

(12) 特許協力条約に基づいて公開された国際出願

(19) 世界知的所有権機関  
国際事務局

(43) 国際公開日  
2022年1月27日(27.01.2022)



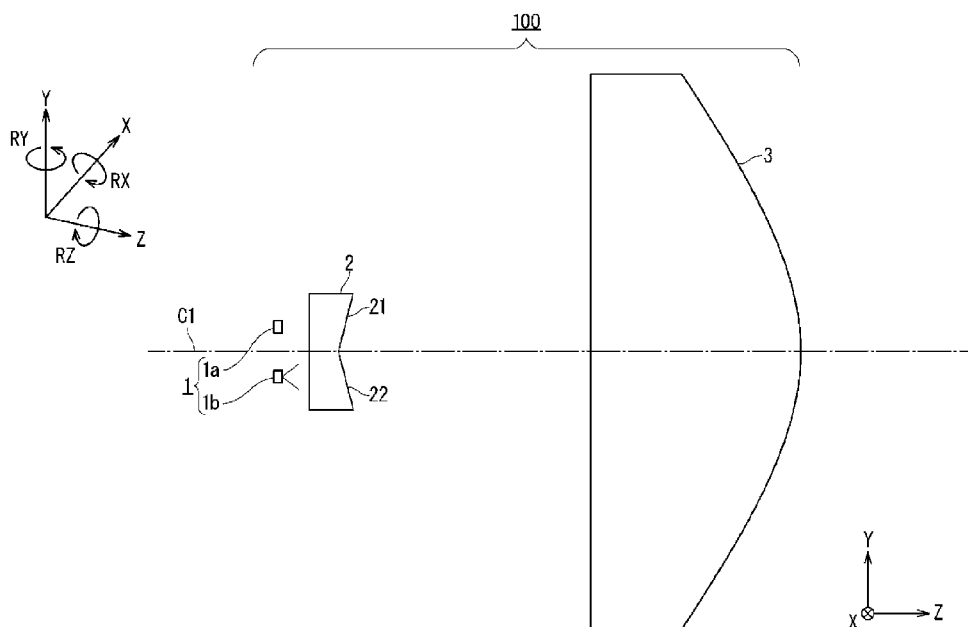
(10) 国際公開番号

WO 2022/018819 A1

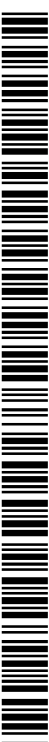
- (51) 国際特許分類:  
*F21V 5/00* (2018.01)      *G02F 1/13357* (2006.01)  
*F21V 5/04* (2006.01)      *F21Y 115/10* (2016.01)
- (21) 国際出願番号:                      PCT/JP2020/028228
- (22) 国際出願日:                      2020年7月21日(21.07.2020)
- (25) 国際出願の言語:                      日本語
- (26) 国際公開の言語:                      日本語
- (71) 出願人:三菱電機株式会社(MITSUBISHI ELECTRIC CORPORATION) [JP/JP]; 〒1008310 東京都千代田区丸の内二丁目7番3号 Tokyo (JP).
- (72) 発明者: 山田 旭洋 (YAMADA Akihiro); 〒1008310 東京都千代田区丸の内二丁目7番3号 三菱電機株式会社内 Tokyo (JP).
- (74) 代理人: 吉竹 英俊, 外(YOSHITAKE Hidetoshi et al.); 〒5400001 大阪府大阪市中央区域見1丁目4番70号住友生命OBPプラザビル10階 Osaka (JP).
- (81) 指定国(表示のない限り、全ての種類の国内保護が可能): AE, AG, AL, AM, AO, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BN, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CL, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DJ, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IR, IS, IT, JO, JP, KE, KG, KH,

(54) Title: LIGHT SOURCE DEVICE

(54) 発明の名称: 光源装置



(57) Abstract: A light source device according to the present disclosure comprises: a collimating lens that collimates incident light; a light source group that includes a plurality of light sources disposed apart from one another in a direction separating away from the optical axis of the collimating lens and that overall emits a beam of light having a divergence angle which differs in a first direction and a second direction, the first direction and the second direction being perpendicular to one another and being each parallel to a direction separating away from the optical axis; and a light deflecting



WO 2022/018819 A1

KN, KP, KR, KW, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LU, LY,  
MA, MD, ME, MG, MK, MN, MW, MX, MY, MZ,  
NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PA, PE, PG, PH, PL, PT,  
QA, RO, RS, RU, RW, SA, SC, SD, SE, SG, SK, SL,  
ST, SV, SY, TH, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG,  
US, UZ, VC, VN, WS, ZA, ZM, ZW.

- (84) 指定国(表示のない限り、全ての種類の広域保護が可能): ARIPO (BW, GH, GM, KE, LR, LS, MW, MZ, NA, RW, SD, SL, ST, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), ユーラシア (AM, AZ, BY, KG, KZ, RU, TJ, TM), ヨーロッパ (AL, AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, LV, MC, MK, MT, NL, NO, PL, PT, RO, RS, SE, SI, SK, SM, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, KM, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

添付公開書類 :

- 一 国際調査報告 (条約第21条(3))

---

element that is disposed between the light source group and the collimating lens in the optical axis direction and that deflects the light emitted from each of the plurality of light sources in a direction separating away from the optical axis to cause the light to be incident on the collimating lens in the first direction, in which the divergence angle of the light source group is smaller from among the first direction and the second direction.

(57) 要約 : 本開示の光源装置は、入射光を平行化する平行化レンズと、平行化レンズの光軸から離れる方向に互いに離間して配置される複数の光源を含み、全体として互いに直交する光軸から離れる方向に平行な第1の方向と第2の方向とで発散角が異なる光束を発する光源群と、光軸の方向において光源群と平行化レンズとの間に配置され、第1の方向および第2の方向のうち、光源群の発散角が小さい第1の方向において、複数の光源の各々から発せられた光を光軸から離れる方向に偏向して前記平行化レンズに入射させる光偏向素子と、を備えている。

## 明 細 書

**発明の名称**：光源装置

**技術分野**

[0001] 本開示は光源装置に関し、特に光利用効率を高めた光源装置に関する。

**背景技術**

[0002] 投射型表示装置等に用いられる固体光源において、高出力化と結合効率の向上が課題となっている。例えば、特許文献1には、複数の発光点を備える光源と、光源からの出射光を平行化するコリメートレンズと、主面に対して異なる傾斜角を有し、かつ複数の出射光それぞれに対する複数の入射面を有する光学素子と、で構成された光源ユニットが開示されている。特許文献1には、特に、光源ユニットの小型化を実現するために、光学素子が、入射面を備えたミラーを複数有する構成が図16等が開示されている。

**先行技術文献**

**特許文献**

[0003] 特許文献1：国際公開第2014/115194号

**発明の概要**

**発明が解決しようとする課題**

[0004] 特許文献1のようにミラーを利用した構成では、コリメートレンズから出射される平行化後の光線の光量分布が光軸に対して不均一となると、光軸上の光利用効率が低下してしまうなどの課題が生じるが、特許文献1では光源が見かけ上傾くことによる光軸上の光利用効率の低下等に関して何ら考慮されていない。

[0005] 本開示は上記のような問題を解決するためになされたものであり、光軸上の光利用効率を高めた光源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**

[0006] 本開示に係る光源装置は、入射光を平行化する平行化レンズと、前記平行化レンズの光軸から離れる方向に互いに離間して配置される複数の光源を含

み、全体として互いに直交する前記光軸から離れる方向に平行な第1の方向と第2の方向とで発散角が異なる光束を発する光源群と、前記光軸の方向において前記光源群と前記平行化レンズとの間に配置され、前記第1の方向および前記第2の方向のうち、前記光源群の前記発散角が小さい前記第1の方向において、前記複数の光源の各々から発せられた光を前記光軸から離れる方向に偏向して前記平行化レンズに入射させる光偏向素子と、を備えている。

### 発明の効果

[0007] 本開示の光源装置によれば、光軸上の光利用効率が高い光源装置を提供できる。

### 図面の簡単な説明

- [0008] [図1]実施の形態1の光源装置の概略構成を示す図である。  
[図2]実施の形態1の光源装置の概略構成を示す図である。  
[図3]実施の形態1の光源装置の光源の配光特性を示す図である。  
[図4]実施の形態1の光源装置の光線追跡の一例を示す図である。  
[図5]実施の形態1の光源装置の光偏向素子の作用を説明する図である。  
[図6]実施の形態1の光源装置の光偏向素子をミラーに代えた場合の概略構成を示す図である。  
[図7]実施の形態1の光源装置の光線追跡結果を示す図である。  
[図8]光源から出射される光線の光軸に対する傾き角度を説明する図である。  
[図9]実施の形態1の光源装置の逆光線追跡結果を示す図である。  
[図10]実施の形態1の光源装置の平行化レンズの逆光線追跡結果を示す図である。  
[図11]実施の形態1の光源装置の照度分布を示す図である。  
[図12]実施の形態1の光源装置の照度分布を示す図である。  
[図13]実施の形態1の光源装置のミラーの逆光線追跡結果を示す図である。  
[図14]実施の形態1の光源装置の照度分布を示す図である。  
[図15]実施の形態1の光源装置の照度分布を示す図である。

[図16]実施の形態1の光源装置の比較例の照度分布を示す図である。

[図17]実施の形態1の光源装置の照度分布を示す図である。

[図18]実施の形態1の光源装置の照度分布を示す図である。

[図19]実施の形態1の光源装置の照度分布を示す図である。

[図20]実施の形態1の光源装置の変形例の概略構成を示す図である。

## 発明を実施するための形態

### [0009] <実施の形態1>

図1および図2を用いて実施の形態1の光源装置100の概略構成を説明する。図1はYZ平面を-X軸側から観察した図を示し、図2はZX平面を+Y軸方向側から観察した図を示している。図1および図2に示されるように光源装置100は、光源群1、光偏向素子2および平行化レンズ3を備え、光源群1と平行化レンズ3との間に光偏向素子2が配置されている。光偏向素子2は、光偏向用の光学面21および22が光出射側に設けられており、当該光学面21および22は、平行化レンズ3の中心を通る光軸C1に向けて共に傾斜している。光源群1は、図1に示されるようにY軸方向に配列された光源1aおよび光源1bを有している。

### [0010] <座標の設定>

本実施の形態では、説明を容易にするために、以下に示す図においてXYZ座標を用い、+Z軸方向に光が進行するものとする。また、X軸中心の右回りの回転を+RX、Y軸中心の右回りの回転を+RY、Z軸中心の右回りの回転を+RZとする。

### [0011] <光源1a、光源1b>

光源1aおよび光源1bはX軸方向の発散角とY軸方向の発散角が異なる固体光源であり、例えば、レーザーダイオードである。ここで、光源1aおよび光源1bのXY平面を発光面とし、Y軸方向の辺がX軸方向の辺より長く、Y軸方向の発散角(±RX方向の角度)は、X軸方向の発散角(±RY方向の角度)より小さいものとする。例えば、光源1aおよび1bのY軸方向の長さは70μmであり、X軸方向の長さは1μmである。以下、発散角

の小さいY軸方向を第1の方向、X軸方向を第2の方向とも呼ぶ。

[0012] <光源1 a、光源1 bの配光特性>

光源1 aおよび光源1 bから出射される光の配光特性を図3に示す。図3において縦軸は相対光強度（任意単位）を示し、横軸は、光の発散角度（°）を示す。実線で示す特性301は、X軸方向（±RY方向）に発散する光の配光特性を示しており、一点鎖線で示す特性302は、Y軸方向（±RX方向）に発散する光の配光特性を示している。上述したように、Y軸方向の発散角は、X軸方向の発散角よりも小さい。

[0013] なお、破線303は相対光強度が $1/e^2$ となる位置、つまり相対光強度が約0.135の位置を示している。一般的にレーザーダイオードの発散角の仕様は、相対光強度が $1/e^2$ となる位置の角度で表示することが多く、光の拡がりの目安となる。ここでは、特性301の $1/e^2$ となる位置の角度は±約37°、特性302の $1/e^2$ となる位置の角度は±約5°となる。以降、光源1 aおよび光源1 bの発散角の範囲といった場合、相対光強度が $1/e^2$ となる位置を基準とした角度範囲を示すものとする。

[0014] <光源1 aと光源1 bの間隔>

光源1 aおよび光源1 bは、例えば、中心波長638 nmの赤色の光を発する。複数の光源を隣接配置して高出力化を行う際に、中心波長が例えば、450 nmの青色の光を発する光源および中心波長が例えば、525 nmの緑色の光を発する光源と比較して、赤色の光を発する光源は、温度に対して感度が高く、温度が高くなると発光効率の低下および波長シフトが発生する。従って、冷却を考慮すると、光源1 aと光源1 bの配列間隔、すなわち配列方向の間隔、本実施の形態ではY軸方向の間隔は、広い方が好ましい。しかし、一般的に光源1 aと光源1 bの配列間隔が拡がるに従って、光軸C1上の光利用効率が低下するため、光利用効率を向上させるためには、光源1 aおよび光源1 bは光軸C1の近くに配置されることが好ましい。

[0015] <光源1 aと光源1 bの間隔と光利用効率との関係>

光偏向素子2を配置しない場合、つまり、光源群1と平行化レンズ3のみ

の場合、光源 1 a から出射した光と光源 1 b から出射した光は、平行化レンズ 3 で屈折後、光軸 C 1 を境に徐々に離れていく。そのため、平行化レンズ 3 の後段で集光レンズを配置し、複数の光源装置 1 0 0 から出射した光を光軸 C 1 上に集光する際に、集光レンズの光軸 C 1 上に集光する光の効率が低くなる。

[0016] 図 4 は、光線追跡の一例を示す図である。図 4 においては光源群 1 および平行化レンズ 3 のみで構成される光学系を示しており、光源群 1 および平行化レンズ 3 を含む領域 “A” の拡大図を併せて示している。

[0017] 図 4 に示されるように、光源 1 a の中央部から出射した光線 4 0 1 を実線で、光源 1 b の中央部から出射した光線 4 0 2 を一点鎖線で示す。なお、各光線の Y 軸方向の拡がり、図 3 を用いて説明したように  $\pm 5^\circ$  とした。平行化レンズ 3 を出射した光線 4 0 1 および光線 4 0 2 は光源の配列方向において、徐々に光軸 C 1 から離れる方向、より具体的には光線 4 0 1 は - Y 軸方向、光線 4 0 2 は + Y 軸方向に進行していることが確認できる。これにより、光源の配列方向において、光源群 1 からの光は光軸 C 1 から離れていくこととなり、光軸 C 1 上の光利用効率が低下することとなる。ここで、光軸 C 1 から各光源の出射位置までの配列間隔を像高とすると、平行化レンズ 3 の焦点距離が短くなるほど、到達面、すなわち任意の Z 軸方向位置での像高が高くなり、光軸 C 1 から離れた位置に光線が到達することとなる。一方、光軸 C 1 上を出射した光線は到達面でも光軸 C 1 付近に到達する。ここで、付近とは、光源の発散角の影響により光線が  $\pm Y$  軸方向に幅を有するため、到達面には光軸 C 1 と平行な光線も到達することとなり、 $\pm Y$  軸方向の幅を有することを鑑みて「付近」とした。

[0018] <光偏向素子>

図 5 は光偏向素子 2 の作用を説明する概念図であり、図 5 を用いて光偏向素子 2 の特徴を説明する。光偏向素子 2 を光源 1 a と平行化レンズ 3 (図 1) の間に配置することによって、光偏向素子 2 の偏向作用により光源 1 a の中央部から出射した光線 5 0 1 c c が光軸 C 1 に対して + Y 軸方向に角度  $\alpha$

1を有して平行化レンズ3に入射させることが可能となる。角度 $\alpha 1$ で+Z軸方向に進行した光線が平行化レンズ3で光軸C1に対して平行な光線となって出射することにより、光軸C1上の光利用効率の低下を抑制できる。光源1bに対しても光軸C1を線対称にして同様に作用する。すなわち、光偏向素子2を配置することによって、光源1aおよび光源1bの中央部から出射した光軸C1と平行な光線を、屈折後に+Y軸方向および-Y軸方向に偏向させることにより、光軸C1から±Y軸方向に離れて配置された光源を光軸C1上あるいは、光軸C1方向に平行移動した位置に配置されたかのような振る舞いをさせることが可能となる。

