

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特許公報(B2)

(11) 特許番号

特許第5373228号
(P5373228)

(45) 発行日 平成25年12月18日(2013.12.18)

(24) 登録日 平成25年9月27日(2013.9.27)

(51) Int.Cl.		F I	
G02B 13/00	(2006.01)	G02B 13/00	
G02B 23/26	(2006.01)	G02B 23/26	C
G03B 9/02	(2006.01)	G03B 9/02	A
A61B 1/04	(2006.01)	A61B 1/04	362A

請求項の数 5 (全 26 頁)

(21) 出願番号	特願2013-516824 (P2013-516824)	(73) 特許権者	304050923
(86) (22) 出願日	平成24年7月30日 (2012.7.30)		オリンパスメディカルシステムズ株式会社
(86) 国際出願番号	PCT/JP2012/069361		東京都渋谷区幡ヶ谷2丁目4番2号
(87) 国際公開番号	W02013/042456	(74) 代理人	100118913
(87) 国際公開日	平成25年3月28日 (2013.3.28)		弁理士 上田 邦生
審査請求日	平成25年4月15日 (2013.4.15)	(74) 代理人	100112737
(31) 優先権主張番号	特願2011-205912 (P2011-205912)		弁理士 藤田 考晴
(32) 優先日	平成23年9月21日 (2011.9.21)	(72) 発明者	笹本 勉
(33) 優先権主張国	日本国 (JP)		東京都渋谷区幡ヶ谷2丁目4番2号 オリンパスメディカルシステムズ株式会社内
早期審査対象出願		審査官	森内 正明

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 撮像装置および内視鏡

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項1】

光軸の途中位置に配置されて物体からの入射光を通過させる開口部を有する明るさ絞りを備える対物光学系と、

該対物光学系によって結像された前記物体の光学像を撮影する撮像素子とを備え、

該撮像素子は、互いに直交する2軸方向に沿って画素が正方配列され、

前記明るさ絞りが、前記画素の配列方向に対して45°傾いた辺からなる四角形状の遮光部を、前記光軸に一致する部分に有する撮像装置。

【請求項2】

前記対物光学系が、複数のレンズを備え、

全ての前記レンズが、前記光軸に対して回転対称な形状を有する請求項1に記載の撮像装置。

【請求項3】

前記明るさ絞りが、下記条件式(1)を満足する請求項1に記載の撮像装置。

$$(1) \quad 4 < Q < 50$$

ただし、

$$Q : (\text{前記遮光部の面積} / \text{前記開口部の面積}) \times 100$$

である。

【請求項4】

前記遮光部が、ガラスの表面に金属を成膜してなる請求項1に記載の撮像装置。

【請求項 5】

請求項 1 に記載の撮像装置を備える内視鏡。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、撮像装置および内視鏡に関するものである。

【背景技術】

【0002】

従来、内視鏡等の撮像装置に備えられる光学系において、被写界深度を拡大する手段として瞳変調素子が用いられている（例えば、特許文献 1 および 2 参照。）。瞳変調素子は、広い被写界深度にわたって光学的伝達関数をほぼ一定とする作用を有する。 10

【先行技術文献】

【特許文献】

【0003】

【特許文献 1】特開 2000 - 98302 号公報

【特許文献 2】特開 2003 - 235794 号公報

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0004】

しかしながら、瞳変調素子の光学面は複雑な 3 次元形状を有しているため、製造が非常に難しく、製造コストが高くなるという不都合がある。 20

本発明は、上述した事情に鑑みてなされたものであって、簡易な構成によって被写界深度を拡大することができる撮像装置および内視鏡を提供することを目的とする。

【課題を解決するための手段】

【0005】

上記目的を達成するため、本発明は以下の手段を提供する。

本発明の参考例は、光軸の途中位置に配置されて物体からの入射光を通過させる開口部を有する明るさ絞りを備え、該明るさ絞りが、前記光軸に一致する部分に前記入射光を遮断する遮光部を有する対物光学系である。

本発明の参考例によれば、明るさ絞りの開口部を通過して結像した入射光の光学像を撮像素子等によって撮影することにより物体の画像を取得することができる。 30

【0006】

この場合に、像の空間周波数に対する分解能を表す変調伝達関数 (MTF) は、一般に空間周波数の低い側から高い側に向かって単調に減少する。本発明によれば、明るさ絞りの光軸と一致する位置に設けられた遮光部により、変調伝達関数の減少は途中で留まり、高周波領域において略横ばいとなる。すなわち、低周波領域から、従来十分な分解能が得られなかった高周波領域にわたって十分な分解能が得られる。このように、明るさ絞りの開口の一部に遮光部を設けるだけの簡易な構成によって被写界深度を拡大することができる。 40

【0007】

上記参考例においては、複数のレンズを備え、全ての前記レンズが、前記光軸に対して回転対称な形状を有することが好ましい。

このようにすることで、対物光学系から射出される光束には光軸に対して非対称な収差成分が含まれないので結像性能を向上することができる。

【0008】

上記参考例においては、前記明るさ絞りが、1つの前記開口部と、該開口部の内側に設けられた1つの前記遮光部とを有する構成であってもよい。この構成においては、前記明るさ絞りが、下記条件式 (1) を満足することが好ましい。

$$(1) \quad 4 < Q < 50$$

ただし、 $Q = (\text{前記遮光部の面積} / \text{前記開口部の面積}) \times 100$ である。 50

このようにすることで、開口部を通過する入射光の光量を十分に確保しつつ、遮光部による被写界深度の拡大効果を十分に得ることができる。

【0009】

また、上記の開口の内側に遮光部を有する構成においては、前記遮光部が、ガラスの表面に金属を成膜してなることとしてもよい。

このようにすることで、レンズやカバーガラス等の表面に金属を成膜するだけの簡便な方法で明るさ絞りを製造することができる。

【0010】

上記参考例においては、前記明るさ絞りが、前記光軸を囲むように配列された複数の前記開口部を有する構成であってもよい。この構成においては、前記遮光部が、ガラスの表面に金属を成膜してなることとしてもよい。

このようにすることで、レンズやカバーガラス等の表面に金属を成膜するだけの簡便な方法で明るさ絞りを製造することができる。

【0011】

また、上記の複数の前記開口部を有する構成においては、前記明るさ絞りが、金属からなることとしてもよい。

このようにすることで、金属からなる平板に開口部となる貫通穴を形成するだけの簡便な方法で明るさ絞りを製造することができる。

【0012】

本発明の第1の態様は、光軸の途中位置に配置されて物体からの入射光を通過させる開口部を有する明るさ絞りを備える対物光学系と、該対物光学系によって結像された前記物体の光学像を撮影する撮像素子とを備え、該撮像素子は、互いに直交する2軸方向に沿って画素が正方配列され、前記明るさ絞りが、前記画素の配列方向に対して45°傾いた辺からなる四角形状の遮光部を、前記光軸に一致する部分に有する撮像装置である。

本発明の第1の態様によれば、明るさ絞りの光軸と一致する位置に設けられた遮光部によって被写界深度が拡大されることにより、光軸方向の広い範囲にわたって像が鮮明に撮影された画像を取得することができる。また、上記第1の態様においては、撮像素子の配列方向による被写界深度の拡大効果を均等に得ることができる。

【0013】

上記第1の態様においては、前記対物光学系が、複数のレンズを備え、全ての前記レンズが、前記光軸に対して回転対称な形状を有することが好ましい。

上記第1の態様においては、前記明るさ絞りが、1つの前記開口部と、該開口部の内側に設けられた1つの前記遮光部とを有する構成であってもよい。この構成においては、前記明るさ絞りが、下記条件式(1)を満足することが好ましい。

