している。第1偏向面～第4偏向面は、プリズムと気体との界面での全反射により光を偏向してもよいし、界面に設けられた反射膜の作用により光を偏向してもよい。第1偏向面～第4偏向面の具体的な構成、分割導光部材の具体的な構成、空間光変調ユニットの具体的な構成については、様々な形態が可能である。

[0070] 以下、図8および図9を参照して、1つのプリズムの形態を有する分割導光部材を備えた空間光変調ユニットの2つの変形例の要部構成を説明する。図8の変形例では、分割導光部材として、XY平面に沿った断面が三角形状で全体として三角柱状の形態を有するプリズム3hを用いている。プリズム3hは、光軸AXを含んでXY平面に平行な面に関して対称な一对の側面3haおよび3hbを有する。側面3haは入射した光を第1空間光変調器3aの本体3aaに向かって反射する表面反射面R1aとして機能し、側面3hbは入射した光を第2空間光変調器3bの本体3baに向かって反射する表面反射面R1bとして機能する。そして、プリズム3hでは、反射面R1aとR1bとの稜線に沿って入射光を2つの光に分割する。

[0071] 換言すれば、分割導光部材としてのプリズム3hは、入射した光を第1空間光変調器3aに向かって偏向する第1偏向面R1aと、入射した光を第2空間光変調器3bに向かって偏向する第2偏向面R1bとを有し、第1偏向面R1aと第2偏向面R1bとの稜線に沿って入射光を第1の光と第2の光とに分割する。第1空間光変調器3aを経た光

は、平面反射鏡3jの反射面(第3偏向面)R2aで反射されて、空間光変調ユニット3から射出される。第2空間光変調器3bを経た光は、平面反射鏡3kの反射面(第4偏向面)R2bで反射されて、空間光変調ユニット3から射出される。

[0072] ここで、第1偏向面R1aは照明光学系の光軸に対して第1の角度で斜設され、第2偏向面R1bは照明光学系の光軸に対して第1の角度と大きさが同じ第2の角度で斜設されている。また、図8の変形例においても、第1空間光変調器3aから第3偏向面R2aまでの光路長と、第2空間光変調器3bから第4偏向面R2bまでの光路長とは互いに等しくなっている。

[0073] また、図8の変形例では、分割導光部材とみなすことのできるプリズム3hの稜線が位置する面を入射光を複数の光に分割する光分割面とすることができ、この光分割面から第1空間光変調器3aを経て後続の光学系(たとえばレンズ4c)に至る第1の光路と、この光分割面から第2空間光変調器3bを経て後続の光学系(たとえばレンズ4c)に至る第2の光路とには、入射光の偏光状態を変化させる光透過部材は配置されない。これにより、照明瞳面に形成される瞳強度分布における偏光状態の制御をより良好にすることができる。

[0074] 図9の変形例では、分割導光部材として、XY平面に沿った断面が菱形形状で四角柱状の形態を有するプリズム3mを備えている。プリズム3mは、光軸AXを含んでXY平面に平行な面に関して対称な一对の側面3maおよび3mbを有する。側面3maは入射した光を第1空間光変調器3aの本体3aaに向かって反射する反射面R1aとして機能し、側面3mbは入射した光を第2空間光変調器3bの本体3baに向かって反射する反射面R1bとして機能する。そして、プリズム3mでは、反射面(第1偏向面)R1aと反射面(第2偏向面)R1bとの稜線に沿って入射光を2つの光に分割する。

[0075] 第1空間光変調器3aおよび第2空間光変調器3bを経た光は、図示のような角柱状のプリズム3nおよび3pに入射する。プリズム3nの側面3naは第1空間光変調器3aを経た光を後続の光学系に向かって偏向する第3偏向面R2aとして機能し、プリズム3pの側面3paは第2空間光変調器3bを経た光を後続の光学系に向かって偏向する第4偏向面R2bとして機能する。すなわち、第1空間光変調器3aおよび第2空間光変調器3bを経た光は、第3偏向面R2aおよび第4偏向面R2bで偏向されて、空間光

変調ユニット3から射出される。図8の変形例および図9の変形例において、プリズム3h、3m、3n、3pのXY平面に沿った断面の形状については、様々な形態が可能である。

[0076] ここで、第1偏向面R1aは照明光学系の光軸に対して第1の角度で斜設され、第2偏向面R1bは照明光学系の光軸に対して第1の角度と大きさが同じ第2の角度で斜設されている。また、図9の変形例においても、第1空間光変調器3aから第3偏向面R2aまでの光路長と、第2空間光変調器3bから第4偏向面R2bまでの光路長とは互いに等しくなっている。

[0077] また、図9の変形例では、分割導光部材とみなすことのできるプリズム3mの稜線が位置する面を入射光を複数の光に分割する光分割面とすることができ、この光分割面から第1空間光変調器3aを経て後続の光学系(たとえばレンズ4c)に至る第1の光路と、この光分割面から第2空間光変調器3bを経て後続の光学系(たとえばレンズ4c)に至る第2の光路とに配置される光透過部材3n、3pは、入射光の偏光状態を維持する光透過部材である。これにより、照明瞳面に形成される瞳強度分布における偏光状態の制御をより良好にすることができる。このような、入射光の偏光状態を維持する光透過部材としては、たとえば石英ガラスを適用することができる。

[0078] 図8および図9に示した変形例では、入射光を分割する光分割器と、分割された光を第1空間光変調器3aに向かって偏向する第1偏向面と、分割された別の光を第2空間光変調器に向かって偏向する第2偏向面とを兼用しているため、空間光変調ユニット3自体を非常に小型化することができる利点がある。したがって、これらの変形例にかかる空間光変調ユニット3を、既存の露光装置における照明輝度分布生成素子(たとえば回折光学素子)の代わりに組み込む際に、既存の露光装置の改造を最小限にすることができる。

[0079] また、上述の実施形態における一対のプリズム3eおよび3fと、一対の空間光変調器3aおよび3bとから空間光変調ユニットを形成してもよい。この場合には、プリズム3eの反射面R1aとプリズム3fの反射面R1bとが、入射光を第1の光と第2の光とに分割する光分割器と見なすことができ、プリズム3eの反射面R1aが第1の光を第1空間光変調器3aに向かって偏向する第1偏向面と見なすことができ、プリズム3fの反射面R

1bが第2の光を第2空間光変調器3bに向かって偏向する第2偏向面と見なすことができる。また、この場合、プリズム3eの反射面R2aが第1空間光変調器3aを経た光を後続の光学系に向かって偏向する第3偏向面と見なすことができ、プリズム3fの反射面R2bが第2空間光変調器3bを経た光を後続の光学系に向かって偏向する第4偏向面と見なすことができる。

