

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 公表特許公報(A)

(11) 特許出願公表番号

特表2008-542821

(P2008-542821A)

(43) 公表日 平成20年11月27日(2008.11.27)

|                             |            |             |
|-----------------------------|------------|-------------|
| (51) Int.Cl.                | F I        | テーマコード (参考) |
| <b>G02B 13/00 (2006.01)</b> | G02B 13/00 | 2H087       |
| <b>G02B 13/18 (2006.01)</b> | G02B 13/18 |             |

審査請求 未請求 予備審査請求 未請求 (全 27 頁)

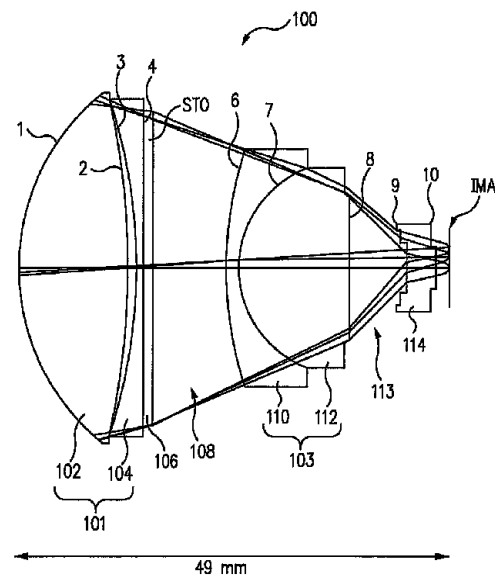
|   |  |
|---|--|
| (21) 出願番号 特願2008-513495 (P2008-513495)<br>(86) (22) 出願日 平成18年4月26日 (2006. 4. 26)<br>(85) 翻訳文提出日 平成19年11月26日 (2007. 11. 26)<br>(86) 国際出願番号 PCT/US2006/015705<br>(87) 国際公開番号 W02006/130275<br>(87) 国際公開日 平成18年12月7日 (2006. 12. 7)<br>(31) 優先権主張番号 11/139, 312<br>(32) 優先日 平成17年5月27日 (2005. 5. 27)<br>(33) 優先権主張国 米国 (US) | (71) 出願人 500520743<br>ザ・ボーイング・カンパニー<br>The Boeing Company<br>アメリカ合衆国、60606-1596<br>イリノイ州、シカゴ、ノース・リバーサイド・プラザ、100<br>(74) 代理人 100064746<br>弁理士 深見 久郎<br>(74) 代理人 100085132<br>弁理士 森田 俊雄<br>(74) 代理人 100083703<br>弁理士 仲村 義平<br>(74) 代理人 100096781<br>弁理士 堀井 豊 |
|---|--|

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 コンパクトで軽量のデジタルカメラレンズ

## (57) 【要約】

コンパクトで軽量の高性能レンズおよびその使用方法を提供する。一つの実施形態では、レンズは、第1の非球面を有するクラウンガラスと、クラウンガラスに光学的に結合され、第2の非球面を有する第1のフリントガラスと、クラウンガラスとフリントガラスとの間のエアギャップと、を含む。



**【特許請求の範囲】****【請求項 1】**

第 1 の非球面を有するクラウンレンズと、  
前記クラウンレンズに光学的に結合され、第 2 の非球面を有する第 1 のフリントレンズと、  
前記クラウンレンズと前記フリントレンズとの間のエアギャップと、を含む、光学レンズ。

**【請求項 2】**

前記クラウンレンズに光学的に結合されて無彩色対を形成する第 2 のフリントレンズをさらに含む、請求項 1 のレンズ。

10

**【請求項 3】**

前記クラウンレンズと前記第 1 のフリントレンズとの間に開口絞りをさらに含む、請求項 1 のレンズ。

**【請求項 4】**

前記第 1 のフリントレンズの表面に結合されて無彩色対を形成する第 2 のフリントレンズをさらに含む、請求項 1 のレンズ。

**【請求項 5】**

前記第 1 のフリントレンズの表面に結合された第 2 のクラウンレンズをさらに含む、請求項 1 のレンズ。

**【請求項 6】**

前記第 2 のフリントレンズに光学的に結合された結像レンズをさらに含む、請求項 4 のレンズ。

20

**【請求項 7】**

前記第 2 のフリントレンズと前記結像レンズとの間に第 2 のエアギャップをさらに含む、請求項 6 のレンズ。

**【請求項 8】**

前記結像レンズと結像焦点面との間に第 2 のエアギャップをさらに含む、請求項 6 のレンズ。

**【請求項 9】**

質量が 62 g 未満であり長さが 50 mm 未満である、請求項 1 のレンズ。

30

**【請求項 10】**

第 1 の非球面を有するクラウンレンズと、  
前記クラウンレンズに光学的に結合された第 1 のフリントレンズと、  
前記第 1 のフリントレンズに隣接した開口絞りと、  
前記開口絞りに光学的に結合され、第 2 の非球面を有する第 2 のフリントレンズと、  
前記第 2 のフリントレンズに結合された第 3 のフリントレンズと、  
前記第 3 のフリントレンズに光学的に結合された結像レンズと、を含む、光学レンズ。

**【請求項 11】**

前記クラウンレンズと前記第 1 のフリントレンズは、第 1 の無彩色対を形成し、前記第 2 のフリントレンズと前記第 3 のフリントレンズは、第 2 の無彩色対を形成する、請求項 10 のレンズ。

40

**【請求項 12】**

前記開口絞りは、前記クラウンレンズと前記第 1 のフリントレンズとの間にある、請求項 10 のレンズ。

**【請求項 13】**

前記開口絞りの直径は、約 3.8 mm である、請求項 10 のレンズ。

**【請求項 14】**

前記第 3 のフリントレンズは、前記第 2 のフリントレンズの表面に接合されている、請求項 10 のレンズ。

**【請求項 15】**

50

前記クラウンレンズ、前記第 1 のフリントレンズ、前記第 2 のフリントレンズ、前記第 3 のフリントレンズおよび前記結像レンズの質量は、62 g 未満である、請求項 10 のレンズ。

【請求項 16】

前記開口絞りと前記第 2 のフリントレンズとの間の第 1 のエアギャップと、  
前記第 3 のフリントレンズと前記結像レンズとの間の第 2 のエアギャップと、  
前記結像レンズと結像焦点面との間の第 3 のエアギャップと、をさらに含む、請求項 10 のレンズ。

【請求項 17】

前記第 1 の非球面と前記結像焦点面との距離は、50 mm 未満である、請求項 16 のレンズ。

【請求項 18】

画像源から、第 1 の非球面を有するクラウンレンズ、次いでエアギャップ、次いで前記クラウンレンズに光学的に結合され、第 2 の非球面を有する第 1 のフリントレンズを介して光を送るステップと、

前記第 1 の非球面、前記第 2 の非球面および前記エアギャップで色収差を制御するステップと、

前記光を画像焦点面に向けるステップと、を含む、撮像方法。

【請求項 19】

前記画像源からの光を、前記クラウンレンズに光学的に結合された第 2 のフリントレンズおよび前記第 1 のフリントレンズに光学的に結合された第 3 のフリントレンズを介して送るステップをさらに含む、請求項 18 の方法。

【請求項 20】

前記画像源からの光を、前記第 3 のフリントレンズに光学的に結合された結像レンズを介して送るステップをさらに含む、請求項 19 の方法。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、概して、光学素子に関し、より詳細には、コンパクトで軽量のレンズおよびその使用方法に関する。

【背景技術】

【0002】

背景

デジタルカメラレンズは、様々な用途に使用されており、該用途としては、小型衛星用画像センサ、および携帯電話や PDA 用の小型デジタルカメラなどの家庭用電化製品が挙げられるが、それらに限定されない。

【0003】

レンズは、典型的には、小型カメラおよびセンサの部品の中で、最も大きく最も重い部類に入り、およそ 140 g の重量のものもある。しかし、レンズの長さを短くしてサイズを低減する、またはガラス量を減らして質量を低下させると、典型的にはレンズ性能が悪影響を受け、例えば、ぶれなしでの画像生成能が低下する。

【0004】

したがって、高機能をも提供するコンパクトで軽量のレンズが、非常に望ましい。

【発明の開示】

【課題を解決するための手段】

【0005】

概要

本発明は、コンパクトで軽量であるが高機能のレンズおよびその使用方法を提供する。一つの実施形態では、レンズは 5 つの光学素子を含み、それらの 2 つはゼロでない円錐定数を有する低次の非球面を含んでいる。

10

20

30

40

50

## 【 0 0 0 6 】

本発明の一つの実施形態によれば、光学レンズが提供され、該レンズは、第 1 の非球面を有するクラウンガラスと、前記クラウンガラスに光学的に結合され、第 2 の非球面を有する第 1 のフリントガラスと、前記クラウンガラスと前記フリントガラスとの間のエアギャップと、を含む。

## 【 0 0 0 7 】

本発明の別の実施形態によれば、別の光学レンズが提供され、該レンズは、第 1 の非球面を有するクラウンガラスと、前記クラウンガラスに光学的に結合された第 1 のフリントガラスと、前記第 1 のフリントガラスに隣接した開口絞りと、前記開口絞りに光学的に結合され、第 2 の非球面を有する第 2 のフリントガラスと、前記第 2 のフリントガラスに結合された第 3 のフリントガラスと、前記第 3 のフリントガラスに光学的に結合された結像レンズと、を含む。

## 【 0 0 0 8 】

本発明のさらに別の実施形態によれば、撮像方法が提供され、該方法は、画像源から、第 1 の非球面を有するクラウンガラス、次いでエアギャップ、次いで前記クラウンガラスに光学的に結合され、第 2 の非球面を有する第 1 のフリントガラスを介して光を送るステップと、前記第 1 の非球面、前記第 2 の非球面および前記エアギャップで色収差を制御するステップと、前記光を画像焦点面に向けるステップと、を含む。