$$(1) \quad 4 < Q < 50$$

ただし、 $Q = (\text{前記遮光部の面積} / \text{前記開口部の面積}) \times 100$ である。

上記第1の態様においては、前記遮光部が、ガラスの表面に金属を成膜してなることとしてもよい。

本発明の第2の態様は、上記いずれかに記載の撮像装置を備える内視鏡である。

【発明の効果】

【0014】

本発明によれば、簡易な構成によって被写界深度を拡大することができるという効果を奏する。

【図面の簡単な説明】

【0015】

【図1】本発明の一実施形態に係る対物光学系の全体構成を示すレンズ断面図である。

【図2】図1の対物光学系が備える明るさ絞りの正面図である。

【図3A】図2の明るさ絞りと撮像素子の画素の配列方向との位置関係を説明する図であり、図2の明るさ絞りを示している。

【図3B】図2の明るさ絞りと撮像素子の画素の配列方向との位置関係を説明する図であ

10

20

30

40

50

り、撮像素子の画素の配列を示している。

【図4】図1の対物光学系のMTFの一例と従来の対物光学系のMTFの一例とを示すグラフである。

【図5】図2の明るさ絞りの変形例を示す正面図である。

【図6】本発明の実施例1に係る対物光学系の全体構成を示すレンズ断面図である。

【図7】本発明の実施例1の対物光学系が備える明るさ絞りの正面図である。

【図8】本発明の実施例2に係る対物光学系の全体構成を示すレンズ断面図である。

【図9】本発明の実施例2の対物光学系が備える明るさ絞りの正面図である。

【図10】本発明の実施例3に係る対物光学系の全体構成を示すレンズ断面図である。

【図11】本発明の実施例3の対物光学系が備える明るさ絞りの正面図である。

10

【図12】本発明の実施例4に係る対物光学系の全体構成を示すレンズ断面図である。

【図13】本発明の実施例4の対物光学系が備える明るさ絞りの正面図である。

【図14】本発明の実施例5に係る対物光学系の全体構成を示すレンズ断面図である。

【図15】本発明の実施例5の対物光学系が備える明るさ絞りの正面図である。

【図16】本発明の実施例6に係る対物光学系の全体構成を示すレンズ断面図である。

【図17】本発明の実施例6の対物光学系が備える明るさ絞りの正面図である。

【図18】本発明の実施例7に係る対物光学系の全体構成を示すレンズ断面図である。

【図19】本発明の実施例7の対物光学系が備える明るさ絞りの正面図である。

【図20】本発明の実施例8に係る対物光学系の全体構成を示すレンズ断面図である。

【図21】本発明の実施例8の対物光学系が備える明るさ絞りの正面図である。

20

【図22】本発明の実施例9に係る対物光学系の全体構成を示すレンズ断面図である。

【図23】本発明の実施例9の対物光学系が備える明るさ絞りの正面図である。

【図24】本発明の実施例10に係る対物光学系の全体構成を示すレンズ断面図である。

【図25】本発明の実施例10の対物光学系が備える明るさ絞りの正面図である。

【図26】本発明の実施例11に係る対物光学系の全体構成を示すレンズ断面図である。

【図27】本発明の実施例11の対物光学系が備える明るさ絞りの正面図である。

【図28】本発明の参考例1に係る対物光学系の全体構成を示すレンズ断面図である。

【図29】本発明の参考例1の対物光学系が備える明るさ絞りの正面図である。

【図30】本発明の参考例2に係る対物光学系の全体構成を示すレンズ断面図である。

【図31】本発明の参考例2の対物光学系が備える明るさ絞りの正面図である。

30

【図32】本発明の参考例3に係る対物光学系の全体構成を示すレンズ断面図である。

【図33】本発明の参考例3の対物光学系が備える明るさ絞りの正面図である。

【図34】所定の空間周波数におけるMTFと物体距離との関係を模式的に示すグラフである。

【発明を実施するための形態】

【0016】

以下に、本発明の一実施形態に係る対物光学系1及び該対物光学系1を備える撮像装置10について図1から図5を参照して説明する。

本実施形態に係る対物光学系1は、図1に示されるように、物体側から順に第1から第5のレンズL1からL5と、第2のレンズと第3のレンズの間および第5のレンズの像側に配置された平行平板F1、F2と、平行平板F1の像側面に形成された明るさ絞りSとを備えている。

40

【0017】

第1から第5のレンズL1からL5は、単一の硝材から構成されるとともに、光軸Oに対して回転対称な光学特性を有する。

【0018】

平行平板F1、F2は、光学的に透明な硝材からなるカバーガラス等である。明るさ絞りSは、図2に示されるように、物体(図示略)から第1のレンズL1に入射された入射光を通過させる開口部(ハッチングで示される領域)Aと、対物光学系1の光軸Oと一致する位置に形成され入射光を遮断する遮光部Bとを有している。開口部Aは、光軸Oを中

50

心とする半径の円形の外形を有している。遮光部 B は、光軸 O を中心とする一辺の長さ 1 の正四角形であり、光軸 O に対して点対称の形状を有している。

【0019】

明るさ絞り S は、平行平板 F 1 の像側面に直接金属を蒸着等によって成膜して開口部 A の周辺部 C および遮光部 B を形成することにより製造されている。これにより、開口部 A の中央に遮光部 B が配される構造の明るさ絞り S を容易に製造することができる。

なお、明るさ絞り S は、平凸レンズ等の平面に金属を成膜することにより製造されてもよい。また、図 2 において、外形が円形の周辺部 C を例示しているが、周辺部 C の外形に特に制限はなく、例えば、矩形等でもよい。

【0020】

明るさ絞り S は、以下の条件式 (1) を満たしている。

$$(1) \quad 4 < Q < 50$$

ただし、

$$Q = (\text{遮光部 B の面積} / \text{開口部 A の面積}) \times 100$$

である。

【0021】

条件式 (1) は、開口部 A の面積と遮光部 B の面積との比率を規定している。Q が 4 以下の場合、明るさ絞り S による被写界深度の拡大効果 (後述) を十分に得られないため好ましくない。一方、Q が 50 以上の場合、入射光が過度に遮断されることにより撮像素子 2 によって取得される画像の質を低下させるため好ましくない。

なお、明るさ絞り S は、好ましくは以下の条件式 (1-1) を満たし、より好ましくは以下の条件式 (1-2) を満たし、最も好ましくは (1-3) を満たす。

$$(1-1) \quad 15 < Q < 40$$

$$(1-2) \quad 15 < Q < 35$$

$$(1-3) \quad 20 < Q < 35$$

【0022】

本実施形態に係る対物光学系 1 は、CCD や CMOS のような撮像素子 2 とともに撮像装置 10 を構成している。撮像装置 10 は、撮像素子 2 の撮像面を封止するガラスリッドに平行平板 F 2 が接合され、撮像面に結像された物体の光学像を撮影する。

【0023】

撮像面 2a には、図 3 B に示されるように、互いに直交する 2 軸方向 (X 軸方向および Y 軸方向) に沿って画素 2b が正方配列されている。対物光学系 1 は、図 3 A に示されるように、明るさ絞り S の遮光部 B の辺の方向 (矢印 P 参照) が画素の配列方向である X 軸方向および Y 軸方向に対して 45° 傾くように、撮像素子 2 に対して配置される。このようにすることで、後述する遮光部 B による被写界深度の拡大効果が画像の各方向に均等に現れることとなり、好ましい。

【0024】

次に、このように構成された対物光学系 1 およびこれを備える撮像装置 10 の作用について説明する。

本実施形態に係る対物光学系 1 の MTF は、図 4 に実線で示されるような特性を有する。すなわち、MTF (縦軸) は、低周波領域においては空間周波数 (横軸) の増加に伴って単調に減少するが、高周波領域においては減少が一旦留まって略横ばいに変化する。ここで、MTF は、像の空間周波数に対するコントラストの応答を示した関数であり、ある空間周波数において MTF が高いほどその空間周波数に対応する寸法の構造を鮮明に解像することができる。したがって、図 4 に示される MTF の特性を有する対物光学系 1 によれば、高周波領域においても分解能が十分に高い状態が維持される。

【0025】

このような MTF の特性は以下のように説明される。MTF は、瞳関数の自己相関関数によって表わされる。本実施形態に係る対物光学系 1 の瞳関数の自己相関関数は、瞳の中心位置に相当する光軸の位置に遮光部 B が存在することにより減少が一旦留まる。これに

10

20

30

40

50

に伴いMTFも高周波領域で減少が留まることとなる。

本実施形態の参考例として、遮光部を有さず開口部のみによって構成される従来の明るさ絞りを備える対物光学系のMTFを図4に破線で示す。このような従来の対物光学系によれば、MTFは低周波側から高周波側に向かって単調に減少し続ける。

【0026】

このように、本実施形態に係る対物光学系1および撮像装置10によれば、高周波領域においてMTFが十分な値を有する範囲、例えば、10%を超える範囲が拡大される。これは、十分な分解能が得られる視野の光軸O方向の範囲が拡大される、すなわち、被写界深度が実質的に拡大されることを意味する。このように、本実施形態によれば、明るさ絞りSの光軸Oと一致する位置に遮光部Bを設けるだけの簡易な構成でありながら、被写界深度を効果的に拡大することができるという利点がある。

10

【0027】

さらに、対物光学系1を構成する全てのレンズL1からL5および明るさ絞りSが光軸Oに対して回転対称な光学的特性を有しているため、撮像面2cに形成される光学像には光軸Oに対して非対称な収差成分が含まれない。これにより、画像処理の効果を最大限に発揮することができるという利点がある。また、本実施形態に係る撮像装置10を備える内視鏡によれば、特別な画像処理装置やズーム機能等に頼らなくとも、十分に広い被写界深度にわたって鮮明な画像を得ることができるという利点がある。

