

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特 許 公 報(B2)

(11) 特許番号

特許第6036549号
(P6036549)

(45) 発行日 平成28年11月30日(2016.11.30)

(24) 登録日 平成28年11月11日(2016.11.11)

(51) Int.Cl.		F I			
G O 2 B 25/00	(2006.01)	G O 2 B	25/00		A
G O 2 B 13/18	(2006.01)	G O 2 B	13/18		
G O 2 B 13/00	(2006.01)	G O 2 B	13/00		
G O 2 B 27/02	(2006.01)	G O 2 B	27/02		Z

請求項の数 10 (全 43 頁)

(21) 出願番号	特願2013-108669 (P2013-108669)	(73) 特許権者	000002185
(22) 出願日	平成25年5月23日(2013.5.23)		ソニー株式会社
(65) 公開番号	特開2014-228716 (P2014-228716A)		東京都港区港南1丁目7番1号
(43) 公開日	平成26年12月8日(2014.12.8)	(74) 代理人	110001357
審査請求日	平成28年1月8日(2016.1.8)		特許業務法人つばさ国際特許事務所
		(72) 発明者	岡野 英暁
			東京都港区港南1丁目7番1号
			ソニーイーエムシーエス株式会社内
		審査官	瀬戸 息吹

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 接眼レンズおよび表示装置

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項1】

像を拡大するために用いられ、アイポイント側から順に、
前記アイポイント側に凸面を向けた正の屈折力を持つ第1レンズと、
前記アイポイント側に凸面を向けた正の屈折力を持つ第2レンズと
から構成され、以下の条件式を満足する
接眼レンズ。

$$3.0 > (h \times \quad)^{1/2} / E > 1.2 \quad \dots\dots (1)$$

$$2.3 > (L - E) / h > 1.5 \quad \dots\dots (2)$$

ただし、

h : 前記像の水平端における高さ

: 水平方向の半画角

E : 前記アイポイントから前記第1レンズまでの距離 (アイレリーフ)

L : 前記アイポイントから前記像までの距離

とする。

【請求項2】

以下の条件式を満足する

請求項1に記載の接眼レンズ。

$$3.7 > (f1 \times f2)^{1/2} / f > 1.4 \quad \dots\dots (3)$$

ただし、

f : 全体の焦点距離
 f 1 : 前記第 1 レンズの焦点距離
 f 2 : 前記第 2 レンズの焦点距離

とする。

【請求項 3】

以下の条件式を満足する

請求項 1 に記載の接眼レンズ。

$$4.0 > |(R3 + R5) / (R3 - R5)| \dots\dots (4)$$

ただし、

R 3 : 前記第 1 レンズの像側の面の近軸曲率半径

10

R 5 : 前記第 2 レンズの像側の面の近軸曲率半径

とする。

【請求項 4】

以下の条件式を満足する

請求項 1 に記載の接眼レンズ。

$$1.9 > R4 / f2 > 0.4 \dots\dots (5)$$

ただし、

R 4 : 前記第 2 レンズの前記アイポイント側の面の近軸曲率半径

とする。

【請求項 5】

20

以下の条件式を満足する

請求項 1 に記載の接眼レンズ。

$$1.0 > R2 / f1 > 0.1 \dots\dots (6)$$

ただし、

R 2 : 前記第 1 レンズの前記アイポイント側の面の近軸曲率半径

とする。

【請求項 6】

以下の条件式を満足する

請求項 1 に記載の接眼レンズ。

$$1.2 > (D2 + D4) / (D3 + D5) > 0.2 \dots\dots (7)$$

30

ただし、

D 2 : 前記第 1 レンズの中心厚

D 3 : 前記第 1 レンズと前記第 2 レンズとの間隔

D 4 : 前記第 2 レンズの中心厚

D 5 : 前記第 2 レンズと前記像との間隔

とする。

【請求項 7】

前記第 1 レンズの像側の面と前記第 2 レンズの像側の面とが、非球面形状である

請求項 1 に記載の接眼レンズ。

【請求項 8】

40

前記第 1 レンズのアイポイント側の面が、変曲点を有する非球面形状である

請求項 1 に記載の接眼レンズ。

【請求項 9】

前記第 1 レンズと前記第 2 レンズとが、線膨張係数 2.0×10^{-6} / 以上の材料で構成されている

請求項 1 に記載の接眼レンズ。

【請求項 10】

画像表示素子と、前記画像表示素子に表示された像を拡大する接眼レンズとを含み、
 前記接眼レンズは、

アイポイント側から順に、

50

前記アイポイント側に凸面を向けた正の屈折力を持つ第1レンズと、
前記アイポイント側に凸面を向けた正の屈折力を持つ第2レンズと
から構成され、以下の条件式を満足する
表示装置。

$$3.0 > (h \times \quad)^{1/2} / E > 1.2 \quad \dots\dots (1)$$

$$2.3 > (L - E) / h > 1.5 \quad \dots\dots (2)$$

ただし、

h：前記像の水平端における高さ

：水平方向の半画角

E：前記アイポイントから前記第1レンズまでの距離（アイレリーフ）

L：前記アイポイントから前記像までの距離

10

とする。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本開示は、像（例えば画像表示素子に表示された画像）を拡大する接眼レンズ、およびそのような接眼レンズを用いたヘッドマウントディスプレイ等に好適な表示装置に関する。

【背景技術】

【0002】

画像表示素子を用いた表示装置として、電子ビューファインダ、電子双眼鏡、およびヘッドマウントディスプレイなどが知られている。

20

【先行技術文献】

【特許文献】

【0003】

【特許文献1】特開2005-134867号公報

【特許文献2】特開2009-145909号公報

【特許文献3】特開2010-266776号公報

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

30

【0004】

特にヘッドマウントディスプレイにおいては、表示装置本体を眼前に装着して長時間使用するため、接眼光学系および表示装置本体が小さく軽量であることが要求されている。しかしながら、画像・映像にひきこまれるような没入感を出すために画角を広くする必要があり、そのために接眼光学系にガラスを用いるケースがあった。また、収差補正、特に色収差を補正するために屈折率や分散の異なる複数枚のガラスを使用するケースがあった。そうした場合、広い画角を確保しつつ、光学性能も良く、高い没入感が演出できるものの、ガラスを使っていることにより眼前に重量のある接眼光学系および表示装置本体を装着することになり、長時間の使用においては非常に疲れを伴うものとなっている。

【0005】

40

上記した特許文献1および特許文献2に記載の接眼光学系は、ガラスを複数枚使って広い画角を稼いでいる。屈折率や分散の異なる複数枚のガラスを使って良好に色収差をはじめとする諸収差の補正を行い、綺麗な画像を見せることで、高い没入感を演出することに成功している。しかしながらこの接眼光学系は、ガラスを多用していることで重量が非常に重く、長時間の使用においては首や肩の疲れなど、健康を害するような症状が発生する可能性があることが懸念事項である。また、高価なガラスを多用していることからコストがかさみ、顧客に買いやすい価格で提供することが困難となる。

【0006】

上記した特許文献3に記載の接眼光学系は、材料に樹脂レンズを多用しており、軽量に仕上がっていることが考えられる。そのため、長時間の装着でも健康を害するようなこと

50

がなく、装着性に優れていることが考えられる。収差も良好に補正されており、光学系としての性能も高く、画像の見えもよいと思われる。しかしながらこの接眼光学系は、広い画角を確保することには向いていないため、高い没入感を演出することが困難である。

【0007】

そこで、低コストで、画像表示素子の画像を可能なかぎり拡大し、ヘッドマウントディスプレイとして重要な広い画角を提供して高い没入感を演出しつつ、軽くて装着性が良く、長時間使用しても疲れな接眼光学系、およびそれを使用した表示装置の開発が望まれている。