## 【 0 0 0 9 】

有利なことに、本発明は、高機能を提供する非常にコンパクトで軽量のレンズを提供し、該レンズは多くの市販されている商用レンズよりも多くの光を集める。本発明は、衛星デジタルカメラまたは他の高精度デジタル写真、または工場機械の映像などのビデオ用途のためや、携帯電話および P D A などの商用用途のために、優れた像を提供する。

## 【 0 0 1 0 】

本発明の範囲は、請求項によって規定され、それは参照することによってこの節に含めるものとする。当業者は、1 つまたは複数の実施形態についての以下の詳細な説明を検討することによって、本発明のさらなる利点を認識するとともに、本発明の実施形態についてより完全に理解することができる。添付の図面を参照して、まずそれらを簡単に説明することとする。

## 【 0 0 1 1 】

本発明の実施形態およびそれらの利点は、以下の詳細な説明を参照することにより最もよく理解される。当然のことながら、同じ参照数字を使用して、1 つまたは複数の図面に説明される同じ要素を特定する。同様に当然のことながら、図面は、必ずしも原寸に比例して描かれていない。

## 【 発明を実施するための最良の形態 】

## 【 0 0 1 2 】

詳細な説明

本発明は、コンパクトで、軽量で、高機能なレンズ、およびその使用方法を提供する。一つの実施形態では、本発明のレンズは 5 つの光学素子を含み、それらの 2 つは円錐曲線を含んでいる。一つの実施例において、約 4 9 mm の長さ（焦点面へのレリーフを含む）および約 6 1 g の（ガラスレンズ素子の）質量を有する 3 8 mm の絞りレンズは、速く（良好な集光）、 $f / 0.9$  で良好に作動し、 $f / 8$  で可視領域において回折限界であるように構成されてもよい。

## 【 0 0 1 3 】

図 1 は、本発明の一つの実施形態による光学レンズ 1 0 0 の簡略化した側面図を示す。レンズ 1 0 0 は、第 2 のレンズ群 1 0 3（例えば、無彩色対（複レンズ））に光学的に結合され、スペース 1 0 8 によって隔てられた第 1 のレンズ群 1 0 1（例えば、無彩色対（複レンズ））を含む。第 1 のレンズ群 1 0 1 と第 2 のレンズ群 1 0 3 との間には、系開口絞り 1 0 6 が設けられている。第 2 のレンズ群 1 0 3 には結像レンズ 1 1 4 が光学的に結合され、スペース 1 1 3 によって隔てられており、次いで、基準 I M A によって示された

結像焦点面に物体（図示せず）の画像が付与される。

【0014】

一つの実施例では、第1のレンズ群101は、クラウンガラス102およびフリントガラス104を含み、第2のレンズ群103は、フリントガラス110およびフリントガラス112を含む。レンズ群101、103の各第1のガラスの前面（例えば、クラウンガラス102の前面1およびフリントガラス110の前面6）に、非球面の円錐表面が設けられて、スペース108（例えば、エアギャップ）と一緒に機能し、色収差に対する制御を維持する。一つの実施例では、第1のレンズ群101のクラウンガラス102とフリントガラス104との間には、小さなエアギャップが存在するが、第2のレンズ群103のフリントガラス110およびフリントガラス112は「接合」されている。

10

【0015】

系絞り106としては、一実施例において、金属リング、または虹彩（市販のカメラにおいて利用可能なものに類似する）が挙げられ、それによって、光学系を介して送られた光線を制限し、光学系によって送られた光束量を規定するように機能する。一実施例において、系絞り106の直径は、約38mmである。

【0016】

一実施例において、結像レンズ114は、画像に最終視野平坦化効果をもたらし、別の面では、古典的なメニスカスレンズの機能に類似する最終画像を改良する（例えば、焦点距離を明確にし、合わせ、短くし、光行差を取り除く）。

【0017】

20

レンズ100を速く、コンパクトにする一態様は間隔であり、該間隔は一実施例において、スペース108、113によって（例えば、空気または他のガスの媒体を介して）設けられたものであり、焦点面IMAに対してレンズを介しておおよそ一定の光線角度を維持し、およそ45度の円錐状に先細になる。非球面1、6も、色収差（色分散）の制御を可能にし、したがって、レンズ群101、103間でのガラスの減少（従って、質量の減少）を可能にする。レンズ100はまた、第1のレンズ群101の後ろに系絞り106を含むように構成されており、これにより、実質的にすべての系素子の直径、したがって質量が減少する。

【0018】

この実施形態では、2対のレンズが無彩色複レンズとして設けられ、他のレンズが特有の構成で設けられているが、当業者は、（図4～6と関連して以下に検討するように）他のガラスを選定してもよく、特に、より大きな視野が望まれる場合、レンズを系に加えて/系から除いて、さらに画像を鮮明にしてもよいことが留意される。一実施例において、フリントガラスからの第2の非球面を設ける限り、第2のレンズ群は、2つの異なるフリントガラス（1つはフリントガラス、つまりクラウンガラスおよびフリントガラス）を含むことができる。典型的な無彩色レンズが、クラウンレンズおよびフリントレンズである一方、フリント-フリント対が、その形態が類似するので、この文書において、無彩色複レンズと称することもあることに留意すべきである。

30

【0019】

例えば、カリフォルニア州サンディエゴのゼマックスディベロップメントコーポレーションのZEMAX（登録商標）などの一般に市販されている光学設計ソフトウェアを、光学系100内の個々の素子/群の個々の表面領域に対応する様々な特性（例えば、半径、厚み、ガラスの種類、直径、および表面が円錐状であるかどうか）について記載する場合の支援に使用してもよい。図1に示す例示の構成では、ZEMAXソフトウェアは、表1に示すように、これらの表面特性を表す表面データを出力する。

40

【0020】

## 【表 1】

表 1

| 光学系100を表すZEMAXソフトウェア出力 |          |                         |          |
|------------------------|----------|-------------------------|----------|
| 一般的レンズデータ :            |          |                         |          |
| 表面                     | :        | 11                      |          |
| 絞り                     | :        | 5                       |          |
| 系開口                    | :        | 入射瞳直径 = 38              |          |
| 有効焦点距離                 | :        | 33.37436 (系温度および圧力の空气中) |          |
| 合計トラック                 | :        | 49.40845                |          |
| 画像空間F/#                | :        | 0.8782726               | 10       |
| 絞り半径                   | :        | 14.23872                |          |
| 近軸像の高さ                 | :        | 4.242641                |          |
| 視野の種類                  | :        | ミリメートルで表した近軸像の高さ        |          |
| 最大視野                   | :        | 4.242641                |          |
| 主要波                    | :        | 0.5875618               |          |
| レンズ単位                  | :        | ミリメートル                  |          |
| 視野                     | :        | 5                       |          |
| 視野の種類                  | :        | ミリメートルで表した近軸像高さ         |          |
| #                      | X- 値     | Y- 値                    | 重量       |
| 1                      | 0.000000 | 0.000000                | 3.000000 |
| 2                      | 0.000000 | 2.000000                | 1.000000 |
| 3                      | 2.000000 | 2.000000                | 1.000000 |
| 4                      | 0.000000 | 3.000000                | 1.000000 |
| 5                      | 3.000000 | 3.000000                | 1.000000 |
| 波長                     | :        | 3                       |          |
| 単位                     | :        | μm                      |          |
| #                      | 値        | 重量                      |          |
| 1                      | 0.486133 | 1.000000                |          |
| 2                      | 0.587562 | 1.000000                |          |
| 3                      | 0.656273 | 1.000000                |          |

10

20

【 0 0 2 1 】

【表 2】

(表1の続き)

## 表面データ概要

| 表面  | 種類 | 半径        | 厚み        | ガラス  | 直径       | 円錐曲線       |
|-----|----|-----------|-----------|------|----------|------------|
| OBJ | 標準 | 無限大       | 無限大       |      | 0        | 0          |
| 1   | 標準 | 22.81299  | 12.96409  | PSK3 | 39.15649 | -0.4562032 |
| 2   | 標準 | -66.62921 | 0.4783454 |      | 38.61559 | 0          |
| 3   | 標準 | -58.04508 | 0.7271603 | SF1  | 37.84834 | 0          |
| 4   | 標準 | 750.8621  | 1.210387  |      | 35.54713 | 0          |
| STO | 標準 | 無限大       | 8.921799  |      | 34.55775 | 0          |
| 6   | 標準 | 40.10207  | 0.9818026 | SF1  | 26.80649 | -2.897021  |
| 7   | 標準 | 12.00049  | 13.44143  | LAF2 | 22.70695 | 0          |
| 8   | 標準 | -91.26881 | 6.413307  |      | 19.66926 | 0          |
| 9   | 標準 | -12.6565  | 3.257546  | LAF2 | 10.45281 | 0          |
| 10  | 標準 | -32.03257 | 1.012579  |      | 9.600586 | 0          |
| IMA | 標準 | 無限大       |           |      | 9.438423 | 0          |

10

## 屈折率データ

系温度 : 20.00  
系圧力 : 1.00

| 表面 | ガラス  | 温度    | 圧力   | 0.486133   | 0.587562   | 0.656273   |
|----|------|-------|------|------------|------------|------------|
| 1  | PSK3 | 20.00 | 1.00 | 1.55835488 | 1.55232187 | 1.54965090 |
| 3  | SF1  | 20.00 | 1.00 | 1.73462020 | 1.71735985 | 1.71031348 |
| 6  | SF1  | 20.00 | 1.00 | 1.73462020 | 1.71735985 | 1.71031348 |
| 7  | LAF2 | 20.00 | 1.00 | 1.75568493 | 1.74400238 | 1.73904801 |
| 9  | LAF2 | 20.00 | 1.00 | 1.75568493 | 1.74400238 | 1.73904801 |