【0028】

なお、本実施形態に係る対物光学系1のMTFは、従来の明るさ絞りを備えた対物光学系に比べ、低周波領域において減少する傾向がある。このような低周波領域における分解能の低下は、撮像素子2によって取得された画像に対して画像処理を施すことによって十分に良好に補正される。画像処理は、例えば、対物光学系1によるMTFをシミュレーションにより算出し、その結果に基づいてMTFの低周波領域が所定の特性となるように設定される。

20

【0029】

本実施形態においては、正方形の遮光部Bを例示したが、本実施形態の参考例においては、遮光部Bの形状はこれに限定されるものではない。例えば、図2において、遮光部Bを円形としてもよい。また、光軸Oを囲むように複数の開口部を設けてもよい。このようにしても、簡易で安価な構成でありながら高周波領域におけるMTFを向上させ、それにより被写界深度を拡大することができる。また、開口部Aの周辺部Cの形状も、図2に示されるような円形に限定されるものではなく、他の形状としてもよい。

30

【0030】

開口部Aが複数設けられる場合には、図5に示されるように、開口部Aは、画素の配列方向(X軸方向、Y軸方向)に沿って光軸Oに対して均等に配列されることが好ましい。このような配列にすることで、被写界深度を画像の各位置において均等に拡大することができる。

図5に示される明るさ絞りS'は、図2に示される明るさ絞りSと同様に、レンズ面に金属を成膜して遮光部Bを形成することにより容易に製造される。また、明るさ絞りS'は、金属等の遮光性を有する材料からなる平板に貫通穴を加工して開口部Aを形成することによっても容易に製造されることができる。

40

【実施例】

【0031】

次に、上述した実施形態の実施例1から11と参考例1から3について図6から図34を参照して説明する。なお、各実施例の対物光学系の構成について先に説明し、各対物光学系による被写界深度の拡大効果については構成の説明の後に説明する。各実施例に記載のレンズデータにおいて、rは曲率半径、dは面間隔、neはe線に対する屈折率、dはd線に対するアッペ数、OBJは物体面、IMGは像面である。また、明るさ絞りに相当する面番号にはSを付している。レンズ断面図において、IMGは像面を示している。

【0032】

50

〔実施例 1〕

本発明の実施例 1 に係る対物光学系は、図 6 および下記のレンズデータに示されるレンズ構成を有している。本実施例において明るさ絞りは、カバーガラスの像側面（第 6 面）に形成されている。明るさ絞りは、図 7 に示されるように、光軸を中心とし半径 = 0.33 mm の円形の外形を有する開口部と、光軸を中心とし一辺 $l = 0.226$ mm の正方形の遮光部とを有している。条件式 (1) において、 $Q = 14.9$ である。

【0033】

レンズデータ

面番号	r	d	n e	d	
O B J		17.00	1.		10
1		0.47	1.88815	40.76	
2	0.8120	0.42	1.		
3		0.73	1.93429	18.90	
4	20.4054	0.15	1.		
5		0.56	1.51564	75.00	
6 (S)		0.05	1.		
7		1.23	1.88815	40.76	
8	-1.9073	0.20	1.		
9	5.9797	1.18	1.73234	54.68	
10	-1.3347	0.43	1.93429	18.90	20
11	-3.8757	0.97	1.		
12		2.20	1.51825	64.14	
I M G		0.00			

【0034】

各種データ

像高	0.986				
焦点距離	1.000				
レンズ全長	8.582				
F ナンバー	1.282				
画角	139.1°				30

【0035】

〔実施例 2〕

本発明の実施例 2 に係る対物光学系は、図 8 及び下記のレンズデータに示されるレンズ構成を有している。本実施例において明るさ絞りは、カバーガラスの像側面（第 6 面）に形成されている。明るさ絞りは、図 9 に示されるように、光軸を中心とし半径 = 0.32 mm の円形の外形を有する開口部と、光軸を中心とし一辺 $l = 0.226$ mm の正方形の遮光部とを有している。条件式 (1) において、 $Q = 15.9$ である。

【0036】

レンズデータ

面番号	r	d	n e	d	
O B J		15.20	1.		40
1		0.45	1.88815	40.76	
2	0.8070	0.42	1.		
3		0.75	1.93429	18.90	
4	-18.8610	0.32	1.		
5		0.33	1.51564	75.00	
6 (S)		0.06	1.		
7		1.20	1.88815	40.76	
8	-1.9010	0.10	1.		
9	6.3883	1.14	1.73234	54.68	50

1 0 - 1 . 3 4 2 3 0 . 4 3 1 . 9 3 4 2 9 1 8 . 9 0
 1 1 - 3 . 9 9 5 0 0 . 9 4 1 .
 1 2 2 . 4 0 1 . 5 1 8 2 5 6 4 . 1 4
 I M G 0 . 0 0

【 0 0 3 7 】

各種データ

像高 0 . 9 4 3
 焦点距離 1 . 0 0 0 0 3
 レンズ全長 8 . 5 3 7
 Fナンバー 1 . 3 5 6
 画角 1 2 8 . 8 °

10

【 0 0 3 8 】

〔実施例 3〕

本発明の実施例 3 に係る対物光学系は、図 1 0 及び下記のレンズデータに示されるレンズ構成を有している。本実施例において明るさ絞りは、カバーガラスの像側面（第 6 面）に形成されている。明るさ絞りは、図 1 1 に示されるように、光軸を中心とし半径 = 0 . 2 4 6 5 mm の円形の外形を有する開口部と、光軸を中心とし一辺 $l = 0 . 2 2 6$ mm の正方形の遮光部とを有している。条件式 (1) において、 $Q = 2 6 . 8$ である。

【 0 0 3 9 】

レンズデータ

面番号	r	d	n e	d
O B J		1 5 . 0 0	1 .	
1		0 . 4 1	1 . 8 8 8 1 5	4 0 . 7 6
2	0 . 8 4 5 0	0 . 3 8	1 .	
3		0 . 7 4	1 . 8 5 5 0 4	2 3 . 7 8
4	- 9 . 6 2 3 6	0 . 1 9	1 .	
5		0 . 5 7	1 . 5 1 5 6 4	7 5 . 0 0
6 (S)		0 . 0 0	1 .	
7		0 . 1 6	1 .	
8	9 . 4 9 4 9	1 . 2 5	1 . 8 3 9 3 2	3 7 . 1 6
9	- 1 . 9 7 1 2	0 . 0 5	1 .	
1 0	3 . 9 8 6 7	1 . 2 5	1 . 6 9 9 7 9	5 5 . 5 3
1 1	- 1 . 2 6 9 6	0 . 4 3	1 . 9 3 4 2 9	1 8 . 9 0
1 2	- 5 . 8 7 6 0	1 . 0 4	1 .	
1 3		0 . 7 5	1 . 5 1 8 2 5	6 4 . 1 4
1 4		0 . 7 5	1 . 6 1 3 7 9	5 0 . 2 0
I M G		0 . 0 0		

20

30

【 0 0 4 0 】

各種データ

像高 0 . 9 6
 焦点距離 1 . 0 0 2 1 5
 レンズ全長 7 . 9 6 8
 Fナンバー 1 . 3 1 9
 画角 1 3 0 . 8 °

40

【 0 0 4 1 】

〔実施例 4〕

本発明の実施例 4 に係る対物光学系は、図 1 2 及び下記のレンズデータに示されるレンズ構成を有している。本実施例において明るさ絞りは、カバーガラスの像側面（第 7 面）に形成されている。明るさ絞りは、図 1 3 に示されるように、光軸を中心とし半径 = 0 . 2 2 4 mm の円形の外形を有する開口部と、光軸を中心とし一辺 $l = 0 . 2 2 6$ mm の

50

正方形の遮光部とを有している。条件式(1)において、 $Q = 32.4$ である。

【0042】

レンズデータ

面番号	r	d	n e	d	
O B J		12.50	1.		
1		0.41	1.88815	40.76	
2	0.8765	0.59	1.		
3	-10.1322	0.73	1.85504	23.78	
4	-4.2878	0.18	1.		
5		0.57	1.51564	75.00	10
6		0.00	1.		
7 (S)		0.16	1.		
8	9.6120	1.30	1.83932	37.16	
9	-2.0932	0.05	1.		
10	4.5979	1.27	1.69979	55.53	
11	-1.2298	0.44	1.93429	18.90	
12	-6.2165	0.54	1.		
13		1.50	1.51825	64.14	
14		0.75	1.61379	50.20	
I M G		0.00			20

