

(19)日本国特許庁(JP)

## (12)特許公報(B2)

(11)特許番号  
特許第7056306号  
(P7056306)

(45)発行日 令和4年4月19日(2022.4.19)

(24)登録日 令和4年4月11日(2022.4.11)

(51)国際特許分類	F I
G 0 2 B 21/06 (2006.01)	G 0 2 B 21/06
G 0 2 B 3/00 (2006.01)	G 0 2 B 3/00 A
G 0 2 B 27/09 (2006.01)	G 0 2 B 27/09

請求項の数 3 (全11頁)

(21)出願番号	特願2018-61196(P2018-61196)	(73)特許権者	000006507 横河電機株式会社 東京都武蔵野市中町2丁目9番32号
(22)出願日	平成30年3月28日(2018.3.28)	(74)代理人	100106909 弁理士 棚井 澄雄
(65)公開番号	特開2019-174586(P2019-174586 A)	(74)代理人	100146835 弁理士 佐伯 義文
(43)公開日	令和1年10月10日(2019.10.10)	(74)代理人	100167553 弁理士 高橋 久典
審査請求日	令和3年1月19日(2021.1.19)	(74)代理人	100181124 弁理士 沖田 壮男
		(72)発明者	景 虹之 東京都武蔵野市中町2丁目9番32号 横河電機株式会社内
		審査官	殿岡 雅仁

最終頁に続く

(54)【発明の名称】 照射光学装置

## (57)【特許請求の範囲】

## 【請求項1】

レーザ光源と、

前記レーザ光源から出射した光が通過する複数のマイクロレンズアレイと、

前記マイクロレンズアレイを、前記レーザ光源からの光路長を変化させずに移動させる移動機構と、

複数の前記マイクロレンズアレイとともにケーラー照明系を構成し、前記マイクロレンズアレイを経た光が通過するフーリエ変換レンズと、を備え、

前記マイクロレンズアレイは、このマイクロレンズアレイに直交する中心軸の周りに回転可能であり、

前記移動機構は、前記マイクロレンズアレイを前記中心軸の周りに回転させ、

前記マイクロレンズアレイを構成する複数のレンズは、螺旋状に配置されている、

照射光学装置。

## 【請求項2】

前記複数のマイクロレンズアレイは、対向配置された第1のマイクロレンズアレイと第2のマイクロレンズアレイとを有し、

前記第1のマイクロレンズアレイと前記第2のマイクロレンズアレイとの相対位置は一定である、請求項1記載の照射光学装置。

## 【請求項3】

前記第1のマイクロレンズアレイと第2のマイクロレンズアレイとを連結する連結部をさ

らに備え、

前記第1のマイクロレンズアレイと第2のマイクロレンズアレイとは一体的に回転可能である、請求項2記載の照射光学装置。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、照射光学装置に関する。

【背景技術】

【0002】

例えば、レーザ顕微鏡、レーザ加工機、半導体露光装置などのレーザ機器には、照射光学装置が用いられる。照射光学装置は、例えば、レーザ光源と、レンズとを備える。照射光学装置は、レンズからの出射光を、顕微鏡光学系を介して細胞などの試料に照射する。細胞を予め蛍光物質で標識しておけば、細胞から蛍光が発せられる。蛍光の画像を顕微鏡光学系で取得することによって、細胞の観察、細胞の挙動の解析などを行うことができる。

10

【0003】

前記照射光学装置では、レーザ光源からの光を、試料を含む広い領域に照射する。レーザ光源は点光源であるため、光の強度はガウシアン状、すなわち中央が強く、周辺が弱い分布となりやすい。ガウシアン状の強度分布をもつレーザ光を用いて得られた画像は、中央が明るく、周辺が暗くなる。この場合、解析精度に影響が及ぶなどの弊害があるため、改善が要望されている。

20

【0004】

非特許文献1および特許文献1に記載の装置では、マイクロレンズアレイとフーリエレンズとを有するケーラー照明系が用いられている。レーザ光は干渉性（コヒレンス）を持つため、マイクロレンズのような繰り返しパターンが光路に存在すると、それによって干渉や回折が起きたり、スペックルが生じることがある。その場合、照明光に干渉縞のパターンなどが現れ、均一性が損なわれる。

【0005】

前記装置では、レーザ光の干渉性を崩して干渉や回折の影響を少なくして照射光の均一性を高めるために、光路にディフューザ（拡散板）が設けられる。図6は、前記装置の一例を示す構成図である。この装置100は、レーザ光Lを出射するレーザ光源（図示略）と、ディフューザ101と、ディフューザ101を光路に組み込むためのリレーレンズ102と、マイクロレンズアレイ103と、フーリエレンズ104とを備える。このような構成の装置をホモジェナイザともいう。

30

【先行技術文献】

【特許文献】

【0006】

【文献】米国特許第8148663号明細書

【非特許文献】

【0007】

【文献】Reinhard Voelkel, et.al " Laser Beam Homogenizing: Limitations and Constraints " SPIE Europe. 2-5 September 2008.

