(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23日(23.01.2025)

WIPO | PCT

(10) 国際公開番号
WO 2025/018307 A1

(51) 国際特許分類:
G02B 17/08 (2006.01)

(21) 国際出願番号： PCT/JP2024/025318

(22) 国際出願日： 2024年7月12日(12.07.2024)

(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 2023-116335 2023年7月14日(14.07.2023) JP

(71) 出願人: 富士フイルム株式会社 (**FUJIFILM CORPORATION**) [JP/JP]; 〒1068620 東京都港区西麻布２丁目２６番３０号 Tokyo (JP).

(72) 発明者: 天野 賢 (**AMANO, Masaru**); 〒3319624 埼玉県さいたま市北区植竹町１丁目３２４番地 富士フイルム株式会社内 Saitama (JP).

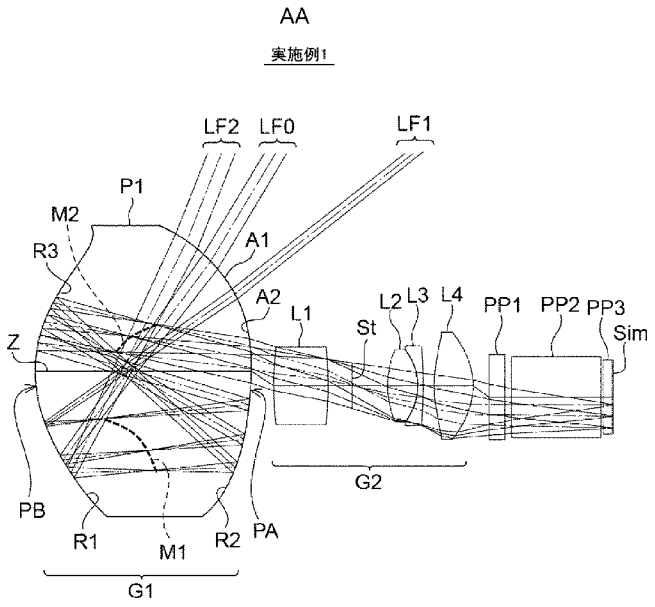
(74) 代理人: 弁理士法人太陽国際特許事務所 (**TAIYO, NAKAJIMA & KATO**); 〒1600022 東京都新宿区新宿４丁目３番１７号 Tokyo (JP).

(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, 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, KH, KN, KP, KR, KW, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LU, LY, MA, MD, MG, MK, MN, MU, MW, MX, MY,

WO 2025/018307 A1

(54) **Title:** IMAGE-FORMING OPTICAL SYSTEM, PROJECTION-TYPE DISPLAY DEVICE, AND IMAGING DEVICE

(54) 発明の名称： 結像光学系、投写型表示装置及び撮像装置



AA Example 1

(57) **Abstract:** This image-forming optical system comprises a first optical system and a second optical system in the stated order from the enlargement side toward the reduction side along the optical path, and an intermediate image is formed at least twice between an enlargement-side image-forming surface and a reduction-side image-forming surface. The first optical system includes at least two reflective surfaces each having a curvature. The surface of the first optical system closest to the enlargement side on the optical path is a first refraction surface that refracts light beams reflected

[続葉有]

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))

by the reflection surfaces of the first optical system. The surface of the first optical system closest to the reduction side on the optical path is the surface on the most reduced side on the optical path among the surfaces through which light beams pass a plurality of times.

(57) 要約:結像光学系は、拡大側から縮小側へ光路に沿って順に、第１光学系と、第２光学系とからなり、拡大側結像面と縮小側結像面との間に中間像が少なくとも２回形成される。第１光学系は、曲率を有する反射面を少なくとも２面含む。第１光学系の光路上の最も拡大側の面は、第１光学系の反射面で反射された光線を屈折させる第１屈折面である。第１光学系の光路上の最も縮小側の面は、光線が複数回経由する面のうち光路上の最も縮小側の面である。

明　細　書

発明の名称 ： 結像光学系、投写型表示装置及び撮像装置

技術分野

[0001]　本開示の技術は、結像光学系、投写型表示装置及び撮像装置に関する。

背景技術

[0002]　従来、投写型表示装置及び撮像装置等に使用可能な結像光学系として、特開２００８－２５０２９６号公報、特開２０１７－０４０８４９号公報、及び特開２０２０－０２４３５９号公報に記載されたものが知られている。

発明の概要

[0003]　近年、少ない数の光学要素で小型に構成されながら、広角かつ良好な光学性能を有する結像光学系が要望されている。

[0004]　本開示は、上記事情に鑑みなされたものであり、少ない数の光学要素で小型に構成されながら、広角かつ良好な光学性能を有する結像光学系、並びに、この結像光学系を備えた投写型表示装置及び撮像装置を提供する。

課題を解決するための手段

[0005]　本開示の第１の態様は、結像光学系であって、拡大側から縮小側へ光路に沿って順に、第１光学系と、第２光学系とからなり、拡大側結像面と縮小側結像面との間に中間像が少なくとも２回形成され、第１光学系は、曲率を有する反射面を少なくとも２面含み、第１光学系の光路上の最も拡大側の面は、第１光学系の反射面で反射された光線を屈折させる第１屈折面であり、第１光学系の光路上の最も縮小側の面は、光線が複数回経由する面のうち光路上の最も縮小側の面である。

[0006]　上記第１の態様において、第１屈折面から第１光学系の光路上の最も拡大側の反射面までの光軸上の距離をＬ１とし、第１光学系の光路上の最も拡大側の反射面から第２光学系の光路上の最も縮小側の面までの光軸上の距離をＬ２とした場合、

$$0.1 < |L1/L2| < 0.8 \quad (1)$$

で表される条件式（１）を満足することが好ましく、

０．２＜｜Ｌ１／Ｌ２｜＜０．７　　（１－１）

で表される条件式（１－１）を満足することがより好ましい。

[0007] 上記第１の態様において、第１屈折面から第１光学系の光路上の最も縮小側の反射面までの光軸上の距離をＬ３とし、第１光学系の光路上の最も縮小側の反射面から第２光学系の光路上の最も縮小側の面までの光軸上の距離をＬ４とした場合、

０．１＜｜Ｌ３／Ｌ４｜＜０．８　　（２）

で表される条件式（２）を満足することが好ましく、

０．２＜｜Ｌ３／Ｌ４｜＜０．７　　（２－１）

で表される条件式（２－１）を満足することがより好ましい。

[0008] 上記第１の態様において、第１光学系の内部で、曲率を有する反射面によって光線が３回反射されることが好ましい。

[0009] 上記第１の態様において、第１光学系の光路上の最も拡大側の反射面と、第１光学系の光路上の最も縮小側の反射面とは、凹面形状であることが好ましい。

[0010] 上記第１の態様において、第１光学系の内部に中間像が２回形成されることが好ましい。

[0011] 上記第１の態様において、第１屈折面は、自由曲面形状であることが好ましい。

[0012] 上記第１の態様において、縮小側結像面に配置される表示素子又は撮像素子を含み、第１光学系の光軸及び第２光学系の光軸の少なくとも一方は、表示素子又は撮像素子の中心に対して、光軸と直交する方向にシフトしていることが好ましい。

[0013] 上記第１の態様において、第１光学系の光軸は、第２光学系の光軸と表示素子又は撮像素子の中心のそれぞれに対して、光軸と直交する方向にシフトしており、第２光学系の光軸は、表示素子又は撮像素子の中心に対して、光軸と直交する方向にシフトしていることが好ましい。

[0014] 上記第１の態様において、第１屈折面は、光線を２回透過させることが好ましい。

[0015] 上記第１の態様において、第１屈折面と、１つの反射面とは、同一の光学部材に形成されていることが好ましい。

[0016] 上記第１の態様において、第１光学系は、１つの光学部材からなることが好ましい。

[0017] 上記第１の態様において、光学部材は、光線を２回透過させ、かつ、光線を１回反射させる第１屈折面と、第１屈折面に対向する面であって、光線を２回反射させる面と、を含んで構成されることが好ましい。

[0018] 上記第１の態様において、第１光学系の光路上の最も拡大側の反射面と、第１光学系の光路上の最も縮小側の反射面とは、同一の面に形成されていることが好ましい。

[0019] 本開示の第２の態様は、結像光学系であって、拡大側結像面と縮小側結像面との間に中間像が少なくとも２回形成され、光路上の最も拡大側に配置された光学部材が、光路上の最も拡大側の面であって、光線を２回透過させ、かつ、光線を１回反射させるＰＡ面と、ＰＡ面に対向する面であって、光線を２回反射させるＰＢ面と、を含んで構成される。

[0020] 上記第２の態様において、光学部材の内部に中間像が２回形成されることが好ましい。

[0021] 本開示の第３の態様は、投写型表示装置であって、上記第１の態様又は第２の態様に記載の結像光学系を備える。

[0022] 本開示の第４の態様は、撮像装置であって、上記第１の態様又は第２の態様に記載の結像光学系を備える。

[0023] なお、本明細書の「～からなり」、「～からなる」は、挙げられた構成要素以外に、実質的に屈折力を有しないレンズ、並びに、絞り、マスク、フィルタ、カバーガラス、平面ミラー及びプリズム等のレンズ以外の光学要素、並びに、レンズフランジ、レンズバレル、撮像素子及び手振れ補正機構等の機構部分等が含まれていてもよいことを意図する。

[0024] 本明細書の「光線」は、拡大側結像面又は縮小側結像面での結像に用いられる光線を指す。「光路上の最も拡大側の反射面」は、光学系が有する全ての反射面のうち、光路上の最も拡大側のものを意図する。「光路上の最も縮小側の反射面」は、光学系が有する全ての反射面のうち、光路上の最も縮小側のものを意図する。

[0025] 非球面に関する屈折力の符号及び面形状は、特に断りが無い限り、近軸領域で考えることとする。条件式で用いている「光軸上の距離」は、特に断りが無い限り、幾何学的距離である。

発明の効果

[0026] 本開示によれば、少ない数の光学要素で小型に構成されながら、広角かつ良好な光学性能を有する結像光学系、並びに、この結像光学系を備えた投写型表示装置及び撮像装置を提供できる。

図面の簡単な説明

[0027] [図1]実施例１の結像光学系に対応し、一実施形態に係る結像光学系の構成及び光束を示す断面図である。

[図2]光軸のシフトを説明するための図である。

[図3]表示面を示す図である。

[図4]実施例１のスポットダイヤグラムを示す図である。

[図5]実施例１の歪曲格子を示す図である。

[図6]実施例２の結像光学系の構成及び光束を示す断面図である。

[図7]実施例２のスポットダイヤグラムを示す図である。

[図8]実施例２の歪曲格子を示す図である。

[図9]実施例３の結像光学系の構成及び光束を示す断面図である。

[図10]実施例３のスポットダイヤグラムを示す図である。

[図11]実施例３の歪曲格子を示す図である。

[図12]実施例４の結像光学系の構成及び光束を示す断面図である。

[図13]実施例４のスポットダイヤグラムを示す図である。

[図14]実施例４の歪曲格子を示す図である。

[図15]一実施形態に係る投写型表示装置の概略構成図である。

[図16]別の実施形態に係る投写型表示装置の概略構成図である。

[図17]さらに別の実施形態に係る投写型表示装置の概略構成図である。

[図18]一実施形態に係る撮像装置の正面側の斜視図である。

[図19]一実施形態に係る撮像装置の背面側の斜視図である。

発明を実施するための形態

[0028] 以下、本開示の技術に係る実施形態の一例について図面を参照して詳細に説明する。図１に、本開示の一実施形態に係る結像光学系の構成及び光束の断面図を示す。図１に示す構成例は、後述の実施例１に対応している。図１には、光束ＬＦ０、ＬＦ１及びＬＦ２も図示している。

[0029] 本開示の技術に係る結像光学系は、投写型表示装置に搭載され、縮小側結像面に表示素子が配置される投写光学系とすることもでき、また、デジタルカメラ等に搭載され、縮小側結像面に撮像素子が配置される撮像光学系とすることもできる。以下では本開示の技術に係る結像光学系について、投写光学系の用途で使用される場合を想定して説明する。

[0030] 図１では、結像光学系が投写型表示装置に搭載されることを想定して、結像光学系の縮小側に光学部材ＰＰ１～ＰＰ３及びライトバルブの表示面Ｓｉｍを配置した例を示している。ライトバルブは光学像を出力する表示素子であり、この光学像は表示面Ｓｉｍに画像として表示される。ライトバルブとしては、例えば、液晶表示素子、又はＤＭＤ（デジタル・マイクロミラー・デバイス：登録商標）等の画像表示素子を用いることができる。光学部材ＰＰ１～ＰＰ３は、各種フィルタ、カバーガラス及び色合成プリズム等を想定した部材である。光学部材ＰＰ１～ＰＰ３は屈折力を有しない部材である。光学部材ＰＰ１～ＰＰ３の材料、長さ及び部品数を適宜変更することは可能であり、また、光学部材ＰＰ１～ＰＰ３の一部又は全部を省略した構成も可能である。

[0031] 結像光学系は、例えば、投写型表示装置に搭載されて、縮小側の表示素子の表示面Ｓｉｍに表示される画像を拡大側の投写面に投写する。投写型表示

装置においては、表示面Ｓｉｍで画像情報を与えられた光束が光学部材ＰＰ１～ＰＰ３を介して結像光学系に入射され、結像光学系により投写面であるスクリーン（例えば図１５の符号１０５参照）に投写される。すなわち、表示面Ｓｉｍとスクリーンとは光学的に共役な位置にある。スクリーンは本開示の「拡大側結像面」の一例であり、表示面Ｓｉｍは本開示の「縮小側結像面」の一例である。なお、本明細書において「スクリーン」は、結像光学系が形成する投写像が投写される対象物を意味する。スクリーンとしては、例えば、専用のスクリーンの他、部屋の壁面、床面、天井及び建物の外壁等でもよい。

[0032] 本明細書の説明において、「拡大側」は光路上でのスクリーン側を意味し、「縮小側」は光路上での表示面Ｓｉｍ側を意味する。本明細書では、「拡大側」及び「縮小側」は、光路に沿って決められるものである。例えば折り曲げられた光路を形成する結像光学系における「レンズＡはレンズＢより拡大側にある」は「レンズＡはレンズＢより拡大側の光路にある」と同じ意味である。よって、折り曲げられた光路を形成する結像光学系における「最も拡大側の～」は、光路上における並び順として最も拡大側という意味であり、距離的にスクリーンに最も近いということを意味するものではない。

[0033] 本開示の結像光学系は、拡大側結像面と縮小側結像面との間に中間像が少なくとも２回形成されるように構成される。光学系内で中間像を形成する構成とすることによって、全系の焦点距離を短くして広角化に適した構成とすることができる。また、中間像を２回以上形成する構成とすることによって、光路上の最も拡大側に配置される光学部材の小径化を図りながら、広角化と高性能化を図ることができる。

[0034] 本開示の結像光学系は、拡大側から縮小側へ光路に沿って順に、以下に述べるような第１光学系Ｇ１と、第２光学系Ｇ２とからなることが好ましい。一例として、図１の結像光学系は以下のように構成されている。第１光学系Ｇ１は、光学部材Ｐ１からなる。第２光学系Ｇ２は、拡大側から縮小側へ順に、レンズＬ１と、開口絞りＳｔと、レンズＬ２～Ｌ４と、からなる。第１

光学系Ｇ１の光学部材Ｐ１の内部で中間像Ｍ１及びＭ２が形成されている。なお、図１に示す開口絞りＳｔは、大きさ又は形状を示すのではなく、光軸Ｚ方向の位置を示す。また、図１では中間像Ｍ１及びＭ２を概念的に破線で示しており、図１に示す中間像Ｍ１及びＭ２の形状は正確ではない。

[0035] 第１光学系Ｇ１は、曲率を有する反射面を少なくとも２面含むことが好ましい。一般に、広角化を図ると色収差が課題となるが、光学系全体のうち拡大側に配置された第１光学系Ｇ１が反射面を含むことによって、反射の際には色収差が発生しないことから、光学系全体での色収差の発生を低減できる。また、光を複数回反射させることによって、必要な光路長を確保しながら光学系をコンパクトに構成することができるため、小型化に寄与できる。また、反射面を複数含むことによって、各反射面のパワーを抑えることができるため、諸収差の発生を低減でき、各光学要素のパワーを低減できる。特に、第２光学系Ｇ２の収差補正等に係る負担を低減できるため、第２光学系Ｇ２の光学部材の構成数を少なくでき、小型化に寄与できる。

[0036] 第１光学系Ｇ１の光路上の最も拡大側の面は、第１光学系Ｇ１の反射面で反射された光線を屈折させるように構成されることが好ましい。このような構成とすることによって、第１光学系Ｇ１の反射面の小型化と、広角化を図る際に課題となる歪曲収差等の補正と、の両立が可能となる。以下、このような第１光学系Ｇ１の光路上の最も拡大側の面であり、かつ、反射面で反射された光線を屈折させる作用も有する面を「第１屈折面」と称する。