【0043】

各種データ

像高	0.96
焦点距離	1.00000
レンズ全長	8.487
Fナンバー	1.644
画角	129.9°

【0044】

〔実施例5〕

本発明の実施例5に係る対物光学系は、図14及び下記のレンズデータに示されるレンズ構成を有している。本実施例において明るさ絞りは、カバーガラスの物体側面(第5面)に形成されている。明るさ絞りは、図15に示されるように、光軸を中心とし半径 = 0.225mmの円形の外形を有する開口部と、光軸を中心とし一辺 $l = 0.24$ mmの正方形の遮光部とを有している。条件式(1)において、 $Q = 36.2$ である。

【0045】

レンズデータ

面番号	r	d	n e	d	
O B J		11.50	1.		
1		0.45	1.88815	40.76	
2	0.8064	0.42	1.		40
3		0.73	1.85504	23.78	
4	-16.2332	0.17	1.		
5		0.56	1.51564	75.00	
6 (S)		0.03	1.		
7		1.24	1.88815	40.76	
8	-1.8966	0.09	1.		
9	6.4116	1.13	1.73234	54.68	
10	-1.3374	0.43	1.93429	18.90	
11	-4.0282	0.89	1.		
12		2.50	1.51825	64.14	50

IMG 0.00

【0046】

各種データ

像高 0.943
 焦点距離 1.000
 レンズ全長 8.649
 Fナンバー 1.703
 画角 127.6°

【0047】

〔実施例6〕

本発明の実施例6に係る対物光学系は、図16及び下記のレンズデータに示されるレンズ構成を有している。本実施例において明るさ絞りは、カバーガラスと平凸レンズとの接合面（第6面）に形成されている。明るさ絞りは、図17に示されるように、光軸を中心とし半径 = 0.28mmの円形の外形を有する開口部と、光軸を中心とし一辺 $l = 0.184$ mmの正方形の遮光部とを有している。条件式(1)において、 $Q = 13.7$ である。

【0048】

レンズデータ

面番号	r	d	ne	d
OBJ		19.50	1.	
1		0.50	2.18246	33.01
2	0.9683	0.42	1.	
3		0.72	1.93429	18.90
4	-5.4027	0.15	1.	
5		0.56	1.51564	75.00
6(S)		0.00	1.	
7		1.54	1.88815	40.76
8	-2.0953	0.20	1.	
9	6.8599	1.18	1.73234	54.68
10	-1.3201	0.43	1.93429	18.90
11	-3.7233	0.83	1.	
12		2.50	1.51825	64.14
IMG		0.00		

【0049】

各種データ

像高 0.94
 焦点距離 0.99999
 レンズ全長 9.024
 Fナンバー 1.56
 画角 127.7°

【0050】

〔実施例7〕

本発明の実施例7に係る対物光学系は、図18及び下記のレンズデータに示されるレンズ構成を有している。本実施例において明るさ絞りは、カバーガラスの物体側面（第5面）に形成されている。明るさ絞りは、図19に示されるように、光軸を中心とし半径 = 0.27mmの円形の外形を有する開口部と、光軸を中心とし一辺 $l = 0.198$ mmの正方形の遮光部とを有している。条件式(1)において、 $Q = 17.1$ である。

【0051】

レンズデータ

面番号	r	d	ne	d
-----	---	---	----	---

10

20

30

40

50

O B J		1 8 . 1 0	1 .	
1		0 . 3 3	1 . 8 8 8 1 4	4 0 . 7 8
2	0 . 6 7 8 3	0 . 6 0	1 .	
3	3 . 5 3 4 8	1 . 3 7	1 . 7 3 2 3 4	5 4 . 6 8
4	- 1 . 3 6 3 0	0 . 0 9	1 .	
5 (S)		0 . 3 5	1 . 5 2 4 9 5	5 9 . 8 9
6		0 . 5 2	1 .	
7	2 . 9 1 0 4	1 . 2 6	1 . 6 9 9 7 9	5 5 . 5 3
8	- 0 . 9 1 9 1	0 . 2 6	1 . 8 5 5 0 4	2 3 . 7 8
9	- 3 . 8 2 5 2	0 . 6 1	1 .	
1 0		1 . 2 3	1 . 5 1 8 2 5	6 4 . 1 4
I M G		0 . 0 0		

10

【 0 0 5 2 】

各種データ

像高 0 . 8 9 5
 焦点距離 0 . 9 9 9 8 8
 レンズ全長 6 . 6 0 8
 Fナンバー 4 . 2 3 6
 画角 1 1 7 . 1 °

【 0 0 5 3 】

〔実施例 8〕

本発明の実施例 8 に係る対物光学系は、図 2 0 及び下記のレンズデータに示されるレンズ構成を有している。本実施例において明るさ絞りは、カバーガラスの像側面（第 5 面）に形成されている。明るさ絞りは、図 2 1 に示されるように、光軸を中心とし半径 = 0 . 2 4 m m の円形の外形を有する開口部と、光軸を中心とし一辺 $l = 0 . 1 9 8$ m m の正方形の遮光部とを有している。条件式 (1) において、 $Q = 2 1 . 7$ である。

【 0 0 5 4 】

レンズデータ

面番号	r	d	n e	d
O B J		1 7 . 0 0	1 .	
1		0 . 3 6	1 . 8 8 8 1 4	4 0 . 7 8
2	0 . 7 3 6 4	0 . 6 4	1 .	
3	2 . 7 0 5 9	1 . 4 2	1 . 7 3 2 3 4	5 4 . 6 8
4	- 1 . 5 1 8 3	0 . 1 0	1 .	
5 (S)		0 . 3 8	1 . 5 2 4 9 5	5 9 . 8 9
6		0 . 5 1	1 .	
7	2 . 2 4 6 2	0 . 9 9	1 . 6 9 9 7 9	5 5 . 5 3
8	- 0 . 9 3 8 7	0 . 2 5	1 . 8 5 5 0 4	2 3 . 7 8
9	- 5 . 8 3 2 0	0 . 7 2	1 .	
1 0		0 . 9 5	1 . 5 1 8 2 5	6 4 . 1 4
I M G		0 . 0 0		

20

30

40

【 0 0 5 5 】

各種データ

像高 0 . 9 7 1
 焦点距離 1 . 0 0 0 0 1
 レンズ全長 6 . 3 0 9 1
 Fナンバー 4 . 4 1 5
 画角 1 3 5 . 4 °

【 0 0 5 6 】

〔実施例 9〕

50

本発明の実施例 9 に係る対物光学系は、図 2 2 及び下記のレンズデータに示されるレンズ構成を有している。本実施例において明るさ絞りは、第 2 のレンズとカバーガラスとの間（第 5 面）に配置されている。明るさ絞りは、図 2 3 に示されるように、光軸を中心とし半径 = 0 . 2 6 mm の円形の外形を有する開口部と、光軸を中心とし一辺 l = 0 . 2 2 6 mm の正方形の遮光部とを有している。条件式 (1) において、 $Q = 2 4 . 1$ である。

【 0 0 5 7 】

レンズデータ

面番号	r	d	n e	d	
O B J		1 5 . 5 0	1 .		10
1		0 . 3 5	1 . 7 7 0 6 6	7 1 . 7 9	
2	0 . 7 6 9 8	0 . 7 1	1 .		
3	1 4 . 2 1 3 6	1 . 7 9	1 . 7 3 2 3 4	5 4 . 6 8	
4	- 1 . 5 2 5 7	0 . 0 3	1 .		
5 (S)		0 . 0 4	1 .		
6		0 . 5 0	1 . 4 9 5 5 7	7 5 . 0 0	
7		0 . 6 2	1 .		
8	5 . 3 8 4 0	1 . 0 0	1 . 7 9 1 9 6	4 7 . 3 7	
9	- 1 . 2 0 1 4	0 . 2 9	1 . 9 3 4 3 0	1 8 . 9 0	
1 0	- 3 . 2 3 4 9	0 . 7 3	1 .		20
1 1		1 . 8 5	1 . 6 1 3 7 9	5 0 . 2 0	
I M G		0 . 0 0			

【 0 0 5 8 】

各種データ

像高	1 . 0 2
焦点距離	1 . 0 0 0 0 1
レンズ全長	7 . 9 0 2
F ナンバー	1 . 4 5 2
画角	1 4 9 . 6 °

【 0 0 5 9 】

〔 実施例 1 0 〕

本発明の実施例 1 0 に係る対物光学系は、図 2 4 及び下記のレンズデータに示されるレンズ構成を有している。本実施例において明るさ絞りは、平凸レンズの平面（第 4 面）に形成されている。明るさ絞りは、図 2 5 に示されるように、光軸を中心とし半径 = 0 . 2 6 mm の円形の外形を有する開口部と、光軸を中心とし一辺 l = 0 . 2 4 mm の正方形の遮光部とを有している。条件式 (1) において、 $Q = 2 7 . 1$ である。

