

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特 許 公 報(B2)

(11) 特許番号

特許第5504763号
(P5504763)

(45) 発行日 平成26年5月28日(2014.5.28)

(24) 登録日 平成26年3月28日(2014.3.28)

(51) Int. Cl. F 1
G 0 2 B 3/00 (2006.01) G O 2 B 3/00 A
G 0 2 F 1/1335 (2006.01) G O 2 F 1/1335

請求項の数 3 (全 9 頁)

| | | | |
|-----------|------------------------------|-----------|------------------------------------|
| (21) 出願番号 | 特願2009-202296 (P2009-202296) | (73) 特許権者 | 000004112 株式会社ニコン |
| (22) 出願日 | 平成21年9月2日(2009.9.2) | | 東京都千代田区有楽町1丁目12番1号 |
| (65) 公開番号 | 特開2011-53441 (P2011-53441A) | (74) 代理人 | 100104776 弁理士 佐野 弘 |
| (43) 公開日 | 平成23年3月17日(2011.3.17) | (74) 代理人 | 100119194 弁理士 石井 明夫 |
| 審査請求日 | 平成24年9月3日(2012.9.3) | (72) 発明者 | 大倉 元 東京都千代田区丸の内3丁目2番3号 株式会社ニコン内 |
| | | (72) 発明者 | 小西 浩 東京都千代田区丸の内3丁目2番3号 株式会社ニコン内 |
| | | 審査官 | 大森 伸一 |

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 レンズアレイ及び光学系

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項1】

複数のレンズが隣り合うように配列されたレンズアレイにおいて、
隣り合う前記複数のレンズ間のレンズ表面に、湾曲形状の凹面部分を有しており、
前記各レンズは、その光軸を含む断面におけるレンズ表面の前記凹面部分を除く部分が、
その有効径内外の境界を挟んで、内側の曲率よりも外側の曲率が大きくなるように形成
されていて、前記各レンズの有効径外の光線を焦点面における必要なエリア外に向かわせ
るように構成されていることを特徴とするレンズアレイ。

【請求項2】

光の入射側に配置された第1レンズアレイと、光の出射側に配置された第2レンズアレ
 イの2つのレンズアレイを有する光学系であって、

前記2つのレンズアレイは、それぞれ、複数のレンズが隣り合うように配列されてあり

、
隣り合う前記複数のレンズ間のレンズ表面に、湾曲形状の凹面部分を有しており、
少なくとも前記第2レンズアレイの各レンズは、その光軸を含む断面におけるレンズ表
面の前記凹面部分を除く部分が、その有効径内外の境界を挟んで、内側の曲率よりも外側
の曲率が大きくなるように形成されていて、前記各レンズの有効径外の光線を焦点面にお
ける必要なエリア外に向かわせるように構成されていることを特徴とする光学系。

【請求項3】

前記2つのレンズアレイの各レンズには、光が入射する入射面と、該入射面から入射し

10

20

た光が出射する出射面とが形成されており、

隣り合う前記複数のレンズ間の前記出射面のレンズ表面に、湾曲形状の凹面部分を有しており、

少なくとも前記第2レンズアレイの各レンズの前記出射面において、その光軸を含む断面におけるレンズ表面の前記凹面部分を除く部分が、その有効径内外の境界を挟んで、内側の曲率よりも外側の曲率が大きくなるように形成されていて、前記各レンズの有効径外の光線を焦点面における必要なエリア外に向かわせるように構成されていることを特徴とする請求項2に記載の光学系。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

10

【0001】

本発明は、複数のレンズが隣り合うように配列されたレンズアレイ及び該レンズアレイを有する光学系に関するものである。

【背景技術】

【0002】

従来、フトリソグラフィ等の露光装置に用いられる照明光学系の中には、焦点面での照度均一性を確保するためのインテグレート光学系として、フライアイレンズ（マイクロフライアイレンズ）を利用したレンズアレイを用いたものがある。また、前記したインテグレート光学系の例として、2枚のフライアイレンズを並べた構成を有しているものが挙げられる（例えば、特許文献1参照）。さらに、その2枚構成されたフライアイレンズの両面が、シリンドリカルレンズ面で形成されたものがある。このような構成のインテグレート光学系の場合、2枚のフライアイレンズの全ての面は凸レンズ形状となるため、各レンズの全体の大きさに対して入射面及び出射面の有効径が小さくなることが多い。