40

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0008】

装置100では、2つの構成、すなわち、レーザ光の干渉性を崩すための構成（ディフューザ101およびリレーレンズ102）と、レーザ光の均一性を実現するための構成（マイクロレンズアレイ103およびフーリエレンズ104）とが光路に沿って配置される。そのため、光路が長くなり、装置が大型になる。装置100は構成要素が多いため、コストが増大するという問題もある。

【0009】

50

本発明の一態様は、小型化およびコスト抑制が可能な照射光学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】

【0010】

本発明の一態様は、レーザ光源と、前記レーザ光源から出射した光が通過する1または複数のマイクロレンズアレイと、前記マイクロレンズアレイを、前記レーザ光源からの光路長を変化させずに移動させる移動機構と、前記マイクロレンズアレイを経た光が通過するフーリエレンズと、を備えた照射光学装置を提供する。

【0011】

前記構成によれば、マイクロレンズアレイの移動により、レーザ光を平均化して干渉や回折の影響を少なくすることができる。そのため、照射光は均一光となる。前記構成によれば、マイクロレンズアレイおよびフーリエレンズは、レーザ光の均一化の機能と、レーザ光の干渉性を崩す機能とを併せもつことになる。したがって、ディフューザ（拡散板）を使用する必要はない。よって、装置構成を簡略にし、小型化およびコスト抑制を図ることができる。

10

【0012】

前記照射光学装置は、前記マイクロレンズアレイが、このマイクロレンズアレイに直交する中心軸の周りに回転可能であり、前記移動機構が、前記マイクロレンズアレイを前記中心軸の周りに回転させることができる構成であってよい。

【0013】

前記構成によれば、マイクロレンズアレイが中心軸の周りに回転可能に構成されているため、簡略な構成でありながらレーザ光の干渉の影響を少なくできる。よって、小型化およびコスト抑制を図るうえで有利となる。

20

【0014】

前記マイクロレンズアレイを構成する複数のレンズは、螺旋状に配置されていることが好ましい。

【0015】

前記構成によれば、レンズが螺旋状に配置されているため、レンズの径方向の位置はマイクロレンズアレイの回転の過程で変化する。したがって、レーザ光の干渉の影響を少なくできる。

30

【0016】

前記複数のマイクロレンズアレイは、対向配置された第1のマイクロレンズアレイと第2のマイクロレンズアレイとを有し、前記第1のマイクロレンズアレイと前記第2のマイクロレンズアレイとの相対位置は一定であることが好ましい。

【0017】

前記構成によれば、第1のマイクロレンズアレイのレンズを通ったレーザ光は、第2のマイクロレンズアレイにおける、対応する特定のレンズを通ることになる。そのため、安定した光学特性が得られる。

【0018】

前記照射光学装置は、前記第1のマイクロレンズアレイと第2のマイクロレンズアレイとを連結する連結部をさらに備え、前記第1のマイクロレンズアレイと第2のマイクロレンズアレイとは一体的に回転可能であることが好ましい。

40

【0019】

前記構成によれば、第1マイクロレンズアレイのレンズと第2マイクロレンズアレイのレンズとの相対位置は精度よく一定となる。そのため、より安定した光学特性が得られる。

【発明の効果】

【0020】

本発明の一態様によれば、装置の小型化およびコスト抑制が可能となる。

【図面の簡単な説明】

【0021】

50

【図 1】第 1 実施形態の照射光学装置の構成図である。

【図 2】図 1 の照射光学装置のマイクロレンズアレイのレンズの配置を説明する図である。

【図 3】レーザ光源から出射したレーザ光の強度分布を示す図である。

【図 4】照射光の強度分布を示す図である。

【図 5】第 2 実施形態の照射光学装置の構成図である。

【図 6】従来の装置の一例の構成図である。

【発明を実施するための形態】

【0022】

以下、本発明の実施形態について、図面を参照して説明する。

[第 1 実施形態]

(照射光学装置)

