

(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2019-200176  
(P2019-200176A)

(43) 公開日 令和1年11月21日(2019.11.21)

(51) Int.Cl. F I テーマコード(参考)  
**GO1B 11/00 (2006.01)** GO1B 11/00 G 2F065

審査請求 未請求 請求項の数 9 O L (全 10 頁)

(21) 出願番号 特願2018-96085 (P2018-96085)  
 (22) 出願日 平成30年5月18日 (2018.5.18)

(71) 出願人 504203572  
 国立大学法人茨城大学  
 茨城県水戸市文京二丁目1番1号  
 (74) 代理人 110001922  
 特許業務法人 日峯国際特許事務所  
 (72) 発明者 辻 龍介  
 茨城県日立市中成沢町四丁目12番1号  
 国立大学法人茨城大  
 学 工学部内  
 Fターム(参考) 2F065 AA03 AA07 AA17 BB07 DD03  
 FF04 FF48 FF51 GG04 HH04  
 HH13 JJ03 JJ09 JJ26 QQ28  
 TT02

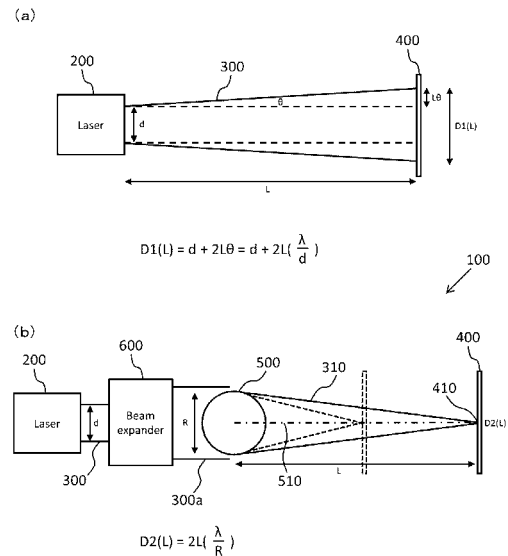
(54) 【発明の名称】 直線発生方法及び直線発生装置

(57) 【要約】

【課題】コヒーレント光の直線位置を精度良く取得する方法及びその装置を提供する。

【解決手段】本発明である直線発生方法は、コヒーレント光を球体に照射し、前記球体の陰の縁の外周から回折した光が干渉することで前記球体の影内に生じた輝点の位置によって、前記コヒーレント光が照射された方向の直線位置を取得する方法であって、前記コヒーレント光の射出位置における径よりも前記球体の直径を大きくすることにより、前記コヒーレント光を直接に到達位置まで照射したときの径よりも小さい範囲で前記直線位置を特定する、ことを特徴とする。

【選択図】 図 1



## 【特許請求の範囲】

## 【請求項 1】

コヒーレント光を球体に照射し、前記球体の陰の縁の外周から回折した光が干渉することで前記球体の影内に生じた輝点の位置によって、前記コヒーレント光が照射された方向の直線位置を取得する方法であって、

前記コヒーレント光の射出位置における径よりも前記球体の直径を大きくすることにより、前記コヒーレント光を直接に到達位置まで照射したときの径よりも小さい範囲で前記直線位置を特定する、

ことを特徴とする直線発生方法。

## 【請求項 2】

10

コヒーレント光を発生するコヒーレント光発生手段と、

前記コヒーレント光発生手段で発生させたコヒーレント光が照射される球体と、

前記球体の陰の縁の外周から回折した光が干渉することで前記球体の影内に生じた輝点の位置によって、前記コヒーレント光が照射された方向の直線位置を取得する検出器と、を有し、

前記検出器は、前記コヒーレント光の射出位置における径よりも前記球体の直径を大きくすることにより、前記コヒーレント光を直接に到達位置まで照射したときの径よりも小さい範囲で前記直線位置を特定する、

