

(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
2012年9月20日(20.09.2012)



(10) 国際公開番号

WO 2012/124316 A1

- (51) 国際特許分類:
G02B 17/08 (2006.01) G02B 23/02 (2006.01)
G02B 13/14 (2006.01)
- (21) 国際出願番号: PCT/JP2012/001767
- (22) 国際出願日: 2012年3月14日(14.03.2012)
- (25) 国際出願の言語: 日本語
- (26) 国際公開の言語: 日本語
- (30) 優先権データ:
特願 2011-058478 2011年3月16日(16.03.2011) JP
- (71) 出願人(米国を除く全ての指定国について): 株式会社ニコン(NIKON CORPORATION) [JP/JP]; 〒1008331 東京都千代田区有楽町一丁目12番1号 Tokyo (JP).
- (72) 発明者: および
- (75) 発明者/出願人(米国についてのみ): 須藤 健太(SUDO, Kenta) [JP/JP]; 〒1008331 東京都千代田区有楽町一丁目12番1号株式会社ニコン内 Tokyo (JP).
- (74) 代理人: 大西 正悟(OHNISHI, Shogo); 〒1700013 東京都豊島区東池袋3-20-3、東池袋SSビル1階 大西国際特許事務所 Tokyo (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, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CL, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IS, JP, KE, KG, KM, KN, KP, KR, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LT, LU, LY, MA, MD, ME, MG, MK, MN, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PE, PG, PH, PL, PT, QA, RO, RS, RU, RW, SC, SD, SE, SG, SK, SL, SM, ST, SV, SY, TH, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, 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, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), ユーラシア (AM, AZ, BY, KG, KZ, MD, RU, TJ, TM), ユーロッパ (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, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

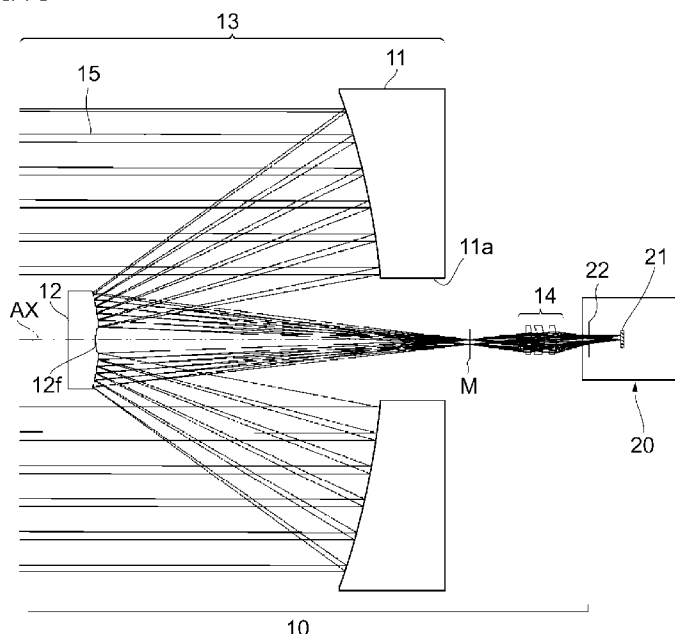
添付公開書類:

— 国際調査報告(条約第21条(3))

(54) Title: INFRARED IMAGE CAPTURE DEVICE

(54) 発明の名称: 赤外線撮像装置

[図1]



(57) Abstract: An infrared optical assembly (10) comprises: an object optical assembly (13), further comprising a primary mirror (11) and an auxiliary mirror (12) which are positioned opposite one another along an optical axis (AX), wherein infrared rays from a detected object (not shown) are reflected first by the primary mirror (11), then the auxiliary mirror (12), forming an intermediate image of the detected object. A non-transmitting portion (12f) is present at the center part of the auxiliary mirror (12) whereupon the infrared rays from the detected object are not transmitted. The non-transmitting portion (12f) of the center part of the auxiliary mirror (12) is formed in a concave surface shape which satisfies formula (1), hereinafter: $L / 1.2 < R < 1.5L$ (1); where R is the absolute value of the radius of curvature of the center part of the auxiliary mirror (12) which corresponds to the non-transmitting portion (12f), and L is the distance from the intermediate image formation site to the center part of the auxiliary mirror which corresponds to the non-transmitting portion.

(57) 要約:

[続葉有]

WO 2012/124316 A1



赤外光学系 10 は、光軸 AX に沿って対向配置された主鏡 11 と副鏡 12 とを含み、被検物体（不図示）からの赤外線の主鏡 11 及び副鏡 12 で順次反射し被検物体の中間像を形成する対物光学系 13 を有し、副鏡 12 の中心部には被検物体からの赤外線が通過しない不通過部分 12 f が存在する赤外線撮像装置において、この副鏡 12 の中心部の不通過部分 12 f は、以下の条件式（1）を満足する凹面状に形成されている。 $L/1.2 < R < 1.5L \cdots (1)$ 但し、 R ：不通過部分 12 f に対応する副鏡 12 の中心部の曲率半径の絶対値、 L ：前記中間像形成位置から前記不通過部分に対応する前記副鏡の中心部までの距離。

明 細 書

発明の名称：赤外線撮像装置

技術分野

[0001] 本発明は、赤外線撮像装置に関するものである。

背景技術

[0002] 暗闇などにおいて肉眼では見えない被写体を、赤外線を利用して可視像に変換する赤外線撮像装置では、赤外光学系の射出瞳を開口絞りであるコールドアパチャーに一致（開口整合）させて、 S/N （信号雑音比）の良い画像が得られるように構成されている。赤外光学系として、例えば、中心部に開口を有する主鏡と、主鏡で反射された赤外線を主鏡の開口に向かわせる副鏡とからなるカセグレン型の光学系を用いた場合、被検物体からの赤外線は主鏡で反射されると、主鏡の開口に倣った輪帯光束（いわゆる中抜けの状態）となるため、上記のように開口整合を取っていても、開口の中心部に撮像に不要な赤外線が混入すれば、 S/N を劣化させるおそれがある。そこで、このような問題を解決するため、種々の赤外線撮像装置が開示されている（例えば、特許文献1及び2を参照）。

先行技術文献

特許文献

[0003] 特許文献1：特開平10-206986号公報

特許文献2：特開平9-113797号公報

発明の概要

発明が解決しようとする課題

[0004] 特許文献1に記載の赤外線撮像装置は、検出雑音となる被検物体以外からの赤外線を、コールドアパチャーの開口部に設けた中心遮蔽部で遮蔽する構成となっている。この場合、当然のことながら、コールドアパチャーとともに中心遮蔽部も、液体窒素程度の温度に冷却する必要がある。しかしながら、中心遮蔽部は細い腕部を介してコールドアパチャーの開口部に取り付けら

れている特殊な構造であるため、中心遮蔽部をその周辺部と同じ温度に均一に冷却することは困難であり、得られる画像のS/Nの劣化が発生するおそれがあった。

[0005] 特許文献2に記載の赤外線撮像装置は、中間像を形成する対物光学系と、中間像より像側に位置する再結像光学系とを互いに偏芯して配置することにより、検出雑音となる不要な赤外線が開口中心部に混入して検出器に到達することを防いでいる。しかしながら、このような構成の場合、対物光学系には軸外しの光学設計が必要となるため、設計の際の収差補正が難しくなったり、入射瞳径に対してレンズやミラーの有効径が大幅に大きくなり装置の大型化を招いたりするおそれがある。

[0006] 本発明は、このような問題に鑑みてなされたものであり、開口整合の取れた状態で、光軸付近に被検物体からの光が通過しない不通過部分を有する対物光学系を備えながらも、装置を大型化することなく、特殊な形状ではない単純な円形開口のコールドアパチャーを用いて、被検物体以外からの撮像に不要な赤外線が赤外線検出器へと混入することを防止できる赤外線撮像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

[0007] このような目的を達成するため、本発明を例示する態様に従えば、被検物体からの赤外線を集光する赤外光学系と、前記赤外光学系からの赤外線を受光する赤外線撮像素子と、前記赤外線撮像素子へ前記被検物体以外からの撮像に不要な赤外線が入射することを防ぐコールドアパチャーとを有し、前記赤外光学系は、光軸に沿って対向配置された主鏡と副鏡とを含み、前記被検物体からの赤外線を前記主鏡及び前記副鏡で順次反射し前記被検物体の中間像を形成する対物光学系と、前記対物光学系により形成された前記中間像を前記赤外線撮像素子上に再形成する再結像光学系とを有し、前記副鏡の中心部には前記被検物体からの赤外線が通過しない不通過部分が存在する赤外線撮像装置において、前記不通過部分に対応する前記副鏡の中心部は、以下の条件式を満足する凹面状に形成されていることを特徴とする赤外線撮像装置

が提供される。

$$L / 1.2 < R < 1.5 L$$

但し、

R：前記不通過部分に対応する前記副鏡の中心部の曲率半径の絶対値、

L：前記中間像形成位置から前記不通過部分に対応する前記副鏡の中心部までの距離。

発明の効果

[0008] 本発明によれば、開口整合の取れた状態で、光軸付近に被検物体からの光が通過しない不通過部分を有する対物光学系を備えながらも、装置を大型化することなく、特殊な形状ではない単純な円形開口のコールドアパチャーを用いて、被検物体以外からの撮像に不要な赤外線が赤外線検出器へと混入することを防止できる赤外線撮像装置を提供することができる。

