

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 公開特許公報(A)

(11) 特許出願公開番号

特開2005-294840
(P2005-294840A)

(43) 公開日 平成17年10月20日(2005.10.20)

(51) Int. Cl.⁷
H01L 21/027

F I
H01L 21/30 515D

テーマコード(参考)
5FO46

審査請求 有 請求項の数 21 O L (全 20 頁)

<p>(21) 出願番号 特願2005-103165 (P2005-103165) (22) 出願日 平成17年3月31日 (2005.3.31) (31) 優先権主張番号 10/812978 (32) 優先日 平成16年3月31日 (2004.3.31) (33) 優先権主張国 米国 (US)</p>	<p>(71) 出願人 503195263 エーエスエムエル ホールディング ナー ムローゼ フェンノートシャップ オランダ国 フェルトホーフエン デ リ ユン 1110 (74) 代理人 100061815 弁理士 矢野 敏雄 (74) 代理人 100094798 弁理士 山崎 利臣 (74) 代理人 100099483 弁理士 久野 琢也 (74) 代理人 100114890 弁理士 アインゼル・フェリックス＝ライ ンハルト</p>
--	---

最終頁に続く

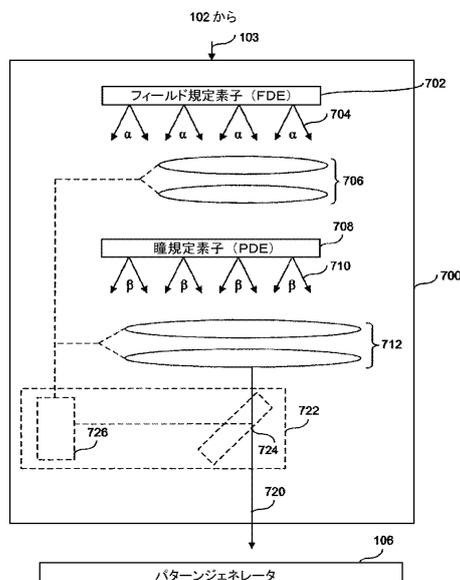
(54) 【発明の名称】 フィールド高さ及び瞳の変更を許容する照明システム及び方法

(57) 【要約】

【課題】望ましくはシステムの放射効率を維持しながら、照明ビームのフィールド高さ及び瞳の両方を、可能ならば連続的に(動的に)変化させることができるシステム及び方法を提供する。

【解決手段】照明ビームのフィールド高さを発生するフィールド規定素子(FDE)と、照明ビームのフィールド高さの変更を許容する第1ズーム系と、照明ビームの瞳を発生する瞳規定素子(PDE)と、照明ビームの瞳の変更を許容する第2ズーム系とが設けられており、この場合、照明ビームが物体平面を照明するために使用される。

【選択図】 図7



【特許請求の範囲】

【請求項 1】

照明ビームのフィールド高さを発生するフィールド規定素子 (F D E) と、
照明ビームのフィールド高さの変更を許容する第 1 ズーム系と、
照明ビームの瞳を発生する瞳規定素子 (P D E) と、
照明ビームの瞳の変更を許容する第 2 ズーム系とが設けられており、この場合、照明ビームが物体平面を照明するために使用されることを特徴とする、システム。

【請求項 2】

F D E 及び P D E が回折光学素子である、請求項 1 記載のシステム。

【請求項 3】

F D E 及び P D E が屈折光学素子である、請求項 1 記載のシステム。

【請求項 4】

物体平面の前に配置されたりレー系が設けられている、請求項 1 記載のシステム。

【請求項 5】

照明ビームが F D E 又は P D E によって受け取られる前に均質化されるように配置されたビーム均質化装置が設けられている、請求項 1 記載のシステム。

【請求項 6】

F D E が P D E よりも物体平面の近くに配置されている、請求項 1 記載のシステム。

【請求項 7】

P D E が F D E よりも物体平面の近くに配置されている、請求項 1 記載のシステム。

【請求項 8】

物体平面に配置されたパターンジェネレータが設けられている、請求項 1 記載のシステム。

【請求項 9】

物体平面に配置されたレチクル、コントラスト装置又は空間的光変調器のうちの 1 つが設けられている、請求項 1 記載のシステム。

【請求項 10】

物体平面に配置された反射形パターンジェネレータが設けられている、請求項 1 記載のシステム。

【請求項 11】

物体平面に配置された透過性パターンジェネレータが設けられている、請求項 1 記載のシステム。

【請求項 12】

第 1 ズーム系がフィールド高さを元々のフィールド高さの約 2 . 5 ~ 約 4 倍に変化させる、請求項 1 記載のシステム。

【請求項 13】

第 2 ズーム系が瞳を元々の瞳の約 4 ~ 約 5 倍に変化させる、請求項 1 記載のシステム。

【請求項 14】

第 1 ズーム系又は第 2 ズーム系のうちの少なくとも一方のためのズーム値を制御するために使用される、照明ビームの波面を測定する検出システムが設けられている、請求項 1 記載のシステム。

【請求項 15】

第 1 ズーム系又は第 2 ズーム系のうちの少なくとも一方のためのズーム値を制御するために使用される、照明ビームの特性を測定する検出システムが設けられている、請求項 1 記載のシステム。

【請求項 16】

照明ビームのフィールド高さを変化させるための手段と、
照明ビームの瞳を変化させるための手段が設けられており、これにより、放射効率が連続的に維持されるようになっていることを特徴とする、システム。

【請求項 17】

10	【請求項 2】
10	【請求項 3】
20	【請求項 7】
30	【請求項 10】
30	【請求項 11】
40	【請求項 14】
50	【請求項 16】

照明ビームを転送するための手段が設けられている、請求項 16 記載のシステム。

【請求項 18】

照明ビームの特性を測定しかつ制御信号を発生するための手段と、
制御信号の値に基づいて、フィールド高さを変化させるための手段又は瞳を変化させるための手段のうち少なくとも一方を制御するための手段が設けられている、請求項 16 記載のシステム。

【請求項 19】

(a) 照明ビームのフィールド高さを変化させ、
(b) 放射効率が維持されるように、照明ビームの瞳を変化させることを特徴とする、方法。

10

【請求項 20】

(c) 照明ビームを転送する、請求項 19 記載のシステム。

【請求項 21】

(c) 照明ビームの特性を測定し、
(d) 測定に基づき制御信号を発生し、
(e) 制御信号の値に基づきステップ (a) 又は (b) のうち少なくとも一方を制御する、請求項 19 記載のシステム。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は概してリソグラフィツールにおいて使用されることができる照明システムに関する。

20

【背景技術】

【0002】

リソグラフィは、基板、半導体ウェハ、フラットパネルディスプレイ（ガラス基板）及び同様のものの上にパターンを形成するために使用されることができる。説明しやすくするために、本明細書における説明は半導体の製造に基づいてすることにする。リソグラフィでは、パターンニングされるフィーチャの寸法に応じて様々な光の波長が使用され、半導体ウェハ上にパターンをイメージングする。リソグラフィ技術を使用してダイオード、トランジスタ及び集積回路等の多くのタイプの半導体デバイスを製造することができる。

30

【0003】

リソグラフィシステムは一般的に、パターンを投影光学系を介して露光系において半導体ウェハにイメージングするために照明系を有しており、この照明系は、パターンを含むパターンジェネレータ（例えばレチクル（マスクとも呼ばれる）、空間的光変調器又はコントラスト装置（デジタルミラーデバイス、格子光弁、液晶ディスプレイ）、又は同様のもの、以下で全てパターンジェネレータと呼ばれる）を照明する。一般的に、照明系はパターンジェネレータの領域を照明し、投影光学系は、照明された領域の像をウェハ上に投影する。