図 1 は、第 1 実施形態の照射光学装置 10 の構成図である。

図 1 に示すように、照射光学装置 10 は、レーザ光源 1 と、第 1 マイクロレンズアレイ 2 (第 1 のマイクロレンズアレイ) と、第 2 マイクロレンズアレイ 3 (第 2 のマイクロレンズアレイ) と、フーリエレンズ 4 と、回転移動機構 5 と、連結部 6 とを備えている。

【0023】

レーザ光源 1 は、例えば、半導体レーザ、固体レーザ等のレーザ発振機 (図示略) を備える。図 1 では、レーザ光源 1 は第 1 マイクロレンズアレイ 2 に近い位置に描かれているが、レーザ光源 1 は、概念的には、第 1 マイクロレンズアレイ 2 から無限遠にある点光源である。

【0024】

第 1 マイクロレンズアレイ 2 は、複数のレンズ 7 (マイクロレンズ) を配列した円板状に形成されている。第 1 マイクロレンズアレイ 2 は、中心軸 C1 周りに回転可能である。中心軸 C1 は第 1 マイクロレンズアレイ 2 に対して直交する。中心軸 C1 は第 1 マイクロレンズアレイ 2 の厚さ方向に沿う。第 1 マイクロレンズアレイ 2 は、レーザ光源 1 から第 1 マイクロレンズアレイ 2 までの光路長を変化させずに回転できる。第 1 マイクロレンズアレイ 2 は、レーザ光源 1 から出射するレーザ光 L の方向に対して垂直に配置される。

【0025】

レンズ 7 は、レーザ光源 1 からのレーザ光 L を集光させる機能を有する。第 1 マイクロレンズアレイ 2 は、複数のレンズ 7 を備えているため、入射されたレーザ光 L を複数の光束に分割する。第 1 マイクロレンズアレイ 2 は、視野絞りの機能を有し、ターゲット面 12 におけるレーザ光 L の照射面積を規定する。

【0026】

図 2 は、第 1 マイクロレンズアレイ 2 のレンズ 7 の配置を説明する図であって、第 1 マイクロレンズアレイ 2 を厚さ方向から見た模式図である。「r」は第 1 マイクロレンズアレイ 2 の径方向である。「 $\theta$ 」は第 1 マイクロレンズアレイ 2 の周方向 (中心軸 C1 周り方向) である。「 $\theta_1$ 」は周方向の一方向であり、第 1 マイクロレンズアレイ 2 の回転方向である。「 $\theta_2$ 」は回転方向  $\theta_1$  と反対の方向である。

【0027】

複数のレンズ 7 は、螺旋状 (渦巻き状) に、かつ多条に配列されている。詳しくは、レンズ 7 は、複数のレンズ列 8 を構成している。レンズ列 8 は、一列に並べられた複数のレンズ 7 により構成されている。レンズ列 8 を構成する複数のレンズ 7 (例えばレンズ 7A ~ 7D) は、配列に沿って (すなわちレンズ 7A からレンズ 7D に向かって)、径方向 r の位置が外方にずれ、かつ周方向  $\theta$  の位置が予め定められた方向側 (例えば  $\theta_1$  側) にずれるように配列されている。

【0028】

図 2 に示す  $P_r$  は隣り合うレンズ 7, 7 の径方向 r のずれ量である。ずれ量  $P_r$  は複数のレンズ 7 について一定値であることが好ましい。図 2 に示す  $P_\theta$  は隣り合うレンズ 7, 7 の周方向  $\theta$  のずれ量である。ずれ量  $P_\theta$  は複数のレンズ 7 について一定値であることが好ましい。ずれ量  $P$  はレンズ 7 の一画面分に相当する。レンズ列 8 を構成する複数のレン

10

20

30

40

50

ズ7は一定のずれ量 $P_r$ 、 $P$ で配列されているため、これら複数のレンズ7は螺旋状に並んでいる。複数のレンズ列8は、周方向に位置を違えて設けられているため、複数のレンズ7は多条に配列されている。

【0029】

図1に示すように、第2マイクロレンズアレイ3は、複数のレンズ17（マイクロレンズ）を配列した円板状に形成されている。第2マイクロレンズアレイ3は、中心軸 $C_2$ 周りに回転可能である。中心軸 $C_2$ は第2マイクロレンズアレイ3に対して直交する。中心軸 $C_2$ は第2マイクロレンズアレイ3の厚さ方向に沿う。第2マイクロレンズアレイ3は、レーザ光源1から第2マイクロレンズアレイ3までの光路長を変化させずに回転できる。第2マイクロレンズアレイ3は、レーザ光 $L$ の方向に対して垂直に配置される。