【0008】

本開示の目的は、広い画角で像を拡大でき、例えばヘッドマウントディスプレイに好適に使用可能な性能を得ることができる接眼レンズおよび表示装置を提供することにある。

【課題を解決するための手段】

【0009】

本開示による接眼レンズは、像を拡大するために用いられ、アイポイント側から順に、アイポイント側に凸面を向けた正の屈折力を持つ第1レンズと、アイポイント側に凸面を向けた正の屈折力を持つ第2レンズとから構成され、以下の条件式を満足するものである。

$$3.0 > (h \times \quad)^{1/2} / E > 1.2 \quad \dots \dots (1)$$

$$2.3 > (L - E) / h > 1.5 \quad \dots \dots (2)$$

ただし、

h：像の水平端における高さ

：水平方向の半画角

E：アイポイントから第1レンズまでの距離（アイレリーフ）

L：アイポイントから像までの距離

とする。

【0010】

本開示による表示装置は、画像表示素子と、画像表示素子に表示された像を拡大する接眼レンズとを含み、接眼レンズを、上記本開示による接眼レンズによって構成したものである。

【0011】

本開示による接眼レンズまたは表示装置では、アイポイント側から順に、第1レンズと第2レンズとを配設し、各レンズの構成が最適化されていることで、広い画角で像が拡大可能となり、例えばヘッドマウントディスプレイに好適に使用可能な性能が得られる。

【発明の効果】

【0012】

本開示の接眼レンズまたは表示装置によれば、アイポイント側から順に、第1レンズと第2レンズとを配設し、各レンズの構成を最適化するようにしたので、広い画角で像を拡大でき、例えばヘッドマウントディスプレイに好適に使用可能な性能を得ることができる。

なお、本明細書に記載された効果はあくまで例示であって限定されるものではなく、また付加的な効果があってもよい。

【図面の簡単な説明】

【0013】

【図1】本開示の一実施の形態に係る接眼レンズの第1の構成例を示すものであり、数値実施例1に対応するレンズ断面図である。

【図2】数値実施例1に対応する接眼レンズの諸収差を示す収差図である。

【図3】接眼レンズの第2の構成例を示すものであり、数値実施例2に対応するレンズ断面図である。

【図4】数値実施例2に対応する接眼レンズの諸収差を示す収差図である。

【図5】接眼レンズの第3の構成例を示すものであり、数値実施例3に対応するレンズ断

10

20

30

40

50

面図である。

【図 6】数値実施例 3 に対応する接眼レンズの諸収差を示す収差図である。

【図 7】接眼レンズの第 4 の構成例を示すものであり、数値実施例 4 に対応するレンズ断面図である。

【図 8】数値実施例 4 に対応する接眼レンズの諸収差を示す収差図である。

【図 9】接眼レンズの第 5 の構成例を示すものであり、数値実施例 5 に対応するレンズ断面図である。

【図 10】数値実施例 5 に対応する接眼レンズの諸収差を示す収差図である。

【図 11】接眼レンズの第 6 の構成例を示すものであり、数値実施例 6 に対応するレンズ断面図である。

10

【図 12】数値実施例 6 に対応する接眼レンズの諸収差を示す収差図である。

【図 13】接眼レンズの第 7 の構成例を示すものであり、数値実施例 7 に対応するレンズ断面図である。

【図 14】数値実施例 7 に対応する接眼レンズの諸収差を示す収差図である。

【図 15】接眼レンズの第 8 の構成例を示すものであり、数値実施例 8 に対応するレンズ断面図である。

【図 16】数値実施例 8 に対応する接眼レンズの諸収差を示す収差図である。

【図 17】接眼レンズの第 9 の構成例を示すものであり、数値実施例 9 に対応するレンズ断面図である。

【図 18】数値実施例 9 に対応する接眼レンズの諸収差を示す収差図である。

20

【図 19】接眼レンズの第 10 の構成例を示すものであり、数値実施例 10 に対応するレンズ断面図である。

【図 20】数値実施例 10 に対応する接眼レンズの諸収差を示す収差図である。

【図 21】接眼レンズの第 11 の構成例を示すものであり、数値実施例 11 に対応するレンズ断面図である。

【図 22】数値実施例 11 に対応する接眼レンズの諸収差を示す収差図である。

【図 23】接眼レンズの第 12 の構成例を示すものであり、数値実施例 12 に対応するレンズ断面図である。

【図 24】数値実施例 12 に対応する接眼レンズの諸収差を示す収差図である。

【図 25】接眼レンズの第 13 の構成例を示すものであり、数値実施例 13 に対応するレンズ断面図である。

30

【図 26】数値実施例 13 に対応する接眼レンズの諸収差を示す収差図である。

【図 27】接眼レンズの第 14 の構成例を示すものであり、数値実施例 14 に対応するレンズ断面図である。

【図 28】数値実施例 14 に対応する接眼レンズの諸収差を示す収差図である。

【図 29】接眼レンズの第 15 の構成例を示すものであり、数値実施例 15 に対応するレンズ断面図である。

【図 30】数値実施例 15 に対応する接眼レンズの諸収差を示す収差図である。

【図 31】接眼レンズの第 16 の構成例を示すものであり、数値実施例 16 に対応するレンズ断面図である。

40

【図 32】数値実施例 16 に対応する接眼レンズの諸収差を示す収差図である。

【図 33】接眼レンズの第 17 の構成例を示すものであり、数値実施例 17 に対応するレンズ断面図である。

【図 34】数値実施例 17 に対応する接眼レンズの諸収差を示す収差図である。

【図 35】接眼レンズの第 18 の構成例を示すものであり、数値実施例 18 に対応するレンズ断面図である。

【図 36】数値実施例 18 に対応する接眼レンズの諸収差を示す収差図である。

【図 37】接眼レンズの第 19 の構成例を示すものであり、数値実施例 19 に対応するレンズ断面図である。

【図 38】数値実施例 19 に対応する接眼レンズの諸収差を示す収差図である。

50

【図39】接眼レンズの第20の構成例を示すものであり、数値実施例20に対応するレンズ断面図である。

【図40】数値実施例20に対応する接眼レンズの諸収差を示す収差図である。

【図41】表示装置の一例としてのヘッドマウントディスプレイを斜め前方から見た外観斜視図である。

【図42】表示装置の一例としてのヘッドマウントディスプレイを斜め後方から見た外観斜視図である。

【発明を実施するための形態】

【0014】

以下、本開示の実施の形態について図面を参照して詳細に説明する。なお、説明は以下の順序で行う。 10

1. レンズの基本構成
2. 作用・効果
3. 表示装置への適用例
4. レンズの数値実施例
5. その他の実施の形態

【0015】

[1. レンズの基本構成]

図1は、本開示の一実施の形態に係る接眼レンズの第1の構成例を示している。この構成例は、後述の数値実施例1のレンズ構成に対応している。以下、本実施の形態に係る接眼レンズの構成を、適宜図1に示した構成例に対応付けて説明するが、本開示による技術は、図示した構成例に限定されるものではない。 20

【0016】

本実施の形態に係る接眼レンズは、光軸Z1に沿ってアイポイントE・P・側より順に、第1レンズL1と、第2レンズL2とが配置された、実質的に2つのレンズで構成されている。

【0017】

この接眼レンズは、例えば後述のヘッドマウントディスプレイ200（図41、図42）等の表示装置における接眼光学系に適用可能なものである。ヘッドマウントディスプレイ200等の表示装置に適用する場合、図1に示したように、LCD（Liquid Crystal Display）や有機ELディスプレイ等の画像表示素子100に表示された画像を拡大表示するために用いられる。画像表示素子100の前面には、画像表示素子100を保護するためのシールドガラス等が配置されていても良い。 30

【0018】

アイポイントE・Pは、観察者の瞳孔位置に対応し、開口絞りSTOとしても機能する。第1レンズL1は、正の屈折力を有し、アイポイントE・P側に凸面を向けている。第2レンズL2は、正の屈折力を有し、アイポイントE・P側に凸面を向けている。

【0019】

第1レンズL1の像側の面と第2レンズL2の像側の面は、非球面形状であることが望ましい。第1レンズL1のアイポイントE・P側の面は、変曲点を有する非球面形状であることが望ましい。第1レンズL1と第2レンズL2は、線膨張係数 20×10^{-6} / 以上の材料で構成されていることが望ましい。 40