ことを特徴とする直線発生装置。

## 【請求項 3】

20

前記コヒーレント光は、ビーム拡大機で拡大された上で前記球体に照射される、

ことを特徴とする請求項 2 に記載の直線発生装置。

## 【請求項 4】

前記コヒーレント光は、発散光にされて前記球体に照射される、

ことを特徴とする請求項 2 又は 3 に記載の直線発生装置。

## 【請求項 5】

前記球体は不透明である、

ことを特徴とする請求項 2 乃至 4 の何れか一に記載の直線発生装置。

## 【請求項 6】

前記球体を円板に変えて前記コヒーレント光が前記円板に照射される、

ことを特徴とする請求項 2 乃至 5 の何れか一に記載の直線発生装置。

30

## 【請求項 7】

前記球体を陰の縁が円である障害物に変えて前記コヒーレント光が前記障害物に照射される、

ことを特徴とする請求項 2 乃至 5 の何れか一に記載の直線発生装置。

## 【請求項 8】

前記障害物は、陰の縁の 50% 以上が円弧である、

ことを特徴とする請求項 7 に記載の直線発生装置。

## 【請求項 9】

前記検出器の基準点と、前記検出器で特定された直線位置を比較することにより、前記球体の位置ズレを検出する、

ことを特徴とする請求項 2 乃至 8 の何れか一に記載の直線発生装置。

40

## 【発明の詳細な説明】

## 【技術分野】

## 【0001】

本発明は、コヒーレント光の直線位置を取得する直線発生方法及び直線発生装置に関する。

## 【背景技術】

## 【0002】

建築物の設計・施工、保守・点検などにおいては、直線位置に高い精度が求められてい

50

る。例えば、リニアモーターカー事業では、鉄道のレールに相当するガイドウェイの地上コイルの位置について、長距離にわたり、数ミリ以下の精度が求められる。また、線形加速器では、ビームを制御する磁石などが、誤差50マイクロメートル以下の精度で設置されている。さらに、精密機器の製造ラインに導入される産業用ロボットでは、直線運動部について、直線運動部全体にわたって高精度にズレを修正できれば、製造ラインの品質向上に繋がる。

【0003】

土木建築の現場では、レーザ墨出し器などの測定器が利用されている。一般的には、使用距離10メートルで性能誤差は1ミリメートル程度の精度である。レーザ光は、レーザ発振器を用いて人工的に作られたビーム状の光であり、指向性や収束性に優れている。また、レーザ光は、干渉可能なコヒーレント光である。

10

【0004】

レーザ光を用いた測定器の問題点としては、ビームの広がり角とビームが照射されたときのスポット径の大きさがある。光の発生位置から照射位置までの距離が大きく延びれば、それに比例してビーム径も少しずつ広がっていく。特許文献1に記載されているように、レーザ光照射器から照射位置までの距離が変化しても、近距離においてレーザ光のスポット径が変化しないようにする方法も開示されている。

【0005】

ビームの広がり角の影響を大幅に低減させつつスポット径の大きさを小さくする方法として、アラゴスポットの利用が検討されている。コヒーレント光を球体や円板などの障害物に照射すると、その影の中心に輝点が現れる。これは、アラゴスポット（ポアソンスポット）と呼ばれ、障害物の陰の縁の外周上の各点から影の中心までの距離が全て同じことから光が強め合うように干渉した結果であり、光の波動説を証明するものである。特許文献2に記載されているように、アラゴスポットを利用して球体の球径を測定する方法も開示されている。

20

【先行技術文献】

【特許文献】

【0006】

【特許文献1】特開平6 - 15583号公報

【特許文献2】特許第5751514号公報

30

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0007】

特許文献1に記載の発明は、レーザ光の照射位置までの距離を測定し、それに合わせて照射器のレンズを動かすことでスポット径を一定に維持するものであるが、レーザ光の照射位置が遠くなればビーム径も広がることに変わりなく、直線位置を精度良く取得できる訳ではない。

【0008】

また、特許文献2に記載の発明では、球体を移動させたときのアラゴスポットの位置又は移動量を用いて球径を高精度に測定しているが、あくまで球径を測定するものであり、コヒーレント光の照射位置が遠くなったときの直線位置を精度良く取得することを目的とするものではない。

40

【0009】

そこで、本発明は、コヒーレント光の直線位置を精度良く取得する方法及びその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】

