

(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
2025年1月9日(09.01.2025)



(10) 国際公開番号

WO 2025/009428 A1

(51) 国際特許分類:

G02B 17/08 (2006.01) G03B 21/00 (2006.01)
G02B 13/16 (2006.01) G03B 21/28 (2006.01)
G02B 13/18 (2006.01)

(21) 国際出願番号: PCT/JP2024/022800

(22) 国際出願日: 2024年6月24日(24.06.2024)

(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 2023-111578 2023年7月6日(06.07.2023) JP

(71) 出願人: パナソニックIPマネジメント株式会社 (PANASONIC INTELLECTUAL PROPERTY

MANAGEMENT CO., LTD.) [JP/JP]; 〒5710057
大阪府門真市元町2番6号 Osaka (JP).

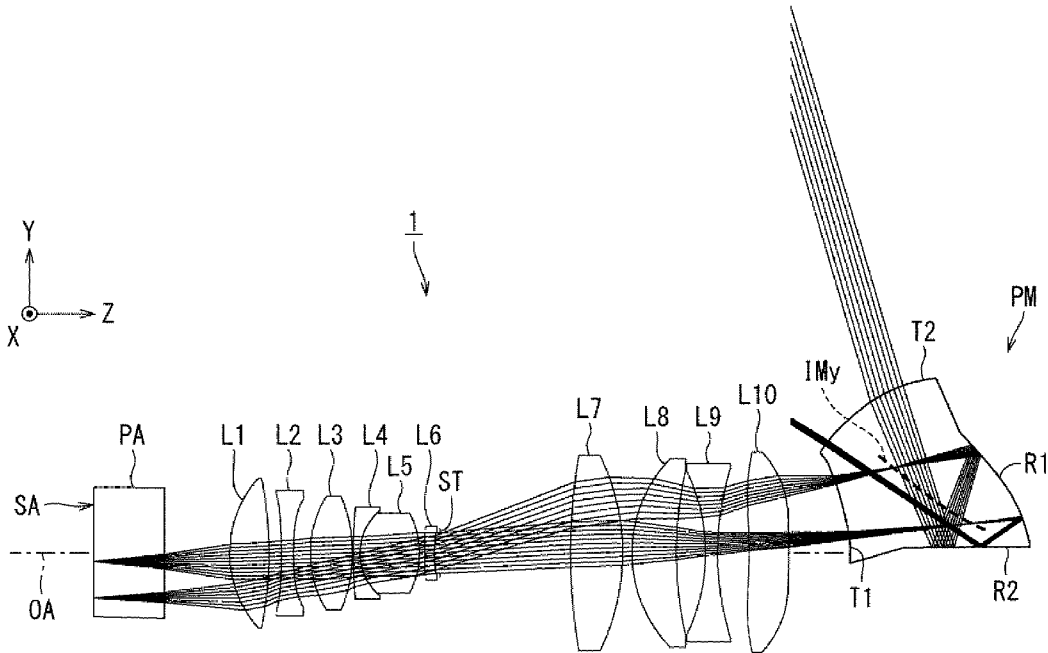
(72) 発明者: 小林 靖史 (KOBAYASHI, Yasushi). 今岡 卓也 (IMAOKA, Takuya).

(74) 代理人: 山尾 憲人, 外 (YAMAOKA, Norihito et al.); 〒5300017 大阪府大阪市北区角田町8番1号 大阪梅田ツインタワーズ・ノース 青山特許事務所 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, CV, CZ, DE, DJ, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IQ, IR, IS, IT, JM, JO, JP, KE, KG,

(54) Title: OPTICAL SYSTEM, IMAGE PROJECTION DEVICE, AND IMAGING DEVICE

(54) 発明の名称: 光学系、画像投写装置および撮像装置



(57) Abstract: Disclosed herein is an optical system having therein an intermediate image formation position that is conjugate to the reduction conjugate point and the enlargement conjugate point, the optical system comprising: a plurality of lenses that are rotationally symmetric with respect to an optical axis OA; a first sub-optical system that has a diaphragm between the plurality of lenses; and a second sub-optical system that is disposed closer to the enlargement side than the first sub-optical system and has a plurality of optical surfaces. The plurality of optical surfaces have: a first transmission



WO 2025/009428 A1

KH, KN, KP, KR, KW, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LU, LY, MA, MD, MG, MK, MN, MU, 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, CV, GH, GM, KE, LR, LS, MW, MZ, NA, RW, SC, 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, ME, 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))

surface T1 positioned closest to the first sub-optical system on the optical path between the first sub-optical system and the enlargement conjugate point; a second transmission surface T2 positioned closest to the enlargement conjugate point; a first reflection surface R1 positioned closest to the first transmission surface T1 on the optical path between the first transmission surface T1 and the second transmission surface T2; and a second reflection surface R2 positioned closest to the second transmission surface T2 on the optical path between the first transmission surface T1 and the second transmission surface T2. A first effective region through which the luminous flux of the first transmission surface T1 passes and a second effective region through which the luminous flux of the second transmission surface T2 passes do not overlap each other.

(57) 要約：本開示は、該縮小共役点および該拡大共役点とそれぞれ共役である中間結像位置を内部に有する光学系であって、光軸OAに関して回転対称である複数のレンズ、および複数のレンズの間に絞りを有する第1サブ光学系と、第1サブ光学系より拡大側に配置され、複数の光学面を有する第2サブ光学系とを備える。前記複数の光学面は、前記第1サブ光学系から前記拡大共役点との間の光路上で第1サブ光学系に最も近くに位置する第1透過面T1と、拡大共役点に最も近くに位置する第2透過面T2と、第1透過面T1と第2透過面T2との間の光路上で第1透過面T1に最も近くに位置する第1反射面R1と、第1透過面T1と第2透過面T2との間の光路上で第2透過面T2に最も近くに位置する第2反射面R2とを有する。第1透過面T1の光束が通過する第1有効領域と、第2透過面T2の光束が通過する第2有効領域とは互いに重ならない。

明 細 書

発明の名称：光学系、画像投写装置および撮像装置

技術分野

[0001] 本開示は、中間結像位置を内部に有する光学系に関する。また本開示は、こうした光学系を用いた画像投写装置および撮像装置に関する。

背景技術

[0002] 特許文献1は、接合レンズまたはDカットレンズを用いた投写光学系および画像投写装置を開示する。

先行技術文献

特許文献

[0003] 特許文献1：特開2020-42103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の第5実施例(図8)を参照すると、Dカットレンズは、境界面を有しない単一の光学素子であり、入射面40Aと出射面40Dは、同一の光学面を共有する。この場合、第2反射面40Cからの反射方向の制約がないため、入射面40Aと出射面40Dを分離することができない。また、出射面40Dは凸面でなければならず、すると入射面40Aも凸面になってしまう。入射面40Aが凸になると、中間像Im1を所定位置で得るには、屈折光学系の有効径が大きくなってしまう。その結果、光学系全長が長くなり、画像投写装置も大型化してしまう。

[0005] 本開示は、短焦点かつ大画面の斜め方向の投写または撮像が可能になる光学系を提供する。また本開示は、こうした光学系を用いた画像投写装置および撮像装置を提供する。

課題を解決するための手段

[0006] 本開示の一態様は、縮小側の縮小共役点および拡大側の拡大共役点を有し、該縮小共役点および該拡大共役点とそれぞれ共役である中間結像位置を内

部に有する光学系であって、

光軸に関して回転対称である複数のレンズ、および前記複数のレンズの間に絞りを有する第1サブ光学系と、

前記第1サブ光学系より前記拡大側に配置され、複数の光学面を有する第2サブ光学系と、を備え、

前記拡大共役点を含む拡大共役面は、前記第2サブ光学系から見て前記縮小側に配置され、

前記複数の光学面は、前記第1サブ光学系から前記拡大共役点との間の光路上で前記第1サブ光学系に最も近くに位置する第1透過面と、前記拡大共役点に最も近くに位置する第2透過面と、前記第1透過面と前記第2透過面との間の光路上で前記第1透過面に最も近くに位置する第1反射面と、前記第1透過面と前記第2透過面との間の光路上で前記第2透過面に最も近くに位置する第2反射面と、を有し、

前記第1透過面の前記光束が通過する第1有効領域と、前記第2透過面の前記光束が通過する第2有効領域とは互いに重ならない。

[0007] また、本開示の他の一態様に係る画像投写装置は、上記光学系と、該光学系を經由してスクリーンに投写する画像を生成する画像形成素子と、を備える。

[0008] また、本開示の他の一態様に係る撮像装置は、上記光学系と、該光学系が形成する光学像を受光して電気的な画像信号に変換する撮像素子と、を備える。

発明の効果

[0009] 本開示に係る光学系によると、光学設計の自由度が高く、広角化に有利である光学系を実現することができる。

図面の簡単な説明

[0010] [図1]実施例1に係る光学系1を示す配置図

[図2]図2(A)は、プリズムPMの各光学面の立体形状を示す斜視図。図2(B)は、プリズムPMの内部を進行する光線の一部を示す。

[図3]図3 (A) は、YZ面に沿ったプリズムPMの断面図。図3 (B) は、プリズムPMの内部を進行する光線の一部を示す。

[図4]図4 (A) は、Y方向から見たプリズムPMの上面図。図4 (B) は、プリズムPMの内部を進行する光線の一部を示す。

[図5]図5 (A) は、プリズムPMの内部で光軸OAに最も近い光束およびその主光線PRを示す断面図。図5 (B) は、YZ面でのY方向中間像IMyを示す断面図。

[図6]図6 (A) は、主光線PRが第2反射面R2で反射する方向の角度 θa の定義を説明するYZ断面図。図6 (B) は、プリズムPMの外部で主光線PRが進む方向の角度 θb の定義を説明するYZ断面図。

[図7]実施例1に係る光学系1の横収差図

[図8]実施例1に係る光学系1の横収差図

[図9]実施例2に係る光学系1を示す配置図

[図10]実施例2に係る光学系1の横収差図

[図11]実施例2に係る光学系1の横収差図

[図12]実施例3に係る光学系1を示す配置図

[図13]実施例3に係る光学系1の横収差図

[図14]実施例3に係る光学系1の横収差図

[図15]図15 (A) は、壁面スクリーンSRへの斜め上向き背面投写の一例を示す配置図。図15 (B) は、壁面スクリーンSRへの斜め下向き背面投写の一例を示す配置図。図15 (C) は、天井スクリーンSRへの斜め上向き背面投写の一例を示す配置図。図15 (D) は、床面スクリーンSRへの斜め下向き背面投写の一例を示す配置図。

[図16]本開示に係る画像投写装置の一例を示すブロック図

[図17]本開示に係る撮像装置の一例を示すブロック図

発明を実施するための形態

[0011] 以下、適宜図面を参照しながら、実施の形態を詳細に説明する。但し、必要以上に詳細な説明は省略する場合がある。例えば、既によく知られた事項

の詳細説明、あるいは実質的に同一の構成に対する重複説明を省略する場合がある。これは、以下の説明が不必要に冗長になるのを避け、当業者の理解を容易にするためである。

[0012] なお、出願人は、当業者が本開示を十分に理解するために添付図面および以下の説明を提供するのであって、これらによって請求の範囲に記載の主題を限定することを意図するものでない。

[0013] 以下に、本開示に係る光学系の各実施例について説明する。各実施例では、光学系が、画像信号に基づき液晶やDMD（デジタルマイクロミラーデバイス）等の画像形成素子によって入射光を空間変調した原画像S Aの画像光を、スクリーンに投写するプロジェクタ（画像投写装置の一例）に用いられる場合について説明する。即ち、本開示に係る光学系は、拡大側の延長線上に図示しないスクリーンを配置して、縮小側に配置された画像形成素子上の原画像S Aを拡大してスクリーンに投写するために利用できる。ただし、被投写面はスクリーンに限定するものではない。住宅や店舗、または移動交通手段に用いられる車両や機内の壁や天井や床、窓なども被投写面に含む。

[0014] また、本開示に係る光学系は、拡大側の延長線上に位置する物体から放射される光を集光し、縮小側に配置された撮像素子の撮像面に物体の光学像を形成するためにも利用できる。

[0015] （実施形態1）

以下、図1～図12を用いて本開示の実施形態1に係る光学系について説明する。

[0016] （実施例1）

図1は、実施例1に係る光学系1を示す配置図である。光学系1は、複数のレンズ素子と開口絞りS Tを含む第1サブ光学系と、複数の光学面を有する第2サブ光学系とを備える。図1において、光軸O Aの左側に縮小側の結像位置である縮小共役点が位置し、光軸O Aの左上側に拡大側の結像位置である拡大共役点が位置する。第2サブ光学系は、第1サブ光学系より拡大側に設けられる。

- [0017] また、光学系1の内部には、縮小共役点および拡大共役点とそれぞれ共役である中間結像位置が位置する。この中間結像位置は、第2サブ光学系の内部においてY方向中間像 IM_y とX方向中間像 IM_x の両方が存在する。Y方向中間像 IM_y は図1に示しているが、X方向中間像 IM_x は図示を省略している。
- [0018] 第1サブ光学系は縮小側から拡大側へと順に、光学素子PAと、レンズ素子 $L_1 \sim L_{10}$ とを含む。光学素子PAは、TIR(total internal reflection)プリズム、色分解、色合成用のプリズム、光学フィルタ、平行平板ガラス、水晶ローパスフィルタ、赤外カットフィルタ等の光学素子を表している。光学素子PAの縮小側端面から所定距離の位置に縮小共役点が設定され、ここに原画像SAが設置される。
- [0019] 光学素子PAは、平行かつ平坦な2つの透過面を有する(面1, 2)。面番号については、後述する数値実施例を参照する。レンズ素子 L_1 は、両凸形状を有する(面3, 4)。レンズ素子 L_2 は、両凹形状を有する(面5, 6)。レンズ素子 L_3 は、両凸形状を有する(面7, 8)。レンズ素子 L_4 は、縮小側に凸面を向けた負メニスカス形状を有する(面9, 10)。レンズ素子 L_5 は、両凸形状を有する(面11, 12)。レンズ素子 L_6 は、縮小側に凸面を向けた負メニスカス形状を有する(面13, 14)。レンズ素子 L_7 は、両凸形状を有する(面16, 17)。レンズ素子 L_8 は、縮小側に凸面を向けた正メニスカス形状を有する(面18, 19)。レンズ素子 L_9 は、両凹形状を有する(面20, 21)。レンズ素子 L_{10} は、両凹形状を有する(面22, 23)。これらのレンズ素子 $L_1 \sim L_{10}$ は、第1サブ光学系の光軸OAの周りに回転対称な面形状を有する回転対称レンズであり、必要に応じて、光線が通過しない部分は削除しても構わない。
- [0020] 第2サブ光学系は、透明な媒質、例えば、ガラス、合成樹脂などで形成されたプリズムPMを含む。プリズムPMは、複数の光学面を有する。該複数の光学面は、第1サブ光学系から拡大共役点との間の光路上で第1サブ光学系に最も近くに位置する第1透過面T1と、拡大共役点に最も近くに位置す