【0004】

半導体デバイス製造技術が進歩するにしたがって、半導体デバイスを製造するために使用されるリソグラフィシステムの各構成要素に対する要求がますます高まっている。これは、パターンジェネレータを照明するために使用される照明系を含む。例えば、パターンジェネレータを均一な放射照度を有する照明フィールドで照明することが必要である。ステップ・アンド・スキャンリソグラフィでは、照明フィールドの寸法が種々異なる用途に合わせて調整されることができるように、ウェハスキャン方向に対して垂直な方向で照明フィールドの寸法を連続的に変化させることも必要である。ウェハ処理スループットをしばしば制限する 1 つの要因は、照明系から利用可能なエネルギーの量である。その結果、エネルギーの損失なしに照明フィールドの寸法を変化させることが必要である。

40

【0005】

照明フィールドの寸法が変化させられるときに、パターンジェネレータにおける照明フ

50

フィールドの角分布及び特性を保存することが重要である。この目的を達するために、照明系は、照明フィールドの寸法が変化させられる時に、パターンジェネレータにおける実質的に一定の開口数でのテレセントリック照明を維持しなければならない。幾つかの照明系は、パターンジェネレータの前に位置決めされた、アレイ等の散乱光学素子を有している。散乱光学素子は所望の角光分布を生ぜしめ、この角光分布は引き続きイメージングされるか又はパターンジェネレータに中継される。このような照明系において、照明フィールドの寸法が変化させられる時に、散乱光学素子、及びこれに対応してパターンジェネレータにおける実質的に一定の開口数においてテレセントリック照明を維持することが必要である。

【0006】

標準的なズームレンズは照明フィールドの寸法を変化させることができる。しかしながら、標準的なズームレンズでは、画像の倍率、及びこれに対応して照明フィールドの寸法は、角倍率に反比例する。したがって、画像の寸法をファクタMだけ増大する標準的なズームレンズは、不利なことに、開口数をファクタ1/Mだけ減少させ、照明フィールドの角分布を保存しない。

【0007】

慣用の系において、一定の放射効率を維持しながら、フィールド高さ又は瞳のうちの一方のみが変化されることができる。したがって、フィールド高さを連続的に変化させる能力を有するシステムにおいて、一定の瞳を形成するためにハードアパーチャが挿入され、このことは放射効率を低減する。同様に、連続的に変化する瞳を有するシステムは、フィールド高さを低減するためにハードアパーチャを必要とし、このことはやはり放射効率を低減する。

【発明の開示】

【発明が解決しようとする課題】

【0008】

したがって、必要とされているのは、望ましくはシステムの放射効率を維持しながら、照明ビームのフィールド高さ及び瞳の両方を、可能ならば連続的に(動的に)変化させることができるシステム及び方法である。

【課題を解決するための手段】

【0009】

本発明の実施形態は、第1及び第2のズーム系を使用することによってフィールド高さを連続的に(動的に)変更若しくは変化させかつ瞳を連続的に(動的に)変更若しくは変化させる能力を生ぜしめるシステム及び方法を提供する。第1のズーム系は、照明瞳角度の一定の範囲を生ぜしめる装置において適当なフィールド形状及び寸法を生ぜしめるために使用されることができ、第2のズーム系は、瞳の形状及び寸法を変化させるために使用されることができる。

【0010】

本発明の別の実施形態は、フィールド規定エレメントと、瞳規定エレメントと、第1及び第2のズーム系とを有するシステムを提供する。フィールド規定エレメント(FDE)は照明ビームのフィールド高さを生ぜしめる。第1のズーム系は、照明ビームのフィールド高さの変更を許容する。瞳規定エレメント(PDE)は照明ビームの瞳を生ぜしめる。第2のズーム系は照明ビームの瞳の変更を許容する。幾つかの用途において、照明ビームは、リソグラフィ又はマスクレスリソグラフィにおいて、パターンジェネレータを含む物体平面を照明するために使用されることができる。

【0011】

本発明のさらに別の実施形態は、放射効率が維持されるように、照明ビームのフィールド高さを変化させるための装置と、照明ビームの瞳を変化させるための装置とを有している。システムは、以下のもののうちの1つ又は2つ以上を含んでもよい：照明ビームを転送するための装置、照明ビームの特性を測定しかつ制御信号を発生するための装置、フィールド高さを変化させるための装置と瞳を変化させるための装置とのうちの少なくとも

10

20

30

40

50

も1つを、制御信号の値に基づき制御するための装置。

【発明の効果】

【0012】

上記実施形態は、フィールド高さの範囲と瞳の範囲とに亘ってより高い放射効率を許容することができ、これは、リソグラフィ製造プロセスの融通性を増大し、リソグラフィツールごとの瞳及びフィールド高さの合致を改良する。

【0013】

本発明の別の特徴及び利点並びに本発明の様々な実施形態の構造及び動作は、添付図面を参照して以下に詳細に説明される。

【発明を実施するための最良の形態】

【0014】

本明細書に組み込まれ、明細書の一部を構成した添付図面は本発明を示しており、詳細な説明と相俟って、本発明の原理を説明し、当業者が発明を形成及び使用することを可能にするために働く。

【0015】

本発明は添付図面を参照して説明される。図面において、同一の参照符号は同一の又は機能上類似のエLEMENTを示している。さらに、参照符号の左側の数字は、その参照符号が最初に示されている図面を表している。

【0016】

概略

本発明はここでは特定の用途のための例示的な実施形態に関して説明されるが、発明がこの実施形態に限定されないことが理解されるべきである。ここに提供された開示へのアクセスを有する当業者は、発明の範囲内での付加的な修正、用途及び実施形態、並びに本発明が著しく役立つ付加的な分野を認識するであろう。

【0017】

本発明の実施形態は、物体フィールドを照明するビームのフィールド高さ及び瞳の両方を（可能ならば連続的及び/又は動的に）変化させる方法及びシステムを提供する。1つの例において、物体フィールドは、例えばリソグラフィ又はマスクレスリソグラフィシステムにおいて、この物体フィールドに位置決めされたパターンジェネレータ（例えば、レチクル、空間的光変調器又は同様のもの）を有することができる。システム及び方法は、フィールド規定ELEMENT、瞳規定ELEMENT、及び第1及び第2のズーム系を使用することができる。フィールド規定ELEMENT（FDE）は照明ビームのフィールド高さを生ぜしめることができる。第1のズーム系は照明ビームのフィールド高さの変化を許容することができる。瞳規定ELEMENT（PDE）は照明ビームの瞳を生ぜしめることができる。第2のズーム系は、照明ビームの瞳の変化を許容することができる。

【0018】

典型的な環境：リソグラフィシステム

図1は、本発明が実施されることが典型的な環境を示している。光学系100は、光ビーム113を生ぜしめる照明源101（例えば光源、レーザ等）を有している。光113はビームコンディショナ102においてコンディショニングされ、ビームコンディショナはコンディショニングされた光103を照明光学系104へ伝送する。照明光学系104は、コンディショニングされた光103から照明光を形成し、照明光は、パターンジェネレータ106（例えば、1つ又は2つ以上のレチクル、空間的光変調器又は同様のもの）を含むことができる物体平面を照明する。パターンジェネレータ106は、照明光をパターンニングしパターンニングされた露出光を形成するために使用され、露出光は投影光学系108を介して基板110（例えば、半導体ウェハ、フラットパネルディスプレイのガラス基板又は同様のもの）に投影される。パターンジェネレータ106は透過型又は反射型であってよい。

【0019】

照明源101は、可視光、極紫外光、深紫外光等のあらゆる波長、又は可視領域又は可

10

20

30

40

50

視領域外のその他のあらゆる波長を有する光ビーム 113 を発生するレーザであってよい。本発明の実施例は、248 ナノメートル (nm)、193 nm 及び 157 nm を含むがこれらに限定されない波長を使用する。そのうえ、照明源はパルスレーザ又は連続発振レーザであってよい。