20

## 素子体積データ

| 表面          | 体積 (cc)  | 密度 (g/cc) | 質量 (g)    |
|-------------|----------|-----------|-----------|
| 素子表面 1 ~ 2  | 8.325991 | 2.910000  | 24.228633 |
| 素子表面 3 ~ 4  | 2.717820 | 4.460000  | 12.121477 |
| 素子表面 6 ~ 7  | 1.571076 | 4.460000  | 7.006997  |
| 素子表面 7 ~ 8  | 3.945672 | 4.340000  | 17.124215 |
| 素子表面 9 ~ 10 | 0.309327 | 4.340000  | 1.342480  |

全質量 : 61.823802

30

## 【0022】

表面OBJ（物体）に関する表面データは、画像化される物体（図示せず）に対応する。表面1、2および3、4に関する表面データは、第1のレンズ群101のクラウンガラス102およびフリントガラス104のそれぞれに対応する。表面STO（絞り）に関する表面データは、系絞り106に対応する。表面6、7、8に関する表面データは、第2のレンズ群103のフリントガラス110およびフリントガラス112に対応する。表面9、10およびIMAに関する表面データは、結像レンズ114および結像焦点面にそれぞれ対応する。

40

## 【0023】

一実施例においては、上述するように、クラウンガラス102の表面1およびフリントガラス110の表面6は、それぞれ、ゼロでない円錐定数を有する低次の非球面を備えている。一実施例においては、表面1は楕円であり、表面6は双曲面であり、両方ともボジ型表面である。

## 【0024】

エアギャップは、「ガラス」の欄の下空白によって示すように、表面2と3の間、STOと6、8、9の間、10とIMAの間に存在する。

## 【0025】

一実施例において、表面データ概要における素子の厚みおよび素子体積データにおける

50

素子の質量によって示すように、本発明は、38mmの絞りレンズ、約49mmの長さ（焦点面へのレリーフを含む）、および約61gの（ガラスレンズ素子の）質量を有するレンズ系を提供し、それは、従来のレンズよりよりコンパクトで軽量である。

【0026】

表1に提示するような素子の形状、構成および定義を表わす特定の用語は、ZEMAXマニュアルに記載の標準に従う。レンズとしては、クラウンガラスタイプPSK3およびフリントガラスタイプSF1、LAF2などのガラス、およびゼネラルエレクトリック社から市販されているLexan（登録商標）などの光学プラスチックが挙げられるが、これらに限定されず、様々な適用可能な材料で構成されてもよい。個々の素子/群に関する他の表面データ値は、本開示に照らして当業者に明らかになり、したがって、光学系100内の個々の素子/群の全体的な構成および位置決めに依存する慣例的な実験、および望まれる画質によって決定されてもよい。

【0027】

図2、3は、本発明の実施形態による、 $f/0.87$ および $f/2.4$ での、図1の光学レンズ100の一実施例の変調伝達関数(MTF)をそれぞれ示す。MTFは、レンズ、フィルムなどが、画像中の細部を再生することができる範囲の指標である。MTFは、電気系での周波数特性の空間的アナログである。

【0028】

点広がり関数の2次元のフーリエ変換は、光学的伝達関数(OTF)として知られている。任意の半径に沿ったこの関数の値は、同じ方向の線広がり関数のフーリエ変換である。MTFは、線広がり関数のフーリエ変換の絶対値である。

【0029】

同様に、レンズのMTFは、空間周波数の関数として、正弦波状に変化する明るさで、物体の相対的物体コントラストで除される相対画像コントラストの比率である。理想的なレンズ（必然的な回析の影響を無視する）に関するMTFは、すべての点および方向において、0から無限大までの空間周波数に関して定数1である。実際のレンズについては、典型的な光学系のMTFが、画像の端でより悪く、中心で最良である状態で、約1からスタートし、空間周波数が増加するとともに減少する。

【0030】

線201、301は、典型的な7 $\mu$ mのピクセルを有する（例えば、現在の衛星カメラの）検知器に関する近似サンプリング範囲（カットオフ）を示す。グラフのX軸は画像高さであり、各ラインは実線がある範囲を横切り、破線が別の範囲を横切る状態で、異なる空間周波数にある。図2、3は、 $f/0.87$ および $f/2.4$ に関して、10、20、30および60ライン対(1p)/mmでのMTFをそれぞれ示す。

【0031】

有利なことに、本発明は、優れた性能特性を有するコンパクトで軽量のレンズを提供する。一実施例において、本発明は、自律宇宙船（例えば、非常に小さなナノスケールの衛星の新しい種類における電気光学系）用の小さく軽量のセンサと共に使用して、品質管理などの工場機械の映像用途で、一般消費者カメラ、携帯電話およびPDAなどの商用用途で、およびロボット用途で、空間内の他の物体を決定してもよい。

【0032】

以下、図4、5、6、追加の実施形態を参照して、光学レンズを本発明に従って示す。

図4は、クラウンガラス402およびフリントガラス404を含む第1のレンズ群を含むレンズ400を示す。フリントガラス404に隣接して開口絞り406が設けられている。第2のレンズ群は、フリントガラス408およびフリントガラス410を含む。第2のレンズ群に、結像レンズ412が光学的に結合され、物体（図示せず）の画像は、次いで、基準IMAによって示された結像焦点面に付与される。

【0033】

図4に示す例示の構成では、ZEMAXソフトウェアは、表2に示すように、これらの表面特性を表す表面データを出力する。

10

20

30

40

50

【 0 0 3 4 】

【 表 3 】

表 2

光学系400を表すZEMAXソフトウェア出力

一般的なレンズデータ :

|                   |          |               |                 |    |
|-------------------|----------|---------------|-----------------|----|
| 表面                | :        | 11            |                 |    |
| 絞り                | :        | 5             |                 |    |
| 系開口               | :        | 入射瞳直径         | = 18            | 10 |
| ガラスカタログ           | :        | ショット          |                 |    |
| 光線照準              | :        | オフ            |                 |    |
| アポディゼーション         | :        | ユニフォーム、ファクタ = | 0.000000E+000   |    |
| 温度 (C)            | :        | 2.000000E+001 |                 |    |
| 圧力 (ATM)          | :        | 1.000000E+000 |                 |    |
| 有効焦点距離            | :        | 36.01015      | (系温度および圧力での空气中) |    |
| 有効焦点距離            | :        | 36.01015      | (画像空間中)         |    |
| 背面焦点距離            | :        | 10.0778       |                 |    |
| 合計トラック            | :        | 43.01304      |                 |    |
| 画像空間F/#           | :        | 2.000564      |                 |    |
| 近軸機能F/#           | :        | 2.000564      |                 |    |
| 機能F/#             | :        | 1.994172      |                 |    |
| 画像空間NA            | :        | 0.2424713     |                 |    |
| 物体空間NA            | :        | 9e-010        |                 | 20 |
| 絞り半径              | :        | 6.524289      |                 |    |
| 近軸像高さ             | :        | 7.204498      |                 |    |
| 近軸倍率              | :        | 0             |                 |    |
| 入射瞳直径             | :        | 18            |                 |    |
| 入射瞳位置             | :        | 16.83506      |                 |    |
| 出射瞳直径             | :        | 11.1336       |                 |    |
| 出射瞳位置             | :        | -22.19567     |                 |    |
| 視野の種類             | :        | 角度            |                 |    |
| 最大視野              | :        | 11.31371      |                 |    |
| 主要波               | :        | 0.455         |                 |    |
| レンズ単位             | :        | ミリメートル        |                 |    |
| 角倍率               | :        | 1.616728      |                 |    |
| 視野                | :        | 3             |                 | 30 |
| 視野の種類: 角度         |          |               |                 |    |
| #                 | X 値      | Y 値           | 重量              |    |
| 1                 | 0.000000 | 0.000000      | 1.000000        |    |
| 2                 | 0.000000 | 8.000000      | 5.000000        |    |
| 3                 | 8.000000 | 8.000000      | 10.000000       |    |
| 波長                | :        | 6             |                 |    |
| 単位: $\mu\text{m}$ |          |               |                 |    |
| #                 | 値        | 重量            |                 |    |
| 1                 | 0.455000 | 20.000000     |                 |    |
| 2                 | 0.505000 | 20.000000     |                 |    |
| 3                 | 0.555000 | 20.000000     |                 |    |
| 4                 | 0.605000 | 20.000000     |                 |    |
| 5                 | 0.655000 | 12.000000     |                 | 40 |
| 6                 | 0.700000 | 7.000000      |                 |    |

【 0 0 3 5 】

【表 4】

(表 2 の続き)

表面データ概要 :

| 表面  | 種類 | 半径        | 厚み        | ガラス  | 直径       | 円錐曲線       |
|-----|----|-----------|-----------|------|----------|------------|
| OBJ | 標準 | 無限大       | 無限大       |      | 0        | 0          |
| 1   | 標準 | 15.44311  | 7         | PSK3 | 24       | -0.2309592 |
| 2   | 標準 | -160.3136 | 3         |      | 24       | 0          |
| 3   | 標準 | -26.32848 | 2         | SF1  | 16       | 0          |
| 4   | 標準 | 16.28292  | 2.128283  |      | 16       | 0          |
| STO | 標準 | 無限大       | 0.7595053 |      | 15.85363 | 0          |
| 6   | 標準 | 20.77184  | 2         | SF1  | 14       | -1.327658  |
| 7   | 標準 | 19.19067  | 4         | LAF2 | 14       | 0          |
| 8   | 標準 | -21.81758 | 10.12526  |      | 14       | 0          |
| 9   | 標準 | -12.2472  | 2         | LAF2 | 12       | 0          |
| 10  | 標準 | -25.19672 | 10        |      | 12       | 0          |
| IMA | 標準 | 無限大       |           |      | 14.40202 | 0          |