【 0 0 6 0 】

レンズデータ

面番号	r	d	n e	d	
O B J		1 3 . 6 0	1 .		40
1	3 4 . 3 0 1 8	0 . 4 5	1 . 8 8 8 1 5	4 0 . 7 6	
2	0 . 8 4 9 6	0 . 6 9	1 .		
3	5 . 3 2 0 1	0 . 9 3	1 . 8 3 9 3 2	3 7 . 1 6	
4 (S)		0 . 0 3	1 .		
5		1 . 5 8	1 . 8 1 0 7 8	4 0 . 8 8	
6	- 1 . 7 1 6 4	0 . 1 1	1 .		
7	4 . 1 4 7 9	1 . 1 8	1 . 7 3 2 3 4	5 4 . 6 8	
8	- 1 . 2 9 6 9	0 . 3 5	1 . 9 3 4 2 9	1 8 . 9 0	
9	- 6 . 0 6 0 0	0 . 8 9	1 .		
1 0		1 . 5 6	1 . 5 1 8 2 5	6 4 . 1 4	50

IMG 0.00

【0061】

各種データ

像高 1.00
 焦点距離 1.000001
 レンズ全長 7.7648
 Fナンバー 4.078
 画角 136.7°

【0062】

〔実施例11〕

本発明の実施例11に係る対物光学系は、図26及び下記のレンズデータに示されるレンズ構成を有している。本実施例において明るさ絞りは、カバーガラスの像側面（第6面）に形成されている。明るさ絞りは、図27に示されるように、光軸を中心とし半径 = 0.31mmの円形の外形を有する開口部と、光軸を中心とし一辺 $l = 0.325$ mmの正方形の遮光部とを有している。条件式(1)において、 $Q = 35.0$ である。

【0063】

レンズデータ

面番号	r	d	n e	d
OBJ	14.50	1.		
1	0.50	2.18246	33.01	
2	0.9456	0.46	1.	
3	0.72	1.93429	18.90	
4	-7.4010	0.40	1.	
5	0.56	1.51564	75.00	
6(S)	0.23	1.		
7	18.8830	1.24	2.18246	33.01
8	-2.6600	0.20	1.	
9	6.2845	1.17	1.73234	54.68
10	-1.3129	0.45	1.93429	18.90
11	-8.7654	1.10	1.	
12	2.06	1.51825	64.14	
IMG	0.00			

【0064】

各種データ

像高 0.935
 焦点距離 1.000002
 レンズ全長 9.089
 Fナンバー 4.119
 画角 128.7°

【0065】

〔参考例1〕

本発明の参考例1に係る対物光学系は、図28及び下記のレンズデータに示されるレンズ構成を有している。本参考例において明るさ絞りは、カバーガラスの像側面（第6面）に形成されている。明るさ絞りは、図29に示されるように、光軸を中心に正方配列された4つの開口部と、これらの開口部を除く部分である遮光部とを有している。開口部の半径 = 0.0926mm、開口部の中心間距離の半分 $m = 0.120$ mmである。

【0066】

レンズデータ

面番号	r	d	n e	d
OBJ	13.50	1.000000		

1		0 . 4 1	1 . 8 8 8 1 5	4 0 . 7 6
2	0 . 8 4 5 0	0 . 3 8	1 . 0 0 0 0 0	
3		0 . 7 4	1 . 8 5 5 0 4	2 3 . 7 8
4	- 9 . 6 2 3 6	0 . 1 9	1 . 0 0 0 0 0	
5		0 . 5 7	1 . 5 1 5 6 4	7 5 . 0 0
6 (S)		0 . 1 6	1 . 0 0 0 0 0	
7	9 . 4 9 4 9	1 . 2 5	1 . 8 3 9 3 2	3 7 . 1 6
8	- 1 . 9 6 7 7	0 . 0 5	1 . 0 0 0 0 0	
9	3 . 9 8 6 7	1 . 2 5	1 . 6 9 9 7 9	5 5 . 5 3
1 0	- 1 . 2 6 9 6	0 . 4 3	1 . 9 3 4 2 9	1 8 . 9 0
1 1	- 5 . 8 7 6 0	1 . 0 1	1 . 0 0 0 0 0	
1 2		1 . 5 0	1 . 5 1 8 2 5	6 4 . 1 4
I M G		0 . 0 0		

10

【 0 0 6 7 】

各種データ

像高	0 . 9 6
焦点距離	1 . 0 0 0 0 1
レンズ全長	7 . 9 3 7
Fナンバー	1 . 6 2 4
画角	1 3 1 . 2 °

20

【 0 0 6 8 】

〔 参考例 2 〕

本発明の参考例 2に係る対物光学系は、図 3 0 及び下記のレンズデータに示されるレンズ構成を有している。本参考例において明るさ絞りは、カバーガラスと平凸レンズとの接合面（第 6 面）に形成されている。明るさ絞りは、図 3 1 に示されるように、光軸を中心に正方配列された 4 つの開口部と、これらの開口部を除く部分である遮光部とを有している。開口部の半径 = 0 . 0 9 3 mm、開口部の中心間距離の半分 $m = 0 . 1 4 0$ mm である。

【 0 0 6 9 】

レンズデータ

面番号	r	d	n e	d
O B J		1 4 . 8 0	1 .	
1		0 . 5 0	2 . 1 8 2 4 6	3 3 . 0 1
2	0 . 9 6 8 3	0 . 4 2	1 .	
3		0 . 7 2	1 . 9 3 4 2 9	1 8 . 9 0
4	- 5 . 4 0 2 7	0 . 1 5	1 .	
5		0 . 5 6	1 . 5 1 5 6 4	7 5 . 0 0
6 (S)		0 . 0 0	1 .	
7		1 . 5 4	1 . 8 8 8 1 5	4 0 . 7 6
8	- 2 . 0 9 5 3	0 . 2 0	1 .	
9	6 . 8 5 9 9	1 . 1 8	1 . 7 3 2 3 4	5 4 . 6 8
1 0	- 1 . 3 2 0 1	0 . 4 3	1 . 9 3 4 2 9	1 8 . 9 0
1 1	- 3 . 7 2 3 3	0 . 8 5	1 .	
1 2		2 . 5 0	1 . 5 1 8 2 5	6 4 . 1 4
I M G		0 . 0 0		

30

40

【 0 0 7 0 】

各種データ

像高	0 . 9 4
焦点距離	0 . 9 9 9 9 9
レンズ全長	9 . 0 4 2

50

Fナンバー 1.565
画角 127.1°

【0071】

〔参考例3〕

本発明の参考例3に係る対物光学系は、図32及び下記のレンズデータに示されるレンズ構成を有している。本参考例において明るさ絞りは、カバーガラスの物体側面（第5面）に形成されている。明るさ絞りは、図33に示されるように、光軸を中心に正方配列された4つの開口部と、これらの開口部を除く部分である遮光部とを有している。開口部の半径 = 0.120 mm、開口部の中心間距離の半分 $m = 0.144$ mmである。

【0072】

レンズデータ

面番号	r	d	n e	d
O B J		19.80	1.	
1		0.33	1.88814	40.78
2	0.6783	0.60	1.	
3	3.5348	1.37	1.73234	54.68
4	-1.3630	0.09	1.	
5 (S)		0.35	1.52495	59.89
6		0.52	1.	
7	2.9104	1.26	1.69979	55.53
8	-0.9191	0.26	1.85504	23.78
9	-3.8252	0.60	1.	
10		1.23	1.51825	64.14
I M G		0.00		

【0073】

各種データ

像高 0.895
焦点距離 0.99988
レンズ全長 6.6
Fナンバー 2.091
画角 117.1°

【0074】

次に、上述した本発明の実施例1から14に係る対物光学系および該対物光学系を備える撮像装置による被写界深度の拡大効果について説明する。

各実施例に係る対物光学系について、表1に示されるように、使用が想定される撮像素子の解像度に基づいて被写界深度を算出した。すなわち、撮像素子の画素の2.5個分に相当する空間周波数に対してMTFが10%以上となる光軸方向の範囲を被写界深度として算出した。