[0080] この場合、プリズム3e(3f)の入射面IPから第1空間光変調器3aのミラー要素を経て射出面OPまでの空気換算長がプリズム3e(3f)が光路中に配置されていないときに入射面IPから射出面OPに相当する位置までの空気換算長と等しくなるように構成されているため、既存の露光装置における照明輝度分布生成素子(たとえば回折光学素子)の代わりに組み込む際に、既存の露光装置の改造を最小限にすることができる、特に光学系に関しては無改造とすることができる。

[0081] なお、上述の実施形態および各変形例では、第1偏向面R1aまたはその延長面と第2偏向面R1bまたはその延長面とが、鋭角の角度をなし、入射する光に対して凸を向けるように配置されている。この構成より、空間光変調ユニット3のコンパクトな設計が可能になる。

[0082] また、上述の実施形態および各変形例では、空間光変調器3aおよび3bの基準状態において、分割導光部材(3c~3f;3e~3g;3h;3m)への入射光の進行方向と、第3偏向面R2aから射出される射出光の進行方向と、第4偏向面R2bから射出される射出光の進行方向とが互いに平行になるように構成されている。また、第3偏向面R2aからの射出光の基準状態での進行方向および第4偏向面R2bからの射出光の基準状態での進行方向は、照明光学系の光軸AXと平行(場合によっては一致)になるように構成されている。この構成により、空間光変調ユニット3の上流と下流とで光路が同軸(場合によっては平行)になるので、例えば照明瞳輝度分布の形成のために回折光学素子を用いる従来の照明光学系と光学系を共用することができる。

[0083] また、上述の実施形態および各変形例では、空間光変調ユニット3を照明光路に対して挿脱自在に構成する場合、空間光変調器の本体3a, 3bなどに接続されているケーブルが円滑な挿脱動作を妨げることがないように、Z方向ではなくX方向に沿って空間光変調ユニット3を移動させることができる。

[0084] また、上述の実施形態および各変形例では、空間光変調ユニット3とシリンドリカルマイクロフライアイレンズ8との間の光路中に、アフォーカルレンズ4、円錐アキシコン系6、およびズームレンズ7が配置されている。しかしながら、これに限定されることなく、これらの光学部材に代えて、例えばフーリエ変換レンズとして機能する集光光学系を配置することもできる。

[0085] なお、上述の説明では、二次元的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空間光変調器として、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、たとえば特開平6-281869号公報及びこれに対応する米国特許第5,312,513号公報、並びに特表2004-520618号公報およびこれに対応する米国特許第6,885,493号公報の図1d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、たとえば特表2006-513442号公報およびこれに対応する米国特許第6,891,655号公報や、特表2005-524112号公報およびこれに対応する米国特許公開第2005/0095749号公報の開示に従って変形しても良い。

[0086] また、上述の説明では、複数のミラー要素を有する反射型の空間光変調器を用いているが、これに限定されることなく、たとえば米国特許第5,229,872号公報に開示される透過型の空間光変調器を用いても良い。

[0087] 上述の実施形態並びに各変形例において、空間光変調ユニットを用いて照明瞳輝度分布を形成する際に、瞳輝度分布計測装置で照明瞳輝度分布を計測しつつ、この計測結果に応じて空間光変調ユニット中の各空間光変調器を制御してもよい。このような技術は、たとえば特開2006-54328号公報や特開2003-22967号公報およびこれに対応する米国特許公開第2003/0038225号公報に開示されている。

[0088] また、上述の実施形態並びに各変形例において、複数の空間光変調器3a, 3bに

異なる偏光状態の光を入射させる構成であっても良い。この場合、図2に示した実施形態および図7に示した変形例では、たとえば一对のプリズム3e, 3fに入射する一对の光束の光路に偏光光学部材を配置すれば良い。ここで、偏光光学部材を一对のプリズム3e, 3fの入射面IPに設けても良い。

[0089] また、図8および図9の変形例では、たとえば分割導光部材としてのプリズム3hと各空間光変調器3a, 3bとの間の光路に偏光光学部材を配置すれば良い。なお、プリズム3hの反射面(第1偏向面R1aまたは第2偏向面R1b)に設けられる反射膜として、互いに直交する偏光成分間に位相差を与える反射膜を適用して、各空間光変調器3a, 3bに向かう光の偏光状態を変更しても良い。この場合、互いに直交する偏光成分間に位相差を与える反射膜を偏光光学部材とみなすことができる。

[0090] 上述した偏光光学部材としては、波長板や旋光子などの位相部材や偏光子などを用いることができる。また、偏光光学部材は、分割導光部材と第1空間光変調器3aとの間の光路と分割導光部材と第2空間光変調器3bとの間の光路との少なくとも一方の光路に配置されていればよい。

[0091] なお、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。このような可変パターン形成装置を用いれば、パターン面が縦置きでも同期精度に及ぼす影響を最低限にできる。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DMD(デジタル・マイクロミラー・デバイス)を用いることができる。DMDを用いた露光装置は、例えば特開2004-304135号公報、国際特許公開第2006/080285号パンフレットに開示されている。また、DMD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。なお、パターン面が横置きの場合であっても可変パターン形成装置を用いても良い。

[0092] 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氣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うことが望ましい。

[0093] 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10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10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ジストを塗布する(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S44: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リジストの現像を行う(ステップS46:現像工程)。その後、ステップS46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S48:加工工程)。

[0094] 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リジスト層であって、その凹部がフォトリジスト層を貫通しているものである。ステップS48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S48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S44では、上述の実施形態の投影露光装置は、フォトリジストが塗布されたウェハWを、感光性基板つまりプレートPとしてパターンの転写を行う。

[0095] 図11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11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S50)、カラーフィルタ形成工程(ステップS52)、セル組立工程(ステップS54)およびモ

ジュール組立工程(ステップS56)を順次行う。

- [0096] ステップS50のパターン形成工程では、プレートPとしてフォトリソ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リソ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リソ層の現像を行い、パターンに対応する形状のフォトリソ層を生成する現像工程と、この現像されたフォトリソ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。
- [0097] ステップS52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。
- [0098] 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。
- [0099] 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(フォトリソマスク、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。
- [0100] なお、上述の実施形態では、露光光としてArFエキシマレーザー光(波長:193nm)やKrFエキシマレーザー光(波長:248nm)を用いているが、これに限定されることなく、他の適当なレーザー光源、たとえば波長157nmのレーザー光を供給するF₂レーザー光

源などに対して本発明を適用することもできる。

[0101] また、上述の実施形態では、露光装置においてマスク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。