上記の課題を解決するために、本発明である直線発生方法は、コヒーレント光を球体に照射し、前記球体の陰の縁の外周から回折した光が干渉することで前記球体の影内に生じた輝点の位置によって、前記コヒーレント光が照射された方向の直線位置を取得する方法

50

であって、前記コヒーレント光の射出位置における径よりも前記球体の直径を大きくすることにより、前記コヒーレント光を直接に到達位置まで照射したときの径よりも小さい範囲で前記直線位置を特定する、ことを特徴とする。

【0011】

また、本発明である直線発生装置は、コヒーレント光が照射される球体と、前記球体の陰の縁の外周から回折した光が干渉することで前記球体の影内に生じた輝点の位置によって、前記コヒーレント光が照射された方向の直線位置を取得する検出器と、を有し、前記検出器は、前記コヒーレント光の射出位置における径よりも前記球体の直径を大きくすることにより、前記コヒーレント光を直接に到達位置まで照射したときの径よりも小さい範囲で前記直線位置を特定する、ことを特徴とする。

10

【0012】

前記直線発生装置において、前記コヒーレント光は、ビーム拡大機で拡大された上で前記球体に照射される、ことを特徴とする。

【0013】

前記直線発生装置において、前記コヒーレント光は、発散光にされて前記球体に照射される、ことを特徴とする。

【0014】

前記直線発生装置において、前記球体は不透明である、ことを特徴とする。

【0015】

前記直線発生装置は、前記球体を円板に変えて前記コヒーレント光が前記円板に照射される、ことを特徴とする。

20

【0016】

前記直線発生装置は、前記球体を陰の縁が円である障害物に変えて前記コヒーレント光が前記障害物に照射される、ことを特徴とする。

【0017】

前記直線発生装置において、前記障害物は、陰の縁の50%以上が円弧である、ことを特徴とする。

【0018】

前記直線発生装置は、前記検出器の基準点と、前記検出器で特定された直線位置を比較することにより、前記球体の位置ズレを検出する、ことを特徴とする。

30

【発明の効果】

【0019】

本発明によれば、コヒーレント光の照射位置が遠くなくても、コヒーレント光を直接照射したときよりも小さいスポット径で直線位置を取得することができる。なお、スポット径の50分の1程度の測定誤差でスポットの中心位置を推定することができるので、コヒーレント光の直線位置を精度良く取得することができる。

【図面の簡単な説明】

【0020】

【図1】本発明である直線発生装置の仕組みを説明する図である。

【図2】本発明である直線発生装置で利用するアラゴスポットについて説明する図である。

40

【図3】本発明である直線発生装置で利用するアラゴスポットを示す図である。

【図4】本発明である直線発生装置で利用するアラゴスポットの大きさを比較した図である。

【図5】本発明である直線発生装置の別実施例を示す図である。

【図6】本発明である直線発生装置を利用して球体の位置ズレを検出する方法を説明する図である。

【発明を実施するための形態】

【0021】

以下に、本発明の実施形態について図面を参照して詳細に説明する。なお、同一機能を

50

有するものは同一符号を付け、その繰り返しの説明は省略する場合がある。

【実施例 1】

【0022】

まず、本発明である直線発生装置について説明する。図 1 は、直線発生装置の仕組みを説明する図である。図 2 は、直線発生装置で利用するアラゴスポットについて説明する図である。図 3 は、直線発生装置で利用するアラゴスポットを示す図である。図 4 は、直線発生装置で利用するアラゴスポットの大きさを比較した図である。

【0023】

図 1 ( a ) に示すように、レーザ発生装置 200 から細いビーム状のレーザ光 300 を発射すると、距離に比例してビーム径が増加する。レーザ光 300 は、直進性が良いとい

10

【0024】

ここで、レーザ発生装置 200 の射出口の直径を  $d$ 、射出口から照射場所 400 までの距離を  $L$ 、ビームの広がり角を  $\theta$ 、レーザ光 300 の波長を  $\lambda$  とすると、ビーム径の大きさは、

$$D_1(L) = d + 2L \tan \theta = d + 2L \left( \frac{\lambda}{d} \right) \quad (\text{式 1})$$