【0020】

その他、本実施の形態に係る接眼レンズは、後述する所定の条件式等を満足することが望ましい。

【0021】

[2. 作用・効果]

次に、本実施の形態に係る接眼レンズの作用および効果を説明する。

【0022】

本実施の形態の接眼レンズによれば、基本的な構成として、アイポイントE・Pに近 50

い第1レンズL1が、アイポイントE・P・側に凸面を向けている凸レンズであることにより、高い没入感を演出するための広い画角を確保することが可能となる。また、基本的な構成として、画像表示素子100に近い第2レンズL2が、アイポイントE・P・側に凸面を向けた凸レンズであることにより、第1レンズL1と合わせて、像をさらに拡大することができ、広い画角を確保することが可能となる。

【0023】

また好ましい構成として、第1レンズL1の像側の面と第2レンズL2の像側の面とを非球面形状にすることによって、少ない枚数ながらも良好な収差補正、特にコマ収差の補正をすることが可能となる。また、光軸Z1に対して観察時に眼の位置が動き、例えば観察位置が左右ずれや上下ずれを起こしたときにも、画像表示素子100の画像がそれほど崩れることなく、良好な視認性を確保することにも貢献する。特に、第2レンズL2の像側の面が非球面であることにより、画像表示素子100からの光線が、それほど角度を持つことなく光学系に入射する。その結果、画像表示素子100のカラーフィルタによる色ずれを防止することができ、色ずれの少ない良好な画像・映像の拡大に貢献する。

10

【0024】

また好ましい構成として、第1レンズL1のアイポイントE・P・側の面を変曲点を有する非球面形状にすることにより、光軸Z1に対して観察時に眼の位置が動いたときの収差の発生を、良好に補正することができる。これにより、観察時に眼の位置が動いた場合でも、画像表示素子100の画像がそれほど崩れることなく、良好な視認性を確保することにも貢献する。

20

【0025】

また好ましくは、第1レンズL1と第2レンズL2とを、線膨張係数 20×10^{-6} / 以上の材料で構成することにより、画像表示素子100からの像を大きく拡大し、広い画角を確保しつつ、非常に軽量で長時間眼前に装着して使用しても疲れにくい接眼レンズを提供できる。

【0026】

(条件式の説明)

本実施の形態に係る接眼レンズは、以下の条件式を少なくとも1つ、好ましくは2つ以上の条件式を組み合わせるよう各レンズの構成の最適化を図ることで、より良好な性能を得ることができる。

30

【0027】

$$3.0 > (h \times \quad)^{1/2} / E > 1.2 \quad \dots \dots (1)$$

ただし、

h：像の水平端における高さ(図1参照)

：水平方向の半画角

E：アイポイントE・P・から第1レンズL1までの距離(アイレリーフ)(図1参照)

)

とする。

なお、後述のヘッドマウントディスプレイ200(図41、図42)等の表示装置に適用する場合には、hは画像表示素子100に表示された画像の水平端の高さである。例えば画像表示素子100が四角形状である場合、最大像高は対角端での高さh'となるが、水平端の高さhは図1に示したように対角端での高さh'よりも小さい値となる。ヘッドマウントディスプレイ200等の表示装置に適用した場合の視認性を考慮して、水平端の高さhを条件式に使用している。

40

【0028】

条件式(1)は、上記した基本構成のもとで、像の水平端の高さhに対する、水平半画角およびアイレリーフEの関係を表す条件式である。基本的に拡大しようとする像が大きければ大きいほど、広い画角を確保しやすく、またアイポイントE・P・と第1レンズL1との距離を近づければ、同じく広い画角を確保しやすい。すなわち条件式(1)の範囲を下回れば、良好な画質を保ったまま広い画角を提供できなくなることになり、例えば

50

ヘッドマウントディスプレイに適用した場合の表示装置としての魅力を失うことに繋がる。条件式(1)の範囲を上回った場合には、アイポイントE・Pと第1レンズL1との距離が近くなりすぎ、例えばヘッドマウントディスプレイに適用した場合の装着性を損ねる結果となる。例えば観察者が眼鏡をかけている場合には装着できなくなるなど、ヘッドマウントディスプレイの装着に条件が伴ってしまう結果となる。

なお、より良好な画質を保ったまま広い画角を提供するために、条件式(1)の数値範囲は以下の条件式(1)'の通り、設定することが好ましい。

$$2.6 > (h \times \quad)^{1/2} / E > 1.4 \quad \dots\dots (1)'$$

【0029】

$$2.3 > (L - E) / h > 1.5 \quad \dots\dots (2)$$

ただし、

L：アイポイントE・Pから像までの距離(図1参照)

とする。

【0030】

条件式(2)は、上記した基本構成において、像の水平端の高さhに対する、光学系全体の長さLからアイレリーフEの長さ分を差し引いた条件式である。条件式(2)の範囲を上回れば、第1レンズL1のアイポイントE・P側の面から画像表示素子100までの長さが長くなり、良好な収差補正ができるものの、例えばヘッドマウントディスプレイに適用した場合、眼前に装着するには長すぎて、装着性を損ねるものになってしまう。また、眼から離れた位置に重量物である画像表示素子100が位置することになるため、眼の位置を起点としたモーメントがかかり、さらに装着性を悪化させるものになってしまう。条件式(2)の範囲を下回れば、上記のような点が改善されて装着性は改善するものの、逆に光学系で収差補正をすることが困難となり、光学性能が劣化する。結果、例えばヘッドマウントディスプレイに適用した場合に、綺麗な画像で没入感を演出することが困難となる。

なお、より良い装着性と高い光学性能を得るために、条件式(2)の数値範囲は以下の条件式(2)'の通り、設定することが好ましい。

$$2.1 > (L - E) / h > 1.7 \quad \dots\dots (2)'$$

【0031】

$$3.7 > (f_1 \times f_2)^{1/2} / f > 1.4 \quad \dots\dots (3)$$

ただし、

f：全体の焦点距離

f₁：第1レンズL1の焦点距離

f₂：第2レンズL2の焦点距離

とする。

【0032】

条件式(3)は、この接眼レンズにおける全体の焦点距離fに対する、第1レンズL1の焦点距離f₁および第2レンズL2の焦点距離f₂の関係性を表したものである。条件式(3)の範囲を上回る場合、第1レンズL1、または第2レンズL2のいずれかのパワーが弱くなりすぎてしまい、広い画角を維持することが困難となる。例えばヘッドマウントディスプレイに適用した場合、歪曲収差をある程度発生させて、画面中心付近の凝集感を出し、高解像を演出することが望ましい。条件式(3)の範囲を下回る場合には、第1レンズL1と第2レンズL2のパワーが近くなりすぎてしまい、画面中心付近の凝集感を出し、高解像を演出することが困難となる。

なお、より高い光学性能を得るために、条件式(3)の数値範囲は以下の条件式(3)'の通り、設定することが好ましい。

$$3.3 > (f_1 \times f_2)^{1/2} / f > 1.7 \quad \dots\dots (3)'$$

【0033】

$$4.0 > |(R_3 + R_5) / (R_3 - R_5)| \quad \dots\dots (4)$$

ただし、

10

20

30

40

50

R 3 : 第 1 レンズ L 1 の像側の面の近軸曲率半径

R 5 : 第 2 レンズ L 2 の像側の面の近軸曲率半径

とする。

【 0 0 3 4 】

条件式 (4) は、第 1 レンズ L 1 の像側の面の近軸曲率半径 R 3 と、第 2 レンズ L 2 の像側の面の近軸曲率半径 R 5 との関係式を表したものである。条件式 (4) を満たすことで、諸収差、特にペッツパール和を整え、非点収差を補正する効果がある。