10

【0030】

レンズ17は、レーザ光 $L$ を集光させる機能を有する。第2マイクロレンズアレイ3は、開口絞りの機能を有する。

【0031】

第1マイクロレンズアレイ2と第2マイクロレンズアレイ3とは互いに平行に、厚さ方向に間隔をおいて配置される。第1マイクロレンズアレイ2と第2マイクロレンズアレイ3とは対向して配置されている。第1マイクロレンズアレイ2と第2マイクロレンズアレイ3とは外径が同じであることが好ましい。第1マイクロレンズアレイ2の中心軸 $C_1$ と第2マイクロレンズアレイ3の中心軸 $C_2$ とは一致する。

【0032】

複数のレンズ17は、第1マイクロレンズアレイ2のレンズ7（図2参照）と同様に、螺旋状（渦巻き状）に、かつ多条に配列されている。詳しくは、レンズ17は、第2マイクロレンズアレイ3の厚さ方向から見て、複数のレンズ列を構成している。このレンズ列を構成する複数のレンズ17は、配列に沿って、第2マイクロレンズアレイ3の径方向の位置が外方にずれ、かつ周方向の位置もずれるように配列されている。

20

【0033】

隣り合うレンズ17、17の半径方向のずれ量は、図2のずれ量 $P_r$ と等しいことが好ましい。隣り合うレンズ17、17の周方向のずれ量は、図2のずれ量 $P$ と等しいことが好ましい。レンズ17の外径は、第1マイクロレンズアレイ2のレンズ7の外径と等しいことが好ましい。レンズ17の数は、第1マイクロレンズアレイ2におけるレンズ7の数と等しいことが好ましい。レンズ17は、第1マイクロレンズアレイ2のレンズ7と同じ仕様のレンズであってもよいし、レンズ7と異なる仕様のレンズであってもよい。

30

【0034】

レンズ7、17の焦点距離 $f_{MLA}$ は、例えば10mm～20mmとしてよい。レンズ7、17の外径 $D_{MLA}$ （レンズ径）は、例えば0.3mm～0.8mmとしてよい。レンズ7、17は、レーザ光 $L$ の光束のなかに、例えば30～50個が入ることが好ましい。

【0035】

第2マイクロレンズアレイ3の厚さ方向から見た複数のレンズ17の配置は、それぞれ、第1マイクロレンズアレイ2のレンズ7の配置（図2参照）に1対1で対応し、レンズ7とレンズ17との相対位置は常に一定であることが望ましい。その場合、マイクロレンズアレイ2、3の周方向位置にかかわらず、レンズ7を通ったレーザ光 $L$ は、対応する特定のレンズ17を通ることになる。そのため、安定した光学特性が得られる。

40

【0036】

連結部6は、第1マイクロレンズアレイ2の中央部と、第2マイクロレンズアレイ3の中央部を連結している。そのため、第1マイクロレンズアレイ2と第2マイクロレンズアレイ3は、中心軸 $C_1$ 、 $C_2$ 周りに一体的に回転可能である。これにより、第1マイクロレンズアレイ2のレンズ7と、第2マイクロレンズアレイ3のレンズ17との相対位置は精度よく一定となる。そのため、レンズ7を通ったレーザ光 $L$ は、対応する特定のレンズ17を通ることから、より安定した光学特性が得られる。

【0037】

50

フーリエレンズ4は、公知のフーリエレンズを使用できる。フーリエレンズ4は、マイクロレンズアレイ2, 3を経たレーザー光Lが構成する画像を積分するために用いることができる。フーリエレンズ4の焦点距離 $f_{FL}$ は、例えば300mm~500mmとしてよい。フーリエレンズ4の外径(レンズ径)は、例えば40mm~50mmとしてよい。第1マイクロレンズアレイ2、第2マイクロレンズアレイ3およびフーリエレンズ4は、ケーラー照明系を構成する。

【0038】

回転移動機構5は、回転軸11を介して第1マイクロレンズアレイ2に連結されている。回転移動機構5は、例えばモータであり、回転軸11を介して第1マイクロレンズアレイ2および第2マイクロレンズアレイ3を中心軸C1, C2周りに回転させる。

10

【0039】

(レーザー光の照射方法)

次に、図1を参照しつつ、照射光学装置10を用いてレーザー光Lを照射する方法を説明する。

図3は、レーザー光源1から出射したレーザー光Lの強度分布を示す図である。図3に示すように、レーザー光Lの強度はガウシアン状、すなわち中央が強く、周辺が弱い分布となっている。