【0075】

10

20

30

【表 1】

	画素のピッチ	被写界深度 (本発明)	被写界深度 (比較例)
実施例1	1.5	9.0~100	12.5~100
実施例2	1.6	7.8~100	11.6~100
実施例3	1.5	7.7~100	10.8~100
実施例4	1.6	6.4~100	9.6~100
実施例5	1.7	5.8~100	9.0~100
実施例6	1.4	10.5~100	12.1~100
実施例7	1.6	9.7~100	12.2~100
実施例8	1.6	9.0~100	11.6~100
実施例9	1.5	8.1~100	12.0~100
実施例10	1.6	6.9~100	12.6~100
実施例11	1.5	7.5~100	12.8~100
参考例1	1.5	7.0~100	10.7~100
参考例2	1.4	7.8~100	12.1~100
参考例3	1.6	9.5~100	12.2~100

10

20

30

【0076】

例えば、実施例1の場合、配列方向に隣接する画素同士の間隔の距離であるピッチが 1.5μ である撮像素子と組み合わせて使用される。この場合の画素 2.5 個分に相当する空間周波数 f は、

$$\text{空間周波数 } f = 1 / (2.5 \times 1.5 \text{ e}^{-3}) = 266.7 \text{ (本/mm)}$$

と算出される。次に、対物光学系の視野の光軸方向の各位置において、空間周波数 266.7 (本/mm) に相当するMTFを算出すると、図34に示されるようなMTFのグラフが得られる。MTFは、図34に示されるように、対物光学系の先端面からの距離(物体距離)に応じて変化し、対物光学系の合焦位置に対応する物体距離において最大となり、物体距離が合焦位置よりも近くまたは遠くなるにしたがって減少する。このようなグラフにおいて、MTFが10%以上となる物体位置の範囲を被写界深度として算出した。

40

【0077】

また、比較例として、本発明の各実施例に係る対物光学系と同一のレンズ構成有し、明るさ絞りのみを従来の明るさ絞りに代えた対物光学系の被写界深度(単位: mm)についても同様の方法で算出した。つまり、実施例1から実施例11および参考例1から参考例3に対する比較例においては、半径 r または d の1つの開口部のみを有する明るさ絞りを備えた対物光学系の被写界深度を算出した。

