

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特許公報(B2)

(11) 特許番号

特許第5447369号
(P5447369)

(45) 発行日 平成26年3月19日(2014.3.19)

(24) 登録日 平成26年1月10日(2014.1.10)

(51) Int.Cl.

H01L 21/027 (2006.01)

F 1

H01L 21/30 515D

請求項の数 15 (全 17 頁)

(21) 出願番号 特願2010-506474 (P2010-506474)
 (86) (22) 出願日 平成20年10月23日 (2008.10.23)
 (65) 公表番号 特表2011-503835 (P2011-503835A)
 (43) 公表日 平成23年1月27日 (2011.1.27)
 (86) 國際出願番号 PCT/JP2008/069701
 (87) 國際公開番号 WO2009/060773
 (87) 國際公開日 平成21年5月14日 (2009.5.14)
 審査請求日 平成23年10月5日 (2011.10.5)
 (31) 優先権主張番号 特願2007-287987 (P2007-287987)
 (32) 優先日 平成19年11月6日 (2007.11.6)
 (33) 優先権主張国 日本国 (JP)

(73) 特許権者 000004112
 株式会社ニコン
 東京都千代田区有楽町1丁目12番1号
 (74) 代理人 230104019
 弁護士 大野 聖二
 (74) 代理人 230112025
 弁護士 小林 英了
 (74) 代理人 100115808
 弁理士 加藤 真司
 (74) 代理人 100113549
 弁理士 鈴木 守
 (74) 代理人 100174078
 弁理士 大谷 寛

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 照明装置、照明方法、露光装置、及びデバイスの製造方法

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項 1】

光源からの光に基づいて照明瞳面上に所定の光強度分布を形成し、該所定の光強度分布を光源として被照射面をケーラー照明する照明装置であって、

二次元的に配列され、それぞれの姿勢が独立に制御される複数の反射面を有する空間光変調器と、

前記空間光変調器の前記複数の反射面からの光を集光し、前記照明瞳面上に所定の光強度分布を形成する集光光学系と、

前記照明瞳面上に形成しようとする光強度分布に応じて前記空間光変調器に制御信号を与える制御部とを備え、

前記集光光学系は、前記空間光変調器の前記複数の反射面によって所定の角度分布が与えられた光を前記照明瞳面における位置分布に変換し、

前記所定の光強度分布は、第1の光強度を持つ第1部分と、該第1の光強度とは異なる第2の光強度を持つ第2部分と、前記第1及び第2の光強度とは異なる第3部分とを含み

前記制御部は、前記光強度分布を構成する前記照明瞳面上の前記第1部分に到達する光に寄与する前記反射面の数と、前記第2部分に到達する光に寄与する前記反射面の数と、前記第3部分に到達する前記反射面の数とが異なるように制御することを特徴とする照明装置。

【請求項 2】

10

20

前記制御部は、前記空間光変調器における複数の反射面の数を前記照明瞳面上に光強度分布を形成するのに要する反射面の総数で除した際に余りが存在するとき、余りの反射面により反射される光が前記照明瞳面以外の領域に到達するよう、前記複数の反射面それぞれの姿勢を制御することを特徴とする請求項1記載の照明装置。

【請求項3】

光源からの光に基づいて照明瞳面上に所定の光強度分布を形成し、該所定の光強度分布を光源として被照射面をケーラー照明する照明装置であって、

二次元的に配列され、それぞれの姿勢が独立に制御される複数の反射面を有する空間光変調器と、

前記空間光変調器の前記複数の反射面からの光を集光し、前記照明瞳面上に所定の光強度分布を形成する集光光学系と、

前記照明瞳面上に形成しようとする光強度分布に応じて前記空間光変調器に制御信号を与える制御部とを備え、

前記集光光学系は、前記空間光変調器の前記複数の反射面によって所定の角度分布が与えられた光を前記照明瞳面における位置分布に変換し、

前記制御部は、前記空間光変調器における複数の反射面の数を前記照明瞳面上に光強度分布を形成するのに要する反射面の総数で除した際に余りが存在するとき、余りの反射面により反射される光が前記照明瞳面以外の領域に到達するよう、前記複数の反射面それぞれの姿勢を制御することを特徴とする照明装置。

【請求項4】

前記照明瞳面上に形成される光強度分布を計測するための光強度分布計測装置を更に備えるとともに、

前記制御部は、前記光強度分布計測装置からの計測結果に基づいて、前記空間光変調器における前記複数の反射面の姿勢制御を行うことを特徴とする請求項1乃至3の何れか一項に記載の照明装置。

【請求項5】

前記空間光変調器は、前記制御部からの制御信号に基づいて前記複数の反射面の姿勢を個別に変更するための駆動部を含むことを特徴とする請求項1乃至3の何れか一項に記載の照明装置。

【請求項6】

前記駆動部は、前記複数の反射面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5に記載の照明装置。

【請求項7】

前記照明瞳面上の所定の一点に到達する光に寄与する前記反射面を、それそれを通る法線が平行になるよう姿勢制御することを特徴とする請求項6に記載の照明装置。

【請求項8】

所定パターンを照明するための請求項1乃至7の何れか一項に記載の照明装置を含み、前記所定パターンを感光性基板に露光する露光装置。

【請求項9】

請求項8に記載の露光装置を用いて、前記所定パターンを前記感光性基板に露光する露光工程と、

前記所定パターンが転写された前記感光性基板を現像した後、前記所定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、を備えたデバイス製造方法。

【請求項10】

光源からの光に基づいて照明瞳面上に所定の光強度分布を形成し、該所定の光強度分布を光源として被照射面をケーラー照明する照明方法であって、

前記光源から前記照明瞳面に向かう光を、二次元的に配列されてそれぞれの姿勢が独立に制御される複数の反射面で反射することと、

10

20

30

40

50

前記複数の反射面によって反射されることにより所定の角度分布が与えられた光を該照明瞳面における位置分布に変換して前記照明瞳へ導くことと、

前記照明瞳面上に、第1の光強度を持つ第1部分と、該第1の光強度とは異なる第2の光強度を持つ第2部分と、前記第1及び第2の光強度とは異なる第3部分とを含む所定の光強度分布を形成することと、

前記光強度分布を構成する前記照明瞳面上の前記第1部分に到達する光に寄与する前記反射面の数と、前記第2部分に到達する光に寄与する前記反射面の数と、前記第3部分に到達する前記反射面の数とが異なるように前記複数の反射面の姿勢を制御することとを含むことを特徴とする照明方法。