10

素子体積データ :

|      |        | 体積 (cc)  | 密度 (g/cc) | 質量 (g)    |
|------|--------|----------|-----------|-----------|
| 素子表面 | 1 ~ 2  | 1.910044 | 2.910000  | 5.558227  |
| 素子表面 | 3 ~ 4  | 0.732597 | 4.460000  | 3.267381  |
| 素子表面 | 6 ~ 7  | 0.318207 | 4.460000  | 1.419202  |
| 素子表面 | 7 ~ 8  | 0.427218 | 4.340000  | 1.854125  |
| 素子表面 | 9 ~ 10 | 0.272184 | 4.340000  | 1.181278  |
| 全質量  |        |          |           | 13.280214 |

20

## 【 0 0 3 6 】

図 5 は、クラウンガラス 5 0 2 およびフリントガラス 5 0 4 を含む第 1 のレンズ群を含むレンズ 5 0 0 を示す。フリントガラス 5 0 4 に隣接して開口絞り 5 0 6 が設けられている。第 2 のレンズ群は、フリントガラス 5 0 8 を含む。第 2 のレンズ群（つまり、フリントガラス 5 0 8）に、結像レンズ 5 1 0 が光学的に結合されており、物体（図示せず）の画像は、次いで、基準 IMA によって示された結像焦点面に付与される。

## 【 0 0 3 7 】

図 5 に示す例示の構成では、ZEMAX ソフトウェアは、表 3 に示すように、これらの表面特性を表す表面データを出力する。

30

## 【 0 0 3 8 】

## 【表 5】

表 3

光学系 500 を表す ZEMAX ソフトウェア出力

表面データ概要 :

| 表面  | 種類 | 半径        | 厚み        | ガラス  | 直径       | 円錐曲線       |
|-----|----|-----------|-----------|------|----------|------------|
| OBJ | 標準 | 無限大       | 無限大       |      | 0        | 0          |
| 1   | 標準 | 15.32647  | 7         | PSK3 | 24       | -0.2071472 |
| 2   | 標準 | -391.7632 | 3         |      | 24       | 0          |
| 3   | 標準 | -28.98024 | 2         | SF1  | 16       | 0          |
| 4   | 標準 | 18.26125  | 0.9112846 |      | 16       | 0          |
| STO | 標準 | 無限大       | 2.775979  |      | 14.9505  | 0          |
| 6   | 標準 | 40.1985   | 4         | LAF2 | 14       | -20.90341  |
| 7   | 標準 | -19.54904 | 11.64467  |      | 14       | 0          |
| 8   | 標準 | 16.2611   | 2         | LAF2 | 12       | 0          |
| 9   | 標準 | 10.76643  | 10        |      | 12       | 0          |
| IMA | 標準 | 無限大       |           |      | 14.48255 | 0          |

40

## 【 0 0 3 9 】

図 6 は、クラウンガラス 6 0 2 およびフリントガラス 6 0 4 を含む第 1 のレンズ群を含む

50

むレンズ 600 を示す。フリントガラス 604 に隣接して開口絞り 606 が設けられている。第 2 のレンズ群は、フリントガラス 608 およびクラウンガラス 610 を含む。第 2 のレンズ群に結像レンズ 612 が光学的に結合されており、物体（図示せず）の画像は、次いで、基準 IMA によって示された結像焦点面に付与される。

【0040】

図 6 に示す例示の構成では、ZEMAX ソフトウェアは、表 4 に示すように、これらの表面特性を表す表面データを出力する。

【0041】

【表 6】

表 4

| 光学系 600 を表す ZEMAX ソフトウェア出力 |    |          |          |      |          |            |
|----------------------------|----|----------|----------|------|----------|------------|
| 表面データ概要                    |    |          |          |      |          |            |
| 表面                         | 種類 | 半径       | 厚み       | ガラス  | 直径       | 円錐曲線       |
| OBJ                        | 標準 | 無限大      | 無限大      |      | 0        | 0          |
| 1                          | 標準 | 13.46652 | 7        | PSK3 | 24       | -0.3030542 |
| 2                          | 標準 | 35.18615 | 3        |      | 24       | 0          |
| 3                          | 標準 | 21.67603 | 2        | SF1  | 16       | 0          |
| 4                          | 標準 | 9.140547 | 6.190861 |      | 16       | 0          |
| STO                        | 標準 | 無限大      | 6.843253 |      | 14.00481 | 0          |
| 6                          | 標準 | 17.72794 | 2        | SF1  | 14       | -1.695101  |
| 7                          | 標準 | 14.60109 | 3.971766 | BK7  | 14       | 0          |
| 8                          | 標準 | -17.8388 | 6.91552  |      | 14       | 0          |
| 9                          | 標準 | 13.65838 | 2        | LAF2 | 12       | 0          |
| 10                         | 標準 | 8.195292 | 10       |      | 12       | 0          |
| IMA                        | 標準 | 無限大      |          |      | 14.78756 | 0          |

【0042】

表 2、3、4 に提示される素子の形状、構成および定義を表わす特定の用語は、ZEMAX マニュアルに記載の標準に従う。レンズとしては、クラウンガラスタイプ PSK3 およびフリントガラスタイプ SF1、LAF2 などのガラス、およびゼネラルエレクトリック社から市販されている Lexan（登録商標）などの光学プラスチックが挙げられるが、これらに限定されず、様々な適用可能な材料で構成されてもよい。個々の素子／群に関する他の表面データ値は、本開示に照らして当業者に明らかになり、したがって、光学系 400、500、600 内の個々の素子／群の全体的な構成および位置決めに依存する慣例的な実験、および望まれる画質によって決定されてもよい。数字 1～10、STO および IMA で、表面を参照した。

【0043】

上記の実施形態は、本発明を説明するが、限定しない。また、多くの修正および変形が、本発明の原則に従って可能であることも理解されるべきである。例えば、多かれ少なかれ、レンズまたは、傾斜の変化または調整、またはレンズまたはほかの素子のセンタリングを、所望の画質に従って行なってもよい。従って、本発明の範囲は、以下の請求の範囲によってのみ定められる。

【図面の簡単な説明】

【0044】

【図 1】本発明の実施形態による光学レンズの簡略化した側面図を示す。

【図 2】本発明の実施形態による  $f/0.9$  での光学レンズの変調伝達関数 (MTF) を示す。

【図 3】本発明の実施形態による  $f/2.4$  での光学レンズの変調伝達関数 (MTF) を示す。

【図 4】本発明の実施形態による光学レンズの異なる実施形態を示す。

【図 5】本発明の実施形態による光学レンズの異なる実施形態を示す。

【図 6】 本発明の実施形態による光学レンズの異なる実施形態を示す。

【図 1】

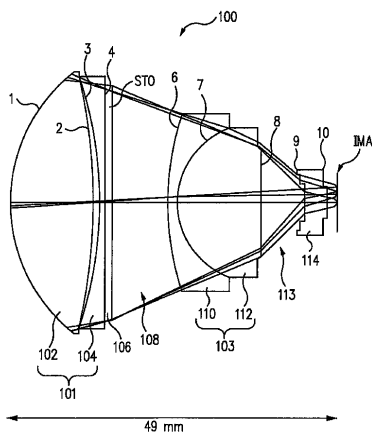


FIG. 1

【図 2】

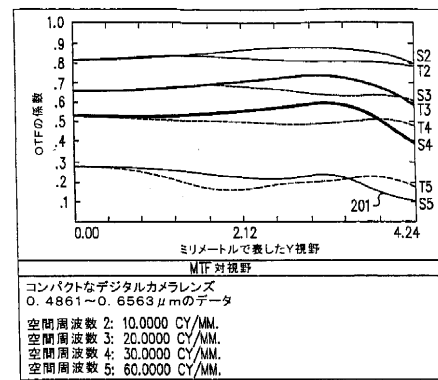


FIG. 2

【図 3】

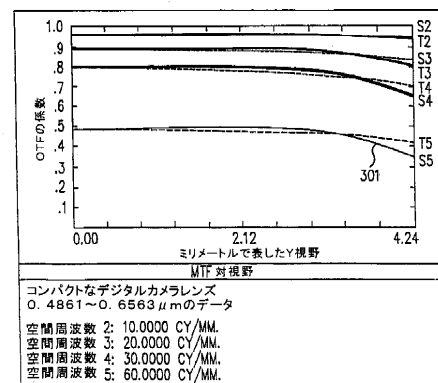


FIG. 3

【 図 4 】

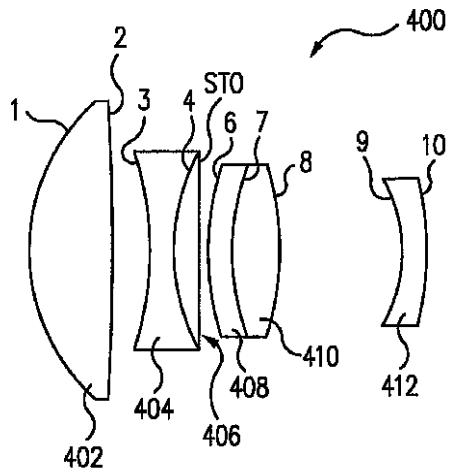


FIG. 4

【 図 5 】

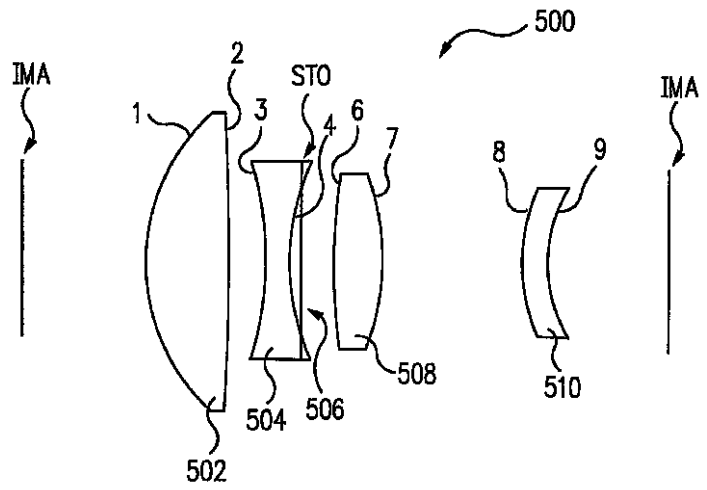


FIG. 5

【 図 6 】

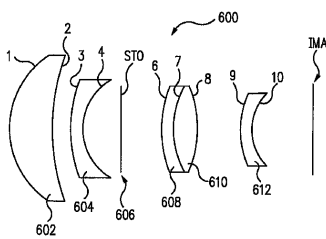


FIG. 6

## 【手続補正書】

【提出日】平成19年12月12日(2007.12.12)