【0020】

1つの実施形態において、ビームコンディショナ 102 は、規定された断面を有する平行にされたビームを形成することができる。これは、屈折光学系又は反射光学系等のビーム拡大器を使用して行われる。

【0021】

図 2a は、本発明によるパターンジェネレータ 106 を含むことができる、物体平面を照明するための照明系 200 の実施形態を示している。説明を簡単にするために、レチクル (“デリミッタ”とも呼ばれる) がパターンジェネレータ 106 のために使用される。しかしながら、その他のパターンジェネレータ 106 が本発明の範囲内で考えられる (例えば、コントラスト装置、空間的光変調器及び同様のもの)。

10

【0022】

照明光学系 104 は照明系 200 を含むことができる。照明系 200 は、フィールドを形成する回折アレイ又は屈折アレイであることができる第 1 の装置 210 と、瞳を形成する回折アレイ又は屈折アレイであることができる第 2 の装置と、第 1 のフィールドアレイ 210 と第 2 の瞳アレイ 212 との間の光路に配置されたコンデンサ系 220 とを含むことができる。照明系 200 の 1つの実施形態において、上記光学素子は光軸 209 に沿って配置されている。

20

【0023】

第 1 のフィールドアレイ 210 は、コンディショニングされた光 103 を処理する。様々な実施形態において、第 1 のフィールドアレイ 210 は、二重の回折アレイ、回折格子又は、第 1、第 2、第 3 等の順序での光の通過を許容するマイクロレンズアセンブリであってよい。第 1 のフィールドアレイ 210 は、それぞれの順序が種々異なる角度での光の通過を示すように、光を回折することができる。第 1 のフィールドアレイ 210 は、照明系 200 に進入するコンディショニングされた光 103 のための空間的及び一時的なコヒーレンス処理を提供することができる。さらに、第 1 のフィールドアレイ 210 は、光の高い透過を提供することができる。

30

【0024】

コンデンサ系 220 からの光 213a ~ 213d は第 2 の瞳アレイ 212 に入射する。第 2 の瞳アレイ 212 は、デリミッタフィールド 228 を形成するために、衝突する光のマグニチュードを変化させる。デリミッタフィールド 228 の寸法及び / 又は形状は、どれだけ多くの光がレチクル 106 に入射しているかを示している。第 2 の瞳アレイ 212 は、二重回折アレイであってもよく、かつ / 又は回折格子又はマイクロレンズアセンブリを含むことができる。第 2 の瞳アレイ 212 は、空間的及び一時的なコヒーレンス処理を提供することができる。また、第 2 の瞳アレイ 212 は光の高い透過を許容することができる。

40

【0025】

コンデンサ系 220 は、デリミッタフィールド 228 の寸法を変化させるために、照明系 200 を通過する光を許容することができる。1つの実施形態において、コンデンサ系 220 は、コンデンサ系 220 を通過する光のマグニチュードとデリミッタフィールド 228 の寸法とを変化させる複数のレンズを含むことができる。コンデンサ系 220 における複数のレンズは光のマグニチュードを膨張及び / 又は減少させることができる。コンデンサ系 220 は複数のシリンドリカルレンズ及び / 又はクロスシリンドリカルレンズを含んでいてよい。コンデンサ系 220 の様々な実施形態が以下に図 3a ~ 図 4d を参照して説明される。

【0026】

図 5a 及び図 5b はそれぞれ本発明による第 1 の回折アレイ 210 の典型的な回折格子

50

実施形態の側面図及び正面図を示している。コンディショニングされた光 103 は第 1 のフィールドアレイ 210 の回折格子 501 を通過する。図 5 a に示したように、回折格子 501 はコンディショニングされた光 103 を光軸 209 (図 2 a) に関して種々異なる角度 θ_1 , θ_2 及び θ_3 で伝送する。

【0027】

図 6 a 及び図 6 B はそれぞれ本発明による第 1 のフィールドアレイ 210 の別の実施形態の正面図及び側面図を示している。この実施形態では、第 1 のフィールドアレイ 210 は複数のマイクロレンズ 601 を含んでいる。図 6 b に示したようにマイクロレンズ 601 は様々な構成で配置することができる。第 1 のフィールドアレイ 210 は、可変に整列させられた複数のマイクロレンズアセンブリ 601 を含むことができる。マイクロレンズ 601 は Y 軸に対して平行にかつ / 又は X 軸に対して平行に配置することができる。図 6 b に示したように、マイクロレンズ 601 はコンディショニングされた光 103 を受け取り、これを光軸 209 (図 2 a) に関して様々な角度 θ_1 , θ_2 及び θ_3 で伝送する。

10

【0028】

再び図 2 a を参照すると、コンディショニングされた光 103 は光軸 209 に沿ってレチクル 106 に向かって送られる。第 1 のフィールドアレイ 210 はコンディショニングされた光 103 を受け取る。コンディショニングされた光 103 を処理した後、第 1 のフィールドアレイ 210 は光 211 a ~ 211 d をコンデンサ系 220 に向かって送る。光 211 a ~ 211 d は、パターンジェネレータ 106 を介してこの光に付与されたパターンを含んでいる。第 1 のフィールドアレイ 210 を通過した後、光 211 a ~ 211 d は開口数 215 を有する。開口数 215 はデリミッタフィールド 228 の寸法及び / 又は形状を示している。開口数 (NA_1) 215 は以下のように定義される：

20

$$NA_1 = n \cdot \sin(\theta_1)$$

この公式で、 n は光伝搬媒体 (この場合には空気) の屈折率であり、 θ_1 はデリミッタフィールド 228 を形成する光によって形成された、屈折される角度である。したがって、開口数 (NA_1) 215 のサイズはデリミッタフィールド 228 の寸法を制御する。すなわち、開口数 215 が大きくなるほど、デリミッタフィールド 228 が大きくなる。開口数 215 の形状もデリミッタフィールド 228 の形状を制御する。例えば、図 2 a に示した実施形態において、開口数 215 は矩形であるので、デリミッタフィールド 228 は矩形である。別の実施例として、図 2 b に示した実施形態では、開口数 215 はアーチ状であるので、デリミッタフィールド 228 はアーチ状である。開口数 215 及び対応するデリミッタフィールド 228 のその他の形状及び寸法が可能である。すなわち、第 1 のフィールドアレイ 210 を、光 211 があらゆる寸法及び / 又は形状の開口数 215 を有するように修正することができる。これにより、光 213 は引き続き対応する寸法及び形状のデリミッタフィールド 228 を形成することができる。

30

【0029】

第 1 のフィールドアレイ 210 は光 211 を光軸 209 に沿ってコンデンサ系 220 に向かって伝送する。コンデンサ系 220 はデリミッタフィールド 228 の寸法を変化させるために使用することができる。コンデンサシステム 220 はクロススキャン方向でズーム可能なフィールドを形成することができる。例えば、図 2 a に示したようにスキャン方向は光軸 209 に沿っていることができるか、又は X 方向では、この図におけるクロススキャン方向は X 軸に沿っている。コンデンサ系 220 は、ズーム可能なフィールドを形成するためにアナモルフィックであってよい。すなわち、コンデンサ系 220 を通過する光は Y 方向でデリミッタフィールド 228 の寸法を変化させることができる。コンデンサ系 220 を通過する光が、デリミッタフィールド 228 の寸法を変化させながら、コンデンサ系 220 は、第 2 の瞳アレイ 212 に入射する光の角分布を保存若しくは維持することもできる。デリミッタフィールド 228 の寸法 (ひいてはレチクル 106 に入射する光の量) が変化させられながら、コンデンサシステム 220 は、光の均一な放射束密度 (単位表面積あたりに入射する放射束) を維持することができる。例えば、コンデンサ系 220 を通過する光は、約 11 mm ~ 約 26 mm の範囲でデリミッタフィールド 228 を変化さ