[0102] また、上述の実施形態では、オブティカルインテグレータとして、複数の微小レンズ面を備えた波面分割型のマイクロフライアイレンズ(フライアイレンズ)を用いたが、その代わりに、内面反射型のオブティカルインテグレータ(典型的にはロッド型インテグレータ)を用いても良い。この場合、ズームレンズ7の後側にその前側焦点位置がズームレンズ7の後側焦点位置と一致するように集光レンズを配置し、この集光レンズの後側焦点位置またはその近傍に入射端が位置決めされるようにロッド型インテグレータを配置する。このとき、ロッド型インテグレータの射出端がマスクブラインド11の位置になる。ロッド型インテグレータを用いる場合、このロッド型インテグレータの下流の結像光学系12内の、投影光学系PLの開口絞りASの位置と光学的に共役な位置を照明瞳面と呼ぶことができる。また、ロッド型インテグレータの入射面の位置には、照明瞳面の二次光源の虚像が形成されることになるため、この位置およびこの位置と光学的に共役な位置も照明瞳面と呼ぶことができる。

[0103] 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、上述の実施形態において、米国公開公報第2006/0170901号及び第2007/0146676号に開示されるいわゆる偏光照明方法を適用することも可能である。

[0104] 以上説明した実施形態は、本発明の理解を容易にするために記載されたものであって、本発明を限定するために記載されたものではない。したがって、上記の実施形

態に開示された各要素は、本発明の技術的範囲に属する全ての設計変更や均等物をも含む趣旨である。また、上記実施形態の各構成要素等は、いずれの組み合わせ等も可能とすることができる。

請求の範囲

- [1] 光源からの光に基づいて被照射面を照明する照明光学系と共に用いられ、前記照明光学系の瞳面に所望の光強度分布を形成するための空間光変調ユニットであつて、
- 二次元的に配列されて個別に制御される複数の光学要素を有し、入射した光に空間的な光変調を付与して射出する第1空間光変調器と、
- 二次元的に配列されて個別に制御される複数の光学要素を有し、入射した光に空間的な光変調を付与して射出する第2空間光変調器と、
- 入射光を複数の光に分割し、該複数の光のうちの第1の光を前記第1空間光変調器へ導き且つ前記複数の光のうちの第2の光を前記第2空間光変調器へ導く分割導光部材とを備えていることを特徴とする空間光変調ユニット。
- [2] 前記第1空間光変調器および前記第2空間光変調器は、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それぞれ有することを特徴とする請求項1に記載の空間光変調ユニット。
- [3] 前記第1空間光変調器の前記複数のミラー要素の配列される配列面と前記第2空間光変調器の前記複数のミラー要素の配列される配列面とはほぼ平行であり、且つ前記第1空間光変調器の前記複数のミラー要素の反射面と前記第2空間光変調器の前記複数のミラー要素の反射面とは対向していることを特徴とする請求項2に記載の空間光変調ユニット。
- [4] 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2または3に記載の空間光変調ユニット。
- [5] 前記分割導光部材は、前記入射光を前記第1の光と前記第2の光とに分割する光分割器と、該光分割器を経た前記第1の光を前記第1空間光変調器に向かって偏向する第1偏向面と、前記光分割器を経た前記第2の光を前記第2空間光変調器に向かって偏向する第2偏向面とを有することを特徴とする請求項1乃至4のいずれか1項に記載の空間光変調ユニット。
- [6] 前記光分割器は、少なくとも1つのプリズムを有することを特徴とする請求項5に記載の空間光変調ユニット。

- [7] 前記光分割器は、回折光学素子を有することを特徴とする請求項5に記載の空間光変調ユニット。
- [8] 前記分割導光部材は、入射した光を前記第1空間光変調器に向かって偏向する第1偏向面と、入射した光を前記第2空間光変調器に向かって偏向する第2偏向面とを有し、前記第1偏向面と前記第2偏向面との稜線に沿って前記入射光を前記第1の光と前記第2の光とに分割することを特徴とする請求項1乃至4のいずれか1項に記載の空間光変調ユニット。
- [9] 前記分割導光部材は、1つのプリズムの形態を有することを特徴とする請求項8に記載の空間光変調ユニット。
- [10] 前記第1偏向面またはその延長面と前記第2偏向面またはその延長面とのなす角度は鋭角であることを特徴とする請求項5乃至9のいずれか1項に記載の空間光変調ユニット。
- [11] 前記第1偏向面またはその延長面と前記第2偏向面またはその延長面とは、入射する光に対して凸を向けるように配置されていることを特徴とする請求項10に記載の空間光変調ユニット。
- [12] 前記第1偏向面は前記照明光学系の光軸に対して第1の角度をなして斜設され、前記第2偏向面は前記照明光学系の前記光軸に対して第2の角度をなして斜設され、前記第1の角度の大きさと前記第2の角度の大きさが互いに等しいことを特徴とする請求項5乃至11のいずれか1項に記載の空間光変調ユニット。
- [13] 前記第1空間光変調器を経た光を後続の光学系に向かって偏向する第3偏向面と、前記第2空間光変調器を経た光を前記後続の光学系に向かって偏向する第4偏向面とをさらに備えていることを特徴とする請求項1乃至12のいずれか1項に記載の空間光変調ユニット。
- [14] 前記分割導光部材に入射する前記入射光の進行方向と、前記第3偏向面から射出される射出光の基準状態での進行方向と、前記第4偏向面から射出される射出光の前記基準状態での進行方向とは互いに平行であることを特徴とする請求項13に記載の空間光変調ユニット。
- [15] 前記第3偏向面からの前記射出光の前記基準状態での進行方向および前記第4偏

向面からの前記射出光の前記基準状態での進行方向は、前記照明光学系の光軸と一致または平行であることを特徴とする請求項14に記載の空間光変調ユニット。

- [16] 前記第1空間光変調器から前記第3偏向面までの光路長と、前記第2空間光変調器から前記第4偏向面までの光路長とは互いに等しいことを特徴とする請求項13乃至15のいずれか1項に記載の空間光変調ユニット。

- [17] 前記分割導光部材は、入射した光を前記第1空間光変調器に向かって偏向する第1偏向面と、入射した光を前記第2空間光変調器に向かって偏向する第2偏向面とを有し、

前記第1偏向面と前記第2偏向面とは表面反射面であることを特徴とする請求項1乃至16のいずれか1項に記載の空間光変調ユニット。

- [18] 前記第1空間光変調器を経た光を後続の光学系に向かって偏向する第3偏向面と、前記第2空間光変調器を経た光を前記後続の光学系に向かって偏向する第4偏向面とをさらに備え、

前記第3偏向面と前記第4偏向面とは表面反射面であることを特徴とする請求項17に記載の空間光変調ユニット。

- [19] 前記第1空間光変調器を経た光を後続の光学系に向かって偏向する第3偏向面と、前記第2空間光変調器を経た光を前記後続の光学系に向かって偏向する第4偏向面とをさらに備え、