図面の簡単な説明

[0009] [図1]本実施形態に係る（カセグレン型の対物光学系を有する）赤外線撮像装置を説明する図であり、その断面構成と、主鏡の開口に倣って輪帯状になった光束の光路図を示す。

[図2]上記の実施形態に係る赤外線撮像装置における、副鏡の形状と、副鏡の中心部にある被検物体からの赤外線の不通過部分にて軸上光束が反射する様子を示す。

[図3]上記の実施形態に係る赤外線撮像装置を説明する図であり、開口中心部における光束の光路図を示す。

[図4]第2の実施形態に係る（グレゴリー型の対物光学系を有する）赤外線撮像装置を説明する図であり、その断面構成と、主鏡の開口に倣って輪帯状になった光束の光路図を示す。

[図5]第2の実施形態に係る赤外線撮像装置における、副鏡の形状と、副鏡の中心部にある被検物体からの赤外線の不通過部分にて軸上光束が反射する様子を示す。

[図6]第2の実施形態に係る赤外線撮像装置を説明する図であり、開口中心部

の光束の光路図を示す。

[図7]第3の実施形態に係る赤外線撮像装置を説明する図であり、スパイダーに遮蔽されない光束の光路図を示す。

[図8]第3の実施形態に係る赤外線撮像装置を説明する図であり、被検物体側から見た鏡筒の開口の断面図を示す。

[図9]第3の実施形態に係る赤外線撮像装置を説明する図であり、この装置内でのスパイダーに遮蔽される光束の光路図を示す。

[図10]開口整合が取れていて副鏡の中心部に被検物体からの赤外線の不通過部分が存在する比較例の赤外線撮像装置において、主鏡の開口に倣って輪帯状になった光束の光路図を示す。

[図11]開口整合が取れていて副鏡の中心部に被検物体からの赤外線の不通過部分が存在する比較例の赤外線撮像装置において、開口中心部の光束の光路図を示す。

発明を実施するための形態

[0010] 以下、本発明の実施形態について、図面を用いて説明する。説明を分かりやすくするため、図中の副鏡12の曲率半径はいずれも誇張して描かれている。

[0011] 本実施形態に係る赤外線撮像装置は、図1に示すように、赤外光学系10と、赤外線検出器20とを有して構成されている。

[0012] 赤外光学系10は、被検物体（不図示）から放射される熱、すなわち赤外線を集光するためのものであり、光軸AXに沿って対向配置された主鏡11と副鏡12とを有し、被検物体からの赤外線を主鏡11及び副鏡12で順次反射し被検物体の中間像を形成する対物光学系13と、対物光学系13により形成された前記中間像を（赤外線検出器20内の）赤外線撮像素子21上に再形成する再結像光学系14とを有する。

[0013] 赤外線検出器20は、赤外光学系10により被検物体からの赤外線が集光される位置に配置され、赤外光学系10からの赤外線を受光する赤外線撮像素子21と、赤外光学系10と赤外線撮像素子21との間に配置され、赤外

線撮像素子 21 の撮像面の周囲（側方や斜方）からの不要な赤外線が入射することを防ぐコールドアパチャー 22 と、赤外線検出器 20 の内部や赤外線撮像素子 21 を低温（例えば、液体窒素温度程度）に冷却し、これら自身から自己放射される赤外線を極力除去する冷却装置（不図示）とを有する。

[0014] コールドアパチャー 22 は、中心部に単純な円形開口を有するものであり、その位置と開口径の大きさが、赤外光学系 10（再結像光学系 14）の射出瞳の位置とその大きさ（射出瞳の径）と一致するように、すなわち開口整合が取れるように設計されている。このように開口整合を取ることで、被検物体以外の撮像に不要な赤外光が赤外線検出器 20 内に入射することを効率良く抑え、被検物体からの赤外線画像を良好に得ることができるようになっている。

[0015] 上記構成を有する赤外線撮像装置では、被検物体から放射される熱（赤外線）を対物光学系 13 を構成する主鏡 11 および副鏡 12 で順次反射して前記被検物体の中間像を形成し、この中間像からの光を再結像光学系 14 により（コールドアパチャー 22 を介して）赤外線撮像素子 21 上に再び集光し結像させることで、被検物体の熱画像（赤外線画像）が得られるようになっている。

[0016] 対物光学系 13 は、中心部に開口 11a を有する（副鏡 12 に凹面を向けた）凹面反射鏡である主鏡 11 と、（主鏡 11 に凸面を向けた）凸面反射鏡である副鏡 12 とから構成される、いわゆるカセグレン型の光学系となっている。この場合、主鏡 11 から副鏡 12 へと向かう光束は主鏡 11 の開口 11a に倣って輪帯光束 15 となるため、光軸 AX 付近には被検物体からの光束が存在しない部分が存在する。すなわち、副鏡 12 の中心部には、上記のような輪帯光束 15 となった被検物体からの赤外線が通過しない不通過部分 12f が存在する。

[0017] そこで、本実施形態では、この副鏡 12 の中心部に存在する不通過部分 12f を、以下の条件式（1）を満足するような凹面状に形成する。すなわち、副鏡 12 の反射面は、この凹面状の反射面 12f と、凸面状の反射面 12

Aとからなる異なる2つの形状を有することになる。

[0018] $L / 1.2 < R < 1.5 L \dots (1)$

但し、

R：不通過部分12fに対応する副鏡12の中心部の曲率半径の絶対値、

L：中間像の形成位置Mから不通過部分12fに対応する副鏡12の中心部までの距離。

[0019] なお、条件式(1)を満足させることによる効果を、より良好に発揮させるためには下限値を $L / 1.1$ とすることが好ましい。また、条件式(1)を満足させることによる効果を、より良好に発揮させるためには上限値を $1.2 L$ とすることが好ましい。

[0020] また、副鏡12の中心部に存在する不通過部分12fは、図2に示すように、光軸AX上の対物光学系13（不図示）による中間像の形成位置Mを曲率中心とする（言い換えれば、副鏡12の光軸中心M₀から対物光学系13による中間像の形成位置Mまでの距離Lを曲率半径とする（ $\therefore R = L$ ））凹面状に形成するのが最も好ましい。本実施形態においては、 $R = L = 600\text{mm}$ である。

[0021] そして、このような副鏡12の凹面状の不通過部分12fを、赤外光学系10（再結像光学系14）の射出瞳と共役となる位置に配置する。上述したように赤外光学系10（再結像光学系14）の射出瞳の位置はコールドアパチャー22の位置に一致しているため、この副鏡12fの凹面状の不通過部分12fは、コールドアパチャー22に対しても共役となる。

[0022] 凸面鏡である副鏡12の中心部がこのような特殊な形状となっているため、主鏡11の開口11aの中心部を通る光束（軸上光束）16は、副鏡12の凹面状の不通過部分12fで反射して、そのまま開口11aの中心部に戻るようになる。よって、開口11aの中心部の光束の光路図は図3のようになり、赤外線撮像素子21の撮像面の中心点Oから発した光線は副鏡12の凹面状の不通過部分12fで反射して点Oに戻り、前記撮像面の点Aから発した光線は副鏡12の凹面状の不通過部分12fで反射して光軸対称である

点A'に戻ることになる。つまり、開口11aの中心部に存在する光束は副鏡12の凹面状の不通過部分12fでの反射により、赤外線撮像素子21の撮像面自身を結像することになる。

[0023] したがって、開口11aの中心部の光束は、後述の図11に示すような比較例の光学系とは異なり（すなわち主鏡11やその周辺の鏡筒部から放射されたものではなく）、全て赤外線検出器20の内部から生じたものとなる。しかしながら、赤外線検出器20の内部は、上記のように冷却装置（不図示）により極低温に冷却されているため、開口11aの中心部の不要な赤外線は検出されないことになる。

[0024] なお、副鏡12の凹面状の不通過部分12fの径の大きさは、これを d_1 とし（図2参照）、主鏡11の開口11aの開口径を D_1 とし、主鏡11の有効径 D_2 とし、副鏡12の有効径を d_2 としたとき、 $d_1 = d_2 \times (D_1 / D_2)$ で導くことができる。本実施形態のように、副鏡12の不通過部分12fとコールドアパチャー22とが共役となるように配置すれば、前記不通過部分12fの径 d_1 の大きさは最小となり、副鏡12の反射面全体に占める不通過部分12fの割合を最小限に抑えることが可能となる。

[0025] 以上のような本実施形態に係る赤外線撮像装置によれば、副鏡12の中心部の被検物体からの赤外線が通過しない不通過部分12fを凹面状に形成することによって、前記不通過部分12fからの不要な赤外線が赤外線撮像素子21へと混入することを防ぎ、被検物体からの赤外線のみを赤外線撮像素子21に入射させることができる。その結果、赤外線検出器20に入射するノイズを抑え、赤外線検出器20における検出感度を向上させることができる。

[0026] なお、本発明は、第1の実施形態に限定されず、様々な展開が可能である。以下、第1の実施形態の赤外線撮像装置で用いた部材と同じもの、もしくは同等の機能を有するものについては、同じ記号を付してその説明を省略する。

[0027] ここで、図4～図6を用いて、第2の実施形態に係る赤外線撮像装置につ

いて説明する。例えば、上述の実施形態では対物光学系 13 として副鏡 12 が凸面鏡であるカセグレン型の光学系を用いているが、図 4 に示すように、本実施形態に係る赤外線撮像装置では、対物光学系 13 として副鏡 12' が凹面鏡であるグレゴリー型の光学系を用いることも可能である。この場合、第 1 の実施形態と本質的に同等な赤外線撮像装置を得ることができる。