【請求項11】

10

前記複数の反射面の数を前記照明瞳面上に光強度分布を形成するのに要する反射面の総数で除した際に余りが存在するとき、余りの反射面により反射される光が前記照明瞳面以外の領域に到達するよう、前記複数の反射面それぞれの姿勢を制御することを特徴とする請求項10に記載の照明方法。

【請求項12】

光源からの光に基づいて照明瞳面上に所定の光強度分布を形成し、該所定の光強度分布を光源として被照射面をケーラー照明する照明方法であって、

前記光源から前記照明瞳面に向かう光の光路上に、それぞれの姿勢が独立に制御される複数の反射面を二次元的に配列し、

前記複数の反射面から前記照明瞳面に向かう光の光路上に、該複数の反射面によって所定の角度分布が与えられた光を該照明瞳面における位置分布に変換する集光光学系を配置し、

20

前記複数の反射面からの光を前記集光光学系で集光することにより前記照明瞳面上に所定の光強度分布を形成する際、前記光強度分布を構成する前記照明瞳面上の点それぞれについて、到達する光に寄与する前記反射面の数を制御し、

前記複数の反射面の数を前記照明瞳面上に光強度分布を形成するのに要する反射面の総数で除した際に余りが存在するとき、余りの反射面により反射される光が前記照明瞳面以外の領域に到達するよう、前記複数の反射面それぞれの姿勢を制御することを特徴とする照明方法。

【請求項13】

30

前記照明瞳面上に形成される光強度分布の計測結果に基づいて、前記複数の反射面それぞれの姿勢を制御することを特徴とする請求項10乃至12の何れか一項に記載の照明方法。

【請求項14】

連続的または離散的に、前記複数の反射面の向きを変えることを特徴とする請求項10乃至13の何れか一項に記載の照明方法。

【請求項15】

前記照明瞳面上の所定の一点に到達する光に寄与する前記反射面を、それぞれを通る法線が平行になるよう姿勢制御することを特徴とする請求項10乃至14の何れか一項に記載の照明方法。

40

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、光源からの光に基づいて照明瞳面上に所定の光強度分布（瞳輝度分布）を生成するための空間光変調ユニットを含む照明装置、該空間光変調ユニットを利用した照明方法、該照明装置を含む露光装置、及び、該露光装置を利用したデバイスの製造方法に関するものである。

【背景技術】

【0002】

従来、露光装置において変形照明用の瞳輝度分布（例えば二極、四極等）を形成する空

50

間光変調器として、反射型の空間光変調器が知られている。このような反射型の空間光変調器は、例えば特許文献1に記載されている。

【0003】

また、近年、変形照明用の瞳輝度分布としては、単純な二値（光の有無）の分布ではなく、それ以上の多値が要求されようとしている（例えば、特許文献2参照）。特許文献2では、半透過性基板及びマスキング膜からなる幾つもの透過領域を有する空間フィルタを照明瞳面内に配置することにより、多値の瞳輝度分布を得ている。

【先行技術文献】

【特許文献】

【0004】

10

【特許文献1】特開2002-353105号公報

【特許文献2】米国特許第6466304号公報

【特許文献3】米国特許公開第2006/0055834A1号公報

【特許文献4】米国特許第6913373号公報

【特許文献5】特開平6-281869号公報（米国特許第5,312,513号公報に対応）

【特許文献6】特表2004-520618号公報（米国特許第6,885,493号公報に対応）

【特許文献7】特表2006-513442号公報（米国特許第6,891,655号公報に対応）

20

【特許文献8】特表2005-524112号公報（米国特許公開第2005/0095749号公報に対応）

【特許文献9】特開2006-54328号公報

【特許文献10】特開2003-22967号公報（米国特許公開第2003/0038225号公報に対応）

【特許文献11】特開2004-304135号公報

【特許文献12】国際特許公開第2006/080285号パンフレット

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0005】

30

発明者は上述の従来技術を検討した結果、以下のような課題を発見した。

【0006】

すなわち、上記特許文献1には、多値の瞳輝度分布を得ることについての開示はない。また、上記特許文献2には、多値の瞳輝度分布を得るために空間フィルタを用いているため、照明瞳面上における各部の輝度（光強度）が任意に制御された多値の瞳輝度分布は得られない。

【0007】

本発明の一実施形態は、上述のような課題を解決するためになされたものであり、照明瞳面上の各部における輝度が任意に制御された多値の瞳輝度分布の形成が可能な構造を備えた照明装置及び照明方法を提供するとともに、該照明装置を含む露光装置、及び該露光装置を用いたデバイスの製造方法を提供することを目的としている。

40

【課題を解決するための手段】

【0008】

本発明の第1形態では、光源からの光に基づいて照明瞳面上に所定の光強度分布を形成し、該所定の光強度分布を光源として被照射面をケーラー照明する照明装置であって、

二次元的に配列され、それぞれの姿勢が独立に制御される複数の反射面を有する空間光変調器と、

前記空間光変調器の前記複数の反射面からの光を集光し、前記照明瞳面上に所定の光強度分布を形成する集光光学系と、

前記照明瞳面上に形成しようとする光強度分布に応じて前記空間光変調器に制御信号を

50

与える制御部とを備え、

前記集光光学系は、前記空間光変調器の前記複数の反射面によって所定の角度分布が与えられた光を前記照明瞳面における位置分布に変換し、

前記所定の光強度分布は、第1の光強度を持つ第1部分と、該第1の光強度とは異なる第2の光強度を持つ第2部分と、前記第1及び第2の光強度とは異なる第3部分とを含み、

前記制御部は、前記光強度分布を構成する前記照明瞳面上の前記第1部分に到達する光に寄与する前記反射面の数と、前記第2部分に到達する光に寄与する前記反射面の数と、前記第3部分に到達する前記反射面の数とが異なるように制御することを特徴とする照明装置を提供する。

10

【0009】

本発明の第2形態では、光源からの光に基づいて照明瞳面上に所定の光強度分布を形成し、該所定の光強度分布を光源として被照射面をケーラー照明する照明装置であって、

二次元的に配列され、それぞれの姿勢が独立に制御される複数の反射面を有する空間光変調器と、

前記空間光変調器の前記複数の反射面からの光を集光し、前記照明瞳面上に所定の光強度分布を形成する集光光学系と、

前記照明瞳面上に形成しようとする光強度分布に応じて前記空間光変調器に制御信号を与える制御部とを備え、

前記集光光学系は、前記空間光変調器の前記複数の反射面によって所定の角度分布が与えられた光を前記照明瞳面における位置分布に変換し、

20

前記制御部は、前記空間光変調器における複数の反射面の数を前記照明瞳面上に光強度分布を形成するのに要する反射面の総数で除した際に余りが存在するとき、余りの反射面により反射される光が前記照明瞳面以外の領域に到達するよう、前記複数の反射面それぞれの姿勢を制御することを特徴とする照明装置を提供する。