前記第3偏向面と前記第4偏向面とは内面反射面であることを特徴とする請求項17に記載の空間光変調ユニット。

- [20] 前記空間光変調ユニットは、前記照明光学系の光路に対して挿脱可能であることを特徴とする請求項1乃至19のいずれか1項に記載の空間光変調ユニット。

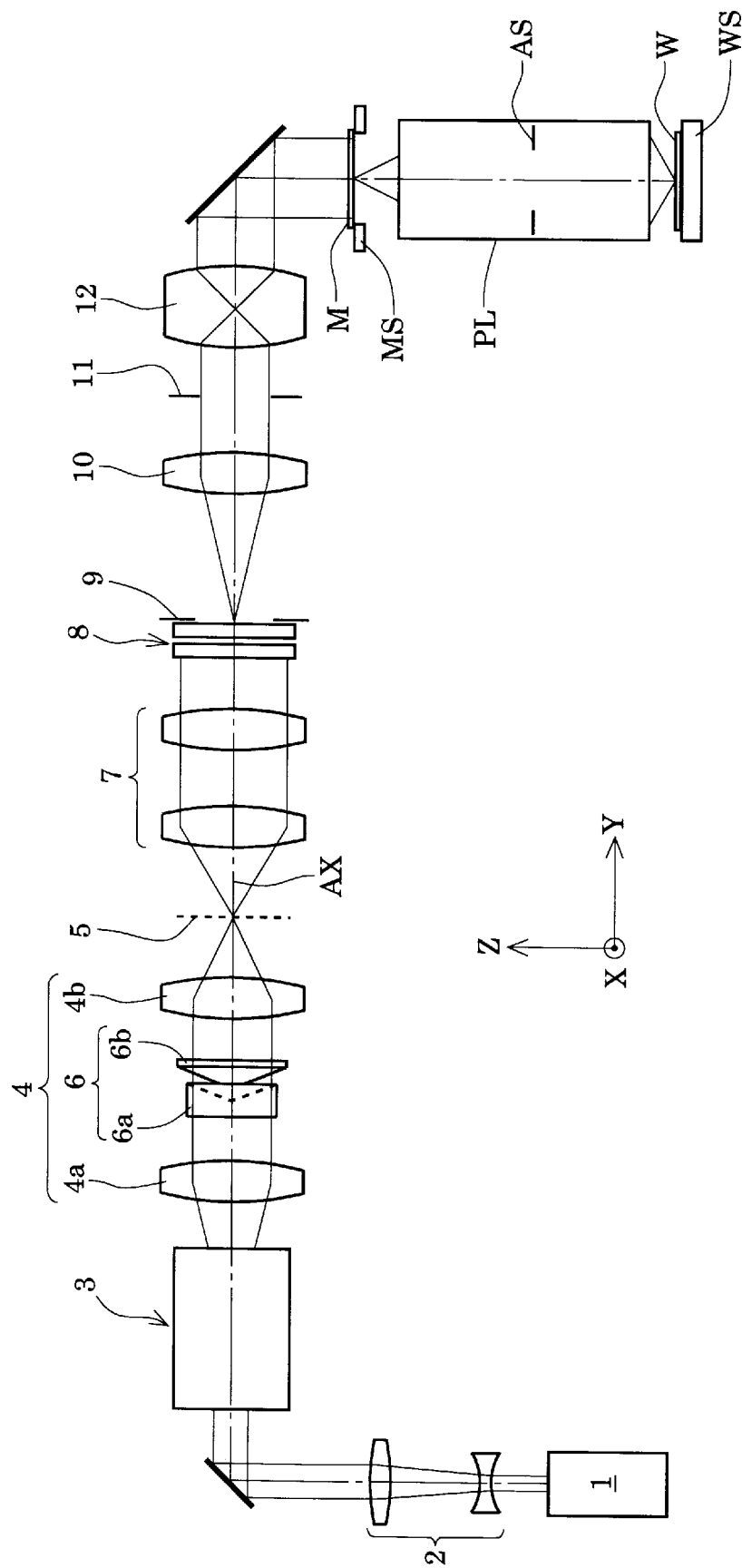
- [21] 前記分割導光部材は、光分割面にて前記入射光を前記複数の光に分割し、前記光分割面から前記第1空間光変調器を経て後続の光学系に至る第1の光路と、前記光分割面から前記第2空間光変調器を経て前記後続の光学系に至る第2の光路とに配置される光透過部材は、入射光の偏光状態を維持する光透過部材であることを特徴とする請求項1乃至20のいずれか1項に記載の空間光変調ユニット。

- [22] 前記分割導光部材と前記第1空間光変調器との間の光路と、前記分割導光部材と

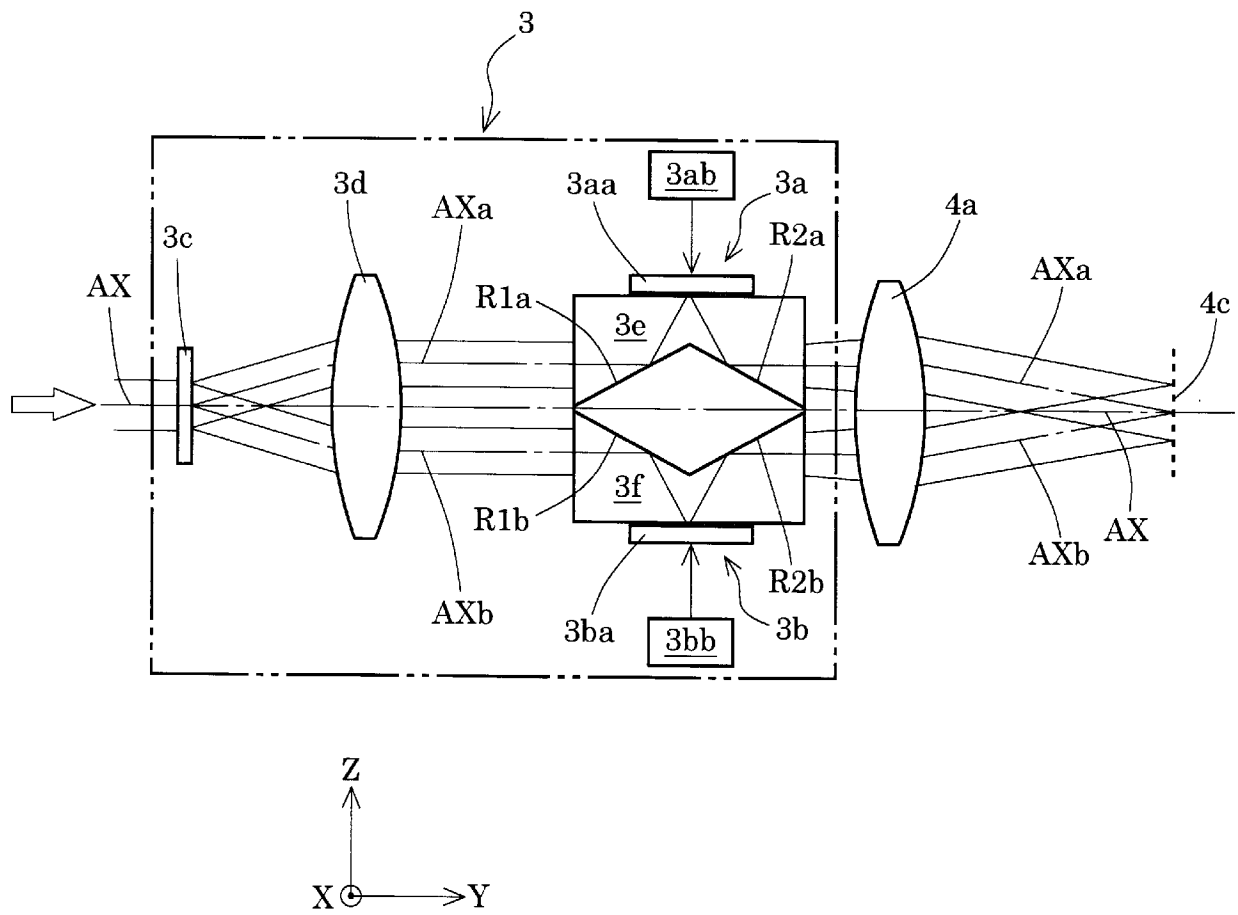
前記第2空間光変調器との間の光路との少なくとも一方の光路に配置されて、入射光の偏光状態を変化させて射出する偏光光学部材を備えることを特徴とする請求項1乃至20のいずれか1項に記載の空間光変調ユニット。