[0037] 具体的には、第１光学系Ｇ１の光路上の最も縮小側の面は、光線が複数回経由する面のうち光路上の最も縮小側の面であることが好ましい。すなわち、光学系全体に含まれる各光学面のうち、光線が複数回経由するような光学面は全て第１光学系Ｇ１に含まれ、第２光学系Ｇ２に含まれる各光学面は、光線が１回のみ経由するものであることが好ましい。

[0038] 本開示の結像光学系は、第１光学系Ｇ１の内部で、曲率を有する反射面によって光線が３回反射されるように構成されることが好ましい。この場合、第１光学系Ｇ１が曲率を有する反射面を少なくとも２つ含むことによる上述

した効果をより良好に得ることができる。なお、仮に光線を４回以上反射させようとすると、反射面の配置が困難になり、小型化に不利となる場合がある。

[0039] 一例として、図１の第１光学系Ｇ１は、光学部材Ｐ１の２つの面ＰＡ及び面ＰＢによって、その内部で光線を３回反射させている。具体的には、第１光学系Ｇ１は、拡大側から縮小側へ進む光線が、面ＰＡの領域Ａ１で１回目の屈折、面ＰＢの領域Ｒ１で１回目の反射、面ＰＡの領域Ｒ２で２回目の反射、面ＰＢの領域Ｒ３で３回目の反射、面ＰＡの領域Ａ２で２回目の屈折をするように構成されている。光学部材Ｐ１の面ＰＡが、本開示の「第１屈折面」の一例である。以下、第１屈折面の参照符号としてＰＡを用いる。

[0040] 第１屈折面ＰＡは、自由曲面形状であることが好ましい。第１屈折面ＰＡ、すなわち光路上の最も拡大側の屈折面を、自由曲面形状とすることによって、縮小側共役面の像と拡大側共役面の像のアスペクト比の制御が容易となる。また、第１屈折面ＰＡを自由曲面形状とすることによって、歪曲収差の補正に有利となり、小型化と高性能化の両立を図ることができる。

[0041] また、第１屈折面ＰＡは、光線を２回透過させるものであることが好ましい。このような構成とすることによって、製造の際の各光学面の相対的な位置合わせ作業等に要する時間及び工数を削減でき、コストダウンに寄与できる。

[0042] 第１屈折面ＰＡと、１つの反射面とは、同一の光学部材に形成されていることが好ましい。すなわち、第１屈折面ＰＡを含む光学部材は、第１屈折面ＰＡ又はその他の面において、少なくとも１回の反射を行うように構成されることが好ましい。このような構成とすることによって、製造の際に各屈折面及び各反射面の相対的な位置がずれることで生じ得る性能の劣化（例えば歪曲収差及び像面湾曲の劣化）を抑制できるため、性能の確保に有利となる。また、製造の際の各光学面の相対的な位置合わせ作業等に要する時間及び工数を削減でき、コストダウンに寄与できる。

[0043] 第１光学系Ｇ１の光路上の最も拡大側の反射面と、第１光学系Ｇ１の光路

上の最も縮小側の反射面とは、凹面形状であることが好ましい。光路上の最も拡大側の反射面を収束作用のある凹面形状とすることによって、発散作用のある凸面形状とする場合と比べて、当該反射面を小型化しながら、当該反射面より拡大側の屈折面も小型化できる。また、光路上の最も縮小側の反射面を凹面形状とすることによって、当該反射面より拡大側の光学系が大型化することを抑制でき、光学系全系の小型化に寄与できる。図１の面ＰＢが、「第１光学系Ｇ１の光路上の最も拡大側の反射面」及び「第１光学系Ｇ１の光路上の最も縮小側の反射面」の一例である。

[0044] 第１光学系Ｇ１の光路上の最も拡大側の反射面と、第１光学系Ｇ１の光路上の最も縮小側の反射面とは、同一の面に形成されていることが好ましい。同一の面（例えば図１の面ＰＢ）で反射が２回行われるように構成することによって、製造の際に各反射面の相対的な位置がずれることで生じ得る性能の劣化（例えば歪曲収差及び像面湾曲の劣化）を抑制できるため、性能の確保に有利となる。また、製造の際の各光学面の相対的な位置合わせ作業等に要する時間及び工数を削減でき、コストダウンに寄与できる。

[0045] なお、「同一の面」とは、連続した面であって、同じ設計データに基づき形成された形状を有する面である。「同じ設計データ」とは、球面形状の場合は曲率半径が同じであることを意味し、非球面形状の場合は非球面式及び非球面係数が同じであることを意味し、自由曲面形状の場合は自由曲面式及び自由曲面係数が同じであることを意味する。

[0046] 図１の例のように、第１光学系Ｇ１が、１つの光学部材Ｐ１からなるようにした場合は、製造の際に各屈折面及び各反射面の相対的な位置がずれることで生じ得る性能の劣化（例えば歪曲収差及び像面湾曲の劣化）をより抑制できるため、性能の確保により有利となる。また、製造の際の各光学面の相対的な位置合わせ作業等に要する時間及び工数を削減でき、コストダウンに寄与できる。

[0047] 具体的には、光学部材Ｐ１は、光路上の最も拡大側の面であって、光線を２回透過させ、かつ、光線を１回反射させる面ＰＡと、面ＰＡに対向する面

であって、光線を２回反射させる面ＰＢと、を含んで構成される。光学部材Ｐ１の内部で合計３回の反射が行われることによって、反射の際には色収差が発生しないことから、光学系全体での色収差の発生を低減できる。また、光を３回反射させることによって、必要な光路長を確保しながら光学系をコンパクトに構成することができるため、小型化に寄与できる。また、光を３回反射させることによって、各反射面のパワーを抑えることができるため、諸収差の発生を低減でき、各光学要素のパワーを低減できる。また、光学部材Ｐ１への光の入射と射出が１つの面ＰＡで行われることによって、光学部材Ｐ１の小型化に寄与できる。光学部材Ｐ１の面ＰＡが本開示の「ＰＡ面」の一例であり、光学部材Ｐ１の面ＰＢが本開示の「ＰＢ面」の一例である。

[0048] なお、図１の例では、光路上の最も拡大側に配置される光学部材が、１つの光学部材Ｐ１で構成される例を図示しているが、本開示の結像光学系はこれに限定されるものではない。例えば、１つの光学部材Ｐ１に代えて、２つ以上の光学部材が接合されたものを適用してもよい。また、これらの光学部材の材料は、樹脂でもよいし、ガラスでもよい。

[0049] また、本開示の結像光学系は、第１光学系Ｇ１の内部に中間像が２回形成されるように構成されることが好ましい。図１の例のように、第１光学系Ｇ１が１つの光学部材Ｐ１からなるようにした場合は、光学部材Ｐ１の内部に中間像が２回形成されるように構成されてもよい。これらの場合、拡大側結像面と縮小側結像面との間に中間像が少なくとも２回形成されることによる上述した効果をより良好に得ることができる。

[0050] 図２は、第１光学系Ｇ１の光軸Ｚ１及び第２光学系Ｇ２の光軸Ｚ２のシフトを説明するための図であり、図１の結像光学系に対応する。図２に示す二点鎖線の光軸Ｚｖは、後述するレンズデータ上の仮想の光軸である。図１に示す光軸Ｚは、図２に示す第１光学系Ｇ１における光軸Ｚ１と、第２光学系Ｇ２における光軸Ｚ２と、第２光学系Ｇ２の最も縮小側の面から表示面Ｓｉｍまでの間における仮想の光軸Ｚｖと、を総括したものである。

[0051] 図３は、レンズデータ上の仮想の光軸Ｚｖ（図２参照）が通過する点を原

点とした場合のＸＹ座標系における表示面Ｓｉｍを示したものである。図３では、表示面Ｓｉｍの内部を便宜的に格子によって８マスに区画して示している。格子点Ｓ０が表示面Ｓｉｍの中心であり、原点（仮想の光軸Ｚｖ）よりも図２及び図３における下方にシフトしている。図１に示す光束ＬＦ０が図３の格子点Ｓ０を通過し、図１に示す光束ＬＦ１が図３の格子点Ｓ１を通過し、図１に示す光束ＬＦ２が図３の格子点Ｓ２を通過する。

[0052] 本開示の結像光学系において、第１光学系Ｇ１の光軸Ｚ１及び第２光学系Ｇ２の光軸Ｚ２の少なくとも一方は、縮小側結像面（表示面Ｓｉｍ）に配置される表示素子の中心（格子点Ｓ０）に対して、光軸Ｚ１及びＺ２と直交する方向にシフトしていることが好ましい。具体的には、第１光学系Ｇ１の光軸Ｚ１は、第２光学系Ｇ２の光軸Ｚ２と表示素子の中心のそれぞれに対して、光軸Ｚ１と直交する方向にシフトしており、第２光学系Ｇ２の光軸Ｚ２は、表示素子の中心に対して、光軸Ｚ２と直交する方向にシフトしていることが好ましい。すなわち、図２に示すように、本開示の結像光学系は、光軸Ｚ１と、光軸Ｚ２と、表示素子の中心（格子点Ｓ０）と、のそれぞれが互いにシフトしていてもよい。なお、本開示の結像光学系が撮像光学系として用いられる場合は、表示素子に代えて撮像素子が縮小側結像面に配置されるが、その場合も同様の構成としてもよい。

[0053] 第２光学系Ｇ２の光軸Ｚ２と表示素子（又は撮像素子）の中心をシフトさせた場合は、光軸Ｚ２に直交する方向における表示素子（又は撮像素子）の位置の自由度が向上するため、光学系内部での光線の干渉を避けやすくなる。また、第１光学系Ｇ１の光軸Ｚ１と第２光学系Ｇ２の光軸Ｚ２をシフトさせた場合は、上述した光線の干渉を避ける効果に加えて、光軸Ｚ１及びＺ２に直交する方向における第１光学系Ｇ１及び第２光学系Ｇ２の位置の自由度が向上するため、設計性能を向上できる。

[0054] 次に、本開示の結像光学系の条件式に関する好ましい構成及び可能な構成について述べる。以下の条件式に関する説明では、冗長な説明を避けるため、定義が同じものには同じ記号を用いて記号の重複説明を省略する。条件式

で用いる「光軸」とは、レンズデータ上の仮想の光軸Ｚｖ（図２参照）である。

[0055] 本開示の結像光学系は、第１屈折面ＰＡから第１光学系Ｇ１の光路上の最も拡大側の反射面までの光軸上の距離をＬ１とし、第１光学系Ｇ１の光路上の最も拡大側の反射面から第２光学系Ｇ２の光路上の最も縮小側の面までの光軸上の距離をＬ２とした場合、下記条件式（１）を満足することが好ましい。図１の例では、「第１光学系Ｇ１の光路上の最も拡大側の反射面」は面ＰＢであり、「第２光学系Ｇ２の光路上の最も縮小側の面」はレンズＬ４の縮小側の面である。条件式（１）の上限以上とならないようにすることによって、Ｌ２に対するＬ１の長さが大きくなり過ぎないため、第１屈折面ＰＡ（すなわち光路上の最も拡大側の屈折面）の径が増大することを抑制できる。条件式（１）の下限以下とならないようにすることによって、Ｌ１に対するＬ２の長さが大きくなり過ぎないため、光学系全体が大型化することを抑制できる。より良好な特性を得るためには、本開示の結像光学系は、下記条件式（１－１）を満足することがより好ましい。

０．１＜｜Ｌ１／Ｌ２｜＜０．８ （１）

０．２＜｜Ｌ１／Ｌ２｜＜０．７ （１－１）

[0056] また、本開示の結像光学系は、第１屈折面ＰＡから第１光学系Ｇ１の光路上の最も縮小側の反射面までの光軸上の距離をＬ３とし、第１光学系Ｇ１の光路上の最も縮小側の反射面から第２光学系Ｇ２の光路上の最も縮小側の面までの光軸上の距離をＬ４とした場合、下記条件式（２）を満足することが好ましい。図１の例では、「第１光学系Ｇ１の光路上の最も縮小側の反射面」は面ＰＢである。条件式（２）の上限以上とならないようにすることによって、Ｌ４に対するＬ３の長さが大きくなり過ぎないため、第１屈折面ＰＡ（すなわち光路上の最も拡大側の屈折面）の径が増大することを抑制できる。条件式（２）の下限以下とならないようにすることによって、Ｌ３に対するＬ４の長さが大きくなり過ぎないため、光学系全体が大型化することを抑制できる。より良好な特性を得るためには、本開示の結像光学系は、下記条

件式（２－１）を満足することがより好ましい。

０．１＜｜Ｌ３／Ｌ４｜＜０．８　　（２）

０．２＜｜Ｌ３／Ｌ４｜＜０．７　　（２－１）

[0057] 条件式に関する構成も含め上述した好ましい構成及び可能な構成は、任意の組合せが可能であり、要求される仕様に応じて適宜選択的に採用されることが好ましい。本開示の技術の主旨を逸脱しない範囲内において種々の変形が可能である。例えば、本開示の技術においては、結像光学系に含まれるレンズ及び光学部材の枚数、並びにレンズ及び光学部材の形状は図１の例と異なっていてもよい。

[0058] 一例として、本開示の結像光学系の好ましい一態様は、拡大側から縮小側へ光路に沿って順に、第１光学系Ｇ１と、第２光学系Ｇ２とからなり、拡大側結像面と縮小側結像面との間に中間像が少なくとも２回形成され、第１光学系Ｇ１は、曲率を有する反射面を少なくとも２面含み、第１光学系Ｇ１の光路上の最も拡大側の面は、第１光学系Ｇ１の反射面で反射された光線を屈折させる第１屈折面ＰＡであり、第１光学系Ｇ１の光路上の最も縮小側の面は、光線が複数回経由する面のうち光路上の最も縮小側の面である。

[0059] また、本開示の結像光学系の好ましい別の態様は、拡大側結像面と縮小側結像面との間に中間像が少なくとも２回形成され、光路上の最も拡大側に配置された光学部材Ｐ１が、光路上の最も拡大側の面であって、光線を２回透過させ、かつ、光線を１回反射させるＰＡ面と、ＰＡ面に対向する面であって、光線を２回反射させるＰＢ面と、を含んで構成される。

[0060] 次に、本開示の結像光学系の実施例について図面を参照して説明する。なお、各実施例の断面図に付された参照符号は、参照符号の桁数の増大に伴う説明及び図面の煩雑化を避けるため、実施例ごとに独立して用いている。したがって、異なる実施例の図面において共通の参照符号が付されていても、必ずしも共通の構成ではない。以下、各実施例の説明における「光軸」とは、レンズデータ上の仮想の光軸Ｚｖを意味する（図２参照）。

[0061] ［実施例１］

実施例１の結像光学系の構成と光束の断面図は図１に示しており、その図示方法と構成は上述したとおりであるので、ここでは重複説明を一部省略する。実施例１の結像光学系は、拡大側から縮小側へ光路に沿って順に、第１光学系Ｇ１と、第２光学系Ｇ２とからなる。第１光学系Ｇ１は、光学部材Ｐ１からなる。実施例１の光学部材Ｐ１は、樹脂製レンズである。第２光学系Ｇ２は、拡大側から縮小側へ順に、レンズＬ１と、開口絞りＳｔと、レンズＬ２～Ｌ４と、からなる。第１光学系Ｇ１の光学部材Ｐ１の内部で中間像Ｍ１及びＭ２が形成されている。

[0062] 第１光学系Ｇ１及び第２光学系Ｇ２は、それぞれ光軸に直交する方向にシフトしている。図２における上方を正方向、下方を負方向とした場合の、仮想の光軸Ｚｖに対するシフト量は以下の通りである。第１光学系Ｇ１は正方向に３．３２２３ｍｍ（ミリメートル）であり、第２光学系Ｇ２は１．４５３７ｍｍ（ミリメートル）である。

[0063] 図３に示すように、表示面Ｓｉｍは横長の矩形状をしており、横が５．１８４ｍｍ（ミリメートル）、縦が２．９１６ｍｍ（ミリメートル）のサイズである。表示面Ｓｉｍの中心（格子点Ｓ０）の位置は、仮想の光軸Ｚｖを原点とするＸＹ座標において、座標（Ｘ、Ｙ）＝（０、－２．４５）に位置する（単位はｍｍ（ミリメートル））。

[0064] 実施例１の結像光学系について、基本レンズデータを表１に、自由曲面係数を表２Ａ及び表２Ｂに、非球面係数を表３に示す。自由曲面係数は１つの表の長大化を避けるため２つの表に分けて示している。