【0010】

本発明の第3の態様は、所定パターンを照明するための上記第1又は第2形態の照明装置を含み、前記所定パターンを感光性基板に露光する露光装置を提供する。

【0011】

本発明の第4形態では、上記第3形態の露光装置を用いて、前記所定パターンを前記感光性基板に露光する露光工程と、

30

前記所定パターンが転写された前記感光性基板を現像した後、前記所定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、を備えたデバイス製造方法を提供する。

【0012】

本発明の第5形態では、光源からの光に基づいて照明瞳面上に所定の光強度分布を形成し、該所定の光強度分布を光源として被照射面をケーラー照明する照明方法であって、

前記光源から前記照明瞳面に向かう光を、二次元的に配列されてそれぞれの姿勢が独立に制御される複数の反射面で反射することと、

40

前記複数の反射面によって反射されることにより所定の角度分布が与えられた光を該照明瞳面における位置分布に変換して前記照明瞳へ導くことと、

前記照明瞳面上に、第1の光強度を持つ第1部分と、該第1の光強度とは異なる第2の光強度を持つ第2部分と、前記第1及び第2の光強度とは異なる第3部分とを含む所定の光強度分布を形成することと、

前記光強度分布を構成する前記照明瞳面上の前記第1部分に到達する光に寄与する前記反射面の数と、前記第2部分に到達する光に寄与する前記反射面の数と、前記第3部分に到達する前記反射面の数とが異なるように前記複数の反射面の姿勢を制御することとを含むことを特徴とする照明方法を提供する。

【0013】

50

本発明の第6形態では、光源からの光に基づいて照明瞳面上に所定の光強度分布を形成し、該所定の光強度分布を光源として被照射面をケーラー照明する照明方法であって、
前記光源から前記照明瞳面に向かう光の光路上に、それぞれの姿勢が独立に制御される複数の反射面を二次元的に配列し、

前記複数の反射面から前記照明瞳面に向かう光の光路上に、該複数の反射面によって所定の角度分布が与えられた光を該照明瞳面における位置分布に変換する集光光学系を配置し、

前記複数の反射面からの光を前記集光光学系で集光することにより前記照明瞳面上に所定の光強度分布を形成する際、前記光強度分布を構成する前記照明瞳面上の点それぞれについて、到達する光に寄与する前記反射面の数を制御し、

前記複数の反射面の数を前記照明瞳面上に光強度分布を形成するのに要する反射面の総数で除した際に余りが存在するとき、余りの反射面により反射される光が前記照明瞳面以外の領域に到達するよう、前記複数の反射面それぞれの姿勢を制御することを特徴とする照明方法を提供する。

【発明の効果】

【0014】

本発明の一実施形態によれば、各部の輝度が任意に制御された多値の瞳輝度分布（瞳強度分布）が得られる。

【図面の簡単な説明】

【0015】

【図1】本発明の一実施形態に係る露光装置の構成を概略的に示す図である。

【図2】本発明の一実施形態に係る照明装置及び照明方法の主要部として、空間光変調器及び集光光学系の配置を示す光路図である。

【図3】図2に示された空間光変調器の構成を概略的に示す図である。

【図4】図2に示された空間光変調器における複数のミラー要素の群分けの一例を説明するための図である。

【図5】瞳強度分布を多值的に制御する手法の別の例を概略的に説明するための図である。

【図6】本発明の一実施形態に係るデバイス製造方法として、半導体デバイスの製造工程を説明するためのフローチャートである。

【図7】本発明の他の実施形態に係るデバイス製造方法として、液晶表示素子等の液晶デバイスの製造工程を説明するためのフローチャートである。

【発明を実施するための形態】

【0016】

以下、本発明の各実施形態に係る照明装置、照明方法、露光装置、及びデバイス製造方法を、図1～図7を参照しながら、詳細に説明する。なお、図面の説明において、同一部位、同一要素には同一符号を付して重複する説明を省略する。

【0017】

図1は、本発明の一実施形態に係る露光装置の一実施形態の構成を概略的に示す図である。なお、図1において、感光性基板であるウェハWの法線方向に沿ってz軸が、ウェハWの面内において図1の紙面に平行な方向にy軸が、ウェハWの面内において図1の紙面に垂直な方向にx軸が、それぞれ設定されている。

【0018】

図1を参照すると、本実施形態に係る露光装置EAは、照明装置ILと、マスクMを支持するマスクステージMSと、投影光学系PLと、ウェハWを支持するウェハステージWSとを備える。照明装置ILは、露光装置EAの光軸AXに沿って順に配置された、光源1と、空間光変調ユニット3を備える。露光装置EAは、光源1からの光に基づいて照明装置ILを用いてマスクMを照明し、投影光学系PLを用いてマスクMのパターンが形成された面（第1面）の像を、ウェハW上の面（第2面）に投影する。また、光源1から供給される光によってマスクMのパターンが形成された面（第1面）を照明する照明装置I

10

20

30

40

50

Lは、空間光変調ユニット3によって例えば二極、四極等の変形照明を行う。

【0019】

照明装置ILは、光軸AXに沿って、偏光制御部2と、空間光変調ユニット3と、ズーム光学系4と、フライアイレンズ5と、コンデンサ光学系6と、照明視野絞り(マスクブラインド)7と、視野絞り結像光学系8とを備える。

【0020】

空間光変調ユニット3は、偏光制御部2を通過した光源1からの光に基づいて、その遠視野領域(フランホーファー回折領域)に所望の瞳輝度分布(瞳強度分布)を形成する。後述するように空間光変調ユニット3の空間光変調器3aは多数のミラー要素で構成されているが、照明装置ILは、これら多数のミラー要素の傾きを制御するための制御信号を空間光変調器3aへ出力する制御部10も備えている。10

【0021】

なお、偏光制御部2は、例えば特許文献3に開示されている。

【0022】

フライアイレンズ5は、入射した光に対し波面分割を施し、その後側焦点面にレンズ素子と同数の光源像からなる二次光源を形成する。フライアイレンズ5としては、例えばシリンドリカルマイクロフライアイレンズが適用可能である。このようなシリンドリカルマイクロフライアイレンズは、例えば特許文献4に開示されている。

【0023】

当該実施形態に係る露光装置EAでは、被照射面に配置されるマスクMが、フライアイレンズ5が形成する二次光源を光源として、ケーラー照明されるため、この二次光源が形成される面は、投影光学系PLの開口絞りと共に役な面となり、照明装置ILの照明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が配置される面又はウェハWが配置される面)が光学的なフーリエ変換面となる。20