- [23] 光源からの光に基づいて被照射面を照明する照明光学系において、
請求項1乃至22のいずれか1項に記載の空間光変調ユニットと、
前記第1空間光変調器および前記第2空間光変調器を介した光に基づいて、前記照明光学系の照明瞳に所定の光強度分布を形成する分布形成光学系とを備えていることを特徴とする照明光学系。
- [24] 前記分布形成光学系は、オブティカルインテグレータと、該オブティカルインテグレータと前記空間光変調ユニットとの間の光路中に配置された集光光学系とを有することを特徴とする請求項23に記載の照明光学系。
- [25] 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て用いられ、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23または24に記載の照明光学系。
- [26] 所定のパターンを照明するための請求項23乃至25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に露光することを特徴とする露光装置。
- [27] 請求項26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露光工程と、
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現像工程と、
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加工工程とを含むことを特徴とするデバイス製造方法。

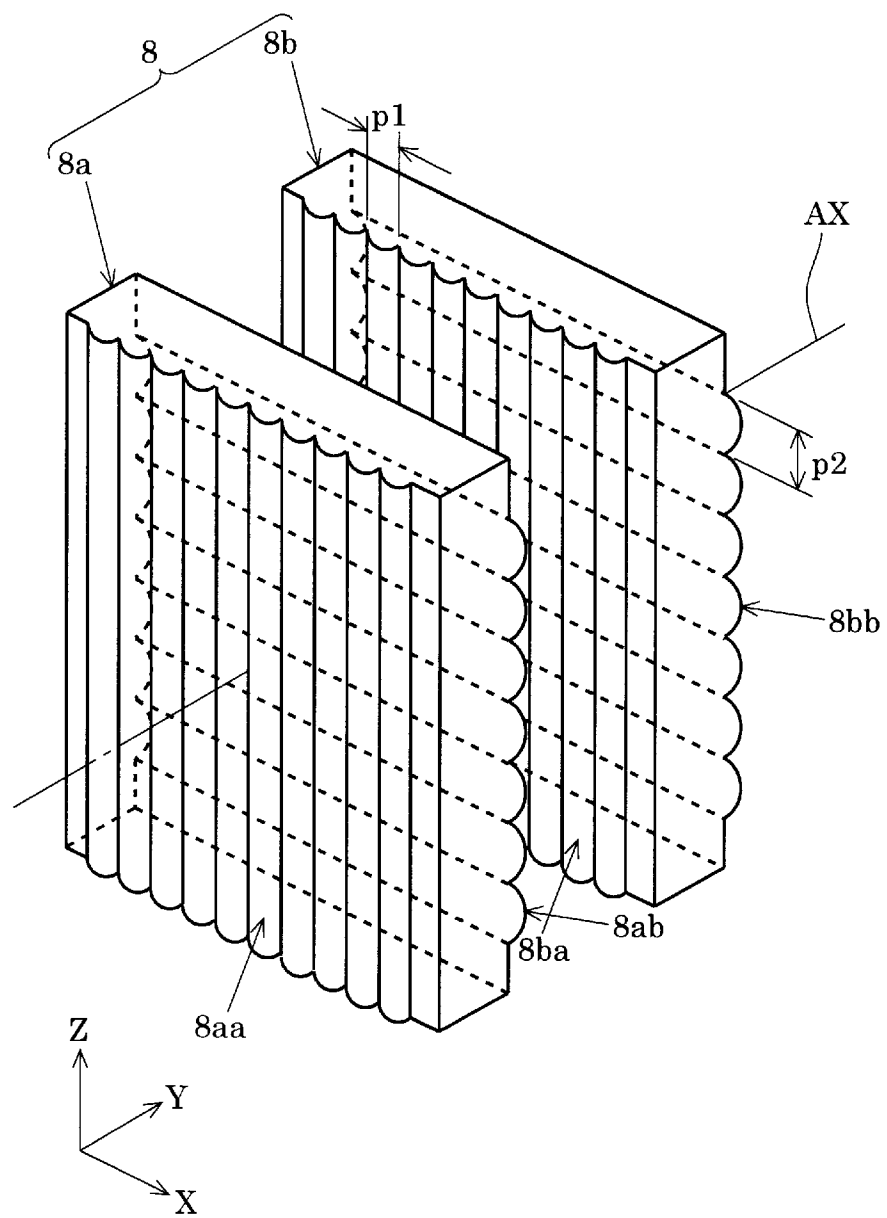
[図1]