[0028] グレゴリー型の光学系を用いる場合も、主鏡 11 から副鏡 12 へと向かう光束は主鏡 11 の開口 11a に倣って輪帯光束 15 となるため、光軸 AX 付近には被検物体からの光束が存在しない部分が存在する。すなわち、副鏡 12' の中心部には、上記のような輪帯光束 15 となった被検物体からの赤外線が通過しない不通過部分 12f' が存在する。

[0029] ここで、副鏡 12' の中心部に存在する不通過部分 12f' を、上述の実施形態と同様に、以下の条件式 (1)' を満足するような凹面状に形成する。すなわち、副鏡 12' の反射面は、曲率半径の異なる 2 つの凹面状の反射面 12f' と 12B とを有することになる。

[0030]
$$L' / 1.2 < R' < 1.5 L' \dots (1)'$$

但し、

R' : 不通過部分 12f' に対応する副鏡 12' の中心部の曲率半径の絶対値、

L' : 中間像の形成位置 M から不通過部分 12f' に対応する副鏡 12' の中心部までの距離。

[0031] なお、条件式 (1)' を満足させることによる効果を、より良好に発揮させるためには下限値を $L' / 1.1$ とすることが好ましい。また、条件式 (1)' を満足させることによる効果を、より良好に発揮させるためには上限値を $1.2 L'$ とすることが好ましい。

[0032] また、副鏡 12' の中心部に存在する不通過部分 12f' を、図 5 に示すように、光軸 AX 上の対物光学系 13 (不図示) による中間像の形成位置 M を曲率中心とする (言い換えれば、副鏡 12' の光軸中心 M₀' から対物光学系 13 による中間像の形成位置 M までの距離 L' を曲率半径とする (∴ R'

= L')) 凹面状に形成するのが最も好ましい。本実施形態においては、 $R' = L' = 600\text{mm}$ である。

[0033] そして、副鏡 12' の凹面状の不通過部分 12f' を、赤外光学系 10 (再結像光学系 14) の射出瞳と共役となる位置に配置する。赤外光学系 10 (再結像光学系 14) の射出瞳の位置はコールドアパチャー 22 の位置に一致しているため、この副鏡 12f' の凹面状の不通過部分 12f' は、コールドアパチャー 22 に対しても共役となる。

[0034] 副鏡 12' の中心部がこのような特殊な形状となっているため、主鏡 11 の開口 11a の中心部を通る光束 (軸上光束) 16 は、副鏡 12' の凹面状の不通過部分 12f' で反射して、そのまま開口 11a の中心部に戻ることになる。よって、開口 11a の中心部の光束の光路図は図 6 のようになり、赤外線撮像素子 21 の撮像面の中心点 O から発した光線は副鏡 12' の凹面状の不通過部分 12f' で反射して点 O に戻り、前記撮像面の点 A から発した光線は副鏡 12' の凹面状の不通過部分 12f' で反射して光軸対称である点 A' に戻ることになる。つまり、開口 11a の中心部に存在する光束は副鏡 12' の凹面状の不通過部分 12f' での反射により、赤外線撮像素子 21 の撮像面自身を結像することになる。

[0035] したがって、開口 11a の中心部の光束は、全て赤外線検出器 20 の内部から生じたものとなるが、赤外線検出器 20 の内部は冷却装置 (不図示) により極低温に冷却されているため、開口 11a の中心部の不要な赤外線は検出されない。よって、上記実施形態の赤外線撮像装置と同様の効果を得ることができる。

[0036] 続いて、図 7 ~ 図 9 を用いて、第 3 の実施形態に係る赤外線撮像装置について説明する。この実施形態に係る赤外線撮像装置は、図 7 及び図 8 で示すように、一端に被検物体 (不図示) からの赤外線を赤外光学系 10 へと導くための開口 30a が形成された鏡筒 30 内に収納されている。副鏡 12 は、鏡筒 30 内に、副鏡 12 を固定する台座 31 から放射状に延びたスパイダー 32 によって支持されている。

[0037] 赤外線撮像装置 1 では、上述したように副鏡 1 2 の中心部に凹面状の不通過部分 1 2 f を有することによって、開口 1 1 a の中心部の不要な赤外線が赤外検出器 2 0 に混入することはない。しかしながら、図 8 に示すように、スパイダー 3 2 も光束を遮蔽するため、スパイダー 3 2 からの不要な赤外線の混入が問題となる。

[0038] こうした問題を解決するため、スパイダー 3 2 は、主鏡 1 1 側の外面 3 2 a が、光軸 A X に対して垂直な平面であり、且つ、赤外線に対して反射率の高い鏡面で構成されていることが望ましい。本実施形態においては、スパイダー 3 2 は、各面が主鏡 1 1 の光軸 A X に対して直交する向きで配置された平行平板であり、主鏡 1 1 側の外面 3 2 a が赤外線に対して反射率の高い鏡面となっている。この構成によれば、スパイダー 3 2 により遮蔽される光束の光路図は、図 9 に示すようになり、赤外線撮像素子 2 1 の撮像面の中心点 O から発した光線は、副鏡 1 2、主鏡 1 1 を順に経てスパイダー 3 2 の主鏡 1 1 側の鏡面 3 2 a で反射した後、主鏡 1 1、副鏡 1 2 を順に経て点 O に戻る。また、前記撮像面の点 A から発した光線も、同様に、副鏡 1 2、主鏡 1 1 を順に経てスパイダー 3 2 の主鏡 1 1 側の鏡面 3 2 a で反射した後、主鏡 1 1、副鏡 1 2 を順に経て光軸対称である点 A' に戻る。つまり、スパイダー 3 2 に遮蔽される光束は、スパイダー 3 2 の主鏡 1 1 側の鏡面 3 2 a での反射により、赤外線撮像素子 2 1 の撮像面自身を結像することになる。

[0039] したがって、上述の開口 1 1 a の中心部の光束と同様に、スパイダー 3 2 に遮蔽される光束は、全て赤外線検出器 2 0 の内部から生じたものとなる。しかしながら、赤外線検出器 2 0 の内部は、上記のように冷却装置（不図示）により極低温に冷却されているため、スパイダー 3 2 による不要な赤外線は検出されない。

[0040] 以上のように、本発明によれば、開口整合の取れた状態で、光軸付近に被検物体からの光が通過しない不通過部分を有する対物光学系を備えながらも、装置を大型化することなく、特殊な形状ではない単純な円形開口のコーールドアパチャーを用いて、前記不通過部分に対応する副鏡の中心部を凹面状に

形成することにより、前記不通過部分からの撮像に不要な赤外線が赤外線検出器へ混入することがなく、検出感度が良好な赤外線撮像装置を提供することができる。

[0041] ここで、比較のため、比較例の赤外線撮像装置について説明する。比較例の赤外線撮像装置は、図10に示すように、主に、赤外光学系10と、赤外線検出器20とから構成されている。赤外光学系10は、対物光学系13と再結像光学系14とを有し、被検物体（不図示）から放射される熱、すなわち赤外線を集光し、赤外線検出器20の撮像素子面21上に結像させている。赤外線検出器20は、赤外光学系10により被検物体からの赤外線が集光される位置に配置され、撮像素子面21上に複数の受光素子を有している。

[0042] そして、このような赤外線撮像装置では、赤外線検出器10にて、被検物以外から放射される撮像に不要な赤外線（例えば、鏡筒の自己放射）の影響を取り除くため、赤外光学系10と赤外線撮像素子21との間に、赤外光学系10によって集光された赤外線を通過させる開口部を備えたコールドアパチャー22を配置して、撮像素子面21の周囲（側方や斜方）からの不要光を遮断するとともに、このコールドアパチャー22と赤外線検出器20を低温（ほぼ液体窒素温度）に冷却し、これら自体から放射する赤外線を極力除去する構成となっている。

[0043] また、コールドアパチャー22が備えている開口部は、赤外光学系10の射出瞳の位置と大きさ（射出瞳の径）が一致するように設計されており、このような状態は一般に「開口整合の取れた状態」と呼ばれている。このように、コールドアパチャー22が赤外光学系10の射出瞳と開口整合を取ることで、赤外線検出器20において、赤外光学系10の被検物体以外の撮像に不要な赤外光を効率良く抑えることができ、被検物体の赤外光のみを取り入れることができるようになっている。

[0044] しかしながら、前記赤外光学系10を構成する際に、例えば、中心部に開口11aを有する主鏡11と、主鏡11で反射された赤外線を主鏡11の開口11aに向かわせる副鏡12とから構成されたカセグレン型の対物光学系

13を用いた場合、被検物体からの赤外線は主鏡11で反射されると、この主鏡11の開口11aに倣った輪帯光束15となり、中抜けの状態となる。つまり、図11に示すように、開口11aの中心部の光束（軸上光束）16は、主鏡11の開口11aやその周辺から放射された被検物体以外からの撮像に不要な赤外線である。このように開口整合を取っていても、開口11aの中心部に撮像に不要な赤外線の混入が発生すれば、混入した赤外線はそのまま雑音として検出され、得られる画像のS/N（信号雑音比）を悪化させる。

[0045] また、こうした検出雑音は、光束の画角に依存してその量が異なる。光軸上の検出雑音は、その源が赤外線検出器10の内部である割合が多いが、赤外線撮像装置では上述のように赤外線検出器10を冷却し不要な赤外光を極力除去する構成となっているため、光軸外の画角を有する光束と比較して小さくなる傾向がある。その結果、赤外線検出器20の中心部と周辺部とでは検出雑音に勾配が生じ、撮像素子面21の中心部にコールドアパチャー22の像のようなものが見える、いわゆるナルシサス現象を生じることがある。

