

(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
2014 年 8 月 21 日(21.08.2014)



(10) 国際公開番号

WO 2014/125533 A1

- (51) 国際特許分類:
G02B 15/20 (2006.01) **G02B 13/18** (2006.01)
- (21) 国際出願番号: PCT/JP2013/006714
- (22) 国際出願日: 2013 年 11 月 15 日(15.11.2013)
- (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 2013-027423 2013 年 2 月 15 日(15.02.2013) JP
- (72) 発明者: および
- (71) 出願人: 矢部 輝(YABE, Akira) [JP/DE]; 86899 ラ
ンツベルク・アム・レヒハビヒトシュラーセ
5 8 Landsberg am Lech (DE).
- (74) 代理人: 古岩 信嗣(KOIWA, Nobuhide); 〒2850859
千葉県佐倉市南ユーカリが丘 3-1-7 Chiba
(JP).
- (81) 指定国 (表示のない限り、全ての種類の国内保
護が可能): AE, AG, AL, AM, AO, AT, AU, AZ, BA,
BB, BG, BH, BN, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CL, CN,
CO, CR, CU, CZ, DE, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES,

FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN,
IR, IS, KE, KG, 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, PA, PE, PG, PH,
PL, PT, QA, RO, RS, RU, RW, SA, 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.

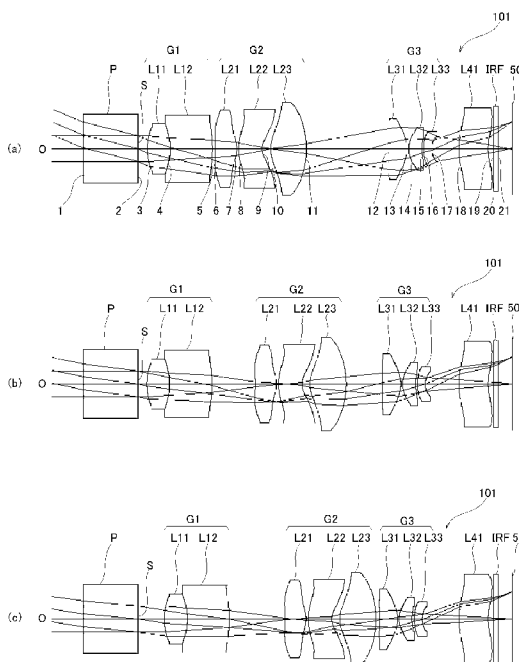
- (84) 指定国 (表示のない限り、全ての種類の広域保
護が可能): ARIPO (BW, GH, GM, KE, LR, LS, MW,
MZ, NA, RW, SD, SL, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), ユーラシ
ア (AM, AZ, BY, KG, KZ, RU, TJ, TM), ヨーロッパ
(AL, AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR,
GB, GR, HR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, LV, MC, MK, MT,
NL, NO, PL, PT, RO, RS, SE, SI, SK,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

添付公開書類:

- 国際調査報告 (条約第 21 条(3))
- 補正された請求の範囲及び説明書 (条約第 19 条
(1))

(54) Title: IMAGING OPTICS

(54) 発明の名称: 撮像光学系



(57) Abstract: [Problem] To provide thin imaging optics that have magnification-adjustment functionality and can fit in a small-form-factor electronic device that has limited thickness or layout space. [Solution] These imaging optics (101), which have magnification-adjustment functionality that allows magnification adjustment, are characterized in that a prism (P) with the ability to bend the optical axis by 90° is positioned on the object side. These imaging optics (101) are also characterized in that at least the following are laid out, in this order, behind the optical-axis bending means: a positive-power first group (G1) that produces an intermediate image (II), said intermediate image (II) being a real image; a positive-power second group (G2) that refracts off-axis light rays towards a central axis (O); and a positive-power third group (G3) that focuses the intermediate image (II) onto an imaging element (50). Light-ray heights at the V-edges throughout the imaging optics are thereby kept low.

(57) 要約: 【課題】 奥行きや配置スペースに限りのある小型電子機器に内蔵可能であって、倍率調整機能を備えた薄型の撮像光学系を提供する。【解決手段】 本発明の撮像光学系 101 は、倍率調整を可能とする倍率調整機能を備えた撮像光学系 101 であって、被写体側に光軸を 90° 折曲げる機能を有したプリズム P が配置され、光軸折曲手段の後方に順に、実像である中間像 II を生成する正のパワーを有した第 1 群 G1 と、軸外光束の方向を中心軸 O 側に屈折させる正のパワーを有した第 2 群 G2 と、中間像 II を撮像素子 50 に結像させる正のパワーを有した第 3 群 G3 と、が少なくとも配置され、V 端での光線束の光線高さを光学系全体で小さく抑えることを特徴とする。

明 細 書

発明の名称：撮像光学系

技術分野

[0001] 本発明は、小型且つ薄型の電子機器に内蔵される撮像光学系に関する。

背景技術

[0002] 近年、携帯電話機やデジタルスチルカメラなど、小型の撮像光学系が内蔵された小型且つ薄型の電子機器（以下、小型電子機器と称す。）が増えている。小型電子機器では、レンズを配置するためのスペースや奥行きに制限があるため、固定焦点レンズを用いているものが多い。固定焦点レンズは、レンズ全長を5 mm程度に抑えることができるため、小型電子機器に容易に内蔵させることができるからである。一方、ズームレンズは、ズーム倍率が3倍程度の場合にレンズ全長が20 mm程度となる。よって、ズームレンズを含む撮像光学系をそのまま小型電子機器に内蔵するのは困難な場合がある。そこで、ズームレンズを含む撮像光学系を奥行きやスペースが限られた小型の電子機器に内蔵するため、プリズムやミラーによって光路を90度折曲げることがある。

[0003] 例えば、特許文献1では、奥行きを小さくするためにプリズムで光路を90度折曲げた撮像光学系の提案がなされている。この特許文献1の提案では、両端面を凹面としたプリズムを用いている。このようにプリズムの前面を凹面とすることにより、プリズムの前面に入射する光の光線高さを抑えることができ、プリズムの奥行きを小さくすることができる。

[0004] 特許文献2では、プリズムの前方に凹レンズを配置した撮像光学系の提案がなされている。この提案でも特許文献1と同様に、プリズムの前方に凹レンズを配置することでプリズムの前面に入射する光の光線高さを抑えることができ、プリズムの奥行きを小さくすることができる。

[0005] 特許文献3では、収納時にプリズムを45度回転させ収納時の奥行きを減らす提案がなされている。また、特許文献4では、プリズムの前面や前方に

凹面又は凹レンズを設けていない撮像光学系の提案がなされている。

先行技術文献

特許文献

[0006] 特許文献1：特開2003-43354号公報

特許文献2：特開2004-37966号公報

特許文献3：特開2007-86141号公報

特許文献4：特開2007-155948号公報

発明の概要

発明が解決しようとする課題

[0007] 上述したように、小型電子機器に内蔵される撮像光学系は、収納スペースや奥行きに制限があるためにプリズムやミラーを用いて光路を90度折曲げることが多々ある。また、小型電子機器は薄型であるため、中心軸に対する光線高さを低く抑える必要がある。

[0008] これらの課題を解決するため、上記特許文献1や特許文献2のように、プリズムの入射面及び又は射出面を凹レンズとして形成したり、プリズムの前方に凹レンズを配置したりすることがある。しかしながら、特許文献1や特許文献2の発明では、前面を凹面としたプリズムや、プリズムの前方に配置した凹レンズの厚みのため、撮像光学系の中心軸に対する光線高さを縮小したとしても小型の電子機器におけるレンズの収納スペースに撮像光学系を収納することが困難であるという問題点がある。例えば、特許文献2のように、プリズムの前方に凹レンズを配置した場合、出願人の調査によれば、対角寸法5.69mmの撮像素子に対して凹レンズの厚みが1.2mm、プリズムの厚みが4.0mmであり、合わせて5.2mmの厚みになってしまう。このような光学系の外側にはレンズ枠などの機械部品がさらに必要なため、これらの機械部品を含めた撮像光学系を小型電子機器における収納スペースに収納することが困難である。

[0009] この問題点を解決するため、上記特許文献3では、収納時にプリズムを4

5度回転させ、収納時の奥行きを減らす提案がなされている。しかしながら、特許文献3の発明では、撮影のためにプリズムを回転させたときの位置決めに高い精度が要求されるという問題点がある。

[0010] 上記特許文献4では、プリズムの前面や前方に凹面又は凹レンズを設けていない撮像光学系の提案がなされている。しかしながら、この撮像光学系は、ワイドでの画角が狭いという問題点があり、現在の市場の要求を満たすことはできない。

[0011] プリズムにパワーを設けず、或いは、プリズムの前方に凹レンズを設けることなく、プリズムの大きさを抑える方法としては、プリズムの近傍に絞りを設けることが考えられる。しかしながら、プリズムの近傍に絞りを配置すると、後群のレンズ径が大きくなるという問題点が新たに生じてしまう。

[0012] 本発明は、V端（撮像素子の短方向の端点）での光線束の光線高さを光学系全体で小さく抑えることで被写体方向の厚みを薄くした撮像光学系であって、倍率調整機能を備えた撮像光学系を提供することを目的としている。

課題を解決するための手段

[0013] 本発明の撮像光学系は、倍率調整を可能とする倍率調整機能を備えた撮像光学系である。この撮像光学系は、被写体側に光軸を折曲げる機能を有した光軸折曲手段を備えている。また、撮像光学系は、光軸折曲手段の後方に順に、実像である中間像を生成する正のパワーを有した第1群と、軸外光束の方向を中心軸側に屈折させる正のパワーを有した第2群と、中間像を撮像素子に結像させる正のパワーを有した第3群と、を少なくとも備えたことを特徴とする。

発明の効果

[0014] 本発明によれば、V端での光線束の光線高さを光学系全体で小さく抑えることで被写体方向の厚みを薄くした撮像光学系であって、倍率調整機能を備えた撮像光学系を提供することができる。

図面の簡単な説明

[0015] [図1] (a) は、本発明の実施形態に係る撮像素子の模式図であり、(b) は

撮像光学系における光軸と直交する任意の面での光線束を表した模式図である。

[図2] (a) は、本発明の第 1 の実施の形態に係る撮像光学系のワイド端における近軸関係図であり、(b) は、中間倍率での近軸関係図であり、(c) は、テレ端での近軸関係図である。

[図3] (a) は、本発明の第 2 の実施の形態に係る撮像光学系のワイド端における近軸関係図であり、(b) は、中間倍率での近軸関係図であり、(c) は、テレ端での近軸関係図である。

[図4] (a) は、本発明の第 3 の実施の形態に係る撮像光学系のワイド端における近軸関係図であり、(b) は、中間倍率での近軸関係図であり、(c) は、テレ端での近軸関係図である。

[図5] (a) は、本発明の第 4 の実施の形態に係る撮像光学系のワイド端における近軸関係図であり、(b) は、中間倍率での近軸関係図であり、(c) は、テレ端での近軸関係図である。

[図6] (a) は、本発明の第 5 の実施の形態に係る撮像光学系のワイド端における近軸関係図であり、(b) は、中間倍率での近軸関係図であり、(c) は、テレ端での近軸関係図である。

[図7] (a) は、本発明の実施例 1 に係る撮像光学系のワイド端における断面図であり、(b) は、中間倍率での断面図であり、(c) は、テレ端での断面図である。

[図8] (a) は、本発明の実施例 2 に係る撮像光学系のワイド端における断面図であり、(b) は、中間倍率での断面図であり、(c) は、テレ端での断面図である。

[図9] (a) は、本発明の実施例 3 に係る撮像光学系のワイド端における断面図であり、(b) は、中間倍率での断面図であり、(c) は、テレ端での断面図である。

[図10] (a) は、本発明の実施例 4 に係る撮像光学系のワイド端における断面図であり、(b) は、中間倍率での断面図であり、(c) は、テレ端での

断面図である。

[図11] (a) は、本発明の実施例5に係る撮像光学系のワイド端における断面図であり、(b) は、中間倍率での断面図であり、(c) は、テレ端での断面図である。

[図12] (a) は、本発明の実施例6に係る撮像光学系のワイド端における断面図であり、(b) は、中間倍率での断面図であり、(c) は、テレ端での断面図である。

[図13] (a) は、本発明の実施例7に係る撮像光学系のワイド端における断面図であり、(b) は、中間倍率での断面図であり、(c) は、テレ端での断面図である。

[図14] (a) は、本発明の実施例8に係る撮像光学系のワイド端における断面図であり、(b) は、中間倍率での断面図であり、(c) は、テレ端での断面図である。

発明を実施するための形態

[0016] 以下、本発明の実施形態を図に基づいて詳細に述べる。

撮像素子50は、図1(a)に示すように、縦方向V(短方向)と横方向H(長方向)の長さの比が3:4の形状であり、V方向の端をV端と呼ぶ。V端という言葉は、V方向の端辺の全体を示す場合と、V方向の端辺の中点を示す場合があるが、以後の記述においては、後者の意味に用いる。図1(b)では、画面の4隅と上下V端の光線束を示している。このように、光学面の有効範囲は軸対称ではない。レンズは、軸対称に成型せずに、撮像素子50のV方向に相当する方向の上下をカットすることによって、上下方向の寸法を小さく抑えることができる。図1(b)に示すように、光線束の上下方向の限界は、画面の4隅と上下のV端で、ほとんど変わらないという性質があるので、レンズの上下方向の寸法は、V端の光線束の上下方向の光線高さで決まると考えて差し支えない。なお、撮像素子50のV方向とH方向の長さの比は、ハイディフィニション(High Definition)の場合9:16となる。すなわち、V:Hが3:4という比や9:16という

比に限定されるものではない。

[0017] 小型電子機器に内蔵する撮像光学系では、光学系の被写体方向の奥行きを小さくするため、被写体方向と撮像素子50のV方向を一致させる、すなわち、プリズムやミラーで光線束を90度折曲げることがある。被写体方向と撮像素子50のV方向を一致させた場合、光学系の被写体方向の奥行きを決めるのはV端に対応する光線束の中心軸に対する光線高さである。そこで、本発明は、V端の光線束の中心軸に対する光線高さを低く抑えることにより、撮像光学系の被写体方向の厚みを薄くすることを特徴とする。以下、この撮像光学系についてさらに詳しく述べる。

[0018] 本実施形態に係る撮像光学系は、倍率調整機能（ズーミング機能）を備えた光学系である。この撮像光学系は、被写体側の端部（前方）にプリズムやミラーなどの光軸折曲手段を備える。そして、撮像光学系は、光軸折曲手段の後方に、実像である中間像を生成する機能を有する正のパワーを有したレンズ群と、軸外光束を中心軸側（中心軸方向）に屈折させる機能を有する正のパワーを有したレンズ群と、中間像を撮像素子に結像させる機能を有する正のパワーを有したレンズ群と、を少なくとも備える。

[0019] 軸外光束を中心軸方向に屈折させる機能を有する正のパワーを有したレンズ群は、中間像が形成される位置の近傍に配置されている。すなわち、本実施形態に係る撮像光学系では、プリズムやミラーから射出された光線束の光線高さが高くなる前に中間像を形成し、さらに、この中間像が形成される位置の近傍で軸外光束を中心軸方向に屈折させることで、光学系全体での光線高さを低く抑えている。

[0020] また、本実施形態の撮像光学系は、中間像が生成されるため、絞りの中心を通る光線である主光線と中心軸（光軸）が中間像の前後の2箇所で交差する。よって、絞りは、前記中間像の前後の2箇所のいずれかの位置に配置されることとなる。

[0021] このような構成の本実施形態における撮像光学系によれば、V端の光線高さを低く抑えることができる。一般に、すべての面における光線高さがV方

向の画面サイズより等しいか小さければ、それ以上光学系を薄く（被写体方向の厚みを薄く）することができない。言い換えれば、その場合にはV方向の画面サイズで光学系の厚さが決まるため、光学系中でのV端の光線高さをそれ以上低くする必要はない。すなわち、V端の光線高さを低く抑えることができれば、V端の光線束を切らないようにレンズを切断することもでき、光学系全体を薄くすることが可能である。

[0022] このように、本実施形態における撮像光学系によれば、光軸折曲手段の前方に厚みのある凹レンズを配置したり、光軸折曲手段であるプリズムの前面に負のパワーを持たせたりすることなく、撮像光学系の薄型化を実現できる。すなわち、本実施形態によれば、厚みのある凹レンズや厚みの増した光軸折曲手段（プリズム）を用いることなく撮像光学系の薄型化や小型化を実現できるため、スペースに限りのある小型電子機器に容易に内蔵可能な撮像光学系を提供できることとなる。

[0023] また、本実施形態における撮像光学系は、上述したように、光線高さが高くなる前に中間像を形成し、且つ、軸外光束を中心軸方向に屈折させるため、V端の光線高さを低く抑えることができる。そして、V端の光線高さを低く抑えることにより、撮像光学系の薄型化を実現できる。

[0024] なお、レンズ群としているが、必ずしも複数のレンズで構成する必要はなく、上記各機能を実現できるのであれば各群を一枚のレンズで構成してもよい。また、上記3つの機能を実現する各レンズ群が倍率調整（ズーミング）用移動群として必ずしも独立したレンズ群である必要はなく、中間像を生成する機能と軸外の光線束を軸方向に屈折させる機能とを有した移動群など、一つのレンズ群に複数の機能を持たせてもよい。また、上記レンズ群の前方（被写体側）や後方（撮像素子側）に固定したレンズ群を配置してもよい。さらに、光軸折曲手段の前方に、フィルタや防護ガラスなど、厚みのわずかな光学部品を配置してもよい。なお、以下の説明では、被写体側を前方、撮像素子側を後方として述べる。

[0025] （第1の実施の形態）

図2は、本発明の第1の実施の形態に係る撮像光学系1の近軸関係を示す図である。図2(a)は広角端(ワイド端)、(b)は中間倍率、(c)は望遠端(テレ端)を表している。なお、以下の図においては、近軸光線として、撮像素子50の中心(画面の中心)に投影される光線束と、一つのV端の光線束と、を表示している。

[0026] 図2に示すように、第1の実施の形態に係る撮像光学系1は、前端に光軸折曲手段としてのプリズムPを備え、プリズムPの後方に絞りSと正のパワーを有した可動レンズ群とからなる第1群G1を備える。また、撮像光学系1は、第1群G1の後方に、正のパワーを有した可動レンズ群である第2群G2を備え、第2群G2の後方には正のパワーを有した可動レンズ群である第3群G3を備える。さらに撮像光学系1は、第3群G3の後方に赤外線フィルタIRFを備え、赤外線フィルタIRFの後方にCCDやCMOSなどの撮像素子50を備える。なお、図2においては、各群G1、G2、G3のレンズ群を一枚の薄肉レンズで模式して示しており、他の実施形態における図3～図6に関しても同様である。これらの模式図は各群のパワーが正であること、中間像のおおまかな位置、各群が可動が固定か、および、各群の連動関係を示すためのものであり、各群のパワーの値や各群の位置に限定されるものではない。

[0027] プリズムPは、入射面から入射した光線束を90度折曲げて射出面から射出する光軸折曲手段である。図においては、光線束の進行状況を分かりやすくするためプリズムPは平面レンズとして記載しているが、実際は光線束を折曲げることが可能なプリズムである。なお、光軸折曲手段はプリズムに限定されずミラーなどを用いてもよい。光軸折曲手段がプリズムに限定されずミラーなどを用いてもよいことは、以下で記述する、第2から第5までの実施の形態においても同様である。

[0028] 第1群G1は、プリズムPに近い側に絞りSが配置され、絞りSと正のパワーを有した可動レンズ群との間の距離は一定とされている。この第1群G1は、中間像I1を生成する機能を有しており、第1群G1の後方で中間像

ⅠⅠが生成される。

[0029] 第2群G2は、第1群G1で生成される中間像ⅠⅠの近傍に配置されており、軸外光束を内側（中心軸O方向）に屈折させる機能を有している。また、第2群G2は、第1群G1で生成される中間像ⅠⅠをリレーする機能を備えている。言い換えれば、第2群G2は、中間像ⅠⅠをリレーする機能の一部を受け持っている。

[0030] 第3群G3は、（第1群G1、第2群G2、第3群G3の中で）最も撮像素子50側に配置されており、第2群G2で屈折した光線束を撮像素子50に結像させる機能を有する。

[0031] そして、本実施形態の撮像光学系1では、第1群G1、第2群G2、第3群G3の3つのレンズ群を軸に沿って動かしてズーミングを行い、第1群G1を軸に沿って動かしてフォーカシング（焦点調整）を行う。すなわち、本実施形態の撮像光学系1は、倍率調整機能と焦点調整機能を備えている。