[0065] 基本レンズデータの表は以下のように記載されている。Ｓｎの列には、最も拡大側の面を第１面とし縮小側に向かうに従い１つずつ番号を増加させた場合の面番号を示す。非球面の面番号には＊印を付し、自由曲面の面番号には＊＊印を付している。Ｒの列には、各面の曲率半径を示し、自由曲面の欄には近軸曲率半径を示す。Ｄの列には、各面とその縮小側に隣接する面との光軸Ｚｖ上の面間隔を示す。Ｎｄの列には、各構成要素のｄ線に対する屈折率を示す。νｄの列には、各構成要素のｄ線基準のアッベ数を示す。表１の

第２０面が表示面Ｓｉｍに対応する。本明細書に記載の「ｄ線」は輝線であり、ｄ線の波長は５８７．５６ｎｍ（ナノメートル）として扱う。

[0066] 基本レンズデータの表では、拡大側に凸形状を向けた面の曲率半径の符号を正、縮小側に凸形状を向けた面の曲率半径の符号を負としている。Ｓｎの列のうち、第１屈折面ＰＡと、第１屈折面ＰＡに対向配置された面ＰＢと、開口絞りＳｔとに相当する面にはそれぞれ、（ＰＡ）、（ＰＢ）及び（Ｓｔ）という語句も記載している。

[0067] 表１の欄外に、投写距離、全画角及び絞り径の値を示す。投写距離は第１屈折面ＰＡからスクリーンまでの距離である。絞り径は開口絞りＳｔを開放状態にした場合の開口絞りＳｔの開口径（半径）である。各反射面に対応する行の欄外には「反射面」と記入している。

[0068] 表２Ａ及び表２Ｂには、各自由曲面について、Ｓｎの行には面番号を示し、Ｃ（ｉ，ｊ）の行には各自由曲面についての自由曲面係数の数値を示す。表２Ａ及び表２Ｂの自由曲面係数の数値の「Ｅ±ｎ」（ｎ：整数）は「×１０$^{\pm n}$」を意味する。表２Ａ及び表２Ｂに示す自由曲面係数は、下記式で表される自由曲面式における、回転非対称自由曲面係数Ｃ（ｉ，ｊ）の値である。

$$Z = \Sigma\Sigma C(i, j) \cdot X^{i} \cdot Y^{j}$$

ここで、

Ｘ、Ｙ、Ｚは、面頂点を原点とした各座標である。

また、上記式において、Ｘの値は絶対値である。

また、上記式において、１つ目のΣはｉに関する総和であり、２つ目のΣはｊに関する総和である。

[0069] 表３には、各非球面について、面番号と、非球面係数とを示す。表３において、Ｓｎの行には非球面の面番号を示し、ＫＡ及びＡｍの行には各非球面についての非球面係数の数値を示す。なお、Ａｍのｍは３以上の整数であり、面により異なる。例えば実施例１の第１２面ではｍ＝３、４、５、．．．、１０である。表３の非球面係数の数値の「Ｅ±ｎ」（ｎ：整数）は「×１０$^{\pm n}$」を意味する。ＫＡ及びＡｍは下式で表される非球面式における非球面

係数である。

$$Zd = C \times h^2 / \{1 + (1 - KA \times C^2 \times h^2)^{1/2}\} + \Sigma Am \times h^m$$

ただし、

Ｚｄ：非球面深さ（高さｈの非球面上の点から、非球面頂点が接する光軸Ｚに垂直な平面に下ろした垂線の長さ）

ｈ：高さ（光軸Ｚからレンズ面までの距離）

Ｃ：近軸曲率半径の逆数

ＫＡ、Ａｍ：非球面係数

であり、非球面式のΣはｍに関する総和を意味する。

[0070] 各表のデータにおいて、角度の単位としては度を用い、長さの単位としてはｍｍ（ミリメートル）を用いているが、光学系は比例拡大又は比例縮小しても使用可能なため他の適当な単位を用いることもできる。また、以下に示す各表では所定の桁でまるめた数値を記載している。

[0071]

[表1]

実施例1

Sn	R	D	Nd	νd	
**1 (PA)	∞	−26.9994	1.53158	55.078	
**2 (PB)	∞	26.9994	1.53158	55.078	反射面
**3 (PA)	∞	−26.9994	1.53158	55.078	反射面
**4 (PB)	∞	26.9994	1.53158	55.078	反射面
**5 (PA)	∞	2.8456			
6	46.2428	6.8086	1.62004	36.263	
7	−50.5621	3.0165			
8 (St)	∞	4.4150			
9	12.3251	3.7763	1.49700	81.607	
10	−7.5464	0.6991	1.91082	35.253	
11	−66.2925	1.3837			
*12	17.6310	4.8433	1.61881	63.854	
*13	−8.7368	2.0000			
14	∞	2.0000	1.51680	64.197	
15	∞	0.8000			
16	∞	11.2000	1.72342	37.955	
17	∞	0.3000			
18	∞	1.1000	1.48749	70.440	
19	∞	0.1569			
20	∞				

投写距離 (mm)	338
全画角 (度)	143
絞り径 (mm)	2.90

[0072]

[表2A]

実施例1

Sn	1, 3, 5	2, 4
C(1, 0)	0.00000E+00	0.00000E+00
C(0, 1)	1.13833E-02	-2.14352E-05
C(2, 0)	-1.15527E-02	2.82347E-02
C(1, 1)	0.00000E+00	0.00000E+00
C(0, 2)	-1.20261E-02	2.82813E-02
C(3, 0)	0.00000E+00	0.00000E+00
C(2, 1)	-5.73513E-04	-9.20575E-05
C(1, 2)	0.00000E+00	0.00000E+00
C(0, 3)	-6.61433E-04	1.53320E-04
C(4, 0)	-1.68797E-05	1.25728E-05
C(3, 1)	0.00000E+00	0.00000E+00
C(2, 2)	-9.20200E-05	2.99377E-05
C(1, 3)	0.00000E+00	0.00000E+00
C(0, 4)	-5.77343E-05	7.70726E-06
C(5, 0)	0.00000E+00	0.00000E+00
C(4, 1)	-5.66950E-07	1.89663E-06
C(3, 2)	0.00000E+00	0.00000E+00
C(2, 3)	2.99715E-06	7.24427E-07
C(1, 4)	0.00000E+00	0.00000E+00
C(0, 5)	1.03043E-06	-4.39594E-07
C(6, 0)	-1.39229E-07	-9.63461E-08
C(5, 1)	0.00000E+00	0.00000E+00
C(4, 2)	-1.25063E-07	-4.45114E-07
C(3, 3)	0.00000E+00	0.00000E+00
C(2, 4)	2.61293E-07	-2.44380E-07
C(1, 5)	0.00000E+00	0.00000E+00
C(0, 6)	1.18044E-07	-6.78736E-08
C(7, 0)	0.00000E+00	0.00000E+00
C(6, 1)	1.10609E-08	-1.06467E-08
C(5, 2)	0.00000E+00	0.00000E+00
C(4, 3)	-7.17764E-09	-5.50281E-09
C(3, 4)	0.00000E+00	0.00000E+00
C(2, 5)	-1.24232E-08	4.07042E-09
C(1, 6)	0.00000E+00	0.00000E+00
C(0, 7)	-6.92744E-10	3.11113E-09

[0073] [表2B]

実施例1

Sn	1, 3, 5	2, 4
C(8, 0)	6.03556E-10	-8.17955E-10
C(7, 1)	0.00000E+00	0.00000E+00
C(6, 2)	7.67061E-10	1.80739E-09
C(5, 3)	0.00000E+00	0.00000E+00
C(4, 4)	1.37936E-09	8.36562E-10
C(3, 5)	0.00000E+00	0.00000E+00
C(2, 6)	-2.45212E-11	-3.35854E-10
C(1, 7)	0.00000E+00	0.00000E+00
C(0, 8)	-3.49655E-11	9.09979E-11
C(9, 0)	0.00000E+00	0.00000E+00
C(8, 1)	-6.35547E-11	7.88484E-11
C(7, 2)	0.00000E+00	0.00000E+00
C(6, 3)	2.23487E-11	-4.52644E-11
C(5, 4)	0.00000E+00	0.00000E+00
C(4, 5)	2.53438E-11	-4.21819E-11
C(3, 6)	0.00000E+00	0.00000E+00
C(2, 7)	1.99032E-11	-4.15762E-11
C(1, 8)	0.00000E+00	0.00000E+00
C(0, 9)	-1.64856E-12	-1.29666E-11
C(10, 0)	-2.17687E-13	7.55272E-12
C(9, 1)	0.00000E+00	0.00000E+00
C(8, 2)	8.00319E-13	2.74232E-12
C(7, 3)	0.00000E+00	0.00000E+00
C(6, 4)	-4.91705E-12	-3.36362E-12
C(5, 5)	0.00000E+00	0.00000E+00
C(4, 6)	-5.92253E-12	3.28509E-12
C(3, 7)	0.00000E+00	0.00000E+00
C(2, 8)	-2.31094E-12	2.12353E-12
C(1, 9)	0.00000E+00	0.00000E+00
C (0, 10)	-4.50506E-13	-2.35751E-13

[0074]

[表3]

実施例1

Sn	12	13
KA	1.00000E+00	1.00000E+00
A3	0.00000E+00	0.00000E+00
A4	-1.58832E-04	3.19153E-04
A5	-5.99866E-05	-3.29306E-05
A6	2.24642E-05	1.01124E-05
A7	-2.80712E-06	-8.00563E-07
A8	-9.75641E-08	-1.44356E-07
A9	5.10402E-08	3.21416E-08
A10	-3.35194E-09	-1.58132E-09

[0075] 図４に、実施例１において拡大側から縮小側へ向かって光線追跡した場合のスポットダイヤグラムを示す。図４の各スポットダイヤグラムは、図３の表示面Ｓｉｍに黒丸で示した１５個の各格子点におけるスポットダイヤグラムである。

[0076] 図５に、実施例１の歪曲格子（Distortion Grid）を示す。歪曲格子は、格子パターンからなる画像を実施例１の結像光学系を用いて投写した場合に、スクリーン上に形成される格子パターンの歪曲形状を示すものである。

[0077] 上記の実施例１に関する各データの記号、意味、記載方法及び図示方法は、特に断りが無い限り以下の実施例においても基本的に同様であるので、以下では重複説明を省略する。

[0078] ［実施例２］

図６に、実施例２の結像光学系の構成と光束の断面図を示す。実施例２の結像光学系は、拡大側から縮小側へ光路に沿って順に、第１光学系Ｇ１と、第２光学系Ｇ２とからなる。第１光学系Ｇ１は、光学部材Ｐ１からなる。実施例２の光学部材Ｐ１は、ガラス製レンズである。第２光学系Ｇ２は、拡大側から縮小側へ順に、レンズＬ１と、開口絞りＳｔと、レンズＬ２～Ｌ４と、からなる。第１光学系Ｇ１の光学部材Ｐ１の内部で中間像Ｍ１及びＭ２が形成されている。

[0079] 第１光学系Ｇ１及び第２光学系Ｇ２は、それぞれ光軸に直交する方向にシ

フトしている。図２における上方を正方向、下方を負方向とした場合の、仮想の光軸Ｚｖに対するシフト量は以下の通りである。第１光学系Ｇ１は正方向に２．２２４３ｍｍ（ミリメートル）であり、第２光学系Ｇ２は１．１４４３ｍｍ（ミリメートル）である。表示面Ｓｉｍのサイズ及び仮想の光軸Ｚｖに対する位置は実施例１と同様である。

[0080] 実施例２の結像光学系について、基本レンズデータを表４に、自由曲面係数を表５Ａ及び表５Ｂに、非球面係数を表６に、スポットダイヤグラムを図７に、歪曲格子を図８に示す。

[0081] [表4]

実施例2

Sn	R	D	Nd	νd	
**1 (PA)	∞	−30.0009	1.51680	64.197	
*2 (PB)	19.4798	30.0009	1.51680	64.197	反射面
**3 (PA)	∞	−30.0009	1.51680	64.197	反射面
*4 (PB)	19.4798	30.0009	1.51680	64.197	反射面
**5 (PA)	∞	3.1923			
6	27.4230	2.0080	1.63980	34.466	
7	−111.3053	4.9237			
8 (St)	∞	4.0593			
9	12.0498	4.0010	1.49700	81.607	
10	−6.8230	0.6991	1.91082	35.253	
11	−46.6735	1.4141			
*12	19.8348	4.8907	1.61881	63.854	
*13	−8.3445	2.0000			
14	∞	2.0000	1.51680	64.197	
15	∞	0.8000			
16	∞	11.2000	1.72342	37.955	
17	∞	0.3000			
18	∞	1.1000	1.48749	70.440	
19	∞	0.1839			
20	∞				

投写距離 (mm)	335
全画角 (度)	143
絞り径 (mm)	2.90

[0082] [表5A]

実施例2

Sn	1, 3, 5
C(1, 0)	0.00000E+00
C(0, 1)	3.88651E-02
C(2, 0)	-6.72775E-03
C(1, 1)	0.00000E+00
C(0, 2)	-8.47116E-03
C(3, 0)	0.00000E+00
C(2, 1)	-5.36975E-04
C(1, 2)	0.00000E+00
C(0, 3)	-6.07993E-04
C(4, 0)	-3.37241E-05
C(3, 1)	0.00000E+00
C(2, 2)	-1.10252E-04
C(1, 3)	0.00000E+00
C(0, 4)	-4.91343E-05
C(5, 0)	0.00000E+00
C(4, 1)	-2.04304E-06
C(3, 2)	0.00000E+00
C(2, 3)	8.85049E-07
C(1, 4)	0.00000E+00
C(0, 5)	8.24104E-07
C(6, 0)	-6.67427E-08
C(5, 1)	0.00000E+00
C(4, 2)	9.86564E-08
C(3, 3)	0.00000E+00
C(2, 4)	3.83784E-07
C(1, 5)	0.00000E+00
C(0, 6)	7.97340E-08
C(7, 0)	0.00000E+00
C(6, 1)	9.94353E-09
C(5, 2)	0.00000E+00
C(4, 3)	1.19156E-08
C(3, 4)	0.00000E+00
C(2, 5)	-1.68151E-09
C(1, 6)	0.00000E+00
C(0, 7)	-1.32350E-09

[0083] [表5B]

実施例2

Sn	1, 3, 5
C(8, 0)	4.81886E-10
C(7, 1)	0.00000E+00
C(6, 2)	6.52953E-10
C(5, 3)	0.00000E+00
C(4, 4)	-2.32074E-10
C(3, 5)	0.00000E+00
C(2, 6)	-6.35133E-10
C(1, 7)	0.00000E+00
C(0, 8)	-1.12995E-11
C(9, 0)	0.00000E+00
C(8, 1)	-4.38474E-11
C(7, 2)	0.00000E+00
C(6, 3)	-1.89471E-11
C(5, 4)	0.00000E+00
C(4, 5)	-1.82401E-11
C(3, 6)	0.00000E+00
C(2, 7)	5.90697E-12
C(1, 8)	0.00000E+00
C(0, 9)	1.81918E-12
C(10, 0)	-2.44685E-13
C(9, 1)	0.00000E+00
C(8, 2)	-4.92594E-13
C(7, 3)	0.00000E+00
C(6, 4)	-2.11702E-12
C(5, 5)	0.00000E+00
C(4, 6)	-6.98548E-13
C(3, 7)	0.00000E+00
C(2, 8)	-5.11847E-13
C(1, 9)	0.00000E+00
C(0, 10)	-2.73106E-13

[0084]

[表6]

実施例2

Sn	2, 4	12	13
KA	6.48794E-01	1.00000E+00	1.00000E+00
A3	0.00000E+00	0.00000E+00	0.00000E+00
A4	-5.40043E-05	-2.42984E-04	2.98390E-04
A5	5.25646E-06	-3.35588E-05	-3.54680E-05
A6	5.55960E-07	2.07472E-05	1.27599E-05
A7	-9.73748E-08	-3.40475E-06	-9.80077E-07
A8	-1.56116E-09	-2.13076E-08	-1.98996E-07
A9	6.80606E-10	5.57854E-08	4.15436E-08
A10	-6.75717E-12	-4.26248E-09	-1.93370E-09
A11	-2.74771E-12		
A12	7.31710E-14		
A13	5.76277E-15		
A14	-2.15081E-16		
A15	-4.90669E-18		
A16	2.18413E-19		

[0085] ［実施例３］

図９に、実施例３の結像光学系の構成と光束の断面図を示す。実施例３の結像光学系は、拡大側から縮小側へ光路に沿って順に、第１光学系Ｇ１と、第２光学系Ｇ２とからなる。第１光学系Ｇ１は、光学部材Ｐ２と、反射面ＲＲと、からなる。第２光学系Ｇ２は、拡大側から縮小側へ順に、レンズＬ１と、開口絞りＳｔと、レンズＬ２～Ｌ４と、からなる。第１光学系Ｇ１内で中間像Ｍ１及びＭ２が形成されている。