[0019] 例えば、図5に示されるように、光源1aのY軸方向長さ $y 1 a$ を $70 \mu m$ とし、光源1bのY軸方向長さ $y 1 b$ を $70 \mu m$ とし、光源1aの中央部と光軸C1とのY軸方向の間隔 $y 1 a c$ を $105 \mu m$ とし、光源1aの-Y軸方向端部と光源1bの+Y軸方向端部の間隔 $y 1 c$ を $140 \mu m$ とし、光源1aの中央部と光源1bの中央部の間隔 $y 1 d$ を $210 \mu m$ とする。また、光源1aおよび光源1bの発光面と光偏向素子2の光入射面までの間隔D1を $350 \mu m$ 、光偏向素子2の最小部分の厚みT1を $280 \mu m$ とする。また、光源1aの中央部から出射した光のうち光軸C1と平行な光線と光偏向素子2の光入射面との交点をP50とし、光源1aの中央部から出射した光のうち光軸C1と平行な光線と光偏向素子2の出射面側の交点をP51とした場合、P50とP51との間隔D2を約 $315 \mu m$ とする。

[0020] ここで、光偏向素子2の材質は例えば、HOYA株式会社のBSC7であり、波長 $638 nm$ での屈折率は約1.515である。

[0021] <光線の振る舞い>

図5に示されるように、光線501cuは光源1aの中央部から角度 $\alpha 2 = -5^\circ$ で出射した光線の軌跡を示し、光線501ccは光源1aの中央部から角度 $0^\circ$ で出射した光線、すなわち、光軸C1と平行な光線の軌跡を示し、光線501cdは光源1aの中央部から角度 $\alpha 5 = +5^\circ$ で出射した光線の軌跡を示す。

[0022] 光線501ccは、光源1aの中央部を出射し、光偏向素子2に角度0°で入射する。光偏向素子2の出射面に到達後、屈折し、角度 $\alpha 1$ で+Z軸方向に進行する。角度 $\alpha 1$ はスネルの法則を用いて、以下の数式(1)で算出される。なお、角度は絶対値として計算する。

$$[0023] \quad 1.515 \times \sin(|\alpha 8|) = \sin(|\alpha 1| + |\alpha 8|) \cdots (1)$$

ここで、光偏向素子2の出射面のXY平面に対するY軸方向(+RX方向)の傾き角度 $\alpha 8$ を+18.81°とすると、角度 $\alpha 1$ は以下の数式(2)で算出される。なお、角度は絶対値で計算する。

$$[0024] \quad 1.515 \times \sin(18.81^\circ) = \sin(|\alpha 1| + 18.81^\circ) \cdots (2)$$

上記数式(2)より $|\alpha 1| = 10.43^\circ$ となり、出射方向を考慮すると $\alpha 1 = -10.43^\circ$ となる。なお、屈折率および角度を四捨五入により概略値として算出しているため、算出した角度において、誤差は生じる。

[0025] 光線501cuは、光源1aの中央部を出射し、光偏向素子2に角度 $\alpha 2 = -5^\circ$ で入射する。入射した光は屈折し、角度 $\alpha 3$ となって光偏向素子2の出射面に進行する。光偏向素子2の出射面では、屈折後、角度 $\alpha 4$ で+Z軸方向に進行する。

[0026] 角度 $\alpha 3$ は以下の数式(3)で算出される。なお、角度は絶対値で計算する。

$$[0027] \quad \sin(|\alpha 2|) = 1.515 \times \sin(|\alpha 3|) \cdots (3)$$

上記数式(3)より $|\alpha 3| = 3.3^\circ$ となり、出射方向を考慮すると $\alpha 3 = -3.3^\circ$ となる。

[0028] 角度 $\alpha 4$ は以下の数式(4)で算出される。なお、角度は絶対値で計算する。

$$[0029] \quad 1.515 \times \sin(|\alpha 8| + |\alpha 3|) = \sin(|\alpha 8| + |\alpha 4|) \cdots (4)$$

数式(4)に既知の角度を代入すると以下の数式(5)となる。

$$[0030] \quad 1.515 \times \sin(22.11^\circ) = \sin(18.81^\circ + |\alpha 4|) \cdots (5)$$

数式(4)より  $|\alpha 4| = 15.96^\circ$  となり、出射方向を考慮すると  $\alpha 4 = -15.96^\circ$  となる。

[0031] 光線501cdは、光源1aの中央部を出射し、光偏向素子2に角度 $\alpha 5 = +5^\circ$ で入射する。入射した光は屈折し、角度 $\alpha 6$ となって光偏向素子2の出射面に進行する。光偏向素子2の出射面では、屈折後、角度 $\alpha 7$ で+Z軸方向に進行する。

[0032] 角度 $\alpha 6$ は以下の数式(6)で算出される。なお、角度は絶対値で計算する。

$$[0033] \quad \sin(|\alpha 5|) = 1.515 \times \sin(|\alpha 6|) \cdots (6)$$

数式(6)より  $|\alpha 6| = 3.3^\circ$  となり、出射方向を考慮すると、 $\alpha 6 = +3.3^\circ$  となる。

[0034] 角度 $\alpha 7$ は以下の数式(7)で算出される。なお、角度は絶対値で計算する。

$$[0035] \quad 1.515 \times \sin(|\alpha 8| - |\alpha 6|) = \sin(|\alpha 8| + |\alpha 7|) \cdots (7)$$

数式(7)に既知の角度を代入すると以下の数式(8)となる。

$$[0036] \quad 1.515 \times \sin(15.51^\circ) = \sin(18.81^\circ + |\alpha 7|) \cdots (8)$$

数式(8)より  $|\alpha 7| = 5.09^\circ$  となり、出射方向を考慮すると、 $\alpha 7 = -5.09^\circ$  となる。

[0037] 光線501ddは、光源1aの-Y軸方向端部から出射した光軸C1と角度 $\alpha 5 = +5$ 度傾いた光線の軌跡を示している。光線501ddは、光利用効率を考慮すると、光軸C1と光偏向素子2の出射面との交点P52より+Y軸方向を通過することが好ましい。

[0038] 光線501ddは、角度 $\alpha 5 = +5^\circ$ で光源1aの-Y軸方向端部を出射後、光偏向素子2の光入射面に到達し、屈折後、角度 $\alpha 6 = +3.3^\circ$ で+Z軸方向に進行する。さらに光偏向素子2の出射面で屈折して角度 $\alpha 7 = -5.09^\circ$ で+Z軸方向に進行する。光線501ddと光偏向素子2の出射面側の交点P53が、点P52より+Y軸方向に位置することが光利用効率の観点から好ましい。なお、光線501cdと光線501ddは、平行な関

係にある。なお、光源 1 b からの光については、光軸 C 1 に対して光源 1 a からの光と線対称の関係になる。

[0039] このように、光偏向素子 2 は、光源の配列方向において、光軸 C 1 より+側に配置された光源、本実施の形態では、光源 1 a からの光に対しては、配光方向+側（+Y 軸方向）に偏向して出射する機能、および光軸 C 1 より-側に配置された光源、本実施の形態では、光源 1 b からの光に対しては、配光方向-側（-Y 軸方向）に偏向して出射する機能を有する。これにより、見かけ上の光源 1 a および光源 1 b の Y 軸方向の位置を光軸 C 1 方向に移動できる。その結果、見かけ上の光源全体の Y 軸方向の長さを短くできる。

[0040] <見かけ上の光源 1 a の位置>

光線 5 0 1 c u、光線 5 0 1 c c および光線 5 0 1 c d より、光源 1 a の中央部から出射した光線が平行化レンズ 3 に進行する際の光軸 C 1 に対する角度を算出した。すなわち、平行化レンズ 3 に進行する光線 5 0 1 c u、光線 5 0 1 c c および光線 5 0 1 c d に関して、光偏向素子 2 を配置せずに同様の光線が出射されたと仮定した場合の-Z 軸方向における光線の振る舞いを、図 5 においては光線 5 0 2 c u、光線 5 0 2 c c および光線 5 0 2 c d で表している。つまり、光線 5 0 1 c u、光線 5 0 1 c c および光線 5 0 1 c d に関して、-Z 軸方向の構成をブラックボックス化した際の-Z 軸方向での光線の振る舞いを光線 5 0 2 c u、光線 5 0 2 c c および光線 5 0 2 c d で表している。この処理により、光源 1 a の中央部が図 5 中の P 5 4 の位置に移動した場合と同様の光線の振る舞いをしていることが判る。

[0041] ここで、位置 P 5 4 の Y 軸方向長さ  $y_{1p}$  は  $21 \mu\text{m}$  であり、光源 1 a と位置 P 5 4 の Z 軸方向の間隔  $D_3$  は  $214 \mu\text{m}$  である。なお、光偏向素子 2 の影響により収差が発生するため、位置 P 5 4 は概略位置となる。

[0042] すなわち、光軸 C 1 に対する実際の光源 1 a の像高が  $y_{1ac} = 105 \mu\text{m}$  であるのに対し、光偏向素子 2 を挿入することにより、光軸 C 1 に対する見かけ上の光源 1 a の像高である仮想像高  $y_{1p}$  を  $21 \mu\text{m}$  とすることが可能となる。つまり、平行化レンズ 3 を出射後の像高を  $1/5$  とすることが可

能となる。このように、光偏向素子2を用いることにより、見かけ上の像高を低くすることが可能となる。これによって、光軸C1付近の光利用効率を向上させることが可能となる。

[0043] ここで、光源1aの中央部から出射する光線501ccの光偏向素子2を出射する角度 $\alpha_1$ に関しては、後段に設置される平行化レンズ3の小径化を考慮すると、できる限り小さいことが好ましい。平行化レンズ3は、XY平面から観察すると円形のため、Y軸方向に光線が移動すると、光源1aのX軸方向（±RY方向）への発散角が $\pm 37^\circ$ であることを想定すると、平行化レンズ3に入射する光量が減少する可能性が高くなるからである。

[0044] また、上述したように、見かけ上の光源位置P54は、実際の光源位置よりも+Z軸方向に $214\ \mu\text{m}$ 移動している。これに伴い、平行化レンズ3の焦点距離を $214\ \mu\text{m}$ 短くする必要性が発生する。そのため、集光位置での光源像が少し大きくなる。例えば、 $6.5\ \text{mm}$ の焦点距離の平行化レンズが $6.3\ \text{mm}$ の焦点距離の平行化レンズになった場合、像高が $21\ \mu\text{m}$ の場合、平行化レンズ3から $2000\ \text{mm}$ 遠方の像高は、光偏向素子2がない場合の $6.46\ \text{mm}$ から少し大きくなって、 $6.67\ \text{mm}$ となる。つまり、 $1.03$ 倍となる。しかし、このような倍率（ $1.03$ 倍）の影響は、像高を低くする効果すなわち $1/5$ 倍にする効果に比べて十分小さいといえる。以下、算出式を示す。

[0045]  $6.5\ \text{mm}$ の焦点距離の場合、像高 $= 21\ \mu\text{m} \times 2000\ \text{mm} / 6.5\ \text{mm} \doteq 6.46\ \text{mm}$ となる。

[0046]  $6.3\ \text{mm}$ の焦点距離の場合、像高 $= 21\ \mu\text{m} \times 2000\ \text{mm} / 6.3\ \text{mm} \doteq 6.67\ \text{mm}$ となる。

[0047] <他の構成例>

例えば、図5に示す構成では、隣接する光源の端部間距離（間隔 $y_1c$ ）を $140\ \mu\text{m}$ としたが、間隔 $y_1c$ を $70\ \mu\text{m}$ としても同様の効果が得られる。その場合、間隔D1を $350\ \mu\text{m}$ から $150\ \mu\text{m}$ とすることができる。

[0048] この場合において、光源1aの-Y軸方向端部から角度 $\alpha_5$ で+Z軸方向

に進行する光線、すなわち図5における光線501ddが、P52より+Y軸方向を進行するように、光偏向素子2の位置を+Z軸方向に移動させることができる。光源1aのY軸方向長さ $y_{1a}$ が長くなった場合も同様に、光源1aの-Y軸方向端部から角度 $\alpha_5$ で+Z軸方向に進行する光線が、P52より-Y軸方向を進行する場合は、光偏向素子2の位置を-Z軸方向に移動させることができる。

[0049] なお、光偏向素子2の材料を屈折率の高い硝子材等に変更することにより、間隔D1を長くすることは可能である。その際には、角度 $\alpha_8$ を変更する。例えば、光偏向素子2をHOYA株式会社のFD60で作製した場合、波長638nmでの屈折率は1.80となる。この場合、角度 $\alpha_1$ が10.43°となるように、角度 $\alpha_8$ を設定すればよく、具体的には角度 $\alpha_8$ を12.5°とすることができる。また、屈折率差によるバックフォーカス長の変化を考慮し、間隔D1を380 $\mu$ mとすることができる。なお、厳密には、光偏向素子2を+Z軸方向に移動、また角度 $\alpha_8$ を変更すると、見かけ上の光源位置P54のY軸方向およびZ軸方向位置が変わるため、その場合は平行化レンズ3のZ軸方向位置および焦点を変更する必要がある。なお、見かけ上の光源位置P54のY軸方向およびZ軸方向位置が変わらないように、間隔D1、光偏向素子2の最小部の厚みT1、また角度 $\alpha_8$ を設定すると、平行化レンズ3のZ軸方向位置および焦点を変更する必要性がなくなる。

[0050] <ミラーでの代用>

ここで、例えば、光偏向素子2と同等の機能を2枚のミラーを用いて実現することができる。この場合、 $\alpha_1 = 10.43^\circ$ とすると、ミラーを、光軸C1に対して $\pm 10.43 / 2 \doteq 5.22^\circ$ 傾ける。より具体的には、+Y軸側に配置される光源1aの光に対しては $-5.22^\circ$ 、-Y軸側に配置される光源1bの光に対しては $+5.22^\circ$ 傾ける。

[0051] 光源1aの発散角が $\pm 5^\circ$ である場合、 $-5^\circ$ で出射した光の一部はミラーに到達することなく平行化レンズ3に到達する可能性がある。これは、光源が配列方向であるY軸方向に長さを有することから、ミラーの幅、すなわ

ちZ軸方向の長さを平行化レンズ3までの距離よりも長くしないと、光源の端部、例えば、+Y軸側に配置される光源1aであれば+Y軸方向の端部から出射した光がミラーに到達しない場合があるためである。

[0052] <ミラーを用いた場合の一例>

図6は、光偏向素子2をミラーで代用する場合の概略構成を示す。便宜上、図5と同様に光源1aの光線の振る舞いのみを示す。光源1aのY軸方向長さ $y_{1a}$ は $70\mu\text{m}$ 、光源1aの中央部と光軸C1とのY軸方向の間隔 $y_{1ac}$ は $105\mu\text{m}$ とし、図5の例と同一とする。角度 $\alpha_2$ 、角度 $\alpha_5$ も図5の例と同様である。なお、ミラーMの傾き角 $\alpha_9$ は $-8^\circ$ とした。

[0053] 光源1aの中央部から光軸C1に平行に出射する光線503ccは、ミラーMの反射面で反射された後、光軸C1に対して角度 $\alpha_{11} = -16^\circ$ で+Z軸方向に進行する。光源1aの中央部から角度 $\alpha_2 = -5^\circ$ で出射する光線503cuは、ミラーMを反射後、光軸C1に対して角度 $\alpha_{12} = -11^\circ$  ( $-(16^\circ - 5^\circ)$ )で+Z軸方向に進行する。光源1aの中央部から角度 $\alpha_5 = +5^\circ$ で出射する光線503cdは、ミラーMを反射後、光軸C1に対して角度 $\alpha_{10} = -21^\circ$  ( $-(16^\circ + 5^\circ)$ )で+Z軸方向に進行する。

[0054] また、図6において、-Z軸方向の光線の振る舞いとして、光源1aから光軸C1に平行な光線503ccに対応する光線を光線504cc、光源1aの中央部から角度 $\alpha_2 = -5^\circ$ で出射する光線503cuに対応する光線を光線504cu、光源1aの中央部から角度 $\alpha_5 = +5^\circ$ で出射する光線503cdに対応する光線を光線504cdで示す。図6に示すように、本構成では、見かけ上、位置P55cにある発光点から光線が出射しているような振る舞いをしていることが確認できる。また、光源1aの+Y軸方向の端部から出射される光に注目すると、光軸C1に平行に出射する光線503uc、角度 $\alpha_2 = -5^\circ$ で出射する光線503uu、角度 $\alpha_5 = +5^\circ$ で出射する光線503udについて、それぞれの-Z軸方向の光線を、光線504uc、504uu、504udで表すと、位置P55uにある発光点から

出射しているような振る舞いをしていることが確認できる。

[0055] 同様に、光源 1 a の -Y 軸方向の端部から出射される光に注目すると、光軸 C 1 に平行に出射する光線 5 0 3 d c、角度  $\alpha 2 = -5^\circ$  で出射する光線 5 0 3 d u、角度  $\alpha 5 = +5^\circ$  で出射する光線 5 0 3 d d について、それぞれの -Z 軸方向の光線を、光線 5 0 4 d c、5 0 4 d u、5 0 4 d d で表すと、位置 P 5 5 d にある発光点から出射しているような振る舞いをしていることが確認できる。