[0032] 次に、撮像光学系1における各群のパワー配分について述べる。撮像光学系1において全体の焦点距離は、中間像ⅠⅠが一つあるため負になる。第2群G2は中間像付近に置かれるため、第2群G2による結像倍率は1程度になる。中間像ⅠⅠと最終結像の大きさの比はワイド端で-1程度のため、第3群G3による結像倍率はワイド端で-1程度となる。全体の焦点距離は第1群G1の焦点距離と第2群G2による結像倍率と第3群G3による結像倍率の積のため、第1群G1の焦点距離はワイド端での全体の焦点距離と同程度の大きさとなる（逆符号）。

[0033] 第2群G2の焦点距離は、第3群G3に対する入射瞳位置を決める働きを持ち、第3群G3に対する入射瞳位置から光学系全体の射出瞳位置が決まる。光学系全体の射出瞳位置は、撮像素子50への主光線の入射方向を左右する。そして、撮像素子50への主光線の入射方向には撮像素子50ごとに条件がある。その意味で第2群G2の焦点距離の範囲には広い可能性がある。また、非球面を多用する光学系では、画面周辺部での撮像素子50への主光線の入射方向が近軸射出瞳位置だけから一義的に決まるものではない。この

面からも、第2群G2の焦点距離の範囲は広い可能性がある。

[0034] 第3群G3の焦点距離は、中間像I1から最終結像までの距離を決める機能を持つ。すなわち、第3群G3の焦点距離が長くなれば光学系全体の全長が長くなり、第3群G3の焦点距離が短くなれば光学系全体の全長が短くなる。光学系全体の全長は短い方が良いが、第3群G3の焦点距離が小さくなれば発生する収差量が増えるため、第3群G3の適当な焦点距離は、光学系の大きさや性能への要求のバランスから決まる。さらに第2群G2が中間像I1をリレーする機能の一部を受け持っているため、第3群G3の焦点距離には第2群G2の働きによる影響が生じる。

[0035] 以上の諸要素から各群のパワー配置は以下のように条件付けられる。表1の数値は、各群の焦点距離 (F_{Gi}) / |ワイド端での全体の焦点距離 (F)| で算出した数値である。ここで記号|は絶対値を意味する。

[0036] 表1に示すように、第1群G1は、最小で0.5、最大で3.0とするのが好適である。第2群G2は、最小で0.5、最大ではINFINITY（無限）、すなわち、0.5以上とするのが好適である。第3群G3は、最小で0.5、最大で1.5とするのが好適である。なお、この表1の数値に限定されるわけではない。

[0037] (表1)

	最小値	最大値
第1群G1	0.5	3.0
第2群G2	0.5	INFINITY
第3群G3	0.5	1.5

[0038] 本実施形態における撮像光学系1では、第1群G1で中間像を生成し、第2群G2で軸外光束を内側に屈折させるため、V端における光線高さを低く抑えることができる。すなわち、本実施形態によれば、V端における光線高さを低く抑えることができるため、被写体方向の厚みが薄い、薄型の撮像光学系1を提供できることとなる。

[0039] また、本実施形態における撮像光学系1では、3つのレンズ群をズーミン

グのために独立に動かす構成であるため、設計に対する自由度が高いという効果がある。

[0040] なお、本実施形態では、絞りSを第1群G1に配置しているが、この位置に限定されるものではない。上述したように、本発明では中間像I1を生成するため、絞りSを配置可能な場所は2箇所存在することとなる。よって、絞りSは、中間像I1の前方である第1群G1又はプリズムPの後面、或いは、中間像I1の後方である第3群G3に配置することができる。

[0041] 中間像I1の前方に絞りを配置する場合と、中間像I1の後方に絞りを配置する場合の、光学系にとっての主要な効果の違いは、絞り径を固定してズームを行なった場合のFNO（光学系の明るさ）の変動量の違いである。絞り径を固定してズームを行なった場合、ワイド端からテレ端に向けてFNOは徐々に大きく（つまり、光学系は暗く）なっていく。そして、中間像I1の後方に絞りを配置する場合の方が、中間像I1の前方に絞りを配置する場合よりも、一般的にFNOの変動量が小さい。どの程度のFNOの変動量が好ましいかは、それぞれの光学系の目的および用途に応じて決まる問題であり、それに従って、どの場所に絞りを配置するかが選ばれることになる。

[0042] （第2の実施の形態）

図3は、本発明の第2の実施の形態における撮像光学系11の近軸関係を示す。図3（a）は広角端（ワイド端）、（b）は中間倍率、（c）は望遠端（テレ端）を表している。なお、上記第1の実施の形態と共通するものには同一の符号を付し、重複する説明は省略する。

[0043] 上記第1の実施の形態では、3つのレンズ群をズームのために独立に動かす構成としていたが、本実施形態では、3つのレンズ群のうちの1つのレンズ群をズームに使わずに固定することで変倍機構を簡素化したことを特徴としている。すなわち、本実施形態の撮像光学系11では、第1群G1をズームに使わずに、フォーカシングのためだけに移動させることを特徴としている。以下、本実施形態の撮像光学系11に関して詳しく述べる

。

[0044] 図3に示すように、本実施の形態における撮像光学系11は、前端に光軸折曲手段としてのプリズムPを備え、このプリズムPの後面に絞りSが形成されている。また、撮像光学系11は、プリズムPの後方に、正のパワーを有した可動レンズ群である第1群G1を備え、第1群G1の後方に、正のパワーを有した可動レンズ群である第2群G2、正のパワーを有した可動レンズ群である第3群G3を順に備える。さらに撮像光学系11は、第3群G3の後方に赤外線フィルタIRF及び撮像素子50を備える。

[0045] 第1群G1は、第1の実施の形態と同様に中間像I1を生成する機能を有しており、第1群G1の後方で中間像I1が生成される。

[0046] 第2群G2も第1の実施の形態と同様に、第1群G1で生成される中間像I1の近傍に配置されており、軸外光束を内側（軸方向）に屈折させる機能を有している。また、第2群G2は、第1群G1で生成される中間像I1をリレーする機能を備えている。言い換えれば、第2群G2は、中間像I1をリレーする機能の一部を受け持っている。

[0047] 第3群G3も第1の実施の形態と同様に（第1群G1、第2群G2、第3群G3の中で）最も撮像素子50側に配置されており、第2群G2で屈折した光線束を撮像素子50に結像させる機能を有する。

[0048] そして、本実施形態の撮像光学系11では、第2群G2、第3群G3の2つのレンズ群を軸に沿って動かしてズーミングを行い、第1群G1を軸に沿って動かすことでフォーカシングを行う。すなわち、本実施形態の撮像光学系11は、倍率調整機能と焦点調整機能を備えており、第1群G1は、フォーカシング時のみ軸に沿って移動する。

[0049] 次に、撮像光学系11における各群のパワー配分（各群の焦点距離（ F_{Gi} ）／|ワイド端での全体の焦点距離（ F ）|）について述べる。表2に示すように第1群G1は、最小で0.5、最大で3.0とするのが好適である。第2群G2は、最小で0.5、最大ではINFINITYとするのが好適である。第3群G3は、最小で0.5、最大で1.5とするのが好適である。

。なお、この表 2 の数値に限定されるわけではない。

[0050] (表 2)

	最小値	最大値
第 1 群 G 1	0.5	3.0
第 2 群 G 2	0.5	INFINITY
第 3 群 G 3	0.5	1.5

[0051] 本実施形態における撮像光学系 1 1 では、第 1 群 G 1 で中間像を生成し、第 2 群 G 2 で軸外光束を内側に屈折させるため、V 端の光線束の光線高さを低く抑えることができ、被写体方向の厚みが薄い、薄型の撮像光学系 1 1 を提供できることとなる。また、本実施形態の撮像光学系 1 1 は、フォーカシングがズーミングから分離されているのでフォーカシングの制御が単純化できるといふ利点がある。

[0052] なお、本実施形態では、絞り S をプリズム P の後面に配置しているが、この位置に限定されるものではない。上述したように、本発明では中間像 I 1 を生成するため、絞り S を配置可能な場所は 2 箇所存在することとなる。よって、絞り S は、中間像 I 1 の前方である第 1 群 G 1 又はプリズム P の後面、或いは、中間像 I 1 の後方である第 3 群 G 3 に配置することができる。

[0053] (第 3 の実施の形態)

図 4 は、本発明の第 3 の実施の形態における撮像光学系 2 1 の近軸関係を示す図である。図 4 (a) は広角端 (ワイド端)、(b) は中間倍率、(c) は望遠端 (テレ端) を表している。なお、上記他の実施の形態と共通するものには同一の符号を付し、重複する説明は省略する。本実施形態における撮像光学系 2 1 は、3 つのレンズ群のうちの 2 つのレンズ群を連結して、一体として移動させることを特徴とする。すなわち、本実施形態では、第 1 群 G 1 と第 2 群 G 2 を連結していることを特徴とする。以下、本実施形態の撮像光学系 2 1 について詳しく述べる。

[0054] 図 4 に示すように、本実施の形態における撮像光学系 2 1 は、前端に光軸折曲手段としてのプリズム P を備える。また、撮像光学系 2 1 は、プリズム

Pの後方に、正のパワーを有した可動レンズ群である第1群G1及び第2群G2を備え、第2群G2の後方に正のパワーを有した可動レンズ群である第3群G3を備える。第1群G1と第2群G2は、間隔が固定されて前群GFを構成し、第3群G3は後群GRを構成している。さらに撮像光学系21は、第3群G3（後群GR）の後方に赤外線フィルタIRF及び撮像素子50を備える。

[0055] 第1群G1は、上記第1及び第2の実施の形態と同様に中間像I1を生成する機能を有しており、第1群G1の後方で中間像I1が生成される。第2群G2も上記第1及び第2の実施の形態と同様に、第1群G1で生成される中間像I1の近傍に配置されており、軸外光束を内側（軸方向）に屈折させる機能を有している。第2群G2も上記他の実施形態と同様に、第1群で生成される中間像I1をリレーする機能を備えている。言い換えれば、第2群G2は、中間像I1をリレーする機能の一部を受け持っている。

[0056] 第3群G3（後群GR）も上記他の実施の形態と同様に（第1群G1、第2群G2、第3群G3の中で）最も撮像素子50側に配置されており、第2群G2で屈折した光線束を撮像素子50に結像させる機能を有する。また、本実施形態では、第3群G3に絞りSが配置されている。

[0057] すなわち、本実施の形態における撮像光学系21は、第1群G1と第2群G2により構成される前群GFと、第3群G3により構成される後群GRと、からなる。そして、前群GFが中間像を形成する機能、軸外光束を内側に屈折させる機能、および中間像I1をリレーする機能の一部を備えている。なお、前群GFを第1群G1と第2群G2とからなるとして説明したが、実際の光学系においては必ずしも第1群G1と第2群G2とをはっきりと区分けする必要はない。すなわち、中間像I1を生成する機能、及び、軸外光束を内側に屈折させる機能を有した前群GFと、中間像I1を撮像素子50に結像させる後群GRと、を備えていればよい。

[0058] そして、本実施形態の撮像光学系21では、第1群G1と第2群G2により構成される前群GFと、第3群G3である後群GRとを軸に沿って動かし

てズーミングを行い、前群G Fの全体を軸に沿って動かしてフォーカシングを行う。すなわち、本実施形態の撮像光学系21は、倍率調整機能と焦点調整機能を備えている。

[0059] 次に、撮像光学系21における各群のパワー配分（各群の焦点距離（F_{G i}）／|ワイド端での全体の焦点距離（F）|）について述べる。表3に示すように前群G Fは、最小で0.5、最大で3.0とするのが好適である。後群G Rは、最小で0.5、最大で1.5とするのが好適である。なお、この表3の数値に限定されるわけではない。

[0060] （表3）

	最小値	最大値
前群G F	0.5	3.0
後群G R	0.5	1.5

[0061] 本実施形態における撮像光学系21では、前群G Fで中間像を生成し、且つ、軸外光束を内側に屈折させるため、V端の光線束の光線高さを低く抑えることができ、被写体方向の厚みが薄い、薄型の撮像光学系21を提供できることとなる。また、この本実施形態の撮像光学系21は、前群G Fと後群G Rとにより構成されるため、移動群が2つなので機構が単純化できるという利点がある。

[0062] なお、本実施形態では、絞りSを第3群G 3に配置しているが、この位置に限定されるものではない。上述したように、本発明では中間像I Iを生成するため、絞りSを配置可能な場所は2箇所存在することとなる。よって、絞りSは、中間像I Iの前方である第1群G 1又はプリズムPの後面、或いは、中間像I Iの後方である第3群G 3に配置することができる。

[0063] （第4の実施の形態）

図5は、本発明の第4の実施の形態における撮像光学系31の近軸関係を示す図である。図5（a）は広角端（ワイド端）、（b）は中間倍率、（c）は望遠端（テレ端）を表している。なお、上記他の実施の形態と共通するものには同一の符号を付し、重複する説明は省略する。本実施形態では第2

群G 2を固定してズーミングを行うことにより変倍機構を簡素化することを特徴とする。以下、本実施形態の撮像光学系3 1について詳しく述べる。

[0064] 図5に示すように、本実施の形態における撮像光学系3 1は、前端に光軸折曲手段としてのプリズムPを備える。また、撮像光学系3 1は、プリズムPの後方に、正のパワーを有した可動レンズ群である第1群G 1を備え、第1群G 1の後方に正のパワーを有した固定レンズ群である第2群G 2を備え、第2群G 2の後方に正のパワーを有した可動レンズ群である第3群G 3を備える。さらに撮像光学系3 1は、第3群G 3の後方に赤外線フィルタIRF及び撮像素子5 0を備える。

[0065] 第1群G 1は、上記他の実施の形態と同様に中間像I 1を生成する機能を有しており、第1群G 1の後方で中間像I 1が生成される。

[0066] 本実施形態における第2群G 2は、固定されている。また、第2群G 2は、上記他の実施の形態と同様に第1群G 1で生成される中間像I 1の近傍に配置されており、軸外光束を内側（軸方向）に屈折させる機能を有している。また、第2群G 2は、第1群G 1で生成される中間像I 1をリレーする機能を備えている。言い換えれば、第2群G 2は、中間像I 1をリレーする機能の一部を受け持っている。

[0067] 第3群G 3も上記他の実施の形態と同様に（第1群G 1、第2群G 2、第3群G 3の中で）最も撮像素子5 0側に配置されており、第2群G 2で屈折した光線束を撮像素子5 0に結像させる機能を有する。また、本実施形態では、第3群G 3に絞りSが配置されている。

[0068] そして、本実施形態の撮像光学系3 1では、第1群G 1と第3群G 3を軸に沿って動かしてズーミングを行い、第1群G 1を軸に沿って動かしてフォーカシングを行う。すなわち、本実施形態の撮像光学系3 1は、倍率調整機能と焦点調整機能を備えている。

[0069] 次に、撮像光学系3 1における各群のパワー配分（各群の焦点距離（ F_{Gi} ）／|ワイド端での全体の焦点距離（ F ）|）について述べる。表4に示すように第1群G 1は、最小で0. 5、最大で3. 0とするのが好適である

。第2群G 2は、最小で0.5、最大ではINFINITYとするのが好適である。第3群G 3は、最小で0.5、最大で1.5とするのが好適である。なお、この表4の数値に限定されるわけではない。

[0070] (表4)

	最小値	最大値
第1群G 1	0.5	3.0
第2群G 2	0.5	INFINITY
第3群G 3	0.5	1.5

[0071] 本実施形態における撮像光学系3 1では、第1群G 1で中間像I 1を生成し、第2群G 2で軸外光束を内側に屈折させるため、V端の光線束の光線高さを低く抑えることができ、被写体方向の厚みが薄い、薄型の撮像光学系3 1を提供できることとなる。また、この本実施形態の撮像光学系3 1は、移動群が2つなので機構を単純化できるという利点があり、また第2群G 2が固定なので移動群の重量が少ないという利点がある。

[0072] なお、本実施形態では、絞りSを第3群G 3に配置しているが、この位置に限定されるものではない。上述したように、本発明では中間像I 1を生成するため、絞りSを配置可能な場所は2箇所存在することとなる。よって、絞りSは、中間像I 1の前方である第1群G 1又はプリズムPの後面、或いは、中間像I 1の後方である第3群G 3に配置することができる。

[0073] (第5の実施の形態)

図6は、本発明の第5の実施の形態における撮像光学系4 1の近軸関係を示す図である。図6 (a)は広角端(ワイド端)、(b)は中間倍率、(c)は望遠端(テレ端)を表している。なお、上記他の実施の形態と共通するものには同一の符号を付し、重複する説明は省略する。本実施形態における撮像光学系4 1は、第1群G 1と第3群G 3を連結してズーミングを行うことにより変倍機構を簡素化することを特徴とする。さらに、本実施形態の撮像光学系4 1では第2群G 2を固定としていることも特徴とする。

[0074] 図6に示すように、本実施の形態における撮像光学系4 1は、前端に光軸

折曲手段としてのプリズムPを備える。また、撮像光学系41は、プリズムPの後方に、正のパワーを有した可動レンズ群である第1群G1を備え、第1群G1の後方に正のパワーを有した固定レンズ群である第2群G2を備え、第2群G2の後方に正のパワーを有した可動レンズ群である第3群G3を備える。さらに撮像光学系41は、第3群G3の後方に赤外線フィルタIRF及び撮像素子50を備える。プリズムPの後面には、絞りSが配置されている。

[0075] 第1群G1は、上記他の実施の形態と同様に中間像I1を生成する機能を有しており、第1群G1の後方で中間像I1が生成される。

[0076] 本実施形態における第2群G2は固定されている。また、第2群G2は、上記他の実施の形態と同様に第1群G1で生成される中間像I1の近傍に配置されており、軸外光束を内側（軸方向）に屈折させる機能を有している。また、第2群G2は、第1群で生成される中間像I1をリレーする機能を備えている。言い換えれば、第2群G2は、中間像I1をリレーする機能の一部を受け持っている。

[0077] 第3群G3も上記各実施の形態と同様に（第1群G1、第2群G2、第3群G3の中で）最も撮像素子50側に配置されており、第2群G2で屈折した光線束を撮像素子50に結像させる機能を有する。

[0078] そして、本実施形態の撮像光学系41では、第2群G2を固定し、第1群G1と第3群G3を連結してズーミングを行う。この場合は、最良像位置がズーミングに際してわずかに変動することになるが、EDoF（Extended Depth of Field）機能を用いることで鮮明な画像を得ることができる。EDoFは、被写界深度を広くする画像処理技術である。またEDoF機能を用いるのでフォーカシングのための移動群は必要ない。

[0079] 次に、撮像光学系41における各群のパワー配分（各群の焦点距離（ F_{Gi} ）／|ワイド端での全体の焦点距離（ F ）|）について述べる。表5に示すように第1群G1は、最小で0.5、最大で3.0とするのが好適である。

。第2群G2は、最小で0.5、最大ではINFINITYとするのが好適である。第3群G3は、最小で0.5、最大で1.5とするのが好適である。なお、この表5の数値に限定されるわけではない。

[0080] (表5)

	最小値	最大値
第1群G1	0.5	3.0
第2群G2	0.5	INFINITY
第3群G3	0.5	1.5

[0081] 本実施形態における撮像光学系41では、第1群G1で中間像I1を生成し、第2群G2で軸外光束を内側に屈折させるため、被写体方向の厚みが薄い、薄型の撮像光学系41を提供できることとなる。また、この本実施形態の撮像光学系41は、第2群G2を固定にし、第1群G1と第3群G3を連結して動かすため可動部の制御が容易となる。

[0082] なお、本実施形態では、絞りSをプリズムPの後面に配置しているが、この位置に限定されるものではない。上述したように、本発明では中間像I1を生成するため、絞りSを配置可能な場所は2箇所存在することとなる。よって、絞りSは、中間像I1の前方である第1群G1又はプリズムPの後面、或いは、中間像I1の後方である第3群G3に配置することができる。

[0083] (全実施の形態に共通)

以上、5つの実施の形態を記述した。変倍機構の簡素化の一つの方法は、1つの群を固定することであり、第2の実施の形態では第1群G1を固定し、第4の実施の形態では第2群G2を固定している。変倍機構の簡素化のもう一つの方法は、2つの群を連結することであり、第3の実施の形態では第1群G1と第2群G2を連結し、第5の実施の形態では第1群G1と第3群G3を連結している。

[0084] 変倍機構の簡素化の残る可能性として、第3群G3を固定する場合と、第2群G2と第3群G3を連結する場合が考えられる。しかし、第3群G3を固定することは、第3群G3がバリエータとして機能していることから不適