[0086] 第１光学系Ｇ１及び第２光学系Ｇ２は、それぞれ光軸に直交する方向にシフトしている。図２における上方を正方向、下方を負方向とした場合の、仮想の光軸Ｚｖに対するシフト量は以下の通りである。第１光学系Ｇ１は正方向に０．６２０６ｍｍ（ミリメートル）であり、第２光学系Ｇ２は０．２９６１ｍｍ（ミリメートル）である。表示面Ｓｉｍのサイズ及び仮想の光軸Ｚｖに対する位置は実施例１と同様である。

[0087] 実施例３の結像光学系について、基本レンズデータを表７に、自由曲面係

数を表８Ａ及び表８Ｂに、非球面係数を表９に、スポットダイヤグラムを図１０に、歪曲格子を図１１に示す。

[0088] [表7]

実施例3

Sn	R	D	Nd	νd	
**1	∞	-3.0789	1.53158	55.078	
**2	∞	-29.1222			
*3	20.6251	29.1222			反射面
**4	∞	-29.1222			反射面
*5	20.6251	29.1222			反射面
**6	∞	3.0789	1.53158	55.078	
**7	∞	1.9991			
8	-28.2608	1.8066	1.63980	34.466	
9	-12.7343	3.7470			
10 (St)	∞	5.5159			
11	10.5986	3.8486	1.49700	81.607	
12	-7.2892	0.7000	1.91082	35.253	
13	95.3961	0.1991			
*14	10.9571	5.0211	1.61881	63.854	
*15	-7.5484	2.0000			
16	∞	2.0000	1.51680	64.197	
17	∞	0.8000			
18	∞	11.2000	1.72342	37.955	
19	∞	0.3000			
20	∞	1.1000	1.48749	70.440	
21	∞	0.1227			
22	∞				

投写距離 (mm)	335
全画角 (度)	142
絞り径 (mm)	2.90

[0089]

[表8A]

実施例3

Sn	1, 7	2, 4, 6
C(1, 0)	0.00000E+00	0.00000E+00
C(0, 1)	-1.17837E-02	-5.20295E-03
C(2, 0)	-6.66887E-04	-1.05090E-03
C(1, 1)	0.00000E+00	0.00000E+00
C(0, 2)	-2.00700E-03	-3.22558E-03
C(3, 0)	0.00000E+00	0.00000E+00
C(2, 1)	-8.25058E-04	-7.47504E-04
C(1, 2)	0.00000E+00	0.00000E+00
C(0, 3)	-7.83867E-04	-6.11768E-04
C(4, 0)	-1.18594E-04	-3.13511E-05
C(3, 1)	0.00000E+00	0.00000E+00
C(2, 2)	-3.14097E-04	-1.72911E-04
C(1, 3)	0.00000E+00	0.00000E+00
C(0, 4)	-1.14883E-04	-6.18581E-05
C(5, 0)	0.00000E+00	0.00000E+00
C(4, 1)	9.84342E-06	1.51965E-06
C(3, 2)	0.00000E+00	0.00000E+00
C(2, 3)	2.00854E-05	8.53970E-07
C(1, 4)	0.00000E+00	0.00000E+00
C(0, 5)	5.80457E-06	1.75646E-06
C(6, 0)	2.28697E-07	-1.59897E-07
C(5, 1)	0.00000E+00	0.00000E+00
C(4, 2)	-1.08038E-07	-2.10394E-08
C(3, 3)	0.00000E+00	0.00000E+00
C(2, 4)	-6.20375E-07	2.24671E-07
C(1, 5)	0.00000E+00	0.00000E+00
C(0, 6)	5.31073E-09	-4.73714E-08
C(7, 0)	0.00000E+00	0.00000E+00
C(6, 1)	-1.18958E-08	2.19596E-08
C(5, 2)	0.00000E+00	0.00000E+00
C(4, 3)	-1.21747E-08	-6.37039E-09
C(3, 4)	0.00000E+00	0.00000E+00
C(2, 5)	1.42249E-08	-4.56950E-09
C(1, 6)	0.00000E+00	0.00000E+00
C(0, 7)	-8.70317E-09	-5.48091E-09

[0090] [表8B]

実施例3

Sn	1, 7	2, 4, 6
C(8, 0)	2.33448E-10	9.83848E-10
C(7, 1)	0.00000E+00	0.00000E+00
C(6, 2)	1.98084E-09	1.39404E-09
C(5, 3)	0.00000E+00	0.00000E+00
C(4, 4)	1.07304E-11	1.38956E-09
C(3, 5)	0.00000E+00	0.00000E+00
C(2, 6)	-5.06816E-10	6.70261E-10
C(1, 7)	0.00000E+00	0.00000E+00
C(0, 8)	-2.55817E-13	4.49973E-10
C(9, 0)	0.00000E+00	0.00000E+00
C(8, 1)	-3.02824E-11	-9.80270E-11
C(7, 2)	0.00000E+00	0.00000E+00
C(6, 3)	-7.01044E-11	-1.03906E-10
C(5, 4)	0.00000E+00	0.00000E+00
C(4, 5)	1.39135E-11	1.82299E-11
C(3, 6)	0.00000E+00	0.00000E+00
C(2, 7)	-9.09087E-12	4.08661E-12
C(1, 8)	0.00000E+00	0.00000E+00
C(0, 9)	3.91482E-12	1.34299E-12
C(10, 0)	-5.41433E-13	-1.00239E-12
C(9, 1)	0.00000E+00	0.00000E+00
C(8, 2)	-1.92342E-12	9.22424E-13
C(7, 3)	0.00000E+00	0.00000E+00
C(6, 4)	-3.44480E-12	-6.54766E-12
C(5, 5)	0.00000E+00	0.00000E+00
C(4, 6)	6.85564E-13	-3.94265E-12
C(3, 7)	0.00000E+00	0.00000E+00
C(2, 8)	4.49933E-13	-2.78783E-12
C(1, 9)	0.00000E+00	0.00000E+00
C(0, 10)	-5.33858E-14	-8.09888E-13

[0091]

[表9]

実施例3

Sn	3, 5	14	15
KA	8.45315E-01	1.00000E+00	1.00000E+00
A3	0.00000E+00	0.00000E+00	0.00000E+00
A4	-2.51914E-05	-2.91485E-04	5.88876E-04
A5	4.08210E-06	-3.80576E-05	-1.05825E-04
A6	1.67940E-07	2.12756E-05	3.43699E-05
A7	-7.06931E-08	-5.54849E-06	-4.05371E-06
A8	4.70091E-10	2.53540E-07	-6.03705E-07
A9	4.57195E-10	9.67182E-08	2.02235E-07
A10	-8.52496E-12	-1.09265E-08	-1.34344E-08
A11	-1.71591E-12		
A12	4.53257E-14		
A13	3.32047E-15		
A14	-1.04810E-16		
A15	-2.59355E-18		
A16	9.07739E-20		

[0092] ［実施例４］

図１２に、実施例４の結像光学系の構成と光束の断面図を示す。実施例４の結像光学系は、拡大側から縮小側へ光路に沿って順に、第１光学系Ｇ１と、第２光学系Ｇ２とからなる。第１光学系Ｇ１は、光学部材Ｐ１からなる。第２光学系Ｇ２は、拡大側から縮小側へ順に、レンズＬ１～Ｌ５と、開口絞りＳｔと、レンズＬ６～Ｌ９と、からなる。第１光学系Ｇ１内で中間像Ｍ１及びＭ２が形成されている。

[0093] 表示面Ｓｉｍのサイズは実施例１と同様である。表示面Ｓｉｍの中心（格子点Ｓ０）の位置は、仮想の光軸Ｚｖを原点とするＸＹ座標において、座標（Ｘ、Ｙ）＝（０、－２．１）に位置する（単位はｍｍ（ミリメートル））。

[0094] 実施例４の結像光学系について、基本レンズデータを表１０に、非球面係数を表１１に、スポットダイヤグラムを図１３に、歪曲格子を図１４に示す。

[0095] [表10]

実施例4

Sn	R	D	Nd	νd	
*1 (PA)	-61.9307	-28.9998	1.51680	64.197	
*2 (PB)	17.1617	28.9998	1.51680	64.197	反射面
*3 (PA)	-61.9307	-28.9998	1.51680	64.197	反射面
*4 (PB)	17.1617	28.9998	1.51680	64.197	反射面
*5 (PA)	-61.9307	1.9991			
6	40.2139	3.6430	1.68948	31.023	
*7	-9.6092	0.2059			
8	-21.9907	0.6995	1.90043	37.372	
9	7.2017	2.8427	1.51742	52.430	
10	-6.8944	0.1498			
11	-14.9433	4.3955	1.90043	37.372	
12	4.6400	2.0604	1.71736	29.518	
13	-49.1893	-0.1513			
14 (St)	∞	5.0608			
15	-115.8677	2.7469	1.54814	45.784	
16	-7.3446	0.2002			
17	25.0433	3.3167	1.49700	81.607	
18	-6.8683	0.6951	1.95375	32.318	
19	-28.4671	0.2001			
20	33.7783	2.9682	1.49700	81.607	
21	-11.198	2.0000			
22	∞	2.0000	1.51680	64.197	
23	∞	0.8000			
24	∞	11.2000	1.72342	37.955	
25	∞	0.3000			
26	∞	1.1000	1.48749	70.440	
27	∞	0.0196			

投写距離 (mm)	192
全画角 (度)	155
絞り径 (mm)	2.55

[0096]

[表11]

実施例4

Sn	1, 3, 5	2, 4	7
KA	4.97658E+00	8.18076E-01	1.00000E+00
A3	-1.78559E-04	4.50870E-04	0.00000E+00
A4	-1.37195E-06	-2.58906E-04	1.08624E-03
A5	1.66949E-06	2.69715E-05	-2.46210E-04
A6	-2.06628E-07	4.90373E-06	4.29638E-05
A7	-6.24993E-09	-1.05132E-06	4.05932E-06
A8	1.07509E-09	-1.41786E-08	-2.53059E-06
A9	7.53749E-12	1.27232E-08	2.60503E-07
A10	-2.60872E-12	-3.24479E-10	-1.98198E-10
A11	7.44430E-15	-7.46976E-11	
A12	3.25483E-15	3.30403E-12	
A13	-2.46396E-17	2.14429E-13	
A14	-1.89439E-18	-1.19033E-14	
A15	1.52807E-20	-2.41176E-16	
A16	3.38168E-22	1.52752E-17	

[0097] 表１２に、実施例１～４の結像光学系について、条件式（１）～（２）の対応値を示す。

[0098] [表12]

式番号	条件式	実施例1	実施例2	実施例3	実施例4
（1）	|L1/L2|	0.49	0.54	0.59	0.48
（2）	|L3/L4|	0.49	0.54	0.59	0.48

[0099] 実施例１～４の結像光学系は、少ない数の光学要素で小型に構成されながらも、各収差が良好に補正されて高い光学性能を実現している。また、全画角は１３０度より大きく、広い画角を有している。

[0100] 次に、本開示の実施形態に係る投写型表示装置について説明する。図１５は、本開示の一実施形態に係る投写型表示装置の概略構成図である。図１５に示す投写型表示装置１００は、本開示の実施形態に係る結像光学系１０と、光源１５と、各色光に対応したライトバルブとしての透過型表示素子１１ａ～１１ｃと、色分解のためのダイクロイックミラー１２、１３と、色合成のためのクロスダイクロイックプリズム１４と、コンデンサレンズ１６ａ～

１６ｃと、光路を偏向するための全反射ミラー１８ａ～１８ｃとを有する。なお、図１５では、結像光学系１０は概略的に図示している。また、光源１５とダイクロイックミラー１２の間にはインテグレーターが配されているが、図１５ではその図示を省略している。

[0101] 光源１５からの白色光は、ダイクロイックミラー１２、１３で３つの色光光束（Ｇｒｅｅｎ光、Ｂｌｕｅ光、Ｒｅｄ光）に分解された後、それぞれコンデンサレンズ１６ａ～１６ｃを経て各色光光束にそれぞれ対応する透過型表示素子１１ａ～１１ｃに入射して変調され、クロスダイクロイックプリズム１４により色合成された後、結像光学系１０に入射する。結像光学系１０は、透過型表示素子１１ａ～１１ｃにより変調された変調光による光学像をスクリーン１０５上に投写する。

[0102] 図１６は、本開示の別の実施形態に係る投写型表示装置の概略構成図である。図１６に示す投写型表示装置２００は、本開示の実施形態に係る結像光学系２１０と、光源２１５と、各色光に対応したライトバルブとしてのＤＭＤ素子２１ａ～２１ｃと、色分解及び色合成のためのＴＩＲ（Total Internal Reflection）プリズム２４ａ～２４ｃと、照明光と投写光を分離する偏光分離プリズム２５とを有する。なお、図１６では結像光学系２１０を概略的に図示している。また、光源２１５と偏光分離プリズム２５の間にはインテグレーターが配されているが、図１６ではその図示を省略している。

[0103] 光源２１５からの白色光は、偏光分離プリズム２５内部の反射面で反射された後、ＴＩＲプリズム２４ａ～２４ｃにより３つの色光光束（Ｇｒｅｅｎ光、Ｂｌｕｅ光、Ｒｅｄ光）に分解される。分解後の各色光光束はそれぞれ対応するＤＭＤ素子２１ａ～２１ｃに入射して変調され、再びＴＩＲプリズム２４ａ～２４ｃを逆向きに進行して色合成された後、偏光分離プリズム２５を透過して、結像光学系２１０に入射する。結像光学系２１０は、ＤＭＤ素子２１ａ～２１ｃにより変調された変調光による光学像をスクリーン２０５上に投写する。

[0104] 図１７は、本開示のさらに別の実施形態に係る投写型表示装置の概略構成

図である。図１７に示す投写型表示装置３００は、本開示の実施形態に係る結像光学系３１０と、光源３１５と、各色光に対応したライトバルブとしての反射型表示素子３１ａ～３１ｃと、色分離のためのダイクロイックミラー３２、３３と、色合成のためのクロスダイクロイックプリズム３４と、光路偏向のための全反射ミラー３８と、偏光分離プリズム３５ａ～３５ｃとを有する。なお、図１７では、結像光学系３１０は概略的に図示している。また、光源３１５とダイクロイックミラー３２の間にはインテグレーターが配されているが、図１７ではその図示を省略している。

[0105] 光源３１５からの白色光はダイクロイックミラー３２、３３により３つの色光光束（Ｇｒｅｅｎ光、Ｂｌｕｅ光、Ｒｅｄ光）に分解される。分解後の各色光光束はそれぞれ偏光分離プリズム３５ａ～３５ｃを経て、各色光光束それぞれに対応する反射型表示素子３１ａ～３１ｃに入射して変調され、クロスダイクロイックプリズム３４により色合成された後、結像光学系３１０に入射する。結像光学系３１０は、反射型表示素子３１ａ～３１ｃにより変調された変調光による光学像をスクリーン３０５上に投写する。

[0106] 図１８及び図１９は、本開示の一実施形態に係る撮像装置であるカメラ４００の外観図である。図１８は、カメラ４００を正面側から見た斜視図を示し、図１９は、カメラ４００を背面側から見た斜視図を示す。カメラ４００は、交換レンズ４８が取り外し自在に装着される、レフレックスファインダーを持たない一眼形式のデジタルカメラである。交換レンズ４８は、本開示の実施形態に係る結像光学系４９を鏡筒内に収納したものである。

[0107] カメラ４００はカメラボディ４１を備え、カメラボディ４１の上面にはシャッターボタン４２及び電源ボタン４３が設けられている。また、カメラボディ４１の背面には、操作部４４、操作部４５、及び表示部４６が設けられている。表示部４６は、撮像された画像及び撮像される前の画角内にある画像を表示する。

[0108] カメラボディ４１の前面中央部には、撮影対象からの光が入射する撮影開口が設けられ、その撮影開口に対応する位置にマウント４７が設けられ、マ

ウント４７を介して交換レンズ４８がカメラボディ４１に装着される。

[0109] カメラボディ４１内には、交換レンズ４８によって形成された被写体像に応じた撮像信号を出力するＣＣＤ（Charge Coupled Device）又はＣＭＯＳ（Complementary Metal Oxide Semiconductor）などの撮像素子（不図示）、その撮像素子から出力された撮像信号を処理して画像を生成する信号処理回路（不図示）、及びその生成された画像を記録するための記録媒体（不図示）などが設けられている。カメラ４００では、シャッターボタン４２を押すことにより静止画又は動画の撮影が可能であり、この撮影で得られた画像データが上記記録媒体に記録される。

[0110] 以上、実施形態及び実施例を挙げて本開示の技術について説明したが、本開示の技術は上記実施形態及び実施例に限定されず、種々の変形が可能である。例えば、各レンズ及び光学部材の曲率半径、面間隔、屈折率、アッベ数、自由曲面係数及び非球面係数等は、上記実施例で示した値に限定されず、他の値をとり得る。