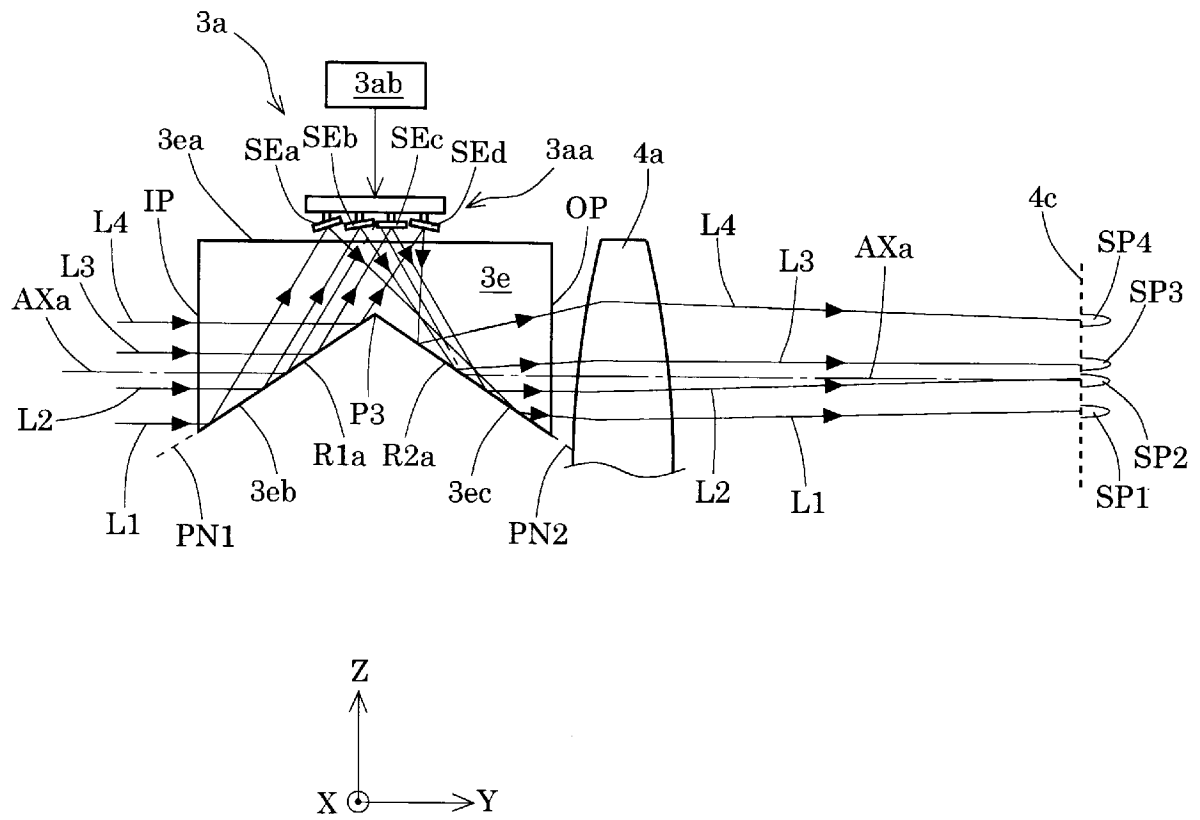
[図2]



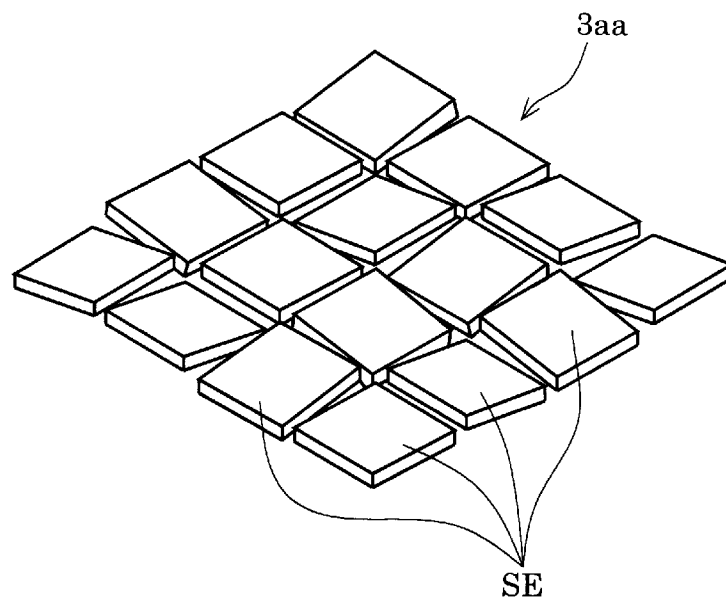
[図3]



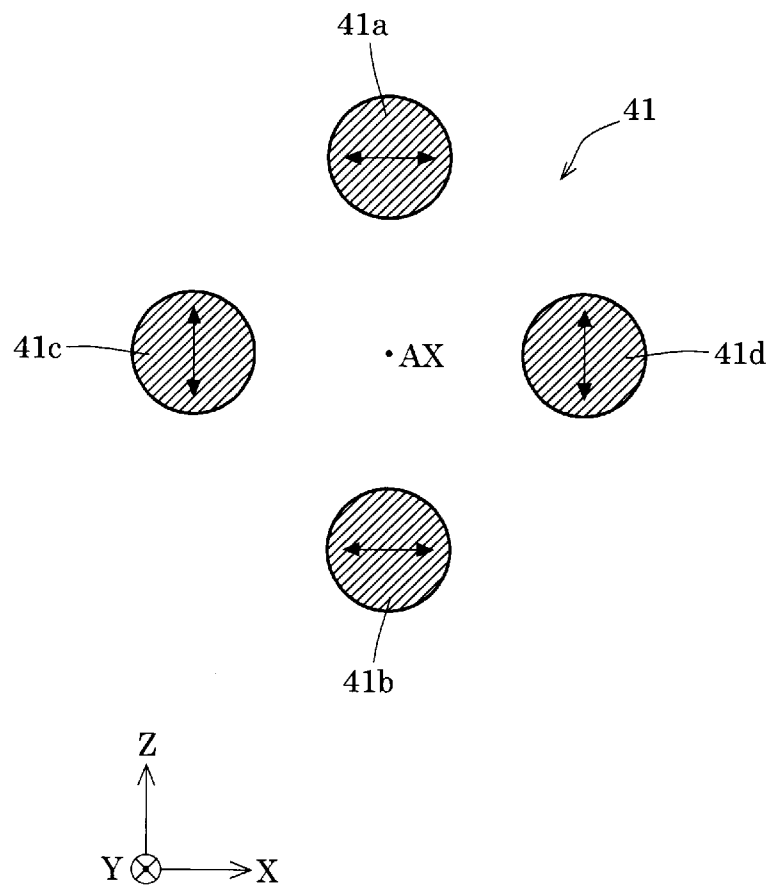
[図4]