当であり、また第2群G2と第3群G3を連結することは、V端の光線束の光線高さを低く抑えることを難しくするため不適當である。さらに、第5の実施の形態に関連して、第2群G2をズーミングのために動かし、EDoF機能を用いない実施の形態があり得るが、そのような実施の形態が成立することは、第5の実施の形態より明らかである。

[0085] 一方、変倍機構の簡素化とは逆に、以上で記述した5つの実施の形態におけるレンズ群の一部または全部を、さらに複数のレンズ群に分割して、変倍機構として独立に移動させることが考えられる。これによって、コストや重量の上昇などと引き換えに、結像性能を向上させることが可能である。しかし、レンズ群の分割により派生する、そのような複雑化した変倍機構は、以上で記述した5つの実施の形態の範囲に含まれるものである。

実施例

[0086] 以下、上記第1～第5の実施の形態で述べた撮像光学系1、11、21、31、41の具体的なレンズ構成について述べる。以下の実施例におけるレンズ構成は、被写体方向の厚みが薄い、薄型の撮像光学系を実現するために、上記第1から第5までの実施の形態が有効であることを示す実例であるが、実施例以外にも多くのレンズ構成があり得るため、以下の実施例に限定されるものではない。

[0087] (実施例1)

図7は、撮像光学系101の断面図である。この断面図における各レンズの有効径は、最大像高の光束に対応するものである。また、撮像素子50の中心（画面の中心）に投影される光線束と、一つのV端の光線束と、を表示している。撮像光学系101は、上記第1の実施の形態で述べた撮像光学系1の実施例である。

[0088] 図7に示すように本実施例の撮像光学系101は、プリズムPの後方に順に正のパワーを有する可動レンズ群である第1群G1、第2群G2、第3群G3を備える。また、第3群G3の後面には、固定レンズL41が配置され、固定レンズL41の後面に赤外線フィルタIRF、撮像素子50が順に配

置されている。プリズムPの後面には絞りSが形成されている。

[0089] 第1群G1は、両凸レンズである第1レンズL11と、前面を凹、後面を凸としたメニスカスレンズである第2レンズL12と、の貼り合わせレンズで構成される。

[0090] 第2群G2は、前面が凹、後面が凸のメニスカスレンズである第3レンズL21と、前面が凸、後面が凹のメニスカスレンズである第4レンズL22と、両凸レンズである第5レンズL23と、から構成される。

[0091] 第3群G3は、前面が凹、後面が凸のメニスカスレンズである第6レンズL31と、前面が凸、後面が凹のメニスカスレンズである第7レンズL32と、前面が凸、後面が凹のメニスカスレンズである第8レンズL33と、から構成される。

[0092] 固定レンズL41は、前面が凸、後方が凹のメニスカスレンズである。なお、第1群G1～第3群G3、及び、固定レンズL41における全てのレンズは接合面4を除いて非球面レンズである。

[0093] 本実施例の撮像光学系101は、第1群G1、第2群G2、第3群G3を夫々移動させてズーミングを行い、第1群G1を動かしてフォーカシングを行う。

[0094] 以下の表6に図7に示した撮像光学系101の諸元を示す。この表6において、全体諸元に示す ω はワイド端における半画角を示し、FNOは焦点距離を入射瞳径で割った（焦点距離／入射瞳径）数値であり光学系の明るさを表す。実施例の光学系では、絞り径はズーミングに際して固定であり、そのため、FNOはズーミングとともに変動する。表におけるFNOはワイド端における値である。Fは、レンズ全体のワイド端での焦点距離を表し、Yは、最大像高を表す。なお、ワイド端での全体の焦点距離Fは、本発明では中間像を形成するため符号は－（負）となる。Lは、撮像光学系101の全長（プリズムPを反射面で展開した状態でプリズム前面から像面までの距離）を表す。また、レンズデータにおけるmは、被写体側（前端）からの各光学面の番号（面番号）を示し（図7（a）の数字に対応）、rは各光学面の

曲率半径を示し、 d は各光学面から次の光学面までの光軸上の距離（面間隔）を示す。さらに、 nd は d 線（ $\lambda = 587.6 \text{ nm}$ ）に対する屈折率を示し、 νd は d 線に対するアッベ数を示している。また、 $FGi / |F|$ は、各群の焦点距離（ FGi ）／|ワイド端での全体の焦点距離（ F ）|を示す。さらに、非球面係数の定義は（１）式で表される。

[0095] [数1]

$$z = \frac{ch^2}{\sqrt{1+(1+K)c^2h^2}} + Ah^4 + Bh^6 + Ch^8 + Dh^{10} + Eh^{12} + Fh^{14} \quad \dots (1)$$

ただし、 z ：高さ h の位置での z 軸方向の変位量（面頂点基準）

h ： z 軸に対して垂直な方向の高さ（ $h^2 = x^2 + y^2$ ）

c ：近軸曲率（ $= 1 / \text{曲率半径}$ ）

A 、 B 、 C 、 D 、 E 、 F ：

それぞれ 4、6、8、10、12、14 次の非球面係数

K ：円錐係数

である。また、群間隔における W はワイド端、 M は中間倍率、 T はテレ端を表す。

[0096] （表 6）

全体諸元

$2\omega = 70^\circ$

画面サイズ = $4.552 \text{ mm} \times 3.414 \text{ mm}$ （ $Y = 2.845 \text{ mm}$ ）

$FNO = 2.4$

ズーム比 = 2.8 倍

$F = -4.063 \text{ mm}$

$L = 26.92 \text{ mm}$

V 端光束の最大光束幅 = 3.4 mm

レンズデータ

m	r	d	nd	νd
-----	-----	-----	------	---------

1	INFINITY	3.4000000	1.51680	64.20
2	INFINITY	0.6017373		
3	3.3566724	1.4381623	1.49700	81.61
4	-4.0098956	2.6325521	1.64769	33.84
5	-7.4836021	0.2125802		
6	-6.0333656	1.3220721	1.59201	67.02
7	-1.6671657	0.1374810		
8	3.2767314	1.4596985	1.84666	23.78
9	0.8197137	0.5179634		
10	1.6177176	2.2719648	1.63854	55.45
11	-4.8328802	5.1742651		
12	-18.0491558	1.1384586	1.49700	81.61
13	-1.7777505	0.0999860		
14	1.4688631	0.8122264	1.56907	71.30
15	1.8766719	0.1363150		
16	4.9994891	0.4999910	1.84666	23.78
17	1.6428635	1.6954327		
18	3.7928310	1.8395681	1.72916	54.67
19	3.3606612	0.3270049		
20	INFINITY	0.3000000	1.51680	64.20
21	INFINITY	0.8998775		

非球面係数

m	K	A	B	C	D	E	F
3	-8.02E+00	2.77E-02	-1.15E-02	6.62E-03	-2.61E-03	5.66E-04	-5.17E-05
5	-1.80E+01	-9.66E-04	3.89E-04	4.52E-04	-1.37E-04	1.81E-05	-7.92E-07
6	5.21E-01	5.71E-02	-7.87E-03	2.44E-04	4.42E-05	-3.31E-06	-4.02E-07

-08

7 -3.40E+00 6.48E-02 -6.52E-03 -2.66E-03 7.10E-04 -6.39E-05 1.97E

-06

8 -4.73E-01 -1.11E-02 5.10E-03 -4.50E-03 1.04E-03 -1.01E-04 3.68E

-06

9 -3.85E+00 2.42E-03 -1.08E-02 2.89E-03 -3.56E-04 2.25E-05 -5.78E

-07

10 -6.48E+00 8.83E-03 -5.50E-03 9.69E-04 -8.63E-05 4.09E-06 -8.78E

-08

11 -9.32E-01 1.45E-03 2.38E-04 -1.35E-04 1.36E-05 -7.88E-07 1.23E

-08

12 -6.98E-01 2.81E-02 -1.63E-02 7.35E-03 -1.84E-03 2.28E-04 -1.31E

-05

13 -3.38E+00 -3.64E-03 3.21E-03 -6.07E-04 1.13E-05 -1.73E-06 -7.39E

-07

14 -2.95E-01 -3.62E-02 -3.80E-02 3.64E-02 -2.33E-02 6.23E-03 -7.34E

-04

15 6.49E-01 -2.21E-01 3.41E-02 1.39E-02 -1.74E-02 5.63E-03 -1.28E

-03

16 9.05E+00 2.01E-01 -2.14E-01 1.65E-01 -8.65E-02 2.67E-02 -3.70E

-03

17 1.17E+00 2.93E-01 -1.63E-01 -4.55E-02 4.94E-01 -8.43E-01 3.77E

-01

18 -1.24E+00 -2.22E-02 -2.67E-03 3.45E-03 -8.64E-04 8.84E-05 -3.23E

-06

19 -3.83E+00 -2.05E-02 -2.06E-03 1.67E-03 -3.03E-04 2.20E-05 -5.57E

-07

群間隔

m	W	M	T
2	0.6017373	0.5707610	1.6660788
5	0.2125802	2.7359933	3.5105097
11	5.1742651	2.2874673	0.2068006
17	1.6954327	2.0895333	2.3004180

$FG_i/|F|$

i=1 (第1群)

i=2 (第2群)

i=3 (第3群)

1.3975

1.0297

0.8025

[0097] 本実施例における、各群の焦点距離 (FG_i) / |ワイド端での全体の焦点距離 (F)| の数値は、表1に示した条件を満たしていることが分かる。また、V端光束の最大光束幅が3.4mmであるため、画面サイズのV方向の数値である3.414mmと略同一の数値を実現している。よって、被写体方向の厚みが薄い、薄型の撮像光学系を実現できている。さらに、レンズ全長Lが、26.92mmと短いため、撮像光学系の配置スペースに限りのある小型電子機器に容易に内蔵可能な小型の撮像光学系を提供できる。

[0098] (実施例2)

図8は、本実施例の撮像光学系111の断面図である。撮像光学系111は、上記第2の実施の形態で述べた撮像光学系11の実施例である。図8に示すように本実施例の撮像光学系111は、プリズムPの後方に正のパワーを有するレンズ群である第1群G1を備え、第1群G1の後方に正のパワーを有する可動レンズ群である第2群G2、第3群G3を備える。また、第3群G3の後方には、赤外線フィルタIRF、撮像素子50が順に配置されている。絞りSは、プリズムPの後方であって第1群G1の前端（被写体側）に配置されている。

[0099] 第1群G1は、両凸レンズである第1レンズL11と、前面を凹、後面を凸としたメニスカスレンズである第2レンズL12と、の貼り合わせレンズで構成される。

[0100] 第2群G2は、両凸レンズである第3レンズL21と、前面が凹、後面が

凸のメニスカスレンズである第4レンズL 2 2と、前面が凹、後面が凸のメニスカスレンズである第5レンズL 2 3と、から構成される。

[0101] 第3群G 3は、両凸レンズである第6レンズL 3 1と、前面が凸、後面が凹のメニスカスレンズである第7レンズL 3 2と、を備える。さらに、第3群G 3は、第7レンズL 3 2の後方に、前面が凹、後面が凸のメニスカスレンズである第8レンズL 3 3と、前面が凸、後面が凹のメニスカスレンズである第9レンズL 3 4と、を備える。なお、第1群G 1～第3群G 3における全てのレンズは接合面5を除いて非球面レンズである。

[0102] 本実施例の撮像光学系1 1 1は、第2群G 2と第3群G 3でズームを行い、第1群G 1でフォーカシングを行う。

[0103] 以下の表7に図8に示した撮像光学系1 1 1の諸元を示す。

[0104] (表7)

全体諸元

$$2\omega = 70^\circ$$

画面サイズ=4.552mm×3.414mm (Y=2.845mm)

$$FNO = 2.8$$

ズーム比=2.8倍

$$F = -4.063\text{ mm}$$

$$L = 29.51\text{ mm}$$

V端光束の最大光束幅=3.6mm

レンズデータ

m	r	d	nd	ν_d
1	INFINITY	3.6000000	1.51680	64.20
2	INFINITY	0.3305860		
3	INFINITY	0.0999981		
4	4.7924242	1.1967433	1.49700	81.61
5	-1.0139650	1.7822256	1.56883	56.04
6	-2.0859000	0.6455099		

7	22.0437595	2.3410094	1.84666	23.78
8	-8.9968220	1.0534341		
9	-0.9485915	1.5898679	1.69680	55.46
10	-1.3216959	0.3701573		
11	-5.5587778	3.7374191	1.71300	53.94
12	-8.3626145	4.2411460		
13	2.7923560	2.1533553	1.49700	81.61
14	-2.0953558	0.1026413		
15	3.5431426	0.5000100	1.70154	41.15
16	1.7026495	0.9547510		
17	-0.8004187	0.5014478	1.84666	23.78
18	-1.6741317	0.1064285		
19	1.3261020	2.1648015	1.71300	53.94
20	1.8840294	0.8440608		
21	INFINITY	0.3000000	1.51680	64.20
22	INFINITY	0.8992454		

非球面係数

m	K	A	B	C	D	E	F
4	5.86E+00	-1.59E-02	2.33E-02	-4.54E-02	3.87E-02	4.66E-03	-5.08E-03
6	-4.37E+00	-5.46E-02	2.46E-02	-1.17E-02	3.39E-03	-5.29E-04	3.46E-05
7	2.33E+00	-2.75E-03	6.95E-03	-3.62E-03	1.16E-03	-1.87E-04	1.11E-05
8	4.92E+00	-1.13E-02	-3.32E-03	1.47E-03	1.55E-04	2.68E-05	9.25E-07
9	-6.25E+00	-1.60E-01	3.50E-02	6.39E-03	-3.40E-03	4.85E-04	-2.49E-05

10 -7.42E-01 4.56E-02 -1.43E-02 4.75E-03 -5.13E-04 1.99E-05 -6.77E-07
 11 -4.96E+00 5.29E-02 -9.21E-03 5.97E-04 4.20E-05 -7.27E-06 2.25E-07
 12 3.22E-01 -2.41E-03 1.38E-03 -3.86E-04 5.96E-05 -4.22E-06 1.48E-07
 13 7.71E-01 -9.56E-03 -3.66E-03 -4.60E-04 -1.74E-04 -3.24E-05 -1.32E-06
 14 -5.61E+00 -2.38E-02 2.09E-03 9.00E-06 -5.99E-04 1.92E-04 -1.78E-05
 15 3.23E+00 -1.02E-01 -1.47E-03 -3.23E-03 6.35E-03 -2.22E-03 2.09E-04
 16 -3.21E-01 -1.74E-01 2.72E-02 -2.11E-02 1.21E-02 -3.18E-03 3.19E-04
 17 -4.03E+00 -2.20E-02 8.19E-02 -8.15E-02 3.86E-02 -9.28E-03 8.87E-04
 18 -5.26E+00 -2.75E-02 4.79E-02 -1.96E-02 7.19E-03 -1.60E-03 1.16E-04
 19 -5.80E+00 2.64E-05 -2.21E-03 -7.48E-04 5.03E-04 -8.98E-05 4.32E-06
 20 -4.56E+00 1.08E-03 -1.99E-03 2.98E-04 -4.02E-05 1.87E-06 -1.25E-08

群間隔

m	W	M	T
6	0.6455099	0.2657847	0.5489867
12	4.2411460	2.1822547	0.5402629
20	0.8440608	3.2828722	4.6416292

FGi/|F|

i=1	i=2	i=3
0.8871	1.8302	0.8760

[0105] 本実施例における、各群の焦点距離 ($F G_i$) / | ワイド端での全体の焦点距離 (F) | の数値は、表 2 に示した条件を満たしていることが分かる。また、V 端光束の最大光束幅が 3.6 mm であり、画面サイズの V 方向の数値である 3.414 mm に近い数値であるため、被写体方向の厚みが薄い、薄型の撮像光学系が実現している。さらに、レンズ全長 L が、29.51 mm と短いため、撮像光学系の配置スペースに限りのある小型電子機器に容易に内蔵可能な小型の撮像光学系を提供できることが分かる。

[0106] (実施例 3)

図 9 は、本実施例の撮像光学系 121 の断面図である。撮像光学系 121 は、上記第 3 の実施の形態で述べた撮像光学系 21 の実施例である。図 9 に示すように本実施例の撮像光学系 121 は、プリズム P の後方に正のパワーを有する可動レンズ群である前群 GF (第 1 群 G1 及び第 2 群 G2) を備え、前群 GF の後方に正のパワーを有する可動レンズ群である後群 GR (第 3 群 G3) を備える。また、後群 GR の後方には、赤外線フィルタ IRF、撮像素子 50 が順に配置されている。絞り S は、後述する後群 GR の第 8 レンズ L32 と第 9 レンズ L33 の間に配置されている。

[0107] 前群 GF (第 1 群 G1 と第 2 群 G2) は、両凸レンズである第 1 レンズ L11 と、両凸レンズである第 2 レンズ L12 と、前面が凹、後面が凸のメニスカスレンズである第 3 レンズ L21 と、を第 1 群 G1 として備える。また、前群 GF は、前面が凹、後面が凸のメニスカスレンズである第 4 レンズ L22 と、前面が凸、後面が凹のメニスカスレンズである第 5 レンズ L23 と、両凸レンズである第 6 レンズ L24 と、を第 2 群 G2 として備える。なお、第 1 群 G1 と第 2 群 G2 としているが、第 1 群 G1 と第 2 群 G2 が必ずしもこのような区分とする必要はなく、前群 GF 全体で中間像生成、軸外光束を軸方向に屈折させる、という機能を有していればよい。

[0108] 後群 GR は、前面が凹、後面が凸のメニスカスレンズである第 7 レンズ L

3 1 と、両凸レンズである第 8 レンズ L 3 2 と、絞り S を介して第 8 レンズ L 3 2 の後方に配置される、両凹のレンズである第 9 レンズ L 3 3 と、両凸レンズである第 10 レンズ L 3 4 と、から構成される。なお、前群 G F 及び後群 G R（第 1 群 G 1 ～第 3 群 G 3）における全てのレンズは非球面レンズである。

[0109] 本実施例の撮像光学系 1 2 1 は、前群 G F と後群 G R でズーミングを行い、前群 G R でフォーカシングを行う。

[0110] 以下の表 8 に図 9 に示した撮像光学系 1 2 1 の諸元を示す。

[0111] (表 8)

全体諸元

$$2\omega = 70^\circ$$

画面サイズ = 4.552 mm × 3.414 mm (Y = 2.845 mm)

$$FNO = 2.8$$

ズーム比 = 3.5 倍

$$F = -4.063 \text{ mm}$$

$$L = 30.00 \text{ mm}$$

V 端光束の最大光束幅 = 4.0 mm

レンズデータ

m	r	d	nd	νd
1	INFINITY	4.0000000	1.51680	64.20
2	INFINITY	2.0673045		
3	9.9477904	0.9212518	1.49700	81.61
4	-36.1123533	0.1000025		
5	6.3334788	1.3906934	1.49700	81.61
6	-2.4044545	0.3334809		
7	-1.1217234	0.5008360	1.72342	37.99
8	-2.1548331	0.2165537		
9	-2.5629226	1.1731649	1.49700	81.61

10	-1.6527482	0.1045501		
11	6.8469867	1.4355780	1.84666	23.78
12	4.0597291	1.9011653		
13	18.7278772	4.0768226	1.53996	59.71
14	-5.5495381	4.1993310		
15	-1.4154655	0.6505659	1.59201	67.02
16	-2.1666633	0.1052542		
17	1.0036680	0.9831631	1.49700	81.61
18	-7.4708328	0.1000043		
19	INFINITY	0.1365020		
20	-3.3754276	0.6039223	1.72047	34.72
21	3.5940007	0.7270050		
22	6.8135537	0.0799373	1.50137	56.41
23	-2.1974635	0.2257846		
24	INFINITY	0.3000000	1.51680	64.20
25	INFINITY	0.6671757		

非球面係数

m	K	A	B	C	D	E	F
3	2.88E+00	-3.73E-03	3.58E-03	-2.02E-03	5.03E-04	-5.61E-05	2.18E-06
4	-2.94E+00	-4.46E-02	2.20E-02	-7.29E-03	1.41E-03	-1.33E-04	4.72E-06
5	-4.16E+00	-2.14E-02	8.58E-03	-3.11E-03	5.92E-04	-4.89E-05	1.44E-06
6	-7.33E-01	4.06E-02	-7.89E-03	6.99E-04	-2.42E-06	-2.47E-06	5.44E-08
7	-9.74E-01	1.33E-01	-2.66E-02	3.31E-03	-2.20E-04	3.53E-06	4.22E-08