40

50

せることができる。デリミッタフィールド 228 の寸法及び / 又は形状は、用途に応じて特定されてよい。コンデンサ系 220 の様々な実施形態が、図 3 a ~ 図 4 d を参照して説明される。

【0030】

コンデンサ系

本発明の 1 つの実施形態によれば、デリミッタフィールド 228 の寸法が変化させられながら、コンデンサ系 220 はレチクル 106 に入射する光の所定の角分布を実質的に保存及び維持することができる。このために、デリミッタフィールド 228 の寸法が変化させられながら、コンデンサ系 220 は開口数 215 でテレセントリック照明を維持することができる。デリミッタフィールド 228 の寸法が変化させられながら、コンデンサ系 220 は、照明系 200 によってレチクル 106 に伝達される均一な放射照度及び所定の量のエネルギーをも維持することができる。コンデンサ系 200 の動作はさらに以下に説明される。

10

【0031】

図 3 a ~ 図 3 d は本発明の実施形態による 4 レンズ型コンデンサ系 220 を示しているのに対し、図 4 a ~ 図 4 d は本発明の別の実施形態による 5 レンズ型コンデンサ系 220 を示している。

【0032】

レンズコンデンサ系

図 3 a は本発明の実施形態による 4 レンズ型コンデンサ系 220 を示している。4 レンズ型コンデンサ系 220 は、入口レンズ 301 と、出口レンズ 303 と、ズームレンズ区分 310 とを有することができる。ズームレンズ区分 310 は光軸 209 に沿って入口レンズ 301 と出口レンズ 303 との間に配置されている。ズームレンズ区分 310 は第 1 ズームレンズ 311 と第 2 ズームレンズ 312 とを含むことができる。

20

【0033】

この実施形態において、入口レンズ 301 と出口レンズ 303 とは定置のレンズであり、ズームレンズ区分 310 は、入口レンズ 301 と出口レンズ 303 との間で光軸 209 に沿って並進することができる。第 1 ズームレンズ 311 は入口レンズ 301 と第 2 ズームレンズ 312 との間で光軸 209 に沿って並進することができる。第 2 ズームレンズ 312 は第 1 ズームレンズ 311 と出口レンズ 303 との間で光軸 209 に沿って並進することができる。第 1 ズームレンズ 311 及び / 又は第 2 ズームレンズ 312 を光軸 209 に沿って並進させることによって、ズームレンズ区分 310 は入口レンズ 301 と出口レンズ 303 との間で光軸 209 に沿って並進する。

30

【0034】

入口レンズ 301 と、第 1 ズームレンズ 311 と、第 2 ズームレンズ 312 と、出口レンズ 303 との間で個々の距離を調整することによって、コンデンサ系 220 は、このコンデンサ系 220 を通過する光を集束させる。集束された光は、第 2 の回折アレィ 212 を通過する前に照明フィールド 350 を形成する。照明フィールド 350 は、レチクル 106 に形成されるデリミッタフィールド 228 の寸法を決定するために使用することができる。ここで使用されているように、集束された光は、拡大された又は減じられたマグニチュードを有する光を意味する。コンデンサ系 220 から出た集束された光は、照明フィールド 350 の寸法を変化させることができる。さらに、入口レンズ 301 と、第 1 ズームレンズ 311 と、第 2 ズームレンズ 312 と、出口レンズ 303 との屈折力も、コンデンサ系 220 を通過する光のマグニチュード、ひいては照明フィールド 350 の寸法に影響することができる。照明フィールド 350 の寸法に応じて、入口レンズ 301 と、出口レンズ 303 と、第 1 ズームレンズ 311 と、第 2 ズームレンズ 312 とは正又は負の屈折力を有することができる。

40

【0035】

1 つの実施形態において、入口レンズ 301 及び出口レンズ 303 は、クロススキャン方向に (若しくは X 軸及び Y 軸に沿って) 光学パワーを有するシリンドリカルレンズであ

50

ってよく、第1ズームレンズ311及び第2ズームレンズ312は、スキャン方向に（若しくはY軸に沿って又はX軸に沿って）光学パワーを有するシリンドリカルレンズであってよい。

【0036】

1つの実施形態において、コンデンサ系220の動作中にエネルギー損失及び/又はズームレンズグループ310におけるレンズの運動範囲を最小限に抑制するために、ズームレンズグループ310におけるレンズのクロススキャン光学パワーの比は、約1:-0.3~約1:-0.8の範囲であってよい。択一例において、コンデンサ系220におけるレンズはクロスシリンドリカルレンズであってよい。

【0037】

図3dは、本発明の実施形態によるコンデンサ系220の対応する光学面を備えた光学素子を示している。入口レンズ301は光学面2及び3を有しており、第1ズームレンズ311は光学面4及び5を有しており、第2ズームレンズ312は光学面6及び7を有しており、出口レンズ303は光学面8及び9を有している。光学素子は、物体平面と像面との間に配置されている。上記の表1A及び1Bは、コンデンサ系220における各光学素子（入口レンズ301、第1ズームレンズ311、第2ズームレンズ312、出口レンズ303）の光学特性、例えば厚さ、半径、材料及びその他を示している。

【0038】

4レンズ型コンデンサ系における光路

再び図3aを参照すると、ズームレンズ区分310の第1実施形態が示されている。光211はコンデンサ系220の入口レンズ301に入射する。入口レンズ301は光211のマグニチュードを変化させる。ここで使用される場合、光のマグニチュードを変化させるという用語は、光のマグニチュードを拡大及び/又は低減することを意味する。入口レンズ301によって屈折させられた後、光211は第1の集束された光372になる。ここで使用される場合、集束された光という用語は、拡大された及び/又は低減されたマグニチュードを有する光を意味する。入口レンズ301は、第1の集束された光372をズームレンズ区分310に向ける。

【0039】

ズームレンズ区分310の第1ズームレンズ311は、位置320aにあるときに、第1の集束された光372を受け取る。第1ズームレンズ311は第1の集束された光372のマグニチュードを変化させる。第1ズームレンズ311によって屈折された後、第1の集束された光372は第2の集束された光373になる。第1ズームレンズ311は第2の集束された光373を、位置321aにある第2ズームレンズ312に向ける。

【0040】

第2ズームレンズ312は第2の集束された光373を受け取る。第2ズームレンズ312は第2の集束された光373のマグニチュードを変化させる。第2ズームレンズ312によって屈折された後、第2の集束された光373は第3の集束された光374になる。第2ズームレンズ312は第3の集束された光374を出口レンズ303に向ける。

【0041】

出口レンズ303は第3の集束された光374を受け取る。出口レンズ303は第3の集束された光374のマグニチュードを変化させる。出口レンズ303によって屈折された後、第3の集束された光374は集束された光213になる。出口レンズ303は集束された光213を第2の回折アレイ212に向ける。集束された光213は第2の回折アレイ212に進入する前に照明フィールド350aを形成する。照明フィールド350aの寸法は、少なくとも第1ズームレンズ311の位置320aと、第2ズームレンズ312の位置321aとに依存する。

【0042】

図3bは本発明の第2の実施形態によるズームレンズ区分310を示している。この実施形態において、第1ズームレンズ311は位置320bにあり、第2ズームレンズ312は位置321bにある。コンデンサ系220はレンズ311及び312の位置に基づき

10

20

30

40

50

照明フィールド 350b を形成する。照明フィールド 350b は、図 3a の照明フィールド 350a とは異なる寸法を有することができる。

【0043】

図 3c は本発明の第 3 実施形態によるズームレンズ区分 310 を示している。この実施形態において、第 1 ズームレンズ 311 が位置 320c にあり、第 2 ズームレンズ 312 が位置 321c にある。コンデンサ系 220 はレンズ 311 及び 312 の位置決めに基づき照明フィールド 350c を形成する。照明フィールド 350c は、図 3a の照明フィールド 350a 及び図 3b の 350b とは異なる寸法を有することができる。