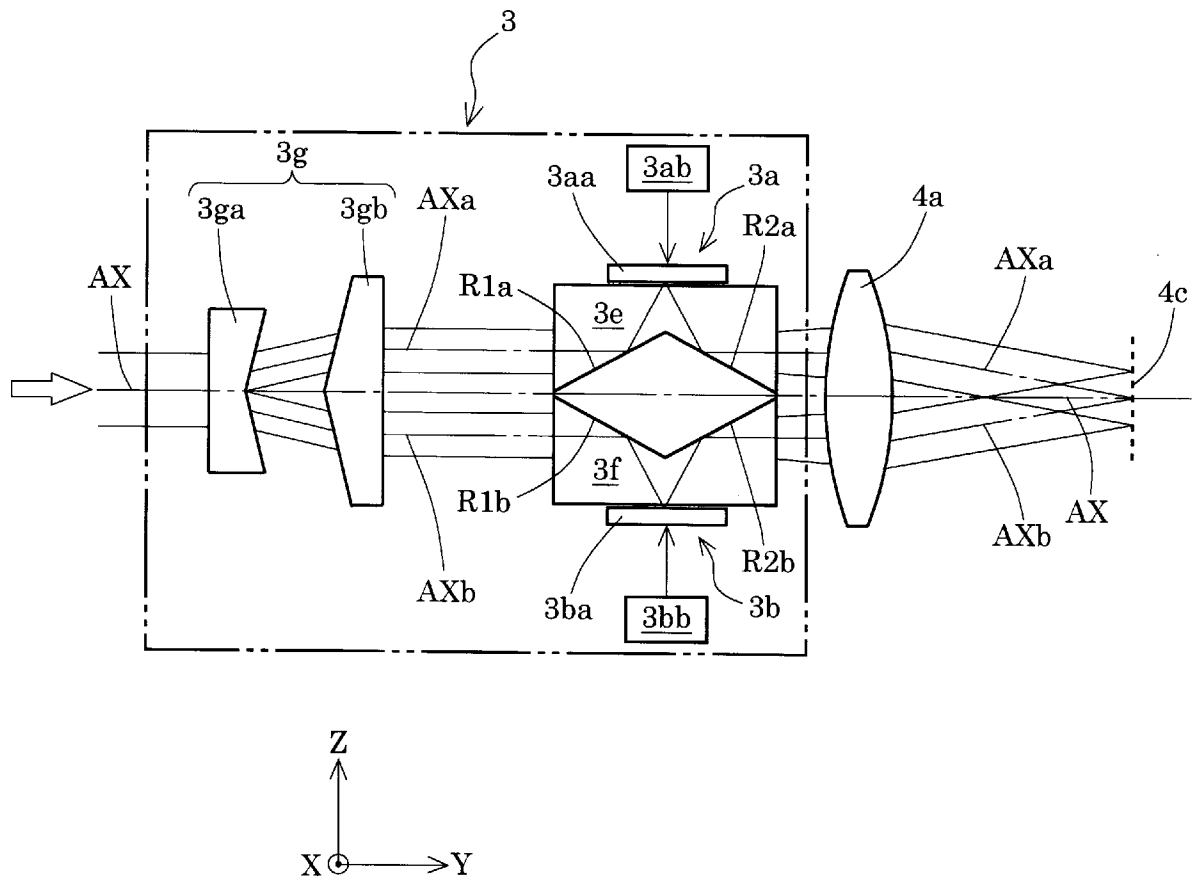
[図5]



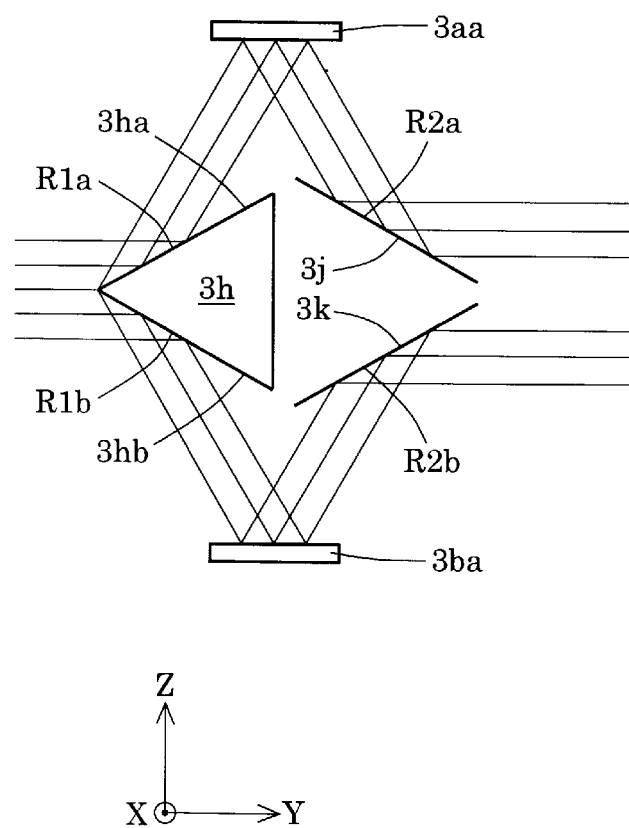
[図6]



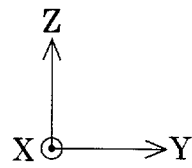
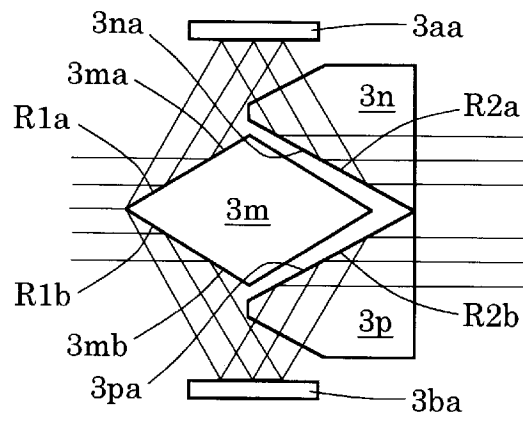
[図7]



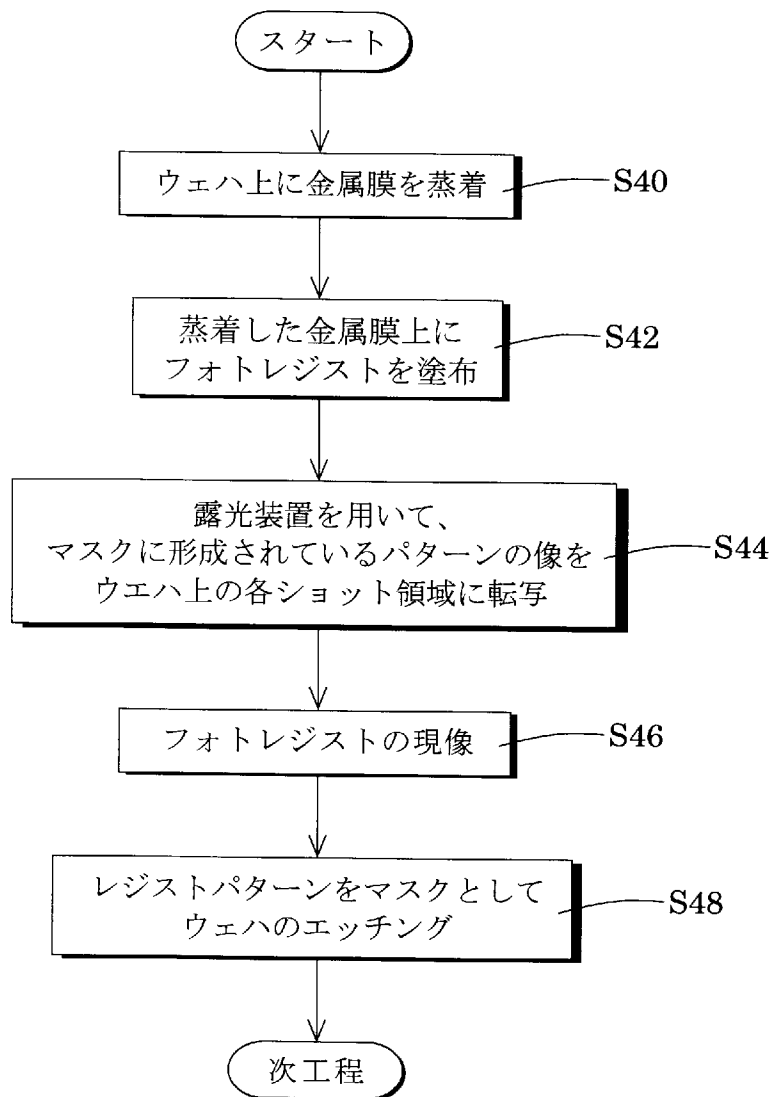
[図8]