8 -2.02E+00 1.30E-02 1.56E-02 -4.70E-03 6.18E-04 -4.35E-05 1.32E-06

9 -9.25E+00 -4.18E-02 2.85E-02 -6.27E-03 7.39E-04 -4.79E-05 1.29E-06

10 -1.17E+00 6.22E-02 -1.26E-02 1.43E-03 -9.28E-05 3.98E-06 -1.48E-07

11 -8.54E+00 5.17E-03 7.39E-04 -1.68E-04 -1.35E-05 1.90E-06 -7.83E-08

12 -5.66E+00 -2.04E-02 7.28E-03 -1.31E-03 1.13E-04 -5.02E-06 1.06E-07

13 2.61E+01 1.87E-02 -1.81E-03 5.52E-05 3.14E-06 -2.74E-07 3.89E-09

14 1.37E+00 1.63E-03 1.91E-04 4.43E-05 -8.15E-06 6.27E-07 -1.30E-08

15 -7.11E+00 6.91E-03 -2.27E-02 1.42E-02 -8.10E-03 2.13E-03 -1.96E-04

16 3.71E-01 3.52E-02 -7.12E-03 4.70E-04 -3.17E-04 3.29E-04 -3.14E-05

17 -4.39E-01 -1.94E-01 1.08E-01 -1.33E-01 7.51E-02 -3.19E-02 5.14E-03

18 1.14E+00 -4.34E-02 8.27E-02 -7.08E-02 4.05E-02 -1.32E-02 3.59E-03

20 -6.13E-01 1.59E-01 -2.11E-02 -3.58E-03 -1.18E-02 6.10E-02 -3.04E-02

21 -8.20E+00 1.99E-01 1.01E-01 -3.48E-01 5.66E-01 -3.64E-01 1.06E-01

22 1.57E+00 -3.54E-02 -2.31E-02 3.26E-02 -2.89E-02 9.94E-03 -1.25E-03

23 -2.51E+01 4.13E-02 -2.63E-02 5.87E-03 -8.81E-04 6.04E-05 -2.53E-06

群間隔

m	W	M	T
2	2.0673045	2.1761626	0.6046647
14	4.1993310	1.0074333	0.3470603
23	0.2257846	3.3088577	5.5410009

$FGi/|F|$

i=F i=R

1.5924 0.8334

[0112] 本実施例における、各群の焦点距離 (FGi) / |ワイド端での全体の焦点距離 (F)| の数値は、表3に示した条件を満たしていることが分かる。また、V端光束の最大光束幅が4.0mmであり、画面サイズのV方向の数値である3.414mmに近い数値であるため、被写体方向の厚みが薄い、薄型の撮像光学系が実現している。さらに、レンズ全長Lが、30.00mmと短いため、撮像光学系の配置スペースに限りのある小型電子機器に容易に内蔵可能な小型の撮像光学系を提供できる。

[0113] (実施例4)

図10は、本実施例の撮像光学系131の断面図である。撮像光学系131は、上記第2の実施の形態で述べた撮像光学系11の実施例である。図10に示すように本実施例の撮像光学系131は、プリズムPの後方に正のパワーを有する可動レンズである第1レンズL11 (第1群G1) を備え、第1レンズL11の後方に正のパワーを有する可動レンズ群である第2群G2及び第3群G3を備える。また、第3群G3の後方には、固定レンズL41が配置され、固定レンズL41の後方に赤外線フィルタIRF、撮像素子50が順に配置されている。絞りSは、プリズムPの後面に形成されている。

[0114] 第1レンズL11 (第1群G1) は、両凸レンズである。

[0115] 第2群G2は、前面が凹、後面が凸のメニスカスレンズである第2レンズ

L 2 1 と、前面が凸、後面が凹のメニスカスレンズである第 3 レンズ L 2 2 と、両凸レンズである第 4 レンズ L 2 3 と、から構成される。

[0116] 第 3 群 G 3 は、両凸レンズである第 5 レンズ L 3 1 と、前面が凸、後面が凹のメニスカスレンズである第 6 レンズ L 3 2 と、両凹のレンズである第 7 レンズ L 3 3 と、から構成される。

[0117] 固定レンズ L 4 1 は、前面が凸、後面が凹のメニスカスレンズである。なお、第 1 群 G 1 ～第 3 群 G 3、及び、固定レンズ L 4 1 における全てのレンズは非球面レンズである。

[0118] 本実施例の撮像光学系 1 3 1 は、第 2 群 G 2 と第 3 群 G 3 でズーミングを行い、第 1 群 G 1 でフォーカシングを行う。

[0119] 以下の表 9 に図 1 0 に示した撮像光学系 1 3 1 の諸元を示す。

[0120] (表 9)

全体諸元

$$2\omega = 70^\circ$$

画面サイズ = 4. 5 5 2 mm × 3. 4 1 4 mm (Y = 2. 8 4 5 mm)

$$FNO = 2. 8$$

ズーム比 = 2. 8 倍

$$F = -4. 0 6 3 \text{ mm}$$

$$L = 3 0. 0 0 \text{ mm}$$

V 端光束の最大光束幅 = 3. 4 mm

レンズデータ

m	r	d	nd	ν_d
1	INFINITY	3.4000000	1.51680	64.20
2	INFINITY	0.4858325		
3	3.8517890	4.2194283	1.49700	81.61
4	-5.3748003	0.3396133		
5	-1.7752715	1.0300928	1.53116	56.15
6	-1.2735683	0.1000007		

7	3.0621640	2.1620967	1.82114	24.06
8	0.7764885	0.3208142		
9	1.2536618	2.7237377	1.53116	56.15
10	-3.5719440	6.1767027		
11	2.6291686	2.7485971	1.49700	81.61
12	-2.2742430	0.1032998		
13	5.4230279	0.5686936	1.53116	56.15
14	11.4652752	0.1363856		
15	-4.9123687	0.6824105	1.82114	24.06
16	7.3044061	1.2233549		
17	5.2564762	1.8371709	1.53116	56.15
18	2.0971204	0.5402834		
19	INFINITY	0.3000000	1.51680	64.20
20	INFINITY	0.8989604		

非球面係数

m	K	A	B	C	D	E
F						
3	-1.26E+01	2.63E-02	-8.65E-03	1.86E-03	7.74E-05	1.69E-04
	-05					
4	-2.29E+01	-1.33E-02	5.81E-03	-1.15E-03	1.08E-04	-6.02E-07
	-07					
5	-2.30E+00	6.81E-02	-9.85E-03	-1.92E-04	3.40E-04	-4.32E-05
	-06					
6	-1.79E+00	3.93E-02	2.29E-03	-3.85E-03	9.13E-04	-8.65E-05
	-06					
7	-6.55E+00	1.82E-02	-5.91E-03	4.38E-04	2.42E-05	-4.58E-06
	-09					
8	-3.42E+00	-1.42E-02	7.06E-04	3.72E-04	-6.95E-05	4.34E-06
	-1.09E					

-07

9 -6.09E+00 -1.36E-02 4.59E-03 -6.04E-04 4.14E-05 -1.56E-06 2.81E

-08

10 -5.94E+00 -1.47E-02 1.98E-03 -2.40E-04 1.38E-05 8.40E-09 -2.41E

-09

11 8.98E-01 -1.33E-02 -7.87E-03 4.25E-03 -2.74E-03 5.85E-04 -4.94E

-05

12 -5.66E+00 -1.81E-02 -1.75E-02 1.87E-02 -9.28E-03 2.28E-03 -2.01E

-04

13 3.75E+00 -4.30E-02 -6.91E-02 6.02E-02 -2.42E-02 5.81E-03 -5.29E

-04

14 4.72E+01 -8.82E-02 7.33E-03 -2.39E-02 1.92E-02 -5.41E-03 5.78E

-04

15 1.11E+01 1.21E-01 -3.25E-02 -2.89E-02 1.91E-02 -4.07E-03 1.37E

-04

16 -6.57E+00 1.18E-01 2.52E-03 -4.81E-02 2.27E-02 -5.16E-03 5.26E

-04

17 -5.85E+00 -2.00E-02 -1.94E-03 1.51E-03 -1.35E-04 -7.00E-05 4.41E

-06

18 -3.44E+00 -2.15E-02 1.59E-03 2.79E-04 -9.96E-05 7.62E-06 -2.15E

-07

群間隔

m	W	M	T
4	0.3396133	1.8739271	2.4574254
10	6.1767027	3.2529403	1.7912946
16	1.2233549	2.6129363	3.4912232

FGi/|F|

i=1 i=2 i=3

1.3067 1.1499 0.9284

[0121] 本実施例における、各群の焦点距離 ($F G_i$) / |ワイド端での全体の焦点距離 (F)| の数値は、表 2 に示した条件を満たしていることが分かる。また、V 端光束の最大光束幅が 3.4 mm であるため、画面サイズの V 方向の数値である 3.414 mm と略同一の数値を実現している。よって、被写体方向の厚みが薄い、薄型の撮像光学系が実現している。さらに、レンズ全長 L が、30.00 mm と短いため、撮像光学系の配置スペースに限りのある小型電子機器に容易に内蔵可能な小型の撮像光学系を提供できる。また本実施例では、 $L 22$ 、 $L 31$ 、 $L 33$ 、および $L 41$ の媒質はプラスチックであり、ガラスモールドレンズに比較して、コストの低減が図れる。

[0122] (実施例 5)

図 11 は、本実施例の撮像光学系 141 の断面図である。撮像光学系 141 は、上記第 1 の実施の形態で述べた撮像光学系 1 の実施例である。図 11 に示すように本実施例の撮像光学系 141 は、プリズム P の後方に順に正のパワーを有する可動レンズ群である第 1 群 $G 1$ 、第 2 群 $G 2$ 、第 3 群 $G 3$ を備える。また、第 3 群 $G 3$ の後方には、赤外線フィルタ I R F、撮像素子 50 が順に配置されている。絞り S は、第 1 群 $G 1$ の前端（被写体側）に配置されている。

[0123] 第 1 群 $G 1$ は、絞り S と、絞り S の後方に位置する前面が凸、後面が凹のメニスカスレンズである第 1 レンズ $L 11$ と、両凸レンズである第 2 レンズ $L 12$ と、前面が凹、後面が凸のメニスカスレンズである第 3 レンズ $L 13$ と、から構成される。

[0124] 第 2 群 $G 2$ は、前面が凹、後面が凸のメニスカスレンズである第 4 レンズ $L 21$ と、前面が凹、後面が凸のメニスカスレンズである第 5 レンズ $L 22$ と、前面が凹、後面が凸のメニスカスレンズである第 6 レンズ $L 23$ と、から構成される。

[0125] 第 3 群 $G 3$ は、両凸レンズである第 7 レンズ $L 31$ と、前面が凸、後面が凹のメニスカスレンズである第 8 レンズ $L 32$ と、両凹のレンズである第 9

レンズL 3 3 と、前面が凸、後面が凹のメニスカスレンズである第 1 0 レンズL 3 4 と、から構成される。なお、第 1 群G 1 ～第 3 群G 3 における全てのレンズは非球面レンズである。

[0126] そして、本実施例の撮像光学系 1 4 1 は、第 1 群G 1、第 2 群G 2、第 3 群G 3 を夫々移動させてズーミングを行い、第 1 群G 1 を動かしてフォーカシングを行う。

[0127] 以下の表 1 0 に図 1 1 に示した撮像光学系 1 4 1 の諸元を示す。

[0128] (表 1 0)

全体諸元

$$2\omega = 70^\circ$$

画面サイズ = 4. 5 5 2 m m × 3. 4 1 4 m m (Y = 2. 8 4 5 m m)

$$F N O = 2. 8$$

ズーム比 = 2. 8 倍

$$F = -4. 0 6 3 m m$$

$$L = 2 9. 8 3 m m$$

V 端光束の最大光束幅 = 3. 6 m m

レンズデータ

m	r	d	nd	νd
1	INFINITY	3. 6000000	1. 51680	64. 20
2	INFINITY	0. 3798570		
3	INFINITY	0. 0999985		
4	4. 8388758	0. 5000007	1. 82080	42. 71
5	2. 6646485	0. 1362892		
6	5. 4646156	1. 3860729	1. 49700	81. 61
7	-1. 5641059	0. 1017730		
8	-2. 7956111	1. 1889590	1. 63219	23. 42
9	-3. 4182768	0. 4375511		
10	-123. 2294313	3. 3035354	1. 85135	40. 10

11	-4.3611938	1.2930171		
12	-0.6692682	2.4326163	1.53116	56.15
13	-1.3616053	0.1498654		
14	-4.4292473	2.9041824	1.58547	29.90
15	-10.7439359	3.7525477		
16	3.9147966	0.9428957	1.49700	81.61
17	-4.2056110	0.1016232		
18	4.6754001	0.9514837	1.49700	81.61
19	56.7714551	0.1284992		
20	-10.1867797	0.9198267	1.80610	33.27
21	4.1504703	0.7086235		
22	2.1446065	2.4254184	1.53116	56.15
23	10.1449975	0.4012059		
24	INFINITY	0.3000000	1.51680	64.20
25	INFINITY	1.2822941		

非球面係数

m	K	A	B	C	D	E	F
4	-4.57E+00	-6.62E-02	-1.06E-01	4.19E-01	-8.37E-01	8.01E-01	-2.81E-01
5	8.15E-01	-1.19E-01	6.30E-02	-1.22E-01	1.83E-01	-1.11E-01	2.11E-02
6	1.37E+00	-3.88E-02	2.03E-02	-4.38E-02	8.10E-02	-4.68E-02	7.51E-03
7	-3.11E-01	-3.09E-03	1.37E-02	-2.40E-02	1.44E-02	-3.93E-03	3.36E-04
8	-2.02E+00	-3.02E-02	5.97E-03	-2.21E-02	1.23E-02	-3.00E-03	2.26E-04
9	-2.99E-01	-8.48E-03	2.65E-03	-3.65E-03	1.30E-03	-1.90E-04	1.06E-05

-05

10 -2.41E-01 2.63E-03 9.87E-05 -1.12E-04 8.78E-06 1.99E-06 -8.08E

-08

11 6.23E-02 1.23E-02 -9.43E-03 2.73E-03 -4.10E-04 3.84E-05 -1.64E

-06

12 -3.21E+00 1.01E-02 -1.28E-02 6.24E-03 -2.07E-03 3.20E-04 -1.44E

-05

13 -1.22E+00 3.61E-02 -9.56E-03 1.39E-03 -9.22E-05 2.15E-06 -4.19E

-08

14 1.98E+00 4.38E-02 -3.83E-03 5.66E-05 1.05E-04 -1.57E-05 5.39E

-07

15 2.31E+00 -1.03E-02 3.28E-03 -9.31E-04 1.39E-04 -1.21E-05 4.68E

-07

16 -2.43E+00 -2.88E-03 -1.68E-03 7.24E-04 -9.04E-04 2.31E-04 -1.79E

-05

17 -1.26E+01 -4.37E-03 5.44E-05 -1.38E-03 4.36E-04 -5.82E-05 3.08E

-06

18 -1.92E+00 9.39E-03 -4.53E-03 7.01E-04 4.18E-04 -9.42E-05 5.62E

-06

19 2.43E-01 -3.32E-02 5.30E-03 2.29E-04 -7.78E-04 2.54E-04 -1.14E

-05

20 1.07E+01 8.61E-03 3.06E-03 -1.32E-03 -5.07E-04 2.80E-04 -1.77E

-05

21 5.17E+00 -1.75E-02 1.64E-02 -7.22E-03 1.75E-04 2.99E-04 -2.86E

-05

22 -2.14E+00 -1.95E-02 5.32E-03 -1.79E-03 2.32E-04 -6.22E-05 4.50E

-06

23 3.57E+00 3.05E-02 -6.30E-03 5.81E-04 -1.09E-04 1.04E-05 -2.94E

-07

群間隔

m	W	M	T
2	0.3798570	1.3377592	0.3810934
9	0.4375511	0.3095757	0.2003101
15	3.7525477	0.8314666	0.1997644
23	0.4012059	2.4921402	4.1903461

 $FGi/|F|$

i=1 i=2 i=3

1.0480 6.8326 0.9020

- [0129] 本実施例における、各群の焦点距離 (FGi) / |ワイド端での全体の焦点距離 (F)| の数値は、表 1 に示した条件を満たしていることが分かる。また、V 端光束の最大光束幅が 3.6 mm であるため、画面サイズの V 方向の数値である 3.414 mm と略同一の数値を実現している。よって、被写体方向の厚みが薄い、薄型の撮像光学系が実現している。さらに、レンズ全長 L が、29.83 mm と短いため、撮像光学系の配置スペースに限りのある小型電子機器に容易に内蔵可能な小型の撮像光学系を提供できる。また本実施例では、 $L13$ 、 $L22$ 、 $L23$ 、および $L34$ の媒質はプラスチックであり、ガラスモールドレンズに比較して、コストの低減が図れる。

- [0130] (実施例 6)

図 12 は、本実施例の撮像光学系 151 の断面図である。撮像光学系 151 は、上記第 4 の実施の形態で述べた撮像光学系 31 の実施例である。図 12 に示すように本実施例の撮像光学系 151 は、プリズム P の後方に正のパワーを有する可動レンズ群である第 1 群 $G1$ を備え、第 1 群 $G1$ の後方に正のパワーを有した固定レンズ群である第 2 群 $G2$ を備え、第 2 群 $G2$ の後方に正のパワーを有した可動レンズ群である第 3 群 $G3$ を備える。また、第 3 群 $G3$ の後方には、赤外線フィルタ IRF、撮像素子 50 が順に配置されている。絞り S は、後述する第 3 群 $G3$ の第 7 レンズ $L32$ と第 8 レンズ $L3$

3の間に配置されている。

[0131] 第1群G1は、両凸レンズである第1レンズL11と、前面が凸、後面が凹のメニスカスレンズである第2レンズL12と、から構成される。

[0132] 第2群G2は、両凸レンズである第3レンズL21と、両凹のレンズである第4レンズL22と、両凸のレンズである第5レンズL23と、から構成される。

[0133] 第3群G3は、両凸レンズである第6レンズL31と、前面が凸、後面が凹のメニスカスレンズである第7レンズL32と、を備える。さらに、第3群G3は、第7レンズL32の後方に絞りSを介して配置される、前面が凸、後面が凹のメニスカスレンズである第8レンズL33と、前面が凸、後面が凹のメニスカスレンズである第9レンズL34と、を備える。なお、第1群G1～第3群G3における全てのレンズは非球面レンズである。

[0134] そして、本実施例の撮像光学系151は、第2群G2を固定とし、第1群G1と第3群G3を夫々移動させてズーミングを行い、第1群G1を動かしてフォーカシングを行う。

[0135] 以下の表11に図12に示した撮像光学系151の諸元を示す。

[0136] (表11)

全体諸元

$$2\omega = 70^\circ$$

画面サイズ=4.552mm×3.414mm (Y=2.845mm)

$$FNO = 2.8$$

ズーム比=2.8倍

$$F = -4.063\text{ mm}$$

$$L = 30.00\text{ mm}$$

V端光束の最大光束幅=4.0mm

レンズデータ

m	r	d	nd	ν_d
1	INFINITY	4.0000000	1.51680	64.20

2	INFINITY	2.2079141		
3	4.5739477	5.4175497	1.49700	81.61
4	-2.2511763	0.1727827		
5	2.0253995	0.6387439	1.84666	23.78
6	1.2694701	0.7177441		
7	6.8499487	1.6255997	1.77250	49.62
8	-1.3308872	0.1137200		
9	-1.6696705	0.5000027	1.60342	38.01
10	1.0810322	0.4868751		
11	3.8286203	0.5000024	1.78590	43.93
12	-15.7065932	4.2702072		
13	5.2991206	3.4398664	1.49700	81.61
14	-2.4270075	0.1000662		
15	2.0194998	0.6982299	1.49700	81.61
16	12.7949216	0.1061898		
17	INFINITY	0.0999981		
18	6.0595334	0.4999981	1.76182	26.61
19	1.4481098	1.4629164		
20	1.7256007	0.9734905	1.61881	63.85
21	1.4800396	0.7678123		
22	INFINITY	0.3000000	1.51680	64.20
23	INFINITY	0.9000385		

非球面係数

m	K	A	B	C	D	E	F
3	1.11E+00	-2.55E-03	-1.77E-04	-4.26E-06	-3.23E-06	3.81E-07	-3.25E-08
4	-4.81E+00	-4.61E-03	-7.13E-04	4.61E-04	-8.23E-05	6.44E-06	-1.85E-07