【0044】

5 レンズ型コンデンサ系

図 4a は本発明の実施形態による 5 レンズ型コンデンサ系 220 を示している。この実施形態において、5 レンズ型コンデンサ系 220 は、入口レンズ 301 と、出口レンズ 303 と、ズームレンズ区分 410 とを有している。ズームレンズ区分 410 は、入口レンズ 301 と出口レンズ 303 との間に光軸 209 に沿って配置されている。ズームレンズ区分 410 は、第 1 ズームレンズ 411 と、第 2 ズームレンズ 412 と、第 3 ズームレンズ 413 とを有している。

【0045】

この実施形態において、入口レンズ 301 と出口レンズ 303 とは定置のレンズであり、ズームレンズ区分 410 は入口レンズ 301 と出口レンズ 303 との間を光軸 209 に沿って並進することができる。第 1 ズームレンズ 411 は入口レンズ 301 と第 2 ズームレンズ 412 との間を光軸 209 に沿って並進することができる。第 2 ズームレンズ 412 は第 1 ズームレンズ 411 と第 3 ズームレンズ 413 との間を光軸 209 に沿って並進することができる。第 3 ズームレンズ 413 は第 2 ズームレンズ 412 と出口レンズ 303 との間を光軸 209 に沿って並進することができる。第 1 ズームレンズ 411、第 2 ズームレンズ 412 及び / 又は第 3 ズームレンズ 413 を光軸 209 に沿って並進させることによって、ズームレンズ区分 410 が光軸 209 に沿って入口レンズ 301 と出口レンズ 303 との間を並進する。

【0046】

入口レンズ 301 と、第 1 ズームレンズ 411 と、第 2 ズームレンズ 412 と、第 3 ズームレンズ 413 と、出口レンズ 303 との間の個々の距離を調整することによって、コンデンサ系 220 は、コンデンサ系 220 を通過する光を集束させることができる。集束された光は、集束された光が第 2 の回折アレィ 212 を通過する前に照明フィールド 450 を形成する。コンデンサ系 220 から出た集束された光は、照明フィールド 450 の寸法を変化させることができる。さらに、入口レンズ 301 と、第 1 ズームレンズ 411 と、第 2 ズームレンズ 412 と、第 3 ズームレンズ 413 と、出口レンズ 303 との屈折力は、コンデンサ系 220 を通過する光のマグニチュード、ひいては照明フィールド 450 の寸法にも影響することができる。照明フィールド 450 は、レチクル 106 に形成されたデリミッタフィールド 228 の寸法を部分的に決定する。

【0047】

照明フィールド 450 の寸法に応じて、入口レンズ 301 と、出口レンズ 303 と、第 1 ズームレンズ 411 と、第 2 ズームレンズ 412 と、第 3 ズームレンズ 413 とは正又は負の屈折力を有することができる。入口レンズ 301 と出口レンズ 303 とは、クロススキャン方向で（又は X 軸及び Y 軸に沿って）光学パワーを有するシリンドリカルレンズであることができる。第 1 ズームレンズ 411 と、第 2 ズームレンズ 412 と、第 3 ズームレンズ 413 とは、スキャニング方向で（又は Y 軸に沿って又は X 軸に沿って）光学パワーを有するシリンドリカルレンズであることができる。1 つの実施形態において、コンデンサ系 220 の動作中にズームレンズ区分 401 のエネルギー損失及び / 又はレンズの動作範囲を最小限に抑制するために、ズームレンズ区分 410 におけるレンズのクロススキャン光学パワーの比は、約 1 : -0.3 ~ 約 1 : -0.8 であることができる。択一的な実施形態では、コンデンサ系 220 におけるレンズはクロスシリンドリカルレンズである

10

20

30

40

50

ことができる。

【0048】

図4dはコンデンサ系220の対応する光学面を備えた光学素子を示している。入口レンズ301は光学面2及び3を有している。第1ズームレンズ411は光学面4及び5を有している。第2ズームレンズ412は光学面6及び7を有している。第3ズームレンズ413は光学面8及び9を有している。出口レンズ303は光学面10及び11を有している。光学素子は物体平面と像面との間に配置されている。上に示された表2A及び2Bは、コンデンサ系220における各光学素子(入口レンズ301、第1ズームレンズ411、第2ズームレンズ412、第3ズームレンズ413、出口レンズ303)の光学特性、例えば厚さ、半径、材料及びその他を示している。

10

【0049】

5レンズ型コンデンサ系における光路

再び図4aを参照すると、本発明の第1実施形態によるズーム系410が示されている。この実施形態において、光211はコンデンサ系220の入口レンズ301に入射する。入口レンズ301は、光211のマグニチュードを変化させる。入口レンズ301によって屈折された後、光211は第1の集束された光472になる。入口レンズ301は第1の集束された光472をズームレンズ区分410に向ける。

【0050】

ズームレンズ区分410の第1ズームレンズ411は、位置420aにある間、第1の集束された光472を受け取る。第1ズームレンズ411は第1の集束された光472のマグニチュードを変化させる。第1ズームレンズ411によって屈折された後、第1の集束された光472は第2の集束された光472になる。第1ズームレンズ411は第2の集束された光472を、位置421aにある第2ズームレンズ412に向ける。

20

【0051】

第2ズームレンズ412は、位置421aにある間、第2の集束された光473を受け取る。第2ズームレンズ412は第2の集束された光473のマグニチュードを変化させる。第2ズームレンズ412によって屈折させられた後、第2の集束された光473は第3の集束された光474になる。第2ズームレンズ412は第3の集束された光474を、位置422aにある第3ズームレンズ413に向ける。

【0052】

第3ズームレンズ413は、位置422aにある間、第3の集束された光474を受け取る。第3ズームレンズ413は第3の集束された光474のマグニチュードを変化させる。第3ズームレンズ413によって屈折された後、第3の集束された光474は第4の集束された光475になる。第3ズームレンズ413は第4の集束された光475を出口レンズ303に向ける。

30

【0053】

出口レンズ303は第3の集束された光475を受け取る。出口レンズ303は第4の集束された光475のマグニチュードを変化させる。出口レンズ303によって屈折させられた後、第4の集束された光475は集束された光213になる。出口レンズ303は集束された光213を第2の回折アレイ212に向ける。集束された光213は、第2の回折アレイ212に進入する前に照明フィールド450aを形成する。照明フィールド450aの寸法は、少なくとも部分的に、第1ズームレンズ411の位置420aと、第2ズームレンズ412の位置421aと、第3ズームレンズ413の位置422aとによって決定される。

40

【0054】

図4bは本発明の第2実施形態によるズームレンズ系410を示している。この実施形態において、第1ズームレンズ411は位置420bにあり、第2ズームレンズ412は位置421bにあり、第3ズームレンズ413は位置422bにある。コンデンサ系220はレンズ411、412及び413の位置に基づき照明フィールド450bを形成する。照明フィールド450bは図4aの照明フィールド450aとは異なる寸法を有するこ

50

とができる。

【0055】

図4cは本発明の第3実施形態によるズーム系410を示している。この実施形態において、第1ズームレンズ411は位置420cを有しており、第2ズームレンズ412は位置421cを有しており、第3ズームレンズ413は位置422cを有している。コンデンサ系220はレンズ411、412及び413の位置に基づき照明フィールド450cを形成している。照明フィールド450cは、図4aの照明フィールド450a及び図4bの照明フィールド450bとは異なる寸法を有することができる。