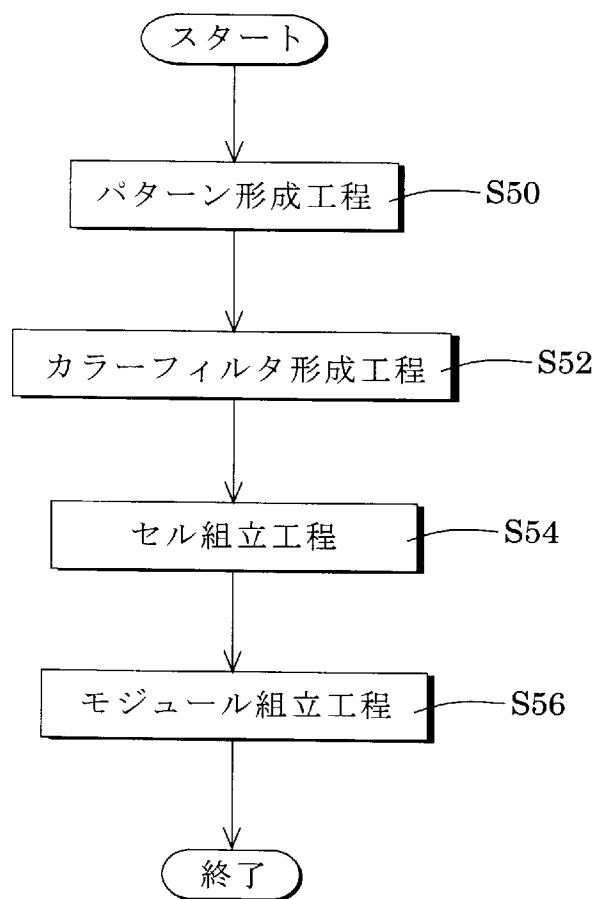
[[図]9]



[図10]



[図11]



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2009/053630

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

H01L21/027(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

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 1996-2009

Kokai Jitsuyo Shinan Koho 1971-2009 Toroku Jitsuyo Shinan Koho 1994-2009

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.
Y	JP 2005-236088 A (NIKON CORP.), 02 September, 2005 (02.09.05), Full text; (particularly, Par. Nos. [0027] to [0034]) (Family: none)	1-27
Y	JP 2002-353105 A (NIKON CORP.), 06 December, 2002 (06.12.02), Full text (Family: none)	1-27
Y	JP 06-333795 A (CANON INC.), 02 December, 1994 (02.12.94), Full text; (particularly, Par. Nos. [0038] to [0040]) (Family: none)	20

☒ 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
27 May, 2009 (27.05.09)Date of mailing of the international search report
09 June, 2009 (09.06.09)Name and mailing address of the ISA/
Japanese Patent Office

Authorized officer

Facsimile No.

Telephone No.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2009/053630

C (Continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
E, X	JP 2009-105396 A (NIKON CORP.), 14 May, 2009 (14.05.09), Full text & WO 2009/054541 A2 & US 2009/109417 A1	1-19, 21-27
E, X	WO 2009/050977 A1 (NIKON CORP.), 23 April, 2009 (23.04.09), Full text; (particularly, Claim 7) & US 2009/097094 A1	1-19, 21-27
A	JP 2005-093522 A (CANON INC.), 07 April, 2005 (07.04.05), Full text & US 2006/0012769 A1 & US 2007/0146677 A1 & EP 1668679 A1 & WO 2005/027207 A1 & KR 10-2006-0087551 A & TW 274375 B	1-27
A	JP 2006-013518 A (ASML NETHERLANDS B.V.), 12 January, 2006 (12.01.06), Full text & US 2005/0286035 A1	1-27
A	WO 2005/036619 A1 (NIKON CORP.), 21 April, 2005 (21.04.05), Full text; (particularly, Par. Nos. [0022] to [0024]) (Family: none)	1-27

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

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

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 0 9 年
日本国実用新案登録公報	1 9 9 6 - 2 0 0 9 年
日本国登録実用新案公報	1 9 9 4 - 2 0 0 9 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
Y	JP 2005-236088 A (NIKON CORP.) 2005.09.02, 全文（特に、[0027]-[0034]）（ファミリーなし）	1-27
Y	JP 2002-353105 A (NIKON CORP.) 2002.12.06, 全文（ファミリーなし）	1-27
Y	JP 06-333795 A (CANON INC.) 1994.12.02, 全文（特に、[0038]-[0040]）（ファミリーなし）	20

☒ 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

2 7 . 0 5 . 2 0 0 9

国際調査報告の発送日

0 9 . 0 6 . 2 0 0 9

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）

佐藤 秀樹

2 M

3 1 5 4

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
E, X	JP 2009-105396 A (NIKON CORP.) 2009.05.14, 全文 & WO 2009/054541 A2 & US 2009/109417 A1	1-19, 21-27
E, X	WO 2009/050977 A1 (NIKON CORP.) 2009.04.23, 全文 (特に、請求項 7) & US 2009/097094 A1	1-19, 21-27
A	JP 2005-093522 A (CANON INC.) 2005.04.07, 全文 & US 2006/0012769 A1 & US 2007/0146677 A1 & EP 1668679 A1 & WO 2005/027207 A1 & KR 10-2006-0087551 A & TW 274375 B	1-27
A	JP 2006-013518 A (ASML NETHERLANDS B.V.) 2006.01.12, 全文 & US 2005/0286035 A1	1-27
A	WO 2005/036619 A1 (NIKON CORP.) 2005.04.21, 全文 (特に、[0022]-[0024]) (ファミリーなし)	1-27