る第2透過面T2と、第1透過面T1と第2透過面T2との間の光路上で第1透過面T1に最も近くに位置する第1反射面R1および第2透過面T2に最も近くに位置する第2反射面R2とを有する。第1透過面T1は、拡大側に凸面を向けた自由曲面形状を有する(面24)。第1反射面R1は、第1反射面R1へ入射する光線が反射する方向に凹面を向けた自由曲面形状を有する(面25)。第2反射面R2は、第2反射面R2へ入射する光線が反射する方向に凸面を向けた自由曲面形状を有する(面26)。第2透過面T2は、拡大側に凸面を向けた自由曲面形状を有する(面27)。

[0021] 開口絞りSTは、光学系1を光束が通過する範囲を規定するものであり、縮小共役点と上述した中間結像位置との間に位置決めされる。一例として、開口絞りSTは、レンズ素子L6とレンズ素子L7との間に位置する(面15)。

[0022] 図2(A)は、プリズムPMの各光学面の立体形状を示す斜視図であり、図2(B)は、プリズムPMの内部を進行する光線の一部を示す。例えば、第1透過面T1は-Z方向に凹面を向くように湾曲しており、第2透過面T2は他の光学面を上方から覆う部分ドームのような形状を有し、第1反射面R1は第1透過面T1に対向しており、第2反射面R2は第2透過面T2に対向している。図3(A)は、YZ面に沿ったプリズムPMの断面図であり、図3(B)は、プリズムPMの内部を進行する光線の一部を示す。図4(A)は、Y方向から見たプリズムPMの上面図であり、図4(B)は、プリズムPMの内部を進行する光線の一部を示す。

[0023] 図5(A)は、プリズムPMの内部で光軸OAに最も近い光束およびその主光線PRを示すYZ断面図である。図5(B)は、YZ面でのY方向中間像IM_yを示すYZ断面図である。図6(A)は、主光線PRが第2反射面R2で反射する方向の角度 θ_a の定義を説明するYZ断面図である。図6(B)は、プリズムPMの外部で主光線PRが進む方向の角度 θ_b の定義を説明するYZ断面図である。詳細は後述する。

[0024] 図7と図8は、実施例1に係る光学系1の横収差図である。各グラフは、

縮小共役点における第1矩形有効領域の座標 $(X, Y) = (0.00, 1.43), (0.00, 4.35), (0.00, 7.26), (2.59, 1.43), (2.59, 4.35), (2.59, 7.26), (5.18, 1.43), (5.18, 4.35), (5.18, 7.26)$ にそれぞれ対応する。実線は波長550nm、破線は波長610nm、一点鎖線は波長455nmである。これらのグラフから、実施例1に係る光学系1は優れた光学性能を示すことが判る。

[0025] (実施例2)

図9は、実施例2に係る光学系1を示す配置図である。この光学系1は、実施例1と同様な構成を有しており、実施例1と重複する説明は省略する。光学系1は、複数のレンズ素子と開口絞りSTを含む第1サブ光学系と、複数の光学面を有する第2サブ光学系とを備える。図9において、光軸OAの左側に縮小側の結像位置である縮小共役点が位置し、光軸OAの左上側に拡大側の結像位置である拡大共役点が位置する。第2サブ光学系は、第1サブ光学系より拡大側に設けられる。

[0026] また、光学系1の内部には、縮小共役点および拡大共役点とそれぞれ共役である中間結像位置が位置する。この中間結像位置は、第2サブ光学系の内部においてY方向中間像IM_yとX方向中間像IM_xの両方が存在する。Y方向中間像IM_yは図9に示しているが、X方向中間像IM_xは図示を省略している。

[0027] 第1サブ光学系は縮小側から拡大側へと順に、光学素子PAと、レンズ素子L1~L11とを含む。光学素子PAの縮小側端面から所定距離の位置に縮小共役点が設定され、ここに原画像SAが設置される。

[0028] 光学素子PAは、平行かつ平坦な2つの透過面を有する(面1, 2)。面番号については、後述する数値実施例を参照する。レンズ素子L1は、両凸形状を有する(面3, 4)。レンズ素子L2は、縮小側に凸面を向けた負メニスカス形状を有する(面5, 6)。レンズ素子L3は、両凸形状を有する(面7, 8)。レンズ素子L4は、縮小側に凸面を向けた負メニスカス形状

を有する（面 9， 10）。レンズ素子 L 5 は、両凸形状を有する（面 11， 12）。レンズ素子 L 6 は、縮小側に凸面を向けた負メニスカス形状を有する（面 13， 14）。レンズ素子 L 7 は、両凸形状を有する（面 16， 17）。レンズ素子 L 8 は、縮小側に凸面を向けた正メニスカス形状を有する（面 18， 19）。レンズ素子 L 9 は、拡大側に凸面を向けた負メニスカス形状を有する（面 20， 21）。レンズ素子 L 10 は、両凹形状を有する（面 22， 23）。レンズ素子 L 11 は、拡大側に凸面を向けた負メニスカス形状を有する（面 24， 25）。これらのレンズ素子 L 1～L 11 は、第 1 サブ光学系の光軸 O A の周りに回転対称な面形状を有する回転対称レンズであり、必要に応じて、光線が通過しない部分は削除しても構わない。

[0029] 第 2 サブ光学系は、透明な媒質、例えば、ガラス、合成樹脂などで形成されたプリズム P M を含む。プリズム P M は、複数の光学面を有する。該複数の光学面は、第 1 サブ光学系から拡大共役点との間の光路上で第 1 サブ光学系に最も近くに位置する第 1 透過面 T 1 と、拡大共役点に最も近くに位置する第 2 透過面 T 2 と、第 1 透過面 T 1 と第 2 透過面 T 2 との間の光路上で第 1 透過面 T 1 に最も近くに位置する第 1 反射面 R 1 および第 2 透過面 T 2 に最も近くに位置する第 2 反射面 R 2 とを有する。第 1 透過面 T 1 は、拡大側に凸面を向けた自由曲面形状を有する（面 26）。第 1 反射面 R 1 は、第 1 反射面 R 1 へ入射する光線が反射する方向に凹面を向けた自由曲面形状を有する（面 27）。第 2 反射面 R 2 は、第 2 反射面 R 2 へ入射する光線が反射する方向に凸面を向けた自由曲面形状を有する（面 28）。第 2 透過面 T 2 は、拡大側に凸面を向けた自由曲面形状を有する（面 29）。

[0030] 図 10 と図 11 は、実施例 2 に係る光学系 1 の横収差図である。各グラフは、縮小共役点における第 1 矩形有効領域の座標 $(X, Y) = (0.00, 1.43), (0.00, 4.35), (0.00, 7.26), (2.59, 1.43), (2.59, 4.35), (2.59, 7.26), (5.18, 1.43), (5.18, 4.35), (5.18, 7.26)$ にそれぞれ対応する。これらのグラフから、実施例 2 に係る光学系 1 は優れた

光学性能を示すことが判る。

[0031] (実施例3)

図12は、実施例3に係る光学系1を示す配置図である。この光学系1は、実施例1と同様な構成を有しており、実施例1と重複する説明は省略する。光学系1は、複数のレンズ素子と開口絞りSTを含む第1サブ光学系と、複数の光学面を有する第2サブ光学系とを備える。なお、実施例3に係る第2サブ光学系は、複数の光学面の間には空洞が介在している中空のプリズムPMとして構成される。図12において、光軸OAの左側に縮小側の結像位置である縮小共役点が位置し、光軸OAの左上側に拡大側の結像位置である拡大共役点が位置する。第2サブ光学系は、第1サブ光学系より拡大側に設けられる。

[0032] また、光学系1の内部には、縮小共役点および拡大共役点とそれぞれ共役である中間結像位置が位置する。この中間結像位置は、第2サブ光学系の内部においてY方向中間像IM_yとX方向中間像IM_xの両方が存在する。Y方向中間像IM_yは図12に示しているが、X方向中間像IM_xは図示を省略している。

[0033] 第1サブ光学系は縮小側から拡大側へと順に、光学素子PAと、レンズ素子L1～L10とを含む。光学素子PAの縮小側端面から所定距離の位置に縮小共役点が設定され、ここに原画像SAが設置される。

[0034] 光学素子PAは、平行かつ平坦な2つの透過面を有する(面2, 3)。面番号については、後述する数値実施例を参照する。レンズ素子L1は、両凸形状を有する(面4, 5)。レンズ素子L2は、両凸形状を有する(面6, 7)。レンズ素子L3は、両凹形状を有する(面8, 9)。レンズ素子L4は、両凸形状を有する(面9, 10)。レンズ素子L3, L4は、互いに接合されて複合レンズを構成する。レンズ素子L5は、両凸形状を有する(面11, 12)。レンズ素子L6は、両凹形状を有する(面12, 13)。レンズ素子L5, L6は、互いに接合されて複合レンズを構成する。レンズ素子L7は、両凹形状を有する(面15, 16)。レンズ素子L8は、両凸形

状を有する（面 17, 18）。レンズ素子 L9 は、両凸形状（面 19, 20）。レンズ素子 L10 は、両凹形状を有する（面 21, 22）。これらのレンズ素子 L1~L10 は、第 1 サブ光学系の光軸 OA の周りに回転対称な面形状を有する回転対称レンズであり、必要に応じて、光線が通過しない部分は削除しても構わない。

[0035] 第 2 サブ光学系は、複数の光学面として、第 1 サブ光学系から拡大共役点との間の光路上で第 1 サブ光学系に最も近くに位置する第 1 透過面 T1 と、第 1 透過面 T1 に近接する第 1 サブ透過面 T1s と、拡大共役点に最も近くに位置する第 2 透過面 T2 と、第 2 透過面 T2 に近接する第 2 サブ透過面 T2s と、第 1 透過面 T1 と第 2 透過面 T2 との間の光路上で第 1 透過面 T1 に最も近くに位置する第 1 反射面 R1 および第 2 透過面 T2 に最も近くに位置する第 2 反射面 R2 とを有する。第 1 透過面 T1 は、拡大側に凸面を向けた非球面形状を有する（面 23）。第 1 サブ透過面 T1s は、第 1 透過面 T1 の拡大側に設けられ、拡大側に凸面を向けた非球面形状を有し（面 24）、第 1 透過面 T1 とともにレンズ素子として機能する。第 1 反射面 R1 は、第 1 反射面 R1 へ入射する光線が反射する方向に凹面を向けた奇数次非球面形状を有する（面 25）。第 2 反射面 R2 は、第 2 反射面 R2 へ入射する光線が反射する方向に凸面を向けた球面形状を有する（面 26）。第 2 透過面 T2 は、拡大側に凸面を向けた非球面形状を有する（面 28）。第 2 サブ透過面 T2s は、第 2 透過面 T2 の縮小側に設けられ、拡大側に凸面を向けた非球面形状を有し（面 27）、第 2 透過面 T2 とともにレンズ素子として機能する。

[0036] 図 13 と図 14 は、実施例 3 に係る光学系 1 の横収差図である。各グラフは、縮小共役点における第 1 矩形有効領域の座標 $(X, Y) = (0.00, 1.43), (0.00, 4.35), (0.00, 7.26), (2.59, 1.43), (2.59, 4.35), (2.59, 7.26), (5.18, 1.43), (5.18, 4.35), (5.18, 7.26)$ にそれぞれ対応する。これらのグラフから、実施例 3 に係る光学系 1 は優れた

光学性能を示すことが判る。

[0037] 次に、本実施形態に係る光学系が満足し得る条件を説明する。なお、各実施例に係る光学系に対して、複数の条件が規定されるが、これら複数の条件すべてを満足してもよく、あるいは個別の条件を満足することにより、それぞれ対応する効果が得られる。

[0038] 本実施形態に係る光学系は、縮小側の縮小共役点および拡大側の拡大共役点を有し、該縮小共役点および該拡大共役点とそれぞれ共役である中間結像位置を内部に有する光学系であって、

光軸O Aに関して回転対称である複数のレンズ、および前記複数のレンズの間に絞りを有する第1サブ光学系と、

前記第1サブ光学系より前記拡大側に配置され、複数の光学面を有する第2サブ光学系と、を備え、

前記拡大共役点を含む拡大共役面は、前記第2サブ光学系から見て前記縮小側に、前記光軸O Aに対して略垂直に配置され、

前記複数の光学面は、前記第1サブ光学系から前記拡大共役点との間の光路上で前記第1サブ光学系に最も近くに位置する第1透過面T 1と、前記拡大共役点に最も近くに位置する第2透過面T 2と、前記第1透過面T 1と前記第2透過面T 2との間の光路上で前記第1透過面T 1に最も近くに位置する第1反射面R 1と、前記第1透過面T 1と前記第2透過面T 2との間の光路上で前記第2透過面T 2に最も近くに位置する第2反射面R 2と、を有し、

前記第1透過面T 1の前記光束が通過する第1有効領域と、前記第2透過面T 2の前記光束が通過する第2有効領域とは互いに重ならない。

[0039] 図5 (A) に示すように、第2サブ光学系 (例えば、プリズムPM) は、光学面として、縮小側から拡大側へ順に第1透過面T 1、第1反射面R 1、第2反射面R 2および第2透過面T 2を有する。さらに、理解容易のために、光学面の有効領域を通過または反射する全光線のうち、光軸O Aに最も近い光束およびその主光線PRだけを図示している。この場合、第1透過面T