20

【先行技術文献】

【特許文献】

【0003】

【特許文献1】特開2008-191469号公報

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0004】

30

ここで、前記したようなフライアイレンズをフトリソグラフィを用いて形成した場合、その製造工程において、レンズ表面の平滑化のためにソルベントやポストバーク等を行う。そのため、設計上、隣り合うシリンドリカルレンズ200同士それぞれの有効径外となる継ぎ目部分201は、凸面と凸面とが合わさることで、図6のグラフにおいて点線で示すような角部201aを形成するはずだが、実際は設計形状とは異なり、図6のグラフの実線で示すような滑らかな曲線部201bとなってしまう。

【0005】

これにより、継ぎ目部分201の曲線部201bは、光の射出角度が設計上の角度より小さくなってしまい、その結果、本来は焦点面において必要なエリアの外に向かうはずの有効径外の光線が、迷光として必要なエリア内に入ってしまい、照明強度分布を悪化させてしまう、という問題が生じていた。

40

【0006】

なお、このような現象を防ぐための方法としては、継ぎ目部分201の曲線部201bを設計上の角部201aと同じ形状にするか、設計上の角部201aに限りなく近づけるようにすることが考えられる。しかし、フトリソグラフィによる製造の特性上、この方法は非常に困難であることが判明している。

【0007】

本発明は、このような事情に鑑みてなされたものであり、必要な光量は確保した上で、焦点面における必要なエリアに向かう有効径外の光線による迷光を生じさせないようにして、焦点面における必要なエリアに有効径内の光線による均一な照明強度分布を形成する

50

ことができるレンズアレイ及び該レンズアレイを有する光学系を提供することを目的とする。

【課題を解決するための手段】

【0008】

かかる課題を解決するために、本発明は、複数のレンズ(111, 121)が隣り合うように配列されたレンズアレイ(110, 120)において、隣り合う前記複数のレンズ間のレンズ表面(D)に、湾曲形状の凹面部分(Dc)を有しており、前記各レンズは、その光軸(K)を含む断面におけるレンズ表面の前記凹面部分を除く部分が、その有効径(Da)内外の境界(L)を挟んで、内側の曲率よりも外側の曲率が大きくなるように形成されていて、前記各レンズの有効径外の光線を焦点面における必要なエリア外に向かわせるように構成されているレンズアレイとしたことを特徴とする。

10

【0009】

また、本発明は、光の入射側に配置された第1レンズアレイ(110)と、光の出射側に配置された第2レンズアレイ(120)の2つのレンズアレイを有する光学系(100)であって、前記2つのレンズアレイは、それぞれ、複数のレンズ(111, 121)が隣り合うように配列されており、隣り合う前記複数のレンズ間のレンズ表面(D)に、湾曲形状の凹面部分(Dc)を有しており、少なくとも前記第2レンズアレイの各レンズ(121)は、その光軸(K)を含む断面におけるレンズ表面の前記凹面部分を除く部分が、その有効径(Da)内外の境界(L)を挟んで、内側の曲率よりも外側の曲率が大きくなるように形成されていて、前記各レンズの有効径外の光線を焦点面における必要なエリア外に向かわせるように構成されている光学系としたことを特徴とする。

20

【0010】

なお、ここでは、本発明をわかりやすく説明するため、実施の形態を表す図面の符号に対応付けて説明したが、本発明が実施の形態に限定されるものではないことは言及するまでもない。

【発明の効果】

【0011】

本発明によれば、光軸を含む断面におけるレンズ表面が、その有効径内外の境界を挟んで、内側の曲率よりも外側の曲率が大きくなるように形成されているため、有効径外の光線が迷光として焦点面における必要なエリアに入ってくることを防止することができ、有効径外の光線を焦点面における必要なエリアの外に向かわせて、焦点面における必要なエリアに有効径内の光線による均一な照明強度分布を形成することができる。

30

【図面の簡単な説明】

【0012】

【図1】本発明の実施の形態に係る露光装置の構成を示す概略正面図である。

【図2】図1の露光装置に備えられたインテグレート光学系の第1マイクロフライアイレンズにおける1つのシリンダリカルレンズとそれに対応する第2マイクロフライアイレンズにおける1つのシリンダリカルレンズを示す概略斜視図である。

【図3】図2の第2マイクロフライアイレンズのD面のレンズ表面の様子を示す概略横断面図である。

40

【図4】図3の第2マイクロフライアイレンズにおける1つのシリンダリカルレンズのD面の設計上の曲率半径と実際の曲率半径の計測値を比較した結果をグラフに表した図である。