[0056] これらより、光源 1 a は、見かけ上、発光面が X Y 平面に対して角度  $\alpha 1 3 = -16^\circ$  傾いて配置されているように振る舞うこととなる。従って、後段に平行化レンズ 3 を配置して光軸 C 1 に対して光線を平行光とする際に、発光面の傾きの影響により、-Y 軸方向と +Y 軸方向で光線幅が異なることとなり、発光面の傾きによる像ボケが発生する。ただし、平行化レンズ 3 を調整することにより像ボケの影響を低減できる。

[0057] ところで、ミラー M を用いて光源 1 a の集光効率を向上させる場合、以下の数式 (9) を満たす場合が最も集光効果が高くなる。以下は、位置 P 5 5 c を光軸 C 1 上とする場合の条件式である。

[0058]  $y 1 a c / D 4 = \sin (2 \times |\alpha 9|) \cdots (9)$

例えば、間隔  $y 1 a c = 105 \mu\text{m}$ 、ミラー M の傾き角  $\alpha 9 = -8^\circ$  の場合、光源 1 a の中央部とミラー M の反射面との間隔 D 4 は、約  $381 \mu\text{m}$  となる。なお、実装される間隔 D 4 は例えば、 $381 \mu\text{m} \pm 10\%$  ( $38 \mu\text{m}$ ) の誤差が許容される。

[0059] なお、図 6 に示すように、ミラー M の傾き角  $\alpha 9$  が小さいと、光源 1 a の +Y 軸方向端部、すなわち光軸 C 1 から離れる方向の端部から外向き、すなわち光軸 C 1 から離れる方向に角度  $\alpha 2$  で出射した光線 5 0 3 u u は、ミラー M に到達しにくい。このようにミラー M を用いた場合、見かけ上の像高を低くする効果ひいては光軸 C 1 付近の光利用効率を向上させる効果は得られるが、ミラー M の角度精度が要求されるとともに、次のような懸念がある。すなわち、図 5 の角度  $\alpha 1$  に相当する角度  $\alpha 1 1$  を大きくする必要があり、

このため後段の平行化レンズ3の大径化あるいは、平行化レンズ3への到達効率が低下する懸念がある。

[0060] ただし、平行化レンズ3の大径化が許容されるのであれば、ミラーMによる光偏向素子2の代用も除外されない。ミラーMを用いることにより、光の進行方向を+Z軸方向から±X軸方向などに変えることができる。従って、ミラーMの傾きまたは光源1 aおよび光源1 bから平行化レンズまでの距離を調整することで、光軸上の光利用効率の低下を抑止するという効果に加えて、部品配置の自由度を向上できる。

[0061] ただし、±X軸方向などに光の進行方向を変更する場合は、ミラー面が2軸に傾くため、ミラーの回転中心によって出射する光線の傾向が変化する。図6とは異なり、ミラー反射後は反射前の光線の拡がり維持することなく、X軸方向に進行することとなる。

[0062] <平行化レンズ>

平行化レンズ3は、光偏向素子2から出射した光を光軸C1に対して平行な光とする。平行化レンズ3は例えば、非球面形状で形成されている。非球面形状は、X軸方向とY軸方向で形状が異なるトロイダル形状とすることができる。また、光入射面は凸形状とすることもでき、凹形状とすることもできる。

[0063] また、光源1 aの中央部および光源1 bの中央部から出射した光線に対して、光軸C1に対して平行な光とすることが好ましい。これにより、光線の到達位置では、光軸C1付近に光源1 aの中央部および光源1 bの中央部から出射した光線が到達し、到達した光源像を最も小さくすることが可能となる。

[0064] <光偏向素子の光線追跡結果>

図7は光源1 aから出射した光線の光線追跡結果を示す図である。図7においては光源群1および光偏向素子2を含む領域“B”の拡大図と、平行化レンズ3の出射面の領域“C”の拡大図を併せて示している。なお、光源1 aから光偏向素子2の位置関係等は図5に準じる。また、光偏向素子2の+

Z軸方向側に平行化レンズ3を配置している。平行化レンズの焦点距離は約6.5mmである。

[0065] 図7の領域“B”の拡大図に示されるように、光源1aからは、±5°の拡がりを持った光線が+Z軸方向に出射している。光源1aの+Y軸方向端部から出射した光線601u、光源1aの中央部から出射した光線601c、光源1aの-Y軸方向端部から出射した光線601dの光線追跡結果を示している。

[0066] 図7の領域“C”の拡大図に示されるように、平行化レンズ3を出射する光線601u、光線601c、光線601dは、概ね光軸C1と平行な光線となっている。

[0067] <効果の確認>

図8は、実際に光源1aから出射される光線の光軸C1に対する傾き角度を説明する図である。なお、平行化レンズ3は仮想の薄肉レンズ703とし、焦点距離F7は6.5mmである。光源1aの中央部が光軸C1に位置するように光源1aを移動した場合を仮定している。図8では、光源1aの+Y軸方向端部から出射した光線701uおよび光源1aの-Y軸方向端部から出射した光線701dの光線の振る舞いを示す。薄肉レンズ703を出射した光線701uおよび光線701dの光軸C1に対する角度βuおよび角度-βdは、以下の数式(10)で表される。

$$\begin{aligned}
 [0068] \quad \beta u &= -\beta d = \arctan \left( (y_{1a} / 2) / F7 \right) \\
 &= \arctan \left( 35 \mu\text{m} / 6500 \mu\text{m} \right) \\
 &\doteq 0.31^\circ \dots (10)
 \end{aligned}$$

角度βuおよび角度βdの結果から、光源1aの中央部から出射した光線が角度0°、光源1aの+Y軸方向端部から出射した光線701uおよび-Y軸方向端部から出射した光線701dが、角度0.31°で平行化レンズ3を出射する場合、光源1aが光軸C1から出射していると仮定できる。

[0069] 上記仮定を検証するため、図5の構成を用いて逆光線追跡を行った結果を図9に示す。図9においては光源群1および光偏向素子2を含む領域“D”

の拡大図と、平行化レンズ3の出射面の領域“E”の拡大図を併せて示している。ここでは、平行化レンズ3の+Z軸方向から-Z軸方向に進行する光線の逆光線追跡を行い、結像位置を確認することにより、上記仮定を確認する。

[0070] 図9では、光線801u、光線801c、光線801dの逆光線追跡結果を示しており、光線801dは、光軸C1に対して $-0.31^\circ$ の角度を有して平行化レンズ3に入射し、光線801cは、光軸C1に対して平行で平行化レンズ3に入射し、光線801uは、光軸C1に対して $+0.31^\circ$ の角度を有して平行化レンズ3に入射している。

[0071] 光源1a上の光線を確認すると、光線801uは、光源1aの+Y軸方向端部に集光（結像）し、光線801cは、光源1aの中央部に集光（結像）し、光線801dは、光源1aの-Y軸方向端部に集光（結像）していることが確認できる。つまり、光偏向素子2を挿入することにより、光源1aが光軸C1上にある場合と同様の光線の振る舞いをしていることが確認できる。このように、光偏向素子2を用いることで、光軸C1付近の光利用効率が向上する効果が得られる。

[0072] なお、上記では、光線801cがY軸方向において光源1aの中央部に集光する例であるが、平行化レンズ3の+Z軸方向側から平行光を入射した場合の平行化レンズ3および光偏向素子2を含む光学系による平行光の集光位置は、光源1aおよび光源1bの各々の発光面に厳密に位置してなくともよい。すなわち光源1aおよび光源1bの各々の中央部とは、光源1aの場合、Y軸方向において、中心から $\pm y_{1a}/3$ の範囲内、かつZ軸方向において、光源1aの発光面から $\pm 30\mu\text{m}$ 、より好ましくは $\pm 10\mu\text{m}$ 以下を含んでもよい。

[0073] ここで、図5に示したように、位置P54のY軸方向位置が光源1aの像高位置となるが、図9では光源1aの中央部が光軸C1上に位置するような光線の振る舞いをしている。これは、平行化レンズ3に+Z軸方向から光軸C1と平行な光線を入射させた際に、位置P54で光線が集中するように平

行化レンズ3の形状を設定しているためである。平行化レンズ3の焦点位置は位置P54より-Z軸方向となるが、光軸C1に光源1aの中央部が配置されている光線の振る舞いをさせることが可能となる。

[0074] <平行化レンズの特徴>

図10は、平行化レンズ3の+Z軸方向から光軸C1と平行な光線を入射させた場合の逆光線追跡結果を示す図である。図10においては光源群1を含む領域“F”の拡大図を併せて示している。図10に示されるように、平行化レンズ3の集光点P80は、光源1aより+Z軸方向側かつ光軸C1より+Y軸方向側であることが判る。また、平行化レンズ3の焦点位置P80fは、集光点P80より-Z軸方向側であることが判る。焦点位置P80fが光源1aより+Z軸側に位置するのは、光学素子である光偏向素子2の影響により、平行化レンズ3のバックフォーカスが短くなるからである。また、光線を偏向したことによる角度 $\alpha 1$ の影響もあると考えられる。なお、図10の例では集光点P80と焦点位置P80fのZ軸方向の間隔は約140 $\mu\text{m}$ である。

[0075] 図10において、平行化レンズ3の+Z軸側から平行光束を-Z軸方向に入射した場合の集光点P80上および、焦点位置P80f上の照度分布を、それぞれ図11および図12に示す。図11および図12では、横軸にX軸(mm)を、縦軸にY軸(mm)を示し、光の強度を5階調に分けて表している。なお、最も明るい白色が強度100%を表している。

[0076] 図11に示されるように、集光点P80上では中心が空洞化したリング状の照度分布となっており、半径20 $\mu\text{m}$ の領域付近において強度が強くなっていることが判る。また、図12に示されるように、焦点位置P80f上では、同心円状の照度分布となつて小さな集光スポットが形成されて、焦点位置となっていることが判る。

[0077] このように、焦点位置より+Z軸方向側において、リング状の光強度の強い領域を形成することにより、仮想光源位置が+Y軸側に位置していても、光軸C1から出射した場合と同様の光線の振る舞いをさせることが可能とな

る。

[0078] なお、本実施の形態では、光偏向素子 2 の光出射側に光偏向用の光学面 2 1 および 2 2 を設けているが、光入射側に光偏向用の光学面 2 1 および 2 2 を設けた場合も同様の効果が得られる。なお、リング状の光強度の強い領域を形成しなくとも、光軸 C 1 上の光利用効率を向上させる効果は得られる。また、図 6 に示したミラー M を用いた構成においても、リング状の照度分布を形成することができる。

[0079] <ミラーを用いた場合の特徴>

図 6 に示したミラー M を用いた構成の逆光線追跡を行った結果を図 1 3 に示す。図 1 3 においては光源群 1 およびミラー M を含む領域 “G” の拡大図と、平行化レンズ 3 の出射面の領域 “F” の拡大図を併せて示している。

[0080] 図 1 3 では、平行化レンズ 3 の + Z 軸方向から光線 1 1 0 1 u、光線 1 1 0 1 c、光線 1 1 0 1 d を入射させた場合の逆光線追跡結果を示している。なお、光線 1 1 0 1 u は、光軸 C 1 に対して角度  $-0.31^\circ$  で平行化レンズ 3 に入射し、光線 1 1 0 1 c は、光軸 C 1 に対して平行で平行化レンズ 3 に入射し、光線 1 1 0 1 d は、光軸 C 1 に対して角度  $+0.31^\circ$  で平行化レンズ 3 に入射している。

[0081] 図 1 3 より、光線 1 1 0 1 u は、光源 1 a の + Y 軸方向端部に集光（結像）し、光線 1 1 0 1 c は、光源 1 a の中央部に集光（結像）し、光線 1 1 0 1 d は、光源 1 a の - Y 軸方向端部に集光（結像）していることが判る。

[0082] また、光線 1 1 0 1 u は、光線 1 1 0 1 c の集光位置と比較して - Z 軸方向に集光していることが判る。また、光線 1 1 0 1 d は、光線 1 1 0 1 c の集光位置と比較して + Z 軸方向に集光していることが判る。つまり、光偏向素子 2 を用いた場合と比較して、Y 軸方向の集光位置が Z 軸方向にずれるため、光源 1 a から出射する光線において、平行化レンズ 3 出射後の任意の到達面での光線幅が Y 軸方向で不均一となることが判る。

[0083] <光偏向素子とミラーとの比較>

図 5 の構成を用いて逆光線追跡を行った結果である図 9、および図 6 の構

成を用いて逆光線追跡を行った結果である図13において、光源1aから2000mm遠方における評価面(XY平面)における、光源1aから出射した光の照度分布を図14~図16に示す。なお、光源1aの発散角は、図3より、X軸方向(RY方向)の $1/e^2$ は±約37°、Y軸方向(RX方向)の $1/e^2$ は±約5°とした。図14~図16においては、横軸にX軸(mm)を、縦軸にY軸(mm)を示し、光の強度を5階調に分けて表している。なお、最も明るい白色が強度100%を表している。

[0084] 図14は光偏向素子2を用いた場合、図15はミラーMを用いた場合の光の照度分布を示している。図14より、Y軸方向において光軸C1上を0mmとした場合、連続して光強度が80%(最大光強度を100%として80%)以上の領域が-8.4mmから+10.1mm(18.5mm)の範囲に均一に光が到達していることが判る。また、光強度が最大光強度を100%として20%以上の領域は、-10.3mmから+12.3mm(22.6mm)の範囲であることが判る。これより、20%以上の光強度の領域に対する80%以上の均一な領域のY軸方向の範囲の比率は、は約81.9%(18.5mm/22.6mm)となる。

[0085] また、図8に示した構成において、焦点距離F7を6.5mm、仮想の薄肉レンズ703(平行化レンズ3)から評価面までの距離を1993.5mmとすると、光源1aの像高は以下の数式(11)で表される。

[0086]  $(y_{1a}/2) \times (1993.5\text{mm}/6.5\text{mm}) = 10.7\text{mm} \cdot \cdot \cdot$   
 (11)

図14の照度分布によれば、Y軸方向の照度範囲は20%以上の光強度の領域から+側が+10.7mmに少し収まっていないが、-側は-10.7mmに収まっている。また、80%以上の光強度の領域が±10.7mmに収まっており、20%以上の光強度の領域に対する80%の光強度の領域のY軸方向の範囲の比率を考慮すると光軸C1上に光源1aがある場合と概ね同等の結果が得られていると考えられる。

[0087] 一方、図15より、Y軸方向の照度分布は、Y軸方向において、80%以

上の光強度の領域が $-9.3\text{ mm}$ から $-6.9\text{ mm}$  ( $2.4\text{ mm}$ ) の範囲であることが判る。光強度が高い領域が光軸C1から離れた位置にあることが判る。また、80%以上の光強度の領域の範囲が狭いことから、光強度の強い光が集中していることが判る。さらに、20%以上の光強度は、 $-10.2\text{ mm}$ から $+12.8\text{ mm}$  ( $22.8\text{ mm}$ ) の範囲であることが判る。40%以上の光強度が $\pm 10.7\text{ mm}$ の範囲に収まっていることから、 $\pm 10.7\text{ mm}$ に概ね収まっていると考えられる。これにより、光軸C1付近の光利用効率の向上効果は確認できるものの、光軸C1上の光強度はピーク位置と比較すると低く、見かけ上の光源1aが傾いていることが影響していると考えられる。

[0088] 図16は、比較例として光偏向素子2およびミラーMを配置しない図4の構成の場合の照度分布を示す図である。図16より、Y軸方向において光軸C1上を $0\text{ mm}$ とした場合、20%以上の光強度の領域が、 $-42.7\text{ mm}$ から $-20.7\text{ mm}$  ( $22.0\text{ mm}$ ) の範囲に概ね均一に光が到達していることが判る。つまり、光軸C1上には光線が到達していないことが判る。以上からも、光偏向素子2またはミラーMを用いることで、光軸C1上の光利用効率が向上する効果が確認できる。

[0089] また、光源1aおよび光源1bの両方を点灯させた場合の光源1aおよび光源1bから $2000\text{ mm}$ 遠方における評価面における光の照度分布を図17~図19に示す。なお、光源1aおよび光源1bの発散角は、いずれも図3より、X軸方向(RY方向)の $1/e^2$ は $\pm$ 約 $37^\circ$ 、Y軸方向(RX方向)の $1/e^2$ は $\pm$ 約 $5^\circ$ とした。図17~図19においては、横軸にX軸(mm)を、縦軸にY軸(mm)を示し、光の強度を5階調に分けて表している。なお、最も明るい白色が強度100%を表している。