【0078】

本発明の実施例1から11と参考例1から3に係る対物光学系および各比較例に係る対物光学系の被写界深度は表1に示される通りである。このように、本発明の実施例1から

50

11に係る対物光学系は、従来の明るさ絞りを備える対物光学系と比較して、いずれも広い被写界深度を有している。

【符号の説明】

【0079】

1 対物光学系

2 撮像素子

10 撮像装置

L1 ~ L5 レンズ

F1, F2 平行平板

A 開口部

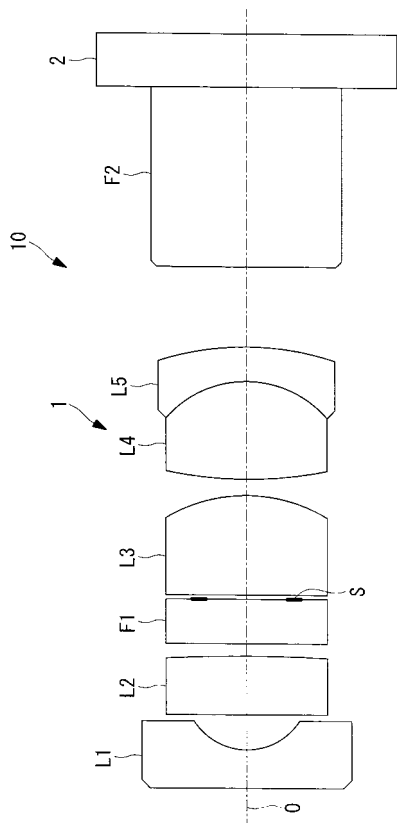
B 遮光部

C 周辺部

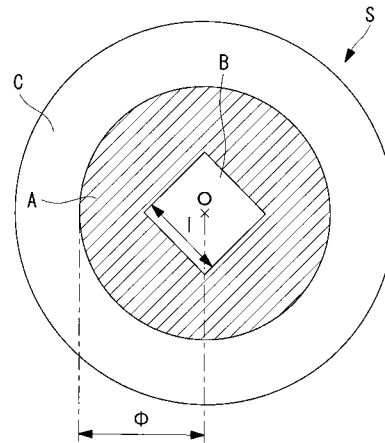
O 光軸

S, S' 明るさ絞り

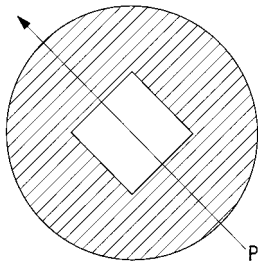
【図1】



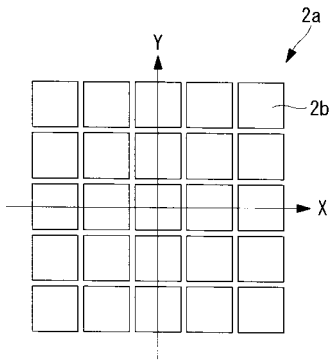
【図2】



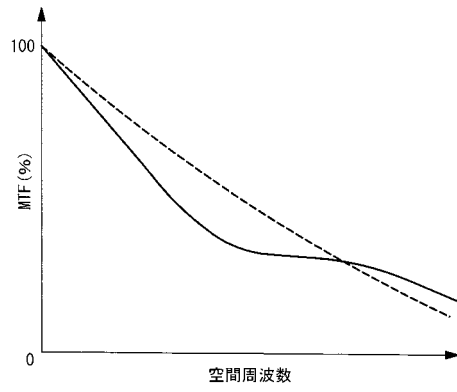
【図3A】



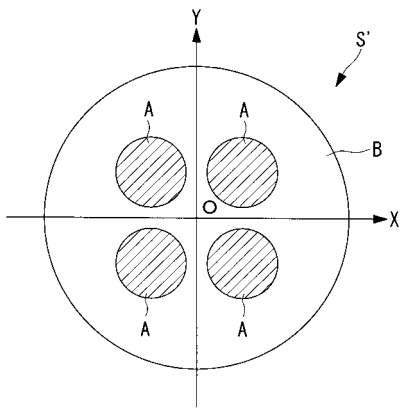
【図3B】



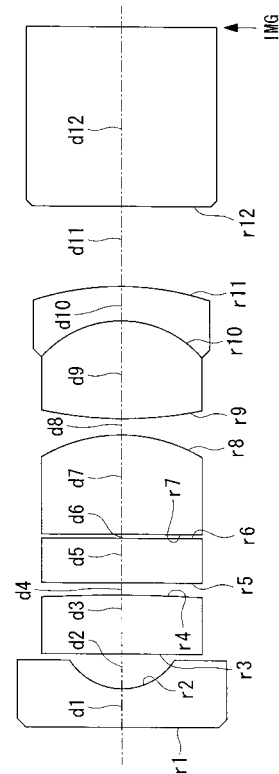
【図4】



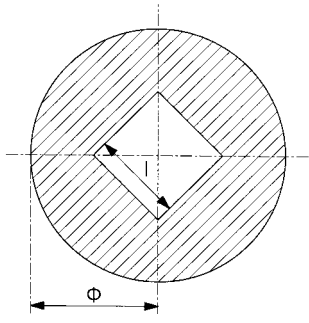
【図5】



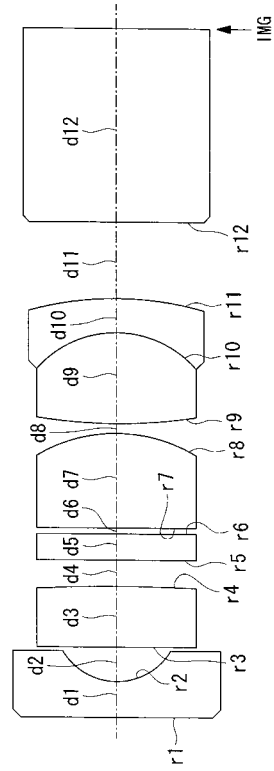
【図6】



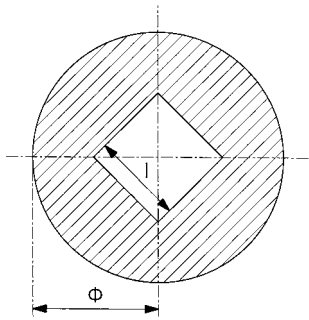
【 図 7 】



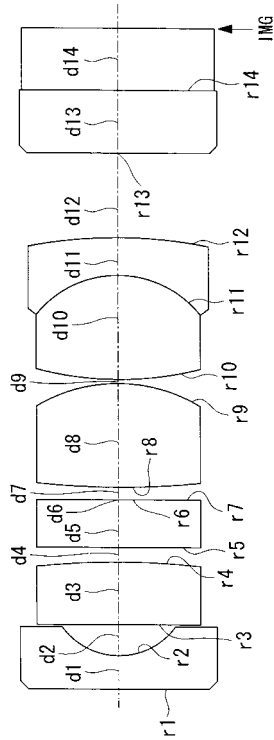
【 図 8 】



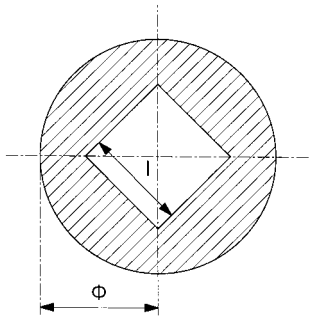
【 図 9 】



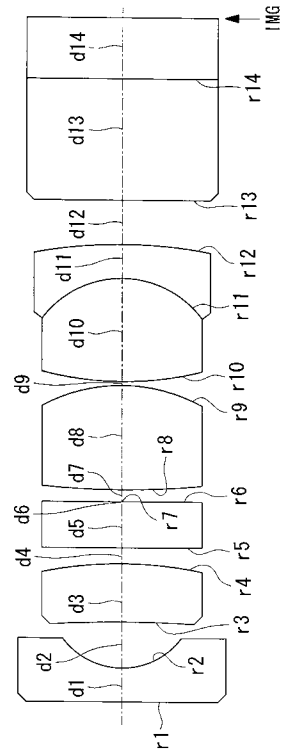
【 図 10 】



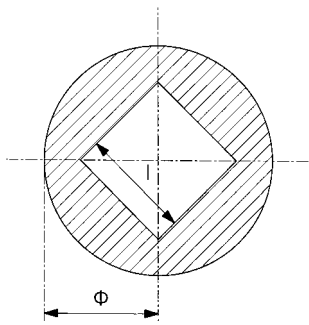
【図 1 1】



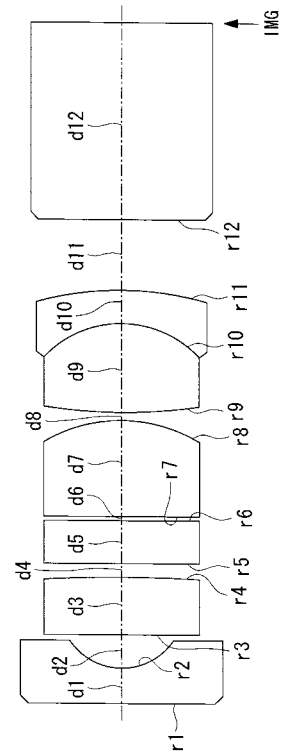
【図 1 2】



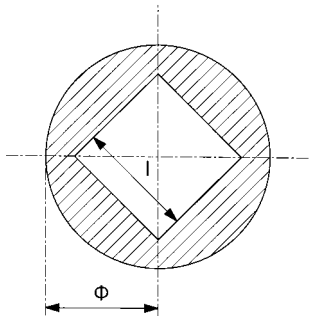
【図 1 3】



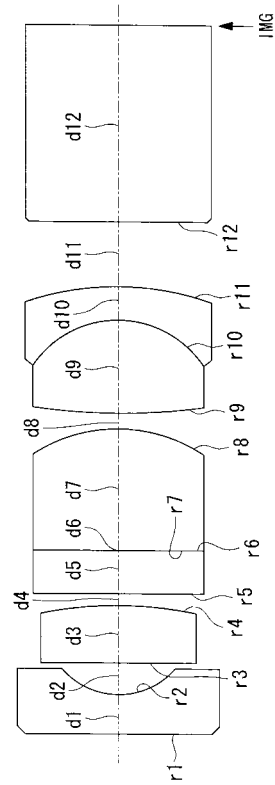
【図 1 4】



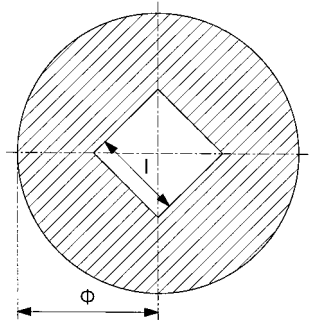
【図 15】



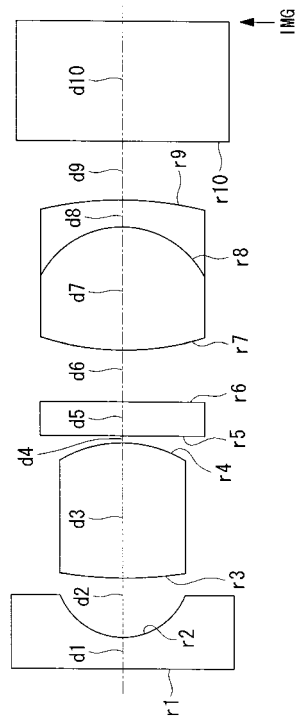
【図 16】



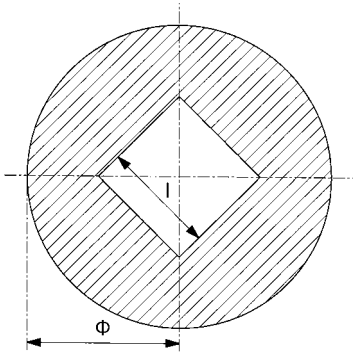
【図 17】



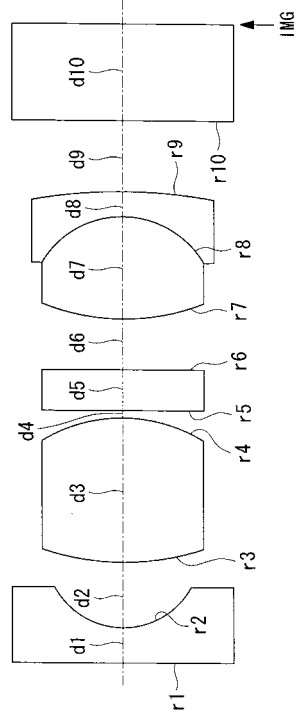
【図 18】



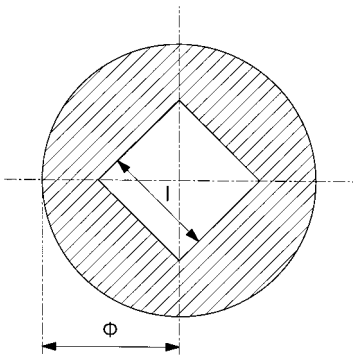
【図 19】



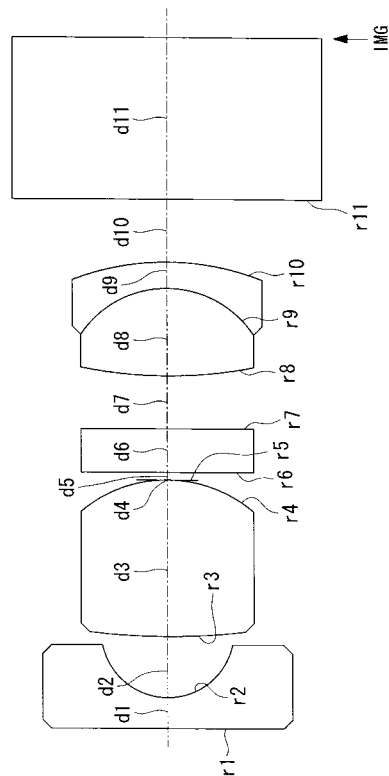
【図 20】



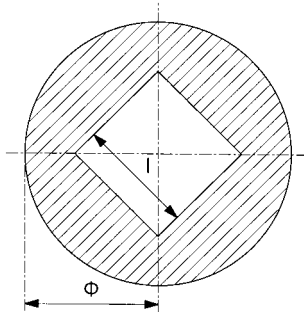
【図 21】



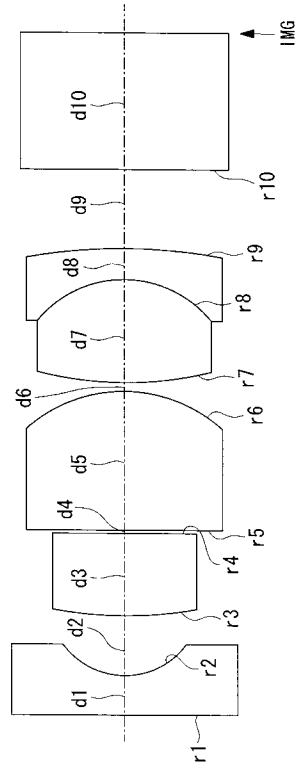
【図 22】



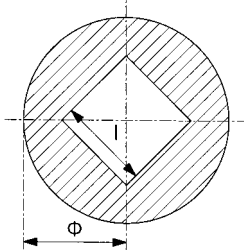
【図 2 3】



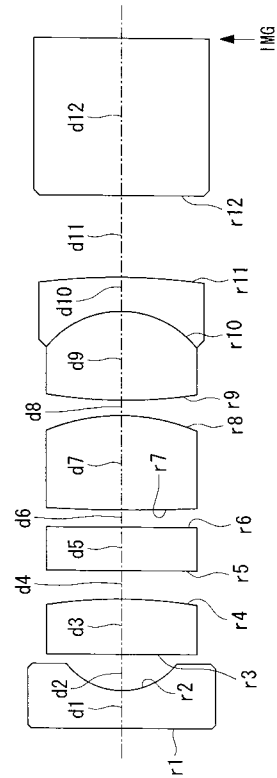
【図 2 4】



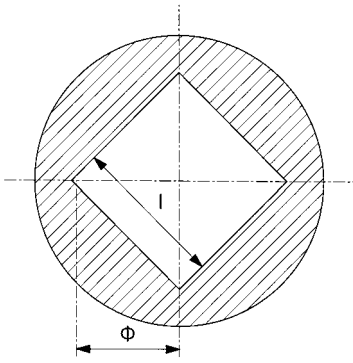
【図 2 5】



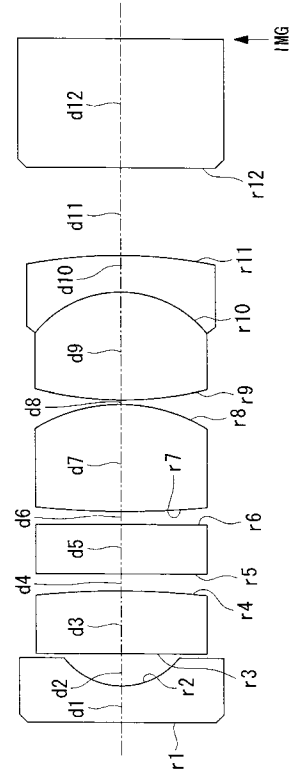
【図 2 6】



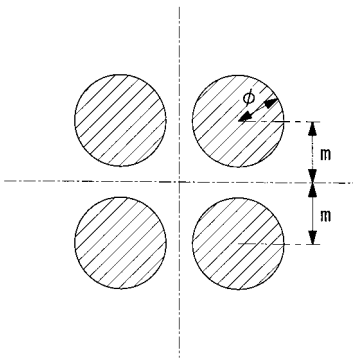