## 【手続補正 1】

【補正対象書類名】特許請求の範囲

【補正対象項目名】全文

【補正方法】変更

【補正の内容】

【特許請求の範囲】

## 【請求項 1】

第 1 の非球面 ( 1 ) を有するクラウンレンズ ( 1 0 2 ) と、  
前記クラウンレンズに光学的に結合された第 1 のフリントレンズ ( 1 0 4 ) と、  
前記第 1 のフリントレンズに隣接した開口絞り ( 1 0 6 ) と、  
前記開口絞りに光学的に結合され、第 2 の非球面 ( 6 ) を有する第 2 のフリントレンズ ( 1 1 0 ) と、  
前記第 2 のフリントレンズに光学的に結合された第 3 のフリントレンズ ( 1 1 2 ) と、  
前記第 3 のフリントレンズに光学的に結合された結像レンズ ( 1 1 4 ) と、を含む、光学レンズ。

## 【請求項 2】

前記クラウンレンズと前記第 1 のフリントレンズは、第 1 の無彩色対 ( 1 0 1 ) を形成し、前記第 2 のフリントレンズと前記第 3 のフリントレンズは、第 2 の無彩色対 ( 1 0 3 ) を形成する、請求項 1 のレンズ。

## 【請求項 3】

前記開口絞りの直径は、約 3.8 mm である、請求項 1 のレンズ。

## 【請求項 4】

前記第 3 のフリントレンズは、前記第 2 のフリントレンズの表面 ( 7 ) に接合されている、請求項 1 のレンズ。

## 【請求項 5】

前記クラウンレンズ、前記第 1 のフリントレンズ、前記第 2 のフリントレンズ、前記第 3 のフリントレンズおよび前記結像レンズの質量は、6.2 g 未満である、請求項 1 のレンズ。

## 【請求項 6】

前記開口絞りと前記第 2 のフリントレンズとの間の第 1 のエアギャップ ( 1 0 8 ) と、  
前記第 3 のフリントレンズと前記結像レンズとの間の第 2 のエアギャップ ( 1 1 3 ) と、  
、  
前記結像レンズと結像焦点面 ( 1 1 7 ) との間の第 3 のエアギャップ ( 1 1 5 ) と、をさらに含む、請求項 1 のレンズ。

## 【請求項 7】

前記第 1 の非球面と前記結像焦点面との距離は、5.0 mm 未満である、請求項 6 のレンズ。

## 【請求項 8】

画像源から、第 1 の非球面 ( 1 ) を有するクラウンレンズ ( 1 0 2 ) 、次いでエアギャップ ( 1 0 8 ) 、次いで前記クラウンレンズに光学的に結合され、第 2 の非球面 ( 6 ) を有する第 1 のフリントレンズ ( 1 1 0 ) を介して光を送るステップと、  
前記第 1 の非球面、前記第 2 の非球面および前記エアギャップで色収差を制御するステップと、  
前記光を画像焦点面 ( 1 1 7 ) に向けるステップと、を含む、撮像方法。

## 【請求項 9】

前記画像源からの光を、前記クラウンレンズに光学的に結合された第 2 のフリントレンズ ( 1 0 4 ) および前記第 1 のフリントレンズに光学的に結合された第 3 のフリントレンズ ( 1 1 2 ) を介して送るステップをさらに含む、請求項 8 の方法。

## 【請求項 10】

前記画像源からの光を、前記第3のフリントレンズに光学的に結合された結像レンズ(114)を介して送るステップをさらに含む、請求項9の方法。

## 【手続補正2】

【補正対象書類名】明細書

【補正対象項目名】全文

【補正方法】変更

【補正の内容】

【発明の詳細な説明】

【背景技術】

【0001】

本発明は、概して、光学素子に関し、より詳細には、コンパクトで軽量のカメラレンズおよびその使用方法に関する。デジタルカメラレンズは、特に様々な用途に使用されており、該用途としては、小型衛星用画像センサ、および携帯電話や携帯情報端末(PDA)用の小型デジタルカメラなどの家庭用電化製品が挙げられるが、それらに限定されない。レンズは、典型的には、小型カメラおよびセンサの部品の中で、最も大きく最も重い部類に入り、およそ140gの重量のものもある。しかし、レンズの長さを短くしてサイズを低減する、またはガラス量を減らして質量を低下させると、典型的にはレンズ性能が悪影響を受け、例えば、ぶれなしでの画像生成能が低下する。したがって、高機能をも提供するコンパクトで軽量のレンズが、非常に望ましい。

【発明の開示】

【課題を解決するための手段】

【0002】

概要

本発明は、コンパクトで軽量であるが高機能のレンズおよびその使用方法を提供する。一つの実施形態では、レンズは5つの光学素子を含み、それらの2つはゼロでない円錐定数を有する低次の非球面を含んでいる。開示された様々な実施形態を、サイズおよび重量の制限により、特にデジタルカメラでの使用に適合させてもよいが、このことは、限定とは解釈されない。

【0003】

本発明の一つの実施形態によれば、光学レンズが提供され、該レンズは、第1の非球面を有するクラウンガラスと、前記クラウンガラスに光学的に結合され、第2の非球面を有する第1のフリントガラスと、前記クラウンガラスと前記フリントガラスとの間のエアギャップと、を含む。

【0004】

一つの実施形態において、該レンズは、第1の非球面を有するクラウンレンズと、前記クラウンレンズに光学的に結合された第1のフリントレンズと、前記第1のフリントレンズに隣接した開口絞りと、前記開口絞りに光学的に結合され、第2の非球面を有する第2のフリントレンズと、前記第2のフリントレンズに光学的に結合された第3のフリントレンズと、前記第3のフリントレンズに光学的に結合された結像レンズと、を含む。

【0005】

本発明のさらに別の実施形態によれば、撮像方法が提供され、該方法は、画像源から、第1の非球面を有するクラウンガラス、次いでエアギャップ、次いで前記クラウンガラスに光学的に結合され、第2の非球面を有する第1のフリントガラスを介して光を送るステップと、前記第1の非球面、前記第2の非球面および前記エアギャップで色収差を制御するステップと、前記光を画像焦点面に向けるステップと、を含む。

【0006】

有利なことに、本発明は、高機能を提供する非常にコンパクトで軽量のレンズを提供し、該レンズは多くの市販されている商用レンズよりも多くの光を集める。本発明は、衛星デジタルカメラまたは他の高精度デジタル写真、または工場機械の映像などのビデオ用途

のためや、携帯電話およびPDAなどの商用用途のために、優れた像を提供する。

【0007】

本発明の範囲は、請求項によって規定され、それは参照することによってこの節に含めるものとする。当業者は、1つまたは複数の実施形態についての以下の詳細な説明を検討することによって、本発明のさらなる利点を認識するとともに、本発明の実施形態についてより完全に理解することができる。添付の図面を参照して、まずそれらを簡単に説明することとする。

【0008】

本発明の実施形態およびそれらの利点は、以下の詳細な説明を参照することにより最もよく理解される。当然のことながら、同じ参照数字を使用して、1つまたは複数の図面に説明される同じ要素を特定する。同様に当然のことながら、図面は、必ずしも原寸に比例して描かれていない。

【発明を実施するための最良の形態】

【0009】

詳細な説明

本発明は、コンパクトで、軽量で、高機能なレンズ、およびその使用方法を提供する。一つの実施形態では、本発明のレンズは5つの光学素子を含み、それらの2つは円錐曲線を含んでいる。一つの実施例において、約49mmの長さ（焦点面へのレリーフを含む）および約61gの（ガラスレンズ素子の）質量を有する38mmの絞りレンズは、速く（良好な集光）、 $f/0.9$ で良好に作動し、 $f/8$ で可視領域において回折限界であるように構成されてもよい。

【0010】

図1は、本発明の一つの実施形態による光学レンズ100（すなわち、光学系100）の簡略化した側面図を示す。レンズ100は、第2のレンズ群103（例えば、無彩色対（複レンズ））に光学的に結合され、スペース108によって隔てられた第1のレンズ群101（例えば、無彩色対（複レンズ））を含む。第1のレンズ群101と第2のレンズ群103との間には、系開口絞り106が設けられている。第2のレンズ群103には結像レンズ114が光学的に結合され、スペース113によって隔てられており、次いで、基準117、あるいは基準IMAによって示された結像焦点面に物体（図示せず）の画像が付与され、ここで、結像レンズ114およびIMAは、スペース117によって隔てられている。本明細書において、用語「レンズ」としては1つまたは複数の光学素子が挙げられ、一方、用語「ガラス」は、特定のレンズ素子をいうことがある。