[0046] これに対して、上述したように本実施形態に係る赤外線撮像装置では、開口整合の取れた状態で、不通過部分を有する対物光学系を備えながらも、副鏡の中心部を凹面状に形成することによって、前記不通過部分からの不要な赤外線が赤外線検出器へと混入するのを防ぎ、S/Nの良好な画像が得られるようになっている。

符号の説明

- [0047]
- | | |
|-----|-------------|
| 1 | 赤外線撮像装置 |
| 10 | 赤外光学系 |
| 11 | 主鏡 |
| 11a | 主鏡の開口 |
| 12 | 副鏡 |
| 12f | 副鏡中心部の不通過部分 |
| 13 | 対物光学系 |

- 1 4 再結像光学系
- 2 0 赤外線検出器
- 2 1 赤外線撮像素子
- 2 2 コールドアパチャー
- 3 0 鏡筒
- 3 0 a 鏡筒の開口
- 3 1 台座
- 3 2 スパイダー
- A X 光軸

請求の範囲

[請求項1] 被検物体からの赤外線を集光する赤外光学系と、前記赤外光学系からの赤外線を受光する赤外線撮像素子と、前記赤外線撮像素子へ前記被検物体以外からの撮像に不要な赤外線が入射することを防ぐコールドアパチャーとを有し、

前記赤外光学系は、光軸に沿って対向配置された主鏡と副鏡とを含み、前記被検物体からの赤外線を前記主鏡及び前記副鏡で順次反射し前記被検物体の中間像を形成する対物光学系と、前記対物光学系により形成された前記中間像を前記赤外線撮像素子上に再形成する再結像光学系とを有し、

前記副鏡の中心部には前記被検物体からの赤外線が通過しない不通過部分が存在する赤外線撮像装置において、

前記不通過部分に対応する前記副鏡の中心部は、以下の条件式を満足する凹面状に形成されていることを特徴とする赤外線撮像装置。

$$L / 1.2 < R < 1.5 L$$

但し、

R：前記不通過部分に対応する前記副鏡の中心部の曲率半径の絶対値、

L：前記中間像形成位置から前記不通過部分に対応する前記副鏡の中心部までの距離。

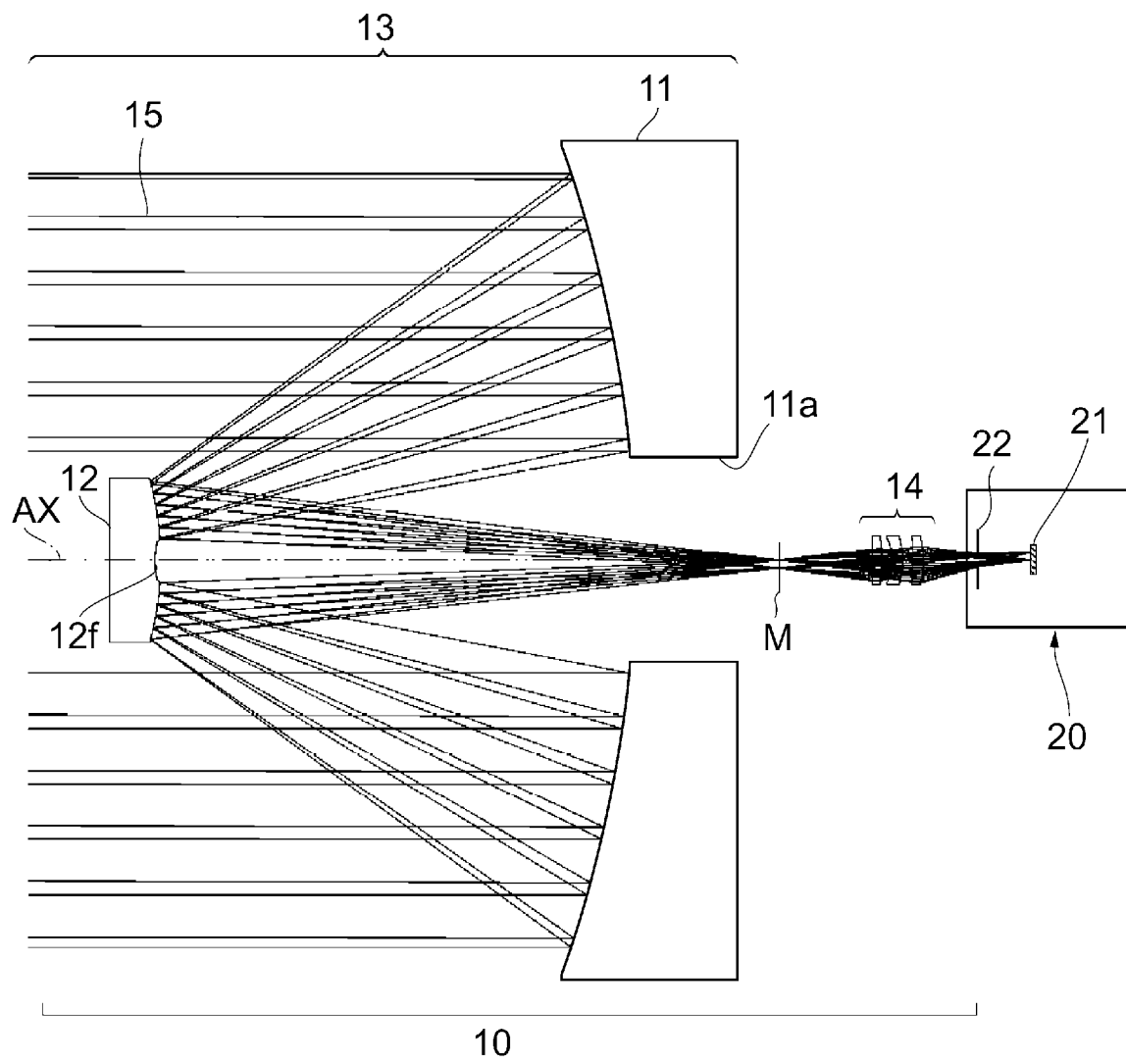
[請求項2] 前記不通過部分に対応する前記副鏡の中心部は、前記対物光学系による前記光軸上の前記中間像形成位置を曲率中心とする凹面状に形成されていることを特徴とする請求項1に記載の赤外線撮像装置。

[請求項3] 前記副鏡の前記不通過部分は、前記赤外光学系の射出瞳と共役関係にあることを特徴とする請求項1又は2に記載の赤外線撮像装置。

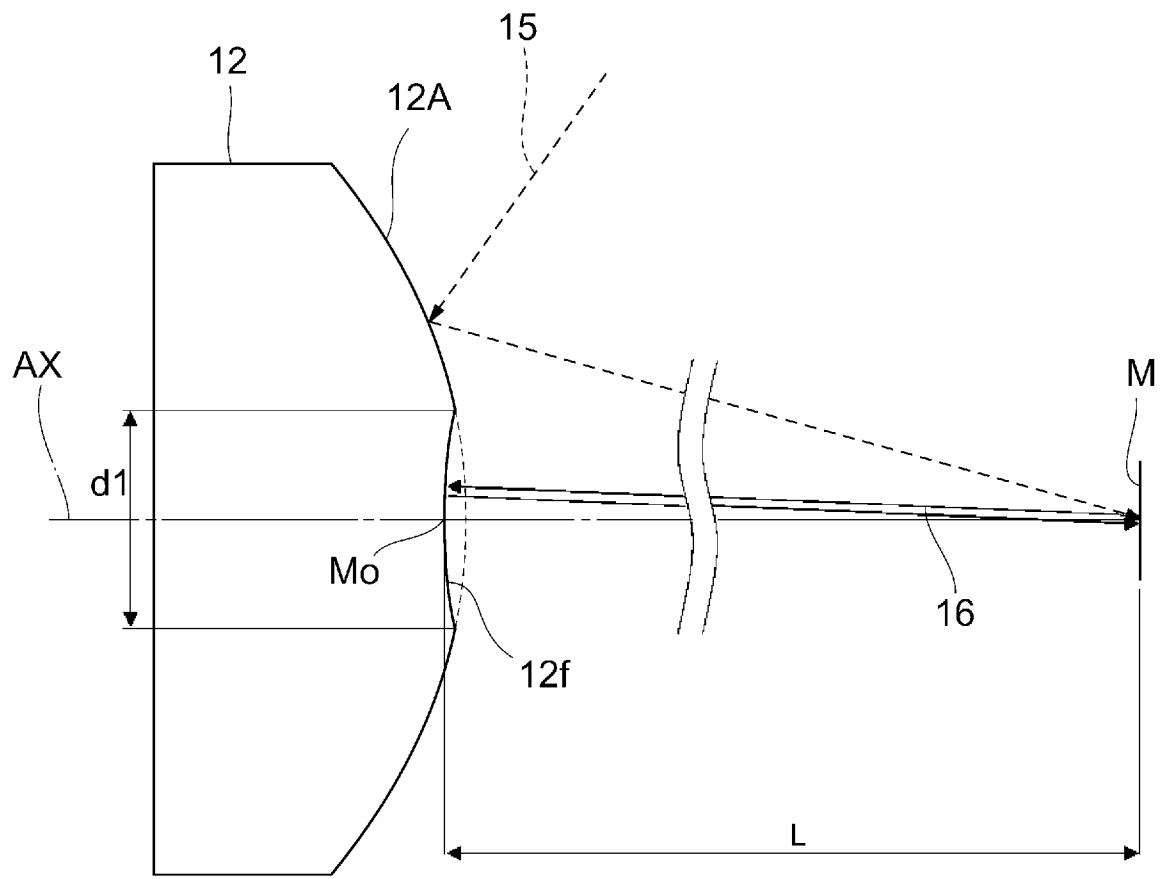
[請求項4] 前記赤外光学系の射出瞳の位置は、前記コールドアパチャーの位置と一致していることを特徴とする請求項1～3のいずれか一項に記載の赤外線撮像装置。