【0056】

フィールド高さ及び瞳の両方の変化を許容する系

10

上述のように、上の様々な実施形態及び系は連続的に可変のフィールド高さを許容するが、連続的に可変の瞳は許容しない。しかしながら、幾つかの用途において、ツールはよりフレキシブルである必要がありかつ両方を行う能力を有する必要がある。図7及び図8に示した系は両方の動作を行うことができる。

【0057】

図7は本発明の実施形態による光学系700を示している。光学系700は照明光学系104(図1)に配置することができる。光学系700はフィールド規定素子(FDE)702において光ビーム103を受け取る。

【0058】

FDE702の全ての点において、ビーム704が発生され、これらのビームは照明ビーム720のフィールド高さを確立し、この照明ビームは、パターンジェネレータ106を有する物体平面を照明するために使用される。ビーム704はフィールド形状(例えば矩形、アーチ状等)を有しておりかつNA=を有している。第1ズーム系706は焦点距離 F_1 を有しており、ビーム704の基本形状を、瞳規定素子(PDE)708における寸法 F_1 に拡大する。これにより、第1ズーム系706のズーム(及び焦点距離 F_1)を変化させることにより、光学系700は、照明ビーム720のフィールド高さを(可能ならば連続的に又は動的に)変化させる。

20

【0059】

PDE708の全ての点において、ビーム710が発生され、これらのビームはNA=を有しておりかつ照明ビーム720の瞳形状(例えば円形、双極子等)を確立する。第2ズーム系712はビーム710を受け取り、倍率 M_2 を有する。第2ズーム系712は、瞳NAを M_2 に、フィールド寸法を F_1 / M_2 に拡大及び再成形する。したがって、第1ズーム系712のズーム(及び倍率 M_2)を変化させることにより、光学系700は照明ビーム720の瞳を(可能であれば連続的に又は動的に)変化させる。

30

【0060】

組み合わせると、第1ズーム系706及び第2ズーム系712のズームを変化させることは、フィールド高さ(F_1 / M_2)及び瞳(M_2)の両方を変化させる。例えば、物体平面における照明ビーム720のNAは M_2 によって制御されることができ、物体平面における照明ビーム720の寸法は F_1 を使用して再設定することができる。これにより、図2a~図4dに示された系と比較して、様々な用途に適応するという観点においてよりフレキシブルなより正確な系が提供される。

40

【0061】

系700の1つの実施形態において、フィールド高さ及び瞳の一方又は両方の動的な変化を許容するために、照明ビーム720の特性(例えば波面)を測定するために光検出システム222を使用することができる。検出システム722は、照明ビーム720の一部を検出器又はセンサ726に向ける光学素子724(例えばビームスプリッタ)を含むことができる。センサ726は、照明ビーム720が所望の特性を示すように、ズーム系の運動を制御するためにズーム系706及び/又は712に接続されることができる。これは検出システムの1つの例でしかなく、この説明を読むことにより当業者に明らかになるようにその他の検出システムを使用することができることが認識されるであろう。したが

50

って、その他の形式検出システムが本発明の範囲内で考えられる。

【0062】

図8は本発明の実施形態による光学系800を示している。光学系800は照明光学系104(図1)に配置されることができる。光学系800はPDE802において光ビーム103を受け取る。

【0063】

PDE802の全ての点においてビーム804が発生され、これらのビームは照明ビーム820の瞳形状(例えば円形、双極子等)を確立し、照明ビームは、パターンジェネレータ106を有する物体平面を照明するために使用される。ビーム804は $NA =$ を有する。第1のズーム系806は焦点距離 F_1 を有しており、瞳を寸法 F_1 に拡大及び再成形する。したがって、第1ズーム系806のズーム(及び焦点距離 F_1)を変化させることにより、光学系800は照明ビーム820の瞳を(可能ならば連続的に又は動的に)変化させる。

10

【0064】

FDE808の全ての点において、ビーム810が発生され、これらのビームは照明ビーム820のフィールド高さを確立する。ビーム810はフィールド形状(例えば矩形、アーチ状等)を有しておりかつ $NA =$ を有している。第2のズーム系812は F_2 の焦点距離を有しており、中間像平面830におけるビーム810の形状を F_2 及び $NA = F_1 / F_2$ に拡大する。したがって、第2のズーム系812のズーム(及び焦点距離 F_2)を変化させることにより、光学系800は照明ビーム820のフィールド高さを(可能ならば連続的に又は動的に)変化させる。

20

【0065】

この実施形態において、システム800は中間平面830とパターンジェネレータ106との間にリレー系840をも有している。リレー系840は、倍率 M を備えた中間像平面830における照明ビーム820のパターン及び NA を再結像することができる。

【0066】

組み合わせると、第1ズーム系806と第2ズーム系812とのズームを変化させることによって、照明ビーム820の瞳(F_1)とフィールド高さ(F_2 及び $NA = F_1 / F_2$)とを変化させることができる。例えば、中間像平面830における照明ビーム820の寸法は F_2 を使用して制御されることができ、次いで NA は F_1 を使用して再設定されることができる。これにより、図2a~図4dに示された系と比較して、様々な用途に適応するという観点においてよりフレキシブルなより正確なシステムが提供される。

30

【0067】

システム800の1つの実施形態において、照明ビーム820の特性(例えば波面等)を測定するために光検出システム822を使用することができる。検出システム822は、照明ビーム820の一部を検出器若しくはセンサ826に向ける光学装置824(例えばビームスプリッタ)を含むことができる。センサ826は、照明ビーム820が所望の特性を示すように、ズーム系の運動を制御するためにズーム系806及び/又は812に接続されることができる。これは検出システムの1つの例でしかなく、この説明を読むことにより当業者に明白なその他の検出システムを使用することができることが認識されるであろう。したがって、本発明の範囲内でその他の形式の検出システムが考えられる。

40

【0068】

図7及び図8に示された両実施形態においては、システム700又は800を組み込んだ用途に基づき確立されるように、あらゆる所望のフィールド高さ及び瞳範囲を使用することができる。例えば、1つの用途の場合、フィールド高さにおける分散(variance)は、元々のフィールド高さの約2.5~約5倍であることができ、瞳における分散(variance)は、元々の瞳の約4~約5倍であることができる。しかしながら、その他の用途の場合、本発明の範囲内でその他の範囲も考えられる。

【0069】

所望のズーム動作が達成されるように第1ズーム系706及び806及び第2ズーム系

50

7 1 2 及び 8 1 2 は様々な数及び形式の光学素子を有していることができることが認識されるであろう。したがって、これらのズーム系のための光学素子の様々な組み合わせが本発明の範囲内で考えられる。

【0070】

結論

本発明の方法、系及びコンポーネントの実施形態の例がここに説明された。他にも述べたように、これらの実施形態の例は、限定のためではなく例示のためにのみ説明されている。その他の実施形態が可能でありかつ発明によってカバーされる。このような実施形態は、ここに含まれた教えに基づき当業者に明白になるであろう。したがって、本発明の広さ及び範囲は、上述の典型的な実施形態の何れによっても限定されるべきではなく、請求項及び請求項の均等物に基づいてのみ定義されるべきである。