【0011】

一つの実施例では、第1のレンズ群101は、クラウンレンズまたはガラス102およびフリントレンズまたはガラス104を含み、第2のレンズ群103は、フリントガラス110およびフリントガラス112を含む。レンズ群101、103の各第1のガラスの前面（例えば、クラウンガラス102の前面1およびフリントガラス110の前面6）に、非球面の円錐表面が設けられて、スペース108（例えば、エアギャップ）と一緒に機能し、色収差に対する制御を維持する。このように、クラウンレンズ102および第1のフリントレンズ104は第1の無彩色対101を形成し、一方、第2のフリントレンズ110および第3のフリントレンズ112は、第2の無彩色対103を形成する。一つの実施例では、第1のレンズ群101のクラウンガラス102とフリントガラス104との間には、小さなエアギャップが存在するが、第2のレンズ群103のフリントガラス110およびフリントガラス112は「接合」されている。

【0012】

クラウンレンズ102と第1のフリントレンズ104との間に配置された開口絞り106（つまり、系開口絞り）は、一実施例において、金属リング、または虹彩（市販のカメラにおいて利用可能なものに類似する）が挙げられ、それによって、光学系を介して送られた光線を制限し、光学系によって送られた光束量を規定するように機能する。一実施例において、開口絞り106の直径は、約38mmである。

## 【 0 0 1 3 】

一実施例において、結像レンズ 1 1 4 は、画像に最終視野平坦化効果をもたらし、別の面では、古典的なメニスカスレンズの機能に類似する最終画像を改良する（例えば、焦点距離を明確にし、合わせ、短くし、光行差を取り除く）。

## 【 0 0 1 4 】

レンズ 1 0 0 を速く、コンパクトにするのに寄与する一態様は関係する素子の適切な間隔であり、該間隔は一実施例において、スペース 1 0 8、1 1 3、1 1 5 によって（例えば、空気または他のガスの媒体を介して）設けられたものであり、焦点面 I M A に対してレンズを介しておおよそ一定の光線角度を維持し、おおよそ 4 5 度の円錐状に先細になる。スペース 1 0 8、1 1 3、1 1 5 のいずれかが空気で満たされる場合、それらは、エアギャップと考えてもよい。非球面 1、6 も、色収差（色分散）のよりよい制御を可能にし、したがって、レンズ群 1 0 1、1 0 3 間でのガラスの減少（従って、質量の減少）を可能にする。レンズ 1 0 0 はまた、第 1 のレンズ群 1 0 1 の後ろに系絞り 1 0 6 を含むように構成されており、これにより、実質的にすべての系素子の直径、したがって質量が減少する。

## 【 0 0 1 5 】

この実施形態では、2 対のレンズが無彩色複レンズとして設けられ、他のレンズが特有の構成で設けられているが、当業者は、（図 4 ~ 6 と関連して以下に検討するように）他のレンズを選定してもよく、特に、より大きな視野が望まれる場合、レンズを系に加えて / 系から除いて、さらに画像を鮮明にしてもよいことが留意される。一実施例において、フリントガラスからの第 2 の非球面を設ける限り、第 2 のレンズ群は、2 つの異なるフリントガラス（1 つはフリントガラス、つまりクラウンガラスおよびフリントガラス）を含むことができる。典型的な無彩色レンズが、クラウンレンズおよびフリントレンズである一方、フリント - フリント対が、その形態が類似するので、この文書において、無彩色複レンズと称することもあることに留意すべきである。

## 【 0 0 1 6 】

例えば、カリフォルニア州サンディエゴのゼマックスディベロップメントコーポレーションの Z E M A X（登録商標）などの一般に市販されている光学設計ソフトウェアを、光学系 1 0 0 内の個々の素子 / 群の個々の表面領域に対応する様々な特性（例えば、半径、厚み、ガラスの種類、直径、間隔、および表面が円錐状であるかどうか）について記載する場合の支援に使用してもよい。図 1 に示す例示の構成では、Z E M A X ソフトウェアは、表 1 に示すように、これらの表面特性を表す表面データを出力する。

## 【 0 0 1 7 】

## 【表 1】

表 1

| 光学系100を表すZEMAXソフトウェア出力 |          |                         |          |
|------------------------|----------|-------------------------|----------|
| 一般的レンズデータ :            |          |                         |          |
| 表面                     | :        | 11                      |          |
| 絞り                     | :        | 5                       |          |
| 系開口                    | :        | 入射瞳直径 = 38              |          |
| 有効焦点距離                 | :        | 33.37436 (系温度および圧力の空气中) |          |
| 合計トラック                 | :        | 49.40845                |          |
| 画像空間F/#                | :        | 0.8782726               |          |
| 絞り半径                   | :        | 14.23872                |          |
| 近軸像の高さ                 | :        | 4.242641                |          |
| 視野の種類                  | :        | ミリメートルで表した近軸像の高さ        |          |
| 最大視野                   | :        | 4.242641                |          |
| 主要波                    | :        | 0.5875618               |          |
| レンズ単位                  | :        | ミリメートル                  |          |
| 視野                     | :        | 5                       |          |
| 視野の種類                  | :        | ミリメートルで表した近軸像高さ         |          |
| #                      | X- 値     | Y- 値                    | 重量       |
| 1                      | 0.000000 | 0.000000                | 3.000000 |
| 2                      | 0.000000 | 2.000000                | 1.000000 |
| 3                      | 2.000000 | 2.000000                | 1.000000 |
| 4                      | 0.000000 | 3.000000                | 1.000000 |
| 5                      | 3.000000 | 3.000000                | 1.000000 |
| 波長                     | :        | 3                       |          |
| 単位                     | :        | μm                      |          |
| #                      | 値        | 重量                      |          |
| 1                      | 0.486133 | 1.000000                |          |
| 2                      | 0.587562 | 1.000000                |          |
| 3                      | 0.656273 | 1.000000                |          |

【 0 0 1 8 】

【表 2】

(表1の続き)

## 表面データ概要

| 表面  | 種類 | 半径        | 厚み        | ガラス  | 直径       | 円錐曲線       |
|-----|----|-----------|-----------|------|----------|------------|
| OBJ | 標準 | 無限大       | 無限大       |      | 0        | 0          |
| 1   | 標準 | 22.81299  | 12.96409  | PSK3 | 39.15649 | -0.4562032 |
| 2   | 標準 | -66.62921 | 0.4783454 |      | 38.61559 | 0          |
| 3   | 標準 | -58.04508 | 0.7271603 | SF1  | 37.84834 | 0          |
| 4   | 標準 | 750.8621  | 1.210387  |      | 35.54713 | 0          |
| STO | 標準 | 無限大       | 8.921799  |      | 34.55775 | 0          |
| 6   | 標準 | 40.10207  | 0.9818026 | SF1  | 26.80649 | -2.897021  |
| 7   | 標準 | 12.00049  | 13.44143  | LAF2 | 22.70695 | 0          |
| 8   | 標準 | -91.26881 | 6.413307  |      | 19.66926 | 0          |
| 9   | 標準 | -12.6565  | 3.257546  | LAF2 | 10.45281 | 0          |
| 10  | 標準 | -32.03257 | 1.012579  |      | 9.600586 | 0          |
| IMA | 標準 | 無限大       |           |      | 9.438423 | 0          |

## 屈折率データ

系温度 : 20.00  
系圧力 : 1.00

| 表面 | ガラス  | 温度    | 圧力   | 0.486133   | 0.587562   | 0.656273   |
|----|------|-------|------|------------|------------|------------|
| 1  | PSK3 | 20.00 | 1.00 | 1.55835488 | 1.55232187 | 1.54965090 |
| 3  | SF1  | 20.00 | 1.00 | 1.73462020 | 1.71735985 | 1.71031348 |
| 6  | SF1  | 20.00 | 1.00 | 1.73462020 | 1.71735985 | 1.71031348 |
| 7  | LAF2 | 20.00 | 1.00 | 1.75568493 | 1.74400238 | 1.73904801 |
| 9  | LAF2 | 20.00 | 1.00 | 1.75568493 | 1.74400238 | 1.73904801 |

## 素子体積データ

| 表面          | 体積 (cc)  | 密度 (g/cc) | 質量 (g)    |
|-------------|----------|-----------|-----------|
| 素子表面 1 ~ 2  | 8.325991 | 2.910000  | 24.228633 |
| 素子表面 3 ~ 4  | 2.717820 | 4.460000  | 12.121477 |
| 素子表面 6 ~ 7  | 1.571076 | 4.460000  | 7.006997  |
| 素子表面 7 ~ 8  | 3.945672 | 4.340000  | 17.124215 |
| 素子表面 9 ~ 10 | 0.309327 | 4.340000  | 1.342480  |

全質量 : 61.823802

## 【0019】

表面OBJ（物体）に関する表面データは、画像化される物体（図示せず）に対応する。表面1、2および3、4に関する表面データは、第1のレンズ群101のクラウンガラス102およびフリントガラス104のそれぞれに対応する。表面STO（絞り）に関する表面データは、系絞り106に対応する。表面6、7、8に関する表面データは、第2のレンズ群103のフリントガラス110およびフリントガラス112に対応する。表面9、10およびIMAに関する表面データは、結像レンズ114および結像焦点面にそれぞれ対応する。

## 【0020】

一実施例においては、上述するように、クラウンガラス102の表面1およびフリントガラス110の表面6は、それぞれ、ゼロでない円錐定数を有する低次の非球面を備えている。一実施例においては、表面1は楕円であり、表面6は双曲面であり、両方ともボジ型表面である。

## 【0021】

エアギャップは、「ガラス」の欄の下空白によって示すように、表面2と3の間、STOと6、8、9の間、10とIMAの間に存在する。

## 【0022】

一実施例において、表面データ概要における素子の厚みおよび素子体積データにおける

素子の質量によって示すように、本発明は、38mmの絞りレンズ、約49mmの長さ（焦点面へのレリーフを含む）、および約61gの（ガラスレンズ素子の）質量を有するレンズ系を提供し、それは、従来のレンズよりよりコンパクトで軽量である。このように、クラウンレンズ、第1のフリントレンズ、第2のフリントレンズ、第3のフリントレンズおよび結像レンズの質量は62g未満であり、第1の非球面と結像焦点面との距離は50mm未満である。