【0024】

なお、瞳輝度分布(瞳強度分布ともいう)とは、照明装置ILの照明瞳面又は当該照明瞳面と共に役な面における光強度分布である。ただし、フライアイレンズ5による波面分割数が大きい場合には、フライアイレンズ5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とが高い相関を示すため、フライアイレンズ5の入射面及び当該入射面と共に役な面における光強度分布についても瞳輝度分布と称することができる。30

【0025】

コンデンサ光学系6は、フライアイレンズ5から射出された光を集光した後、照明視野絞り7を重畳的に照明する。照明視野絞り7からの光は、視野絞り結像光学系8によって所定パターンが形成されたマスクMに達し、マスクMのパターン形成領域の少なくとも一部に照明視野絞り7の開口部の像である照明領域を形成する。なお、図1では、光軸AXを折り曲げるための光路折曲げミラーが省略されているが、必要に応じて光路折曲げミラーの配置は可能である。マスクステージMSには、マスクMが載置される。

【0026】

投影光学系PLは、照明装置ILによってマスクMのパターン面(第1面)上に形成される照明領域からの光に基づいて、ウェハステージWS上に載置されたウェハWの投影面(第2面)Wa上に第1面の像を形成する。40

【0027】

こうして、投影光学系PLの光軸AXと直交する平面(X-Y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が行われる。これにより、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。

【0028】

次に、図2及び図3を参照して空間光変調ユニット3の構成を説明する。図2は、図1に示された空間光変調ユニット3及びズーム光学系4を示す光路図である。図3(a)50

は、空間光変調ユニット3が備える空間光変調器3aの部分斜視図であり、図3(b)は、ミラー要素の姿勢制御パラメータを説明するための図であり、図3(c)は、空間光変調器3aが備える複数のミラー要素のうちの1つを示す部分斜視図であり、図3(d)は、図3(c)に示されたミラー要素の、I-I線に沿った断面を示す図である。なお、図2及び図3では、見易さのため、その断面へのハッチングの付与は省略されている。

【0029】

図2に示されるように、空間光変調ユニット3は、プリズム3bと、プリズム3bに一体的に取り付けられた反射型の空間光変調器3aとを備える。プリズム3bは、例えば萤石をその硝材とする。プリズム3bは、直方体のうち1つの側面がV字状の楔形に凹んだ形状を呈し、Kプリズムとも呼ばれる。プリズム3bでは、直方体部分のうちの1つの側面が、交線(直線)P1aが内側に窪むように鈍角をなした状態で交差する2つの平面PS1、PS2(第1及び第2平面PS1、PS2)によって構成されている。空間光変調器3aは、交線P1aで接している、これら2つの側面の双方に対向するプリズム3bの側面上に取り付けられる。なお、空間光変調器3aのベースを形成する光学材料としては、萤石に限定されず、石英ガラスであっても良く、他の光学ガラスであっても良い。

10

【0030】

交線P1aで接する2つの側面(互いに対面している側)は、第1及び第2反射面R11、R12として機能する。したがって、第1反射面R11は、第1平面PS1上に位置する。第2反射面R12は第1平面PS1と交差する第2平面PS2上に位置する。第1及び第2反射面R11、R12同士のなす角は鈍角である。

20

【0031】

ここで、例えば、第1及び第2反射面R11、R12同士のなす角を120度とし、光軸AXに垂直なプリズムP1の側面(入射面IP)と第1反射面R11とのなす角を60度とし、光軸AXに垂直なプリズムP1の側面(出射面OP)と第2反射面R12とのなす角を60度としてもよい。

30

【0032】

プリズム3bは、空間光変調器3aが取り付けられる側面と光軸AXとが平行となり、かつ第1反射面R11が光源1側(露光装置EAの上流側)に、第2反射面R12がフライアイレンズ5側(露光装置EAの下流側)に、それぞれ位置するよう、配置される。したがって、プリズム3bの第1反射面R11は、図2に示されたように、露光装置EAの光軸AXに対して斜設される。プリズム3bの第2反射面R12は、図2に示されたように、露光装置EAの光軸AXに対して第1反射面R11とは反対方向の傾斜をもって斜設される。

【0033】

プリズム3bの第1反射面R11は、露光装置EAの光軸AXと平行に入射した光を反射する。空間光変調器3aは、第1反射面R11と第2反射面R12との間の光路中に配置され、第1反射面R11からの反射光をさらに反射する。プリズム3bの第2反射面R12は、空間光変調器3aからの反射光を反射する。この反射面R12からの光は、露光装置EAの照明装置IL中、具体的にはズーム光学系4に射出する。

40

【0034】

したがって、第1及び第2平面PS1、PS2によって形成される稜線である交線P1aは第1及び第2反射面R11、R12に対して空間光変調器3a側に向けられている。

【0035】

なお、この実施形態では、プリズム3bが1つの光学ブロックで一体的に形成されているが、複数の光学ブロックを用いてプリズム3bが構成されても良い。

【0036】

空間光変調器3aは、第1反射面R11で反射された光の入射位置に応じて、該入射光に空間的な変調を与える。このような空間光変調器3aは、後述するように、所定平面上で二次元的に配列された多数の微小ミラー要素SE1を含む。

【0037】

50

そのため、例えば、空間光変調器 3 a に入射する光束のうち、光線 L 1 は空間光変調器 3 a の複数のミラー要素 S E 1 のうちミラー要素 S E 1 a に、光線 L 2 は空間光変調器 3 a の複数のミラー要素 S E 1 のうちミラー要素 S E 1 a とは異なるミラー要素 S E 1 b に、光線 L 3 は空間光変調器 3 a の複数のミラー要素 S E 1 のうちミラー要素 S E 1 a 、 S E 1 とは異なるミラー要素 S E 1 c に、光線 L 4 は空間光変調器 3 a の複数のミラー要素 S E 1 のうちミラー要素 S E 1 a ~ S E 1 c とは異なるミラー要素 S E 1 d に、光線 L 5 は空間光変調器 3 a の複数のミラー要素 S E 1 のうちミラー要素 S E 1 a ~ S E 1 d とは異なるミラー要素 S E 1 e に、それぞれ入射する。ミラー要素 S E 1 a ~ S E 1 e のそれぞれは、自身の設置位置に応じて空間的な変調を到達した光線 L 1 ~ L 5 に与える。なお、図 2 では、説明を簡単にするために、5 つのミラー要素 S E 1 a ~ S E 1 e のみが図示されているが、ミラー要素の数は 5 つには限定されない。