5 -5.52E-01 -2.55E-02 -5.41E-03 1.15E-03 -6.53E-05 -2.53E-06 1.21E-07

6 -1.48E+00 -4.68E-02 2.72E-03 7.71E-04 -1.60E-04 1.13E-05 -2.92E-07

7 -3.91E+00 -9.28E-03 6.02E-03 -7.51E-04 1.38E-05 1.07E-06 -2.23E-08

8 -7.84E+00 2.04E-02 5.45E-04 -8.04E-05 -3.14E-05 2.48E-06 -5.62E-08

9 -1.68E+01 1.71E-02 -2.75E-03 5.57E-04 3.86E-06 -4.87E-06 1.14E-07

10 -3.67E+00 -1.11E-02 -3.27E-03 1.67E-04 -1.33E-05 6.32E-06 -1.75E-07

11 -7.45E+00 1.87E-02 -1.57E-02 2.18E-03 -1.08E-04 4.68E-06 -1.08E-07

12 -5.41E+00 2.15E-02 -1.26E-02 2.44E-03 -1.30E-04 -1.52E-06 5.60E-08

13 5.07E+00 -1.19E-02 -3.51E-03 1.09E-03 -3.97E-04 9.00E-05 -7.23E-06

14 -7.19E+00 -6.15E-02 2.48E-02 -5.97E-03 6.83E-04 -3.23E-06 1.95E-06

15 7.77E-01 -2.48E-02 -5.56E-02 6.95E-02 -7.44E-02 3.43E-02 -6.31E-03

16 3.79E+00 -1.05E-01 2.06E-01 -3.07E-01 2.26E-01 -8.64E-02 1.34E-02

18 6.98E+00 -1.99E-01 4.26E-01 -4.80E-01 2.98E-01 -9.00E-02 9.59E-03

19 6.53E-01 -2.95E-01 5.13E-01 -7.46E-01 6.39E-01 -3.05E-01 4.15E-02

20 -1.29E+00 -6.30E-02 4.84E-03 2.18E-03 -1.07E-03 1.65E-04 -9.77E-06

21 -1.04E+00 -8.39E-02 1.48E-02 -1.21E-03 -1.14E-04 1.76E-05 -5.16E-07

群間隔

m	W	M	T
2	2.2079141	1.2393953	0.4227260
6	0.7177441	1.6862628	2.5029321
12	4.2702072	2.2317523	1.0310578
21	0.7678123	2.8062671	4.0069616

$FGi/|F|$

i=1 i=2 i=3

1.1555 1.9806 0.6513

[0137] 本実施例における、各群の焦点距離 (FGi) / |ワイド端での全体の焦点距離 (F)| の数値は、表4に示した条件を満たしていることが分かる。また、V端光束の最大光束幅が4.0mmであるため、画面サイズのV方向の数値である3.414mmに近い数値を実現している。よって、被写体方向の厚みが薄い、薄型の撮像光学系が実現している。さらに、レンズ全長Lが、30.00mmと短いため、撮像光学系の配置スペースに限りのある小型電子機器に容易に内蔵可能な小型の撮像光学系を提供できる。

(実施例7)

図13は、本実施例の撮像光学系161の断面図である。撮像光学系161は、上記第5の実施の形態で述べた撮像光学系41の実施例である。図13に示すように本実施例の撮像光学系161は、プリズムPの後方に正のパワーを有する可動レンズ群である第1群G1を備え、第1群G1の後方に正のパワーを有した固定レンズ群である第2群G2を備え、第2群G2の後方に正のパワーを有した可動レンズ群である第3群G3を備える。また、第3群G3の後方には、赤外線フィルタIRF、撮像素子50が順に配置されて

いる。絞り S は、プリズム P の後面に配置されている。

[0138] 第 1 群 G 1 は、両凸レンズである第 1 レンズ L 1 1 と、前面が凸、後面が凹のメニスカスレンズである第 2 レンズ L 1 2 と、前面が凸、後面が凹のメニスカスレンズである第 3 レンズ L 1 3 とから構成される。

[0139] 第 2 群 G 2 は、両凸レンズである第 4 レンズ L 2 1 と、前面が凸、後面が凹のメニスカスレンズである第 5 レンズ L 2 2 と、両凸レンズである第 6 レンズ L 2 3 と、から構成される。

[0140] 第 3 群 G 3 は、両凹のレンズである第 7 レンズ L 3 1 と、両凸レンズである第 8 レンズ L 3 2 と、両凸レンズである第 9 レンズ L 3 3 と、から構成される。なお、第 1 群 G 1 ～第 3 群 G 3 における全てのレンズは非球面レンズである。

[0141] そして、本実施例の撮像光学系 1 6 1 は、第 2 群 G 2 を固定とし、第 1 群 G 1 と第 3 群 G 3 を連結して連動させて移動させることでズーミングを行う。フォーカシングは、機械的には行わず、E D o F 機能で行う。

[0142] 以下の表 1 2 に図 1 3 に示した撮像光学系 1 6 1 の諸元を示す。

[0143] (表 1 2)

全体諸元

$$2\omega = 70^\circ$$

画面サイズ = 4.552 mm × 3.414 mm (Y = 2.845 mm)

$$FNO = 2.8$$

ズーム比 = 2.8 倍

$$F = -4.063 \text{ mm}$$

$$L = 30.00 \text{ mm}$$

V 端光束の最大光束幅 = 4.0 mm

レンズデータ

m	r	d	nd	ν_d
1	INFINITY	4.0000000	1.51680	64.20
2	INFINITY	2.1462235		

3	12.6001285	1.8618164	1.49700	81.61
4	-2.4284901	0.1000558		
5	5.1981612	0.8151989	1.72916	54.67
6	4.0406229	0.1317719		
7	6.1672123	0.5000621	1.84666	23.78
8	2.5408776	0.6178767		
9	7.0903482	2.0309815	1.72916	54.67
10	-1.0205849	0.0999677		
11	2.0981862	0.5002233	1.84666	23.78
12	0.6066385	0.6924815		
13	1.8469872	1.5414085	1.83400	37.34
14	-4.7293457	2.7002593		
15	-1.2056392	0.5003516	1.69895	30.05
16	5.2124305	0.1017965		
17	5.6816834	1.1506070	1.72916	54.67
18	-2.6666111	0.0999953		
19	1.8941035	5.6019242	1.49700	81.61
20	-10.9930092	3.3309219		
21	INFINITY	0.3000000	1.51680	64.20
22	INFINITY	1.1735813		

非球面係数

m	K	A	B	C	D	E	F
3	5.98E+00	-4.41E-03	-7.71E-03	1.97E-03	-1.37E-04	-6.81E-06	5.21E-07
4	-1.16E-01	-5.61E-04	-1.53E-03	-1.87E-04	1.72E-04	-1.75E-05	5.97E-07
5	1.57E+00	-3.55E-02	2.75E-03	-1.57E-04	3.38E-05	-2.42E-06	3.76E-08

6 1.06E+00 -7.31E-02 1.31E-02 -2.48E-03 3.04E-04 -1.91E-05 5.35E-07

7 3.32E+00 -4.80E-02 6.06E-03 -1.04E-03 1.41E-04 -9.36E-06 3.08E-07

8 -8.13E-01 -2.88E-02 3.10E-03 -2.43E-04 -4.12E-06 2.00E-06 -4.74E-08

9 3.03E+00 -2.37E-03 -4.86E-03 1.04E-03 -9.09E-05 4.25E-06 -8.59E-08

10 -4.63E+00 -4.81E-03 -1.96E-03 4.36E-04 -2.27E-05 4.54E-07 2.84E-09

11 -1.16E+01 -5.12E-02 1.81E-02 -2.13E-03 1.08E-04 -2.70E-06 5.38E-08

12 -2.40E+00 -5.94E-02 2.02E-02 -1.93E-03 -8.55E-05 1.99E-05 -6.24E-07

13 -1.98E+01 4.41E-02 -1.34E-02 1.89E-03 -9.73E-05 1.37E-06 -2.88E-08

14 -6.18E+00 5.78E-03 2.74E-03 -1.30E-03 2.79E-04 -2.63E-05 9.19E-07

15 -8.56E-01 7.68E-02 -5.10E-02 4.08E-02 -1.72E-02 3.54E-03 -2.93E-04

16 -1.75E+01 -4.66E-02 -1.47E-03 1.33E-02 -5.40E-03 8.69E-04 -5.00E-05

17 -1.95E-01 -4.35E-02 5.03E-03 4.24E-03 -2.03E-03 3.50E-04 -2.08E-05

18 -1.60E+00 -2.80E-04 9.32E-04 -2.10E-05 -3.07E-04 8.12E-05 -5.27E-06

19 -9.59E-01 -8.20E-03 1.63E-03 -2.44E-04 -6.22E-05 3.61E-05 -4.59E-06

20 4.92E+00 1.37E-03 2.10E-02 -1.82E-02 1.01E-02 -2.50E-03 2.43E-04

群間隔

m	W	M	T
2	2.1462235	0.7959062	0.1997339
8	0.6178767	1.9681939	2.5643663
14	2.7002593	1.3499421	0.7537697
20	3.3309219	4.6812391	5.2774115

$FG_i/|F|$

i=1 i=2 i=3

2.1442 0.5529 0.7597

[0144] 本実施例における、各群の焦点距離 (FG_i) / |ワイド端での全体の焦点距離 (F)| の数値は、表5に示した条件を満たしていることが分かる。また、V端光束の最大光束幅が4.0mmであるため、画面サイズのV方向の数値である3.414mmに近い数値を実現している。よって、被写体方向の厚みが薄い、薄型の撮像光学系が実現している。さらに、レンズ全長Lが、30.00mmと短いため、撮像光学系の配置スペースに限りのある小型電子機器に容易に内蔵可能な小型の撮像光学系を提供できる。

[0145] (実施例8)

図14は、本実施例の撮像光学系171の断面図である。この断面図における各レンズの有効径は、V端の光束に対応するものである。また、撮像素子50の中心（画面の中心）に投影される光線束と、上下のV端の光線束と、を表示している。撮像光学系171は、上記第1の実施の形態で述べた撮像光学系1の実施例である。

[0146] 図14に示すように本実施例の撮像光学系171は、光軸折曲手段としてミラーREFを備える。そして、ミラーREFの直前に防護ガラスPLを備え、ミラーREFの後方に順に正のパワーを有する可動レンズ群である第1群G1、第2群G2、第3群G3を備える。また、第3群G3の後方には、

赤外線フィルタ I R F、撮像素子 5 0 が順に配置されている。絞り S は、第 1 群 G 1 の前端（被写体側）に配置されている。

[0147] 第 1 群 G 1 は、両凸レンズである第 1 レンズ L 1 1 と、第 2 レンズ L 1 2 及び第 3 レンズ L 1 3 の貼り合わせレンズと、から構成される。第 2 レンズ L 1 2 は、前面が凹、後面が凸のメニスカスレンズであり、第 3 レンズ L 1 3 は、前面が凹、後面が凸のメニスカスレンズである。

[0148] 第 2 群 G 2 は、両凸レンズである第 4 レンズ L 2 1 と、前面が凸、後面が凹のメニスカスレンズである第 5 レンズ L 2 2 と、前面が凹、後面が凸のメニスカスレンズである第 6 レンズ L 2 3 と、から構成される。

[0149] 第 3 群 G 3 は、両凸レンズである第 7 レンズ L 3 1 と、両凸レンズである第 8 レンズ L 3 2 と、絞り S を介して第 8 レンズ L 3 2 の後方に配置される、両凹のレンズである第 9 レンズ L 3 3 と、前面が凸、後面が凹のメニスカスレンズである第 1 0 レンズ L 3 4 と、から構成される。

[0150] そして、本実施例の撮像光学系 1 7 1 は、第 1 群 G 1、第 2 群 G 2、第 3 群 G 3 を動かしてズームを行い、第 1 群 G 1 を動かしてフォーカシングを行う。

[0151] 以下の表 1 3 に図 1 4 に示した撮像光学系 1 7 1 の諸元を示す。

[0152] (表 1 3)

全体諸元

$$2 \omega = 70^{\circ}$$

$$\text{画面サイズ} = 4.950 \text{ mm} \times 2.788 \text{ mm} \quad (Y = 2.845 \text{ mm})$$

$$F N O = 2.8$$

$$\text{ズーム比} = 2.8 \text{ 倍}$$

$$F = -4.063 \text{ mm}$$

$$L = 28.67 \text{ mm}$$

$$V \text{ 端光束の最大光束幅} = 3.2 \text{ mm}$$

レンズデータ

m	r	d	nd	νd
---	---	---	----	---------

1	INFINITY	0.3000000	1.51680	64.20
2	INFINITY	1.6000000		
3	INFINITY	2.9730580		
4	4.9818867	1.1575082	1.49700	81.61
5	-3.0561432	0.1000132		
6	-6.2134953	2.8223455	1.52855	76.98
7	-0.6917349	1.0495017	1.51742	52.15
8	-8.6915278	0.4337890		
9	-32.7117591	1.4047689	1.84666	23.78
10	-4.2995937	0.1004266		
11	1.1376078	0.5858766	1.85135	40.10
12	0.6341717	1.4652108		
13	28.0080988	3.0664414	1.56907	71.30
14	-4.2278748	2.9871782		
15	13.1884841	1.8791152	1.49700	81.61
16	-8.2315354	0.1001129		
17	1.6754824	0.8633798	1.49700	81.61
18	-11.7006078	0.1028934		
19	INFINITY	0.1652987		
20	-7.5423713	1.1681193	1.85026	32.27
21	3.2224631	1.1030914		
22	1.6331296	1.2526082	1.59240	68.30
23	1.6905282	0.7882906		
24	INFINITY	0.3000000	1.51680	64.20
25	INFINITY	0.9000528		

非球面係数

m	K	A	B	C	D	E	F
4	5.56E-01	-2.51E-04	-2.95E-03	4.78E-04	4.09E-05	-1.62E-05	9.63E

-07

5 -1.29E+00 2.07E-02 -6.09E-03 1.30E-03 5.83E-05 -4.21E-05 2.94E

-06

6 -4.26E-01 2.18E-02 -6.13E-03 2.67E-03 -5.17E-04 4.50E-05 -1.46E

-06

7 -1.68E+00 1.19E-02 -1.25E-02 5.61E-04 4.54E-04 -6.71E-05 2.72E

-06

8 -1.34E+00 9.33E-04 7.11E-04 -1.83E-04 6.18E-05 -6.22E-06 1.95E

-07

9 2.22E+00 2.76E-02 -2.58E-03 -1.38E-04 7.25E-05 -7.49E-06 1.81E

-07

10 -2.74E+00 4.54E-02 -5.73E-03 -4.08E-04 1.42E-04 -1.11E-05 2.65E

-07

11 -9.34E-01 -8.02E-02 2.72E-02 -7.25E-03 6.92E-04 -1.42E-05 4.28E

-07

12 -2.01E+00 -9.21E-03 6.75E-03 -2.46E-03 -2.64E-04 1.20E-04 -4.64E

-06

13 -5.01E+00 3.13E-03 -3.06E-03 4.92E-04 -1.94E-04 4.06E-05 -1.48E

-06

14 6.43E-01 2.18E-03 -4.16E-04 1.83E-05 2.00E-05 -2.92E-06 9.43E

-08

15 1.97E+00 8.05E-03 -8.22E-03 3.80E-03 -1.60E-03 3.96E-04 -3.52E

-05

16 -8.62E+00 -4.50E-02 2.16E-02 -1.93E-02 1.03E-02 -2.52E-03 2.25E

-04

17 4.47E-01 -6.80E-02 -3.61E-02 4.94E-02 -7.41E-02 3.27E-02 -6.08E

-03

18 -2.39E+00 -6.38E-02 8.68E-02 -1.02E-01 3.71E-02 -9.34E-04 -1.18E

-03

20 -1.04E+01 -5.19E-02 1.41E-01 -1.23E-01 5.85E-02 -1.21E-02 1.25E

-03

21 4.14E+00 -6.21E-02 1.27E-01 -7.35E-02 2.74E-03 2.50E-02 -8.70E

-03

22 -3.83E+00 -4.35E-04 -1.43E-02 4.90E-03 -5.70E-04 1.62E-05 -4.14E

-07

23 -7.71E-01 -5.80E-02 2.26E-03 6.82E-04 -1.39E-04 6.86E-06 -1.72E

-07

群間隔

m	W	M	T
3	2.9730580	3.1311670	2.0274400
8	0.4337890	0.2141259	0.1669172
14	2.9871782	0.8205715	0.2005387
23	0.7882906	3.0169956	4.7882534

FGi/|F|

i=1 i=2 i=3

1.1743 2.6418 0.7947

[0153] 本実施例における、各群の焦点距離 (FGi) / |ワイド端での全体の焦点距離 (F)| の数値は、表 1 に示した条件を満たしていることが分かる。また、V 端光束の最大光束幅が 3.2 mm であるため、画面サイズの V 方向の数値である 2.788 mm に近い数値を実現している。よって、被写体方向の厚みが薄い、薄型の撮像光学系が実現している。さらに、レンズ全長 L が、28.67 mm と短いため、撮像光学系の配置スペースに限りのある小型電子機器に容易に内蔵可能な小型の撮像光学系を提供できる。

[0154] (実施例全体)

以上の実施例をまとめると、第 1 の実施の形態で述べた撮像光学系 1 の実施例は、実施例 1、実施例 5、及び実施例 8 である。また、第 2 の実施の形

態で述べた撮像光学系 1 1 の実施例は、実施例 2 と実施例 4 である。さらに、第 3 の実施の形態で述べた撮像光学系 2 1 の実施例は、実施例 3、第 4 の実施の形態で述べた撮像光学系 3 1 の実施例は、実施例 6、第 5 の実施の形態で述べた撮像光学系 4 1 の実施例は、実施例 7 である。

[0155] また、絞り S がプリズム P の後面に配置されているのは、実施例 1、実施例 4、および実施例 7 であり、第 1 群に配置されているのは、実施例 2 と実施例 5 であり、第 3 群に配置されているのは、実施例 3、実施例 6、および実施例 8 である。さらに実施例 1 から実施例 7 は光軸折曲手段としてプリズム P を備え、実施例 8 は光軸折曲手段としてミラー R E F を備える。実施例 1 と実施例 4 では、第 3 群 G 3 の後に固定群が配置されている。また実施例 4 と実施例 5 では、プラスチックの多用によりコストの低減が図れることが示されている。

[0156] 全体諸元に関しては、すべての実施例で、画角 70° が実現している。画面サイズは、実施例 8 で $4.950\text{ mm} \times 2.788\text{ mm}$ 、その他の実施例で $4.552\text{ mm} \times 3.414\text{ mm}$ が設定されている。ワイド端での F N O は、実施例 1 で 2.4、その他の実施例で 2.8 が設定されている。ズーム比は、実施例 3 で 3.5 倍、その他の実施例で 2.8 倍が設定されている。撮像光学系の全長は、すべての実施例で 30.00 mm 以下とされており、実施例 1、実施例 2、実施例 5、および実施例 8 では、設計結果として 30.00 mm を下回る値となっている。よって、撮像光学系全体の小型化が実現されている。V 端光束の最大光束幅は、実施例 8 で 3.2 mm 、実施例 1 と実施例 4 で 3.4 mm 、実施例 2 と実施例 5 で 3.6 mm 、実施例 3、実施例 6、および実施例 7 で 4.0 mm とされている。

[0157] 以上のような全体諸元は、それぞれの実施の形態や絞り面の配置などの違いによる、光学系の収差補正能力の違いを示すものではなく、個々の製品における全体諸元の限界とバランスは、性能、コスト、サイズなどの諸要求に基づいて個々に検討されるべきものである。

[0158] 各群の焦点距離 (F G i) / |ワイド端での全体の焦点距離 (F)| の数

値に関してであるが、表 1 4 に示すように、実施例 1、2、4～8 を集計して、第 1 群 G 1 は、最小が 0. 8 8 7 1、最大が 2. 1 4 4 2 であった。また、第 2 群 G 2 は、最小が 0. 5 5 2 9、最大が 6. 8 3 2 6、第 3 群 G 3 は、最小が 0. 6 5 1 3、最大が 0. 9 2 8 4 であった。よって、各群 G 1、G 2、G 3 の各群の焦点距離 (F G i) / | ワイド端での全体の焦点距離 (F) | に関して、実施の形態で述べた範囲が妥当であることがわかる。

[0159] (表 1 4)

	最小値	最大値
第 1 群 G 1	0.8871	2.1442
第 2 群 G 2	0.5529	6.8326
第 3 群 G 3	0.6513	0.9284

産業上の利用可能性

[0160] 本発明の撮像光学系は、携帯電話機や小型のデジタルスチルカメラなど、光学系の配置スペースに限りのある小型電子機器においての利用は当然であるが、小型電子機器以外のレンズを内蔵した機器、又は、一般のカメラの光学系としても利用できる可能性がある。