[0111] また、本開示の技術に係る投写型表示装置も、上記構成のものに限定されず、例えば、光束分離又は光束合成に用いられる光学部材、及びライトバルブは、種々の態様の変更が可能である。ライトバルブは、光源からの光を画像表示素子により空間変調して、画像データに基づく光学像として出力する態様に限定されず、自発光型の画像表示素子から出力された光自体を、画像データに基づく光学像として出力する態様であってもよい。自発光型の画像表示素子としては、例えば、ＬＥＤ（Light Emitting Diode）又はＯＬＥＤ（Organic Light Emitting Diode）等の発光素子が２次元配列された画像表示素子が挙げられる。

[0112] また、本開示の技術に係る撮像装置も、上記構成のものに限定されず、例えば、ノンレフレックス方式以外のカメラ、フィルムカメラ、ビデオカメラ、及び映画撮影用カメラ等、種々の態様とすることができる。

[0113] 以上の実施形態及び実施例に関し、さらに以下の付記を開示する。

［付記１］

拡大側から縮小側へ光路に沿って順に、第１光学系と、第２光学系とからなり、

拡大側結像面と縮小側結像面との間に中間像が少なくとも２回形成され、

前記第１光学系は、曲率を有する反射面を少なくとも２面含み、

前記第１光学系の光路上の最も拡大側の面は、前記第１光学系の反射面で反射された光線を屈折させる第１屈折面であり、

前記第１光学系の光路上の最も縮小側の面は、光線が複数回経由する面のうち光路上の最も縮小側の面である

結像光学系。

［付記２］

前記第１屈折面から前記第１光学系の光路上の最も拡大側の反射面までの光軸上の距離をＬ１とし、

前記第１光学系の光路上の最も拡大側の反射面から前記第２光学系の光路上の最も縮小側の面までの光軸上の距離をＬ２とした場合、

０．１＜｜Ｌ１／Ｌ２｜＜０．８　　（１）

で表される条件式（１）を満足する付記１に記載の結像光学系。

［付記３］

前記第１屈折面から前記第１光学系の光路上の最も縮小側の反射面までの光軸上の距離をＬ３とし、

前記第１光学系の光路上の最も縮小側の反射面から前記第２光学系の光路上の最も縮小側の面までの光軸上の距離をＬ４とした場合、

０．１＜｜Ｌ３／Ｌ４｜＜０．８　　（２）

で表される条件式（２）を満足する付記１又は付記２に記載の結像光学系。

［付記４］

前記第１光学系の内部で、曲率を有する反射面によって光線が３回反射される

付記１から付記３の何れか１つに記載の結像光学系。

［付記５］

前記第１光学系の光路上の最も拡大側の反射面と、前記第１光学系の光路上の最も縮小側の反射面とは、凹面形状である

付記１から付記４の何れか１つに記載の結像光学系。

［付記６］

前記第１光学系の内部に前記中間像が２回形成される

付記１から付記５の何れか１つに記載の結像光学系。

［付記７］

前記第１屈折面は、自由曲面形状である

付記１から付記６の何れか１つに記載の結像光学系。

［付記８］

前記縮小側結像面に配置される表示素子又は撮像素子を含み、

前記第１光学系の光軸及び前記第２光学系の光軸の少なくとも一方は、前記表示素子又は前記撮像素子の中心に対して、前記光軸と直交する方向にシフトしている

付記１から付記７の何れか１つに記載の結像光学系。

［付記９］

前記第１光学系の光軸は、前記第２光学系の光軸と前記表示素子又は前記撮像素子の中心のそれぞれに対して、前記光軸と直交する方向にシフトしており、

前記第２光学系の光軸は、前記表示素子又は前記撮像素子の中心に対して、前記光軸と直交する方向にシフトしている

付記８に記載の結像光学系。

［付記１０］

前記第１屈折面は、光線を２回透過させる

付記１から付記９の何れか１つに記載の結像光学系。

［付記１１］

前記第１屈折面と、１つの前記反射面とは、同一の光学部材に形成されている

付記１から付記１０の何れか１つに記載の結像光学系。

［付記１２］

前記第１光学系は、１つの光学部材からなる

付記１から付記１１の何れか１つに記載の結像光学系。

［付記１３］

前記光学部材は、

光線を２回透過させ、かつ、光線を１回反射させる前記第１屈折面と、

前記第１屈折面に対向する面であって対向配置され、光線を２回反射させる面と、

を含んで構成される付記１２に記載の結像光学系。

［付記１４］

前記第１光学系の光路上の最も拡大側の反射面と、前記第１光学系の光路上の最も縮小側の反射面とは、同一の面に形成されている

付記１から付記１３の何れか１つに記載の結像光学系。

［付記１５］

０．２＜｜Ｌ１／Ｌ２｜＜０．７　　（１－１）

で表される条件式（１－１）を満足する付記２に記載の結像光学系。

［付記１６］

０．２＜｜Ｌ３／Ｌ４｜＜０．７　　（２－１）

で表される条件式（２－１）を満足する付記３に記載の結像光学系。

［付記１７］

拡大側結像面と縮小側結像面との間に中間像が少なくとも２回形成され、

光路上の最も拡大側に配置された光学部材が、

光路上の最も拡大側の面であって、光線を２回透過させ、かつ、光線を１回反射させるＰＡ面と、

前記ＰＡ面に対向する面であって対向配置され、光線を２回反射させるＰＢ面と、

を含んで構成される結像光学系。

［付記１８］

前記光学部材の内部に前記中間像が２回形成される

付記１７に記載の結像光学系。

［付記１９］

付記１から付記１８の何れか１項に記載の結像光学系を備えた投写型表示装置。

［付記２０］

付記１から付記１８の何れか１項に記載の結像光学系を備えた撮像装置。

[0114] ２０２３年７月１４日に出願された日本国特許出願２０２３－１１６３３５号の開示は、その全体が参照により本明細書に取り込まれる。本明細書に記載された全ての文献、特許出願及び技術規格は、個々の文献、特許出願及び技術規格が参照により取り込まれることが具体的かつ個々に記された場合と同程度に、本明細書中に参照により取り込まれる。

請求の範囲

[請求項1] 拡大側から縮小側へ光路に沿って順に、第１光学系と、第２光学系とからなり、

拡大側結像面と縮小側結像面との間に中間像が少なくとも２回形成され、

前記第１光学系は、曲率を有する反射面を少なくとも２面含み、

前記第１光学系の光路上の最も拡大側の面は、前記第１光学系の反射面で反射された光線を屈折させる第１屈折面であり、

前記第１光学系の光路上の最も縮小側の面は、光線が複数回経由する面のうち光路上の最も縮小側の面である

結像光学系。

[請求項2] 前記第１屈折面から前記第１光学系の光路上の最も拡大側の反射面までの光軸上の距離をＬ１とし、

前記第１光学系の光路上の最も拡大側の反射面から前記第２光学系の光路上の最も縮小側の面までの光軸上の距離をＬ２とした場合、

０．１＜｜Ｌ１／Ｌ２｜＜０．８ （１）

で表される条件式（１）を満足する請求項１に記載の結像光学系。

[請求項3] 前記第１屈折面から前記第１光学系の光路上の最も縮小側の反射面までの光軸上の距離をＬ３とし、

前記第１光学系の光路上の最も縮小側の反射面から前記第２光学系の光路上の最も縮小側の面までの光軸上の距離をＬ４とした場合、

０．１＜｜Ｌ３／Ｌ４｜＜０．８ （２）

で表される条件式（２）を満足する請求項２に記載の結像光学系。

[請求項4] 前記第１光学系の内部で、曲率を有する反射面によって光線が３回反射される

請求項３に記載の結像光学系。

[請求項5] 前記第１光学系の光路上の最も拡大側の反射面と、前記第１光学系の光路上の最も縮小側の反射面とは、凹面形状である

請求項４に記載の結像光学系。

[請求項6] 前記第１光学系の内部に前記中間像が２回形成される

請求項１に記載の結像光学系。

[請求項7] 前記第１屈折面は、自由曲面形状である

請求項１に記載の結像光学系。

[請求項8] 前記縮小側結像面に配置される表示素子又は撮像素子を含み、

前記第１光学系の光軸及び前記第２光学系の光軸の少なくとも一方は、前記表示素子又は前記撮像素子の中心に対して、前記光軸と直交する方向にシフトしている

請求項１に記載の結像光学系。

[請求項9] 前記第１光学系の光軸は、前記第２光学系の光軸と前記表示素子又は前記撮像素子の中心のそれぞれに対して、前記光軸と直交する方向にシフトしており、

前記第２光学系の光軸は、前記表示素子又は前記撮像素子の中心に対して、前記光軸と直交する方向にシフトしている

請求項８に記載の結像光学系。

[請求項10] 前記第１屈折面は、光線を２回透過させる

請求項１に記載の結像光学系。

[請求項11] 前記第１屈折面と、１つの前記反射面とは、同一の光学部材に形成されている

請求項１に記載の結像光学系。

[請求項12] 前記第１光学系は、１つの光学部材からなる

請求項１に記載の結像光学系。

[請求項13] 前記光学部材は、

光線を２回透過させ、かつ、光線を１回反射させる前記第１屈折面と、

前記第１屈折面に対向する面であって、光線を２回反射させる面と、

を含んで構成される請求項１２に記載の結像光学系。

[請求項14] 前記第１光学系の光路上の最も拡大側の反射面と、前記第１光学系の光路上の最も縮小側の反射面とは、同一の面に形成されている

請求項１２に記載の結像光学系。

[請求項15] ０．２＜｜Ｌ１／Ｌ２｜＜０．７ （１－１）

で表される条件式（１－１）を満足する請求項２に記載の結像光学系。

[請求項16] ０．２＜｜Ｌ３／Ｌ４｜＜０．７ （２－１）

で表される条件式（２－１）を満足する請求項３に記載の結像光学系。

[請求項17] 拡大側結像面と縮小側結像面との間に中間像が少なくとも２回形成され、

光路上の最も拡大側に配置された光学部材が、

光路上の最も拡大側の面であって、光線を２回透過させ、かつ、光線を１回反射させるＰＡ面と、

前記ＰＡ面に対向する面であって、光線を２回反射させるＰＢ面と、

を含んで構成される結像光学系。

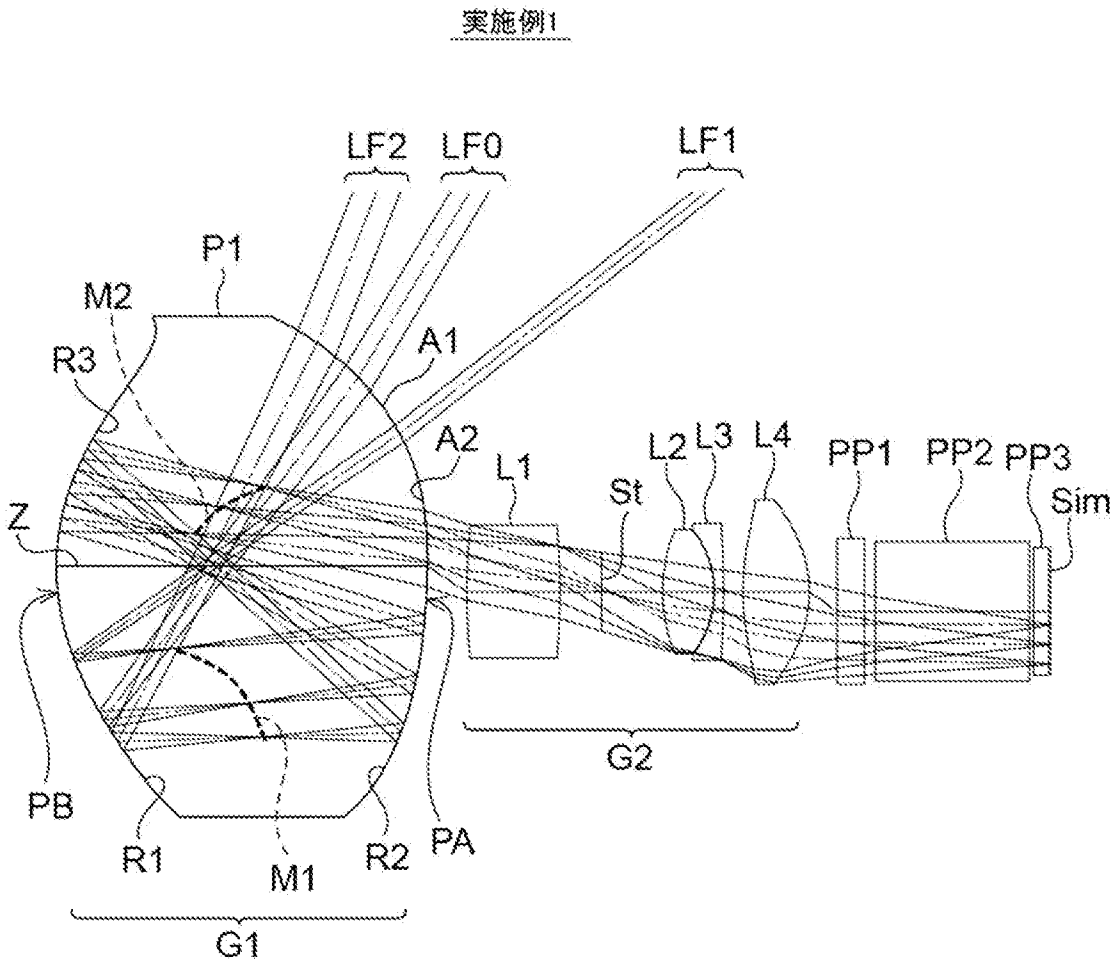
[請求項18] 前記光学部材の内部に前記中間像が２回形成される

請求項１７に記載の結像光学系。

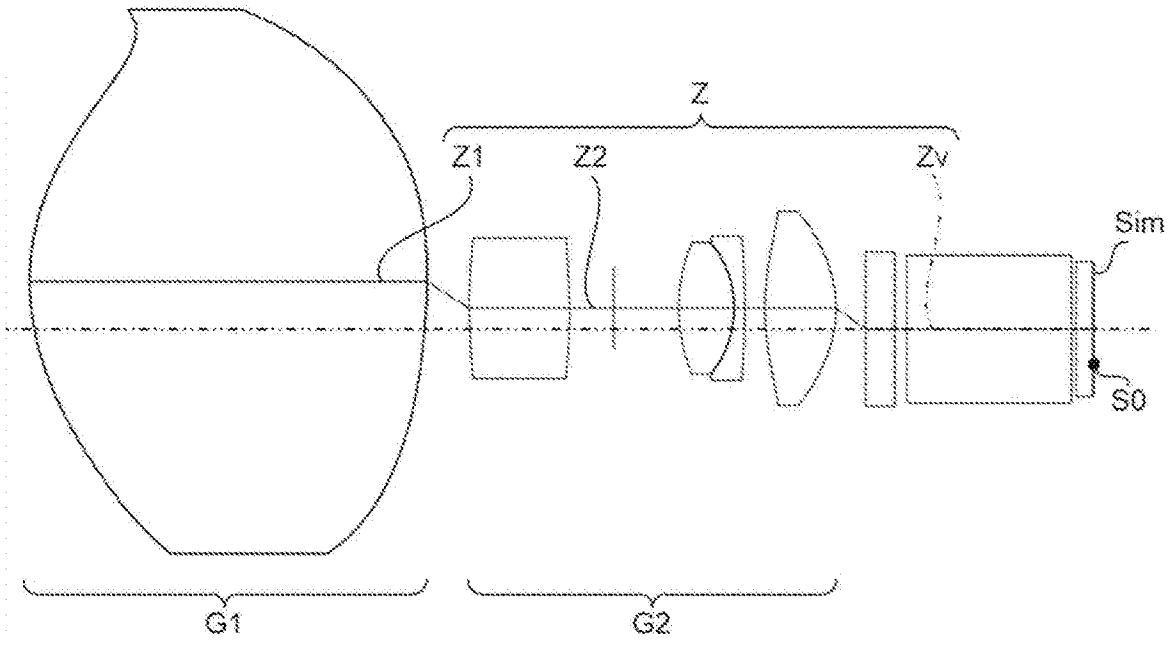
[請求項19] 請求項１から請求項１８の何れか１項に記載の結像光学系を備えた投写型表示装置。

[請求項20] 請求項１から請求項１８の何れか１項に記載の結像光学系を備えた撮像装置。

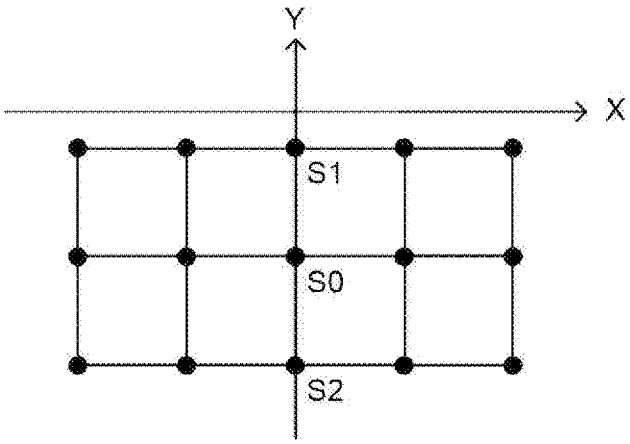
[図1]