と表される。

距離  $L$  での照射場所のビーム径  $D_1(L)$  がレーザ発生装置 200 だけによるスポット径になる。

【0025】

なお、ビーム径の増分は、 $2L \tan \theta$  となるが、 $\theta$  が小さい場合は  $\tan \theta = \theta$  とみなすことができる。また、ビームの広がり角は、光の回折の観点から  $\lambda/d$  に比例し、これ以下の直線性は望めない。すなわち、レーザ光 300 は、波長が短いほど直線性が良く、射出口が大きいほど広がりにくい。

20

【0026】

レーザ発生装置 200 だけでは、射出口径  $d$  を小さくしてもビームの広がり角が大きくなるので、距離  $L$  の照射場所 400 におけるスポット径の大きさを小さくするには限界（正の値）があることが（式 1）から分かる。そこで、アラゴスポットを利用した直線発生装置 100 により、ビームの広がり角の影響を低減させる。

【0027】

図 1 ( b ) に示すように、直線発生装置 100 は、レーザ発生装置 200 から球体 500 にレーザ光 300 を照射したときに、球体 500 の先にある照射場所 400 において生じた球体 500 の影内に表れるアラゴスポット 410 によって、直線位置を取得する。

30

【0028】

レーザ発生装置 200 は、発振器などを用いてレーザ光 300 など干渉可能なコヒーレント光を発生させる手段である。レーザ光 300 としては、例えば、直進性の良いヘリウムネオンレーザなどを用いて、フィルタで観測しやすい光強度に調整しても良い。また、レーザ光 300 は、ビーム拡大機 600 で拡大することにより平行光に変換したレーザ光 300 a にしても良い。

【0029】

球体 500 は、レーザ発生装置 200 と照射場所 400 の間に配置する障害物である。球体 500 は、ベアリング等に使用する鋼球などを用いれば良い。図 2 ( a ) に示すように、球体 500 にレーザ光 300 が照射されたときに、レーザ発生装置 200 とは反対側にある照射場所 400 に球体 500 の影が生じれば良い。

40

【0030】

レーザ光 300 は、球体 500 に照射された後、球体 500 の陰の縁の外周を回折して、回折光 310 が球体 500 の先に進む。球体 500 の陰の縁の外周上の任意の点から照射場所 400 における球体 500 の影の中心までは全て同じ距離である。そのため、球体 500 の影の中心に向かう全ての回折光 310 は、位相が揃っており強め合うように干渉するので、影の中心に明るい輝点となってアラゴスポット 410 が生じる。

50

## 【0031】

ここで、図1(b)に示すように、球体500の直径をR、球体500の中心から照射場所400までの距離をL、レーザ光300の波長を  $\lambda$  とすると、アラゴスポット410の大きさは、

$$D_2(L) = 2L \left( \frac{\lambda}{R} \right) \quad (\text{式2})$$

と表される。

(式2)から分かるように、アラゴスポットの大きさは、直径Rを大きくすればゼロに近づく。

## 【0032】

球体500の中心と、照射場所400における球体500の影の中心とを結ぶ中心線510上においては、全ての回折光310が強め合うように干渉するので、照射場所400を球体500に近づけても遠ざけてもアラゴスポット410が現れる。すなわち、中心線510上に連続するアラゴスポット410によって、レーザ光300の直線位置が得られる。

10

## 【0033】

照射場所400までの距離Lは、球体500の直径Rの数十倍以上が好ましい。例えば、球体500の直径Rが5ミリメートルの場合、距離Lは、直径Rの40倍として20センチメートル以上にすれば良い。レーザ光300は、球体500の陰の縁から角度を変えて回折光310となって奥側に進むので、距離Lが短すぎるとアラゴスポット410が現れにくくなる。

20

## 【0034】

図2(b)に示すように、球体500の陰の縁の外周を回折した回折光310は、照射場所400における球体500の影の中心以外でも、強め合う場所においては明るくなり、弱め合う場所においては暗くなる。そのため、照射場所400における球体500の影内には輝点を中心とした同心円状に干渉縞が現れる。