なお、より高い光学性能を得るために、条件式 (4) の数値範囲は以下の条件式 (4) ' の通り、設定することが好ましい。

$$3.5 > |(R3 + R5) / (R3 - R5)| \dots\dots (4) ' \quad 10$$

【 0 0 3 5 】

$$1.9 > R4 / f2 > 0.4 \dots\dots (5)$$

ただし、

R 4 : 第 2 レンズ L 2 のアイポイント E . P . 側の面の近軸曲率半径

とする。

【 0 0 3 6 】

条件式 (5) は、第 2 レンズ L 2 のアイポイント E . P . 側の面の近軸曲率半径 R 4 に対しての、第 2 レンズ L 2 の焦点距離 f 2 の関係性を表した式である。条件式 (5) を満たすことで、第 2 レンズ L 2 のパワーをそれほど強くすることなく、収差補正を行い、良好な視認性を確保したまま広い画角を確保することが可能となる。条件式 (5) の上限値を超えると、第 2 レンズ L 2 のパワーが強くなりすぎ、広い画角を確保することはできるものの、強いパワーによって製造誤差に対しての誤差感度が高くなり、製造性を損なう結果となる。条件式 (5) の下限値を超えると、第 2 レンズ L 2 のパワーが弱くなりすぎ、広い画角を維持することが困難となる。また、歪曲収差を出すことによる画面の凝集感の演出も困難となる。

なお、より高い光学性能を得るために、条件式 (5) の数値範囲は以下の条件式 (5) ' の通り、設定することが好ましい。

$$1.8 > R4 / f2 > 0.6 \dots\dots (5) ' \quad 20$$

【 0 0 3 7 】

$$1.0 > R2 / f1 > 0.1 \dots\dots (6) \quad 30$$

ただし、

R 2 : 第 1 レンズ L 1 のアイポイント E . P . 側の面の近軸曲率半径

とする。

【 0 0 3 8 】

条件式 (6) は、第 1 レンズ L 1 のアイポイント E . P . 側の面の近軸曲率半径に対しての、第 1 レンズ L 1 の焦点距離 f 1 の関係性を表したものである。条件式 (6) の上限値を超えると、第 1 レンズ L 1 のパワーが強くなりすぎ、製造誤差に関しての誤差感度が高く、製造性を損なう結果となる。条件式 (6) の下限値を超えると、第 1 レンズ L 1 のパワーが弱くなりすぎ、収差補正をすることが困難となる。特に光軸 Z 1 に対して観察時に眼の位置が動き、例えば観察位置が左右ずれや上下ずれを起こしたとき、視認性を損なう結果となる。

なお、より高い光学性能を得るために、条件式 (6) の数値範囲は以下の条件式 (6) ' の通り、設定することが好ましい。

$$0.8 > R2 / f1 > 0.19 \dots\dots (6) ' \quad 40$$

【 0 0 3 9 】

$$1.2 > (D2 + D4) / (D3 + D5) > 0.2 \dots\dots (7)$$

ただし、

D 2 : 第 1 レンズ L 1 の中心厚

D 3 : 第 1 レンズ L 1 と第 2 レンズ L 2 との間隔

D 4 : 第 2 レンズ L 2 の中心厚

D5：第2レンズL2と像との間隔とする。

【0040】

条件式(7)は、第1レンズL1の中心厚D2および第2レンズL2の中心厚D4に対しての、第1レンズL1と第2レンズL2との間隔D3、および第2レンズL2と像との間隔D5、すなわち空気レンズの厚さ(D3, D5)の関係性を表した式である。条件式(7)の上限値を超えると、第1レンズL1の中心厚D2および第2レンズL2の中心厚D4が厚くなりすぎてしまい、光学系の重量がかさむ結果となる。重くなってしまった結果、例えばヘッドマウントディスプレイに適用した場合の装着性を損なう結果となってしまう。条件式(7)の下限値を下回ると、第1レンズL1または第2レンズL2、または両方のレンズの厚さが薄くなりすぎてしまい、広い画角を維持するためのパワーが稼げなくなる。広い画角と高い没入感を損なう結果となる。

10

なお、より高い光学性能を得るために、条件式(7)の数値範囲は以下の条件式(7)'の通り、設定することが好ましい。

$$1.0 > (D2 + D4) / (D3 + D5) > 0.4 \dots\dots (7)'$$

【0041】

以上説明したように、本実施の形態によれば、低コストで、画像表示素子100の画像を可能な限り拡大することができる。また、例えばヘッドマウントディスプレイに適用した場合に重要な広い画角を提供して高い没入感を演出しつつ、軽くて装着性が良く、長時間使用しても疲れのない接眼光学系を実現できる。

20

【0042】

[3.表示装置への適用例]

図41および図42は、本実施の形態に係る接眼レンズを適用した表示装置の一例としてのヘッドマウントディスプレイ200の一構成例を示している。ヘッドマウントディスプレイ200は、本体部201と、額当て部202と、鼻当て部203と、ヘッドバンド204と、ヘッドフォン205とを備えている。額当て部202は、本体部201の中央上部に設けられている。鼻当て部203は、本体部201の中央下部に設けられている。

【0043】

ユーザがヘッドマウントディスプレイ200を頭部に装着したとき、額当て部202がユーザの額に当接するとともに、鼻当て部203が鼻に当接する。さらに、ヘッドバンド204が頭部の後方に当接する。これにより、このヘッドマウントディスプレイ200では、装置の荷重を頭部全体に分散させて、ユーザの負担を軽減して装着することができる。

30

【0044】

ヘッドフォン205は、左耳用のものと右耳用のものとが設けられ、左耳と右耳とに独立して音声を提供可能となっている。

【0045】

本体部201には、映像を表示するための回路基板や光学系等が内蔵されている。本体部201には、図42に示したように左眼表示部210Lおよび右眼表示部210Rが設けられ、左眼と右眼とに独立して映像を提供可能となっている。左眼表示部210Lには、左眼用の画像表示素子100と、左眼用の画像表示素子100に表示された画像を拡大する左眼用の接眼光学系とが設けられている。右眼表示部210Rには、右眼用の画像表示素子100と、右眼用の画像表示素子100に表示された画像を拡大する右眼用の接眼光学系とが設けられている。これら左眼用の接眼光学系および右眼用の接眼光学系として、本実施の形態に係る接眼レンズを適用可能である。

40

【0046】

なお、画像表示素子100には、図示しない画像再生装置から画像データが供給される。画像再生装置から3次元画像データを供給し、左眼表示部210Lと右眼表示部210Rとで互いに視差のある画像を表示することで、3次元表示を行うことも可能である。

【0047】

50

なお、ここでは表示装置をヘッドマウントディスプレイ 200 に適用した例を示したが、表示装置の適用範囲はヘッドマウントディスプレイ 200 に限られることはなく、例えば、電子双眼鏡や、カメラの電子ビューファインダ等に適用しても良い。

【0048】

また、本実施の形態に係る接眼レンズは、画像表示素子 100 に表示された画像を拡大する用途だけでなく、対物レンズによって形成された光学像を拡大するような観察装置にも適用可能である。

【実施例】

【0049】

< 4 . レンズの数値実施例 >

次に、本実施の形態に係る接眼レンズの具体的な数値実施例について説明する。

なお、以下の各表や説明において示した記号の意味等については、下記に示す通りである。「 S_i 」は、アイポイント E . P . を 1 番目として、像側に向かうに従い順次増加するようにして符号を付した i 番目の面の番号を示している。「 R_i 」は、 i 番目の面の曲率半径 (mm) を示す。「 D_i 」は i 番目の面と $i + 1$ 番目の面との間の光軸上の間隔 (mm) を示す。「 N_{di} 」は i 番目の面を有する光学要素の材質 (媒質) の d 線 (波長 587.6 nm) における屈折率の値を示す。「 d_i 」は i 番目の面を有する光学要素の材質の d 線におけるアッペ数の値を示す。曲率半径が「 ∞ 」である面は平面または絞り面 (開口絞り S T O) であることを示す。

【0050】

非球面の形状は次式で表される。後述する非球面係数を示す各表において、例えば「 $E - i$ 」は 10 を底とする指数表現、すなわち、「 10^{-i} 」を表しており、例えば、「 $0.12345E - 05$ 」は「 0.12345×10^{-5} 」を表している。