符号の説明

[0161] 1、1 1、2 1、3 1、4 1、1 0 1、1 1 1、1 2 1、1 3 1、1 4 1、1 5 1、1 6 1、1 7 1 撮像光学系

5 0 撮像素子

G 1 第 1 群

G 2 第 2 群

G 3 第 3 群

G F 前群

G R 後群

P L 防護ガラス

I R F 赤外線フィルタ

P プリズム

R E F ミラー

S 絞り

I I 中間像

O 中心軸

請求の範囲

- [請求項1] 倍率調整を可能とする倍率調整機能を備えた撮像光学系であって、被写体側に、光軸を折曲げる機能を有した光軸折曲手段が配置され、
- 前記光軸折曲手段の後方に順に、実像である中間像を生成する正のパワーを有した第1群と、
- 軸外光束の方向を中心軸側に屈折させる正のパワーを有した第2群と、
- 前記中間像を撮像素子に結像させる正のパワーを有した第3群と、
- を少なくとも備えたことを特徴とする撮像光学系。
- [請求項2] 前記光軸折曲手段は、被写体方向と前記撮像素子の短方向とが平行となるように前記光軸を折曲げる機能を有していることを特徴とする請求項1に記載の撮像光学系。
- [請求項3] 前記光軸折曲手段は、プリズム又はミラーであることを特徴とする請求項1又は請求項2に記載の撮像光学系。
- [請求項4] 前記第1群、前記第2群、前記第3群は、一枚のレンズ、又は、レンズ群により構成されていることを特徴とする請求項1乃至請求項3のいずれか1項に記載の撮像光学系。
- [請求項5] 少なくとも前記第3群が前記倍率調整のために可動とされたことを特徴とする請求項1乃至請求項4のいずれか1項に記載の撮像光学系。
- [請求項6] 前記第1群、前記第2群、前記第3群で前記倍率調整を行うことを特徴とする請求項1乃至請求項5のいずれか1項に記載の撮像光学系。
- [請求項7] 前記第2群及び前記第3群で前記倍率調整を行うことを特徴とする請求項1乃至請求項5のいずれか1項に記載の撮像光学系。
- [請求項8] 前記第1群及び前記第3群で前記倍率調整を行うことを特徴とする請求項1乃至請求項5のいずれか1項に記載の撮像光学系。

- [請求項9] 焦点調整を行う焦点調整機能を備えたことを特徴とする請求項1乃至請求項8のいずれか1項に記載の撮像光学系。
- [請求項10] 前記第1群が焦点調整のために可動とされたことを特徴とする請求項1乃至請求項9のいずれか1項に記載の撮像光学系。
- [請求項11] 前記第1群と前記第3群が連結され、連動して移動することにより前記倍率調整を行うことを特徴とする請求項1乃至請求項5のいずれか1項に記載の撮像光学系。
- [請求項12] 各群の焦点距離をワイド端での全体の焦点距離の絶対値で割った値は、
前記第1群が、最小で0.5、最大で3.0、
前記第2群が、0.5以上、
前記第3群が、最小で0.5、最大で1.5
の範囲内にあることを特徴とする請求項1乃至請求項11のいずれか1項に記載の撮像光学系。
- [請求項13] 前記第1群と前記第2群との距離が固定されて前群を構成し、前記第3群が後群を構成し、前記前群と後群とで前記倍率調整を行うことを特徴とする請求項1乃至請求項5のいずれか1項に記載の撮像光学系。
- [請求項14] 前記前群が焦点調整のために可動とされたことを特徴とする請求項13に記載の撮像光学系。
- [請求項15] 各群の焦点距離をワイド端での焦点距離の絶対値で割った値は、
前記前群が、最小で0.5、最大で3.0、
前記後群が、最小で0.5、最大で1.5
の範囲内にあることを特徴とする請求項13又は請求項14に記載の撮像光学系。
- [請求項16] 前記第1群の前方、及び又は、前記第3群の後方に固定レンズ、又は、固定レンズ群を配置したことを特徴とする請求項1乃至請求項15のいずれか1項に記載の撮像光学系。

[請求項17] 前記光軸折曲手段の前方に光学部品を配置したことを特徴とする請求項1乃至請求項16のいずれか1項に記載の撮像光学系。

補正された請求の範囲
[2014年5月23日(23.05.2014)国際事務局受理]

[請求項 1] (削除)

[請求項 2] (削除)

[請求項 3] (削除)

[請求項 4] (削除)

[請求項 5] (削除)

[請求項 6] (補正後) 倍率調整を可能とする倍率調整機能を備えた撮像光学系であって、
被写体側に、光軸を折曲げる機能を有した光軸折曲手段が配置され、
前記光軸折曲手段の後方に順に、実像である中間像を生成する正の
パワーを有した第 1 群と、
軸外光束の方向を中心軸側に屈折させる正のパワーを有した第 2 群
と、
前記中間像を撮像素子に結像させる正のパワーを有した第 3 群と、
を少なくとも備え、
前記第 1 群、前記第 2 群、前記第 3 群で前記倍率調整を行うことを
特徴とする撮像光学系。

[請求項 7] (削除)

[請求項 8] (補正後) 倍率調整を可能とする倍率調整機能を備えた撮像光学系であって、
被写体側に、光軸を折曲げる機能を有した光軸折曲手段が配置され、

前記光軸折曲手段の後方に順に、実像である中間像を生成する正のパワーを有した第1群と、

軸外光束の方向を中心軸側に屈折させる正のパワーを有した第2群と、

前記中間像を撮像素子に結像させる正のパワーを有した第3群と、
を少なくとも備え、

前記第1群及び前記第3群で前記倍率調整を行うことを特徴とする撮像光学系。

[請求項 9] (削除)

[請求項 10] (削除)

[請求項 11] (補正後) 倍率調整を可能とする倍率調整機能を備えた撮像光学系であって、

被写体側に、光軸を折曲げる機能を有した光軸折曲手段が配置され、
前記光軸折曲手段の後方に順に、実像である中間像を生成する正のパワーを有した第1群と、

軸外光束の方向を中心軸側に屈折させる正のパワーを有した第2群と、

前記中間像を撮像素子に結像させる正のパワーを有した第3群と、
を少なくとも備え、

前記第1群と前記第3群が連結され、連動して移動することにより
前記倍率調整を行うことを特徴とする撮像光学系。

[請求項 12] (削除)

[請求項 13] (補正後) 倍率調整を可能とする倍率調整機能を備えた撮像光学系であって、

被写体側に、光軸を折曲げる機能を有した光軸折曲手段が配置され、
前記光軸折曲手段の後方に順に、実像である中間像を生成する正の
パワーを有した第1群と、

軸外光束の方向を中心軸側に屈折させる正のパワーを有した第2群
と、

前記中間像を撮像素子に結像させる正のパワーを有した第3群と、
を少なくとも備え、

前記第1群と前記第2群との距離が固定されて前群を構成し、前記
第3群が後群を構成し、前記前群と後群とで前記倍率調整を行うこと
を特徴とする撮像光学系。

[請求項 14] (削除)

[請求項 15] (削除)

[請求項 16] (削除)

[請求項 17] (削除)

条約第19条(1)に基づく説明書

請求の範囲第6項は、補正前の請求項1と請求項6を併合し、独立請求項としたものである。

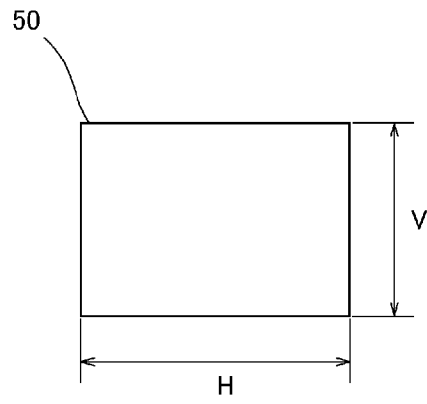
請求の範囲第8項は、補正前の請求項1と請求項8を併合し、独立請求項としたものである。

請求の範囲第11項は、補正前の請求項1と請求項11を併合し、独立請求項としたものである。

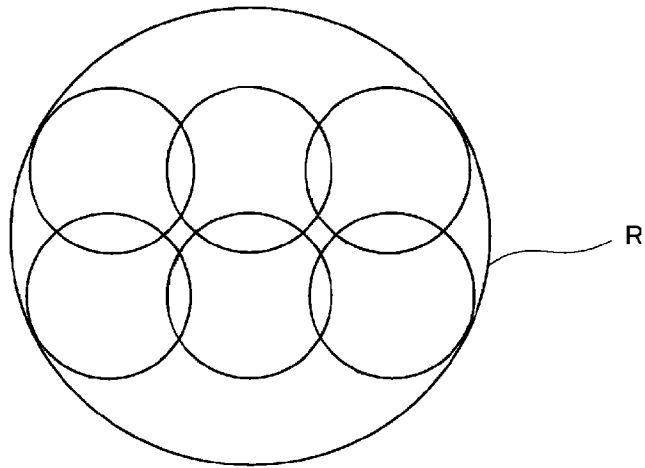
請求の範囲第13項は、補正前の請求項1と請求項13を併合し、独立請求項としたものである。

請求項1～5、7、9、10、12、14～17は削除した。

[図1]

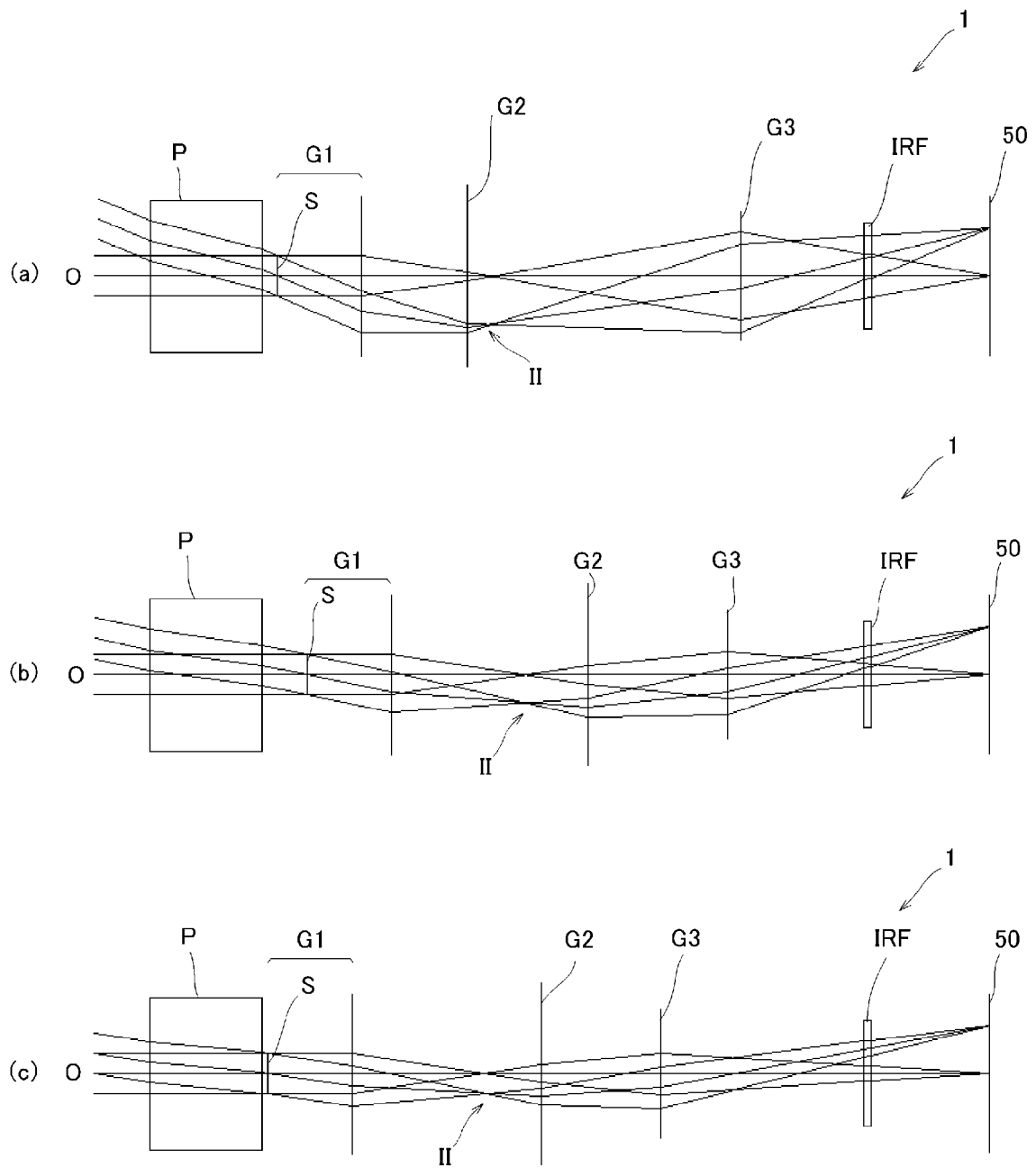


(a)

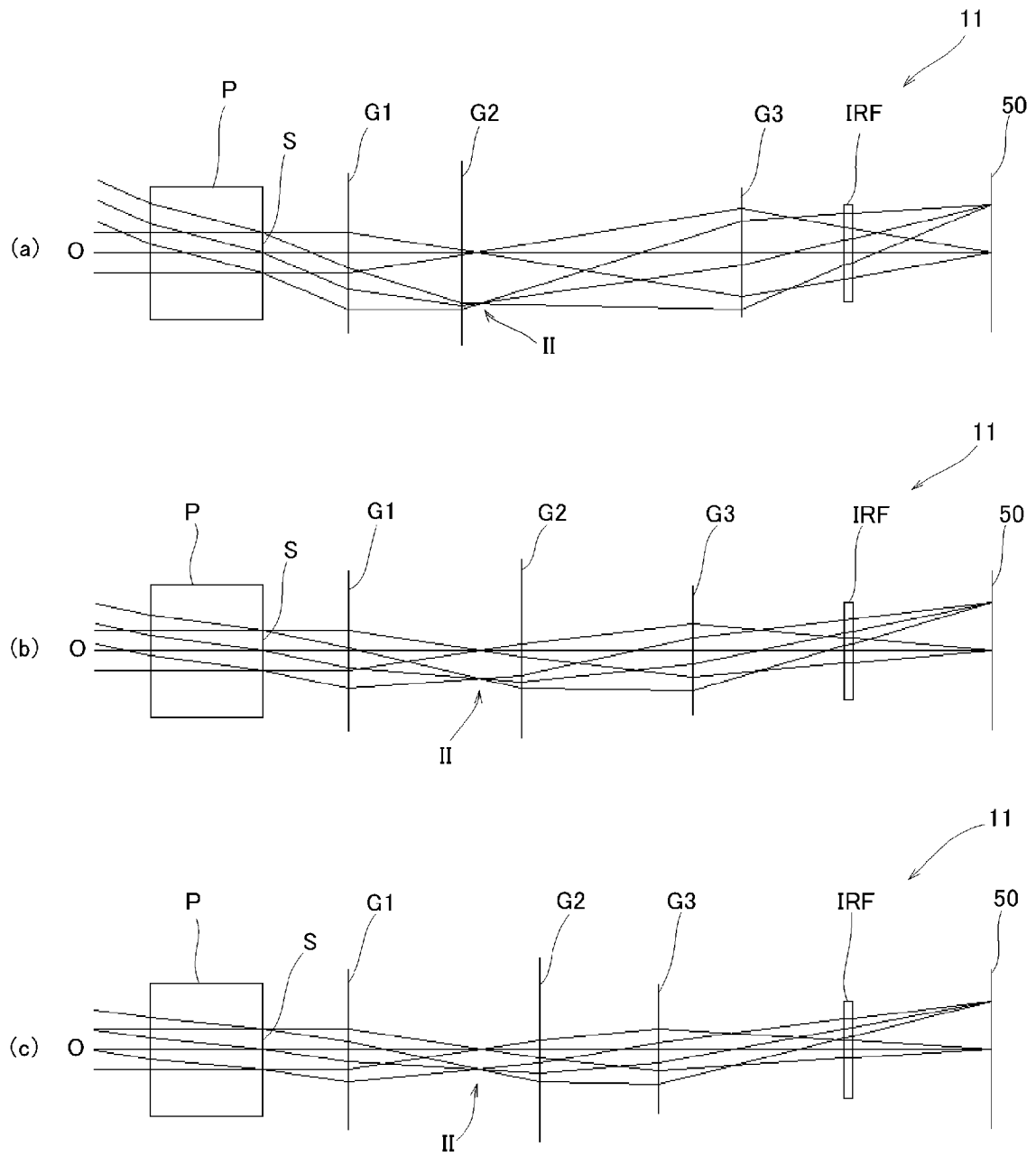


(b)

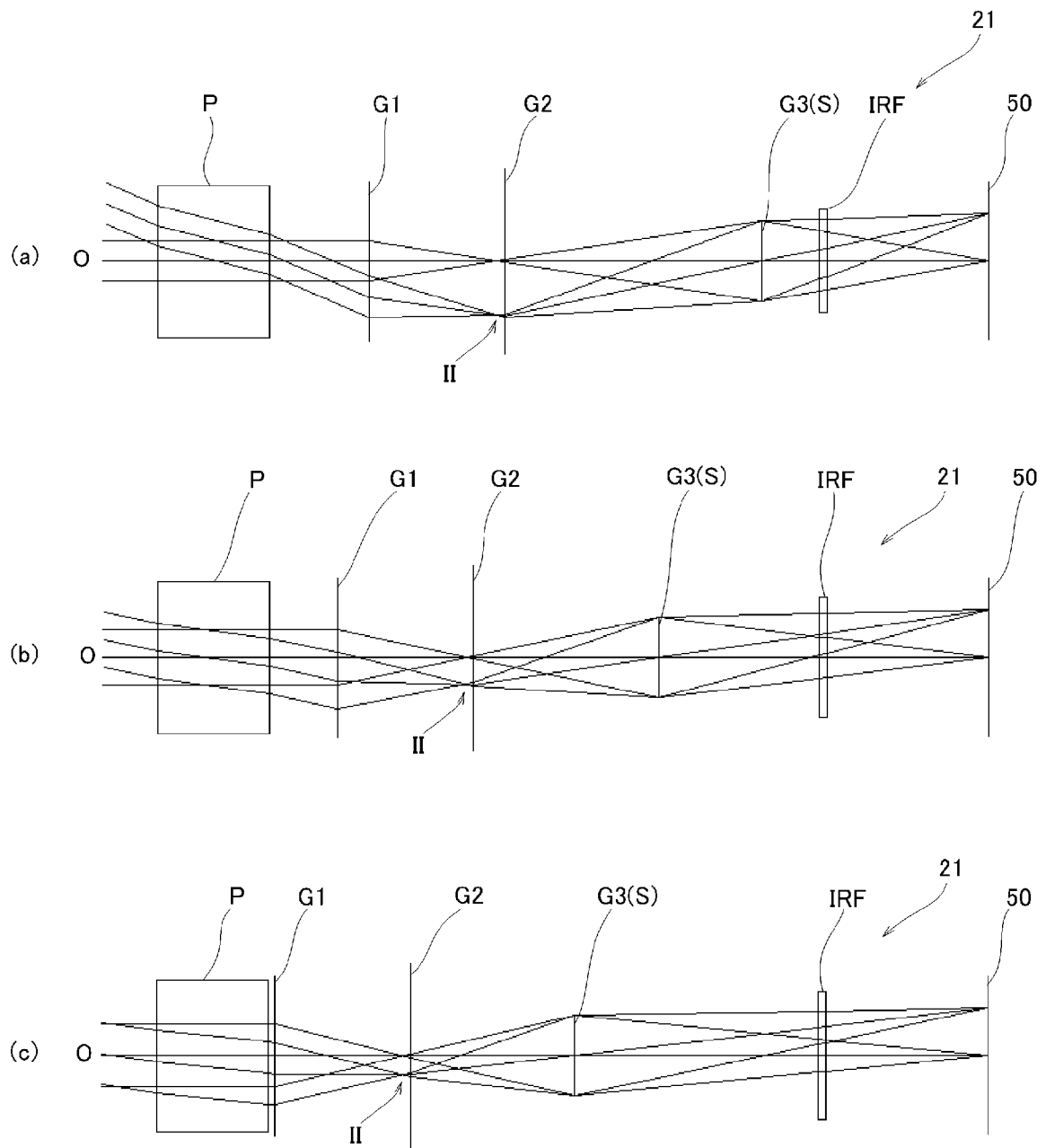
[図2]