[請求項5] 前記赤外線撮像装置は、一端に前記被検物体からの赤外線を前記赤外光学系へと導くための開口が形成された鏡筒内に収納されており、
前記鏡筒は前記開口に前記副鏡を固定保持するスパイダーを有し、
前記スパイダーは、前記主鏡側の外面が、前記光軸に対して垂直な平面であり、且つ、赤外線に対して反射率の高い鏡面で構成されていることを特徴とする請求項1～4のいずれか一項に記載の赤外線撮像装置。

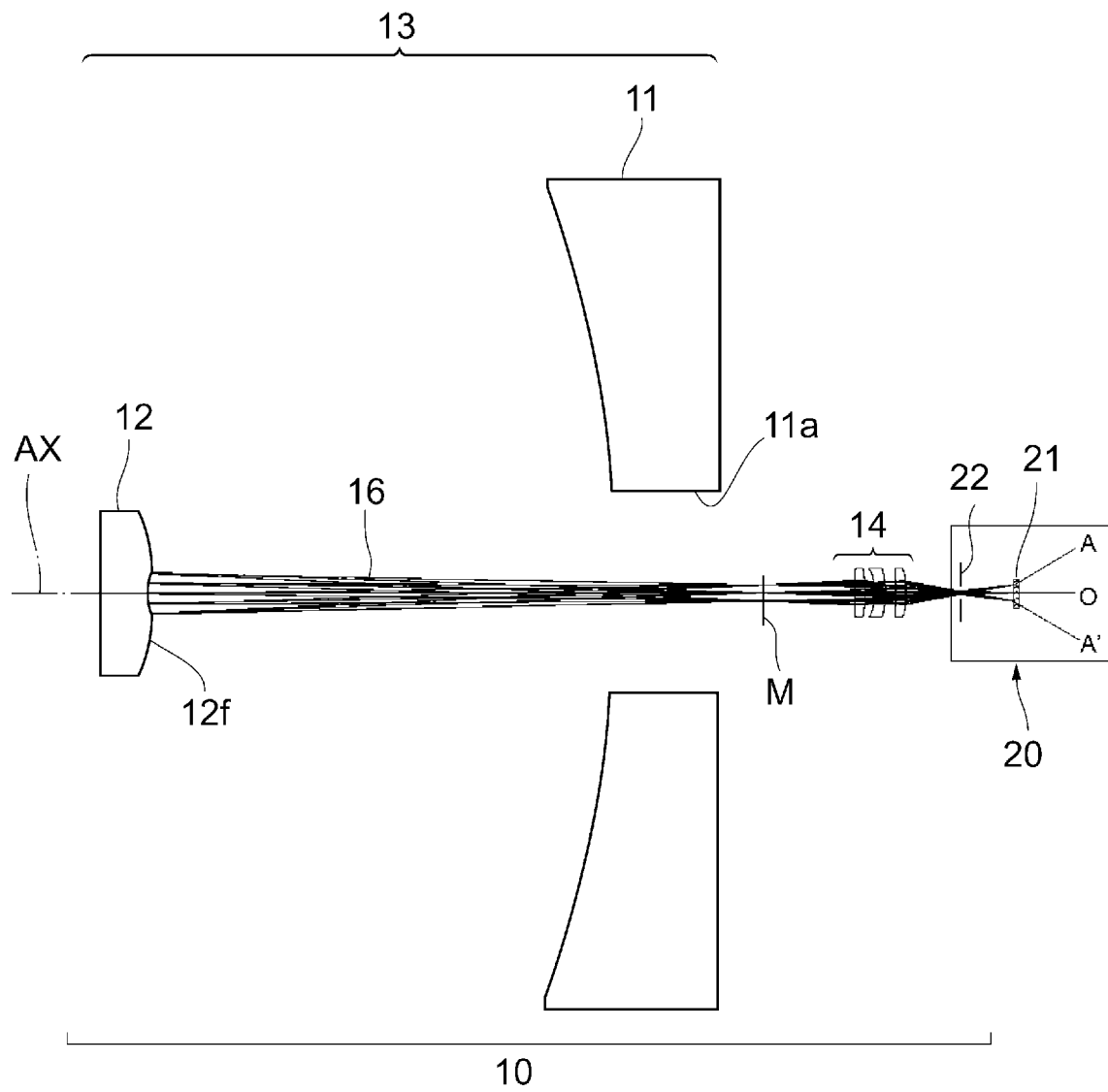
[図1]



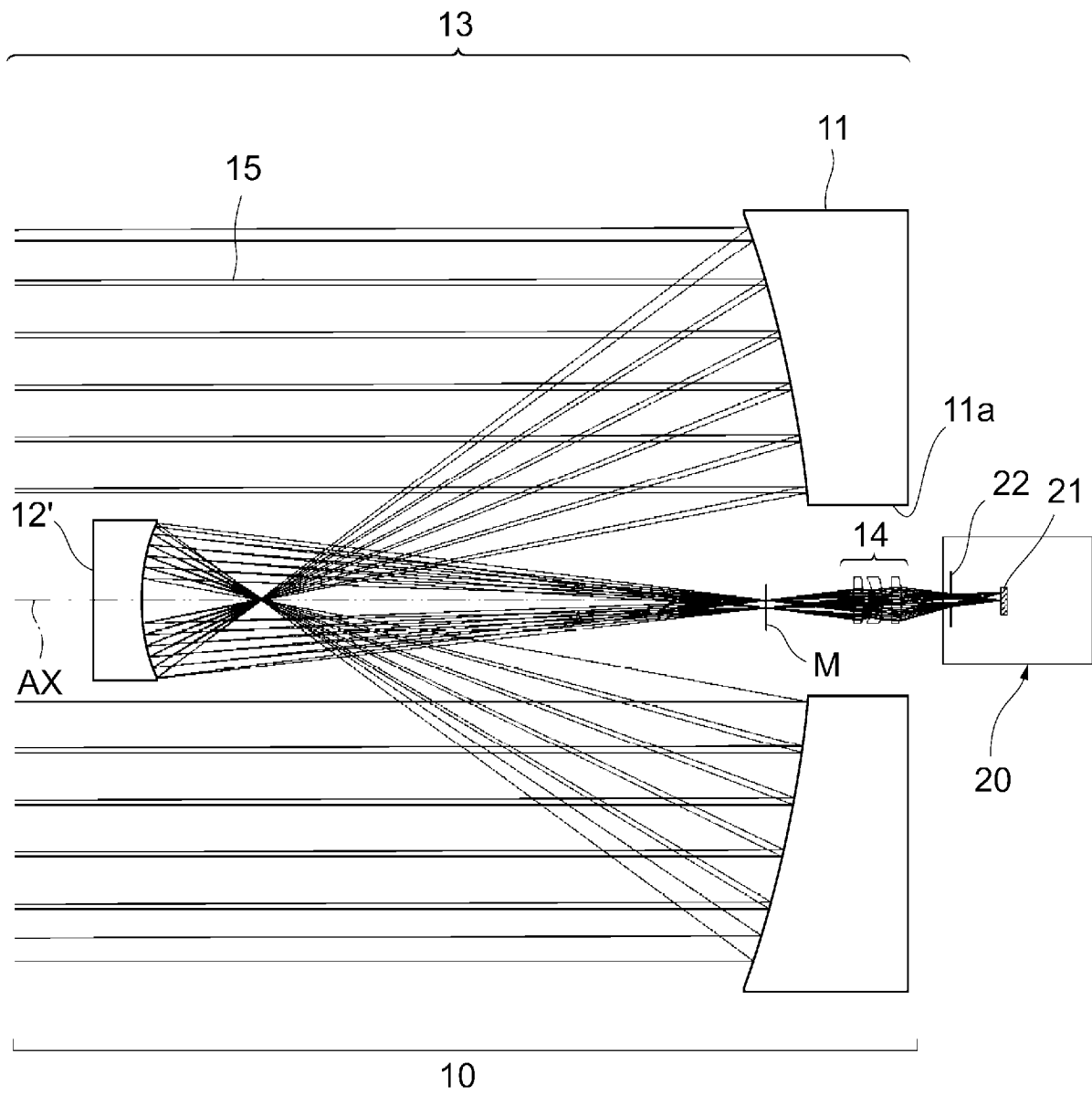
[図2]