【 0 0 3 8 】

プリズム 3 b の入射面 I P (光線 L 1 ~ L 5 が入射) から、ミラー要素 S E 1 a ~ S E 1 e を経て光がプリズム 3 b の射出面 O P までの空気換算長と、プリズム 3 b が露光装置 E A 中に配置されていない場合における入射面 I P に相当する位置から射出面 O P に相当する位置までの空気換算長が同じになるように、プリズム 3 b は配置される。ここで、空気換算長とは、光学系中の光路長を屈折率 1 の空気に換算したときの光路長として表したものであり、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。

【 0 0 3 9 】

また、空間光変調器 3 a は、集光光学系とみなすことのできるズーム光学系 4 の前側焦点位置の近傍に配置されている。空間光変調器 3 a の複数のミラー要素 S E 1 a ~ S E 1 e によって反射されて所定の角度分布が与えられた光は、ズーム光学系 4 の後側焦点面 5 a 上の所定の位置に光強度分布を形成する。すなわち、ズーム光学系 4 は、空間光変調器 3 a の複数のミラー要素 S E 1 a ~ S E 1 e が射出光に与える角度を、空間光変調器 3 a の遠視野領域 (フラウンホーファー回折領域) である面 5 a 上での位置に変換するフーリエ変換光学系である。なお、ズーム光学系 4 としては、例えば射影方式が正射影のズーム光学系を用いることができる。

【 0 0 4 0 】

図 1 に戻って、この面 5 a の近傍には、フライアイレンズ 5 の入射面が位置決めされており、フライアレンズ 5 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 3 a 及びズーム光学系 4 が形成する光強度分布に応じた分布となる。

【 0 0 4 1 】

さて、空間光変調器 3 a は、図 3 (a) に示されたように、平面形状の反射面を上面にして敷き詰められた多数の微小な反射素子であるミラー要素 S E 1 を含む可動マルチミラーである。ミラー要素 S E 1 のそれぞれは可動であり、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 1 0 により独立に制御される (反射面の姿勢制御) 。各ミラー要素 S E 1 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 S E 1 は、反射面に沿った二次元で傾斜を制御することが可能である。なお、離散的に回転する場合には、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、 . . .) で制御されるのが好みしい。

【 0 0 4 2 】

なお、各ミラー要素 S E 1 に対する上述のような反射面の姿勢制御は、図 3 (b) に示されたように、空間光変調器 3 a の基準平面の法線 (z 軸) と反射面の法線 (z ' 軸) のなす角度 を調節することにより行われる。ここで、基準平面とは、姿勢制御前における反射面と一致した平面であって、該姿勢制御前における反射面の法線 Z ' に直行する x 軸及び y 軸で規定される x - y 平面である。また、基準平面の法線 z (z 軸) と反射面の法線 Z ' のなす角度 は、具体的な姿勢制御情報として、 x 軸を中心とした回転角成分 \times

10

20

30

40

50

と、 y 軸を中心とした回転角成分 γ_y で与えられる。すなわち、回転角成分 γ_x は、 y - z 平面に投影されたときの基準平面の法線 Z と反射面の法線 Z' のなす角度であり、回転角成分 γ_y は、 x - z 平面に投影されたときの基準平面の法線 Z と反射面の法線 Z' のなす角度である。

【0043】

加えて、この実施形態では、ミラー要素 S E 1 の外形は正方形であるが、これに限定するものではない。ただし、光利用効率の観点から、隙間無く配列可能な形状（最密充填可能な形状）が好ましい。また、隣接するミラー要素 S E 1 間の間隔は必要最小限に設定されるのが好ましい。

【0044】

図 3 (c) は、空間光変調器 3 a の複数のミラー要素 S E 1 のうちの 1 つのミラー要素の構成、より具体的には、該ミラー要素 S E 1 における反射面の姿勢を調節する駆動部を概略的に示す図である。また、図 3 (d) は、図 3 (c) 中に示された I - I 線に沿ったミラー要素 S E 1 の断面を示す図である。図 3 (c) 及び 3 (d) において、ミラー要素 S E 1 は、ベース 3 0 と、このベース 3 0 上に設けられた支柱 3 1 と、ベース 3 0 と反対側で支柱 3 1 と接続される板状部材 3 2 と、この板状部材 3 2 上に形成された反射膜からなる反射面 3 3 と、ベース 3 0 上に支柱 3 1 を取り囲むように配置された 4 つの電極 3 4 a ~ 3 4 d を備える。

【0045】

ここで、板状部材 3 2 は、支柱 3 1 との接続部位が支点となるようにベース 3 0 と平行な面上の互いに直交する 2 軸（ x 軸及び y 軸）回りに傾斜可能である。そして、板状部材 3 2 の 4 つの頂点のベース側の位置のそれぞれに配置された電極 3 4 a ~ 3 4 d に電位を付与することにより、各電極 3 4 a ~ 3 4 d と板状部材 3 2 との間に静電力を発生させ、各電極 3 4 a ~ 3 4 d と板状部材 3 2 との間隔を変化させる（駆動部）。これにより、板状部材 3 2 が支柱 3 1 を支点にして傾斜し、ひいては板状部材 3 2 上に形成される反射面 3 3 が傾斜する。

【0046】

さて、図 2 に戻って、照明瞳面上に形成される光強度分布（瞳輝度分布）の多値制御について説明する。図 2 に示された空間光変調器 3 a の状態では、5 つのミラー要素 S E 1 a ~ S E 1 e のうち、3 つのミラー要素 S E 1 a、S E 1 c、S E 1 e のそれぞれが空間光変調器 3 a の基準平面に対して第 1 角度（ $\gamma_x 1$ 、 $\gamma_y 1$ ）だけ傾斜しており、2 つのミラー要素 S E 1 b、S E 1 d の双方が、空間光変調器 3 a の基準平面に対して該第 1 角度とは異なる第 2 角度（ $\gamma_x 2$ 、 $\gamma_y 2$ ）だけ傾斜している。

【0047】

したがって、空間光変調器 3 a の基準平面（図 3 (b) 参照）は、空間光変調器 3 a の多数のミラー要素 S E 1 が二次元的に配列されている平面を意味する。また、第 1 角度および第 2 角度は、図 3 (b) に示されたように、当該平面内で直交する 2 軸（ x 軸及び y 軸）を回転軸とする回転方向 γ_x 、 γ_y を用いて、定義されている。

【0048】

空間光変調器 3 a の 3 つのミラー要素 S E 1 a、S E 1 c、S E 1 e において反射された光線 L 1、L 3、L 5 は、プリズム 3 b の第 2 反射面 R 1 2 で反射された後、ズーム光学系 4 で集光される。その結果、光線 L 1、L 3、L 5 は、ズーム光学系 4 の後側焦点面 5 a 上の点 P 1 に達する。一方、空間光変調器 3 a の 2 つのミラー要素 S E 1 b、S E 1 d において反射された光線 L 2、L 4 は、プリズム 3 b の第 2 反射面 R 1 2 で反射された後、ズーム光学系 4 で集光される。その結果、光線 L 2、L 4 は、ズーム光学系 4 の後側焦点面 5 a 上の点 P 2 に達する。