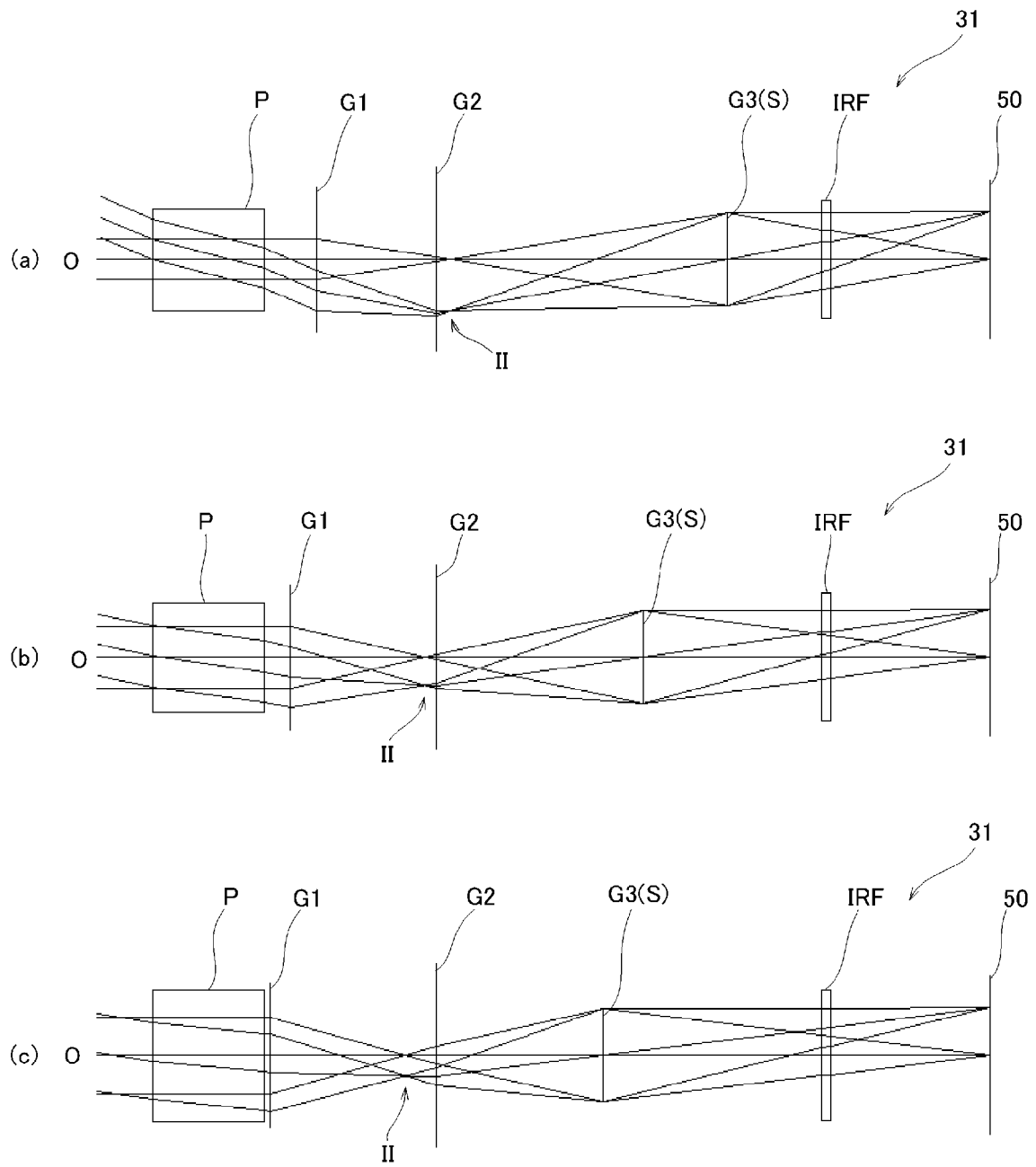
[図3]



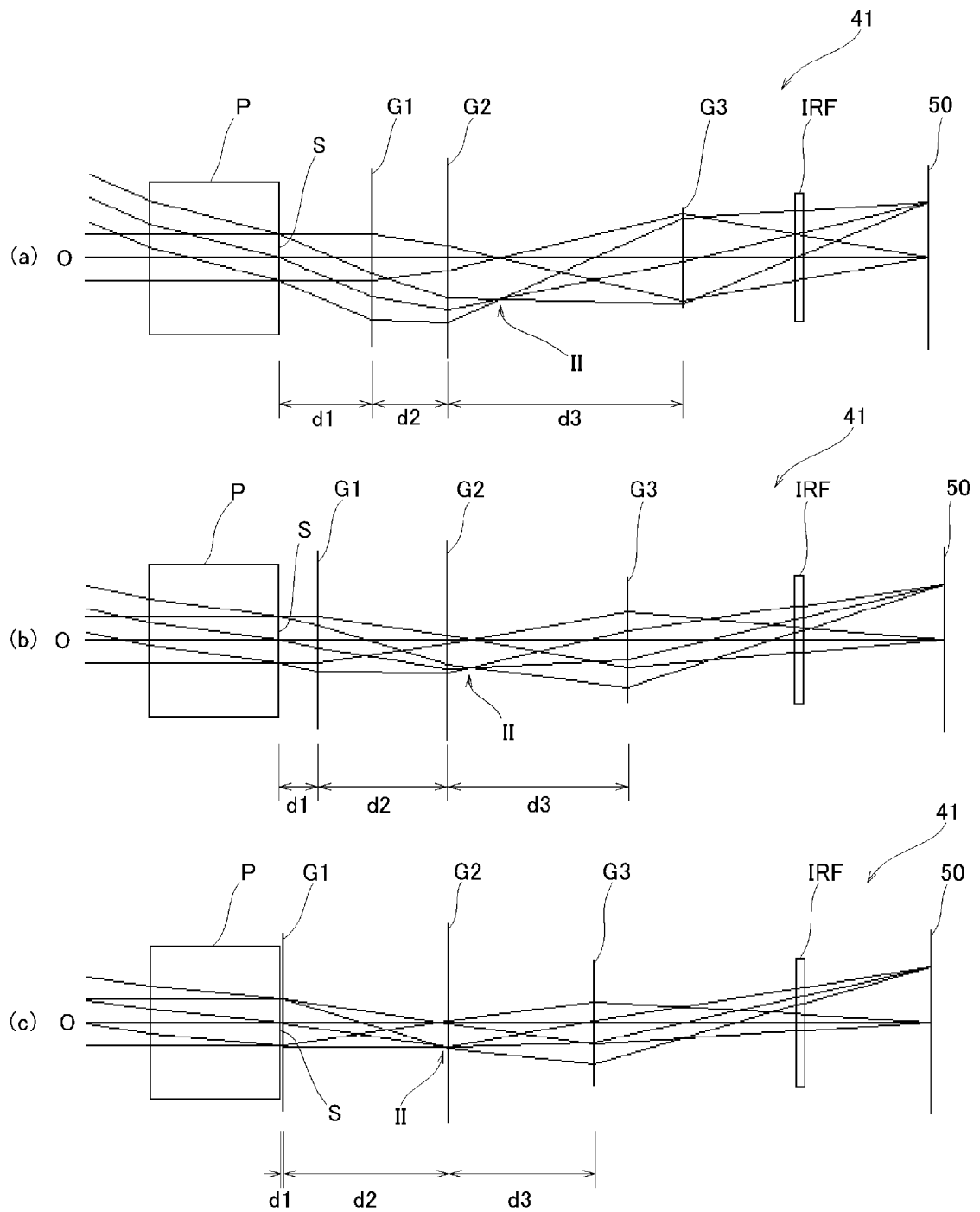
[図4]



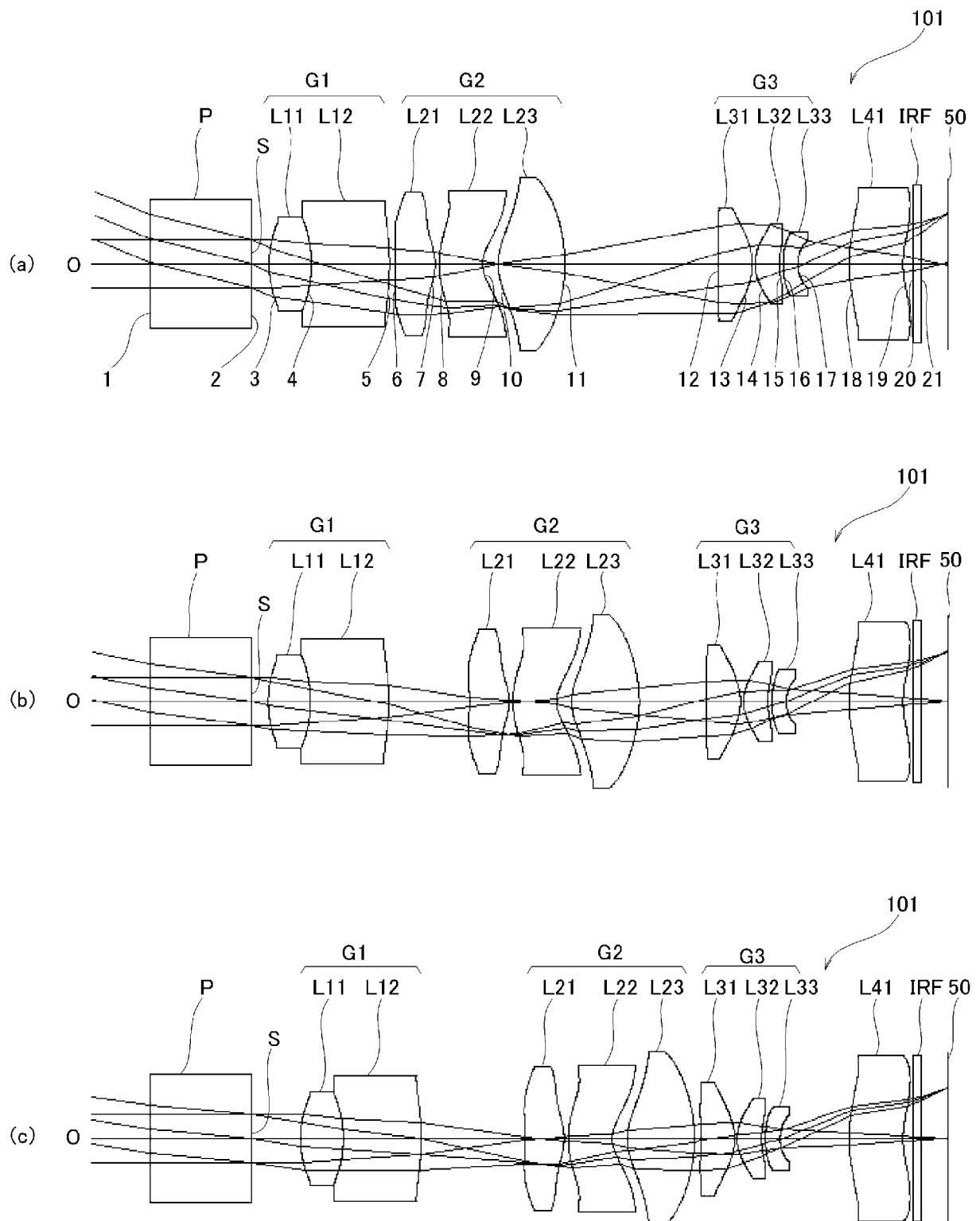
[図5]



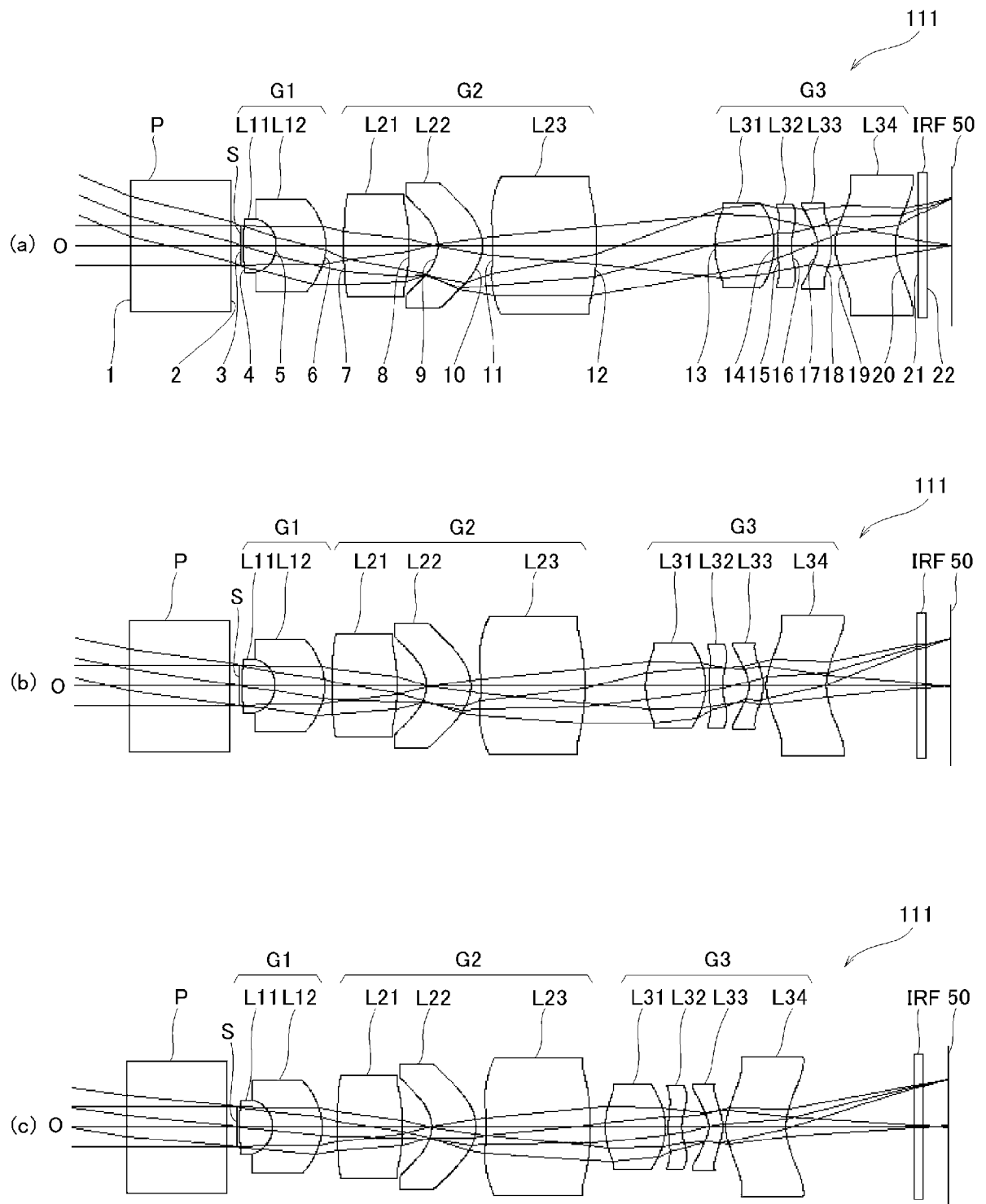
[図6]



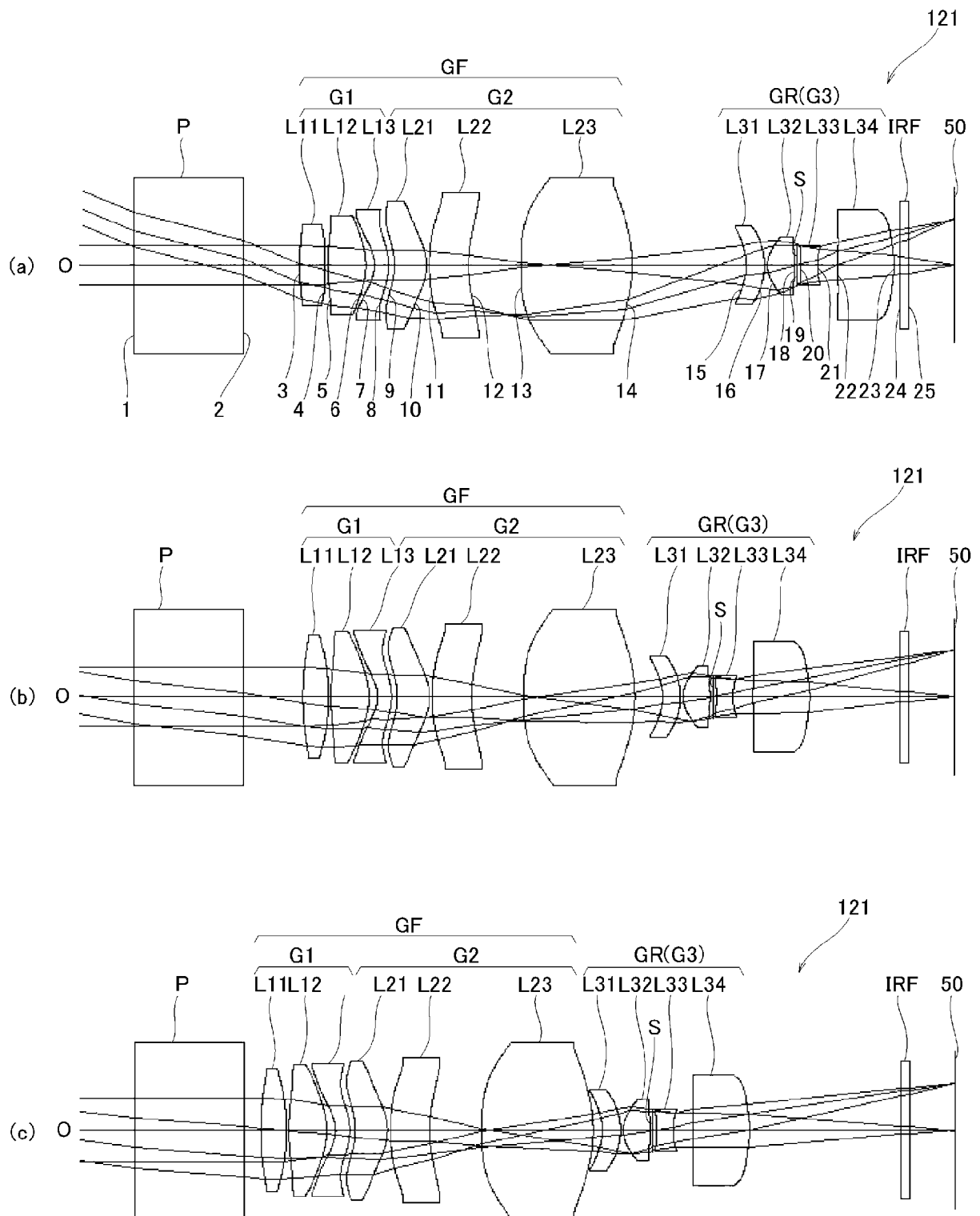
[図7]



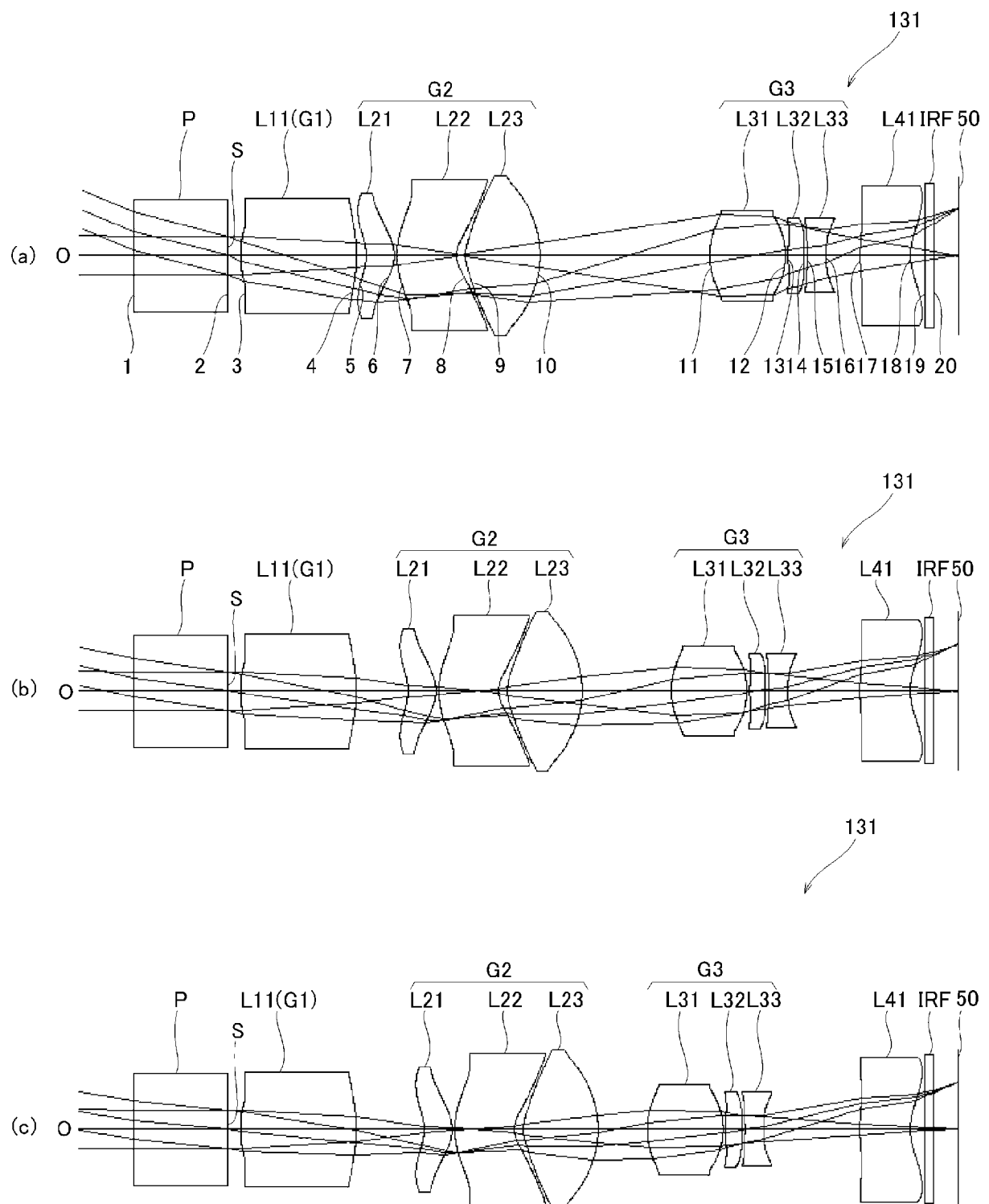
[図8]