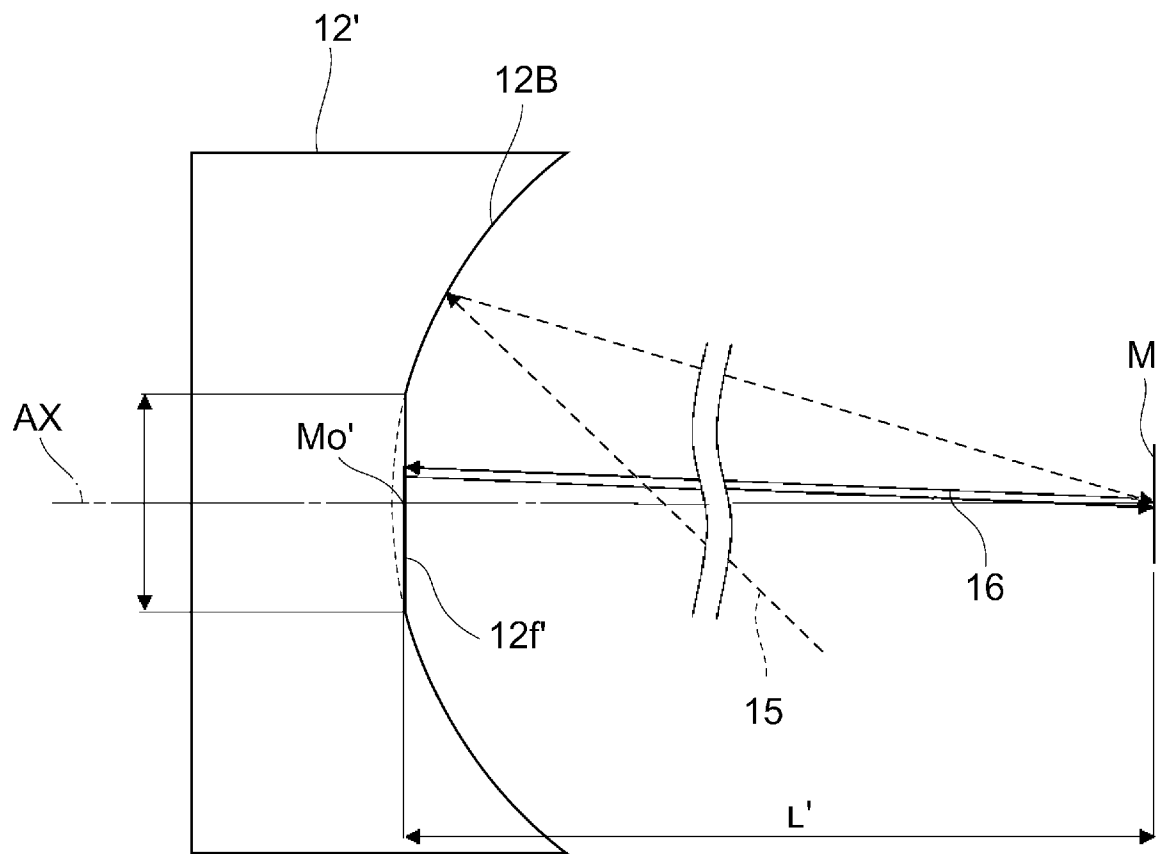
[図3]



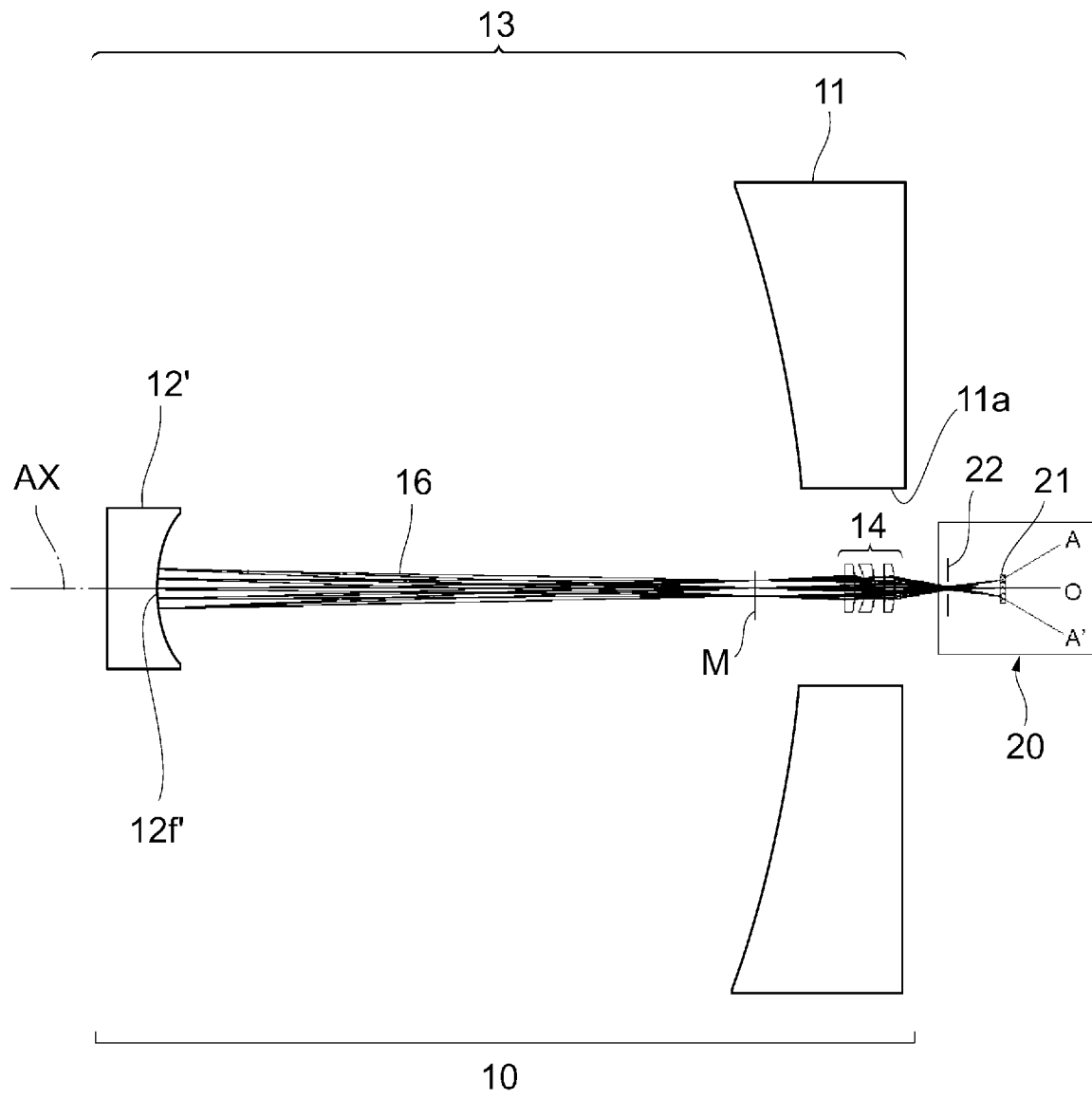
[図4]



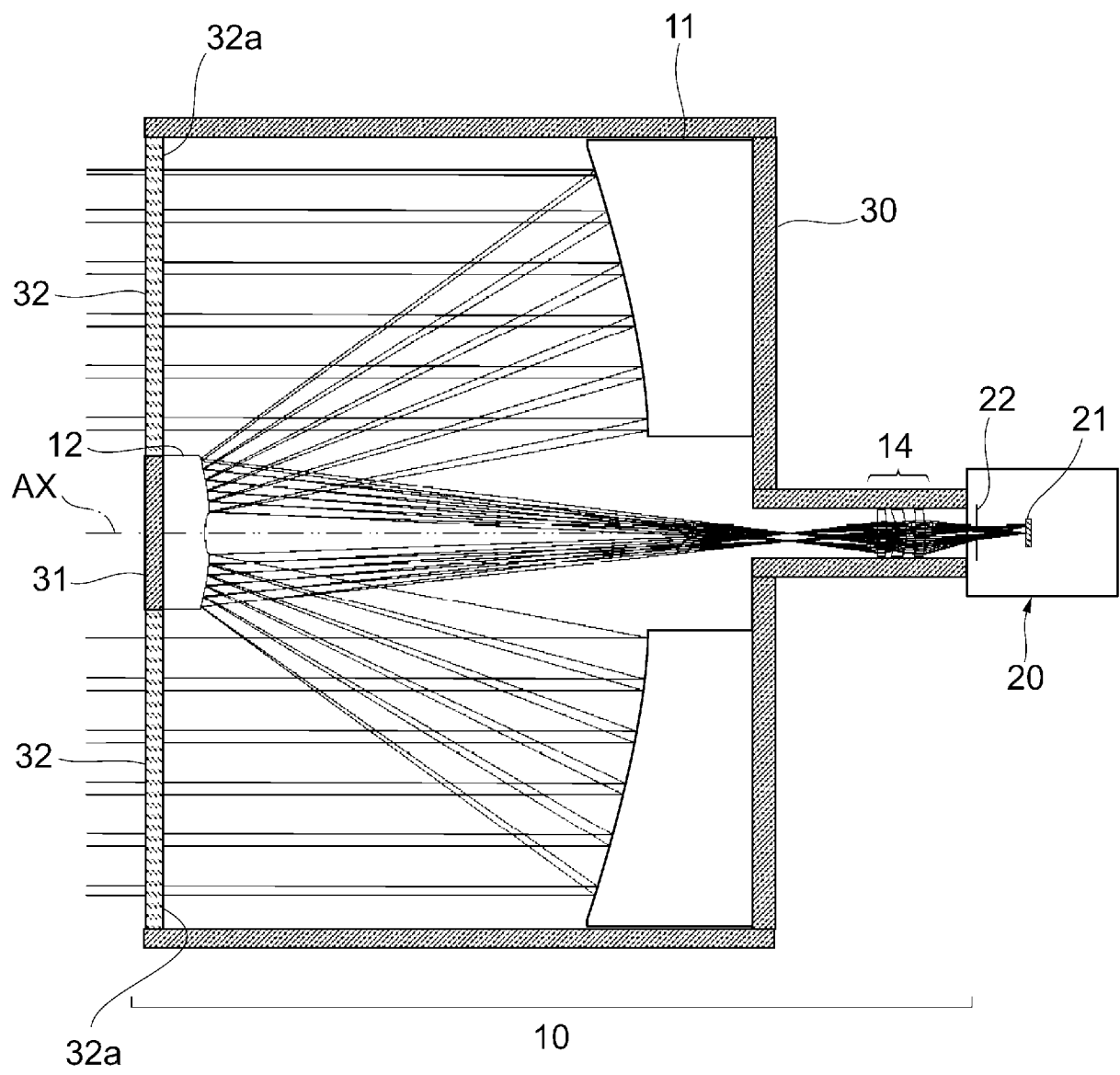
[図5]