実施例1
LF2
LF0
LF1
P1
M2
R3
A1
A2
L1
L2
L3
L4
St
PP1
PP2
PP3
Sim
Z
PB
R1
M1
R2
PA
G2
G1

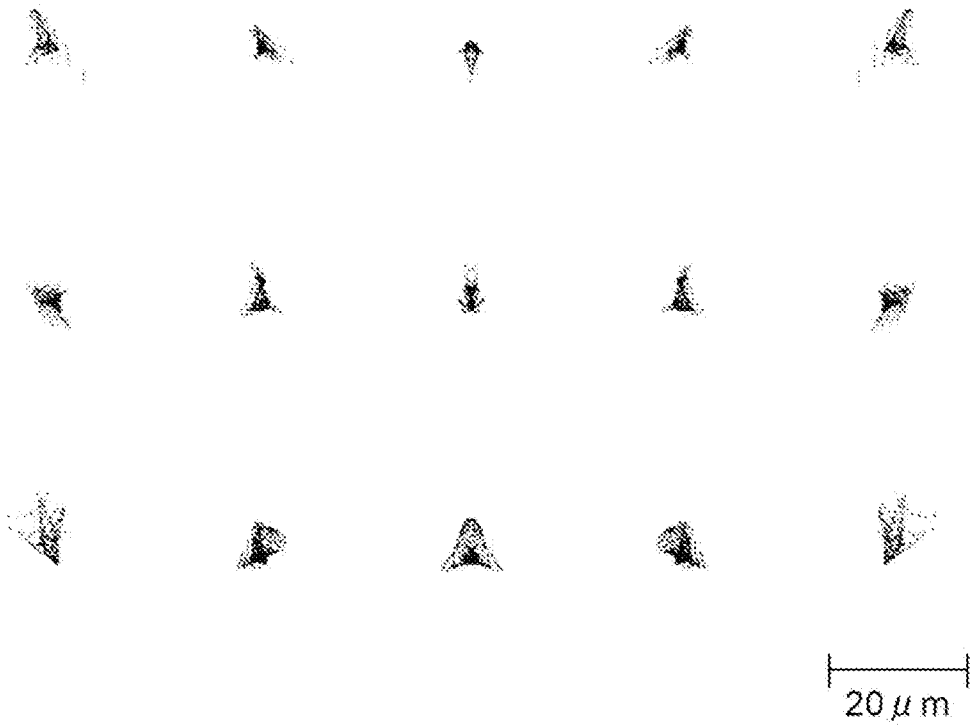
[図2]


Z
Z1
Z2
Zv
Sim
S0
G1
G2

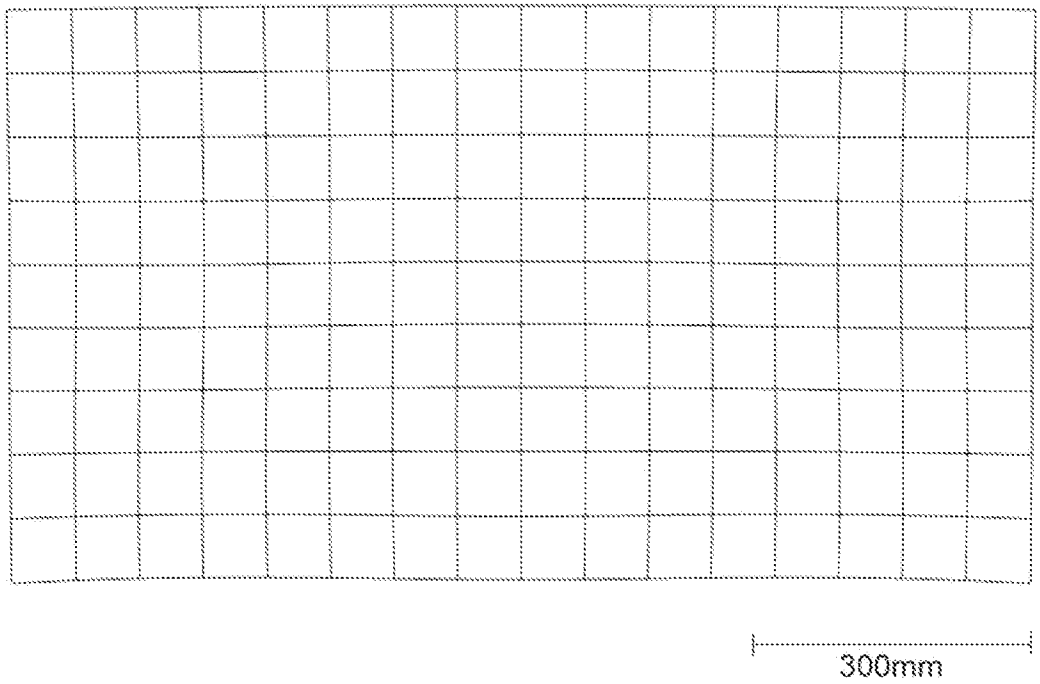
[図3]



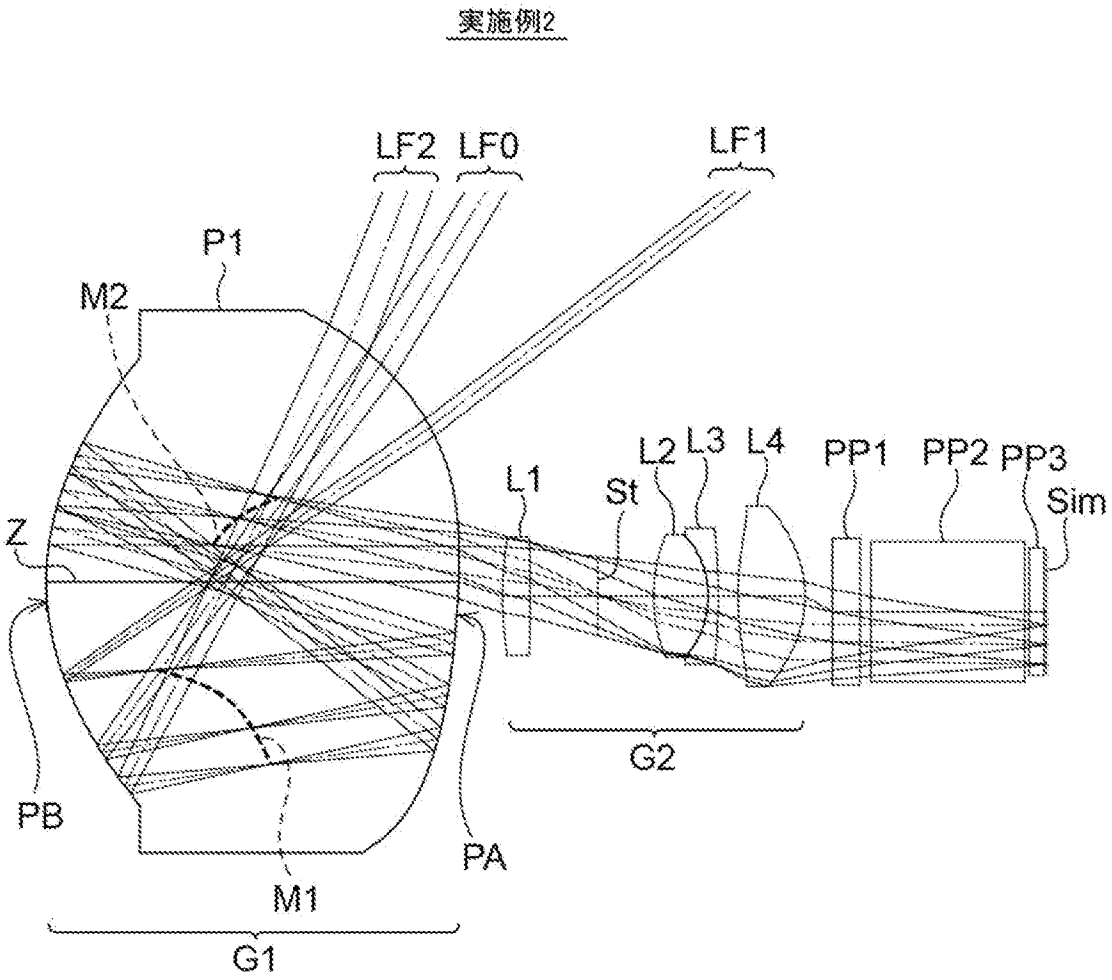
[図4]



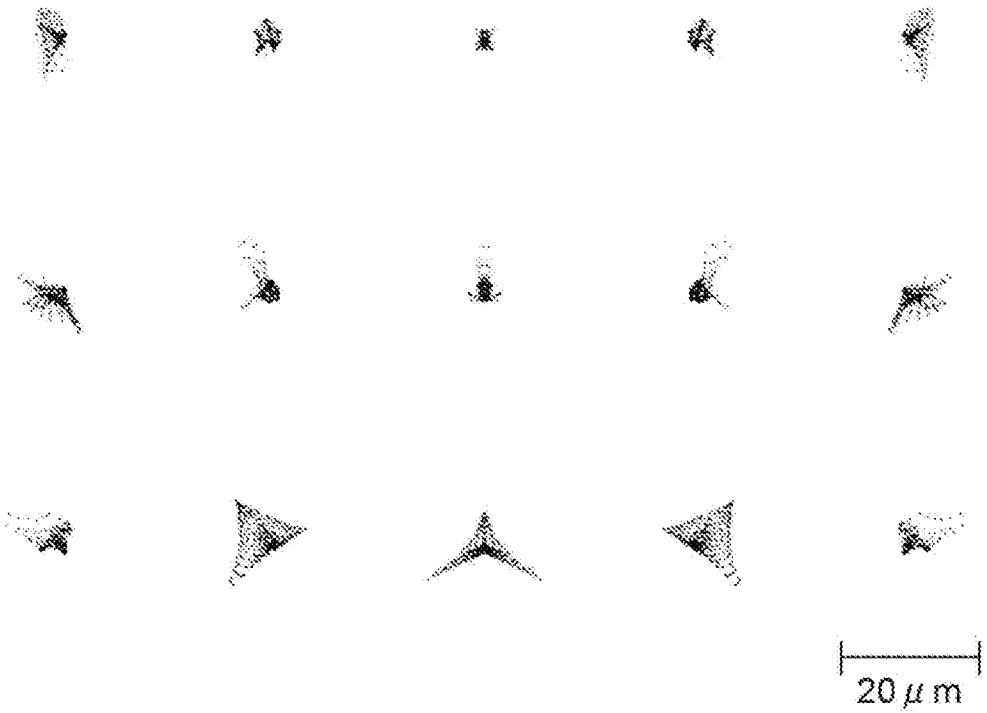
[図5]


300mm

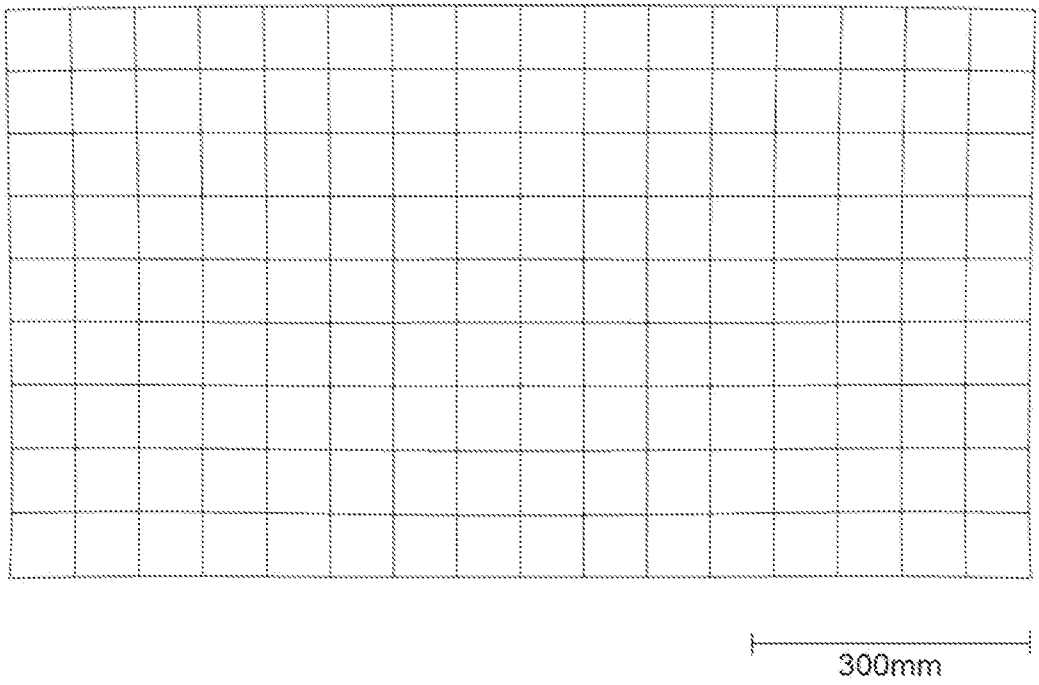
[図6]


実施例2
LF2
LF0
LF1
P1
M2
L1
St
L2
L3
L4
PP1
PP2
PP3
Sim
Z
PB
PA
M1
G1
G2

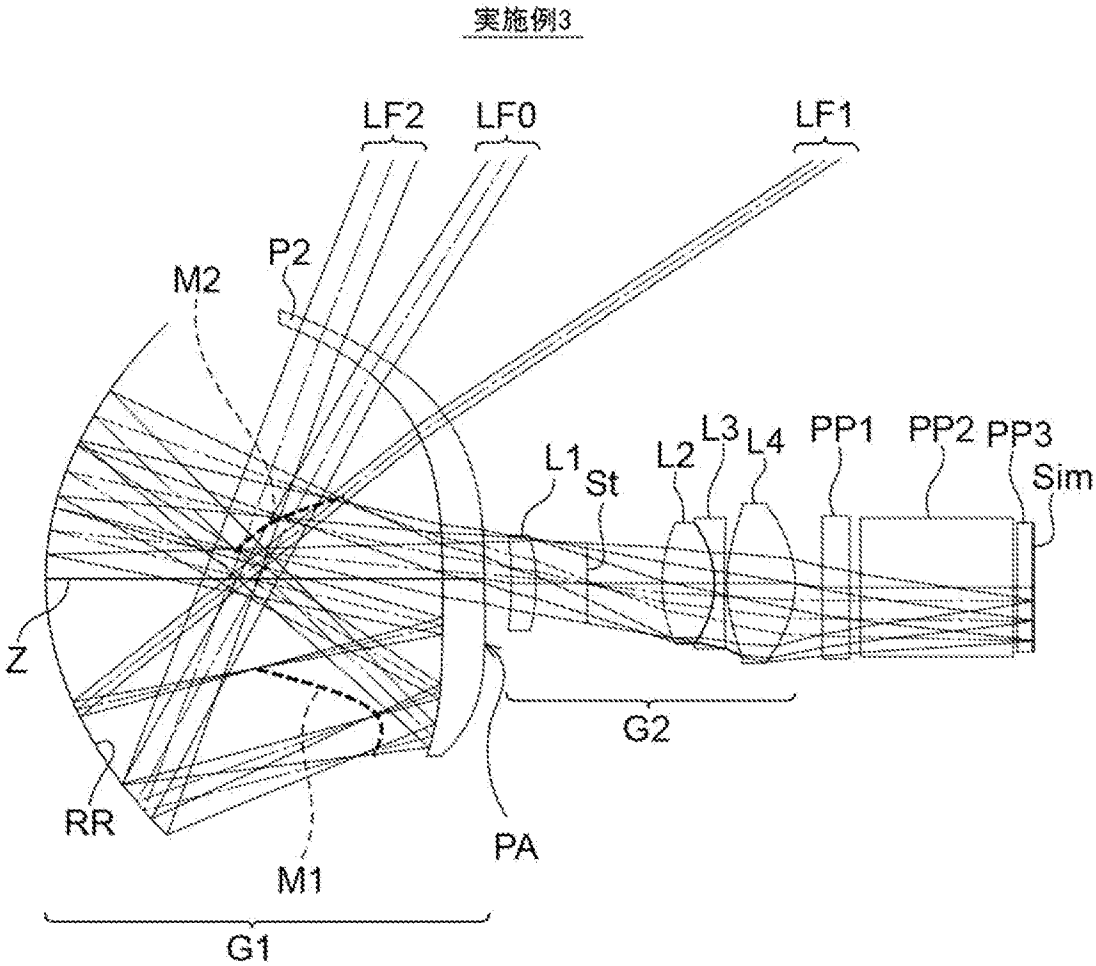
[図7]