【図 27】



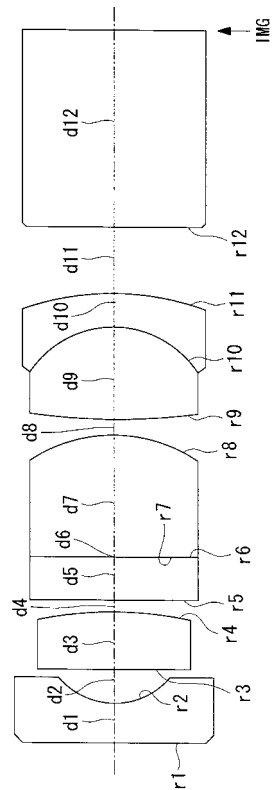
【図 28】



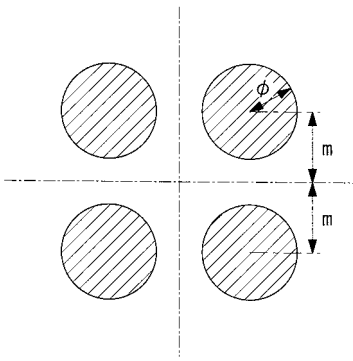
【図 29】



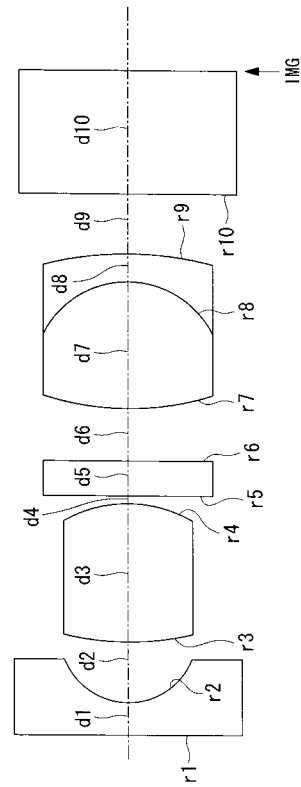
【図 30】



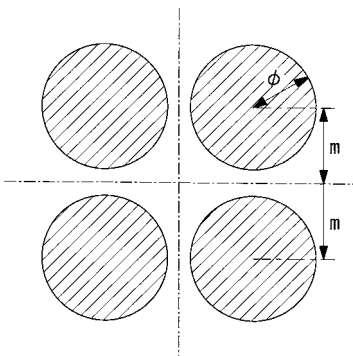
【 図 3 1 】



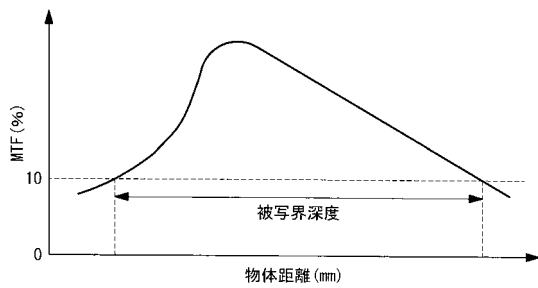
【 図 3 2 】



【 図 3 3 】



【 図 3 4 】



フロントページの続き

- (56)参考文献 特表2008-511859(JP,A)
特表2004-537749(JP,A)
特開平4-179958(JP,A)
特開2009-288682(JP,A)
特開2007-227896(JP,A)
特開2003-235794(JP,A)
特開平7-84221(JP,A)
特開平4-251239(JP,A)
特開平9-243945(JP,A)
特開2004-341521(JP,A)
特開平4-171415(JP,A)
特開昭54-20725(JP,A)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

G02B	9/00	-	17/08
G02B	21/02	-	21/04
G02B	23/24	-	23/26
G03B	9/00	-	9/07
A61B	1/00	-	1/32

专利名称(译)	成像设备和内窥镜		
公开(公告)号	JP5373228B2	公开(公告)日	2013-12-18
申请号	JP2013516824	申请日	2012-07-30
[标]申请(专利权)人(译)	奥林巴斯医疗株式会社		
申请(专利权)人(译)	オリンパスメディカルシステムズ株式会社		
当前申请(专利权)人(译)	オリンパスメディカルシステムズ株式会社		
[标]发明人	笹本 勉		
发明人	笹本 勉		
IPC分类号	G02B13/00 G02B23/26 G03B9/02 A61B1/04		
CPC分类号	H04N5/2254 A61B1/00163 G02B5/005 G02B23/243 G02B27/0075 G03B9/02 G03B17/00		
FI分类号	G02B13/00 G02B23/26.C G03B9/02.A A61B1/04.362.A		
代理人(译)	上田邦夫 藤田 考晴		
优先权	2011205912 2011-09-21 JP		
其他公开文献	JPWO2013042456A1		
外部链接	Espacenet		

摘要(译)

通过简单的结构扩大景深。(S)具有布置在光轴(O)的中间位置处的孔径(A)并允许来自物体的入射光通过,其中孔径光阑(S)并且遮光部分(B)用于将入射光屏蔽到对应于遮光部分(B)的部分。本发明还提供了一种图像拾取装置,包括物镜光学系统和用于拾取由物镜光学系统形成的物体的光学图像的图像拾取装置。

	画素のピッチ	被写距深度 (本發明)	被写距深度 (比較例)
実施例1	1.5	9.0~100	12.5~100
実施例2	1.6	7.8~100	11.6~100
実施例3	1.5	7.7~100	10.8~100
実施例4	1.6	6.4~100	9.6~100
実施例5	1.7	5.8~100	9.0~100
実施例6	1.4	10.5~100	12.1~100
実施例7	1.6	9.7~100	12.2~100
実施例8	1.6	9.0~100	11.6~100
実施例9	1.5	8.1~100	12.0~100
実施例10	1.6	6.9~100	12.6~100
実施例11	1.5	7.5~100	12.8~100
参考例1	1.5	7.0~100	10.7~100
参考例2	1.4	7.8~100	12.1~100
参考例3	1.6	9.5~100	12.2~100