[0090] 図17は光偏向素子2を用いた場合、図18はミラーMを用いた場合、図19はミラーMを用いて平行化レンズ3の焦点位置を+Z軸方向に $15\text{ }\mu\text{ m}$ 移動した場合の照度分布を示している。

[0091] 図17より、Y軸方向において、光軸C1上を $0\text{ mm}$ とした場合、連続し

て光強度が80%以上の領域が $-8.9\text{ mm}$ から $+8.9\text{ mm}$  ( $17.8\text{ mm}$ ) の範囲で均一に光が到達していることが判る。また、光強度が20%以上の領域は、 $-11.5\text{ mm}$ から $+11.6\text{ mm}$  ( $23.1\text{ mm}$ ) の範囲であることが判る。これより、20%以上の光強度の領域に対する80%以上の均一な領域のY軸方向の範囲の比率は、約77.1% ( $17.8\text{ mm}/23.1\text{ mm}$ ) となる。つまり、約77.1%の範囲で、ピークの山がなく光強度が均一に分布していることが判る。

[0092] 図18より、基準位置(光軸C1位置)に対して+Y軸側と-Y軸側に2つのピーク位置が存在しており、図15に比べて光軸C1を中心とした不均一さが低減されていることが判る。Y軸方向において、光強度が80%以上の領域が $-9.4\text{ mm}$ から $-5.5\text{ mm}$  ( $3.9\text{ mm}$ ) の範囲および $+5.6\text{ mm}$ から $+9.3\text{ mm}$  ( $3.7\text{ mm}$ ) の範囲で2つあることが判る。また、光強度が20%以上の領域が $-12.0\text{ mm}$ から $+12.0\text{ mm}$  ( $24.0\text{ mm}$ ) の範囲であることが判る。

[0093] また、図19では、光強度が80%以上の領域が $-2.7\text{ mm}$ から $+2.7\text{ mm}$  ( $5.4\text{ mm}$ ) の範囲であることが判る。また、光強度が20%以上の領域は、 $-10.8\text{ mm}$ から $+10.7\text{ mm}$  ( $21.5\text{ mm}$ ) の範囲であることが判る。これより、20%以上の光強度の領域に対する80%以上の光強度が高い領域のY軸方向の範囲の比率は、は約25.1% ( $5.4\text{ mm}/21.5\text{ mm}$ ) となる。つまり、約25.1%の範囲に光強度が80%以上の領域が集中しており、光軸C1上の光利用効率が高いことが判る。換言すると、光軸C1上の光強度が強くなっており、光軸C1方向の光利用効率を図18の場合より向上させることが可能となることが判る。これは、平行化レンズ3の設計を工夫し、逆光線追跡した光線1101uが、図13に示す光源1aの+Y軸方向端面付近に集光するようにすることで、光軸C1方向の光利用効率を向上させることが可能となることを意味する。ここで、逆光線追跡した光線1101uが光源1aの+Y軸方向端面付近に集光するとは、換言すれば、図13の集光位置(平行化レンズ3の焦点位置)が+Z軸

方向に移動することを意味している。

[0094] なお、図19はミラーMを用いて平行化レンズ3の焦点位置を+Z軸方向に15 $\mu$ m移動した例であるが、図18相当以上の光軸C1上の光利用効率とする構成としては、平行化レンズ3の焦点位置を+Z軸方向に15 $\mu$ m $\pm$ 15 $\mu$ m移動した構成でもよい。

[0095] また、光強度が80%以上の領域においてY軸方向の幅を確認すると、図19が5.4mm( $\pm$ 2.7mm)、図17が17.8mm( $\pm$ 8.9mm)となる。従って、反射型の光偏向素子であるミラーMを用いた図19が透過型の光偏向素子2を用いた図17より光軸C1上の光利用効率が高い。なお、図17はミラーMの反射率による光損失がないため、全体として光利用効率が高く、評価面上での光利用効率が高い。

[0096] 以上より、好適に設計された光偏向素子2を用いることで、20%以上の光強度の領域に対する80%以上の光強度が高い領域のY軸方向の範囲の比率を75%以上とすることができ、光軸C1上の光利用効率を高めつつ、均一な光を光軸C1上に集めることができる。一例として、光強度均一素子、例えば、ロッドレンズおよびライトパイプにおいて、素子内の反射回数を減らせるため、光学系のサイズ(長さ)を短くすることが可能となる。また、好適に設計されたミラーMを含む光学系を用いることで、20%以上の光強度の領域に対する80%以上の光強度が高い領域のY軸方向の範囲の比率を30%以下とすることができ、光軸C1上の光利用効率をさらに高めることができる。一例として、光強度均一素子、例えば、ロッドレンズおよびライトパイプの開口サイズが小さい場合に、高い光利用効率で光学系に取り込むことが可能となる。

[0097] ここで、好適に設計されたミラーMを含む光学系の例としては、上述のように平行化レンズ3の焦点位置を調整したものが含まれる。平行化レンズ3の焦点位置の調整方法としては、平行化レンズ3を+Z軸方向に移動する、あるいは光源群を-Z軸方向に移動する方法が挙げられる。

[0098] <変形例>

図20は光源装置100の変形例の光源装置100Aの概略構成を示す図である。図20に示されるように、光源の数を3つ以上にすることが可能である。図20に示す例では、光軸C1に対して対象に配置される光源14a（第1の光源）、光源14b（第2の光源）に加えて、光軸C1上にさらに光源14c（第3の光源）を配置している。このような光源群14を用いる場合、図20に示すような光偏向素子20を用いることができる。図20に示す光偏向素子20は、光軸C1上に光軸C1と垂直な基準平面（XY平面）に対して傾斜を有しない第1の光学面20cと、その両側に、規準平面に対して傾斜を有する第2の光学面20aおよび第3の光学面20bを含んでいる。第1の光学面20cは、光源14cから出射した光線を同一の角度で光偏向素子20から+Z軸方向に出射する。第2の光学面20aは、光源14aから出射した光線を例えば、図5の光線501ccのように+Y軸方向に角度を有して+Z軸方向に出射する。第3の光学面20bは、光源14bから出射した光線を-Y軸方向に角度を有して+Z軸方向に出射する。なお、第2の光学面20aにより、光源14aの仮想的な集光点は+Z軸方向に移動し、第3の光学面20bにより、光源14bの仮想的な集光点は、+Z軸方向に移動する。従って、両者の仮想的な集光点にZ軸方向位置を合わせるように次のような調整をしてもよい。すなわち、第1の光学面20cを+Z軸方向に移動させて、空気換算長を調整してもよい。また、光源14cを+Z軸方向に移動させてもよい。

[0099] このような構成を採ることによって、光軸C1付近の光利用効率をさらに向上させることが可能となる。

[0100] なお、図20に示す例では、光入射側に光偏向用の光学面を配置する例を示したが、該光学面を光出射側に設けることも可能である。このような構成を採ることによって、光軸C1付近の光利用効率をさらに向上させることが可能となる。

[0101] また、ミラーを用いて同様の偏向機能を代替することも可能である。この場合、図20に示した光偏向素子20の代替とする場合には、傾斜を有しな

い第1の光学面20cに対応する部分にはミラーを設けず、第2の光学面20aおよび第3の光学面20bに対応する部分にはミラーを設けることとなる。また、図20の場合と同様に光源14aおよび光源14bの仮想的な集光点のZ軸方向位置に合わせるように光源14cを+Z軸方向に移動してもよい。従って、本開示では広義の「光偏向素子」には、反射を用いて光を偏向させることにより光源の配列方向での見かけ上の光源全体のY軸方向の長さを調整する部材（本例では上記ミラー）も含まれるものとする。なお、本実施の形態の効果を得るためには、光源数を2つ以上とした構成が好ましい。

[0102] 本開示は詳細に説明されたが、上記した説明は、すべての局面において、例示であって、本開示がそれに限定されるものではない。例示されていない無数の変形例が、本開示の範囲から外れることなく想定され得るものと解される。

[0103] なお、本開示は、その開示の範囲内において、実施の形態を適宜、変形、省略することが可能である。

## 請求の範囲

- [請求項1] 入射光を平行化する平行化レンズと、  
前記平行化レンズの光軸から離れる方向に互いに離間して配置される複数の光源を含み、全体として互いに直交する前記光軸から離れる方向に平行な第1の方向と第2の方向とで発散角が異なる光束を発する光源群と、  
前記光軸の方向において前記光源群と前記平行化レンズとの間に配置され、前記第1の方向および前記第2の方向のうち、前記光源群の前記発散角が小さい前記第1の方向において、前記複数の光源の各々から発せられた光を前記光軸から離れる方向に偏向して前記平行化レンズに入射させる光偏向素子と、を備える光源装置。
- [請求項2] 前記光偏向素子は、  
前記複数の光源の各々から発せられた光を透過し、屈折させて前記光軸から離れる方向に偏向する、請求項1記載の光源装置。
- [請求項3] 前記光偏向素子は、  
光偏向用の光学面を光出射側に有する、請求項2記載の光源装置。
- [請求項4] 前記光偏向素子は、  
光偏向用の光学面を光入射側に有する、請求項2または請求項3記載の光源装置。
- [請求項5] 前記光軸に沿った方向において前記光源群とは反対側から前記平行化レンズに平行光を入射した場合に、前記平行化レンズおよび前記光偏向素子を含む光学系による前記平行光の集光位置が、前記第1の方向において前記複数の光源の各々の中央部に位置する、請求項2から請求項4の何れか1項に記載の光源装置。
- [請求項6] 前記光偏向素子は、  
前記複数の光源の各々から発せられた光を反射させて前記光軸から離れる方向に偏向する、請求項1記載の光源装置。
- [請求項7] 前記光偏向素子は光の反射面を有し、

前記複数の光源の中の1つの光源の中央部と前記光軸との距離を間隔  $y_1ac$  とし、

前記1つの光源の中央部と前記反射面との距離を間隔  $D_4$  とし、

前記反射面の前記光軸に対する傾き角を  $\alpha_9$  とした場合に、

前記間隔  $D_4$  は、

$y_1ac / D_4 = \sin(2 \times |\alpha_9|)$  の関係式に基づいて設定され、

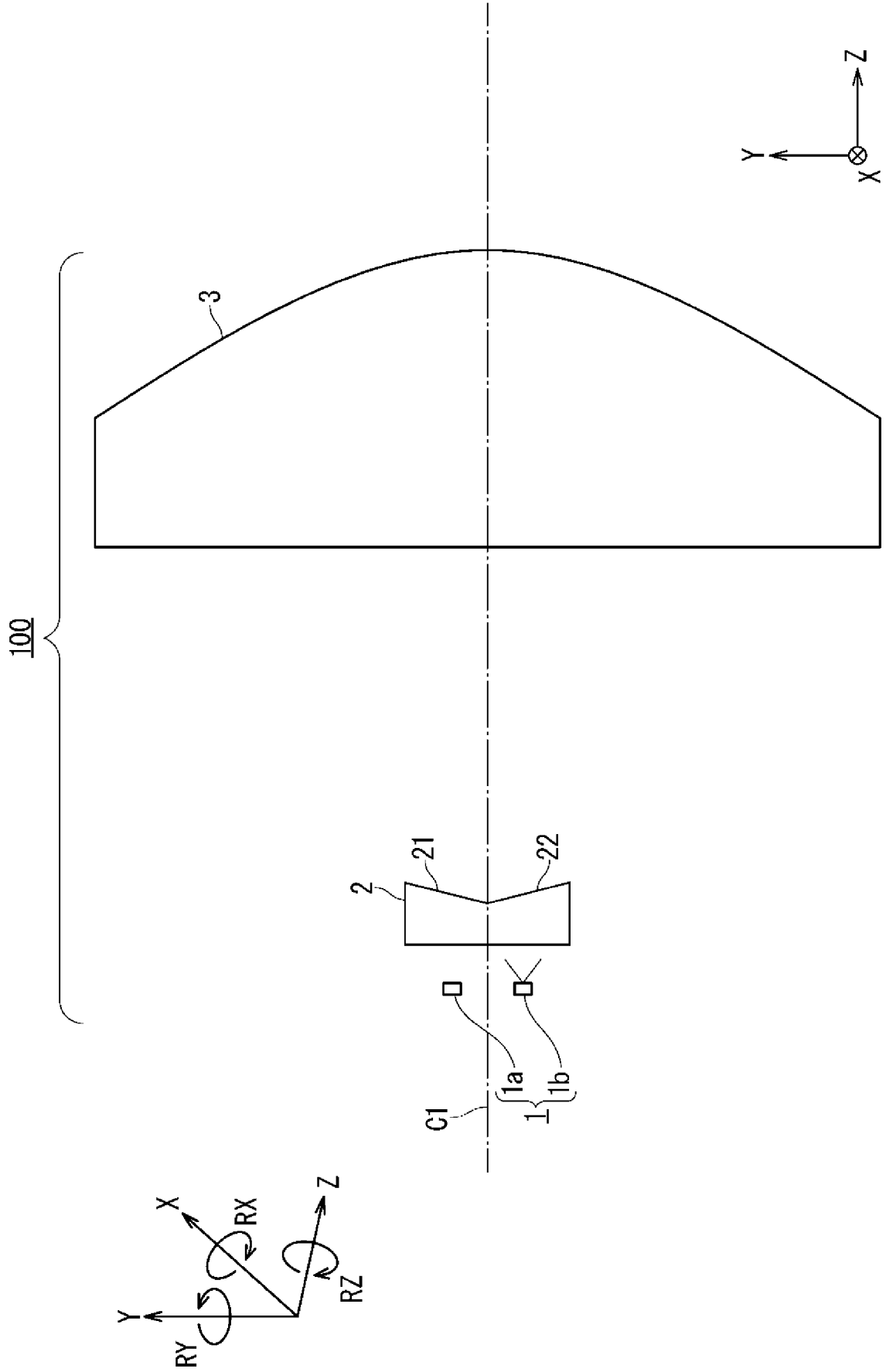
前記間隔  $D_4$  は、 $\pm 10\%$  の誤差が許容される、請求項6記載の光源装置。

[請求項8] 前記光軸に沿った方向において前記光源群とは反対側から前記平行化レンズに平行光を入射した場合に、前記平行化レンズおよび前記光偏向素子を含む光学系による前記平行光の集光位置が、前記複数の光源と前記光偏向素子の間に位置する、請求項6または請求項7記載の光源装置。

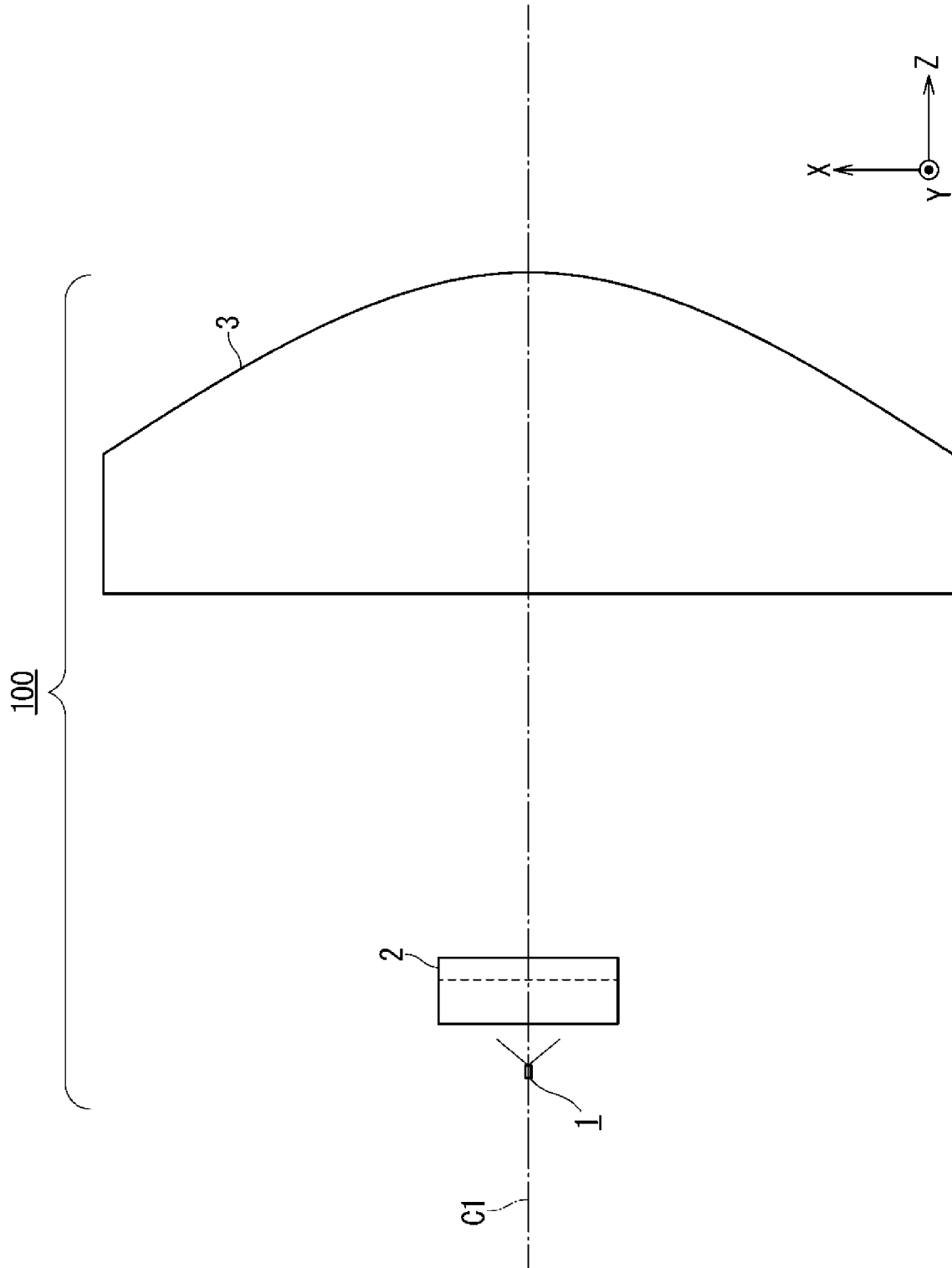
[請求項9] 前記平行化レンズの前記複数の光源側の焦点位置より、前記平行化レンズ側の位置において、リング状の照度分布を有する請求項1または請求項8記載の光源装置。