1において全ての光束が通過する第1有効領域が定義でき、第2透過面T2においても全ての光束が通過する第2有効領域が定義できる。第1有効領域および第2有効領域は、縮小共役点において全ての光束が通過する縮小側有効領域に対応し、そして拡大共役点において全ての光束が通過する拡大側有効領域に対応する。

[0040] 本実施形態に係る光学系は、第1有効領域と第2有効領域とは互いに重ならないように設計される。これにより第1透過面T1および第2透過面T2の各面形状を独立に設計できるようになり、光学設計の自由度が高くなり、個別の最適化が可能になる。そのため、広角化に有利であり、例えば、投写装置の場合、スローレシオTR（投写距離／スクリーン横サイズ）の短縮化が可能になる。なお、第1透過面T1と第2透過面T2の境界は、鋭角エッジでもよく、C面取り、R面取り等が存在してもよい。

[0041] さらに、光束の強度が大きい場合、第1有効領域と第2有効領域が重なると、重なり領域での光量が増加し、吸収損失による熱影響が大きくなり、例えば、熱膨張による変形が懸念される。その対策として、第1有効領域と第2有効領域とは互いに重ならないように設計することによって、熱的分離が図られ、熱影響を軽減できる。

[0042] また、拡大共役点を含む拡大共役面は、第2サブ光学系から見て縮小側に配置され、例えば、光軸OAに対して略垂直に配置される。例えば、光学系1を画像投写装置100に搭載した場合、図15(A)に示すように、画像投写装置100の第2サブ光学系から壁面上方に設置されたスクリーンSR（拡大共役面）に向けて投写する斜め上向き背面投写が可能である。図15(A)において、画像投写装置100の内部左側に第1サブ光学系が配置され、内部右側に第2サブ光学系が配置され、画像投写装置100の右端の第2サブ光学系からスクリーンSRに向けて画像光を背面投写している。なお、スクリーンSRは、光軸OAに対して略垂直に配置される（以下、同様）。また図15(B)に示すように、第2サブ光学系から壁面下方に設置されたスクリーンSRに向けて投写する斜め下向き背面投写が可能である。また

図15 (C) に示すように、第2サブ光学系から天井に設置されたスクリーンSRに向けて投写する斜め上向き背面投写が可能である。また図15 (D) に示すように、第2サブ光学系から床面に設置された斜め下向き背面投写が可能である。いずれの場合も投写位置とスクリーンSRの間に画像投写装置100が設置できるため、空間利用効率が向上する。なお、拡大共役面は光軸OAに対して「略垂直」に配置されるとは、拡大共役面は光軸OAに対して 80° 以上 100° 未満の角度で配置されることである。

[0043] 本実施形態に係る光学系において、前記光軸OAに最も近い光束の主光線PRが前記第2反射面R2で反射する方向の角度 θ_a は、前記光軸OAを基準として 30° 以上 50° 未満でもよい。

[0044] 図6 (A) に示すように、光軸OAに最も近い光束の主光線PRが第2反射面R2で反射する方向の角度 θ_a が光軸OAを基準として定義できる。なお、光軸OAは、第2反射面R2に接近しているため、理解容易のために光軸OAと平行な補助線DAを追記している。本実施形態に係る光学系では、角度 θ_a は 30° 以上であることによって、第2反射面R2で反射した主光線PRが第1透過面T1を通過するのを回避できる。また、角度 θ_a は 50° 未満であることによって、背面投写の場合に光軸OAに最も遠い光束の主光線を 90° 未満にして、第2透過面T2での第2有効領域をある程度制限できる。

[0045] 本実施形態に係る光学系において、前記第1透過面T1および前記第2透過面T2は、互いに異なる曲率、または自由曲面係数で定義されてもよい。

[0046] 「自由曲面係数」とは、面頂点を原点とするローカルな直交座標系 (x, y, z) で表現した場合、下記[数2]、[数3]で後述するように、z座標(サグ量)は、面頂点曲率c、コーニック係数k、多項式 $\sum C_j x^m y^n$ を用いて定義できる。本実施形態に係る光学系では、第1透過面T1および第2透過面T2は、互いに異なる曲率、または自由曲面係数で定義することによって、光学設計の自由度が高くなり、個別の最適化が可能になる。

[0047] 本実施形態に係る光学系において、前記第2サブ光学系の内部において前

記光軸OAに沿ったZ方向および前記Z方向に対して垂直なY方向を含むYZ面（メリジオナル面）内で光線が進行し、

前記YZ面において、前記光軸OAに最も近い光束の主光線PRが前記第2透過面T2の第1点を通過する場合、前記第1点を通る前記第2透過面T2の法線を基準として、前記第2サブ光学系の外部で前記主光線PRは前記法線より前記第1サブ光学系に近づく方向に進んでもよい。

[0048] 図6（B）に示すように、光軸OAに最も近い光束の主光線PRは、第1反射面R1で反射し、続いて第2反射面R2で反射し、続いて第2透過面T2の第1点を通過して第2サブ光学系を出射する。このとき第1点を通る前記第2透過面T2の法線Nbを基準として第1サブ光学系に近づく角度を正として、第2サブ光学系の外部で主光線PRが進む方向の角度 θ_b は、正の値であることが好ましく、より好ましくは 5° 以上である。図6（B）では、法線Nbから反時計周りが正の角度である。これにより主光線PRは、法線Nbより低い角度に出射できるようになり、拡大共役点の位置を下方寄りに設定できる。

[0049] 本実施形態に係る光学系において、前記第1透過面T1は、前記第1サブ光学系から見て凹面を有してもよい。

[0050] こうした構成により、第1透過面T1を通過した各光線は発散するようになるため、第1サブ光学系のレンズ有効径を小さくでき、光学系全長を縮小できる。

[0051] 本実施形態に係る光学系において、前記第2透過面T2は、前記拡大共役点から見て凸面を有してもよい。

[0052] こうした構成により、第2透過面T2を通過した各光線は収束するようになるため、第1サブ光学系のレンズ有効径を小さくでき、光学系全長を縮小できる。

[0053] 本実施形態に係る光学系において、前記第2反射面R2は、前記第2透過面から見て凸面を有してもよい。

[0054] こうした構成により、第2反射面R2で反射した各光線は発散するよう

なるため、第2反射面R2での光束を細くすることが可能になり、面精度の影響を受けにくくなる。第2反射面R2を平面にすると、製造誤差が大きくなり、また光束が太くなるほど、うねりなどの面精度の影響を受けやすい。

[0055] 本実施形態に係る光学系において、前記第1反射面R1は、前記第2透過面から見て凹面を有してもよい。こうした構成により、第1反射面R2で反射した各光線は収束するようになるため、第2サブ光学系を小型化でき、光学系全長を縮小できる。

[0056] 本実施形態に係る光学系において、前記第1透過面T1、前記第2透過面T2、前記第1反射面R1および前記第2反射面R2の少なくとも1つは、自由曲面を有してもよい。

[0057] こうした構成により、第2サブ光学系の光学性能の向上、サイズの小型化が図られる。

[0058] 本実施形態に係る光学系において、前記第2サブ光学系は、前記第1透過面と、前記第2透過面と、前記第1反射面と、前記第2反射面を有するプリズムを含んでもよい。

[0059] こうした構成により、第2サブ光学系の光学性能の向上、サイズの小型化が図られる。

[0060] 本実施形態に係る光学系において、前記プリズムPMは、波長587.56nm(d線)での屈折率が1.5以上である材料で形成されてもよい。さらに、前記プリズムPMは、波長587.56nm(d線)での屈折率が1.6以上である材料で形成されてもよい。屈折率を高くすることにより、プリズムPMをより小型化することができる。

[0061] こうした構成により、プリズムPMの光学パワーを大きくできるため、広角化に有利になり、例えば、投写装置の場合、スローレシオTRの短縮化が可能になる。

[0062] 本実施形態に係る光学系において、前記中間結像位置は、前記プリズムPMの内部に存在してもよい。

[0063] こうした構成により、中間結像位置が存在しない光学系と比べて、プリズ

△PMの小型化、光学系の広角化が図られる。

[0064] 本実施形態に係る光学系において、前記拡大共役面は、前記光軸に対して80°以上100°未満の角度で配置されてもよい。

[0065] 以下、実施例1～2に係る光学系の数値実施例を説明する。なお、各数値実施例において、表中の長さの単位はすべて「mm」であり、画角の単位はすべて「°」である。また、各数値実施例において、面タイプ（XY多項式面、球面、非球面）、曲率半径、面間隔、d線屈折率、d線アッベ数、材質、屈折／反射、偏心タイプ、Y偏心量、Z偏心量α回転量を示す。また、各数値実施例の諸量は波長550nmを元に算出している。また、各数値実施例において、非球面の形状は次式で定義される。なお、非球面係数は、コーニック係数k以外は0でない係数のみ記す。

[0066] [数1]

$$z = \frac{cr^2}{1 + \sqrt{1 - (1+k)c^2r^2}} + Ar^4 + Br^6 + Cr^8 + Dr^{10} + Er^{12} + Fr^{14} + Gr^{16} + Hr^{18}$$

[0067] ここで、

z : z軸に平行な面のサグ量

r : 半径方向の距離 ($=\sqrt{(x^2 + y^2)}$)

c : 面頂点における曲率

k : コーニック係数

A～H : rの4次～18次係数

である。

[0068] また、自由曲面形状は、その面頂点を原点とするローカルな直交座標系（x, y, z）を用いた次式で定義している。

[0069] [数2]

$$z = \frac{cr^2}{1 + \sqrt{1 - (1+k)c^2r^2}} + \sum_{j=2}^{137} C_j x^m y^n$$

[0070] [数3]

$$j = \frac{(m+n)^2 + m + 3n}{2} + 1$$

[0071] ここで、

z : z軸に平行な面のサグ量

r : 半径方向の距離 ($=\sqrt{(x^2 + y^2)}$)

c : 面頂点における曲率

k : コーニック係数

C_j : 単項式 $x^m y^n$ の係数

である。

[0072] なお、以下の各データにおいて、多項式における自由曲面係数である x の i 次の項、 y の j 次の項を、 $x^{**i} * y^{**j}$ というように記載している。例えば、「 $X^{**2} * Y$ 」とは、多項式における x の 2 次、 y の 1 次の項の自由曲面係数であることを示す。

[0073] (数値実施例 1)

数値実施例 1 (実施例 1 に対応) の光学系について、レンズデータを表 1 に示し、レンズの非球面形状データを表 2 に示し、プリズムの自由曲面形状データを表 3 に示す。なお、表 1 中の「DAR (ディセンタードリターン: Decenter and Return)」とは、数値計算時のグローバル座標とローカル座標との間の座標変換を意味する。他の数値実施例についても同様である。

[0074]

[表1]

	面番号	面タイプ	曲率半径	間隔	屈折率	アッペ数	屈折/反射	偏心タイプ	Y偏心	Z偏心	α 回転
SA		物体		0.000							
PA	1	球	∞	11.597	1.517	64.166	屈折				
PA	2	球	∞	10.669	1.000	0.000	屈折				
L1	3	球	18.382	6.440	1.690	31.138	屈折				
L1	4	球	-62.206	2.000	1.000	0.000	屈折				
L2	5	非球面	-74.669	2.000	1.689	31.023	屈折				
L2	6	非球面	53.259	2.743	1.000	0.000	屈折				
L3	7	球	17.762	6.896	1.497	81.607	屈折				
L3	8	球	-24.254	0.200	1.000	0.000	屈折				
L4	9	球	104.755	1.000	1.835	42.721	屈折				
L4	10	球	9.036	0.010	1.567	42.839	屈折				
L5	11	球	9.036	9.713	1.437	95.099	屈折				
L5	12	球	-14.603	0.850	1.000	0.000	屈折				
L6	13	非球面	50.338	1.627	1.822	24.039	屈折				
L6	14	非球面	19.727	0.888	1.000	0.000	屈折				
ST	15	球	∞	21.378	1.000	0.000	屈折				
L7	16	球	96.817	8.489	1.805	25.456	屈折				
L7	17	球	-36.320	1.505	1.000	0.000	屈折				
L8	18	球	22.030	7.252	1.518	58.960	屈折				
L8	19	球	59.487	4.761	1.000	0.000	屈折				
L9	20	球	-30.871	2.000	1.847	23.784	屈折				
L9	21	球	46.872	5.147	1.000	0.000	屈折				
L10	22	非球面	-67.444	6.484	1.509	56.474	屈折	DAR	0.159		
L10	23	非球面	1613.259	10.036	1.000	0.000	屈折	DAR	0.159		
T1	24	XY多項式面	-96.476	29.000	1.587	59.013	屈折	DAR	-0.317		
R1	25	XY多項式面	-12.447	-10.000	1.587	260.216	反射	DAR	0.328		
R2	26	XY多項式面	4229.205	-24.683	1.587	59.013	反射	DAR	1.029	2.412	-89.500
T2	27	XY多項式面	26.818	-4.036	1.000	0.000	屈折	DAR	1.828		
SR	28		∞	-437.579	1.000	0.000	屈折				
		像		0.000	1.000	0.000	屈折				

Field	物体高		像高		アパチャー直径	
	X	Y	X	Y	絞り値	6.626
f 1	0.000	-1.429	0.0	304.0		
f 2	0.000	-4.345	0.0	925.5		
f 3	0.000	-7.261	0.0	1548.4		
f 4	2.592	-1.429	552.3	304.7	表示素子サイズ	
f 5	2.592	-4.345	554.2	923.6	長辺	10.368
f 6	2.592	-7.261	551.8	1547.9	短辺	5.832
f 7	5.184	-1.429	1105.0	302.9	表示素子ソフト範囲	
f 8	5.184	-4.345	1106.9	926.9		
f 9	5.184	-7.261	1104.1	1550.3		
			2213.7	1244.5	100.0 inch	

[0075]

[0077] (数値実施例 2)

数値実施例 2 (実施例 2 に対応) の光学系について、レンズデータを表 4 に示し、レンズの非球面形状データを表 5 に示し、プリズムの自由曲面形状データを表 6 に示す。

[0078]

[0081] (数値実施例3)

数値実施例3 (実施例3に対応) の光学系について、レンズデータを表7に示し、レンズの非球面形状データを表8に示し、プリズムの奇数次非球面形状データを表9に示す。

[0082]

[表7]