【0023】

表1に提示するような素子の形状、構成および定義を表わす特定の用語は、ZEMAXマニュアルに記載の標準に従う。レンズとしては、クラウンガラスタイプPSK3およびフリントガラスタイプSF1、LAF2などのガラス、およびゼネラルエレクトリック社から市販されているLexan（登録商標）などの光学プラスチックが挙げられるが、これらに限定されず、様々な適用可能な材料で構成されてもよい。個々の素子/群に関する他の表面データ値は、本開示に照らして当業者に明らかになり、したがって、光学系100内の個々の素子/群の全体的な構成および位置決めに依存する慣例的な実験、および望まれる画質によって決定されてもよい。

【0024】

図2、3は、本発明の実施形態による、 $f/0.87$ および $f/2.4$ での、図1の光学レンズ100の一実施例の変調伝達関数(MTF)をそれぞれ示す。MTFは、レンズ、フィルムなどが、画像中の細部を再生することができる範囲の指標である。MTFは、電気系での周波数特性の空間的アナログであるとみなしてよい。

【0025】

点広がり関数の2次元のフーリエ変換は、光学的伝達関数(OTF)として知られている。任意の半径に沿ったこの関数の値は、同じ方向の線広がり関数のフーリエ変換である。MTFは、線広がり関数のフーリエ変換の絶対値である。

【0026】

同様に、レンズのMTFは、空間周波数の関数として、正弦波状に変化する明るさで、物体の相対的物体コントラストで除される相対画像コントラストの比率である。理想的なレンズ（必然的な回析の影響を無視する）に関するMTFは、すべての点および方向において、0から無限大までの空間周波数に関して定数1である。実際のレンズについては、典型的な光学系のMTFが、画像の端でより悪く、中心で最良である状態で、約1からスタートし、空間周波数が増加するとともに減少する。

【0027】

線201、301は、典型的な7 $\mu$ mのピクセルを有する（例えば、現在の衛星カメラの）検知器に関する近似サンプリング範囲（カットオフ）を示す。グラフのX軸は画像高さであり、各ラインは実線がある範囲を横切り、破線が別の範囲を横切る状態で、異なる空間周波数にある。図2、3は、 $f/0.87$ および $f/2.4$ に関して、10、20、30および60ライン対(1p)/mmでのMTFをそれぞれ示す。

【0028】

有利なことに、本発明は、優れた性能特性を有するコンパクトで軽量のレンズを提供する。一実施例において、本発明は、自律宇宙船（例えば、非常に小さなナノスケールの衛星の新しい種類における電気光学系）用の小さく軽量のセンサと共に使用して、品質管理などの工場機械の映像用途で、一般消費者カメラ、携帯電話およびPDAなどの商用用途で、およびロボット用途で、空間内の他の物体を決定してもよい。

【0029】

以下、図4、5、6、追加の実施形態を参照して、光学レンズを本発明に従って示す。

図4は、クラウンガラス402およびフリントガラス404を含む第1のレンズ群を含むレンズ400を示す。フリントガラス404に隣接して開口絞り406が設けられている。第2のレンズ群は、フリントガラス408およびフリントガラス410を含む。第2のレンズ群に、結像レンズ412が光学的に結合され、物体（図示せず）の画像は、次いで、基準117、あるいは基準IMAによって示された結像焦点面に付与される。図4に

示す例示の構成では、ZEMAXソフトウェアは、表2に示すように、これらの表面特性を表す表面データを出力する。

【0030】

【表3】

表 2

光学系400を表すZEMAXソフトウェア出力

一般的なレンズデータ :

```

表面          : 11
絞り          : 5
系開口        : 入射瞳直径 = 18
ガラスカタログ : ショット
光線照準      : オフ
アポディゼーション : ユニフォーム、ファクタ = 0.00000E+000
温度 (C)      : 2.00000E+001
圧力 (ATM)     : 1.00000E+000
有効焦点距離  : 36.01015 (系温度および圧力での空気中)
有効焦点距離  : 36.01015 (画像空間中)
背面焦点距離  : 10.0778
合計トラック  : 43.01304
画像空間F/#   : 2.000564
近軸機能F/#   : 2.000564
機能F/#       : 1.994172
画像空間NA     : 0.2424713
物体空間NA     : 9e-010
絞り半径       : 6.524289
近軸像高さ    : 7.204498
近軸倍率       : 0
入射瞳直径     : 18
入射瞳位置     : 16.83506
出射瞳直径     : 11.1336
出射瞳位置     : -22.19567
視野の種類     : 角度
最大視野       : 11.31371
主要波         : 0.455
レンズ単位     : ミリメートル
角倍率         : 1.616728

```

視野 : 3

視野の種類: 角度

| # | X 値      | Y 値      | 重量        |
|---|----------|----------|-----------|
| 1 | 0.000000 | 0.000000 | 1.000000  |
| 2 | 0.000000 | 8.000000 | 5.000000  |
| 3 | 8.000000 | 8.000000 | 10.000000 |

波長 : 6

単位 :  $\mu\text{m}$

| # | 値        | 重量        |
|---|----------|-----------|
| 1 | 0.455000 | 20.000000 |
| 2 | 0.505000 | 20.000000 |
| 3 | 0.555000 | 20.000000 |
| 4 | 0.605000 | 20.000000 |
| 5 | 0.655000 | 12.000000 |
| 6 | 0.700000 | 7.000000  |

【0031】

【表 4】

(表 2 の続き)

表面データ概要 :

| 表面  | 種類 | 半径        | 厚み        | ガラス  | 直径       | 円錐曲線       |
|-----|----|-----------|-----------|------|----------|------------|
| OBJ | 標準 | 無限大       | 無限大       |      | 0        | 0          |
| 1   | 標準 | 15.44311  | 7         | PSK3 | 24       | -0.2309592 |
| 2   | 標準 | -160.3136 | 3         |      | 24       | 0          |
| 3   | 標準 | -26.32848 | 2         | SF1  | 16       | 0          |
| 4   | 標準 | 16.28292  | 2.128283  |      | 16       | 0          |
| STO | 標準 | 無限大       | 0.7595053 |      | 15.85363 | 0          |
| 6   | 標準 | 20.77184  | 2         | SF1  | 14       | -1.327658  |
| 7   | 標準 | 19.19067  | 4         | LAF2 | 14       | 0          |
| 8   | 標準 | -21.81758 | 10.12526  |      | 14       | 0          |
| 9   | 標準 | -12.2472  | 2         | LAF2 | 12       | 0          |
| 10  | 標準 | -25.19672 | 10        |      | 12       | 0          |
| IMA | 標準 | 無限大       |           |      | 14.40202 | 0          |

素子体積データ :

|      |        | 体積 (cc)  | 密度 (g/cc) | 質量 (g)    |
|------|--------|----------|-----------|-----------|
| 素子表面 | 1 ~ 2  | 1.910044 | 2.910000  | 5.558227  |
| 素子表面 | 3 ~ 4  | 0.732597 | 4.460000  | 3.267381  |
| 素子表面 | 6 ~ 7  | 0.318207 | 4.460000  | 1.419202  |
| 素子表面 | 7 ~ 8  | 0.427218 | 4.340000  | 1.854125  |
| 素子表面 | 9 ~ 10 | 0.272184 | 4.340000  | 1.181278  |
| 全質量  |        |          |           | 13.280214 |

【 0 0 3 2 】

図 5 は、クラウンガラス 5 0 2 およびフリントガラス 5 0 4 を含む第 1 のレンズ群を含むレンズ 5 0 0 を示す。フリントガラス 5 0 4 に隣接して開口絞り 5 0 6 が設けられている。第 2 のレンズ群は、フリントガラス 5 0 8 を含む。第 2 のレンズ群（つまり、フリントガラス 5 0 8）に、結像レンズ 5 1 0 が光学的に結合されており、物体（図示せず）の画像は、次いで、基準 IMA によって示された結像焦点面に付与される。図 5 に示す例示の構成では、ZEMAX ソフトウェアは、表 3 に示すように、これらの表面特性を表す表面データを出力する。

【 0 0 3 3 】

【表 5】

表 3

光学系 500 を表す ZEMAX ソフトウェア出力

表面データ概要 :

| 表面  | 種類 | 半径        | 厚み        | ガラス  | 直径       | 円錐曲線       |
|-----|----|-----------|-----------|------|----------|------------|
| OBJ | 標準 | 無限大       | 無限大       |      | 0        | 0          |
| 1   | 標準 | 15.32647  | 7         | PSK3 | 24       | -0.2071472 |
| 2   | 標準 | -391.7632 | 3         |      | 24       | 0          |
| 3   | 標準 | -28.98024 | 2         | SF1  | 16       | 0          |
| 4   | 標準 | 18.26125  | 0.9112846 |      | 16       | 0          |
| STO | 標準 | 無限大       | 2.775979  |      | 14.9505  | 0          |
| 6   | 標準 | 40.1985   | 4         | LAF2 | 14       | -20.90341  |
| 7   | 標準 | -19.54904 | 11.64467  |      | 14       | 0          |
| 8   | 標準 | 16.2611   | 2         | LAF2 | 12       | 0          |
| 9   | 標準 | 10.76643  | 10        |      | 12       | 0          |
| IMA | 標準 | 無限大       |           |      | 14.48255 | 0          |

【 0 0 3 4 】

図 6 は、クラウンガラス 6 0 2 およびフリントガラス 6 0 4 を含む第 1 のレンズ群を含むレンズ 6 0 0 を示す。フリントガラス 6 0 4 に隣接して開口絞り 6 0 6 が設けられてい

る。第2のレンズ群は、フリントガラス608およびクラウンガラス610を含む。第2のレンズ群に結像レンズ612が光学的に結合されており、物体（図示せず）の画像は、次いで、基準IMAによって示された結像焦点面に付与される。図6に示す例示の構成では、ZEMAXソフトウェアは、表4に示すように、これらの表面特性を表す表面データを出力する。