[請求項10] 前記光源群は、  
前記光軸から離れる方向に離間して配置される前記複数の光源として第1の光源および第2の光源を含むと共に、前記光軸上に配置される第3の光源をさらに含み、  
前記光偏向素子は、  
前記光源群の前記第1の方向において、前記複数の光源としての前記第1および第2の光源の各々から発せられた光を前記光軸から離れる方向に偏向する、請求項1から請求項9の何れか1項に記載の光源装置。

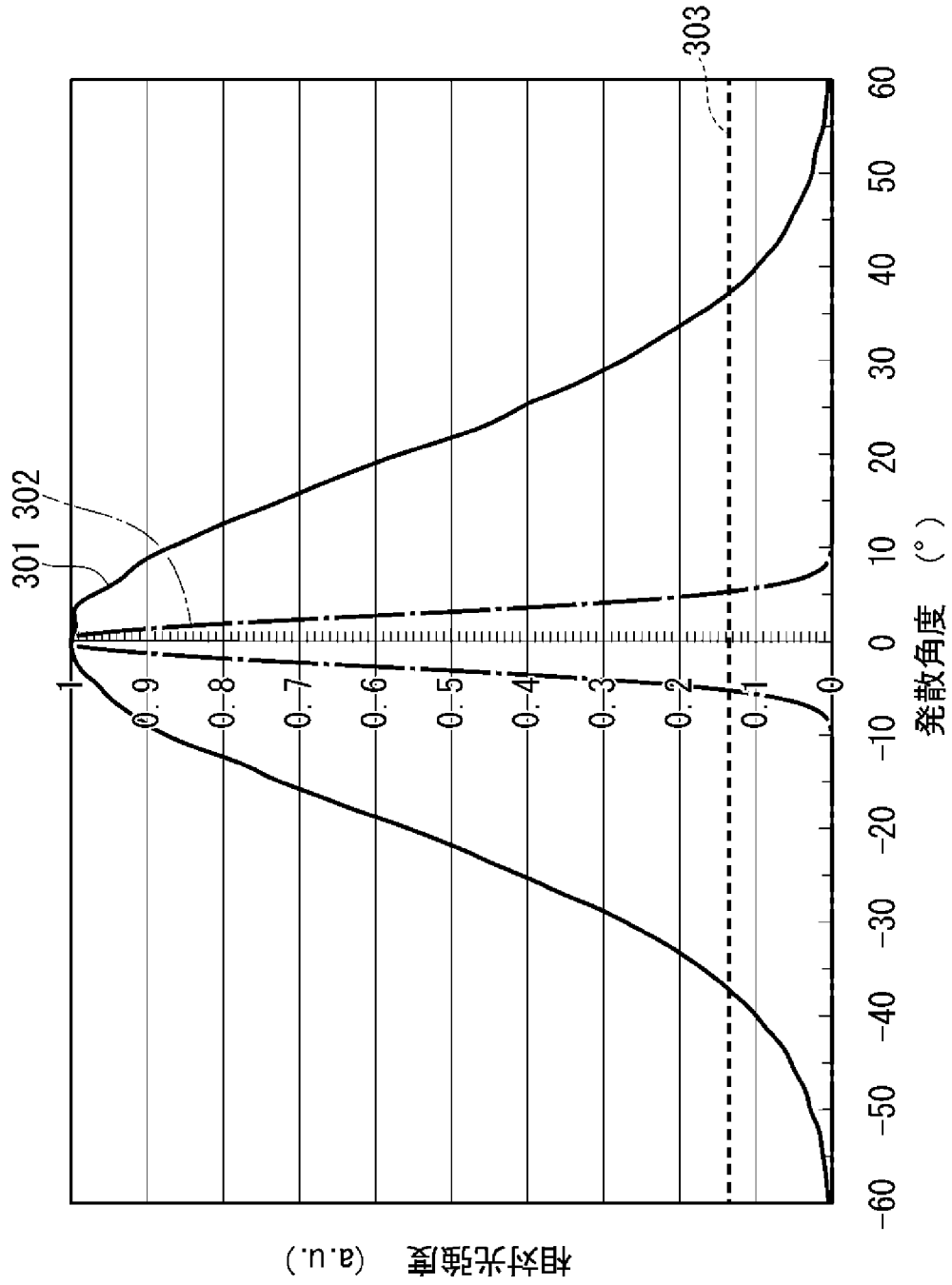
[図1]



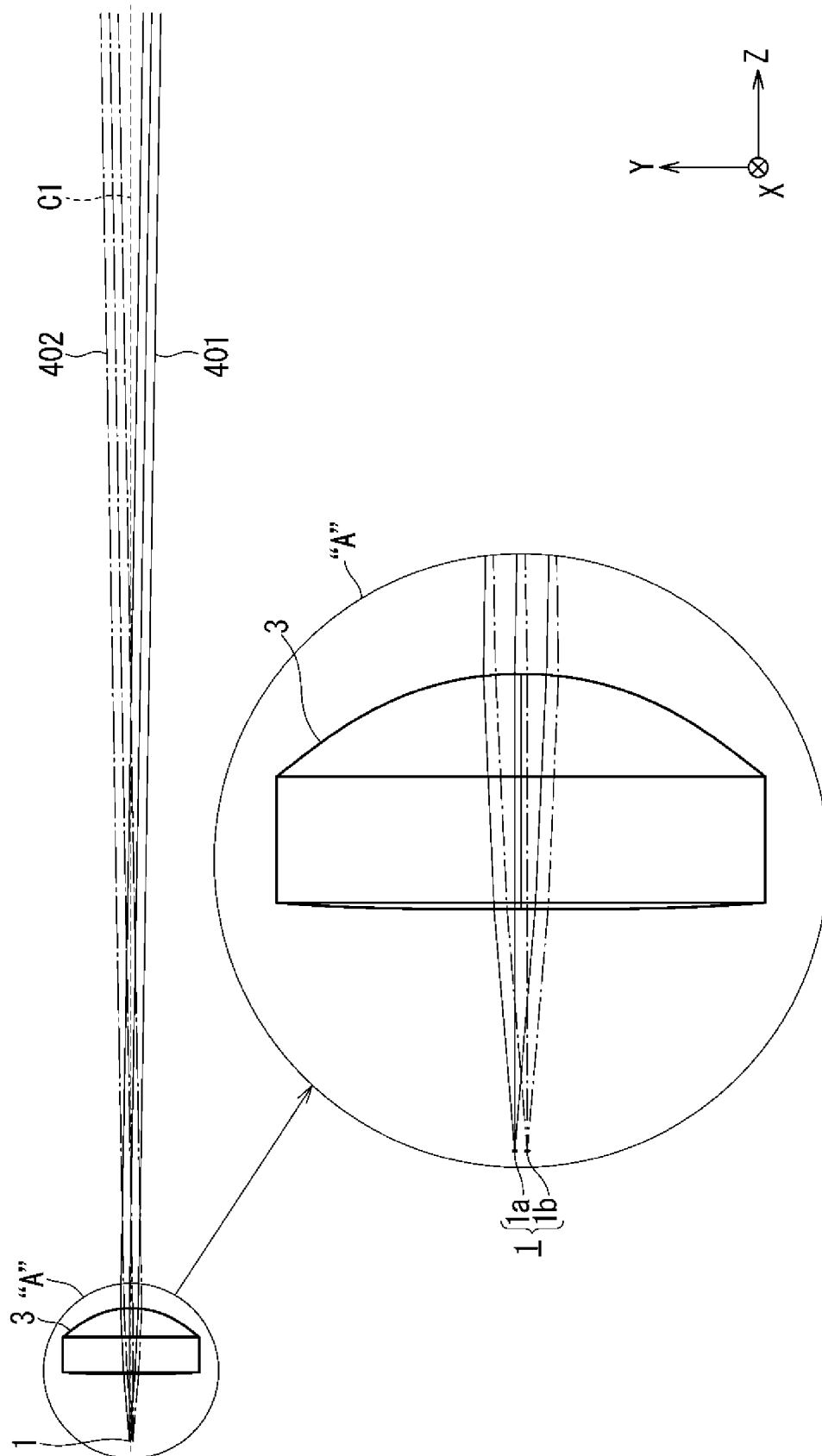
[図2]



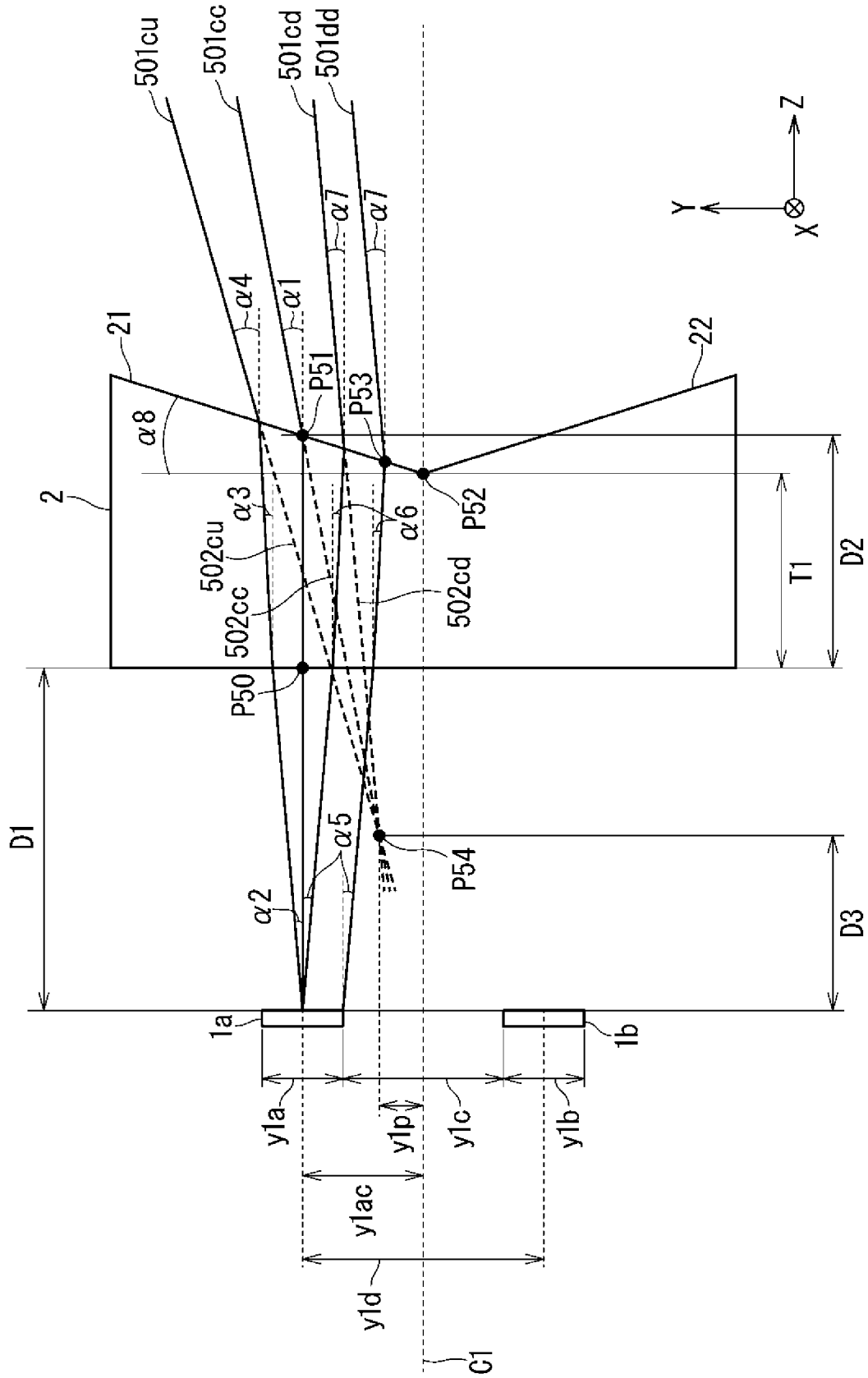
[図3]



[図4]

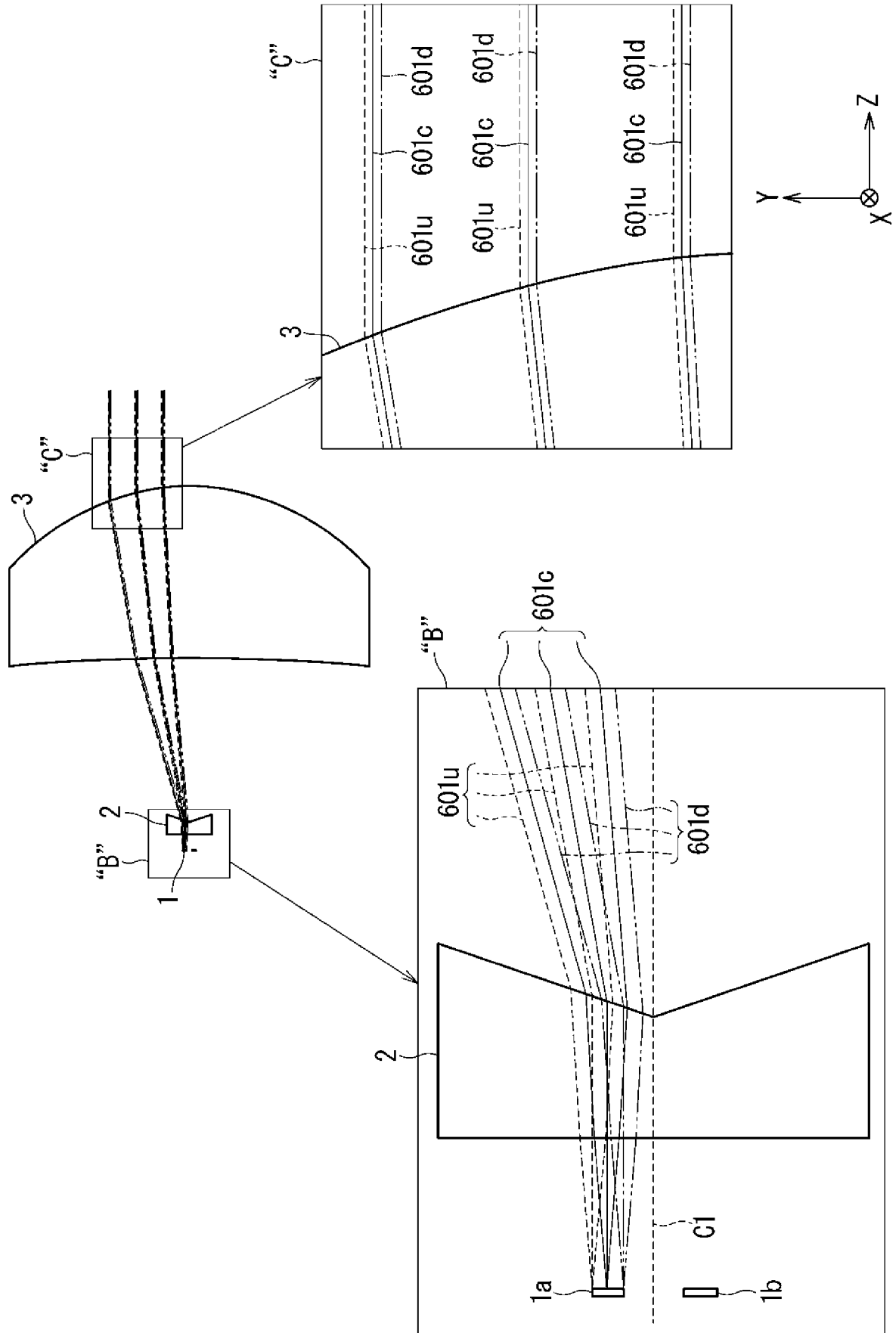


[図5]