【0051】

(非球面の式)

$$Z = (Y^2 / R) / [1 + \{1 - (1 + K)(Y^2 / R^2)\}^{1/2}] + A_i \cdot Y^i$$
ただし、

Z : 非球面の深さ

Y : 光軸からの高さ

R : 近軸曲率半径

K : 円錐定数 (円錐係数)

A_i : 第 i 次 (i は 3 以上の整数) の非球面係数とする。

【0052】

(各数値実施例に共通の構成)

以下の各数値実施例に係る接眼レンズはいずれも、上記したレンズの基本構成を満足した構成となっている。また、第 1 レンズ L 1 および第 2 レンズ L 2 の各レンズ面が非球面となっている。

【0053】

[数値実施例 1]

[表 1]、[表 2] は、図 1 に示した第 1 の構成例に係る接眼レンズ 1 に対応する具体的なレンズデータを示している。特に [表 1] にはその基本的なレンズデータを示し、[表 2] には非球面に関するデータを示す。図 2 には、この数値実施例 1 に係る接眼レンズ 1 の諸収差として、球面収差、非点収差、およびディストーション (歪曲収差) を示す。各収差は、アイポイント E . P . 側から光線追跡したものである。各収差図は、545 nm における収差を実線で、460 nm における収差を一点鎖線で、620 nm における収差を破線で示す。非点収差図において、X はサジタル方向、Y はメリディオナル方向の収差を示す。後述の数値実施例 2 ~ 20 の収差図についても同様である。

【0054】

10

20

30

40

【表 1】

実施例 1 レンズデータ				
Si 面番号	Ri 曲率半径	Di 間隔	Ndi 屈折率	ν_{di} アッベ数
1 (STO)	∞	15.000	—	—
2	46.914	12.800	1.635	23.9
3	60.825	3.602	—	—
4	36.365	12.168	1.635	23.9
5	-62.534	25.930	—	—
6	∞			

10

【 0 0 5 5 】

【表 2】

実施例 1 非球面データ				
Si 面番号	K 円錐係数	4 次	6 次	8 次
1 (STO)	—	—	—	—
2	-2.618E+00	-3.433E-06	-2.270E-08	3.479E-11
3	0.000E+00	-1.020E-05	-1.151E-07	2.964E-10
4	0.000E+00	1.022E-05	-7.009E-08	7.527E-11
5	0.000E+00	3.046E-05	-1.466E-08	-9.831E-11
6	—	—	—	—
Si 面番号	10 次	12 次	14 次	
1 (STO)	—	—	—	
2	-3.413E-14	1.927E-17	—	
3	-3.391E-13	1.587E-16	-1.098E-20	
4	-1.229E-15	-3.096E-17	9.859E-21	
5	2.217E-13	-1.766E-16	4.900E-20	
6	—	—	—	

20

30

40

【 0 0 5 6 】

【数値実施例 2】

【表 3】、【表 4】は、図 3 に示した第 2 の構成例に係る接眼レンズ 2 に対応する具体的なレンズデータを示している。特に【表 3】にはその基本的なレンズデータを示し、【表 4】には非球面に関するデータを示す。図 4 には、この数値実施例 2 に係る接眼レンズ 2 の諸収差を示す。

【 0 0 5 7 】

【表 3】

実施例 2 レンズデータ				
Si 面番号	Ri 曲率半径	Di 間隔	Ndi 屈折率	ν_{di} アッベ数
1(STO)	∞	15.000	—	—
2	55.851	14.000	1.635	23.9
3	150.500	4.301	—	—
4	39.257	12.000	1.635	23.9
5	-78.969	24.699	—	—
6	∞			

10

【 0 0 5 8 】

【表 4】

実施例 2 非球面データ				
Si 面番号	K 円錐係数	4次	6次	8次
1(STO)	—	—	—	—
2	1.488E-01	-3.724E-06	-1.138E-08	1.017E-11
3	0.000E+00	-8.678E-06	-4.739E-08	1.030E-10
4	0.000E+00	4.551E-06	-2.078E-08	-1.761E-11
5	0.000E+00	2.271E-05	5.883E-09	-1.487E-10
6	—	—	—	—
Si 面番号	10次	12次	14次	
1(STO)	—	—	—	
2	-8.141E-15	4.959E-18	—	
3	-9.802E-14	3.343E-17	—	
4	7.001E-14	-4.761E-17	8.243E-21	
5	2.977E-13	-2.268E-16	6.013E-20	
6	—	—	—	

20

30

40

【 0 0 5 9 】

[数値実施例 3]

【表 5】、【表 6】は、図 5 に示した第 3 の構成例に係る接眼レンズ 3 に対応する具体的なレンズデータを示している。特に【表 5】にはその基本的なレンズデータを示し、【表 6】には非球面に関するデータを示す。図 6 には、この数値実施例 3 に係る接眼レンズ 3 の諸収差を示す。

【 0 0 6 0 】

【表 5】

実施例 3 レンズデータ				
Si 面番号	Ri 曲率半径	Di 間隔	Ndi 屈折率	ν_{di} アッベ数
1(ST0)	∞	15.000	—	—
2	48.810	12.800	1.583	29.9
3	64.615	2.708	—	—
4	36.780	12.865	1.635	23.9
5	-59.704	26.128	—	—
6	∞			

10

【 0 0 6 1 】

【表 6】

実施例 3 非球面データ				
Si 面番号	K 円錐係数	4次	6次	8次
1(ST0)	—	—	—	—
2	-2.326E+00	-4.741E-06	-2.200E-09	-2.969E-11
3	0.000E+00	-1.242E-05	-7.723E-08	1.221E-10
4	0.000E+00	7.153E-06	-6.561E-08	7.711E-11
5	0.000E+00	2.750E-05	-2.177E-08	-5.725E-11
6	—	—	—	—
Si 面番号	10次	12次	14次	
1(ST0)	—	—	—	
2	3.706E-14	-3.971E-18	—	
3	3.895E-14	-2.663E-16	1.851E-19	
4	-8.722E-15	-2.588E-17	8.954E-21	
5	1.574E-13	-1.322E-16	3.737E-20	
6	—	—	—	

20

30

40

【 0 0 6 2 】

[数値実施例 4]

[表 7]、[表 8] は、図 7 に示した第 4 の構成例に係る接眼レンズ 4 に対応する具体的なレンズデータを示している。特に [表 7] にはその基本的なレンズデータを示し、[表 8] には非球面に関するデータを示す。図 8 には、この数値実施例 4 に係る接眼レンズ 4 の諸収差を示す。

【 0 0 6 3 】

【表 7】

実施例 4 レンズデータ				
Si 面番号	Ri 曲率半径	Di 間隔	Ndi 屈折率	ν_{di} アッベ数
1(STO)	∞	20.000	—	—
2	100.809	12.289	1.635	23.3
3	-18926.617	0.800	—	—
4	40.785	5.105	1.635	23.3
5	-226.714	36.306	—	—
6	∞			

10

【 0 0 6 4 】

【表 8】

実施例 4 非球面データ				
Si 面番号	K 円錐係数	4 次	6 次	8 次
1(STO)	—	—	—	—
2	-9.662E+00	5.698E-06	-4.714E-08	7.808E-11
3	0.000E+00	-3.464E-05	2.409E-08	1.059E-11
4	0.000E+00	2.095E-06	-4.997E-08	1.086E-10
5	0.000E+00	4.930E-05	-1.291E-07	1.969E-10
6	—	—	—	—
Si 面番号	10 次	12 次	14 次	
1(STO)	—	—	—	
2	-6.789E-14	2.605E-17	—	
3	-4.489E-14	2.499E-17	—	
4	-8.617E-14	2.221E-17	7.950E-22	
5	-1.503E-13	4.695E-17	-2.614E-21	
6	—	—	—	

20

30

40

【 0 0 6 5 】

【数値実施例 5】

【表 9】、【表 10】は、図 9 に示した第 5 の構成例に係る接眼レンズ 5 に対応する具体的なレンズデータを示している。特に【表 9】にはその基本的なレンズデータを示し、【表 10】には非球面に関するデータを示す。図 10 には、この数値実施例 5 に係る接眼レンズ 5 の諸収差を示す。