10

【図面の簡単な説明】

【0071】

【図1】本発明のリソグラフィシステムのための環境の例を示している。

【図2a】本発明による照明系の実施形態を示している。

【図2b】本発明による照明系の別の実施形態を示している。

【図3a】本発明による、第1のレンズ位置における図2a及び図2bの照明系の4レンズ型コンデンサ系の実施形態を示している。

【図3b】本発明による、第2のレンズ位置における、図3に示された4レンズ型コンデンサ系を示している。

20

【図3c】本発明による、第3のレンズ位置における、図3aに示された4レンズ型コンデンサ系を示している。

【図3d】本発明による、図3a～図3cに示された4レンズ型コンデンサ系の対応する光学面と共に、複数の光学素子を示している。

【図4a】本発明による、第1レンズ位置における図2a及び図2bの照明系の5レンズ型コンデンサ系の実施形態を示している。

【図4b】本発明による、第2レンズ位置における図4aに示された5レンズ型コンデンサ系を示している。

【図4c】本発明による、第3レンズ位置における図4aに示された5レンズ型コンデンサ系を示している。

30

【図4d】本発明による、図4a～図4cに示された5レンズ集光システムの対応する光学面と共に複数の光学素子を示している。

【図5a】本発明による、回折アレイ内の回折格子の側面図である。

【図5b】本発明による、回折アレイ内の回折格子の上面図である。

【図6a】本発明による、回折アレイ内のマイクロレンズアセンブリの上面図である。

【図6b】本発明による、回折アレイ内のマイクロレンズアセンブリの側面図である。

【図7】本発明の実施形態による、フィールド高さ及び瞳を連続的に変化させる系を示している。

【図8】本発明の実施形態による、フィールド高さ及び瞳を連続的に変化させる系を示している。

40

【符号の説明】

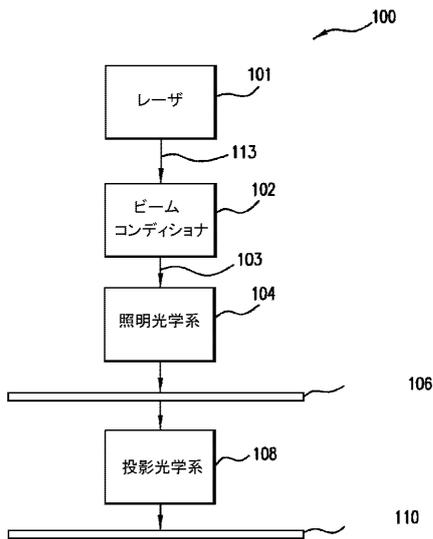
【0072】

100 光学系、 101 照明源、 102 ビームコンディショナ、 103 光、 104 照明光学系、 106 パターンジェネレータ、 108 投影光学系、 113 光ビーム、 200 照明系、 209 光軸、 210 第1の装置、 211 光、 212 第2の瞳アレイ、 211a～211d, 213a～213d 光、 215 開口数、 220 コンデンサ系、 228 デリミッタフィールド、 301 入口レンズ、 303 出口レンズ、 311 第1ズームレンズ、 312 第2ズームレンズ、 350 照明フィールド、 372 第1の集束された光、 373 第2の集束された光、 374 第3の集束された光、 410 スー無レンズ区分、

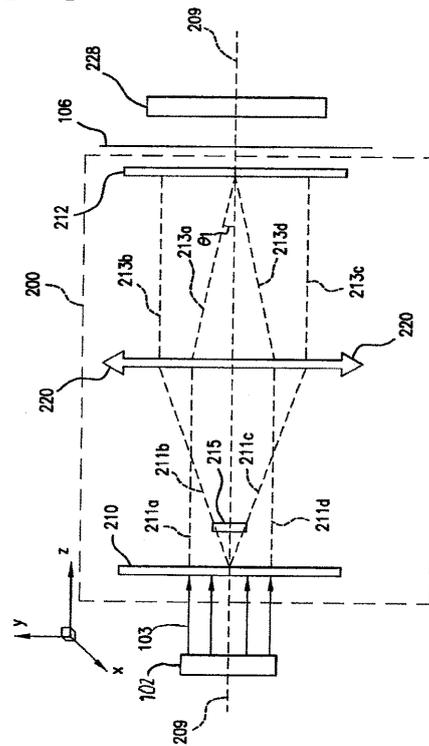
50

4 1 1 第 1 ズームレンズ、 4 1 2 第 2 ズームレンズ、 4 1 3 第 3 ズームレンズ、
4 5 0 照明フィールド、 5 0 1 回折格子、 6 0 1 マイクロレンズ、 7 0 0 光学系、
7 0 2 フィールド規定素子、 7 0 4 ビーム、 7 0 6 第 1 ズーム系、 7 0 8 瞳規定素子、
7 1 0 ビーム、 7 2 0 照明ビーム、 7 2 2 検出システム、 7 2 6 センサ、 8 0 0 システム、
8 0 6 第 1 ズーム系、 8 1 2 第 2 ズーム系、 8 2 0 照明ビーム、 8 3 0 中間平面、 8 4 0 リレー系