## 【0035】

図3(a)に、球体500から照射場所400までの距離Lを10メートル、球体500の直径Rを5ミリメートル、10ミリメートル、及び20ミリメートルとしたときの照射場所400の一辺2ミリメートルの正方形領域におけるアラゴスポット410を示す。中心が輝点、その周りが干渉縞である。

30

## 【0036】

図3(b)に示すように、標準的な射出口径1ミリメートルのレーザ発生装置200から10メートル離れた照射場所400に直接レーザ光300を照射したとき、ビーム径の大きさは一辺40ミリメートルの範囲に収まる。それに対し、レーザ光300を直径20ミリメートルの球体500に照射したとき、10メートル離れた照射場所400に生じるアラゴスポット410の場合は、アラゴスポット410の大きさが一辺2ミリメートルの範囲に収まるくらい精度が向上する。

## 【0037】

図4(a)に示すように、直接レーザ光300を照射したときは、レーザ発生装置200の射出口径dを1ミリメートルにすると、照射場所400までの距離Lが20メートルだと照射場所400におけるビーム径D1(L)の増分は20ミリメートルであり、距離Lが500メートルだとビーム径D1(L)の増分は500ミリメートルである。すなわち、距離Lに比例してビーム径D1(L)が増加する。

40

## 【0038】

また、距離Lを20メートルにしたとき、射出口径dが1ミリメートルだと、ビーム径D1(L)の増分は20ミリメートルであり、射出口径dが5ミリメートルだと、ビーム径D1(L)の増分は4ミリメートルである。すなわち、射出口径dが大きいほどビーム径D1(L)の増分は抑えられる。

## 【0039】

図4(b)に示すように、アラゴスポット410の場合、球体500の直径Rを5ミリ

50

メートルにすると、球体 500 から照射場所 400 までの距離  $L$  が 20 メートルだと輝点の径  $D_2(L)$  は 4 ミリメートルであり、距離  $L$  が 500 メートルだと輝点の径  $D_2(L)$  は 100 ミリメートルである。距離  $L$  とアラゴスポット 410 の大きさ  $D_2(L)$  の増分は比例するが、標準的な射出口径 1 ミリメートルのレーザー光 300 を直接照射したときよりも 5 分の 1 程度に小さくなる。

【0040】

また、距離  $L$  を 20 メートルにしたとき、球体 500 の直径  $R$  が 5 ミリメートルだと輝点の径  $D_2(L)$  は 4 ミリメートルであり、球体 500 の直径  $R$  が 20 ミリメートルだと輝点の径  $D_2(L)$  は 1 ミリメートルである。球体 500 の直径  $R$  が大きいほどアラゴスポット 410 の大きさ  $D_2(L)$  は小さくなる。

10

【0041】

上記(式1)と(式2)を比較すると、(式2)には項が一つしかなく、 $R > d$  とすることで、常に  $D_2(L) < D_1(L)$  となる。 $L$  の大小によらず、 $D_2(L) < D_1(L)$  となるので、近距離でも遠距離でもスポット径を小さくすることができる。ビーム径の  $\sim 1/50$  程度の測定誤差でビームの中心位置を推定できるので、直線を精度良く発生させることができる。

【実施例2】

【0042】

図5は、直線発生装置の別実施例を示す図である。図5(a)に示すように、直線発生装置 100a では、球体 500 の代わりに、円板 500a など球体 500 の一部にしても良い。アラゴスポット 410 は、回折光 310 が強め合う位置に現れるので、円板 500a の中心から同じ距離にある円周縁から同位相でレーザー光 300 が回折すれば、円板 500a の中心から法線方向に延びる線上に輝点が見れる。

20

【0043】

また、照射場所 400 に検出器 400a を設置して、レーザー光 300 が照射された方向の直線位置を取得すれば良い。直線位置を特定することで、アラゴスポット 410 による直線を精度良く発生させることができる。

【0044】

図5(b)に示すように、直線発生装置 100b では、コヒーレント光であれば、平行光でなくても、発散光のレーザー光 300b でも良い。レンズ 610 などを用いて発散させたレーザー光 300b を球体 500 に照射しても、回折光 310 によりアラゴスポット 410 を検出することができる。発散光のレーザー光 300b では球体 500 の影の領域が拡大されるので、照射場所 400 でアラゴスポットが容易に見つけやすいという利点がある。