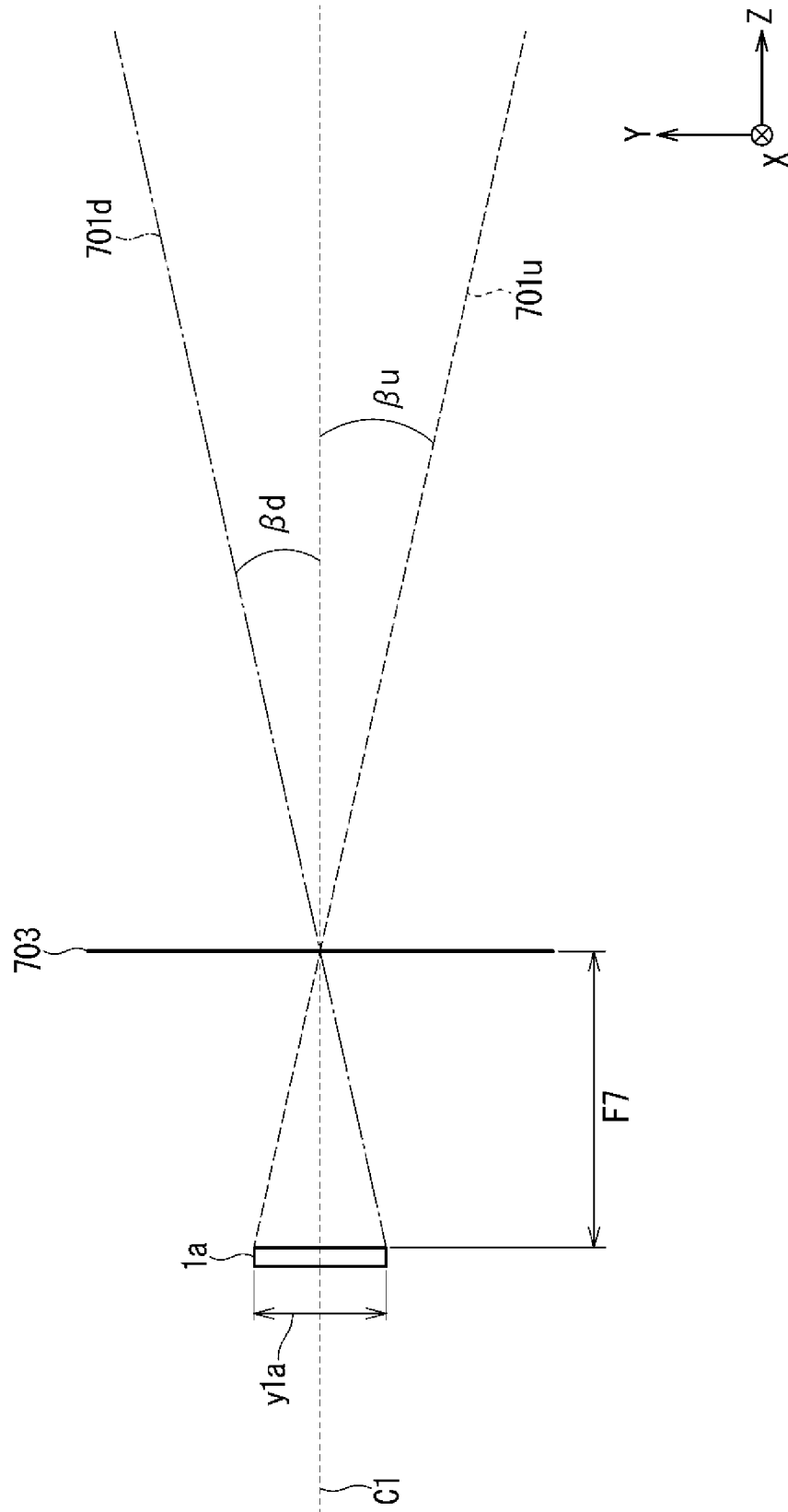




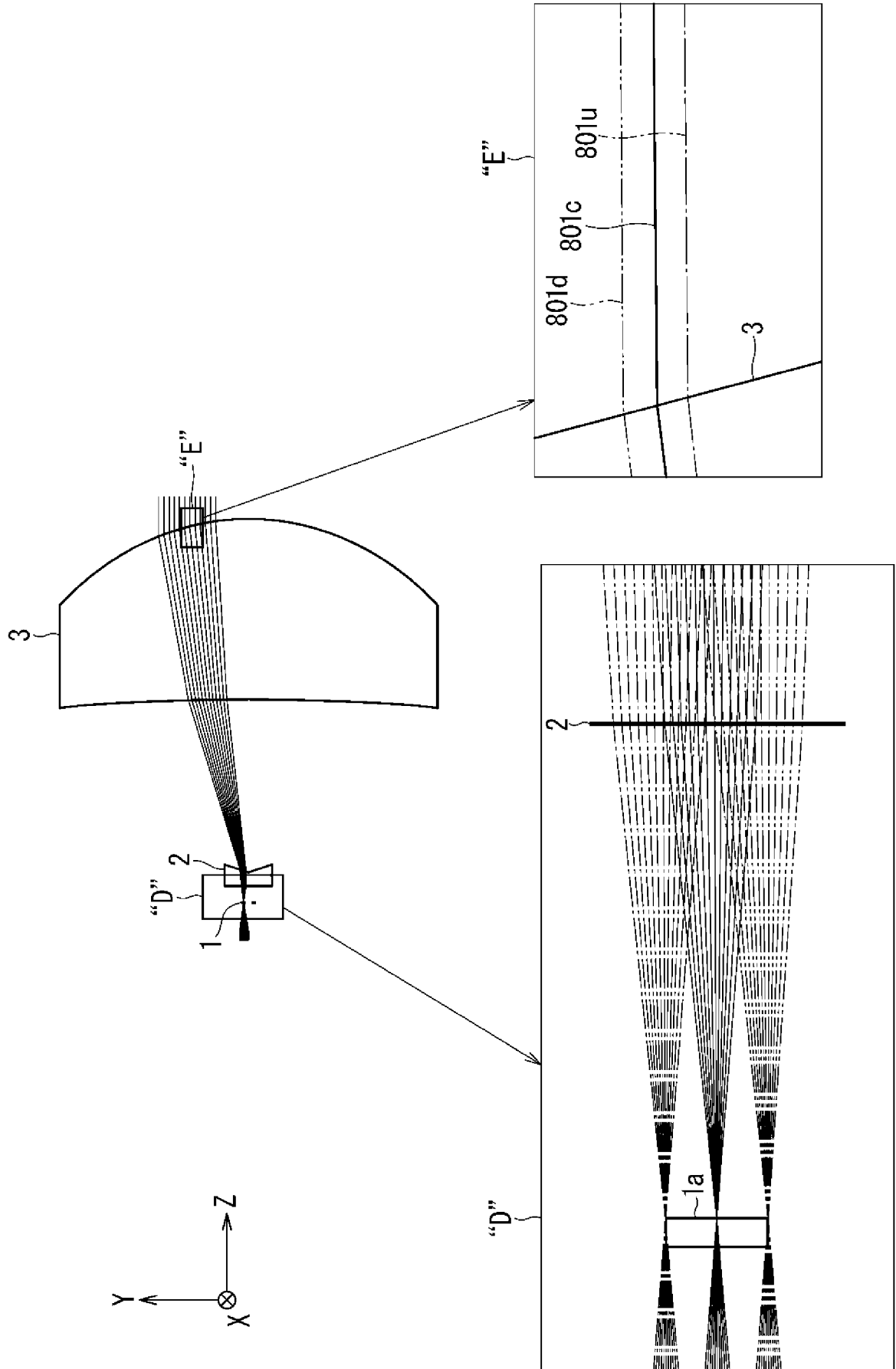
[図7]



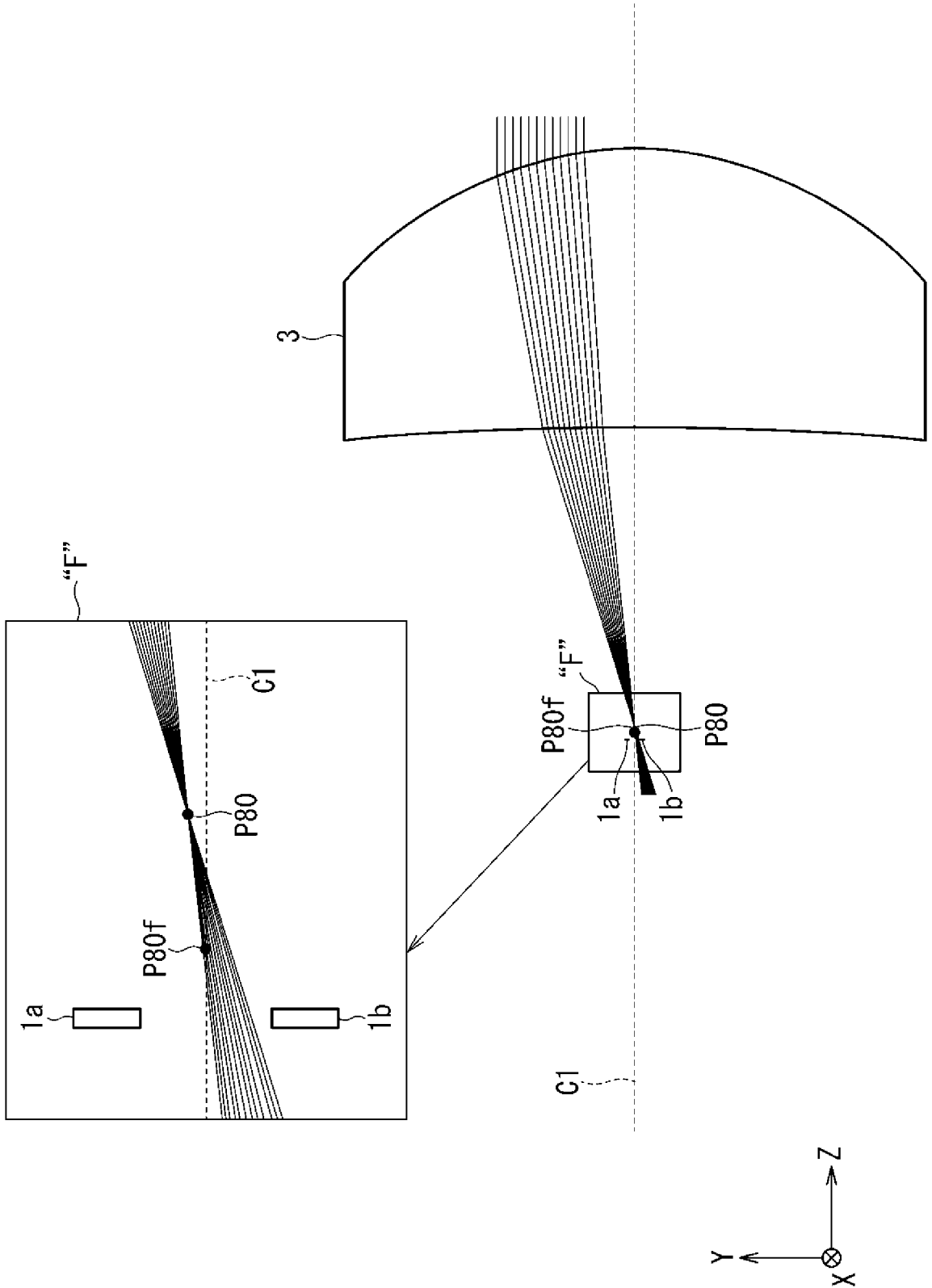
[図8]



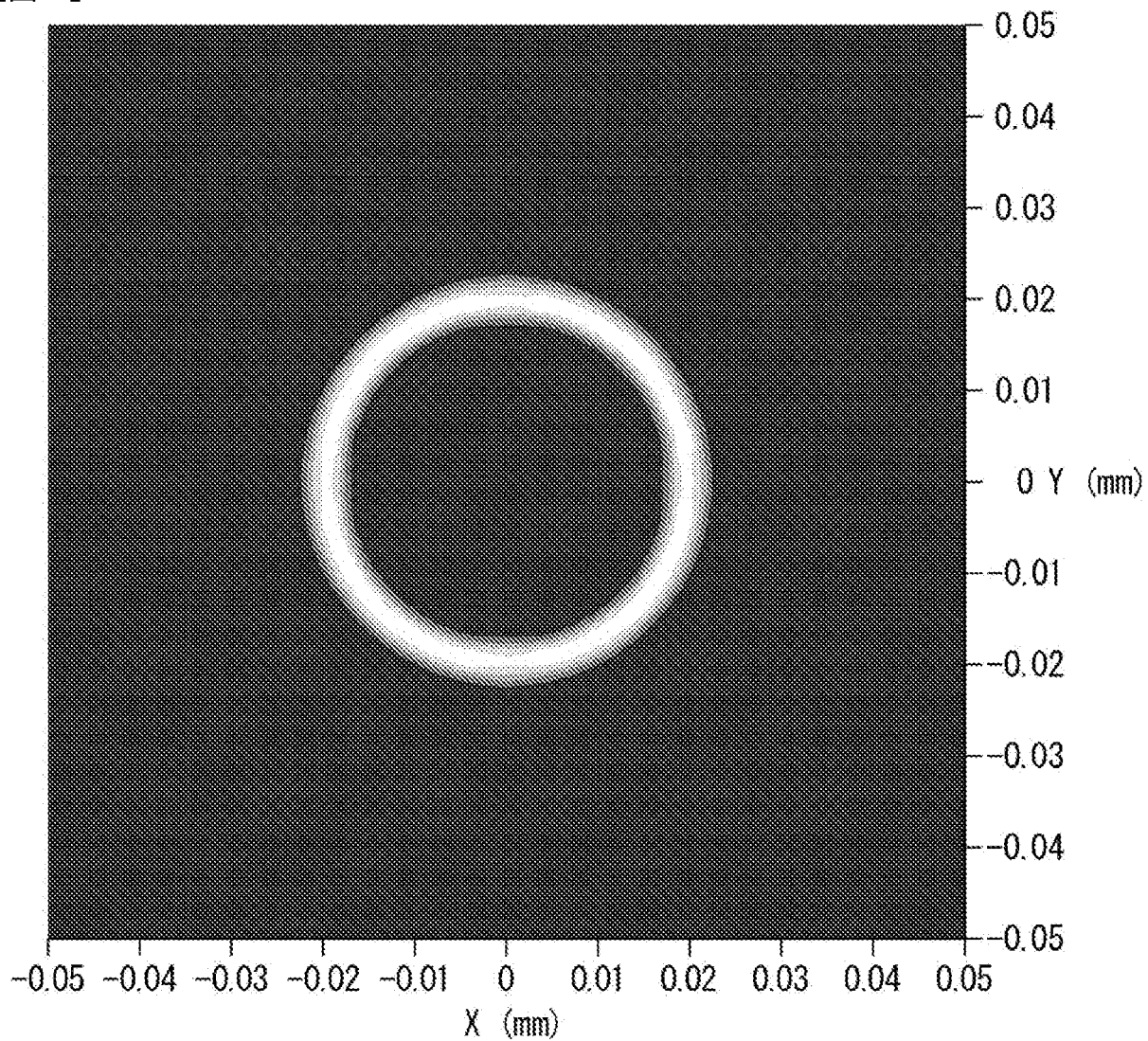
[図9]