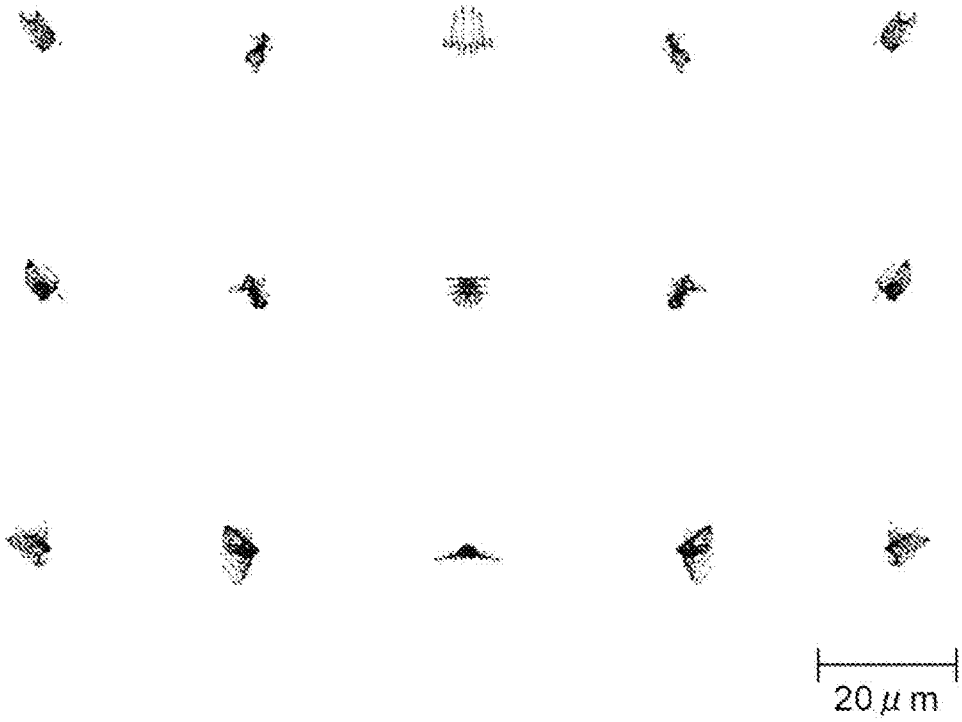
[図8]



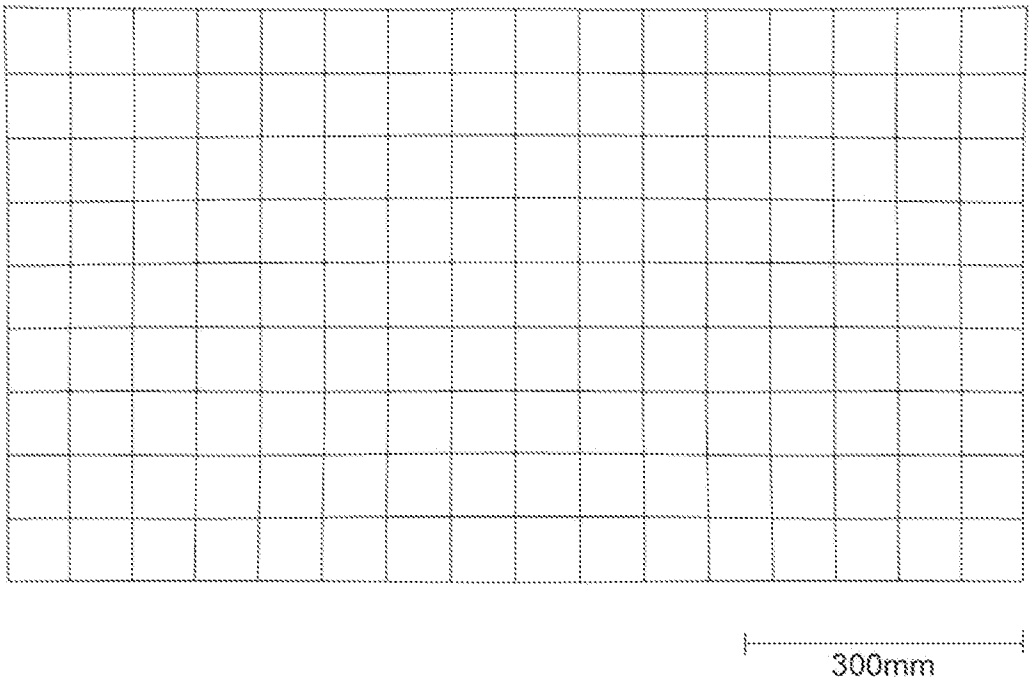
[図9]


実施例3
LF2
LF0
LF1
P2
M2
L1
St
L2
L3
L4
PP1
PP2
PP3
Sim
Z
G2
RR
PA
M1
G1

[図10]

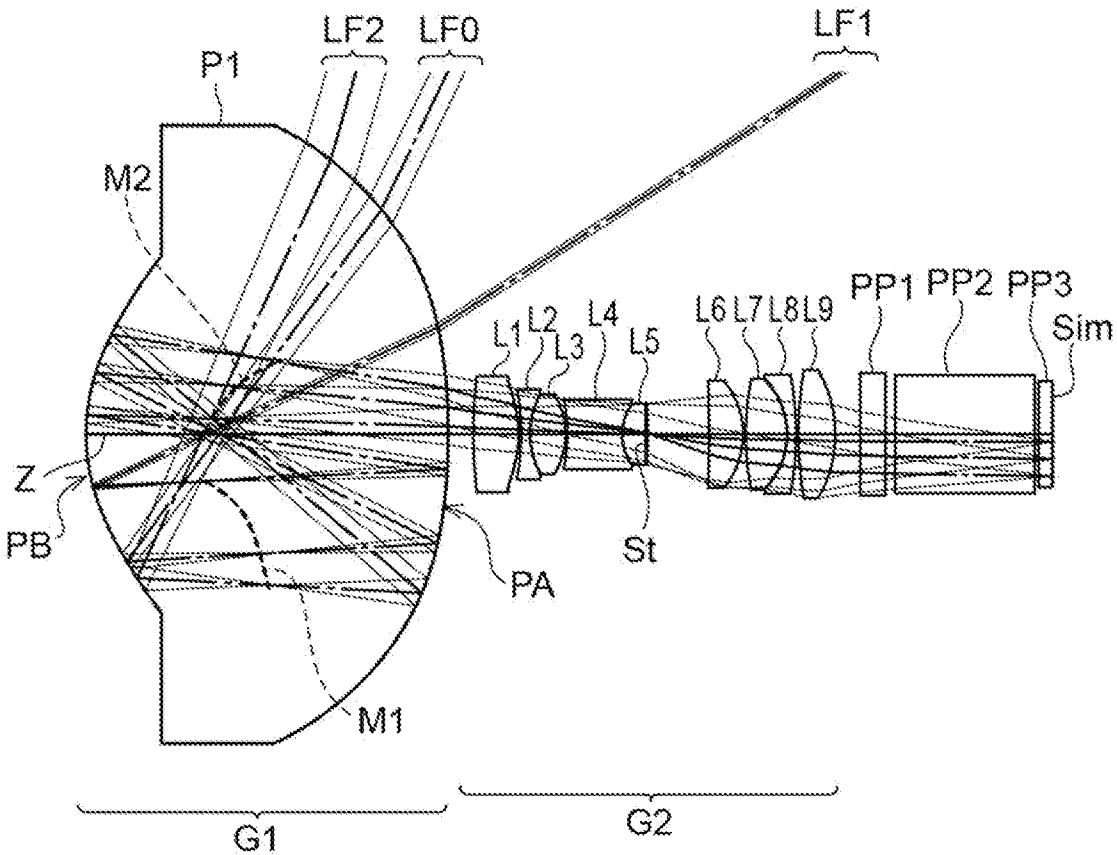

20 μm

[図11]

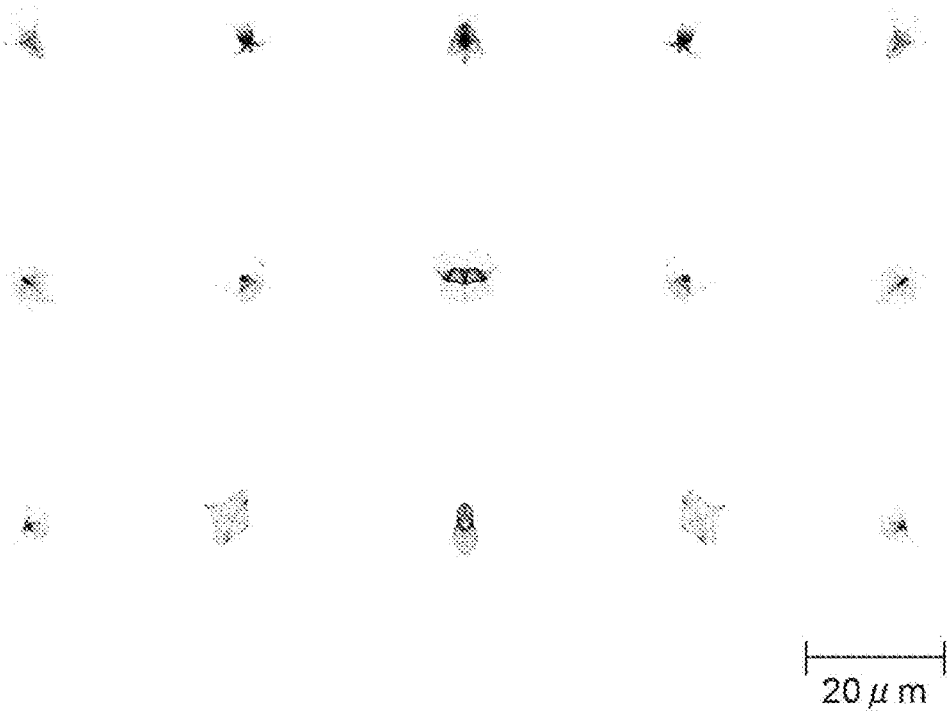

300mm

[図12]

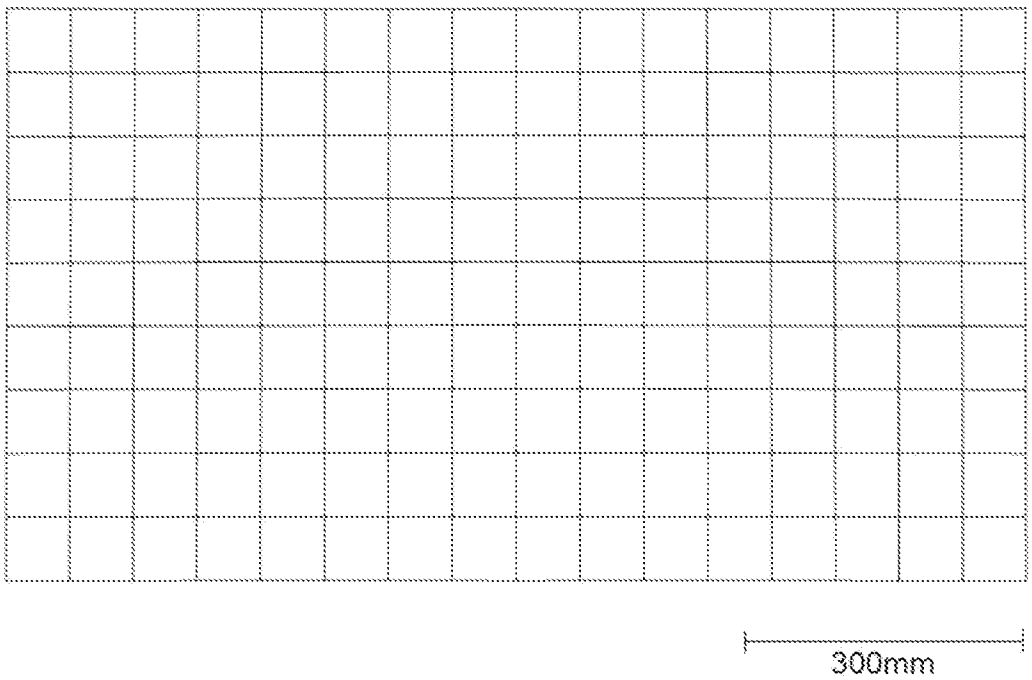
実施例4


LF2
LF0
LF1
P1
M2
L1
L2
L3
L4
L5
L6
L7
L8
L9
PP1
PP2
PP3
Sim
Z
PB
PA
St
M1
G1
G2

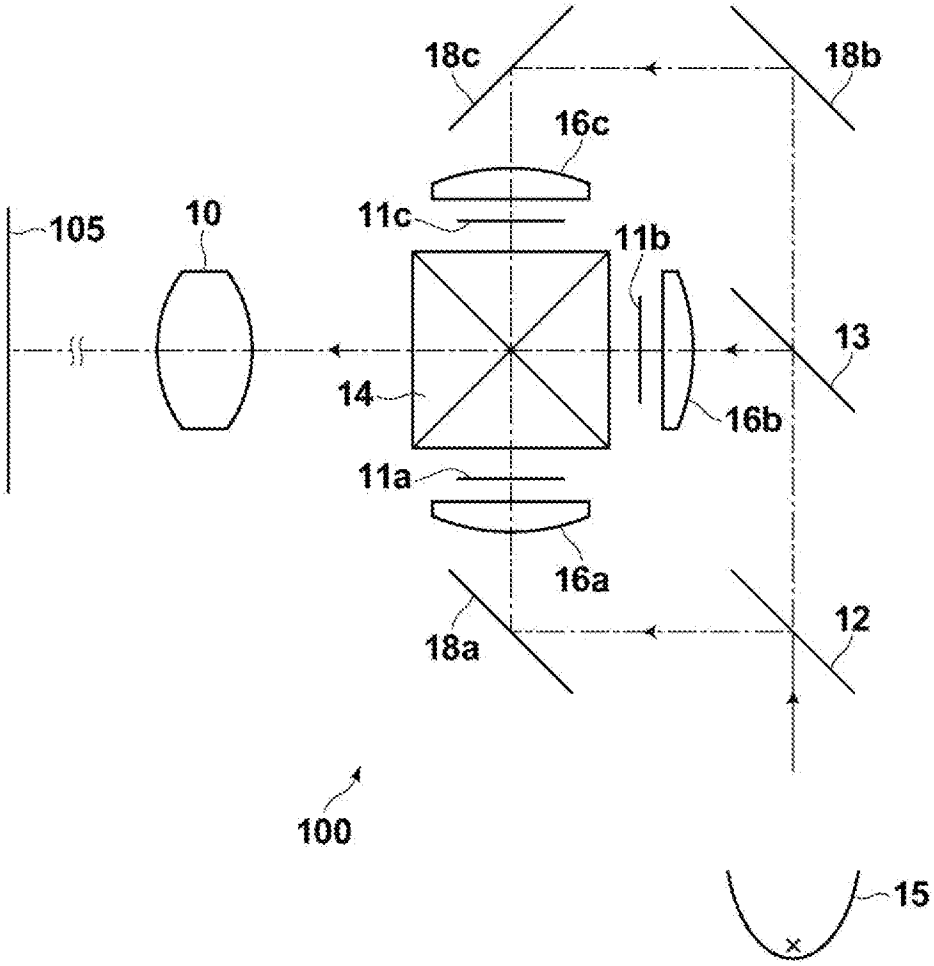
[図13]