30

【実施例3】

【0045】

図6は、直線発生装置を利用して球体の位置ズレを検出する方法を説明する図である。図6に示すように、球体の位置ズレ検出装置 100c では、アラゴスポット 410 が発生した位置を見ることで、球体 500 の位置を確認する。

【0046】

例えば、検出器 400a において、球体の位置が正確な場合のアラゴスポットを基準点 420 として予め設定しておく。測定対象の球体 500 にレーザー光 300 を照射して、検出器 400a が取得したアラゴスポット 410 と基準点 420 のズレ方向及びズレ量を算出する。そして、アラゴスポット 410 が基準点 420 に合うように、球体 500 の位置を調整すれば良い。

40

【0047】

ベアリングなど球体 500 を使用する装置等において、球体 500 の位置に正確性が求められる場合に、アラゴスポット 410 を用いて球体 500 の位置ズレを精度良く検出することができる。この原理により、球体 500 を固定した装置の位置ズレを精度良く検出することができる。

【0048】

50

本発明によれば、コヒーレント光の照射位置が遠くなっても、コヒーレント光を直接照射したときよりも小さい径で直線位置を取得することができる。なお、スポット径の50分の1程度の測定誤差で中心位置を推定することができるので、コヒーレント光の直線位置を精度良く取得することができる。