【0040】

レーザー光源1から出射したレーザー光Lは、第1マイクロレンズアレイ2のレンズ7を経て第2マイクロレンズアレイ3のレンズ17を通る。レーザー光Lは、さらに、フーリエレンズ4を経てターゲット面12に達する。

20

【0041】

この際、回転移動機構5によって、第1マイクロレンズアレイ2および第2マイクロレンズアレイ3を中心軸C1, C2周りに回転させる。マイクロレンズアレイ2, 3は連結部6によって連結されているため、一体的に回転する。マイクロレンズアレイ2, 3の回転数は、マイクロレンズアレイ2, 3の大きさによるが、例えば100rpm以上(好ましくは1000rpm以上)である。マイクロレンズアレイ2, 3の回転数は、5000rpm~10000rpmが好適である。

【0042】

レーザー光Lには、可干渉性とレンズの繰り返しパターンにより干渉や回折が生じ得るが、マイクロレンズアレイ2, 3の回転により、光の強度を平均化し、干渉等の影響を少なくすることができる。そのため、ターゲット面12に照射される照射光は、全域にわたり強度がほぼ一定である均一光となる。図4は、照射光の強度分布を示す図である。図4に示すように、光の強度は全域にわたってほぼ一定である。

30

【0043】

仮に、第1マイクロレンズアレイ2および第2マイクロレンズアレイ3が回転していない場合には、レーザー光Lがもつ可干渉性と、レンズ7, 17の繰り返しパターンにより干渉や回折が起きることがある。そのため、干渉縞が生じ、均一な照射光は得られない可能性がある。

【0044】

ターゲット面12で得られる照射光の直径DFPは、例えば、次の式(1)で求められる。

40

【0045】

$$DFP = D_{MLA} \cdot f_{FL} / f_{MLA} \quad \dots (1)$$

【0046】

式(1)において、 $D_{MLA}$ はレンズ7, 17の外径(レンズ径)である。 $f_{FL}$ はフーリエレンズ4の焦点距離である。 $f_{MLA}$ はレンズ7, 17の焦点距離である。例えば、一般的な顕微鏡の視野数は20mmである。この範囲の均一分布の照射光を得るには、 $f_{MLA} = 10\text{mm}$ 、 $D_{MLA} = 0.5\text{mm}$ 、 $f_{FL} = 400\text{mm}$ とすればよい。

【0047】

第1実施形態の照射光学装置10では、マイクロレンズアレイ2, 3の回転により、レー

50

ザ光Lを平均化して干渉や回折の影響を少なくすることができる。そのため、ターゲット面12に照射される照射光は均一光となる。

照射光学装置10では、マイクロレンズアレイ2,3およびフーリエレンズ4は、レーザー光の均一化の機能と、レーザー光の干渉性を崩す機能とを併せもつことになる。したがって、ディフューザ(拡散板)を使用する必要はない。よって、装置構成を簡略にし、小型化およびコスト抑制を図ることができる。

【0048】

照射光学装置10で得られる照射光は、レーザー顕微鏡における励起光として利用することができる。例えば、照射光を、顕微鏡光学系を介して細胞などの試料に照射することができる。細胞を予め蛍光物質で標識しておけば、細胞から蛍光が発せられる。蛍光の画像を顕微鏡光学系で取得することによって、細胞の観察、細胞の挙動の解析などを行うことができる。照射光学装置10で得られる照射光は均一な分布を有するため、明るさが均一な画像を得ることができ、解析精度を高めることができる。

10

【0049】

照射光学装置10は、マイクロレンズアレイ2,3が中心軸C1,C2の周りに回転可能に構成されているため、簡略な構成でありながらレーザー光の干渉の影響を少なくできる。よって、小型化およびコスト抑制を図るうえで有利となる。

照射光学装置10は、マイクロレンズアレイ2,3を構成するレンズ7,17が螺旋状に配置されているため(図2参照)、レンズ列を構成するレンズ7,17の径方向の位置はマイクロレンズアレイ2,3の回転の過程で変化する。したがって、レーザー光Lの干渉の影響を少なくできる。

20

【0050】

[第2実施形態]

(照射光学装置)