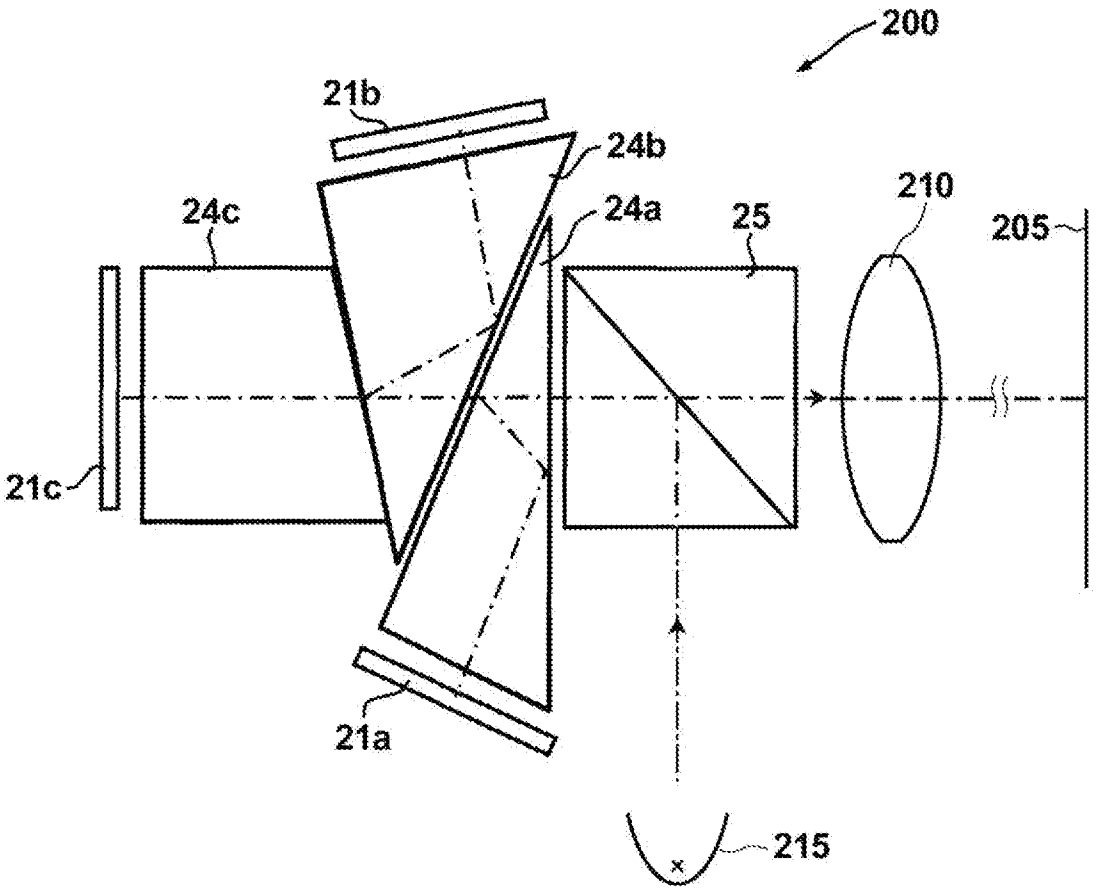
[図14]



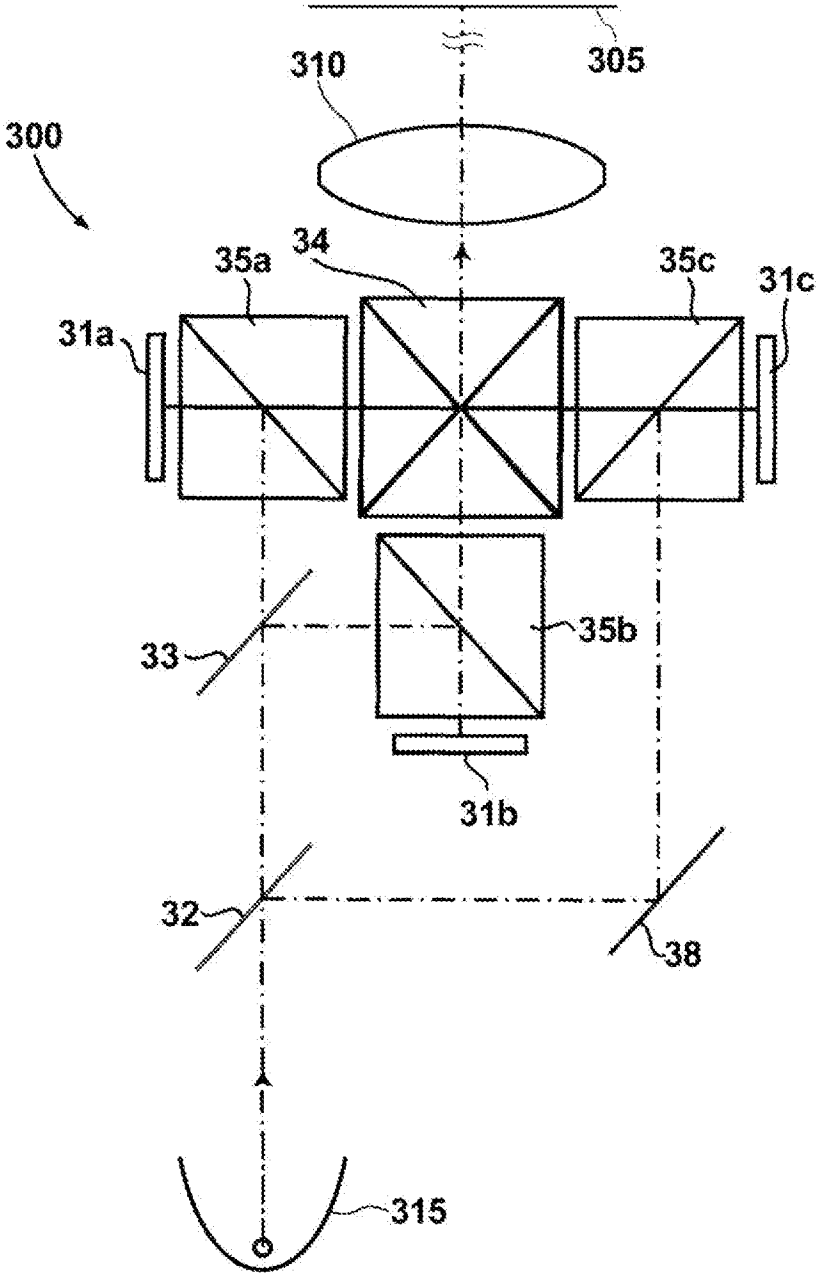
[図15]


18c
18b
16c
105
10
11c
11b
13
14
16b
11a
16a
18a
12
100
15

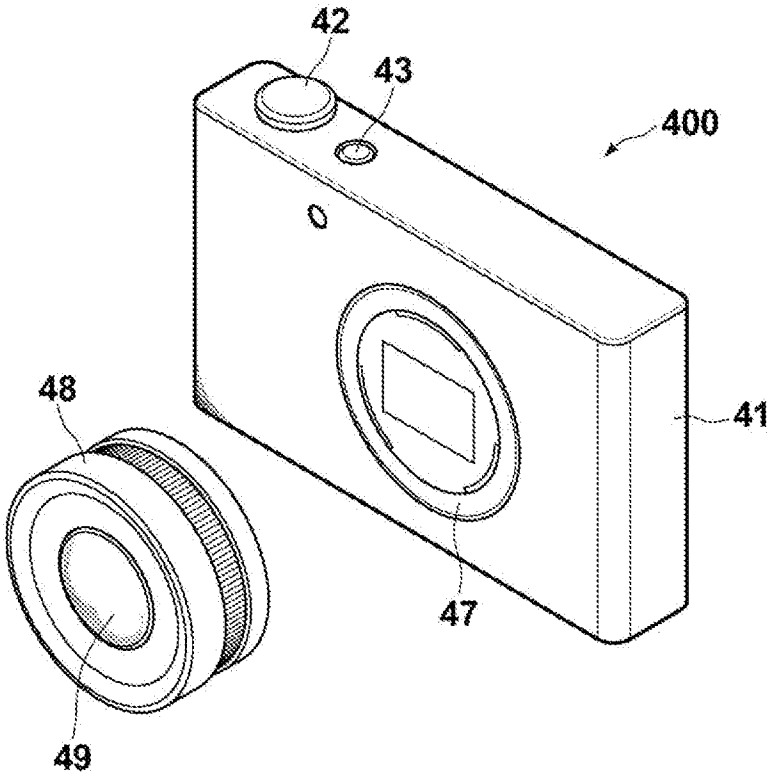
[図16]


200
21b
24b
24c
24a
25
210
205
21c
21a
215

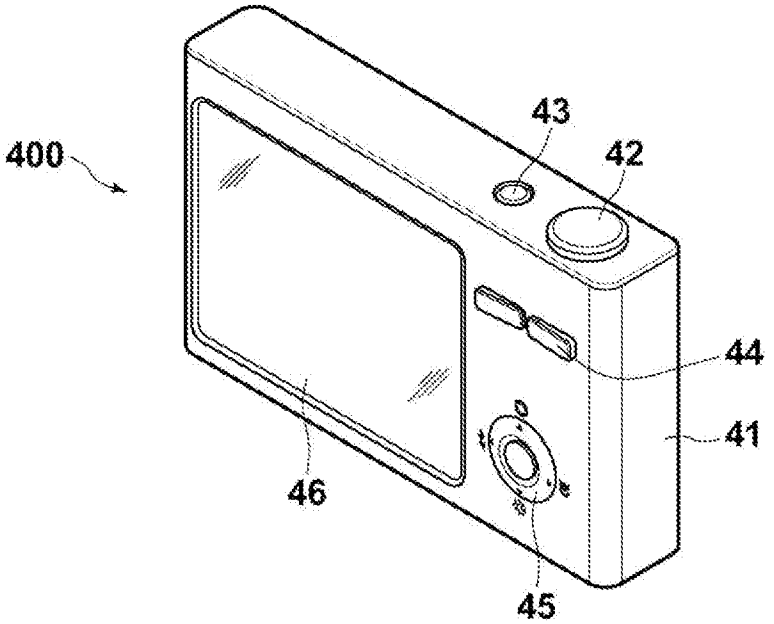
[図17]



[図18]



[図19]



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.
PCT/JP2024/025318

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

G02B 17/08(2006.01)i
FI: G02B17/08

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)

G02B9/00-17/08; G02B21/02-21/04; G02B25/00-25/04

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	JP 2011-186480 A (OLYMPUS CORPORATION) 22 September 2011 (2011-09-22) example 1, paragraphs [0134]-[0138]	1-3, 6-8, 11-12, 15-16, 19-20
Y		8-9
A		4-5, 10, 13-14, 17-18
X	JP 2021-117343 A (CANON KABUSHIKI KAISHA) 10 August 2021 (2021-08-10) examples 1-5	1-8, 11-12, 15-16, 19-20
Y		8-9
A		10, 13-14, 17-18
Y	JP 2004-258620 A (RICOH COMPANY, LTD.) 16 September 2004 (2004-09-16) paragraphs [0099]-[0268], fig. 1-17	8-9
Y	JP 2020-86174 A (FUJIFILM CORPORATION) 04 June 2020 (2020-06-04) examples 1-4	1-20

☑ 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
"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	Date of mailing of the international search report
18 September 2024	**01 October 2024**

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

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.
PCT/JP2024/025318

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
Y	JP 2020-24359 A (FUJIFILM CORPORATION) 13 February 2020 (2020-02-13) examples 1-7	1-20
Y	JP 2000-98233 A (CANON KABUSHIKI KAISHA) 07 April 2000 (2000-04-07) paragraphs [0001], [0023]-[0038], fig. 1-2	1-20
Y	JP 2000-162502 A (CANON KABUSHIKI KAISHA) 16 June 2000 (2000-06-16) paragraphs [0001], [0021]-[0111], fig. 1-16	1-20
Y	JP 2020-42103 A (RICOH IND SOLUTIONS INC.) 19 March 2020 (2020-03-19) examples 1-3	1-20

INTERNATIONAL SEARCH REPORT
Information on patent family members

International application No.
PCT/JP2024/025318

Patent document cited in search report	Publication date (day/month/year)	Patent family member(s)	Publication date (day/month/year)
JP 2011-186480 A	22 September 2011	(Family: none)	
JP 2021-117343 A	10 August 2021	US 2021/0232038 A1 examples 1-5	
		US 11644740 B2	
		JP 7433930 B2	
JP 2004-258620 A	16 September 2004	US 2004/0156117 A1 paragraphs [0070]-[0263], fig. 1-17	
		US 7048388 B2	
		US 2006/0126032 A1	
		US 7441908 B2	
		US 2008/0304019 A1	
		US 2009/0015801 A1	
		US 7631975 B2	
		US 2009/0015910 A1	
		US 7637618 B2	
		US 2009/0021703 A1	
		US 7637621 B2	
		US 2010/0039625 A1	
		US 7922341 B2	
		US 2011/0038039 A1	
		US 7938545 B2	
		JP 4223936 B2	
		JP 2007-316674 A	
		JP 4210341 B2	
		JP 2008-181152 A	
		JP 2008-268978 A	
		JP 4878042 B2	
		JP 2010-20344 A	
		JP 4927923 B2	
		JP 2011-150355 A	
		JP 5338824 B2	
		JP 2012-256075 A	
		JP 5435096 B2	
		JP 2013-41305 A	
		JP 5477450 B2	
		JP 2013-174886 A	
		JP 5477491 B2	
JP 2020-86174 A	04 June 2020	US 2020/0166737 A1 examples 1-4	
		US 10809506 B2	
		CN 111221116 A	
		CN 111221116 B	
JP 2020-24359 A	13 February 2020	US 2020/0033570 A1 examples 1-7	
		US 10996448 B2	
		CN 110780418 A	
		CN 110780418 B	
JP 2000-98233 A	07 April 2000	US 6282018 B1	

INTERNATIONAL SEARCH REPORT
Information on patent family members

International application No.
PCT/JP2024/025318

Patent document cited in search report	Publication date (day/month/year)	Patent family member(s)	Publication date (day/month/year)
		column 1, lines 5-10, column 2, line 54 to column 5, line 3, fig. 1-2	
JP 2000-162502 A	16 June 2000	US 6270224 B1 column 1, lines 5-9, column 4, line 19 to column 24, line 12, fig. 1-16	
		EP 989433 A2	
		CN 1252533 A	
		CN 1145819 C	
		KR 10-2000-0023361 A	
		KR 10-0359949 B1	
JP 2020-42103 A	19 March 2020	CN 110888288 A	
		CN 110888288 B	
		JP 7148334 B2	

国際調査報告

国際出願番号
PCT/JP2024/025318

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
FI: G02B17/08

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））

G02B9/00-17/08; G02B21/02-21/04; G02B25/00-25/04

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	JP 2011-186480 A (オリンパス株式会社) 22.09.2011 (2011-09-22) 実施例1,段落[0134]-[0138]	1-3,6-8,11-12,15-16,19-20
Y		8-9
A		4-5,10,13-14,17-18
X	JP 2021-117343 A (キヤノン株式会社) 10.08.2021 (2021-08-10) 実施例1-5	1-8,11-12,15-16,19-20
Y		8-9
A		10,13-14,17-18
Y	JP 2004-258620 A (株式会社リコー) 16.09.2004 (2004-09-16) 段落[0099]-[0268],図1-17	8-9
Y	JP 2020-86174 A (富士フイルム株式会社) 04.06.2020 (2020-06-04) 実施例1-4	1-20
Y	JP 2020-24359 A (富士フイルム株式会社) 13.02.2020 (2020-02-13) 実施例1-7	1-20

☑ 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
"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	国際調査報告の発送日
18.09.2024	01.10.2024

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）

森内　正明 20 9222

電話番号 03-3581-1101 内線 3271

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
Y	JP 2000-98233 A（キヤノン株式会社）07.04.2000（2000－04－07） 段落[0001],[0023]-[0038],図1-2	1-20
Y	JP 2000-162502 A（キヤノン株式会社）16.06.2000（2000－06－16） 段落[0001],[0021]-[0111],図1-16	1-20
Y	JP 2020-42103 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） 実施例1-3	1-20

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/JP2024/025318

引用文献	公表日	パテントファミリー文献	公表日
JP 2011-186480 A	22.09.2011	（ファミリーなし）	
JP 2021-117343 A	10.08.2021	US 2021/0232038 A1 実施例1-5 US 11644740 B2 JP 7433930 B2	
JP 2004-258620 A	16.09.2004	US 2004/0156117 A1 段落[0070]-[0263],図1-17 US 7048388 B2 US 2006/0126032 A1 US 7441908 B2 US 2008/0304019 A1 US 2009/0015801 A1 US 7631975 B2 US 2009/0015910 A1 US 7637618 B2 US 2009/0021703 A1 US 7637621 B2 US 2010/0039625 A1 US 7922341 B2 US 2011/0038039 A1 US 7938545 B2 JP 4223936 B2 JP 2007-316674 A JP 4210341 B2 JP 2008-181152 A JP 2008-268978 A JP 4878042 B2 JP 2010-20344 A JP 4927923 B2 JP 2011-150355 A JP 5338824 B2 JP 2012-256075 A JP 5435096 B2 JP 2013-41305 A JP 5477450 B2 JP 2013-174886 A JP 5477491 B2	
JP 2020-86174 A	04.06.2020	US 2020/0166737 A1 実施例1-4 US 10809506 B2 CN 111221116 A CN 111221116 B	
JP 2020-24359 A	13.02.2020	US 2020/0033570 A1 実施例1-7 US 10996448 B2 CN 110780418 A CN 110780418 B	
JP 2000-98233 A	07.04.2000	US 6282018 B1 第1欄第5行-第10行,第2欄第54行-第5欄第3行,図1-2	

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/JP2024/025318

引用文献	公表日	パテントファミリー文献	公表日
JP 2000-162502 A	16.06.2000	US 6270224 B1 第1欄第5行-第9行,第4第19行-第24欄第12行,図1-16 EP 989433 A2 CN 1252533 A CN 1145819 C KR 10-2000-0023361 A KR 10-0359949 B1	
JP 2020-42103 A	19.03.2020	CN 110888288 A CN 110888288 B JP 7148334 B2	