【 0 0 6 6 】

【表 9】

実施例 5 レンズデータ				
Si 面番号	Ri 曲率半径	Di 間隔	Ndi 屈折率	ν di アッベ数
1(STO)	∞	18.000	—	—
2	153.562	11.634	1.711	36.1
3	-2111.000	0.950	—	—
4	37.164	9.452	1.711	36.1
5	-296.460	31.949	—	—
6	∞			

10

【 0 0 6 7 】

【表 10】

実施例 5 非球面データ				
Si 面番号	K 円錐係数	4 次	6 次	8 次
1(STO)	—	—	—	—
2	8.539E+00	-1.172E-05	4.406E-08	-9.444E-11
3	0.000E+00	-3.180E-05	2.855E-08	2.389E-11
4	0.000E+00	-4.047E-06	1.860E-08	-8.617E-11
5	0.000E+00	3.385E-05	-2.089E-08	-1.166E-10
6	—	—	—	—
Si 面番号	10 次	12 次	14 次	
1(STO)	—	—	—	
2	8.544E-14	-2.585E-17	—	
3	-7.904E-14	4.713E-17	—	
4	1.252E-13	-7.111E-17	1.279E-20	
5	2.488E-13	-1.817E-16	4.574E-20	
6	—	—	—	

20

30

40

【 0 0 6 8 】

【数値実施例 6】

【表 11】、【表 12】は、図 11 に示した第 6 の構成例に係る接眼レンズ 6 に対応する具体的なレンズデータを示している。特に【表 11】にはその基本的なレンズデータを示し、【表 12】には非球面に関するデータを示す。図 12 には、この数値実施例 6 に係る接眼レンズ 6 の諸収差を示す。

【 0 0 6 9 】

【表 1 1】

実施例 6 レンズデータ				
Si 面番号	Ri 曲率半径	Di 間隔	Ndi 屈折率	ν_{di} アッベ数
1 (STO)	∞	17.400	—	—
2	153.576	10.074	1.671	38.1
3	-2111.000	3.056	—	—
4	37.242	11.698	1.671	38.1
5	-160.984	30.872	—	—
6	∞			

10

【 0 0 7 0】

【表 1 2】

実施例 6 非球面データ				
Si 面番号	K 円錐係数	4 次	6 次	8 次
1 (STO)	—	—	—	—
2	6.120E-01	-1.294E-05	4.329E-08	-7.928E-11
3	0.000E+00	-2.707E-05	1.943E-09	9.476E-11
4	0.000E+00	1.242E-06	-1.769E-08	1.198E-11
5	0.000E+00	3.200E-05	-2.848E-08	-7.550E-11
6	—	—	—	—
Si 面番号	10 次	12 次	14 次	
1 (STO)	—	—	—	
2	6.394E-14	-1.748E-17	—	
3	-1.580E-13	7.774E-17	—	
4	5.364E-15	-3.079E-18	-1.926E-21	
5	1.885E-13	-1.445E-16	3.729E-20	
6	—	—	—	

20

30

40

【 0 0 7 1】

[数値実施例 7]

【表 1 3】、【表 1 4】は、図 1 3 に示した第 7 の構成例に係る接眼レンズ 7 に対応する具体的なレンズデータを示している。特に【表 1 3】にはその基本的なレンズデータを示し、【表 1 4】には非球面に関するデータを示す。図 1 4 には、この数値実施例 7 に係る接眼レンズ 7 の諸収差を示す。

【 0 0 7 2】

【表 1 3】

実施例 7 レンズデータ				
Si 面番号	Ri 曲率半径	Di 間隔	Ndi 屈折率	ν_{di} アッベ数
1 (STO)	∞	18.000	—	—
2	146.340	11.079	1.525	56.5
3	-2111.000	0.950	—	—
4	37.327	12.277	1.525	56.5
5	-57.214	32.193	—	—
6	∞			

10

【 0 0 7 3】

【表 1 4】

実施例 7 非球面データ				
Si 面番号	K 円錐係数	4次	6次	8次
1 (STO)	—	—	—	—
2	7.792E+00	-8.499E-06	2.916E-08	-7.853E-11
3	0.000E+00	-3.027E-05	9.022E-09	5.893E-11
4	0.000E+00	-6.515E-06	1.375E-09	-1.402E-11
5	0.000E+00	3.350E-05	-3.601E-08	-3.005E-11
6	—	—	—	—
Si 面番号	10次	12次	14次	
1 (STO)	—	—	—	
2	9.198E-14	-3.702E-17	—	
3	-1.100E-13	5.857E-17	—	
4	3.303E-14	-2.451E-17	5.070E-21	
5	1.131E-13	-9.668E-17	2.728E-20	
6	—	—	—	

20

30

40

【 0 0 7 4】

【数値実施例 8】

【表 1 5】、【表 1 6】は、図 1 5 に示した第 8 の構成例に係る接眼レンズ 8 に対応する具体的なレンズデータを示している。特に【表 1 5】にはその基本的なレンズデータを示し、【表 1 6】には非球面に関するデータを示す。図 1 6 には、この数値実施例 8 に係る接眼レンズ 8 の諸収差を示す。

【 0 0 7 5】

【表 15】

実施例 8 レンズデータ				
Si 面番号	Ri 曲率半径	Di 間隔	Ndi 屈折率	ν di アッベ数
1 (STO)	∞	15.000	—	—
2	110.372	11.400	1.525	56.5
3	-2688.936	0.500	—	—
4	40.027	15.000	1.525	56.5
5	-46.000	27.432	—	—
6	∞			

10

【0076】

【表 16】

実施例 8 非球面データ				
Si 面番号	K 円錐係数	4次	6次	8次
1 (STO)	—	—	—	—
2	4.124E+00	4.453E-06	-6.757E-08	1.401E-10
3	0.000E+00	-6.938E-06	-5.398E-08	-1.010E-10
4	0.000E+00	7.271E-06	-8.372E-08	1.528E-10
5	0.000E+00	2.043E-05	2.066E-08	-2.103E-10
6	—	—	—	—
Si 面番号	10次	12次	14次	
1 (STO)	—	—	—	
2	-1.387E-13	6.155E-17	—	
3	7.131E-13	-1.101E-15	5.570E-19	
4	-1.092E-13	2.576E-17	6.437E-22	
5	4.054E-13	-3.200E-16	9.181E-20	
6	—	—	—	

20

30

40

【0077】

〔数値実施例 9〕

〔表 17〕、〔表 18〕は、図 17 に示した第 9 の構成例に係る接眼レンズ 9 に対応する具体的なレンズデータを示している。特に〔表 17〕にはその基本的なレンズデータを示し、〔表 18〕には非球面に関するデータを示す。図 18 には、この数値実施例 9 に係る接眼レンズ 9 の諸収差を示す。

【0078】

【表 17】

実施例 9 レンズデータ				
Si 面番号	Ri 曲率半径	Di 間隔	Ndi 屈折率	ν_{di} アッベ数
1(ST0)	∞	15.000	—	—
2	80.888	9.174	1.635	23.8
3	-2111.000	6.962	—	—
4	39.907	9.813	1.635	23.8
5	-152.103	28.831	—	—
6	∞			

10

【0079】

【表 18】

実施例 9 非球面データ				
Si 面番号	K 円錐係数	4次	6次	8次
1(ST0)	—	—	—	—
2	-9.504E+00	-1.782E-05	4.992E-08	-9.274E-11
3	0.000E+00	-2.991E-05	1.221E-08	5.392E-11
4	0.000E+00	4.280E-06	-8.462E-09	-3.860E-11
5	0.000E+00	3.109E-05	-2.194E-08	-9.264E-11
6	—	—	—	—
Si 面番号	10次	12次	14次	
1(ST0)	—	—	—	
2	8.076E-14	-2.601E-17	—	
3	-1.127E-13	5.840E-17	—	
4	1.020E-13	-8.304E-17	2.224E-20	
5	2.302E-13	-1.912E-16	5.451E-20	
6	—	—	—	