図5は、第2実施形態の照射光学装置20の構成図である。図1に示す第1実施形態の照射光学装置10との共通構成については同じ符号を付して説明を省略する。

【0051】

図5に示すように、照射光学装置20は、レーザー光源1と、第1マイクロレンズアレイ2と、フーリエレンズ4と、回転移動機構5と、連結部6とを備えている。

照射光学装置20は、第2マイクロレンズアレイ3を備えていない点で、図1に示す照射光学装置10と異なる。

30

【0052】

(レーザー光の照射方法)

レーザー光源1から出射したレーザー光Lは、第1マイクロレンズアレイ2のレンズ7を経てフーリエレンズ4を通り、ターゲット面12に達する。この際、回転移動機構5によって、第1マイクロレンズアレイ2を中心軸C1周りに回転させる。

【0053】

レーザー光Lには、可干渉性とレンズ7の繰り返しパターンにより干渉や回折が生じ得るが、第1マイクロレンズアレイ2の回転により、その影響を少なくすることができる。そのため、ターゲット面12に照射される照射光は、全域にわたり強度がほぼ一定である均一光となる。

40

【0054】

照射光学装置20では、ディフューザ(拡散板)を使用せずに均一な照射光が得られるため、装置構成を簡略にし、小型化およびコスト抑制を図ることができる。

照射光学装置20では、マイクロレンズアレイの数が少ないため、図1に示す照射光学装置10に比べて装置構成が簡略であり、小型化およびコスト抑制の点で有利である。

【0055】

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改変が可能である。例えば、上述の実施形態では、マイクロレンズアレイ2,3は中心軸C1,C2周りに回転するが、マイクロレンズアレイの移動の様子は回転に限らない。例えば、マ

50

マイクロレンズアレイは、レーザ光源からマイクロレンズアレイまでの光路長を変化させずに、マイクロレンズアレイの面内方向に沿って往復動させてもよい。マイクロレンズアレイの数は3以上であってもよい。

【符号の説明】

【0056】

1...レーザ光源、2...第1マイクロレンズアレイ(第1のマイクロレンズアレイ)、3...第2マイクロレンズアレイ(第2のマイクロレンズアレイ)、4...フォーリエレンズ、5...回転移動機構(移動機構)、6...連結部、7...レンズ(第1のマイクロレンズアレイのレンズ)、17...レンズ(第2のマイクロレンズアレイのレンズ)、10,20...照射光学装置

10

20

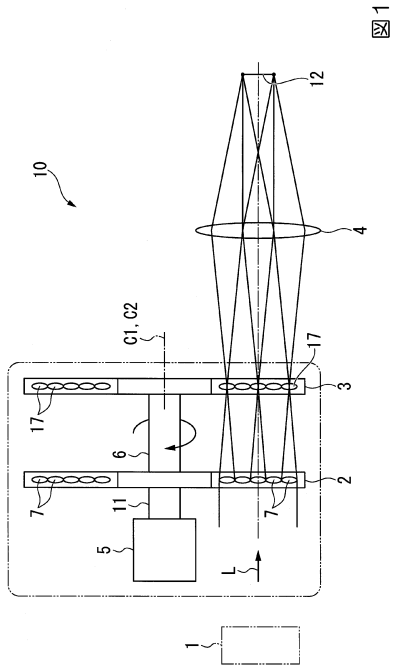
30

40

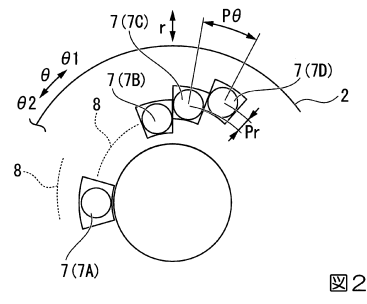
50



【図面】  
【図 1】



【図 2】



【図 3】

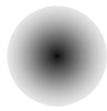


図 3

【図 4】

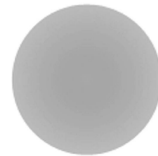


図 4

10

20

30

40

50



---

フロントページの続き

- (56)参考文献 特開平 1 1 - 0 6 4 7 8 9 ( J P , A )  
国際公開第 2 0 0 9 / 0 8 7 3 9 6 ( W O , A 1 )  
特表 2 0 1 6 - 5 0 9 6 9 2 ( J P , A )  
特開 2 0 1 6 - 1 1 0 0 5 6 ( J P , A )  
特開 2 0 1 9 - 0 2 7 8 9 3 ( J P , A )
- (58)調査した分野 (Int.Cl. , D B 名)  
G 0 2 B 1 9 / 0 0 - 2 1 / 3 6  
G 0 2 B 2 7 / 0 0 - 3 0 / 6 0