【図5】(a)本実施の形態のインテグレート光学系による光の状態と、(b)従来のインテグレート光学系による光の状態とを比較説明するための概略図である。

【図6】従来のフライアイレンズにおけるシリンダリカルレンズ同士の継ぎ目部分の設計形状と実形状とを比較した結果をグラフに表した図である。

【発明を実施するための形態】

【0013】

以下、本発明の実施の形態について説明する。

50

【 0 0 1 4 】

図 1 は、本発明の実施の形態に係る露光装置の構成を示す概略正面図である。図 2 は、図 1 の露光装置に備えられたインテグレート光学系の第 1 マイクロフライアイレンズにおける 1 つのシリンダカルレンズとそれに対応する第 2 マイクロフライアイレンズにおける 1 つのシリンダカルレンズを示す概略斜視図である。図 3 は、図 2 の第 2 マイクロフライアイレンズの D 面のレンズ表面の様子を示す概略横断面図である。図 4 は、図 3 の第 2 マイクロフライアイレンズにおける 1 つのシリンダカルレンズの D 面の設計上の曲率半径と実際の曲率半径の計測値を比較した結果をグラフに表した図である。

【 0 0 1 5 】

なお、本実施の形態では、本発明における光学系の実施の形態として、露光装置に備えられたインテグレート光学系を例にして説明する。また、本実施の形態では、本発明におけるレンズアレイの実施の形態として、インテグレート光学系を構成するマイクロフライアイレンズを例にして説明する。

10

【 0 0 1 6 】

まず、本実施の形態のマイクロフライアイレンズ及びインテグレート光学系を備えた露光装置 10 の概要について説明する。図 1 に示すように、本実施の形態における露光装置 10 は、ウェハに対して露光を行う装置であり、光源 11、ビームエキスパンダー 12、折り曲げミラー 13、回折光学素子 14、アフォーカルズームレンズ 15、回折光学素子 16、ズームレンズ 17、本発明における光学系の実施の形態としてのインテグレート光学系 100、コンデンサー光学系 18、マスク M、投影光学系 PL、ウェハ W 等を有している。

20

【 0 0 1 7 】

本実施の形態では、露光光（照明光）を供給するための光源 11 として、例えば 248 nm の波長の光を供給する KrF エキシマレーザー光源または 193 nm の波長の光を供給する ArF エキシマレーザー光源を備えている。また、光源 11 から Z 方向に沿って射出されたほぼ平行な光束は、X 方向に沿って細長く伸びた矩形形状の断面を有しており、一对のレンズ 12 a および 12 b からなるビームエキスパンダー 12 に入射して、所定の矩形形状の断面を有する光束に整形されるようになっている。

【 0 0 1 8 】

さらに、整形光学系としてのビームエキスパンダー 12 を介したほぼ平行な光束は、折り曲げミラー 13 で Y 方向に偏向された後、回折光学素子 14 を介して、アフォーカルズームレンズ 15 に入射するようになっている。一般に、回折光学素子は、ガラス基板に露光光（照明光）の波長程度のピッチを有する段差を形成することによって構成され、入射ビームを所望の角度に回折する作用を有する。具体的には、回折光学素子 14 は、矩形形状の断面を有する平行光束が入射した場合に、その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）に円形状の光強度分布を形成する機能を有する。したがって、回折光学素子 14 を介した光束は、アフォーカルズームレンズ 15 の瞳位置に円形状の光強度分布、すなわち円形状の断面を有する光束を形成する。また、アフォーカルズームレンズ 15 は、アフォーカル系（無焦点光学系）を維持しながら所定の範囲で倍率を連続的に変化させることができるように構成されている。

30

40

【 0 0 1 9 】

アフォーカルズームレンズ 15 を介した光束は、輪帯照明用の回折光学素子 16 に入射するようになっている。アフォーカルズームレンズ 15 は、回折光学素子 14 の発散原点と回折光学素子 16 の回折面とを光学的にほぼ共役に結んでいる。そして、回折光学素子 16 の回折面またはその近傍の面の一点に集光する光束の開口数は、アフォーカルズームレンズ 15 の倍率に依存して変化する。また、輪帯照明用の回折光学素子 16 は、平行光束が入射した場合に、そのファースフィールドにリング状の光強度分布を形成する機能を有する。