	面番号	面タイプ	曲率半径	間隔	屈折率	アッペ数	屈折/反射	偏心タイプ	Y偏心	Z偏心	α 回転
SA	物体	球	∞	0.0000							
	1	球	∞	5.0000	1.0000	0.000	屈折				
PA	2	球	∞	19.5600	1.7432	49.340	屈折				
PA	3	球	∞	5.5000	1.0000	0.000	屈折				
L1	4	非球面	16.5890	8.4634	1.4970	81.609	屈折				
L1	5	非球面	-71.8835	6.1070	1.0000	0.000	屈折				
L2	6	球	99.8415	3.6438	1.7292	54.672	屈折				
L2	7	球	-64.6741	1.0000	1.0000	0.000	屈折				
L3	8	球	-175.6088	1.0000	2.0010	29.134	屈折				
L4	9	球	13.0331	5.7094	1.5168	64.199	屈折				
L4	10	球	-38.6595	0.2000	1.0000	0.000	屈折				
L5	11	球	14.1004	4.8724	1.4875	70.436	屈折				
L6	12	球	-33.2315	1.0000	2.0010	29.134	屈折				
L6	13	球	28.0071	5.4658	1.0000	0.000	屈折				
ST 絞り	14	球	∞	4.1151	1.0000	0.000	屈折				
L7	15	球	-1264.7932	3.5000	1.7859	44.200	屈折				
L7	16	球	46.0016	0.5720	1.0000	0.000	屈折				
L8	17	球	55.0954	4.0611	1.8467	23.785	屈折				
L8	18	球	-27.9737	31.2022	1.0000	0.000	屈折				
L9	19	球	25.2490	8.8000	1.5673	42.842	屈折				
L9	20	球	-131.8344	6.6053	1.0000	0.000	屈折				
L10	21	球	-52.5444	1.7982	1.9459	17.984	屈折				
L10	22	球	35.0766	28.2893	1.0000	0.000	屈折				
T1	23	非球面	-13.7028	5.5000	1.5094	56.470	屈折				
T1s	24	非球面	-29.7818	54.9009	1.0000	0.000	屈折				
R1	25	奇数次非球面	-22.0368	-39.7708	1.0000	0.000	反射				
R2	26	球	9000.0000	-20.0000	1.0000	0.000	反射	DAR	0.000	0	-90
T2s	27	非球面	127.1928	-5.9290	1.5094	56.470	屈折				
T2	28	非球面	106.5433	0.0000	1.0000	0.000	屈折				
SR	像	球	∞	-511.5955	1.0000	0.000	屈折				

	物体高		像高	
Field	X	Y	X	Y
f 1	0.000	-1.458	0.0	404.7
f 2	0.000	-4.374	0.0	1214.1
f 3	0.000	-7.290	0.0	2023.6
f 4	2.592	-1.458	719.5	404.7
f 5	2.592	-4.374	719.5	1214.1
f 6	2.592	-7.290	719.5	2023.6
f 7	5.184	-1.458	1439.0	404.7
f 8	5.184	-4.374	1439.0	1214.1
f 9	5.184	-7.290	1439.0	2023.6

表示素子サイズ	
長辺	10.388
短辺	5.832
素子サイズ	0.468
表示素子シフト量	4.374

スクリーン投影サイズ	
130inch	8302.0
長辺	2877.9
短辺	1618.8
結像倍率	277.6

アパチャー直径	
絞り面	10.072

[表8]

非球面係数	S4	S5	S23	S24	S27	S28
コーニック定数 (K)	-0.89970	-3.44997	-2.60276	-1.39500	-3.72171	-6.50415
4次の係数(A)	-4.72596E-06	1.42243E-05	3.99879E-05	2.78162E-05	5.93088E-07	-4.99133E-07
6次の係数(B)	3.17382E-08	2.65768E-10	-1.40083E-08	-2.29261E-08	-2.24239E-10	1.99880E-10
8次の係数(C)			2.64942E-11	5.70701E-11	4.77209E-14	-2.64871E-14
10次の係数(D)			-3.97268E-13	6.99620E-14	-2.34160E-18	1.79762E-18
12次の係数(E)			6.01815E-16	-8.24183E-16		
14次の係数(F)				1.03457E-18		

[0084] [表9]

奇数次非球面係数	S25
コーニック定数	-1.80100
3次の係数	2.76805E-04
4次の係数	-1.16087E-05
5次の係数	-1.39800E-09
6次の係数	2.69829E-09
7次の係数	4.80577E-11
8次の係数	-8.99884E-13
9次の係数	-4.37036E-14
10次の係数	7.69461E-16

[0085] 以下の表10に、各数値実施例1～2における角度 θa 、角度 θb およびスローレシオTRの数値をそれぞれ示す。なお、特許文献1の第5実施例（図8）について検討すると、射出面20Cから出射する光線は、その法線に対して時計周りに傾斜している（角度 $\theta b < 0$ ）。また、第5実施例のスローレシオTRを数値計算すると、 $TR = 0.432$ となる。一方、本実施形態の実施例1は、 $TR = 0.215$ 、実施例2は、 $TR = 0.180$ であり、広角化に有利であることが判る。

[0086] [表10]

	実施例1	実施例2
角度 θa (度)	33.3	42.2
角度 θb (度)	5.9	13.8
スローレシオTR	0.215	0.180

[0087] (実施形態2)

以下、図16を用いて本開示の実施形態2を説明する。図16は、本開示

に係る画像投写装置の一例を示すブロック図である。画像投写装置100は、実施形態1で開示した光学系1と、画像形成素子101と、光源102と、制御部110などを備える。画像形成素子101は、液晶、DMDなどで構成され、光学系1を経由してスクリーンSRに投写する画像を生成する。光源102は、LED（発光ダイオード）、レーザなどで構成され、画像形成素子101に光を供給する。制御部110は、CPUまたはMPUなどで構成され、装置全体および各コンポーネントを制御する。光学系1は、画像投写装置100に対して着脱自在に取付け可能な交換レンズとして構成してもよく、あるいは画像投写装置100に一体化した組み込みレンズとして構成してもよい。

[0088] 以上の画像投写装置100は、実施形態1に係る光学系1により、小型な装置で短焦点かつ大画面の投写が可能になる。

[0089] （実施形態3）

以下、図17を用いて本開示の実施形態3を説明する。図17は、本開示に係る撮像装置の一例を示すブロック図である。撮像装置200は、実施形態1で開示した光学系1と、撮像素子201と、制御部210などを備える。撮像素子201は、CCD（電荷結合素子）イメージセンサ、CMOSイメージセンサなどで構成され、光学系1が形成する物体OBJの光学像を受光して電氣的な画像信号に変換する。制御部110は、CPUまたはMPUなどで構成され、装置全体および各コンポーネントを制御する。光学系1は、撮像装置200に対して着脱自在に取付け可能な交換レンズとして構成してもよく、あるいは撮像装置200に一体化した組み込みレンズとして構成してもよい。

[0090] 以上の撮像装置200は、実施形態1に係る光学系1により、小型な装置で短焦点かつ大画面の撮像が可能になる。

[0091] 以上のように、本開示における技術の開示として、実施の形態を説明した。そのために添付図面および詳細な説明を提供した。

[0092] したがって、添付図面および詳細な説明に記載された構成要素の中には、

課題解決のために必須な構成要素だけでなく、上記技術を例示するために、課題解決のためには必須でない構成要素も含まれ得る。そのため、それらの必須ではない構成要素が添付図面または詳細な説明に記載されていることをもって、直ちに、それらの必須ではない構成要素が必須であるとの認定をするべきでない。

[0093] また、上述の実施の形態は、本開示における技術を例示するためのものであるから、請求の範囲またはその均等の範囲において、種々の変更、置換、付加、省略などを行うことができる。

産業上の利用可能性

[0094] 本開示は、プロジェクタ、ヘッドアップディスプレイ、レーザーテレビなどの画像投写装置、およびデジタルスチルカメラ、デジタルビデオカメラ、監視システムにおける監視カメラ、Webカメラ、車載カメラ等の撮像装置、計測用の測距装置等に適用可能である。特に本開示は、プロジェクタ、デジタルスチルカメラシステム、デジタルビデオカメラシステムといった高画質が要求される撮影光学系に適用可能である。

請求の範囲

- [請求項1] 縮小側の縮小共役点および拡大側の拡大共役点を有し、該縮小共役点および該拡大共役点とそれぞれ共役である中間結像位置を内部に有する光学系であって、
- 光軸に関して回転対称である複数のレンズ、および前記複数のレンズの間に絞りを有する第1サブ光学系と、
- 前記第1サブ光学系より前記拡大側に配置され、複数の光学面を有する第2サブ光学系と、を備え、
- 前記拡大共役点を含む拡大共役面は、前記第2サブ光学系から見て前記縮小側に配置され、
- 前記複数の光学面は、前記第1サブ光学系から前記拡大共役点との間の光路上で前記第1サブ光学系に最も近くに位置する第1透過面と、前記拡大共役点に最も近くに位置する第2透過面と、前記第1透過面と前記第2透過面との間の光路上で前記第1透過面に最も近くに位置する第1反射面と、前記第1透過面と前記第2透過面との間の光路上で前記第2透過面に最も近くに位置する第2反射面と、を有し、
- 前記第1透過面の前記光束が通過する第1有効領域と、前記第2透過面の前記光束が通過する第2有効領域とは互いに重ならない、光学系。
- [請求項2] 前記光軸に最も近い光束の主光線が前記第2反射面で反射する方向の角度 θa は、前記光軸を基準として 30° 以上 50° 未満である、請求項1に記載の光学系。
- [請求項3] 前記第1透過面および前記第2透過面は、互いに異なる曲率、または自由曲面係数で定義される、請求項1に記載の光学系。
- [請求項4] 前記第2サブ光学系の内部において前記光軸に沿ったZ方向および前記Z方向に対して垂直なY方向を含むYZ面内で光線が進行し、
- 前記YZ面において、前記光軸に最も近い光束の主光線が前記第2透過面の第1点を通過する場合、前記第1点を通る前記第2透過面の

法線を基準として、前記第2サブ光学系の外部で前記主光線は前記法線より前記第1サブ光学系に近づく方向に進む、請求項1に記載の光学系。

[請求項5] 前記第1透過面は、前記第1サブ光学系から見て凹面を有する、請求項1に記載の光学系。

[請求項6] 前記第2透過面は、前記拡大共役点から見て凸面を有する、請求項5に記載の光学系。

[請求項7] 前記第2反射面は、前記第2透過面から見て凸面を有する、請求項2～4のいずれかに記載の光学系。

[請求項8] 前記第1透過面、前記第2透過面、前記第1反射面および前記第2反射面の少なくとも1つは、自由曲面を有する、請求項1に記載の光学系。

[請求項9] 前記第2サブ光学系は、前記第1透過面と、前記第2透過面と、前記第1反射面と、前記第2反射面を有するプリズムを含む、請求項1に記載の光学系。

[請求項10] 前記プリズムは、波長587.56nmでの屈折率が1.5以上である材料で形成される、請求項9に記載の光学系。

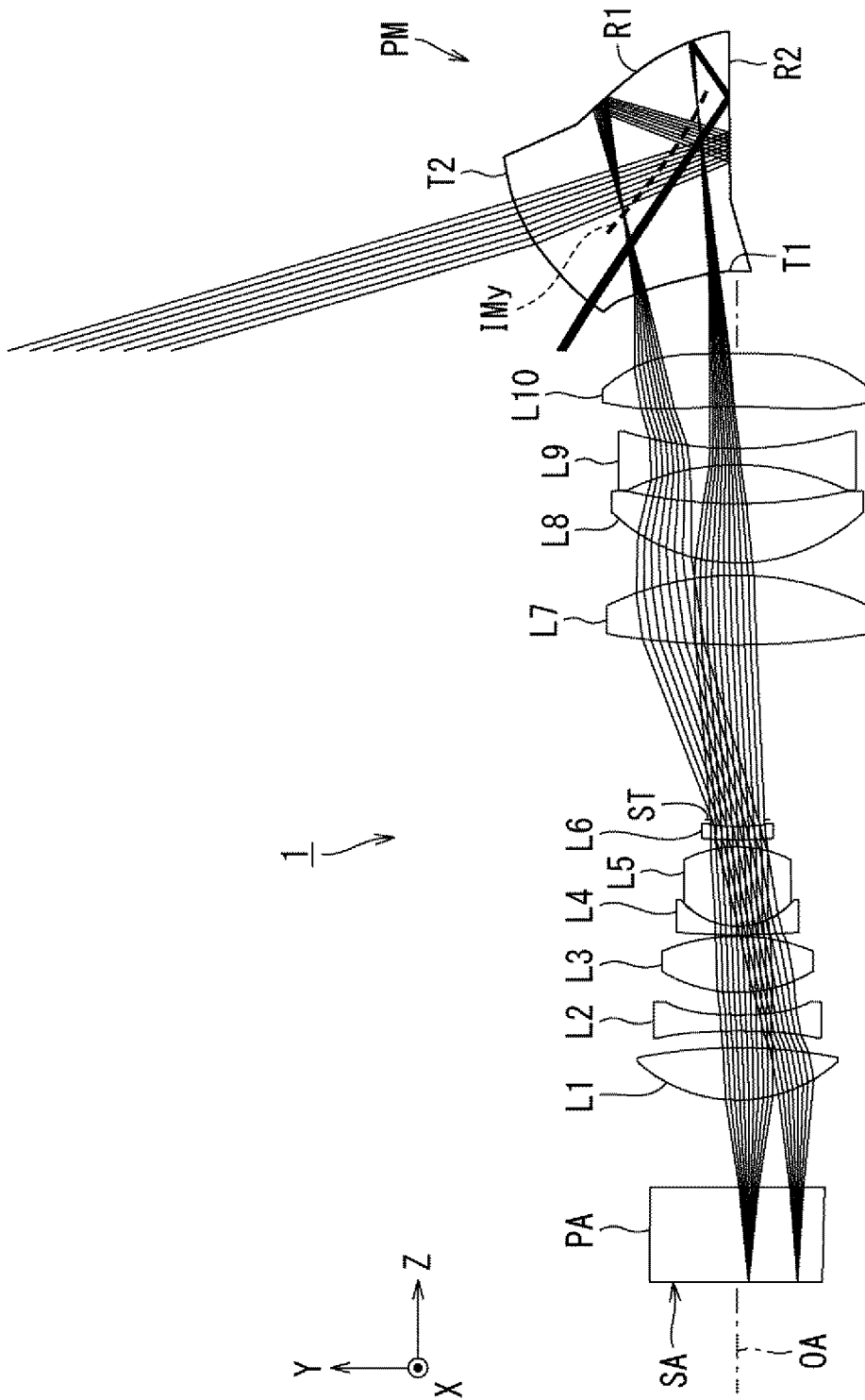
[請求項11] 前記中間結像位置は、前記プリズムの内部に存在する、請求項9に記載の光学系。