【0049】

このように、点 P 1 には、3 つのミラー要素 S E 1 a、S E 1 c、S E 1 e からの光が集光する一方、点 P 2 には、2 つのミラー要素 S E 1 b、S E 1 d からの光が集光する。その結果、点 P 1 での光強度と点 P 2 での光強度との比は、3 : 2 となる。このようなミ

ラー要素の数と光強度比の関係に基づいて、照明瞳面と見なすことのできるズーム光学系4の後側焦点面5aの所定の一点(P1またはP2)に到達する光(L1、L3、L5またはL2、L4)に寄与する反射面(SE1a、SE1c、SE1eまたはSE1b、SE1d)の数に応じて、所定の一点(P1またはP2)における光強度が決定される。すなわち、面5aにおける光強度分布を所望の分布とすることができます。なお、図2に示された構成例では、点P1における光強度が3、点P2における光強度が2、その他の領域における光強度が0となる光強度分布(瞳輝度分布)が、面5a上に形成されている。

【0050】

したがって、面5a上に形成される光強度分布を構成する各点ごとに(例えばP1またはP2)、到達する光に寄与する反射面の数を、空間光変調器3aにおける姿勢制御を行う制御部10(図1参照)で制御すれば、当該面5aの所定の一点(P1またはP2)での光強度の値を所望の値に設定することができ、ひいては面5aでの光強度分布を多値で任意に制御できる。

【0051】

この実施形態では、ズーム光学系4が光学的なフーリエ変換作用を有しているため、3つのミラー要素SE1a、SE1c、SE1eの傾きが共に同じ第1角度(x_1 、 y_1)であるにもかかわらず、ズーム光学系4の後側焦点面5a上の一点P1で重なり、2つのミラー要素SE1b、SE1dの傾きは共に同じ第2角度(x_2 、 y_2)であるにもかかわらず、ズーム光学系4の後側焦点面5a上の一点P2で重なる。この実施形態では、このように面5a上の所定の一点に到達する光に寄与する複数の反射面の傾きを異なる傾きにすることなく、同じ傾き(同じ姿勢)となるように制御する。

【0052】

また、この実施形態では、空間光変調器3aのミラー要素SE1の傾斜によって生じる光の角度情報が、ズーム光学系4の光学的フーリエ変換作用により、フーリエ変換面である面5aにおける位置情報に変換される。逆に、フーリエ変換面5aにおける光の角度情報は、空間光変調器3aのミラー要素SE1の配列面における位置情報に変換される。その結果、照明瞳面と見なせる面5aに到達する光束の開き角(NA)の、面5a内におけるバラツキが効果的に抑制される。加えて、面5aに形成される光強度分布(瞳輝度分布)を所望の分布に設定するための、複数のミラー要素SE1からどのミラー要素SE1をどの傾斜に設定するのかの選択が、制約なしに行える。

【0053】

例えば、図4に示されたように、空間光変調器3aの複数のミラー要素SE1を、複数のミラー要素群35a～35iに群分けし、各ミラー要素群35a～35iがそれぞれ面5a上に光強度分布(瞳強度分布)を形成する手法も可能である。また、空間光変調器3aの複数のミラー要素SE1の割り当てを全くランダムな割り当てとする手法も可能である。

【0054】

図5は、瞳強度分布を多値的に制御する手法の別の一例を概略的に説明するための図である。具体的に、図5(a)は、照明瞳面を3行×5列の15ピクセルで構成した場合における4値表現の光強度分布(瞳強度分布)の一例を示すマトリクスであり、図5(b)は、図5(a)に示された多値光強度分布を得るために必要な光の割り当てを模式的に説明するための図である。

【0055】

例えば、図5(a)に示されたマトリクス上で最左下ピクセルの光強度を得るために、図5(b)に示されたように、空間光変調器3aの4つのミラー要素からの光エネルギー-P E1～P E4を最左下ピクセルに重ねて強度4を得れば良い。同様に、図5(a)に示されたマトリクス上で最左上ピクセルの光強度を得るために、図5(b)に示されたように、空間光変調器3aの2つのミラー要素からの光エネルギーP E5、P E6を最左上ピクセルに重ねて強度2を得れば良い。

【0056】

10

20

30

40

50

このように、面 5 a の所定の一点に到達する光に寄与する反射面の数を制御することにより、当該面 5 a の所定の一点での光強度の値を多段階（図 5 の場合は 4 段階）で制御することが可能になる。

【 0 0 5 7 】

なお、図 5 で示された例では、説明を簡単にするために照明瞳面を 3×5 ピクセルの 15 ピクセルの分割としたが、照明瞳面の分割数は 15 に限定されることなく、例えば 40×40 ピクセル、 128×128 ピクセルなど、もっと大きな分割数であっても良い。また、図 5 で示された例では、照明瞳面上に形成される光強度分布を 4 段階の多値で表現したが、これは 4 段階に限定されることなく、3 段階や 8 段階など、必要に応じて様々な段階数とすることができる。

10

【 0 0 5 8 】

さて、照明瞳面上に所望の光強度分布を形成するのに要する反射面の総数と、光源 1 からの光によって照明されている空間光変調器 3 a のミラー要素 S E 1 の総数（以下、ミラー要素の有効個数という）とが等しくない場合、具体的には、ミラー要素の有効個数を照明瞳面上の瞳強度分布を形成するのに要する反射面の総数で除した際に余りが存在するとき、余りの反射面にて反射される光を照明瞳面以外の領域に向けることが好ましい。

【 0 0 5 9 】

仮に、余りの反射面にて反射される光が照明瞳面上に形成される光強度分布に平均的に散らされると、この光強度分布に強度ムラが生じる。例えば、ミラー要素の有効個数を 169760 粒とし、光強度分布を形成するのに要する反射面の総数を 12861 面とするとき、余りは 2567 粒となる。すなわち、1 つの反射面と見なされるミラー要素の数は 13 粒 ($169760 = 12861 \times 13 + 2567$) であり、これら 13 粒のミラー要素から反射された光が照明瞳面上の一点に到達することになる。