【0035】

【表6】

表 4

| 光学系600を表すZEMAXソフトウェア出力 |    |          |          |      |          |            |
|------------------------|----|----------|----------|------|----------|------------|
| 表面データ概要 :              |    |          |          |      |          |            |
| 表面                     | 種類 | 半径       | 厚み       | ガラス  | 直径       | 円錐曲線       |
| OBJ                    | 標準 | 無限大      | 無限大      |      | 0        | 0          |
| 1                      | 標準 | 13.46652 | 7        | PSK3 | 24       | -0.3030542 |
| 2                      | 標準 | 35.18615 | 3        |      | 24       | 0          |
| 3                      | 標準 | 21.67603 | 2        | SF1  | 16       | 0          |
| 4                      | 標準 | 9.140547 | 6.190861 |      | 16       | 0          |
| STO                    | 標準 | 無限大      | 6.843253 |      | 14.00481 | 0          |
| 6                      | 標準 | 17.72794 | 2        | SF1  | 14       | -1.695101  |
| 7                      | 標準 | 14.60109 | 3.971766 | BK7  | 14       | 0          |
| 8                      | 標準 | -17.8388 | 6.91552  |      | 14       | 0          |
| 9                      | 標準 | 13.65838 | 2        | LAF2 | 12       | 0          |
| 10                     | 標準 | 8.195292 | 10       |      | 12       | 0          |
| IMA                    | 標準 | 無限大      |          |      | 14.78756 | 0          |

【0036】

表2、3、4に提示される素子の形状、構成および定義を表わす特定の用語は、ZEMAXマニュアルに記載の標準に従う。レンズとしては、クラウンガラスタイプPSK3およびフリントガラスタイプSF1、LAF2などのガラス、およびゼネラルエレクトリック社から市販されているLexan（登録商標）などの光学プラスチックが挙げられるが、これらに限定されず、様々な適用可能な材料で構成されてもよい。個々の素子/群に関する他の表面データ値は、本開示に照らして当業者に明らかになり、したがって、光学系400、500、600内の個々の素子/群の全体的な構成および位置決めに依存する慣例的な実験、および望まれる画質によって決定されてもよい。数字1～10、STOおよびIMAで、表面を参照した。

【0037】

上記の実施形態は、本発明を説明するが、限定しない。また、多くの修正および変形が、本発明の原則に従って可能であることも理解されるべきである。例えば、多かれ少なかれ、レンズまたは、傾斜の変化または調整、またはレンズまたはほかの素子のセンタリングを、所望の画質に従って行なってもよい。従って、本発明の範囲は、以下の請求の範囲によってのみ定められる。

【図面の簡単な説明】

【0038】

【図1】本発明の実施形態による光学レンズの簡略化した側面図を示す。

【図2】本発明の実施形態による $f/0.9$ での光学レンズの変調伝達関数(MTF)を示す。

【図3】本発明の実施形態による $f/2.4$ での光学レンズの変調伝達関数(MTF)を示す。

【図4】本発明の実施形態による光学レンズの異なる実施形態を示す。

【図5】本発明の実施形態による光学レンズの異なる実施形態を示す。

【図6】本発明の実施形態による光学レンズの異なる実施形態を示す。

【手続補正3】

【補正対象書類名】図面

【補正対象項目名】図 1

【補正方法】変更

【補正の内容】

【図 1】

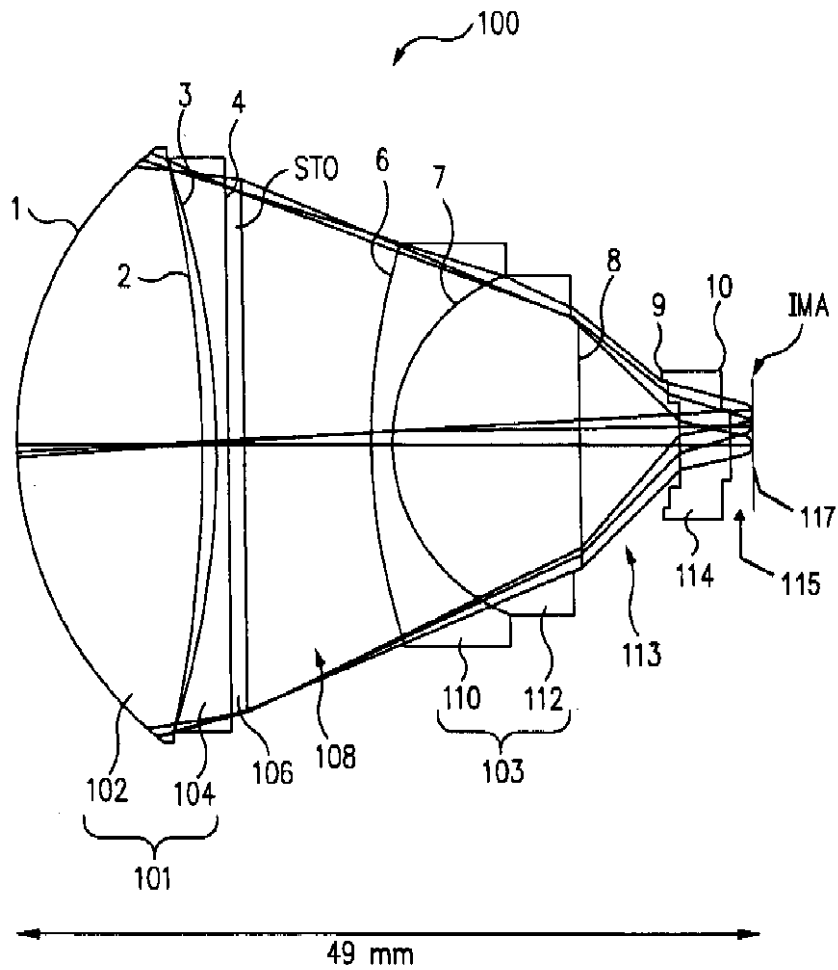


FIG. 1

## 【国際調査報告】

## INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No

PCT/US2006/015705

## A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

INV. G02B13/00

ADD. G02B13/18

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)

G02B

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

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practical, search terms used)

EPO-Internal, WPI Data, PAJ

## C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

| Category* | Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages                        | Relevant to claim No.           |
|-----------|---|---------------------------------|
| X         | US 2005/014218 A1 (HAGIMORI HITOSHI ET AL)<br>20 January 2005 (2005-01-20)<br><br>figure 1; example 1     | 1, 3, 4,<br>6-10, 12,<br>16-20  |
| X         | US 2004/051960 A1 (MIHARA SHINICHI)<br>18 March 2004 (2004-03-18)<br><br>figures 6, 7; example 2          | 1, 3-8,<br>10, 12,<br>14, 16-20 |
| X         | US 2005/018313 A1 (KUBA KEIICHI)<br>27 January 2005 (2005-01-27)<br>paragraph [0185]; figure 3; example 1 | 1-4, 6-8,<br>18-20              |
| X         | EP 1 531 353 A (KONICA MINOLTA OPTO, INC)<br>18 May 2005 (2005-05-18)<br>figure 13; example 7; table 7    | 1, 3, 5, 18                     |



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 document 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

\*G\* document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search

16 August 2006

Date of mailing of the international search report

23/08/2006

Name and mailing address of the ISA/

European Patent Office, P.B. 5818 Patentlaan 2  
NL - 2280 HV Rijswijk  
Tel. (+31-70) 340-2040, Tx. 31 651 epo nl,  
Fax: (+31-70) 340-3016

Authorized officer

Jacobs, A

**INTERNATIONAL SEARCH REPORT**

Information on patent family members

International application No

PCT/US2006/015705

| Patent document cited in search report |    | Publication date | Patent family member(s) |               | Publication date |
|--|----|------------------|-------------------------|---------------|------------------|
| US 2005014218                          | A1 | 20-01-2005       | NONE                    |               |                  |
| US 2004051960                          | A1 | 18-03-2004       | JP                      | 2004093649 A  | 25-03-2004       |
| US 2005018313                          | A1 | 27-01-2005       | JP                      | 2004348082 A  | 09-12-2004       |
| EP 1531353                             | A  | 18-05-2005       | WO                      | 2005047951 A1 | 26-05-2005       |
|  |    |                  | US                      | 2005105194 A1 | 19-05-2005       |

## フロントページの続き

(81)指定国 AP(BW, GH, GM, KE, LS, MW, MZ, NA, SD, SL, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), EA(AM, AZ, BY, KG, KZ, MD, RU, TJ, TM), EP(AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, LV, MC, NL, PL, PT, RO, SE, SI, SK, TR), OA(BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, ML, MR, NE, SN, TD, TG), AE, AG, AL, AM, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DK, DM, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, HR, HU, ID, IL, IN, IS, JP, KE, KG, KM, KN, KP, KR, KZ, LC, LK, LR, LS, LT, LU, LV, LY, MA, MD, MG, MK, MN, MW, MX, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PG, PH, PL, PT, RO, RU, SC, SD, SE, SG, SK, SL, SM, SY, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, YU, ZA, ZM, ZW

(74)代理人 100098316

弁理士 野田 久登

(74)代理人 100109162

弁理士 酒井 将行

(74)代理人 100111246

弁理士 荒川 伸夫

(72)発明者 ラングレン, マーク・エイ

アメリカ合衆国、 9 2 8 3 1 カリフォルニア州、 フラートン、 エヌ・オークデール・アベニュー、  
1 0 2 5

Fターム(参考) 2H087 KA01 LA01 PA04 PA17 PA18 PB04 PB05 QA02 QA06 QA07  
QA12 QA14 QA22 QA25 QA26 QA37 QA41 QA42 QA46 RA05  
RA12 RA32