[請求項12] 前記拡大共役面は、前記光軸に対して80°以上100°未満の角度で配置される、請求項1に記載の光学系。

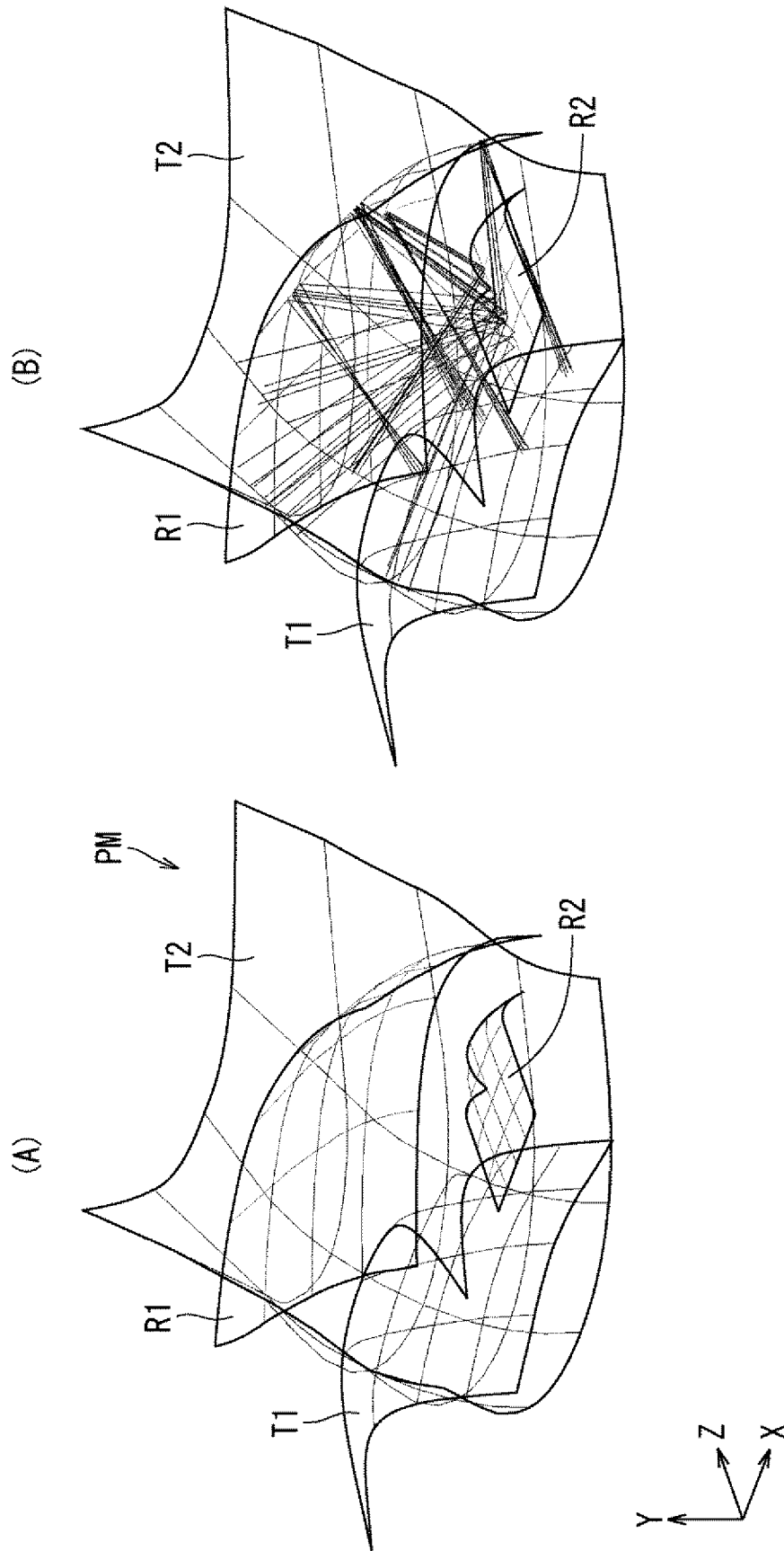
[請求項13] 請求項1に記載の光学系と、
該光学系を経由してスクリーンに投写する画像を生成する画像形成素子と、を備える画像投写装置。

[請求項14] 請求項1に記載の光学系と、
該光学系が形成する光学像を受光して電氣的な画像信号に変換する撮像素子と、を備える撮像装置。

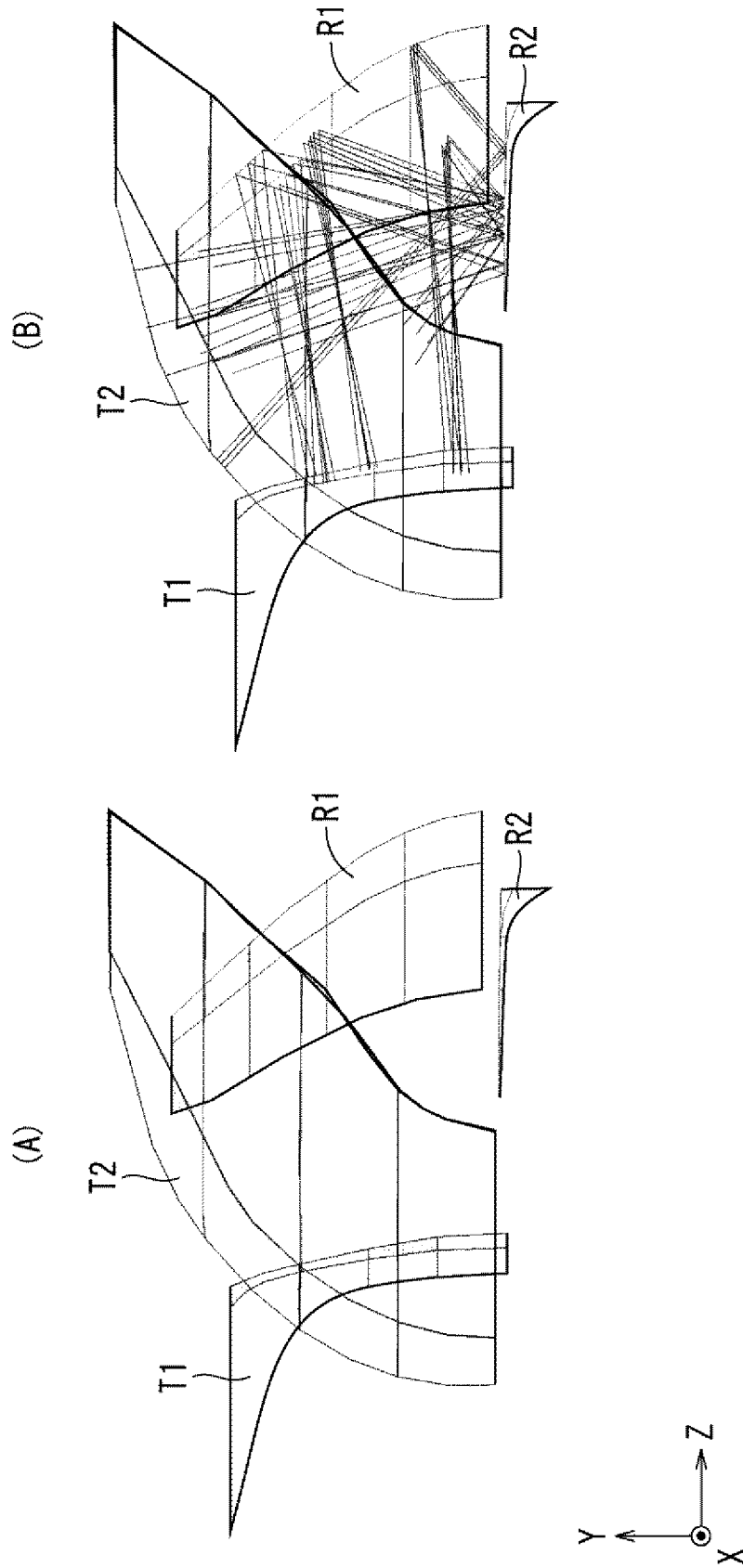
[図1]



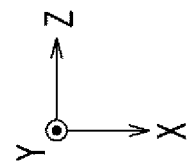
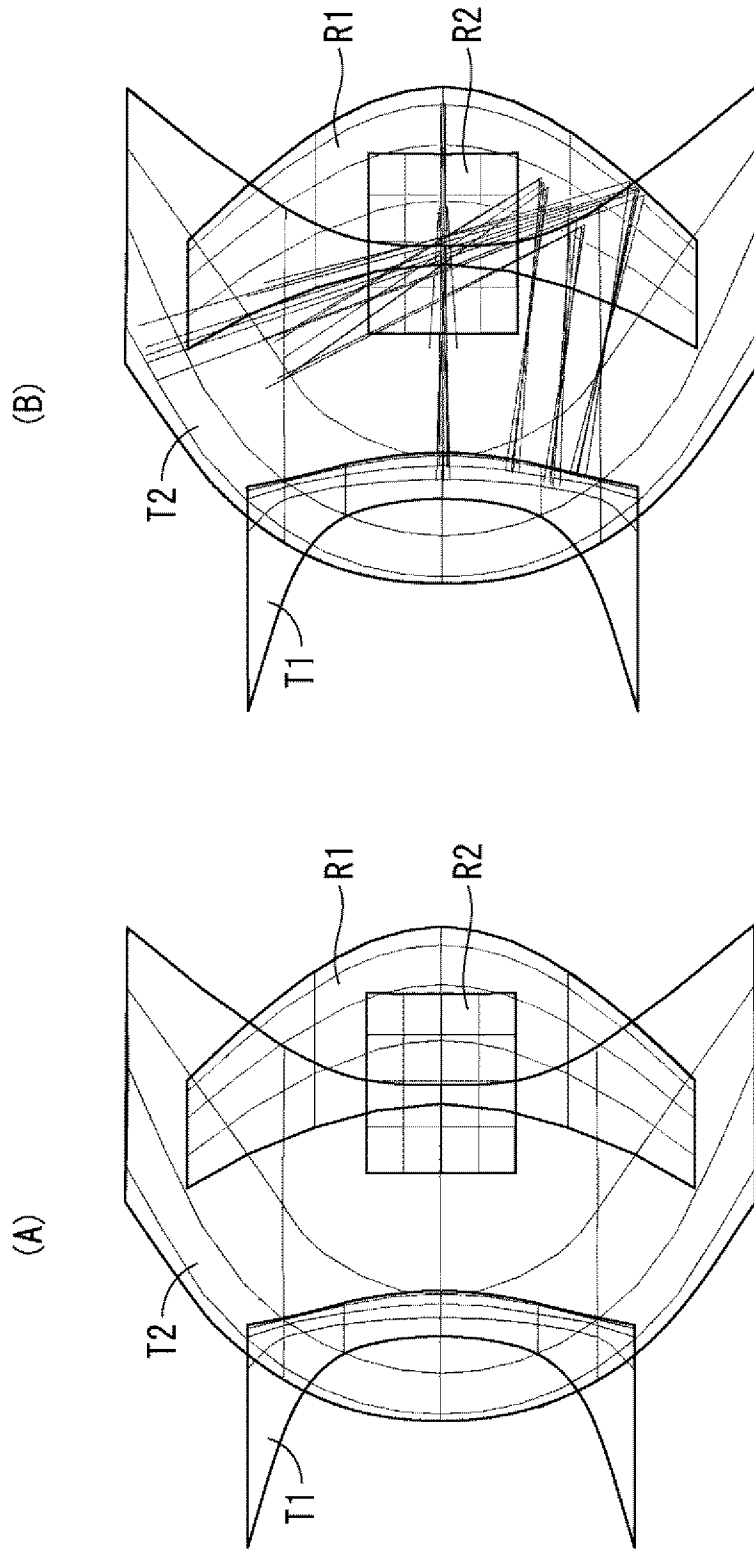
[図2]