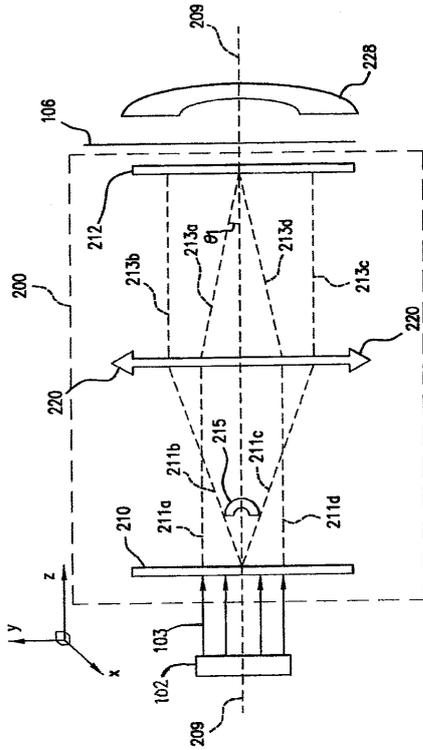
【 図 1 】



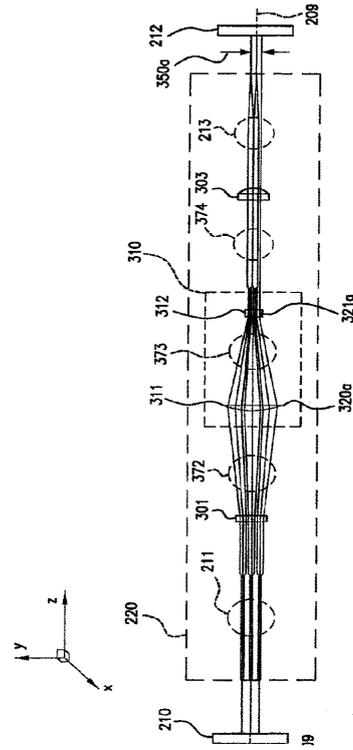
【 図 2 a 】



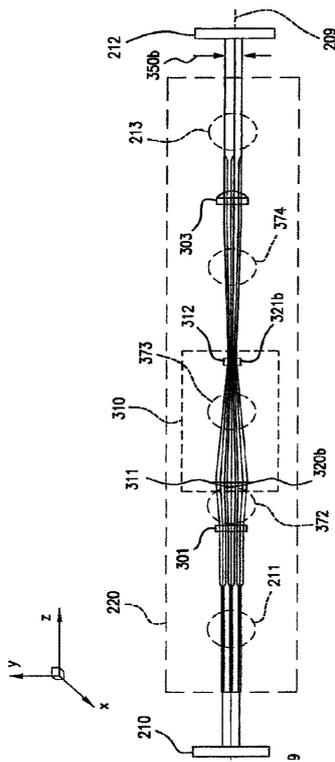
【図 2 b】



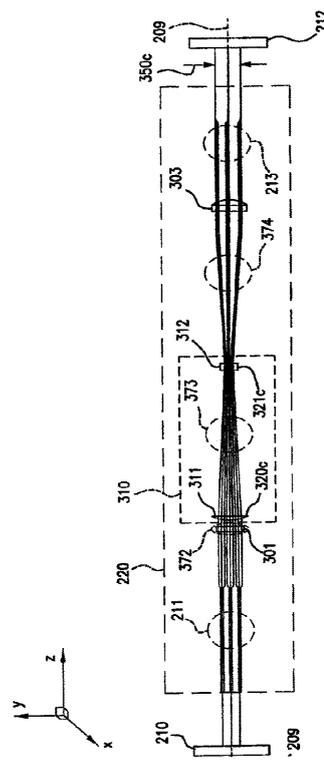
【図 3 a】



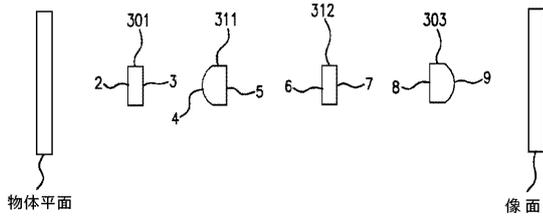
【図 3 b】



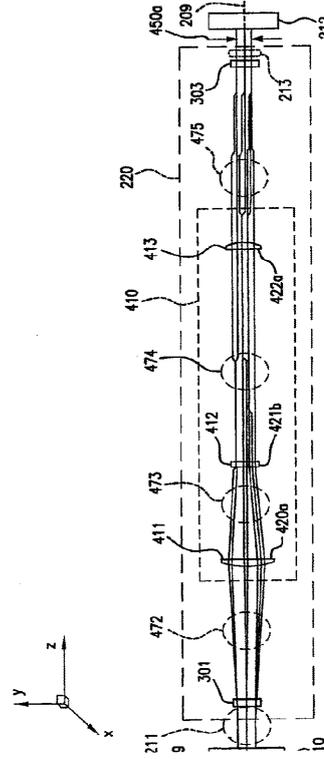
【図 3 c】



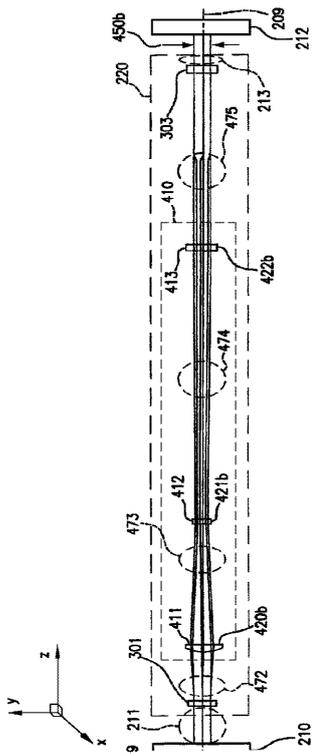
【 図 3 d 】



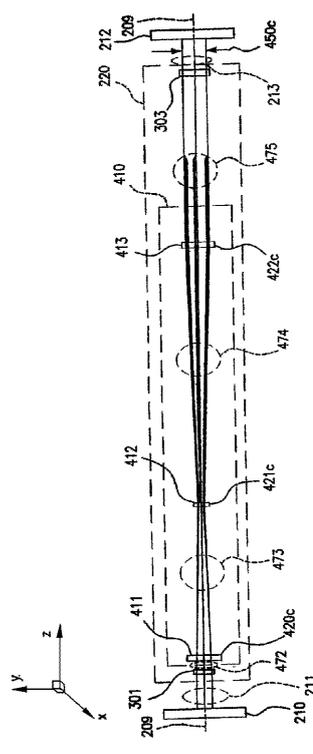
【 図 4 a 】



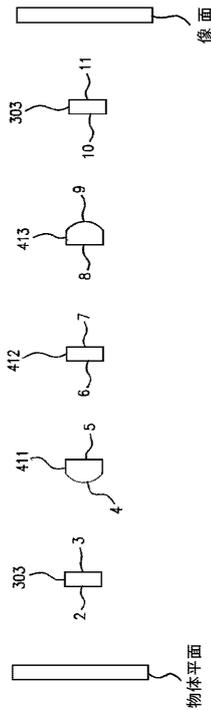
【 図 4 b 】



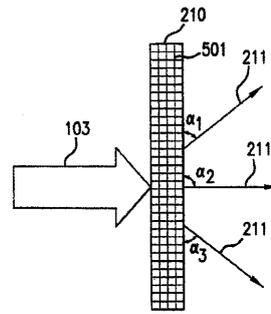
【 図 4 c 】



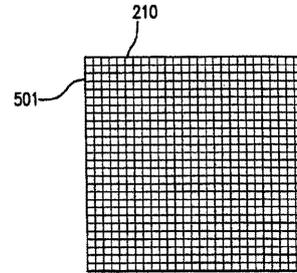
【図 4 d】



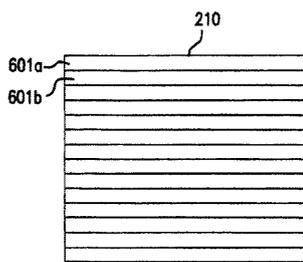
【図 5 a】



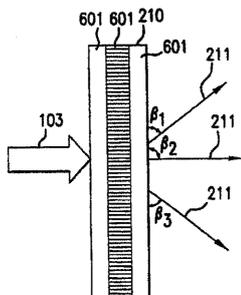
【図 5 b】



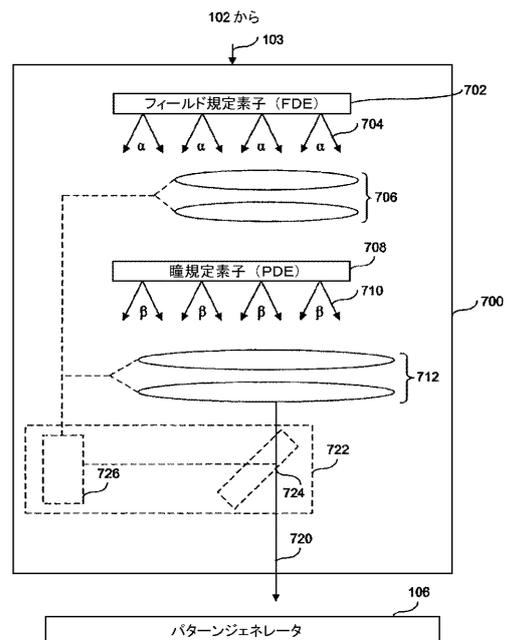
【図 6 a】



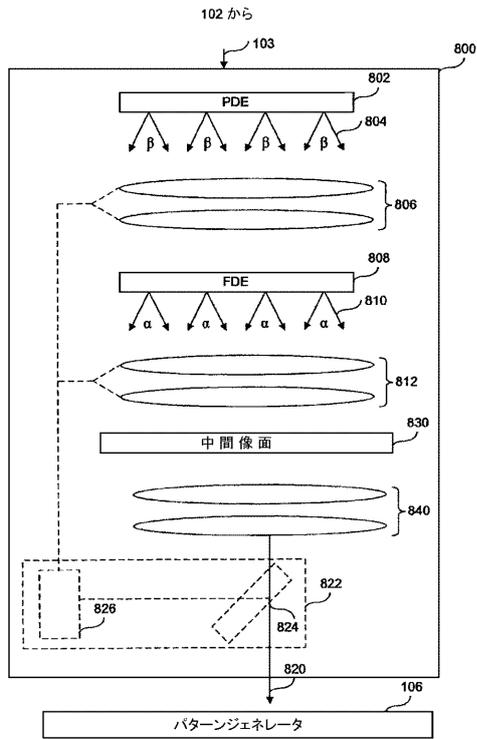
【図 6 b】



【図 7】



【 図 8 】



フロントページの続き

- (72)発明者 スコット ディー コストン
アメリカ合衆国 コネティカット ニュー ミルフォード アーケディア レーン 16
- (72)発明者 リチャード ジェイ ギェラ
アメリカ合衆国 コネティカット トラムブル スプリングウッド ドライヴ 28
- Fターム(参考) 5F046 BA06 CB01 CB05 CB12 CB23