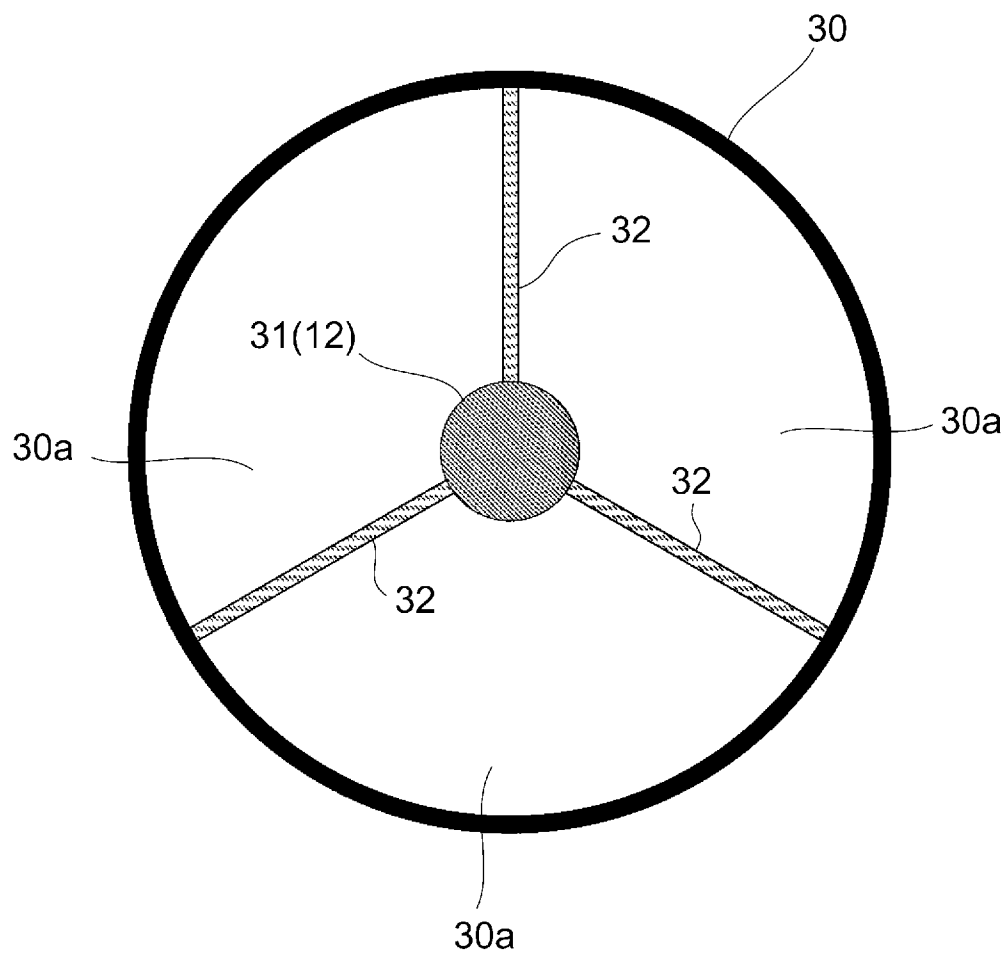
[図6]



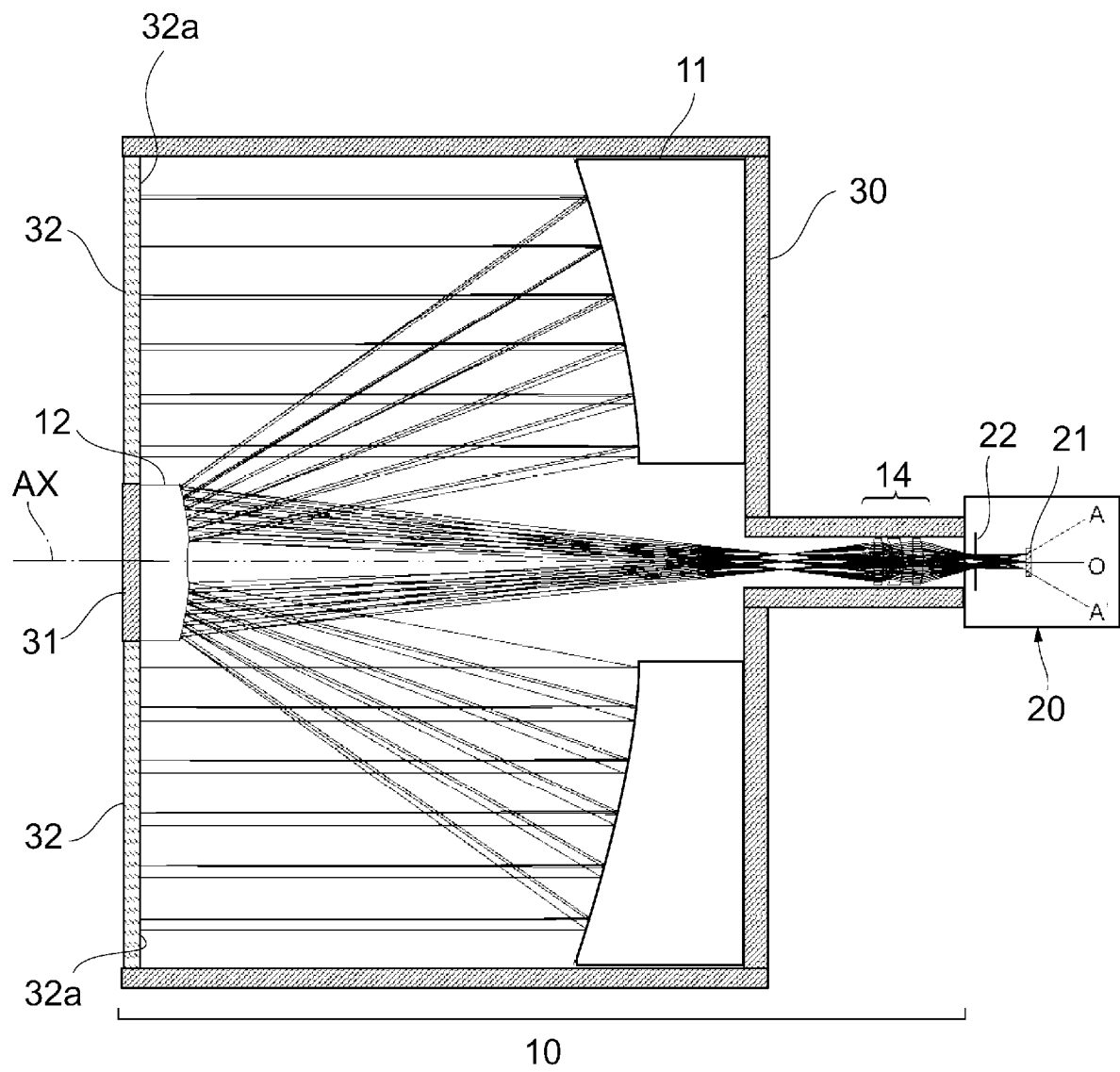
[図7]