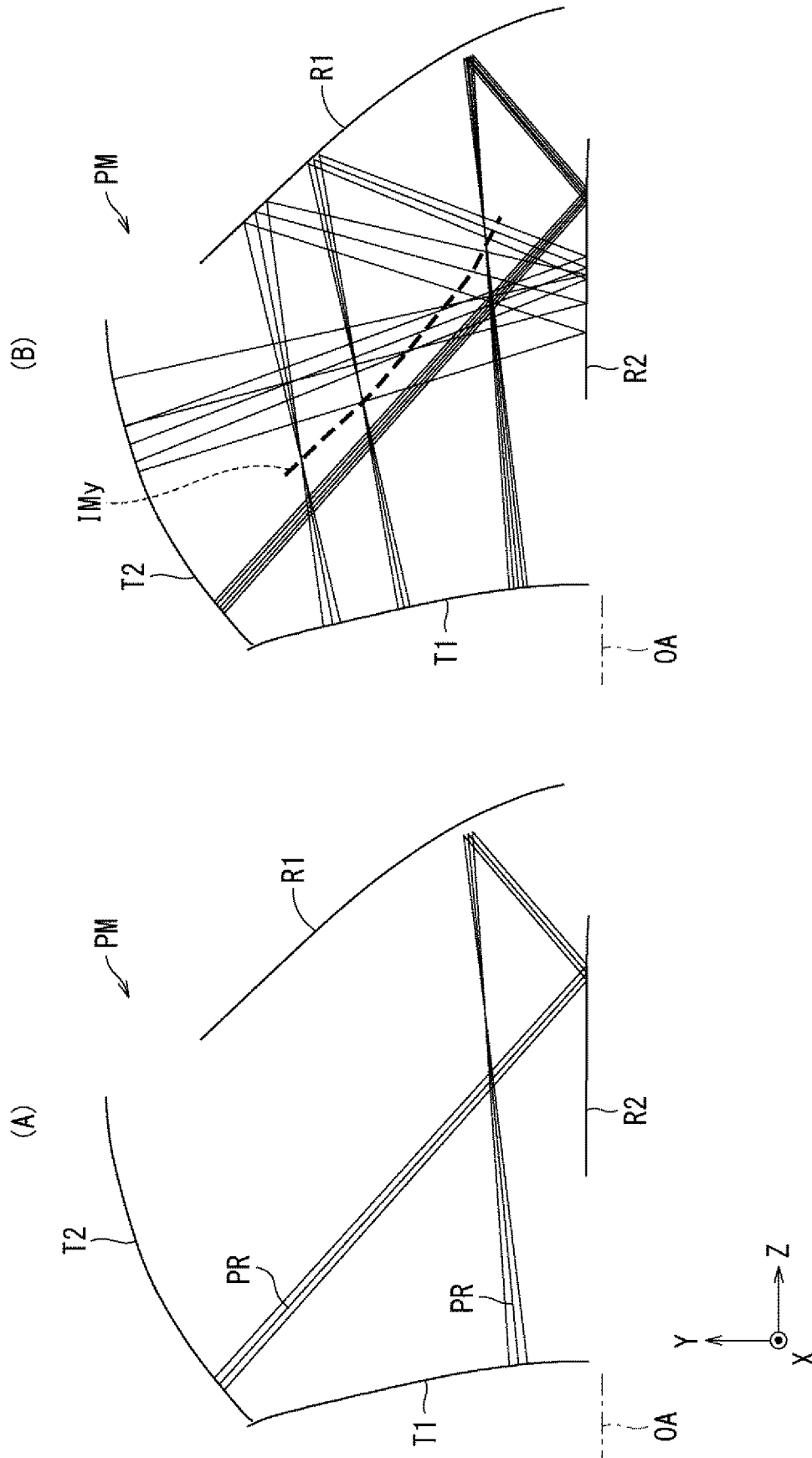
[図3]



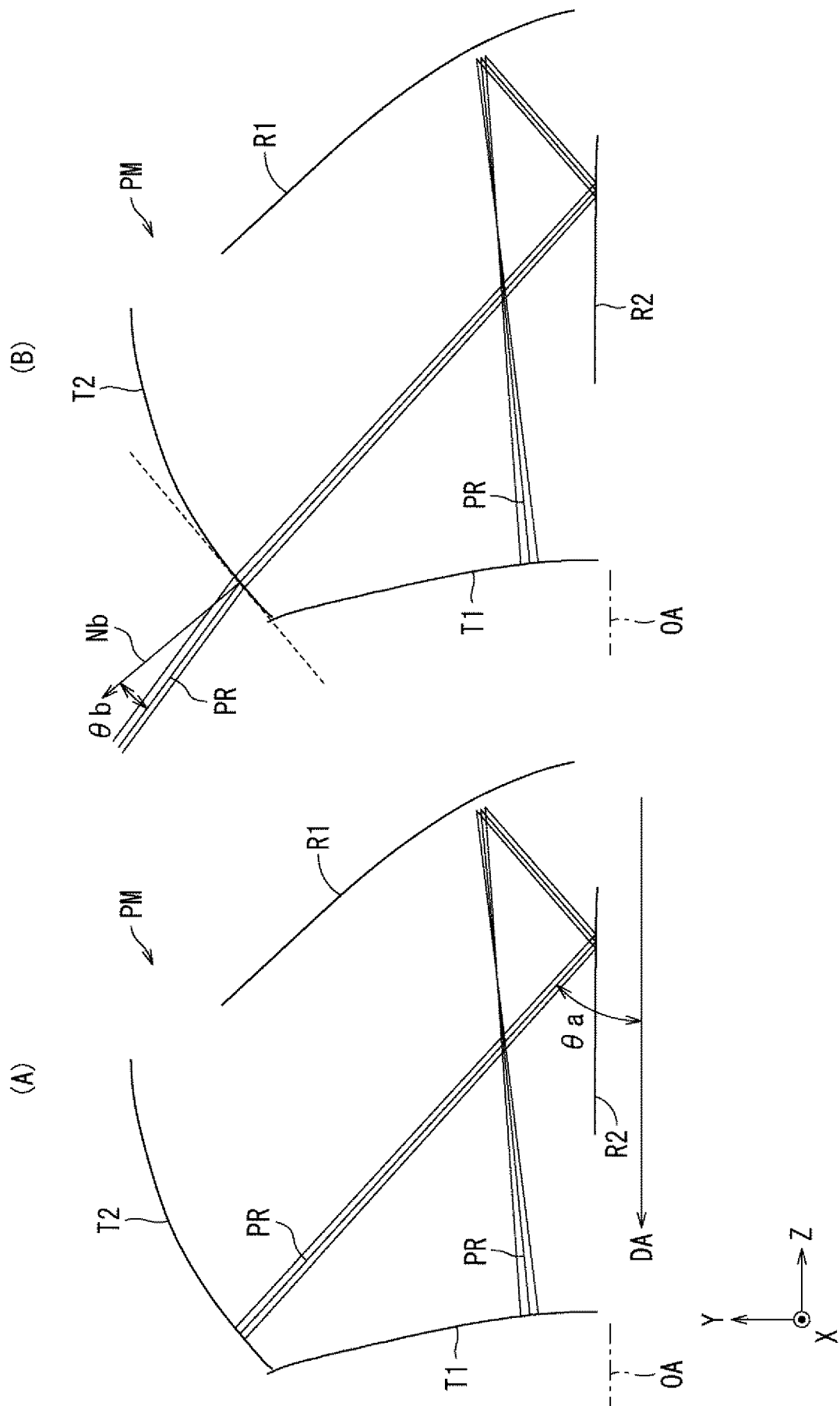
[図4]



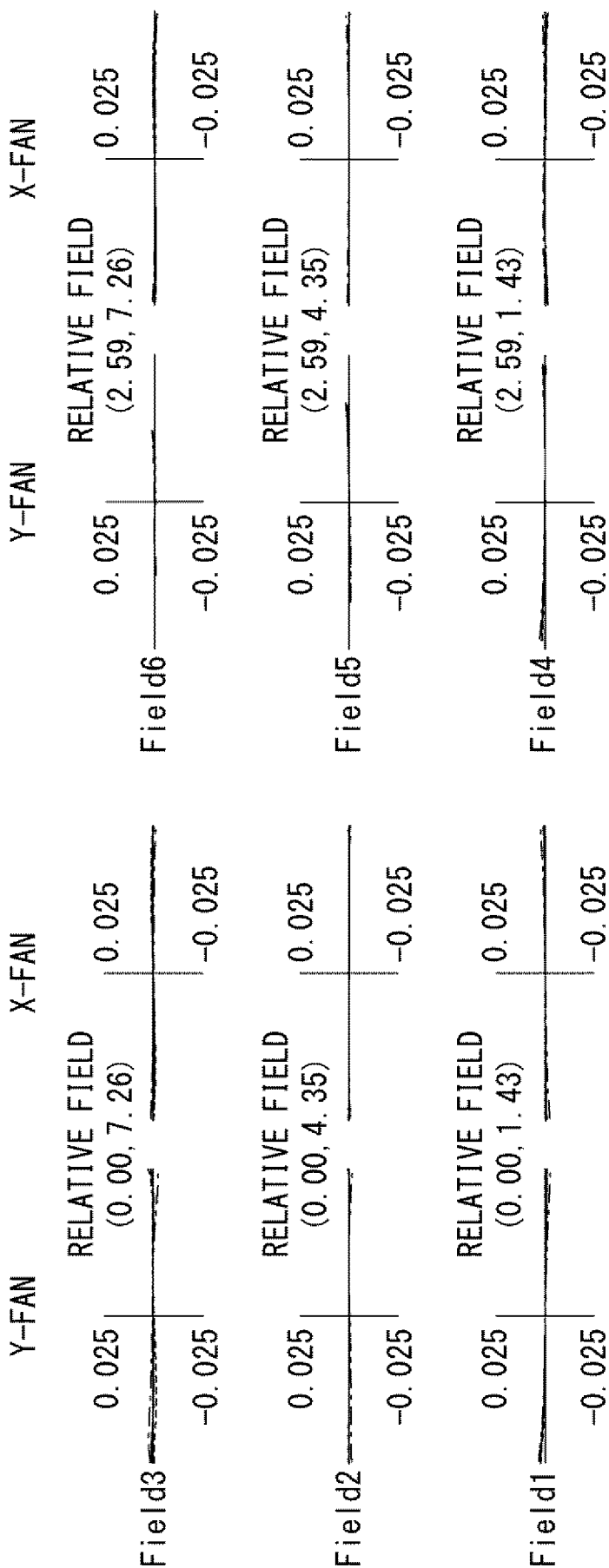
[5]



[図6]

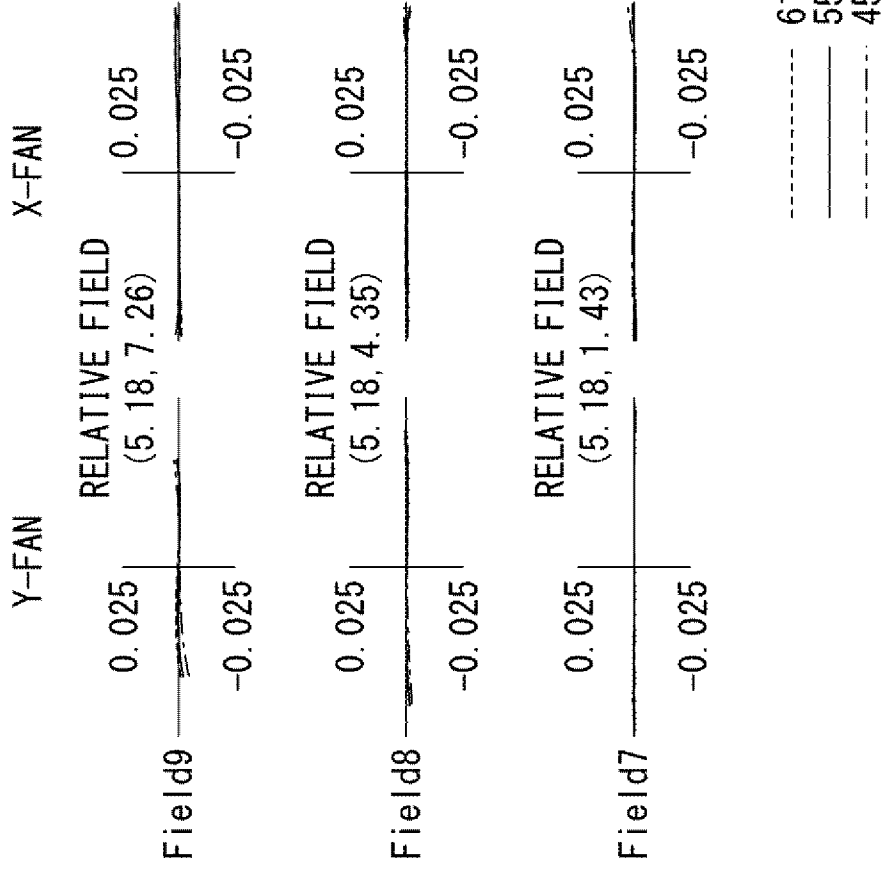


[7]