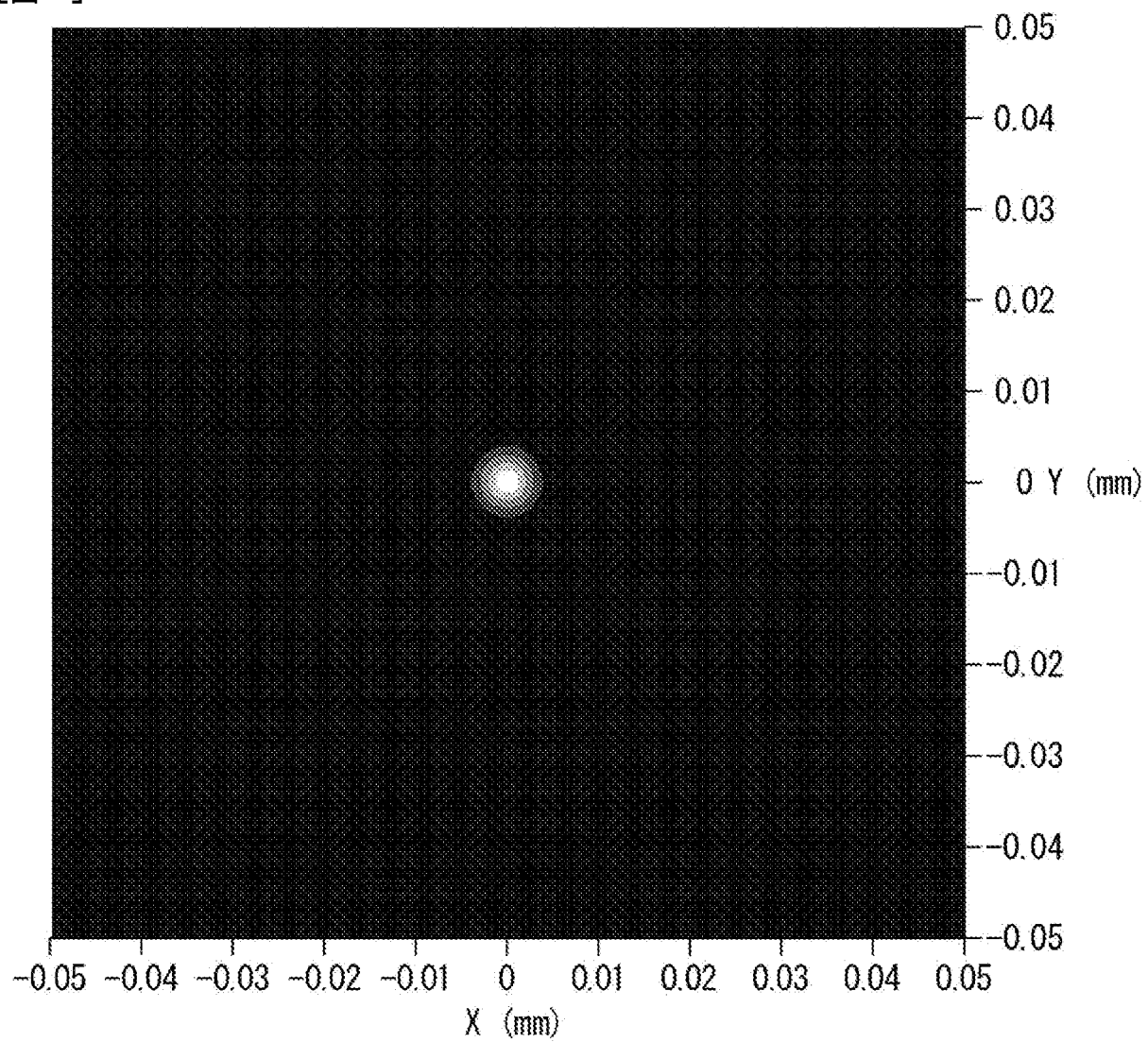
[図10]



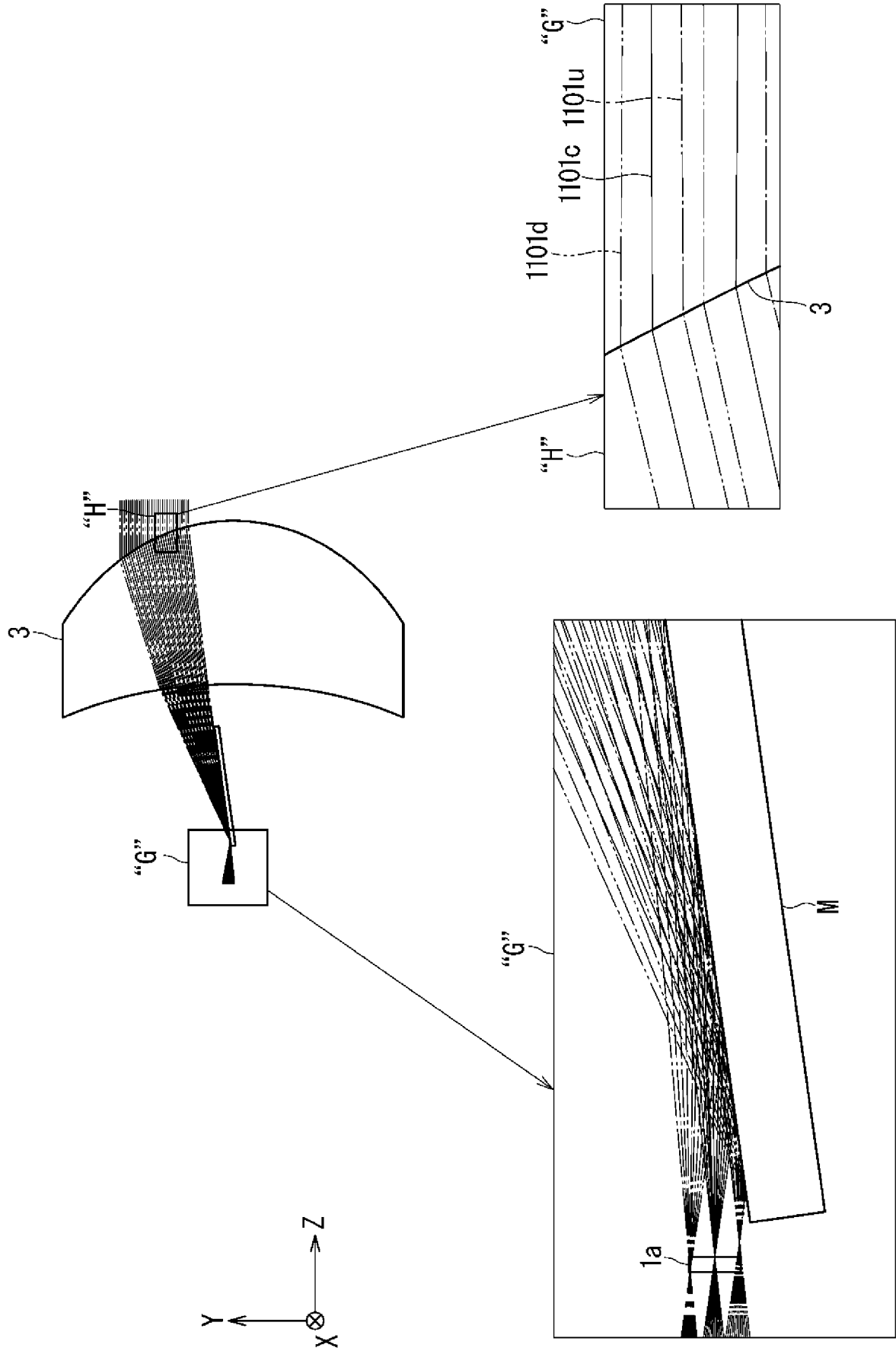
[図11]



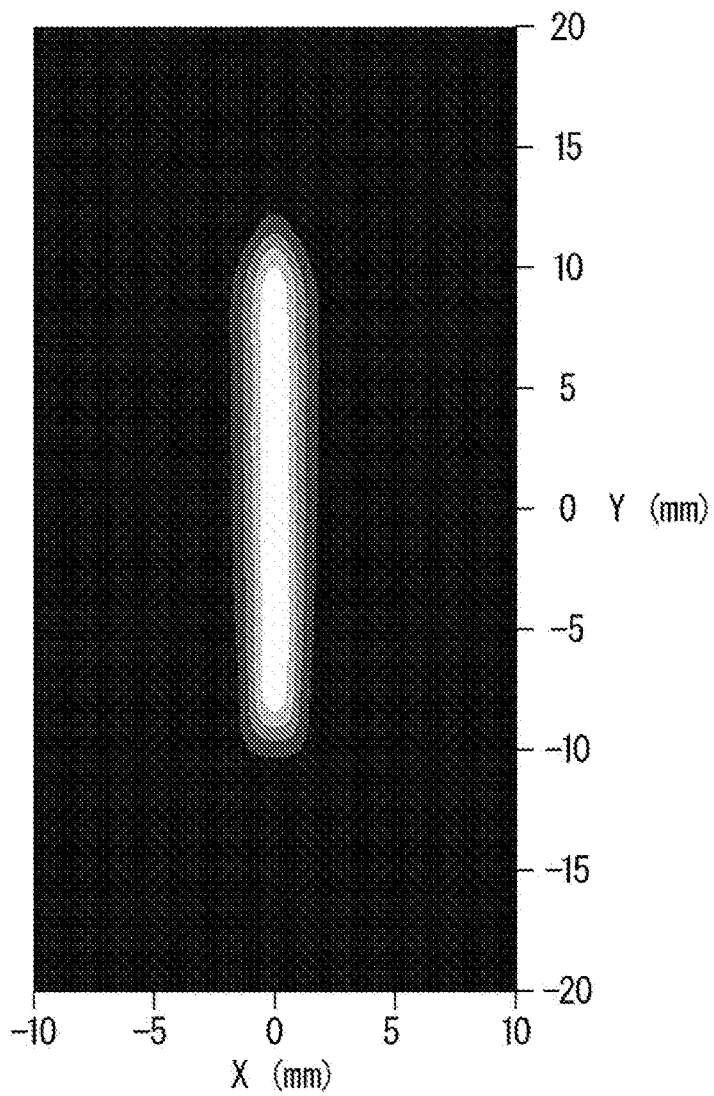
[図12]



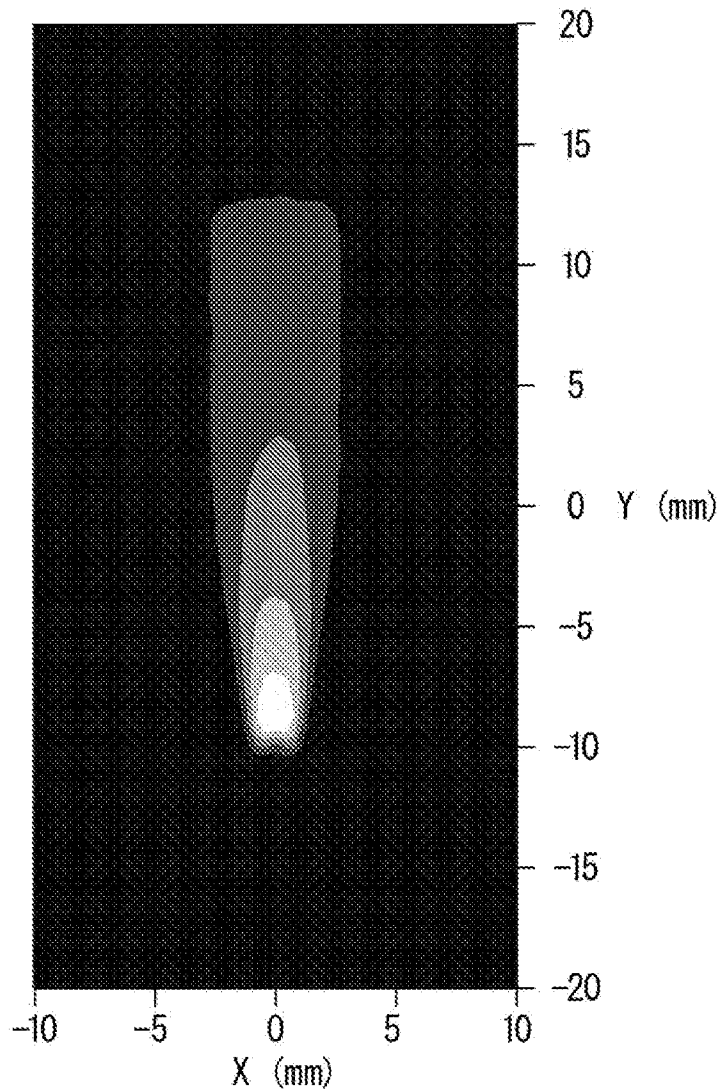
[図13]



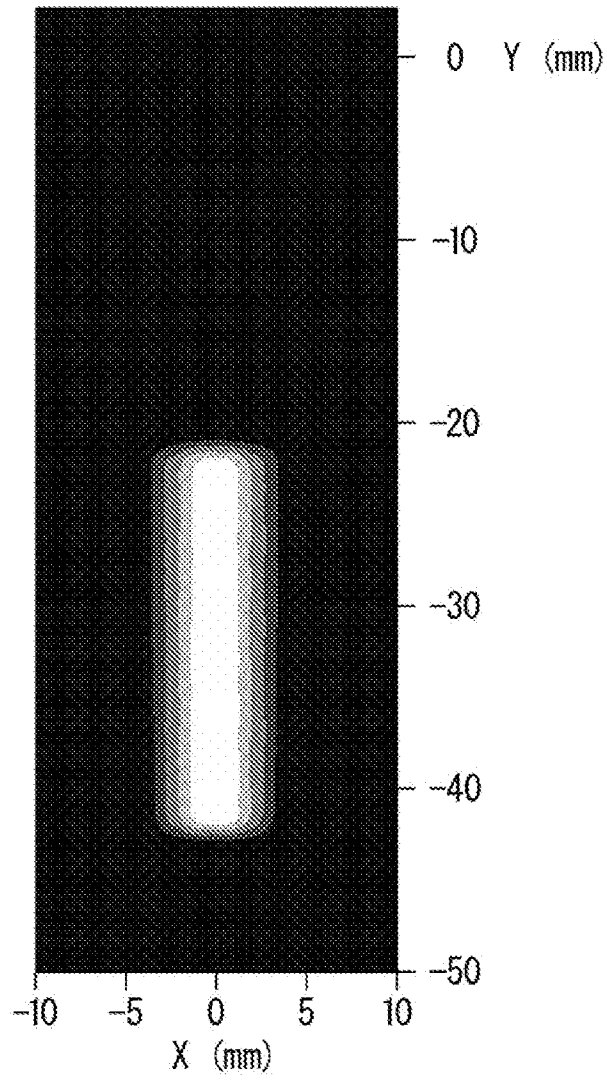
[図14]



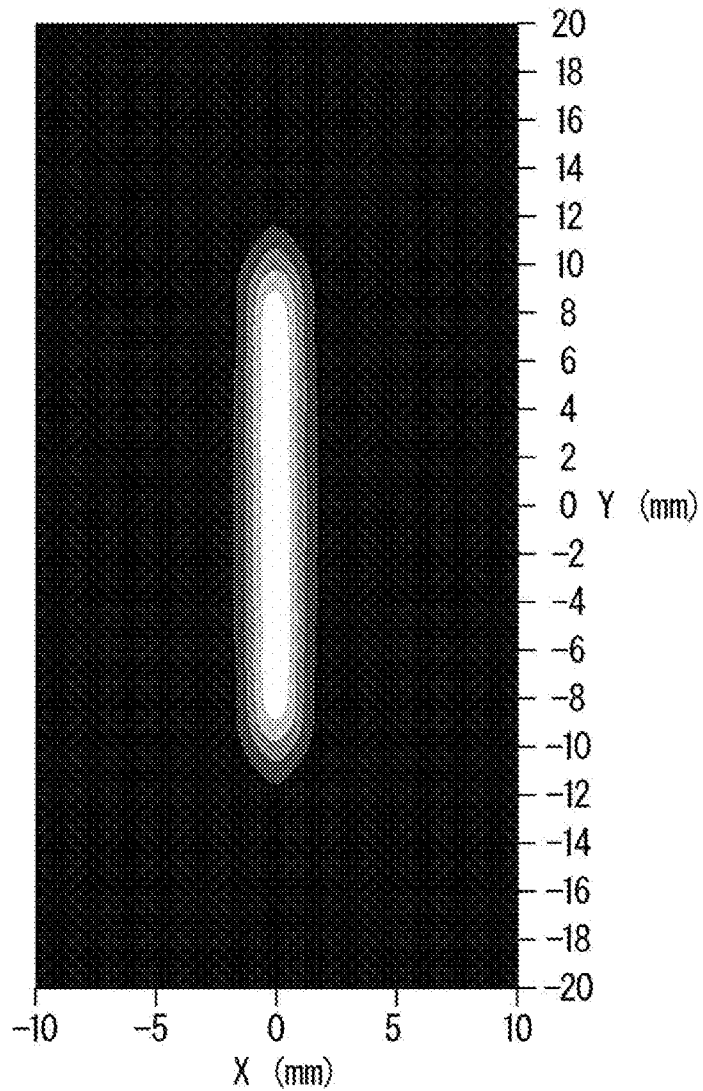
[図15]