【 0 0 2 0 】

回折光学素子 16 を介した光束は、ズームレンズ 17 に入射するようになっている。ズ

50

ームレンズ17の後側焦点面の近傍には、光源側から順に、本発明における第1レンズアレイの実施の形態としての第1マイクロフライアイレンズ110と、本発明における第2レンズアレイの実施の形態としての第2マイクロフライアイレンズ120とを有する、本発明における光学系の実施の形態としてのインテグレート光学系（オプティカルインテグレータ）100の入射面（すなわち第1マイクロフライアイレンズ110の入射面）が位置決めされている。なお、インテグレート光学系100は、入射光束に基づいて多数光源を形成するように機能するものである。

【0021】

上述したように、回折光学素子14を介してアフォーカルズームレンズ15の瞳位置に形成される円形状の光強度分布からの光束は、アフォーカルズームレンズ15から射出された後、様々な角度成分を有する光束となって回折光学素子16に入射する。すなわち、回折光学素子14は、角度光束形成作用を有するオプティカルインテグレータを構成している。一方、回折光学素子16は、平行光束が入射した場合に、そのファーストフィールドにリング状の光強度分布を形成する機能を有する。したがって、回折光学素子16を介した光束は、ズームレンズ17の後側焦点面に（ひいてはインテグレート光学系100の入射面に）、たとえば光軸Kを中心とした輪帯状の照野を形成する。

【0022】

インテグレート光学系100の入射面に形成される輪帯状の照野の外径は、ズームレンズ17の焦点距離に依存して変化する。このように、ズームレンズ17は、回折光学素子16とインテグレート光学系100の入射面とを実質的にフーリエ変換の関係に結んでいる。インテグレート光学系100に入射した光束は二次元的に分割され、インテグレート光学系100の後側焦点面にはインテグレート光学系100への入射光束によって形成される照野と同じ輪帯状の多数光源（以下、「二次光源」という）が形成される。

【0023】

インテグレート光学系100の後側焦点面に形成された輪帯状の二次光源からの光束は、コンデンサー光学系18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。マスクMのパターンを透過した光束は、投影光学系PLを介して、感光性基板であるウェハ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Kと直交する平面（XY平面）内においてウェハ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のパターンが逐次露光される。

【0024】

このように、本実施の形態における露光装置10においては、照明光の均一性を向上させるために、第1マイクロフライアイレンズ110及び第2マイクロフライアイレンズ120を有するインテグレート光学系100を使用している。

【0025】

次に、本実施の形態のインテグレート光学系100について、さらに詳細に説明する。本実施の形態のインテグレート光学系100は、上述したように、光の入射側に配置された第1マイクロフライアイレンズ110と、光の出射側に配置された第2マイクロフライアイレンズ120の2つのレンズアレイを有している。本実施の形態の第1マイクロフライアイレンズ110と第2マイクロフライアイレンズ120は、それぞれ複数のレンズが隣り合うように配列されたものであり、特に本実施の形態では、シリンダリカルレンズに形成された複数のレンズが隣り合うように配列されている。また、図2に示すように、それぞれのマイクロフライアイレンズ110、120における1つのシリンダリカルレンズ111、121同士は、露光装置10の構成において、同じ光軸K上に位置するように形成及び配置されている。

【0026】

また、本実施の形態の第1マイクロフライアイレンズ110におけるシリンダリカルレンズ111は、光の入射側に入射面としてA面、該A面から入射した光の出射側に出射面としてC面を有している。さらに、本実施の形態の第2マイクロフライアイレンズ120

10

20

30

40

50

におけるシリンドリカルレンズ121は、光の入射側に入射面としてB面、該B面から入射した光の出射側に出射面としてD面を有している。そして、本実施の形態における2つのシリンドリカルレンズ111, 121同士は、入射面同士(A面とB面)、出射面同士(C面とD面)でそれぞれ母線方向が平行に形成されており、第1マイクロフライアイレンズ110のシリンドリカルレンズ111の入射面(A面)と出射面(C面)及び第2マイクロフライアイレンズ120のシリンドリカルレンズ121の入射面(B面)と出射面(D面)では、それぞれ母線方向が直交するように形成されている。これにより、第1マイクロフライアイレンズ110のA面と第2マイクロフライアイレンズ120のB面で例えばZ軸方向の光に作用し、第1マイクロフライアイレンズ110のC面と第2マイクロフライアイレンズ120のD面で例えばZ軸方向と直交するX軸方向の光に作用するようにレンズ形成することができる。