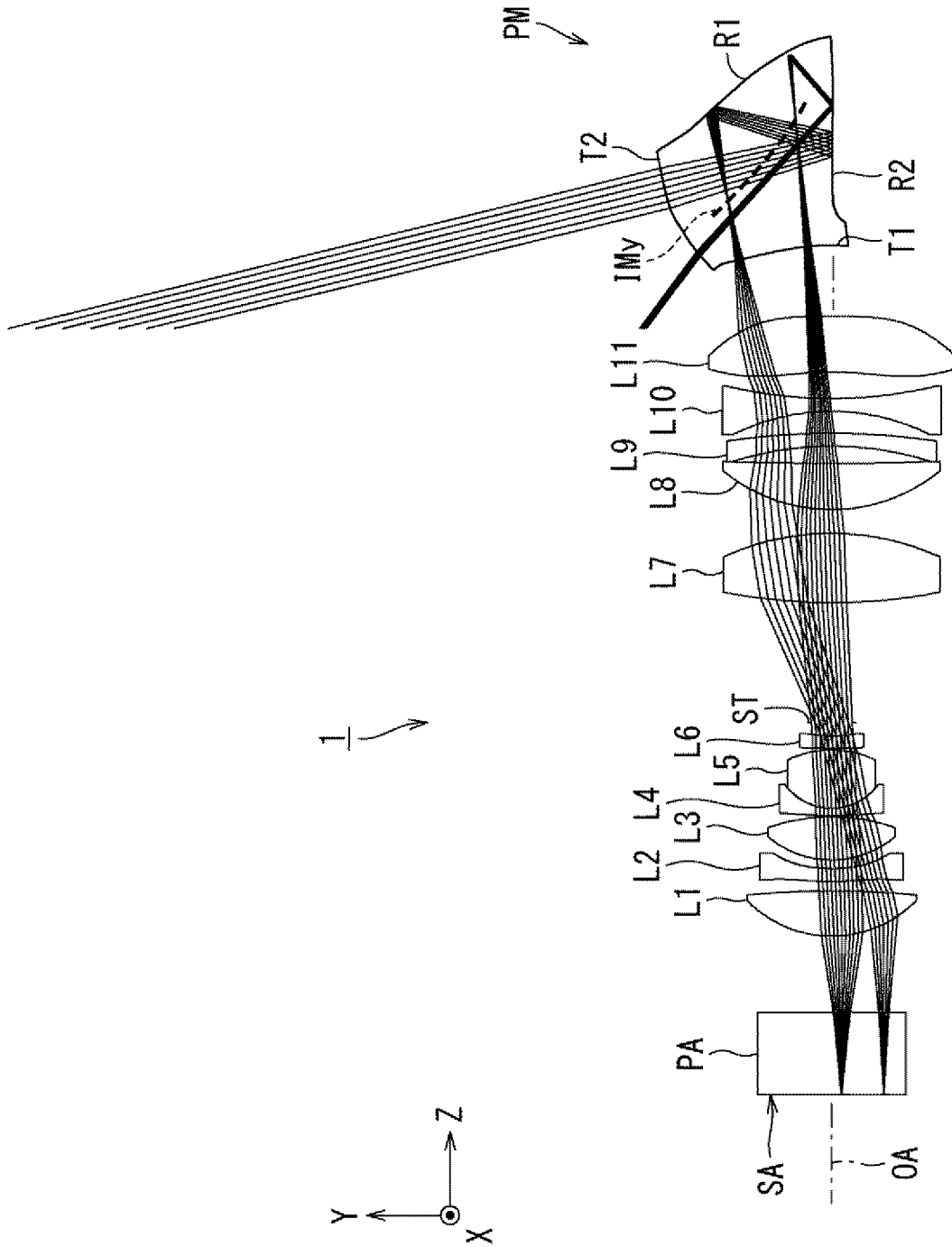


----- 610.0000 NM
 _____ 550.0000 NM
 - - - - - 455.0000 NM

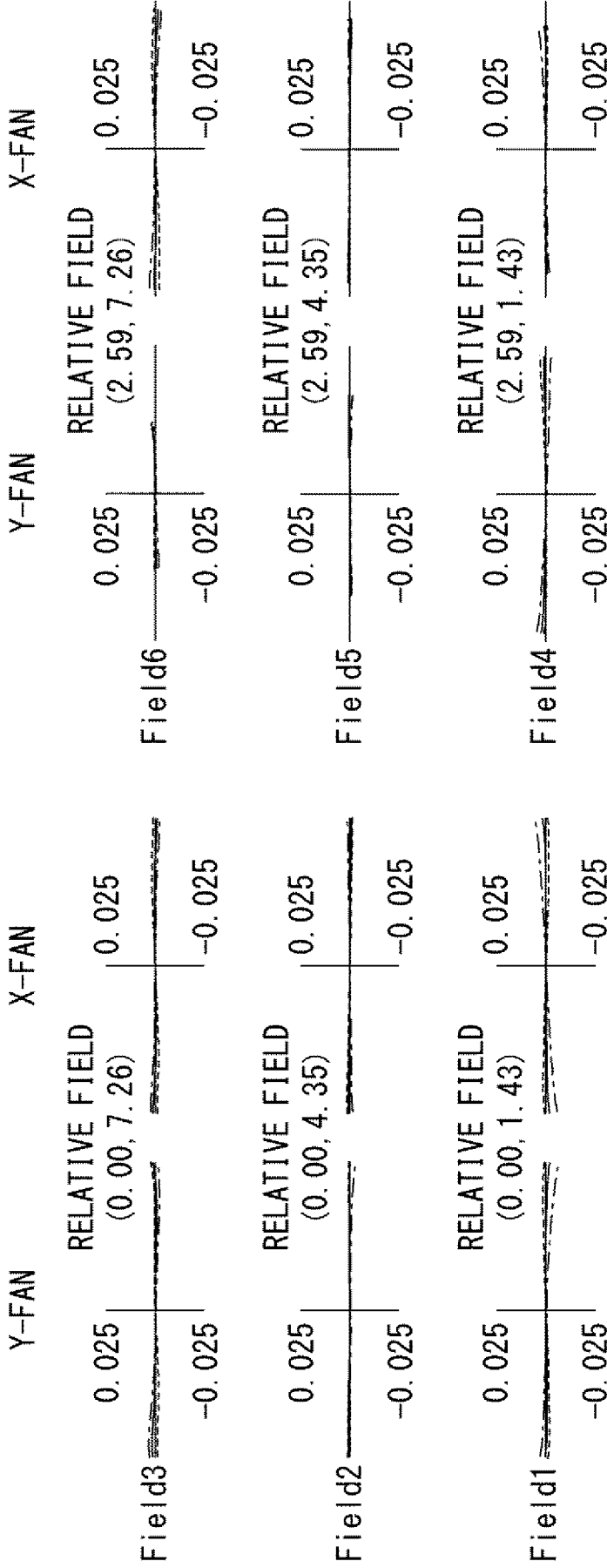
[8]



[図9]

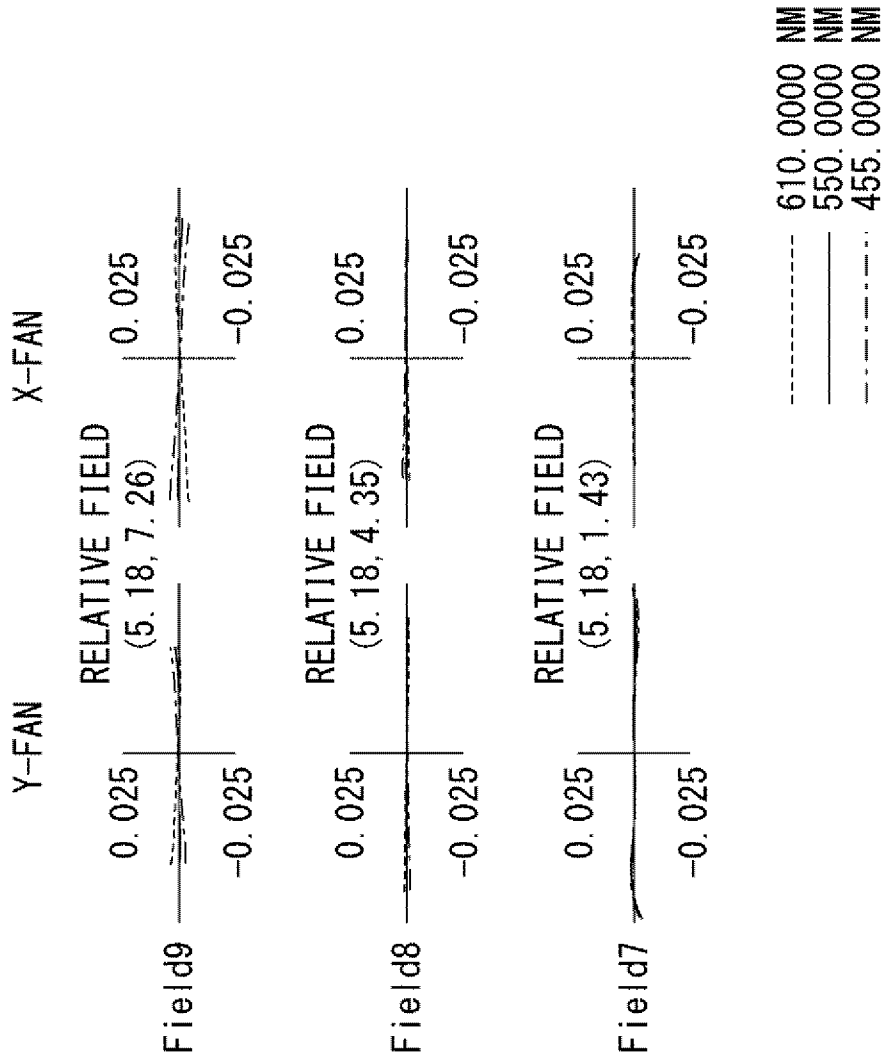


[10]

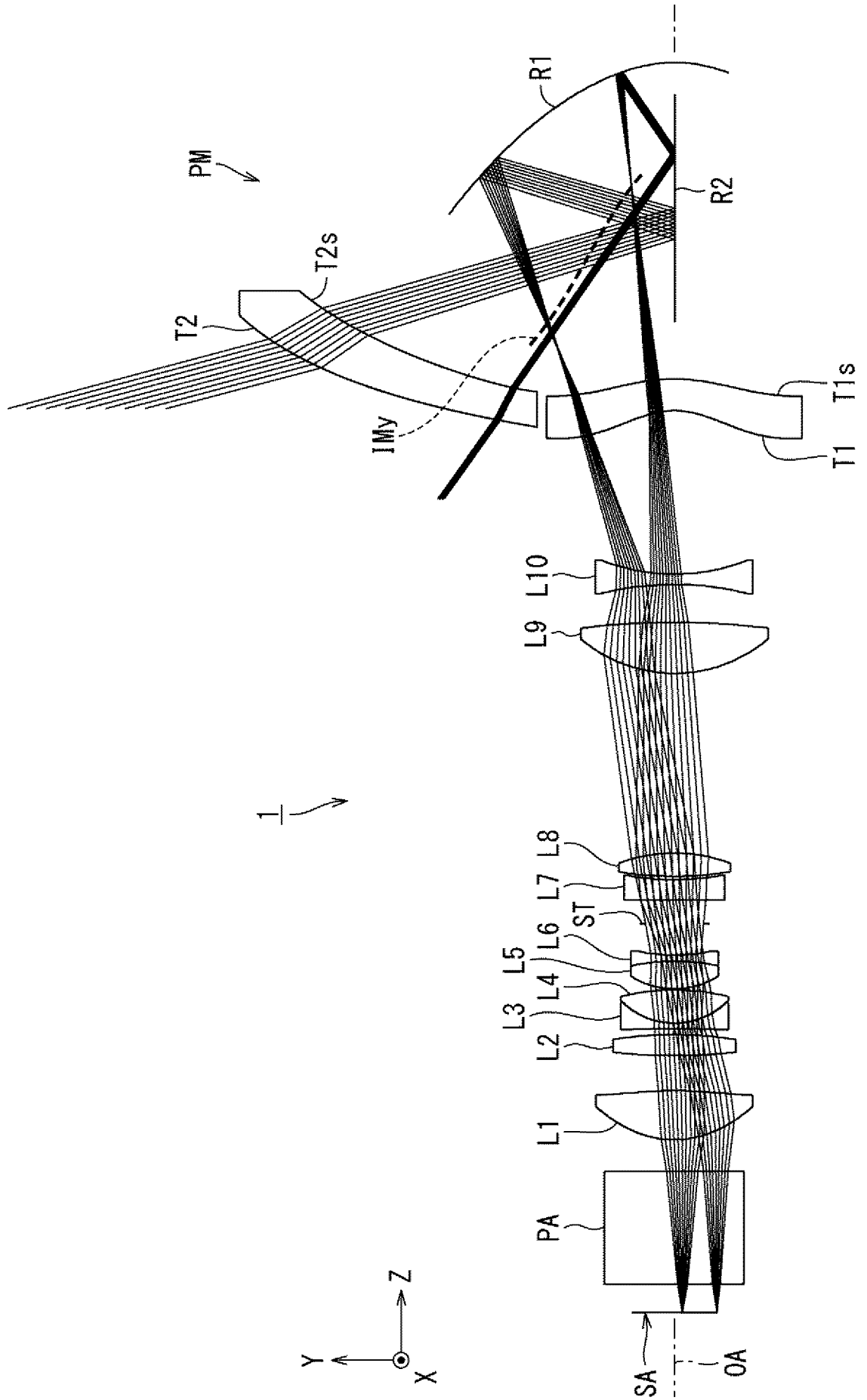


- - - - - 610.0000 NM
 _____ 550.0000 NM
 - - - - - 455.0000 NM

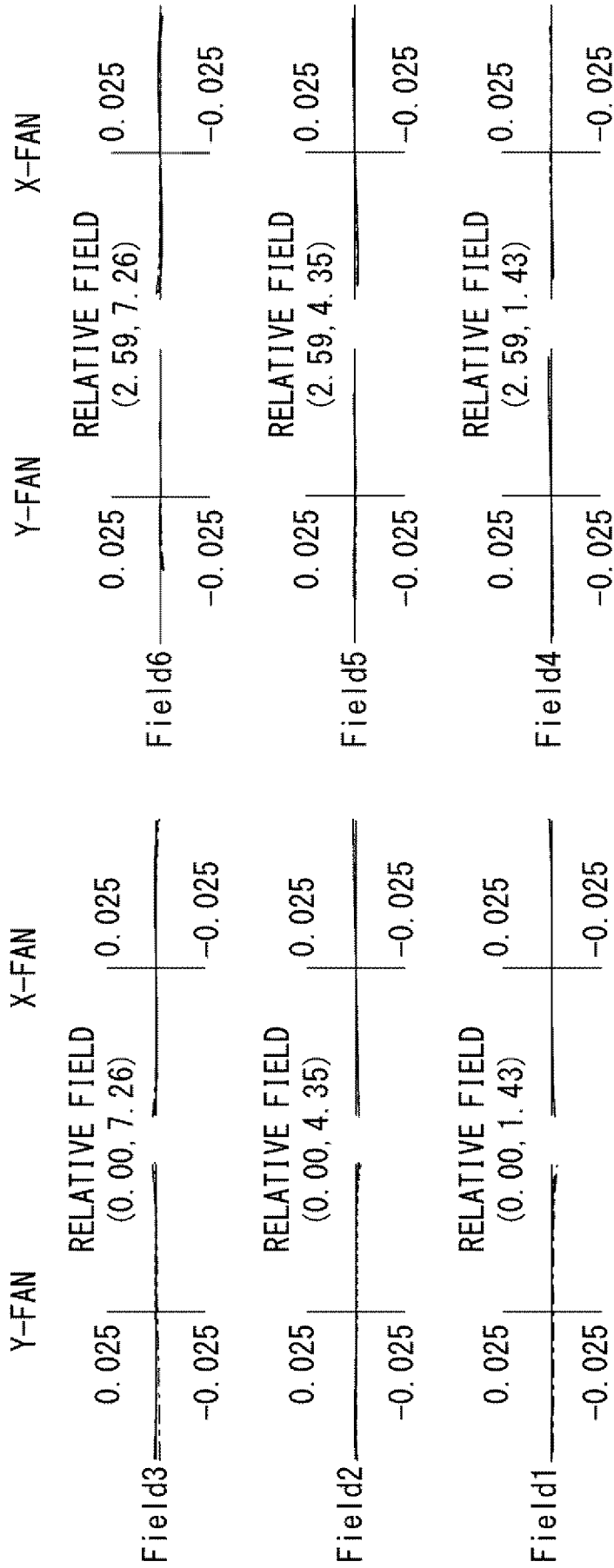
[11]



[圖12]