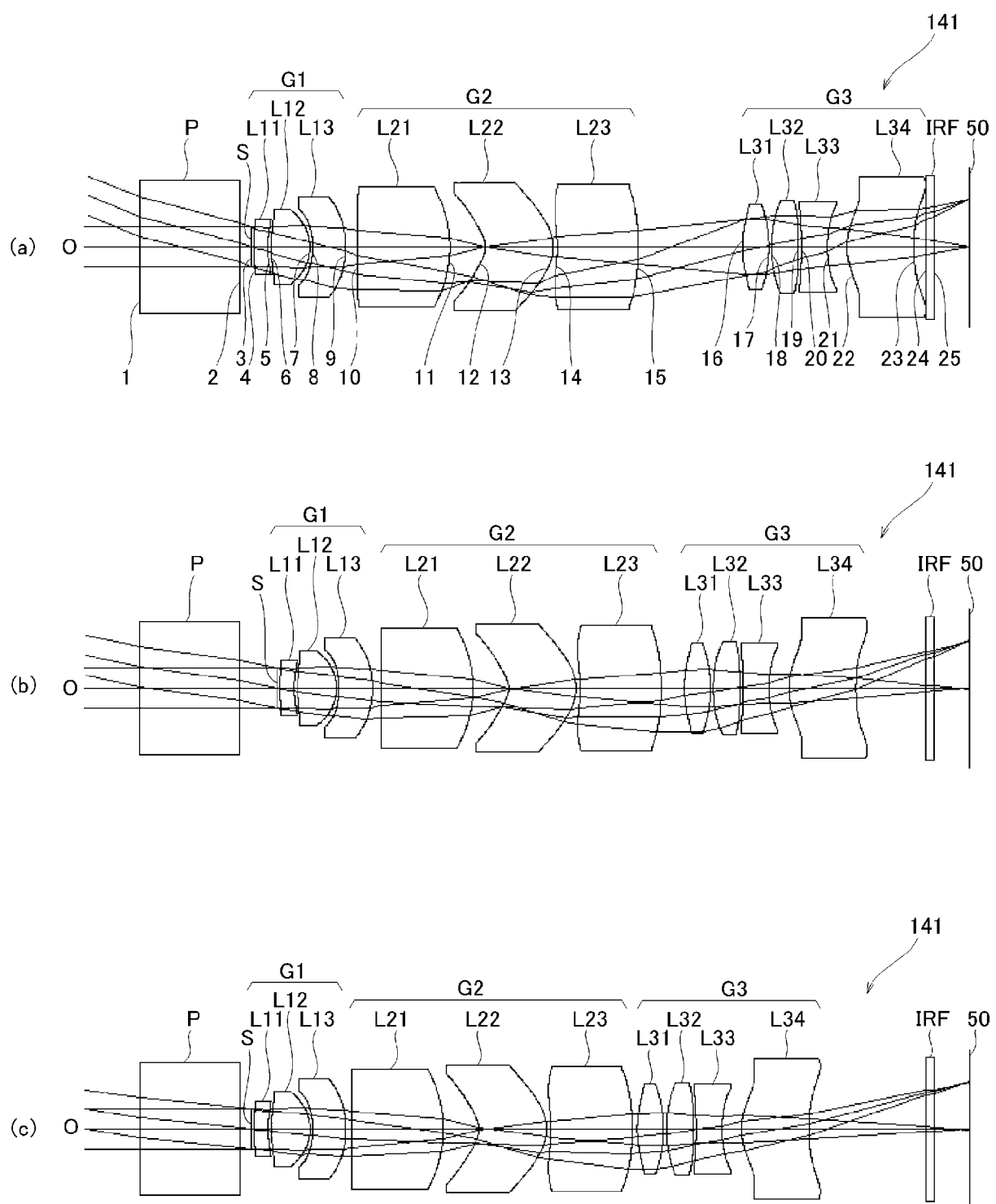
[図9]



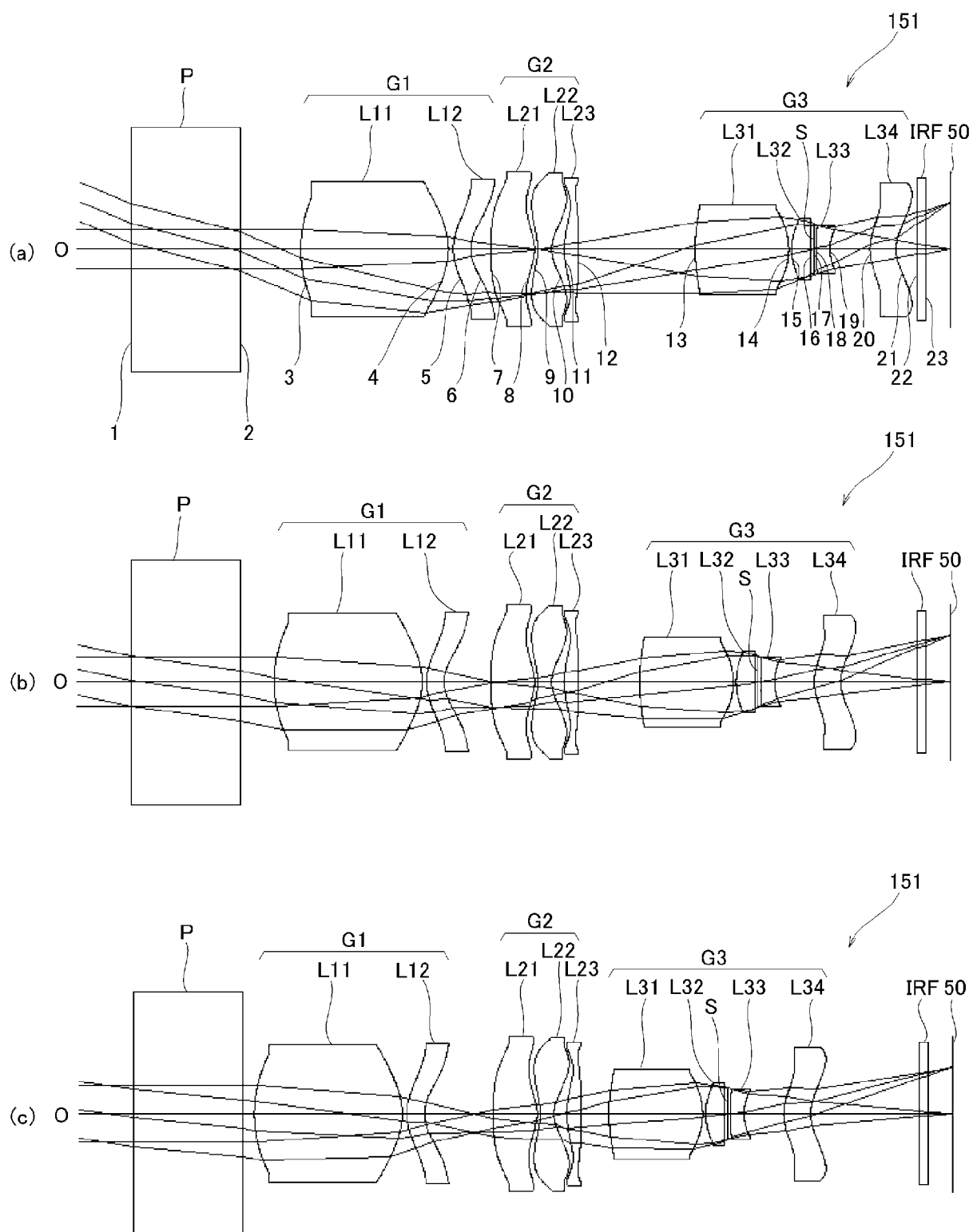
[図10]



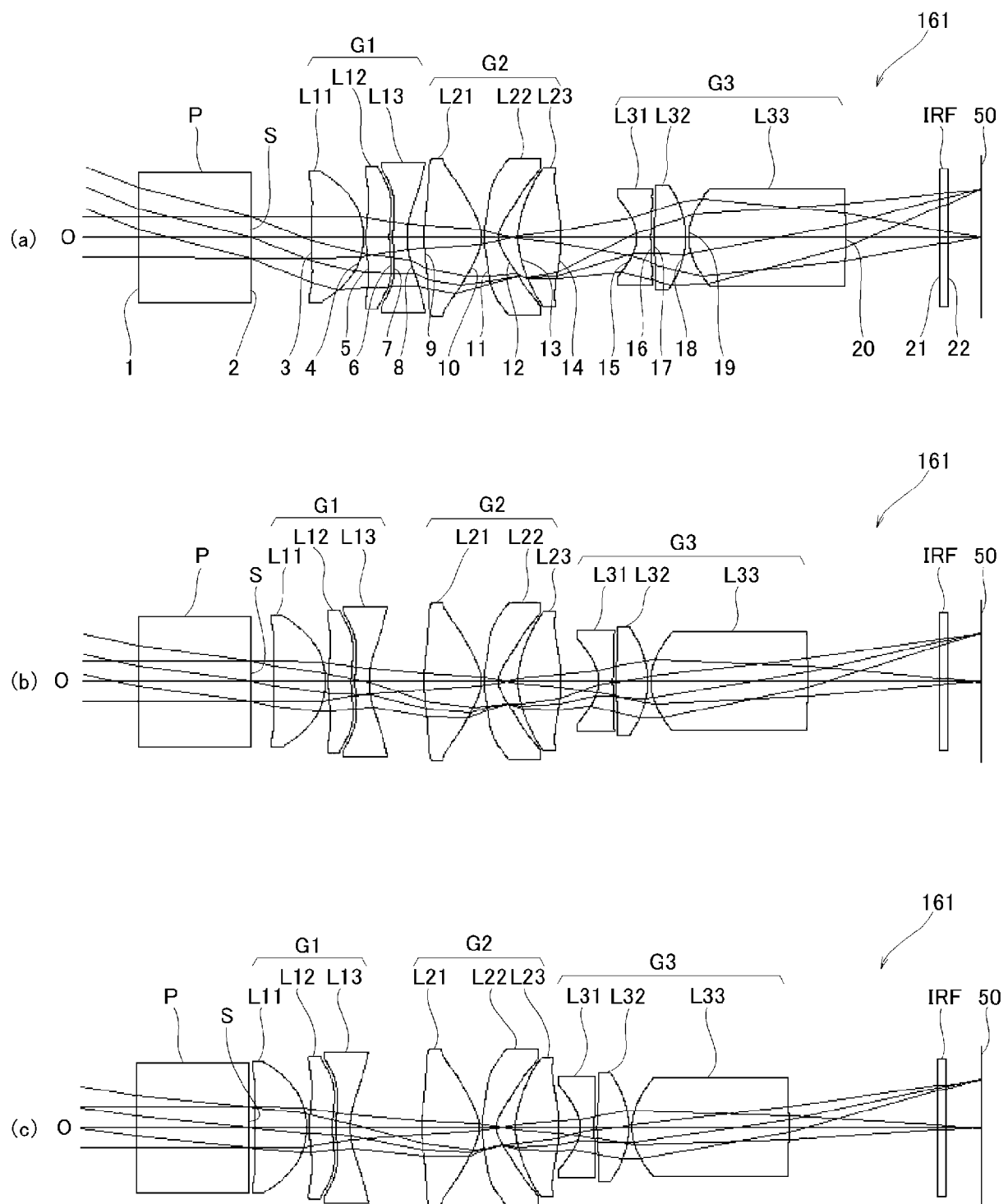
[図11]



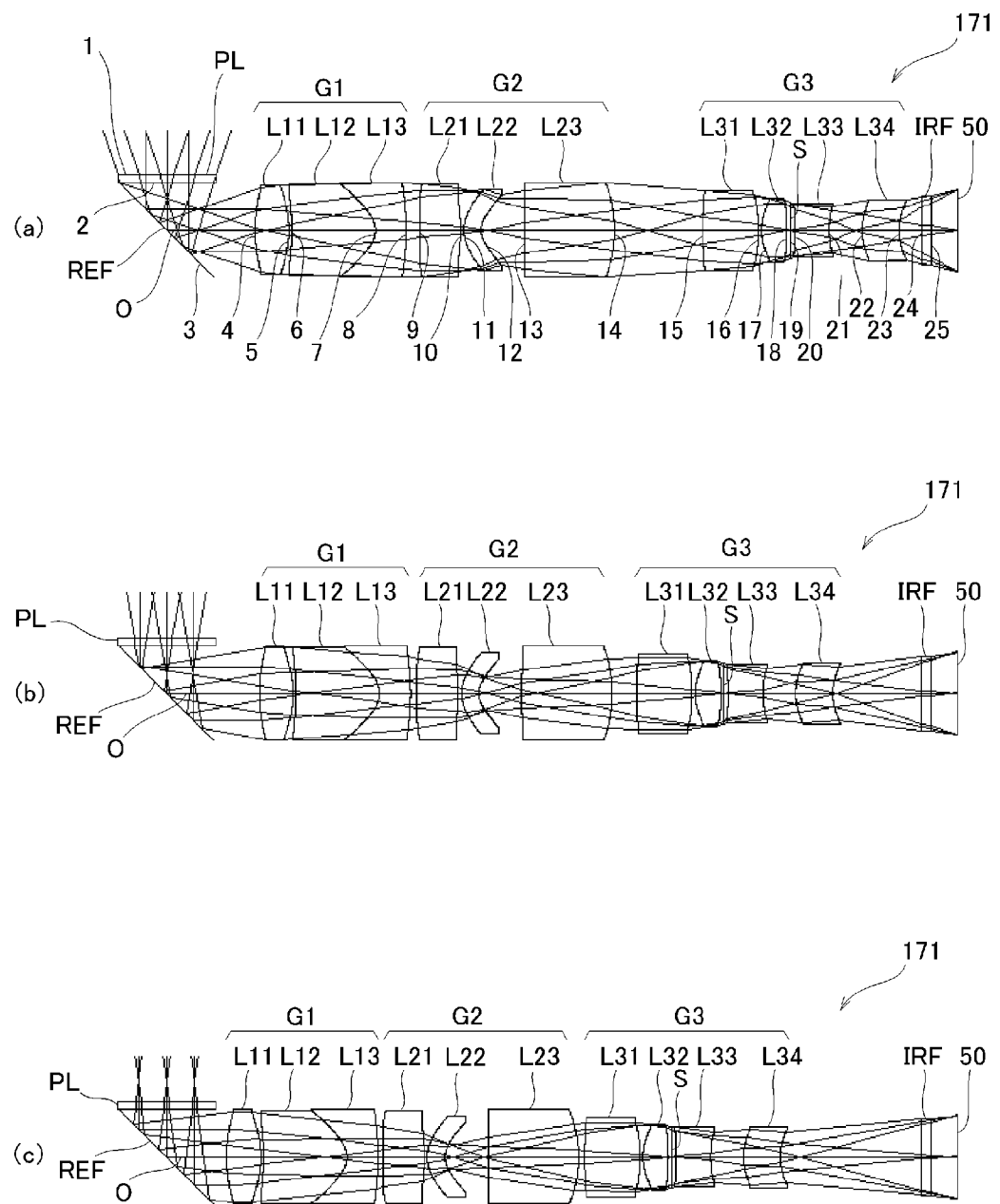
[図12]



[図13]



[図14]



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2013/006714

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

G02B15/20(2006.01)i, G02B13/18(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)

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

Jitsuyo Shinan Koho	1922-1996	Jitsuyo Shinan Toroku Koho	1996-2014
Kokai Jitsuyo Shinan Koho	1971-2014	Toroku Jitsuyo Shinan Koho	1994-2014

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 2009-192785 A (Fujifilm Corp.), 27 August 2009 (27.08.2009), entire text (particularly, carrying-out mode)	1, 3-5, 9-10, 16-17
Y		2
A	& US 2009/0207502 A1	6-8, 11-15
X	JP 2011-7824 A (Canon Inc.), 13 January 2011 (13.01.2011), entire text (particularly, fig. 17, 18)	1, 3-5, 9, 16-17
Y		2
A	(Family: none)	6-8, 10-15
X	JP 2011-130014 A (Canon Inc.), 30 June 2011 (30.06.2011), entire text (particularly, fig. 1 to 3)	1, 3-5, 9, 16-17
Y		2
A	(Family: none)	6-8, 10-15

☒ 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
06 February, 2014 (06.02.14)

Date of mailing of the international search report
25 February, 2014 (25.02.14)

Name and mailing address of the ISA/
Japanese Patent Office

Authorized officer

Facsimile No.

Telephone No.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2013/006714

C (Continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
Y A	JP 2013-33283 A (Nittoh Kogaku Kabushiki Kaisha), 14 February 2013 (14.02.2013), entire text (particularly, fig. 1 to 12) & JP 5145486 B & WO 2013/005444 A & WO 2013/005444 A1	1-5, 7, 9-10, 16-17 6, 8, 11-15
Y	JP 2010-134286 A (Sharp Corp.), 17 June 2010 (17.06.2010), entire text (particularly, paragraph [0069]) (Family: none)	2
P, X	WO 2013/129274 A1 (Konica Minolta, Inc.), 06 September 2013 (06.09.2013), entire text (particularly, examples) (Family: none)	1, 3-4, 9-10, 16-17

A. 発明の属する分野の分類（国際特許分類（I P C））

Int.Cl. G02B15/20(2006.01)i, G02B13/18(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. 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	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 4 年
日本国実用新案登録公報	1 9 9 6 - 2 0 1 4 年
日本国登録実用新案公報	1 9 9 4 - 2 0 1 4 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 Y A	JP 2009-192785 A（富士フイルム株式会社）2009.08.27, 全文（特に実施形態参照） & US 2009/0207502 A1	1, 3-5, 9-10, 16-17 2 6-8, 11-15
X Y A	JP 2011-7824 A（キヤノン株式会社）2011.01.13, 全文（特に図17、18参照）（ファミリーなし）	1, 3-5, 9, 16-17 2 6-8, 10-15

☒ 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

0 6 . 0 2 . 2 0 1 4

国際調査報告の発送日

2 5 . 0 2 . 2 0 1 4

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）

原田 英信

2 V

3 7 0 2

電話番号 0 3 - 3 5 8 1 - 1 1 0 1 内線 3 2 7 1

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
X Y A	JP 2011-130014 A (キヤノン株式会社) 2011. 06. 30, 全文 (特に図 1 - 3 参照) (ファミリーなし)	1, 3-5, 9, 16-17 2 6-8, 10-15
Y A	JP 2013-33283 A (日東光学株式会社) 2013. 02. 14, 全文 (特に図 1 - 1 2 参照) & JP 5145486 B & WO 2013/005444 A & WO 2013/005444 A1	1-5, 7, 9-10, 16-17 6, 8, 11-15
Y	JP 2010-134286 A (シャープ株式会社) 2010. 06. 17, 全文 (特に段落【0069】参照) (ファミリーなし)	2
P, X	WO 2013/129274 A1 (コニカミノルタ株式会社) 2013. 09. 06, 全文 (特に実施例参照) (ファミリーなし)	1, 3-4, 9-10, 16-17