20

【 0 0 6 0 】

ここで、照明瞳面が 128×128 ピクセルで分割され、かつ、余りのミラー要素からの反射光も光強度分布を構成する有効瞳を構成しているいずれかのピクセルに到達させた場合、この有効瞳内には、13 粒のミラー要素からの反射光が到達するピクセルと、14 粒のミラー要素からの反射光が到達するピクセルが存在することになる。このとき、該照明瞳面上に形成される光強度分布の強度ムラは、 $| (14 - 13) / (14 + 13) | = | 1 / 27 |$ 、すなわち、 $\pm 3.7\% (= 1 / 27 \times 100)$ になる。一方、ミラー要素の有効数に対する余りの割合は $1.5\% (= 2567 / 169760 \times 100)$ であるから、2567 粒の余ったミラー要素からの反射光を有効瞳の領域外に到達させたとしても有効瞳全体における照度低下は 1.5% にとどまる。よって 2567 粒の余ったミラー要素からの反射光は有効でない領域に意図的に到達させることにより、照明瞳面上に形成される光強度分布の強度ムラを 3.7% 低減できる。

30

【 0 0 6 1 】

また、上述の実施形態では、二次元的に配列され、かつ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、それぞれの光学要素がその中心部で 1 本の支柱を支持点として傾斜可能に支持される構造であった。しかしながら、空間光変調器における光学要素それぞれは、周辺部で支持される構造であっても良い。

40

【 0 0 6 2 】

また、上述の実施形態では、二次元的に配列されかつ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（傾き）を個別に制御可能な空間光変調器が採用されている。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が採用されてもよい。このような空間光変調器としては、例えば特許文献 5、及び特許文献 6 の図 1 d に開示された空間光変調器が採用可能である。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。このときには、空間光変調器の複数の反射面の凹凸構造の数を制御部で制御すれば良い（制御部による空間光変調器における複数反射面の姿勢制御）。

50

【0063】

なお、二次元的に配列された複数の反射面を持つ上述の空間光変調器は、例えば特許文献7や、特許文献8の開示に従って変形されても良い。

【0064】

また、上述の実施形態及びその変形例において、空間光変調器3を用いて照明瞳面上に光強度分布（瞳輝度分布）を形成する際に、光強度分布計測装置（瞳輝度分布計測装置）で形成される光強度分布を計測しつつこの計測結果に応じて空間光変調器3が制御されてもよい。このような技術は、例えば特許文献9や特許文献10に開示されている。

【0065】

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が採用可能である。また、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器が採用可能である。このような空間光変調器を備えた露光装置は、例えば特許文献11、特許文献12に開示されている。また、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が採用されても良く、自発光型の画像表示素子が採用されても良い。

10

【0066】

上述の実施形態に係る露光装置は、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うことが望ましい。

20

【0067】

次に、上述の実施形態に係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6は、本発明の一実施形態に係るデバイス製造方法として、半導体デバイスの製造工程を説明するためのフローチャートである。図6に示されたように、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に金属膜が蒸着され（ステップS40）、この蒸着された金属膜上に感光性材料であるフォトレジストが塗布される（ステップS42）。続いて、上述の実施形態に係る露光装置（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がウェハW上の各ショット領域に転写される（ステップS44：露光工程）。そして、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が行う（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ティング等の加工が行われる（ステップS48：加工工程）。

30

【0068】

ここで、レジストパターンとは、上述の実施形態に係る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の表面の加工が行われる。ステップS48で行われる加工には、例えばウェハWの表面のエッティングまたは金異腹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、上述の実施形態に係る投影露光装置は、フォトレジストが塗布されたウェハWを、感光性基板つまりプレートPとしてパターンの転写を行う。

40

【0069】

図7は、本発明の他の実施形態に係るデバイス製造方法として、液晶表示素子等の液晶デバイスの製造工程を説明するためのフローチャートである。図7に示されたように、液

50

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）が順次行われる。

【0070】

ステップS50のパターン形成工程では、プレートPとしてフォトレジストが塗布されたガラス基板上に、上述の実施形態に係る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が形成される。このパターン形成工程には、上述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った後に該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。10

【0071】

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つのドットの組がマトリックス状に多数配列されるか、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が形成される。

【0072】

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）が組み立てられる。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が形成される。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が取り付けられる。20

【0073】

また、本実施形態は、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可能である。さらに、本実施形態は、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）をフォトリングラフィ工程を用いて製造する際の、露光工程（露光装置）にも適用可能である。30

【0074】

なお、上述の実施形態において、光源1が供給する光（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）が利用可能である。ただし、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レーザ光源なども利用可能である。

【0075】

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実施形態が適用されているが、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が適用されてもよい。40

【0076】

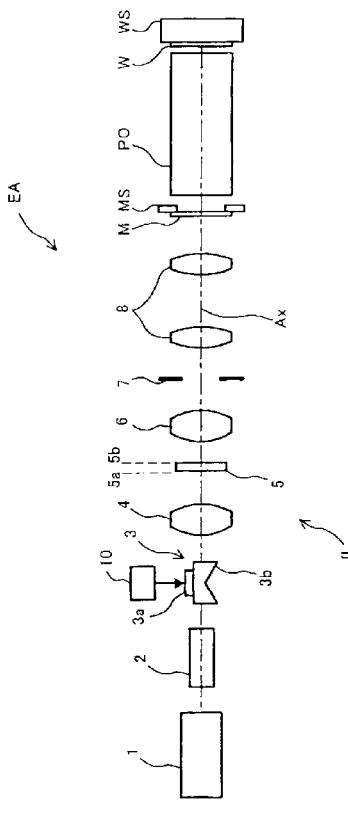
このように本発明は上述の実施形態に限定されず、本発明の要旨を逸脱しない範囲で種々の構成を取り得る。

【符号の説明】

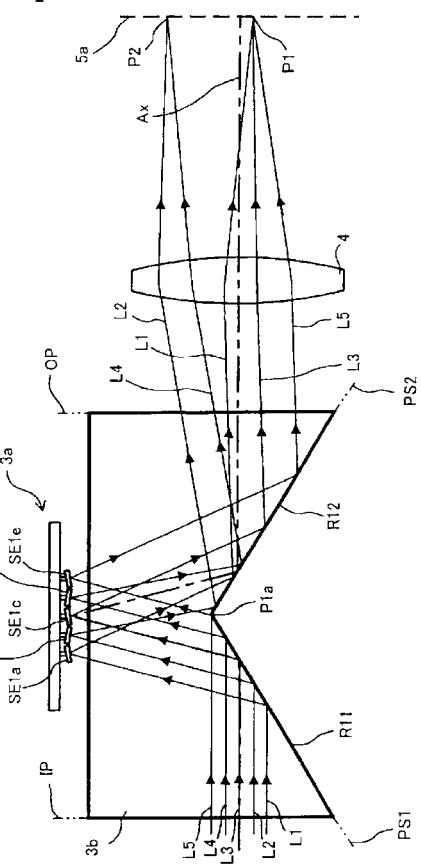
【0077】

1…光源、3…空間光変調ユニット、3a…空間光変調器、SE1、SE2…空間光変調器が備える複数の要素ミラー、4…ズームレンズ系（集光光学系）、5a…空間光変調器の遠視野領域、7…マスクブラインド、M…マスク、PL…投影光学系、W…ウェハ。