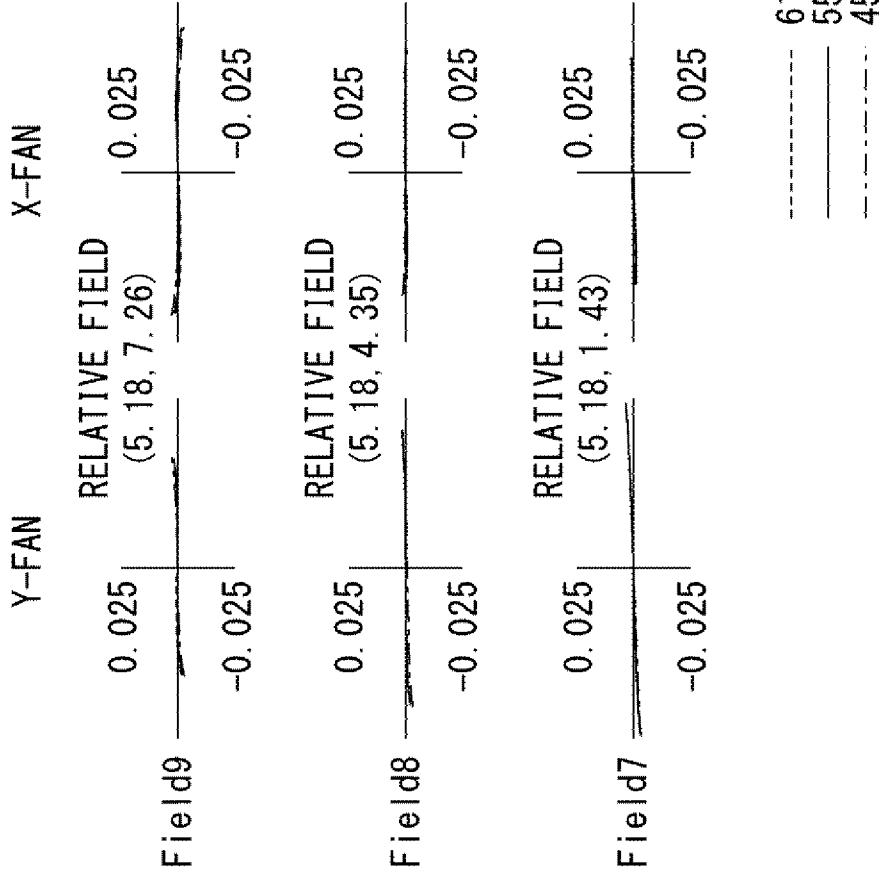


[13]

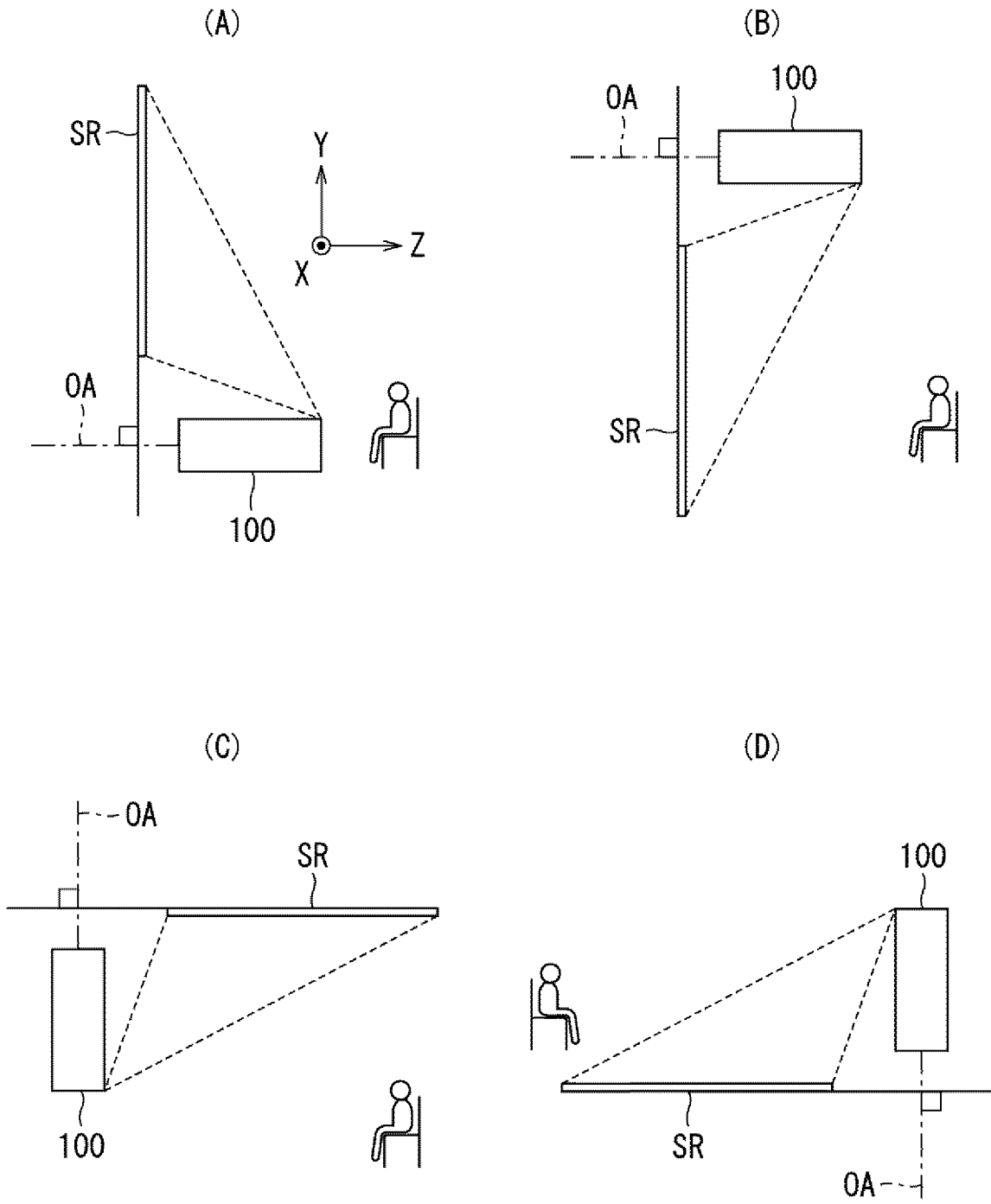


----- 610.0000 NM
 _____ 550.0000 NM
 - - - - - 455.0000 NM

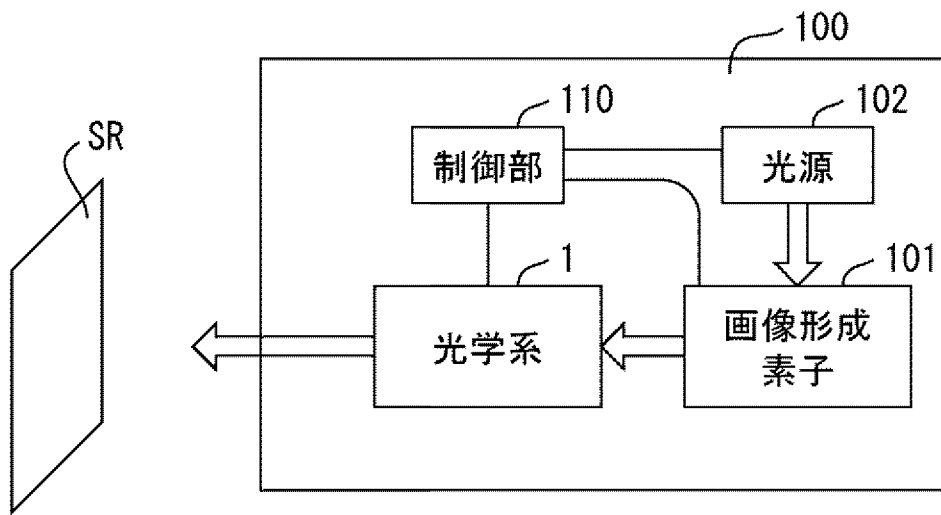
[14]



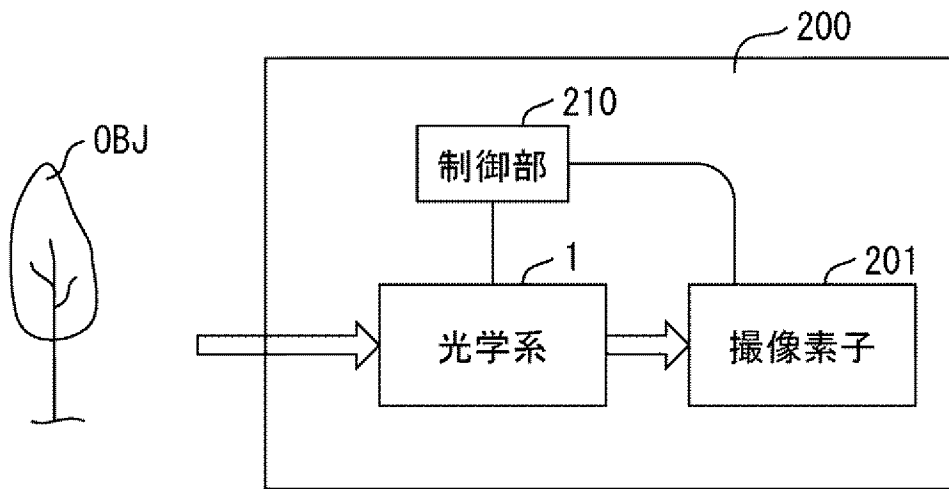
[図15]



[図16]



[図17]



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2024/022800

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER		
<i>G02B 17/08</i> (2006.01)i; <i>G02B 13/16</i> (2006.01)i; <i>G02B 13/18</i> (2006.01)i; <i>G03B 21/00</i> (2006.01)i; <i>G03B 21/28</i> (2006.01)i FI: G02B17/08; G02B13/16; G02B13/18; G03B21/00 D; G03B21/28		
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; G02B13/16; G02B13/18; G03B21/00; G03B21/28		
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 1971-2024 Registered utility model specifications of Japan 1996-2024 Published registered utility model applications of Japan 1994-2024		
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.
X	WO 2022/107592 A1 (PANASONIC INTELLECTUAL PROPERTY MANAGEMENT CO., LTD.) 27 May 2022 (2022-05-27) paragraphs [0072]-[0073], [0170]-[0174], fig. 14-15, 26, etc.	1-14
X	JP 2021-117276 A (SEIKO EPSON CORPORATION) 10 August 2021 (2021-08-10) paragraphs [0044]-[0061], [0077]-[0094], fig. 6-9, 14-17, etc.	1-14
X	JP 2006-154364 A (OLYMPUS CORPORATION) 15 June 2006 (2006-06-15) paragraphs [0060]-[0064], [0093], [0108]-[0111], fig. 1-4, 31-34, etc.	1-14
A	JP 2020-042103 A (RICOH INDUSTRIAL SOLUTIONS INC.) 19 March 2020 (2020-03-19) entire text, all drawings	1-14
<input type="checkbox"/> Further documents are listed in the continuation of Box C. <input checked="" type="checkbox"/> 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 "D" document cited by the applicant in the international application "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 29 August 2024		Date of mailing of the international search report 10 September 2024
Name and mailing address of the ISA/JP Japan Patent Office (ISA/JP) 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/JP2024/022800

Patent document cited in search report			Publication date (day/month/year)	Patent family member(s)	Publication date (day/month/year)
WO	2022/107592	A1	27 May 2022	US 2023/0288685 A1 paragraphs [0116]-[0117], [0229], fig. 14-15, 26, etc.	
				EP 4249981 A1	
				CN 116601539 A	
				TW 202235952 A	
JP	2021-117276	A	10 August 2021	US 2021/0232027 A1 paragraphs [0057]-[0071], [0084]-[0098], fig. 6-9, 14-17, etc.	
				CN 113156747 A	
JP	2006-154364	A	15 June 2006	(Family: none)	
JP	2020-042103	A	19 March 2020	CN 110888288 A	

A. 発明の属する分野の分類（国際特許分類（IPC）） G02B 17/08(2006.01)i; G02B 13/16(2006.01)i; G02B 13/18(2006.01)i; G03B 21/00(2006.01)i; G03B 21/28(2006.01)i FI: G02B17/08; G02B13/16; G02B13/18; G03B21/00 D; G03B21/28		
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（IPC）） G02B17/08; G02B13/16; G02B13/18; G03B21/00; G03B21/28		
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 1922-1996年 日本国公開実用新案公報 1971-2024年 日本国実用新案登録公報 1996-2024年 日本国登録実用新案公報 1994-2024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
X	WO 2022/107592 A1 (パナソニックIPマネジメント株式会社) 27.05.2022 (2022-05-27) 段落 [0072] - [0073]、[0170] - [0174]、図14-15, 26等	1-14
X	JP 2021-117276 A (セイコーエプソン株式会社) 10.08.2021 (2021-08-10) 段落 [0044] - [0061]、[0077] - [0094]、図6-9, 14-17等	1-14
X	JP 2006-154364 A (オリンパス株式会社) 15.06.2006 (2006-06-15) 段落 [0060] - [0064]、[0093]、[0108] - [0111]、図1-4, 31-34等	1-14
A	JP 2020-042103 A (リコーインダストリアルソリューションズ株式会社) 19.03.2020 (2020-03-19) 全文全図	1-14
<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。		
* 引用文献のカテゴリー “A” 特に関連のある文献ではなく、一般的技术水準を示すもの “D” 国際出願で出願人が先行技術文献として記載した文献 “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 “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 29.08.2024	国際調査報告の発送日 10.09.2024	
名称及びあて先 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	権限のある職員（特許庁審査官） 殿岡 雅仁 20 4748 電話番号 03-3581-1101 内線 3271	

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/JP2024/022800

引用文献	公表日	パテントファミリー文献	公表日
WO 2022/107592 A1	27.05.2022	US 2023/0288685 A1 段落 [0116] - [0117]、[0229]、図14-15、26等 EP 4249981 A1 CN 116601539 A TW 202235952 A	
JP 2021-117276 A	10.08.2021	US 2021/0232027 A1 段落 [0057] - [0071]、[0084] - [0098]、図6-9、14-17等 CN 113156747 A	
JP 2006-154364 A	15.06.2006	(ファミリーなし)	
JP 2020-042103 A	19.03.2020	CN 110888288 A	