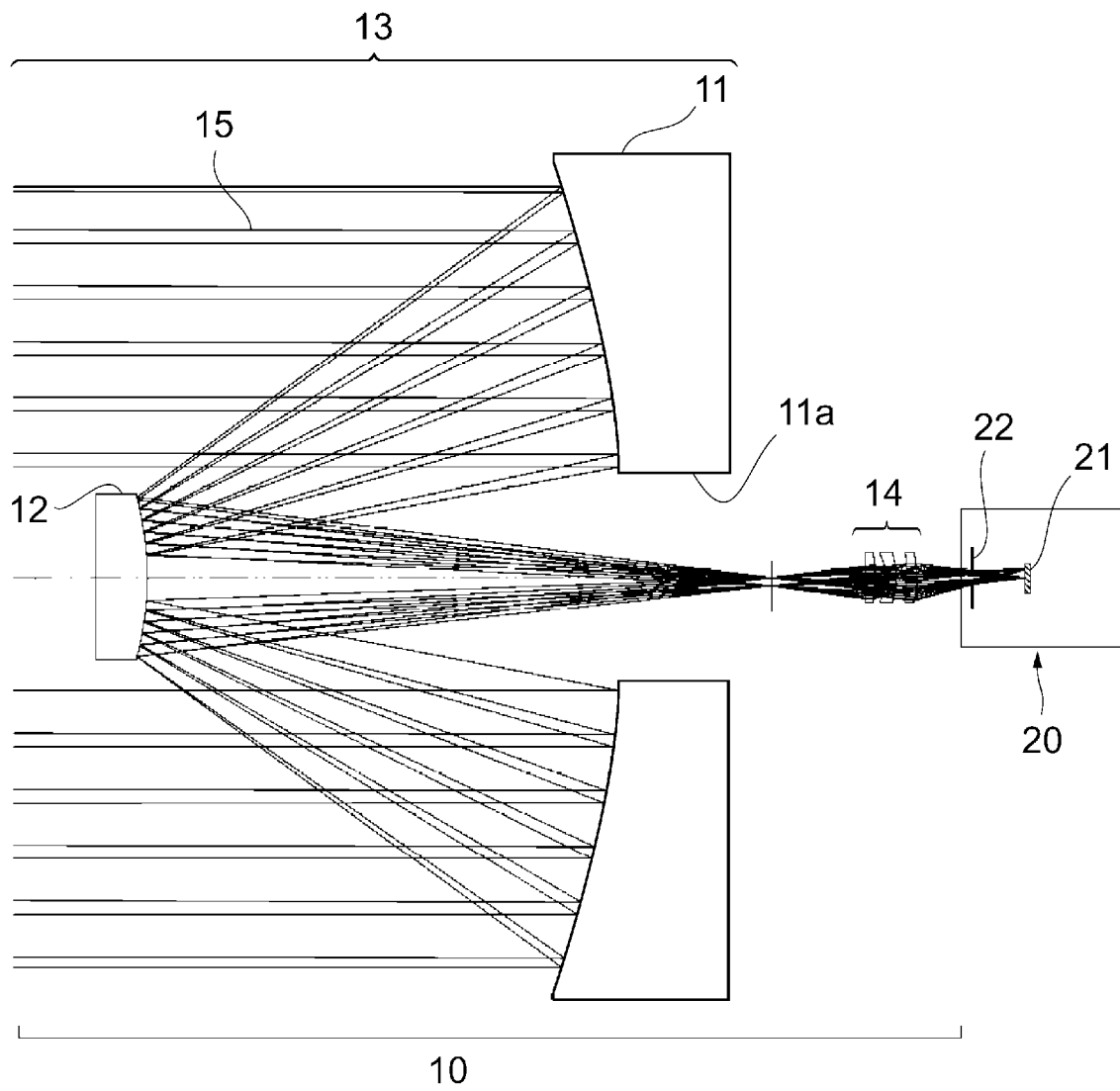
[図8]



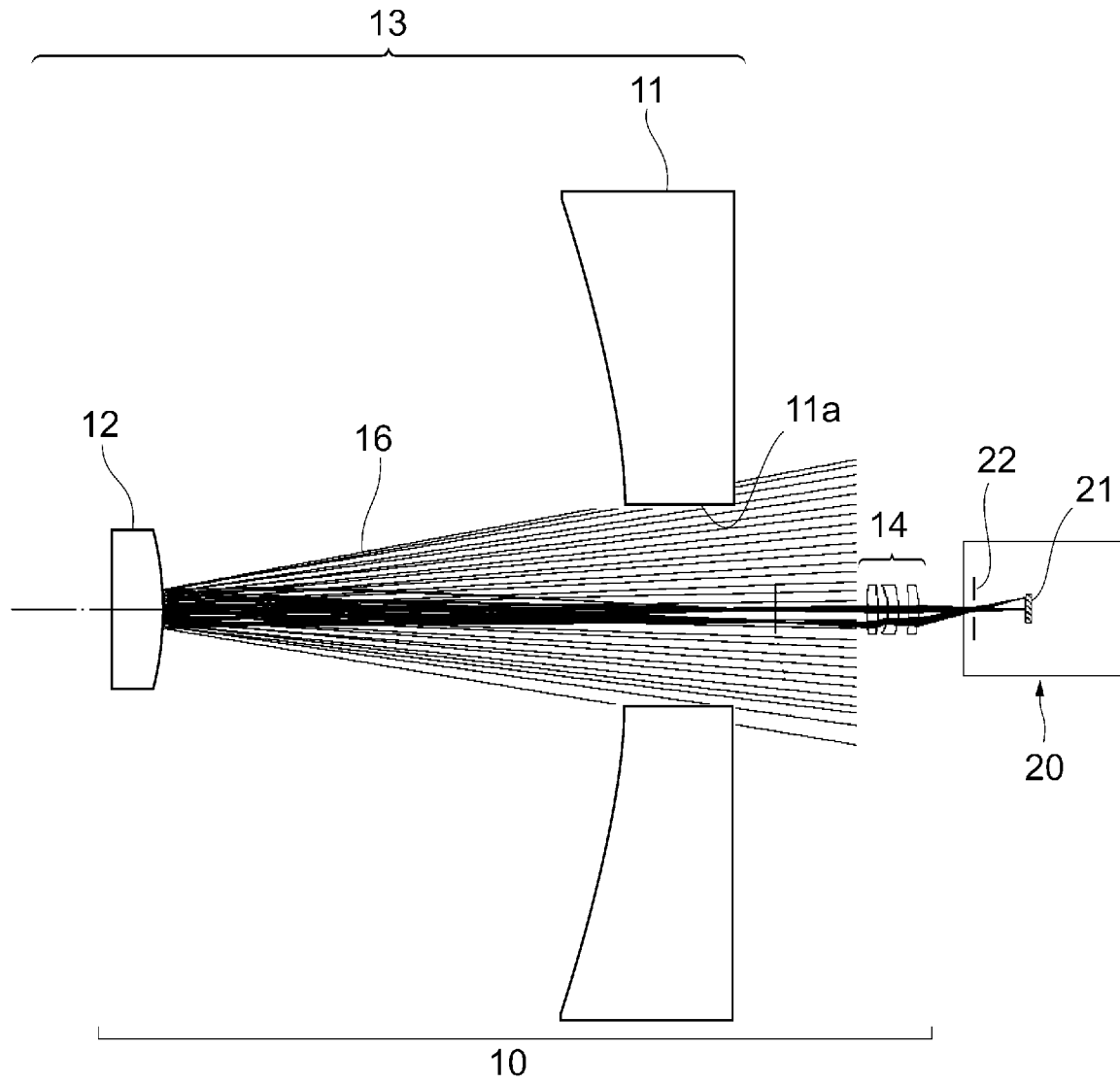
[図9]



[図10]



[図11]



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2012/001767

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

G02B17/08 (2006.01) i, G02B13/14 (2006.01) i, G02B23/02 (2006.01) i

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)

G02B17/08, G02B13/14, G02B23/02

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Jitsuyo Shinan Koho 1922-1996 Jitsuyo Shinan Toroku Koho 1996-2012

Kokai Jitsuyo Shinan Koho 1971-2012 Toroku Jitsuyo Shinan Koho 1994-2012

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.
A	JP 10-206986 A (Topcon Corp.), 07 August 1998 (07.08.1998), fig. 1, 2 (Family: none)	1-5
A	JP 8-129135 A (Canon Inc.), 21 May 1996 (21.05.1996), fig. 1, 2, 4 (Family: none)	1-5
A	JP 7-056089 A (NEC Corp.), 03 March 1995 (03.03.1995), fig. 1 (Family: none)	1-5

☒ 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

"T" 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
17 May, 2012 (17.05.12)Date of mailing of the international search report
29 May, 2012 (29.05.12)Name and mailing address of the ISA/
Japanese Patent Office

Authorized officer

Facsimile No.

Telephone No.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2012/001767

C (Continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	JP 57-068811 A (Matsushita Electric Industrial Co., Ltd.), 27 April 1982 (27.04.1982), fig. 1, 2 (Family: none)	1-5

A. 発明の属する分野の分類（国際特許分類（I P C））

Int.Cl. G02B17/08(2006.01)i, G02B13/14(2006.01)i, G02B23/02(2006.01)i

B. 調査を行った分野

調査を行った最小限資料（国際特許分類（I P C））

Int.Cl. G02B17/08, G02B13/14, G02B23/02

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

日本国実用新案公報	1 9 2 2 - 1 9 9 6 年
日本国公開実用新案公報	1 9 7 1 - 2 0 1 2 年
日本国実用新案登録公報	1 9 9 6 - 2 0 1 2 年
日本国登録実用新案公報	1 9 9 4 - 2 0 1 2 年

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）

C. 関連すると認められる文献

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
A	JP 10-206986 A（株式会社トプコン）1998.08.07, 図1, 2等 （ファミリーなし）	1-5
A	JP 8-129135 A（キヤノン株式会社）1996.05.21, 図1, 2, 4等 （ファミリーなし）	1-5
A	JP 7-056089 A（日本電気株式会社）1995.03.03, 図1等 （ファミリーなし）	1-5

☒ C欄の続きにも文献が列挙されている。☐ パテントファミリーに関する別紙を参照。

* 引用文献のカテゴリー

「A」特に関連のある文献ではなく、一般的技術水準を示すもの
「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
「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）
「O」口頭による開示、使用、展示等に言及する文献
「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

「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矛盾するものではなく、発明の原理又は理論の理解のために引用するもの

「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

「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

「&」同一パテントファミリー文献

国際調査を完了した日

1 7 . 0 5 . 2 0 1 2

国際調査報告の発送日

2 9 . 0 5 . 2 0 1 2

国際調査機関の名称及びあて先

日本国特許庁（I S A / J P）

郵便番号100-8915

東京都千代田区霞が関三丁目4番3号

特許庁審査官（権限のある職員）

殿岡 雅仁

電話番号 03-3581-1101 内線 3271

2 V

4 7 4 8

C (続き) . 関連すると認められる文献		
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
A	JP 57-068811 A (松下電器産業株式会社) 1982.04.27, 第1, 2図等 (ファミリーなし)	1-5