20

30

40

【0080】

[数値実施例 10]

[表 19]、[表 20]は、図 19 に示した第 10 の構成例に係る接眼レンズ 10 に対応する具体的なレンズデータを示している。特に [表 19] にはその基本的なレンズデータを示し、[表 20] には非球面に関するデータを示す。図 20 には、この数値実施例 10 に係る接眼レンズ 10 の諸収差を示す。

【0081】

【表 19】

実施例 10 レンズデータ				
Si 面番号	Ri 曲率半径	Di 間隔	Ndi 屈折率	ν_{di} アッベ数
1 (STO)	∞	15.000	—	—
2	83.940	9.229	1.635	23.8
3	-505.000	7.603	—	—
4	38.796	10.548	1.635	23.8
5	-245.812	28.297	—	—
6	∞			

10

【0082】

【表 20】

実施例 10 非球面データ				
Si 面番号	K 円錐係数	4次	6次	8次
1 (STO)	—	—	—	—
2	-1.752E+00	-1.885E-05	5.987E-08	-1.235E-10
3	0.000E+00	-2.458E-05	-3.361E-09	9.641E-11
4	0.000E+00	5.787E-06	-9.122E-10	-7.800E-11
5	0.000E+00	2.954E-05	4.183E-09	-1.921E-10
6	—	—	—	—
Si 面番号	10次	12次	14次	
1 (STO)	—	—	—	
2	1.156E-13	-3.854E-17	—	
3	-1.671E-13	8.213E-17	—	
4	1.551E-13	-1.093E-16	2.590E-20	
5	3.724E-13	-2.771E-16	7.286E-20	
6	—	—	—	

20

30

40

【0083】

【数値実施例 11】

【表 21】、【表 22】は、図 21 に示した第 11 の構成例に係る接眼レンズ 11 に対応する具体的なレンズデータを示している。特に【表 21】にはその基本的なレンズデータを示し、【表 22】には非球面に関するデータを示す。図 22 には、この数値実施例 11 に係る接眼レンズ 11 の諸収差を示す。

【0084】

【表 2 1】

実施例 11 レンズデータ				
Si 面番号	Ri 曲率半径	Di 間隔	Ndi 屈折率	ν_{di} アッベ数
1 (STO)	∞	17.000	—	—
2	205.244	10.142	1.583	30.0
3	-2433.915	0.500	—	—
4	36.283	10.794	1.635	23.8
5	-84.267	30.878	—	—
6	∞			

10

【 0 0 8 5 】

【表 2 2】

実施例 11 非球面データ				
Si 面番号	K 円錐係数	4 次	6 次	8 次
1 (STO)	—	—	—	—
2	4.448E+00	-1.434E-05	5.860E-08	-1.167E-10
3	0.000E+00	-5.569E-05	9.029E-08	-3.498E-12
4	0.000E+00	-1.110E-05	9.094E-09	-7.488E-12
5	0.000E+00	5.079E-05	-1.290E-07	1.516E-10
6	—	—	—	—
Si 面番号	10 次	12 次	14 次	
1 (STO)	—	—	—	
2	9.125E-14	-1.771E-17	—	
3	-1.452E-13	8.002E-17	—	
4	1.475E-14	-9.468E-18	-6.250E-22	
5	-4.062E-14	-4.558E-17	2.382E-20	
6	—	—	—	

20

30

40

【 0 0 8 6 】

[数値実施例 1 2]

[表 2 3]、[表 2 4] は、図 2 3 に示した第 1 2 の構成例に係る接眼レンズ 1 2 に対応する具体的なレンズデータを示している。特に [表 2 3] にはその基本的なレンズデータを示し、[表 2 4] には非球面に関するデータを示す。図 2 4 には、この数値実施例 1 2 に係る接眼レンズ 1 2 の諸収差を示す。

【 0 0 8 7 】

【表 2 3】

実施例 12 レンズデータ				
Si 面番号	Ri 曲率半径	Di 間隔	Ndi 屈折率	ν_{di} アッベ数
1 (STO)	∞	17.000	—	—
2	59.884	12.800	1.525	56.6
3	92.469	1.400	—	—
4	38.696	13.000	1.635	23.8
5	-59.779	28.200	—	—
6	∞			

10

【 0 0 8 8 】

【表 2 4】

実施例 12 非球面データ				
Si 面番号	K 円錐係数	4 次	6 次	8 次
1 (STO)	—	—	—	—
2	-1.456E+00	-6.158E-06	1.721E-08	-9.189E-11
3	0.000E+00	-1.746E-05	-1.337E-08	-1.145E-10
4	0.000E+00	1.358E-06	-3.766E-08	2.621E-11
5	0.000E+00	2.142E-05	-5.434E-09	-9.690E-11
6	—	—	—	—
Si 面番号	10 次	12 次	14 次	
1 (STO)	—	—	—	
2	1.113E-13	-3.197E-17	—	
3	4.981E-13	-7.563E-16	4.077E-19	
4	3.839E-14	-4.630E-17	1.181E-20	
5	2.119E-13	-1.669E-16	4.507E-20	
6	—	—	—	

20

30

40

【 0 0 8 9 】

[数値実施例 1 3]

【表 2 5】、【表 2 6】は、図 2 5 に示した第 1 3 の構成例に係る接眼レンズ 1 3 に対応する具体的なレンズデータを示している。特に【表 2 5】にはその基本的なレンズデータを示し、【表 2 6】には非球面に関するデータを示す。図 2 6 には、この数値実施例 1 3 に係る接眼レンズ 1 3 の諸収差を示す。

【 0 0 9 0 】

【表 2 5】

実施例 13 レンズデータ				
Si 面番号	Ri 曲率半径	Di 間隔	Ndi 屈折率	ν_{di} アッベ数
1(STO)	∞	17.000	—	—
2	232.354	10.011	1.583	30.0
3	-14888.000	0.300	—	—
4	35.148	11.244	1.635	23.3
5	-88.824	31.078	—	—
6	∞			

10

【0091】

【表 2 6】

実施例 13 非球面データ				
Si 面番号	K 円錐係数	4次	6次	8次
1(STO)	—	—	—	—
2	-7.582E+00	-1.567E-05	6.242E-08	-1.140E-10
3	0.000E+00	-5.894E-05	1.071E-07	-5.249E-11
4	0.000E+00	-1.314E-05	2.064E-08	-3.726E-11
5	0.000E+00	5.183E-05	-1.314E-07	1.518E-10
6	—	—	—	—
Si 面番号	10次	12次	14次	
1(STO)	—	—	—	
2	8.326E-14	-1.491E-17	—	
3	-5.120E-14	-1.046E-17	6.087E-20	
4	5.637E-14	-3.994E-17	8.168E-21	
5	-2.840E-14	-6.400E-17	3.179E-20	
6	—	—	—	

20

30

40

【0092】

【数値実施例 1 4】

【表 2 7】、【表 2 8】は、図 2 7 に示した第 1 4 の構成例に係る接眼レンズ 1 4 に対応する具体的なレンズデータを示している。特に【表 2 7】にはその基本的なレンズデータを示し、【表 2 8】には非球面に関するデータを示す。図 2 8 には、この数値実施例 1 4 に係る接眼レンズ 1 4 の諸収差を示す。

【0093】

【表 27】

実施例 14 レンズデータ				
Si 面番号	Ri 曲率半径	Di 間隔	Ndi 屈折率	ν_{di} アッベ数
1(STO)	∞	17.000	—	—
2	72.218	11.268	1.583	30.0
3	-456.000	4.670	—	—
4	38.801	7.722	1.583	30.0
5	-432.000	32.003	—	—
6	∞			