【0049】

以上、本発明の実施例を述べたが、これらに限定されるものではない。

【符号の説明】

【0050】

100：直線発生装置

100a：直線発生装置

100b：直線発生装置

100c：球体の位置ズレ検出装置

200：レーザ発生装置

300：レーザ光

300a：レーザ光

300b：レーザ光

310：回折光

400：照射場所

400a：検出器

410：アラゴスポット

420：基準点

500：球体

500a：円板

510：中心線

600：ビーム拡大機

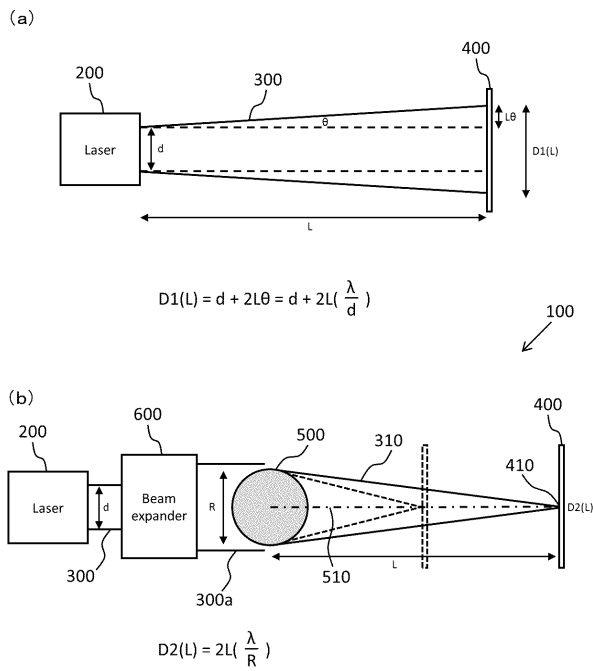
610：レンズ

10

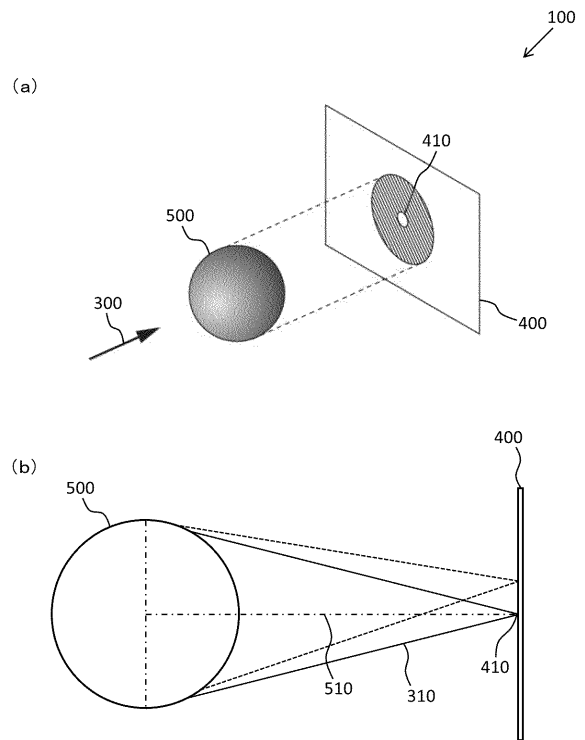
20



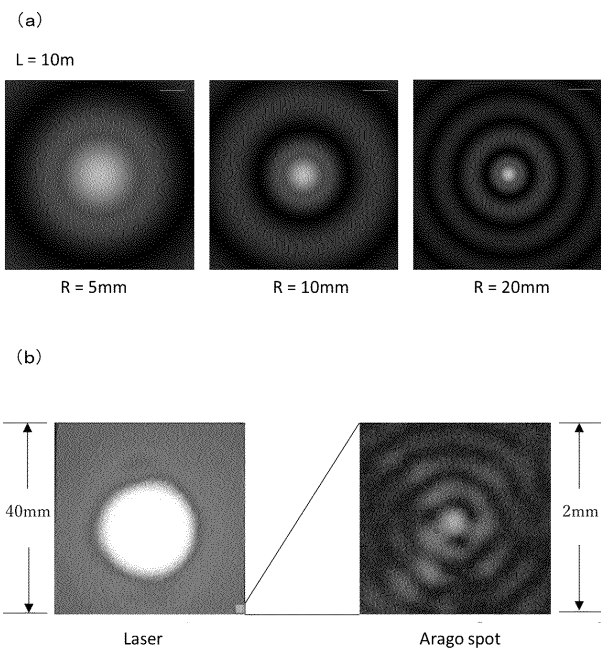
【 図 1 】



【 図 2 】



【 図 3 】



【 図 4 】

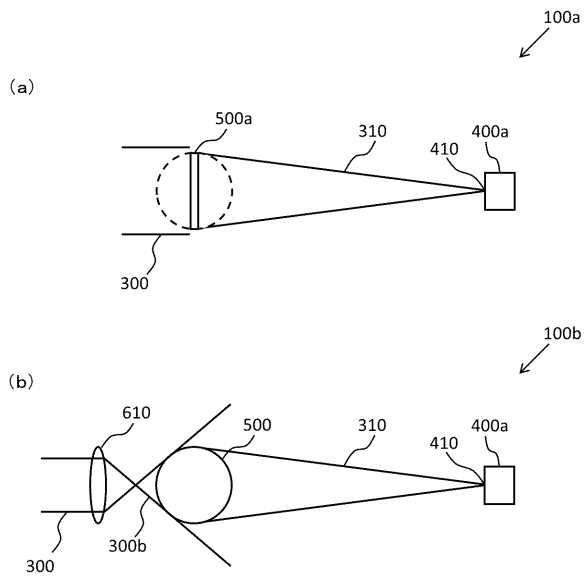
(a) D1(L)  $\lambda = 0.5 \times 10^{-6} \text{ m}$

	L = 20 m	L = 50 m	L = 100 m	L = 200 m	L = 500 m
d = 1 mm	21 mm	51 mm	101 mm	201 mm	501 mm
d = 2 mm	12 mm	27 mm	52 mm	102 mm	252 mm
d = 5 mm	9 mm	15 mm	25 mm	45 mm	105 mm

(b) D2(L)  $\lambda = 0.5 \times 10^{-6} \text{ m}$

	L = 20 m	L = 50 m	L = 100 m	L = 200 m	L = 500 m
R = 5 mm	4 mm	10 mm	20 mm	40 mm	100 mm
R = 10 mm	2 mm	5 mm	10 mm	20 mm	50 mm
R = 20 mm	1 mm	2.5 mm	5 mm	10 mm	25 mm

【 図 5 】



【 図 6 】