10

【0027】

また、本実施の形態の第2マイクロフライアイレンズ120におけるシリンドリカルレンズ121の出射面であるD面は、図3及び図4に示すように、その光軸Kを含む断面におけるレンズ表面が、その有効径Daの内外の境界Lを挟んで、内側の曲率よりも外側の曲率が大きくなるように形成されている。詳述すると、本実施の形態の第2マイクロフライアイレンズ120におけるシリンドリカルレンズ121のD面は、光軸Kを挟んだ所定の範囲が有効径Daとなっており、この範囲を通った光は焦点面において必要なエリアに向かうようになっている。また、境界Lを挟んで有効径Daと反対側(外側)に位置する有効径外(シリンドリカルレンズ121同士の継ぎ目部分)の所定範囲は、その曲率が有効径Daの曲率と比較して大きくなるように形成された曲率大部分Dbとなっている。また、有効径外の曲率大部分Dbのさらに外側の所定範囲には凹面部分Dcが形成されている。

20

【0028】

このようなレンズ構成により、図5(b)に示すように、曲率が有効径の内外で変化しない従来のレンズであると、有効径外を通った光が、図中点線で示す迷光となって焦点面の必要なエリアに入り込んでしまうのに対して、図5(a)に示すように、有効径の内側より境界を挟んだ外側でレンズの曲率を大きく形成した本実施の形態のレンズでは、有効径外の光が焦点面の必要なエリア外に向かうため、有効径外の光による迷光が発生せず、均一な照明強度分布を形成することができるものである。なお、有効径内外で曲率を変化させる割合や範囲については、レンズの形状や大きさ、レンズの有効径の曲率等によって、適宜決定すれば良い。

30

【0029】

以上のように、本実施の形態の露光装置10におけるインテグレート光学系100及び該インテグレート光学系100に備えられた第2マイクロフライアイレンズ120によれば、光軸Kを含む断面におけるシリンドリカルレンズ121のD面が、その有効径Daの内外の境界Lを挟んで、内側(有効径Da)の曲率よりも外側(曲率大部分Db)の曲率が大きくなるように形成されているため、必要な光量は確保した上で、有効径外の光線が迷光として焦点面における必要なエリアに入ってくることを防止することができ、有効径外の光線を焦点面における必要なエリアの外に向かわせて、焦点面における必要なエリアに有効径内の光線による均一な照明強度分布を形成することができる。

40

【0030】

なお、以上説明した実施の形態は、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。

【0031】

例えば、前記した実施の形態では、マイクロフライアイレンズの両面にレンズが形成されている構成であったが、これに限るものではなく、片面のみがレンズ形成されているものであっても良い。

【0032】

また、前記した実施の形態では、マイクロフライアイレンズとして、複数のシリンドリ

50

カルレンズが隣り合うように配列されたものを用いたが、これに限るものではなく、他の形状の複数のレンズが隣り合うように配列されたもの等、異なる構成のレンズアレイであっても良い。

【0033】

また、前記した実施の形態では、2つのマイクロフライアイレンズのうち、第2マイクロフライアイレンズの、しかもD面のみが有効径の内外で曲率が変わるようにされていた。すなわち、前記した実施の形態においては、光線のうち、A面及びB面で作用する方向については、有効径外からの迷光が特に問題にならないことから、2つのマイクロフライアイレンズのA面とB面には本発明の構成を適用していない。また、前記した実施の形態においては、C面はその有効径がレンズの大きさに対して比較的大きいため、迷光が発生する有効径外の部分が、その影響を無視できる位小さく、これによりC面にも本発明の構成を適用していない。このように、前記した実施の形態では、本発明の構成が本当に必要なD面のみに、本発明における有効径の内外で曲率を変化させる（境界を挟んだ有効径の外側の曲率を大きくしている）構成を適用しており、これにより光学系の構成を可能な限り簡単にして、光学系を製造しやすくし、光学系の製造に対するコストを抑えることができるように設計されている。

10

【0034】

しかし、本発明はこれに限るものではなく、1つのレンズの両面で同様の曲率を変化させる構成を有していても良いし、また、2つのマイクロフライアイレンズのうちの第1マイクロフライアイレンズ又は両方のマイクロフライアイレンズにおいて、曲率を変化させる構成を有していても良い。

20

【0035】

また、前記した実施の形態では、2つのマイクロフライアイレンズを有するインテグレート光学系について説明してきたが、他の光学系に適用しても良いし、1つのマイクロフライアイレンズのみのレンズアレイ等、他の構成に対して本発明を適用しても良い。