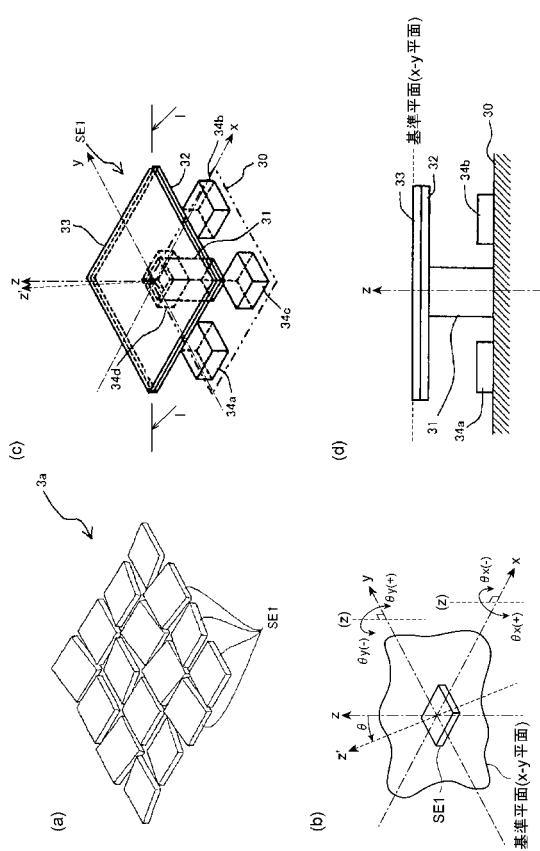
【 四 1 】



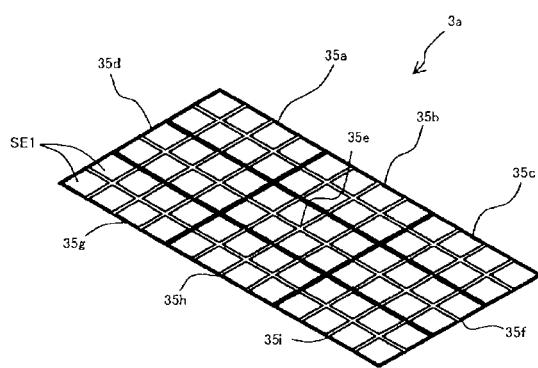
【 図 2 】



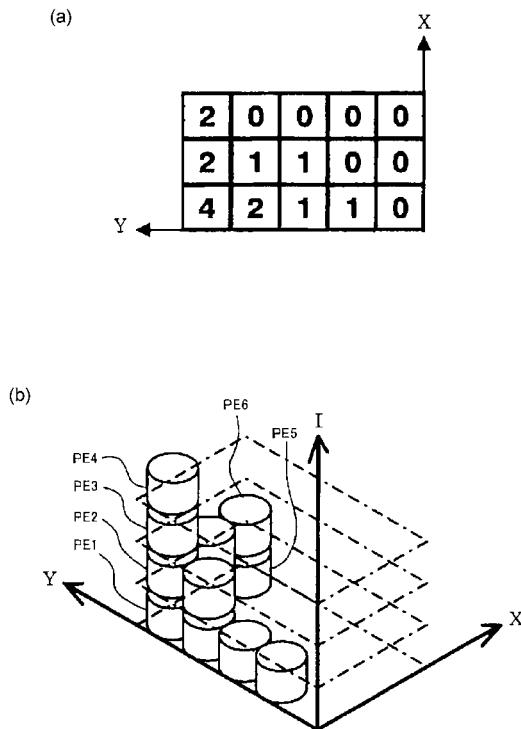
【図3】



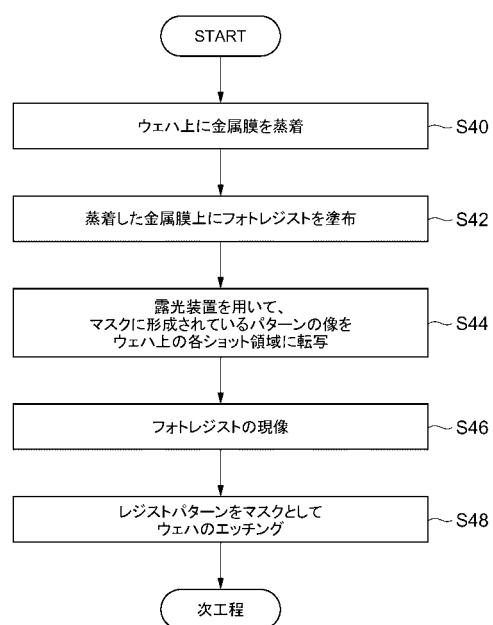
【図4】



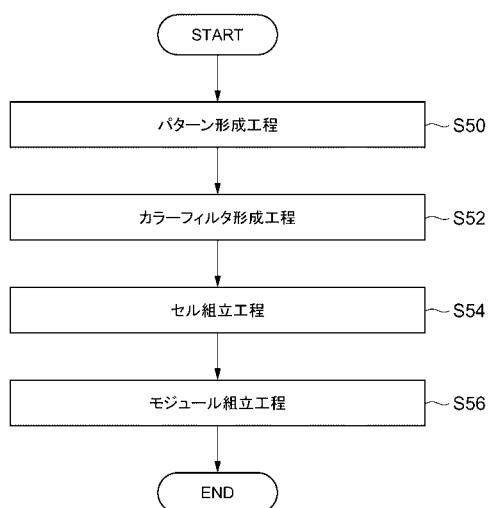
【図5】



【図6】



【図7】



フロントページの続き

(72)発明者 谷津 修
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

審査官 佐野 浩樹

(56)参考文献 特開2002-353105 (JP, A)
米国特許第06466304 (US, B1)
特開2006-054328 (JP, A)
特表2006-519494 (JP, A)
特開2004-304135 (JP, A)
特開2006-135312 (JP, A)
米国特許出願公開第2006/0055834 (US, A1)
特開2004-111579 (JP, A)
特開2005-302825 (JP, A)
特開2006-309243 (JP, A)
特表2006-508369 (JP, A)
特表2006-513442 (JP, A)
特開2004-355006 (JP, A)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)
H01L21/027、21/30