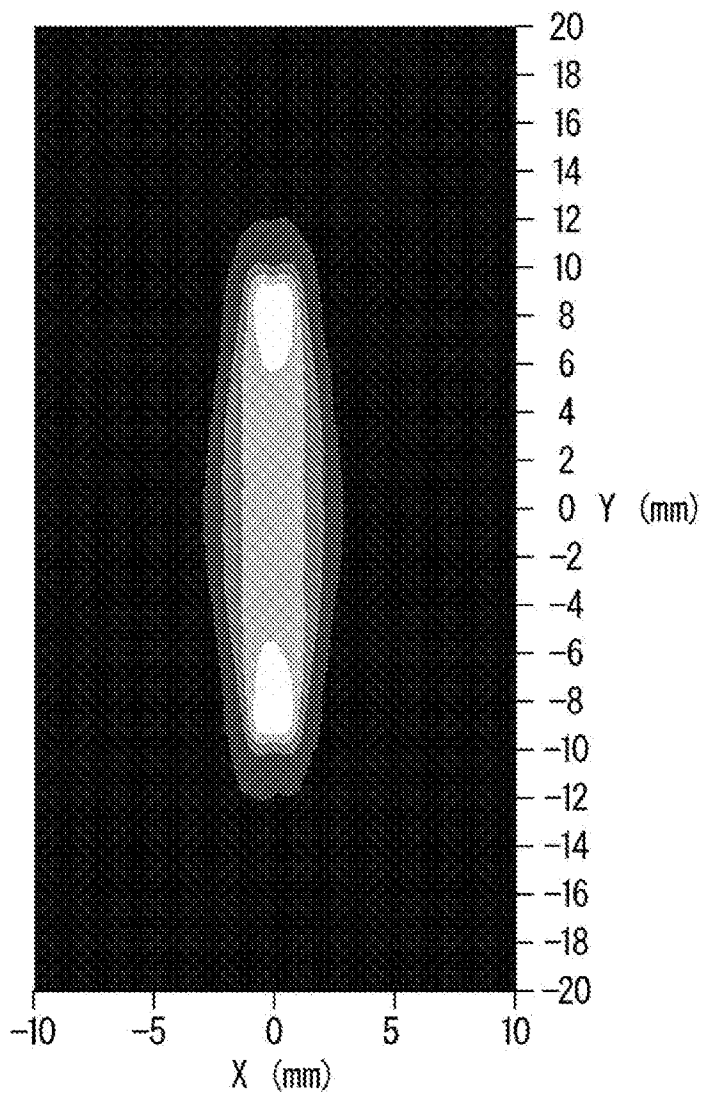
[図16]



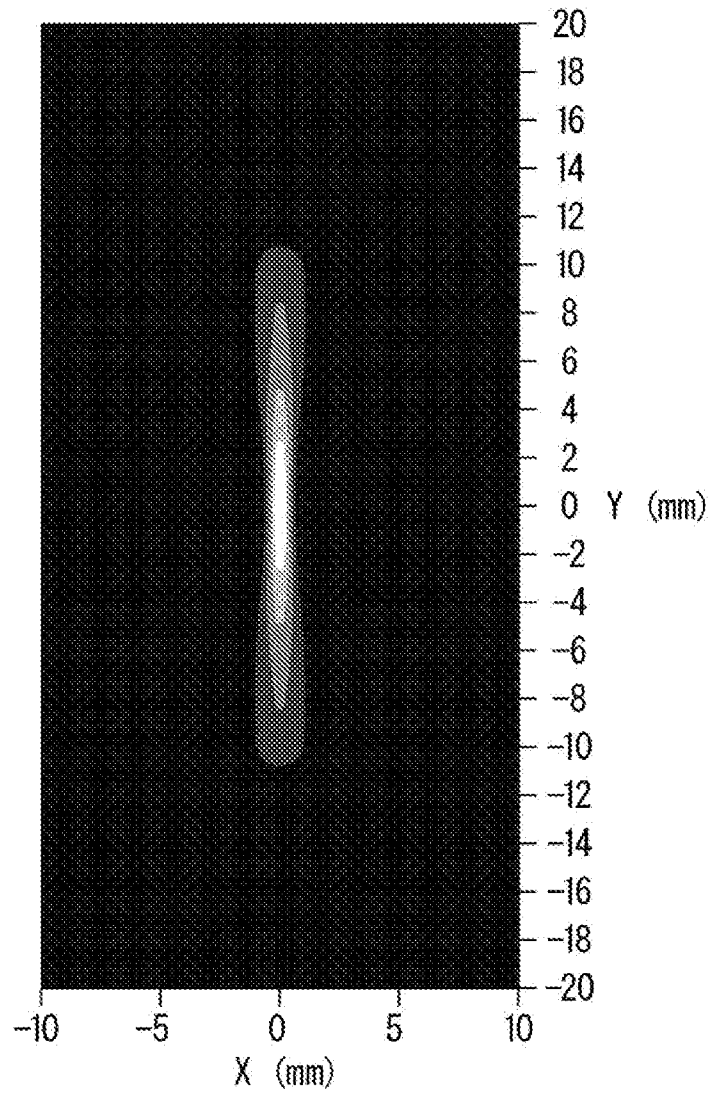
[図17]



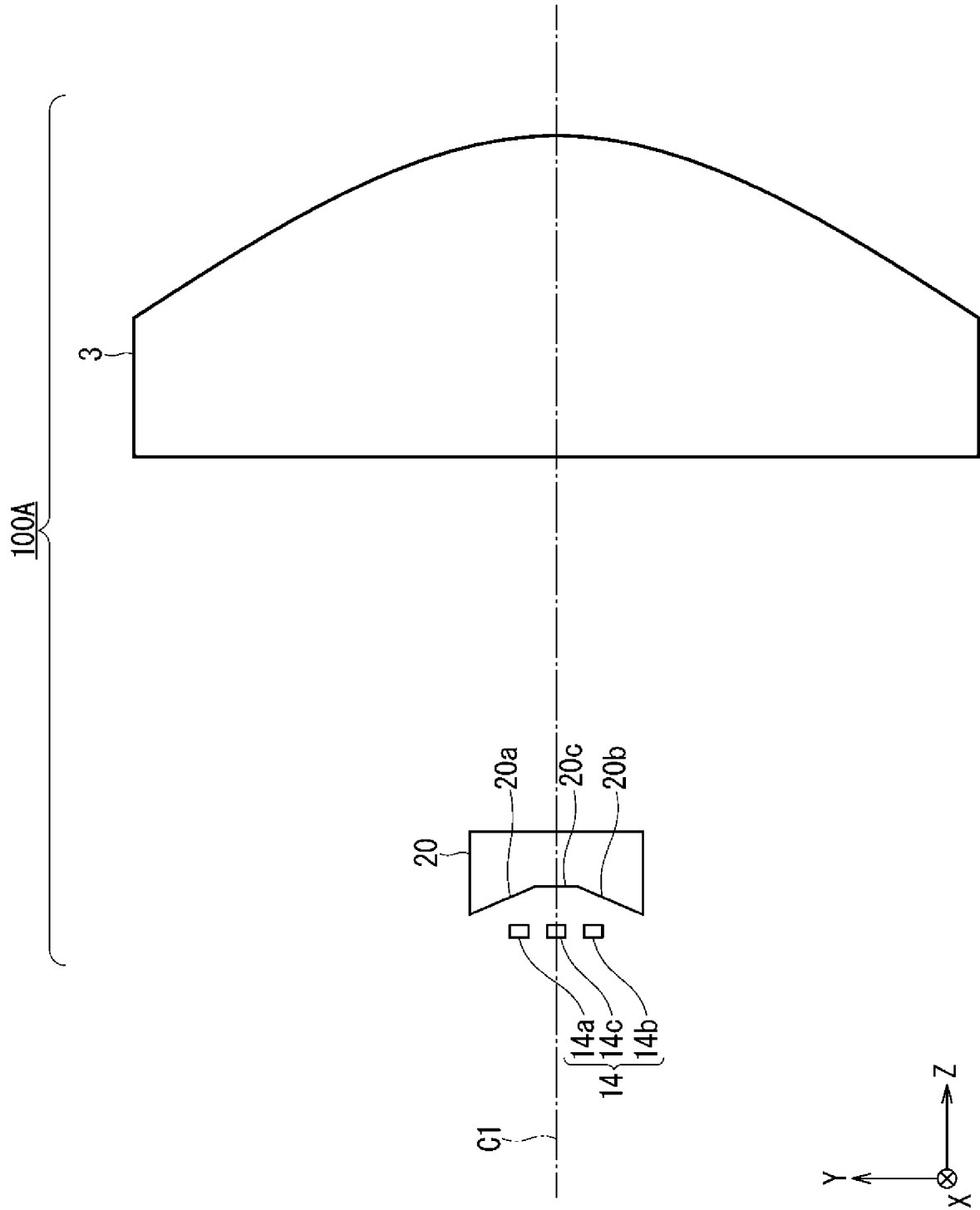
[図18]



[図19]



[図20]



**INTERNATIONAL SEARCH REPORT**

International application No.

PCT/JP2020/028228

**A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER**  
 Int. Cl. F21V5/00 (2018.01) i, F21V5/04 (2006.01) i, G02F1/13357 (2006.01) i, F21Y115/10 (2016.01) n  
 FI: F21V5/00320, F21V5/04 200, G02F1/13357, F21Y115:10  
 According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

**B. FIELDS SEARCHED**  
 Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)  
 Int. Cl. F21V5/00, F21V5/04, G02F1/13357, F21Y115/10

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched  
 Published examined utility model applications of Japan 1922-1996  
 Published unexamined utility model applications of Japan 1971-2020  
 Registered utility model specifications of Japan 1996-2020  
 Published registered utility model applications of Japan 1994-2020

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used)

**C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT**

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
Y A	JP 2019-129076 A (STANLEY ELECTRIC CO., LTD.) 01 August 2019, paragraphs [0023]-[0059], fig. 1-9, 12	1-6, 8-10 7
Y A	WO 2016/035349 A1 (FUNAI ELECTRIC CO., LTD.) 10 March 2016, paragraphs [0110]-[0120], [0133]-[0141], fig. 14, 15, 19B-21	1-6, 8-10 7

Further documents are listed in the continuation of Box C.       See patent family annex.

\* Special categories of cited documents:  
 "A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance  
 "E" earlier application or patent but published on or after the international filing date  
 "L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)  
 "O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means  
 "P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed  
 "I" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention  
 "X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone  
 "Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art  
 "&" document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search 14.08.2020	Date of mailing of the international search report 15.09.2020
---	--

Name and mailing address of the ISA/ Japan Patent Office 3-4-3, Kasumigaseki, Chiyoda-ku, Tokyo 100-8915, Japan	Authorized officer  Telephone No.
--	---

**INTERNATIONAL SEARCH REPORT**  
Information on patent family members

International application No.  
PCT/JP2020/028228

Patent Documents referred to in the Report	Publication Date	Patent Family	Publication Date
JP 2019-129076 A	01.08.2019	(Family: none)	
WO 2016/035349 A1	10.03.2016	US 2017/0269269 A1 paragraphs [0157]- [0167], [0180]- [0188], fig. 14, 15, 19B-21 EP 3190445 A1 CN 106605163 A	

<p>A. 発明の属する分野の分類（国際特許分類（IPC））</p> <p>F21V 5/00(2018.01)i; F21V 5/04(2006.01)i; G02F 1/13357(2006.01)i; F21Y 115/10(2016.01)n                  FI: F21V5/00 320; F21V5/04 200; G02F1/13357; F21Y115:10</p>											
<p>B. 調査を行った分野</p> <p>調査を行った最小限資料（国際特許分類（IPC））</p> <p>F21V5/00; F21V5/04; G02F1/13357; F21Y115/10</p> <p>最小限資料以外の資料で調査を行った分野に含まれるもの</p> <table border="0"> <tr> <td>日本国実用新案公報</td> <td>1922 - 1996年</td> </tr> <tr> <td>日本国公開実用新案公報</td> <td>1971 - 2020年</td> </tr> <tr> <td>日本国実用新案登録公報</td> <td>1996 - 2020年</td> </tr> <tr> <td>日本国登録実用新案公報</td> <td>1994 - 2020年</td> </tr> </table> <p>国際調査で使用した電子データベース（データベースの名称、調査に使用した用語）</p>			日本国実用新案公報	1922 - 1996年	日本国公開実用新案公報	1971 - 2020年	日本国実用新案登録公報	1996 - 2020年	日本国登録実用新案公報	1994 - 2020年	
日本国実用新案公報	1922 - 1996年										
日本国公開実用新案公報	1971 - 2020年										
日本国実用新案登録公報	1996 - 2020年										
日本国登録実用新案公報	1994 - 2020年										
<p>C. 関連すると認められる文献</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th>引用文献の カテゴリー*</th> <th>引用文献名 及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示</th> <th>関連する 請求項の番号</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Y A</td> <td>JP 2019-129076 A (スタンレー電気株式会社) 01.08.2019 (2019 - 08 - 01) 段落0023-0059, 図1-9, 12</td> <td>1-6, 8-10 7</td> </tr> <tr> <td>Y A</td> <td>WO 2016/035349 A1 (船井電機株式会社) 10.03.2016 (2016 - 03 - 10) 段落0110-0120, 0133-0141, 図14-15, 19B-21</td> <td>1-6, 8-10 7</td> </tr> </tbody> </table> <p><input type="checkbox"/> C欄の続きにも文献が列挙されている。 <input checked="" type="checkbox"/> パテントファミリーに関する別紙を参照。</p> <p>* 引用文献のカテゴリー</p> <p>“A” 特に関連のある文献ではなく、一般的な技術水準を示すもの</p> <p>“E” 国際出願日前の出願または特許であるが、国際出願日以後に公表されたもの</p> <p>“L” 優先権主張に疑義を提起する文献又は他の文献の発行日若しくは他の特別な理由を確立するために引用する文献（理由を付す）</p> <p>“O” 口頭による開示、使用、展示等に言及する文献</p> <p>“P” 国際出願日前で、かつ優先権の主張の基礎となる出願の日の後に公表された文献</p> <p>“T” 国際出願日又は優先日後に公表された文献であって出願と抵触するものではなく、発明の原理又は理論の理解のために引用するもの</p> <p>“X” 特に関連のある文献であって、当該文献のみで発明の新規性又は進歩性がないと考えられるもの</p> <p>“Y” 特に関連のある文献であって、当該文献と他の1以上の文献との、当業者にとって自明である組合せによって進歩性がないと考えられるもの</p> <p>“&amp;” 同一パテントファミリー文献</p>			引用文献の カテゴリー*	引用文献名 及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	関連する 請求項の番号	Y A	JP 2019-129076 A (スタンレー電気株式会社) 01.08.2019 (2019 - 08 - 01) 段落0023-0059, 図1-9, 12	1-6, 8-10 7	Y A	WO 2016/035349 A1 (船井電機株式会社) 10.03.2016 (2016 - 03 - 10) 段落0110-0120, 0133-0141, 図14-15, 19B-21	1-6, 8-10 7
引用文献の カテゴリー*	引用文献名 及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	関連する 請求項の番号									
Y A	JP 2019-129076 A (スタンレー電気株式会社) 01.08.2019 (2019 - 08 - 01) 段落0023-0059, 図1-9, 12	1-6, 8-10 7									
Y A	WO 2016/035349 A1 (船井電機株式会社) 10.03.2016 (2016 - 03 - 10) 段落0110-0120, 0133-0141, 図14-15, 19B-21	1-6, 8-10 7									
<p>国際調査を完了した日</p> <p>14.08.2020</p>	<p>国際調査報告の発送日</p> <p>15.09.2020</p>										
<p>名称及びあて先</p> <p>日本国特許庁(ISA/JP) 〒100-8915 日本国 東京都千代田区霞が関三丁目4番3号</p>	<p>権限のある職員（特許庁審査官）</p> <p>野木 新治 3X 8374</p> <p>電話番号 03-3581-1101 内線 3371</p>										

国際調査報告  
パテントファミリーに関する情報

国際出願番号  
PCT/JP2020/028228

引用文献	公表日	パテントファミリー文献	公表日
JP 2019-129076 A	01.08.2019	(ファミリーなし)	
WO 2016/035349 A1	10.03.2016	US 2017/0269269 A1 段落0157-0167, 0180-0188, 図14-15, 19B-21 EP 3190445 A1 CN 106605163 A	