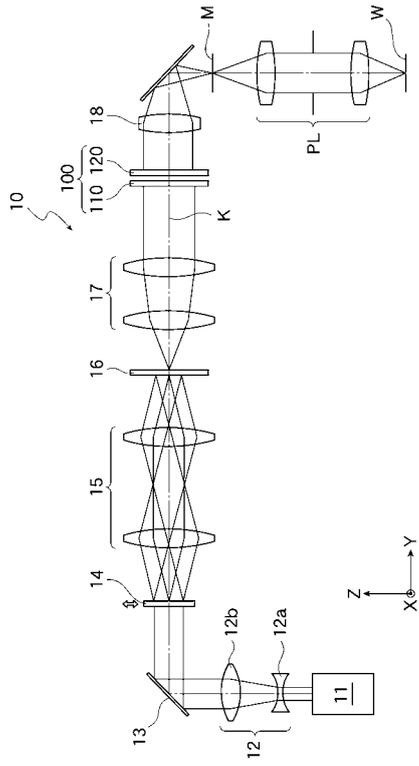
【符号の説明】

【0036】

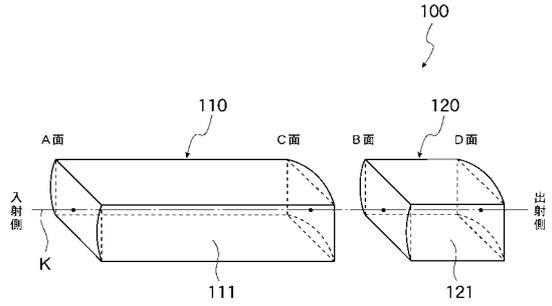
- 10 露光装置
- 100 インテグレート光学系（光学系）
- 110 第1マイクロフライアイレンズ（第1レンズアレイ）
- 111 シリンドリカルレンズ（レンズ）
- 120 第2マイクロフライアイレンズ（第2レンズアレイ）
- 121 シリンドリカルレンズ（レンズ）
- D レンズのD面（レンズ表面）
- Da 有効径
- Db 曲率大部分
- Dc 凹面部分
- K 光軸
- L 境界

30

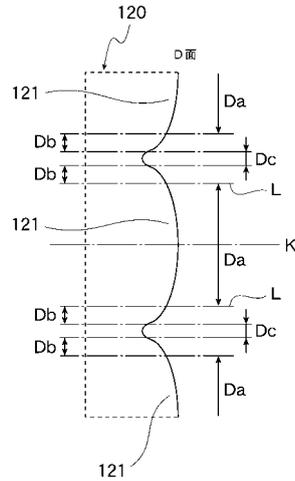
【図1】



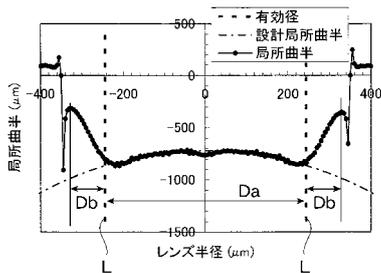
【図2】



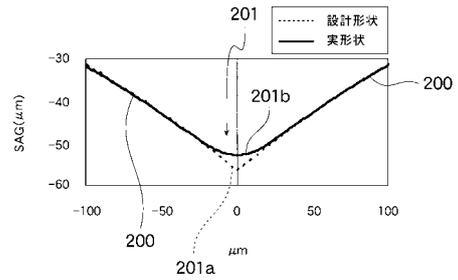
【図3】



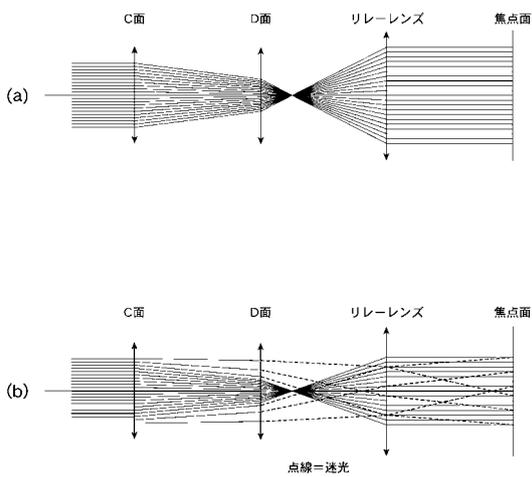
【図4】



【図6】



【図5】



フロントページの続き

- (56)参考文献 特開平07 - 074332 (JP, A)
特開2001 - 021876 (JP, A)
特開2007 - 144899 (JP, A)
特開2004 - 056103 (JP, A)
特表2007 - 528515 (JP, A)
特開2008 - 083463 (JP, A)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

G02B 3/00
G02F 1/1335