10

【0094】

【表 28】

実施例 14 非球面データ				
Si 面番号	K 円錐係数	4次	6次	8次
1(STO)	—	—	—	—
2	-1.460E+00	-9.864E-06	1.656E-08	-1.230E-10
3	0.000E+00	-1.667E-05	-8.021E-08	3.685E-10
4	0.000E+00	1.516E-05	-5.953E-08	5.247E-11
5	0.000E+00	4.740E-05	-1.023E-07	1.253E-10
6	—	—	—	—
Si 面番号	10次	12次	14次	
1(STO)	—	—	—	
2	2.482E-13	-1.374E-16	—	
3	-8.918E-13	1.058E-15	-4.324E-19	
4	2.853E-14	-5.775E-17	1.849E-20	
5	-7.291E-14	9.473E-18	2.905E-21	
6	—	—	—	

20

30

40

【0095】

[数値実施例 15]

[表 29]、[表 30]は、図 29 に示した第 15 の構成例に係る接眼レンズ 15 に対応する具体的なレンズデータを示している。特に [表 29] にはその基本的なレンズデータを示し、[表 30] には非球面に関するデータを示す。図 30 には、この数値実施例 15 に係る接眼レンズ 15 の諸収差を示す。

【0096】

【表 29】

実施例 15 レンズデータ				
Si 面番号	Ri 曲率半径	Di 間隔	Ndi 屈折率	ν_{di} アッベ数
1(STO)	∞	17.000	—	—
2	76.329	10.915	1.583	30.0
3	-404.660	5.984	—	—
4	38.953	8.239	1.583	30.0
5	-366.230	31.935	—	—
6	∞			

10

【0097】

【表 30】

実施例 15 非球面データ				
Si 面番号	K 円錐係数	4次	6次	8次
1(STO)	—	—	—	—
2	-1.404E+00	-2.171E-05	7.002E-08	-2.169E-10
3	0.000E+00	-3.178E-05	-1.575E-09	2.095E-10
4	0.000E+00	-1.430E-06	2.283E-08	-1.013E-10
5	0.000E+00	2.932E-05	-6.881E-09	-1.116E-10
6	—	—	—	—
Si 面番号	10次	12次	14次	
1(STO)	—	—	—	
2	3.216E-13	-1.582E-16	—	
3	-7.091E-13	9.245E-16	-3.869E-19	
4	1.572E-13	-1.012E-16	2.133E-20	
5	2.237E-13	-1.706E-16	4.525E-20	
6	—	—	—	

20

30

40

【0098】

【数値実施例 16】

【表 31】、【表 32】は、図 31 に示した第 16 の構成例に係る接眼レンズ 16 に対応する具体的なレンズデータを示している。特に【表 31】にはその基本的なレンズデータを示し、【表 32】には非球面に関するデータを示す。図 32 には、この数値実施例 16 に係る接眼レンズ 16 の諸収差を示す。

【0099】

【表 3 1】

実施例 16 レンズデータ				
Si 面番号	Ri 曲率半径	Di 間隔	Ndi 屈折率	ν di アッベ数
1(STO)	∞	22.000	—	—
2	48.296	11.427	1.711	36.1
3	377.987	13.718	—	—
4	76.179	7.237	1.711	36.1
5	-88.044	25.617	—	—
6	∞			

10

【 0 1 0 0 】

【表 3 2】

実施例 16 非球面データ				
Si 面番号	K 円錐係数	4 次	6 次	8 次
1(STO)	—	—	—	—
2	-1.966E+00	-1.127E-06	-1.545E-08	1.490E-13
3	0.000E+00	-3.736E-06	-3.031E-08	3.417E-11
4	0.000E+00	5.381E-06	-3.065E-08	5.349E-11
5	0.000E+00	1.479E-05	-1.645E-08	3.572E-11
6	—	—	—	—
Si 面番号	10 次	12 次	14 次	
1(STO)	—	—	—	
2	9.540E-15	—	—	
3	-1.534E-14	—	—	
4	-2.365E-14	—	—	
5	-2.659E-14	4.973E-18	—	
6	—	—	—	

20

30

40

【 0 1 0 1 】

[数値実施例 1 7]

【表 3 3】、【表 3 4】は、図 3 3 に示した第 1 7 の構成例に係る接眼レンズ 1 7 に対応する具体的なレンズデータを示している。特に【表 3 3】にはその基本的なレンズデータを示し、【表 3 4】には非球面に関するデータを示す。図 3 4 には、この数値実施例 1 7 に係る接眼レンズ 1 7 の諸収差を示す。

【 0 1 0 2 】

【表 3 3】

実施例 17 レンズデータ				
Si 面番号	Ri 曲率半径	Di 間隔	Ndi 屈折率	ν_{di} アッベ数
1(STO)	∞	15.000	—	—
2	76.218	10.887	1.583	30.0
3	-433.706	2.974	—	—
4	39.969	6.790	1.583	30.0
5	-378.306	33.850	—	—
6	∞			

10

【 0 1 0 3】

【表 3 4】

実施例 17 非球面データ				
Si 面番号	K 円錐係数	4 次	6 次	8 次
1(STO)	—	—	—	—
2	-1.974E+00	-2.633E-05	8.884E-08	-2.779E-10
3	0.000E+00	-3.861E-05	-3.085E-08	3.450E-10
4	0.000E+00	3.338E-05	-1.781E-07	3.593E-10
5	0.000E+00	7.715E-05	-2.389E-07	3.916E-10
6	—	—	—	—
Si 面番号	10 次	12 次	14 次	
1(STO)	—	—	—	
2	4.107E-13	-2.004E-16	—	
3	-9.256E-13	1.102E-15	-4.478E-19	
4	-3.529E-13	1.690E-16	-3.318E-20	
5	-3.449E-13	1.511E-16	-2.661E-20	
6	—	—	—	

20

30

40

【 0 1 0 4】

【数値実施例 1 8】

【表 3 5】、【表 3 6】は、図 3 5 に示した第 1 8 の構成例に係る接眼レンズ 1 8 に対応する具体的なレンズデータを示している。特に【表 3 5】にはその基本的なレンズデータを示し、【表 3 6】には非球面に関するデータを示す。図 3 6 には、この数値実施例 1 8 に係る接眼レンズ 1 8 の諸収差を示す。

【 0 1 0 5】

【表 3 5】

実施例 18 レンズデータ				
Si 面番号	Ri 曲率半径	Di 間隔	Ndi 屈折率	ν_{di} アッベ数
1 (ST0)	∞	20.000	—	—
2	49.223	13.200	1.525	56.6
3	404.171	1.000	—	—
4	78.839	10.984	1.635	23.8
5	-56.255	30.280	—	—
6	∞			

10

【 0 1 0 6】

【表 3 6】

実施例 18 非球面データ				
Si 面番号	K 円錐係数	4 次	6 次	8 次
1 (ST0)	—	—	—	—
2	-2.178E+00	-1.400E-05	4.442E-08	-1.085E-10
3	0.000E+00	-2.138E-05	2.574E-08	-1.053E-10
4	0.000E+00	1.527E-06	-2.473E-08	1.590E-11
5	0.000E+00	1.381E-05	-6.737E-09	-5.957E-11
6	—	—	—	—
Si 面番号	10 次	12 次	14 次	
1 (ST0)	—	—	—	
2	1.051E-13	-3.399E-17	—	
3	2.461E-13	-2.572E-16	9.810E-20	
4	1.898E-14	-2.177E-17	4.673E-21	
5	1.093E-13	-7.400E-17	1.819E-20	
6	—	—	—	

20

30

40

【 0 1 0 7】

【数値実施例 1 9】

【表 3 7】、【表 3 8】は、図 3 7 に示した第 1 9 の構成例に係る接眼レンズ 1 9 に対応する具体的なレンズデータを示している。特に【表 3 7】にはその基本的なレンズデータを示し、【表 3 8】には非球面に関するデータを示す。図 3 8 には、この数値実施例 1 9 に係る接眼レンズ 1 9 の諸収差を示す。

【 0 1 0 8】

【表 3 7】

実施例 19 レンズデータ				
Si 面番号	Ri 曲率半径	Di 間隔	Ndi 屈折率	ν_{di} アッベ数
1 (STO)	∞	20.000	—	—
2	53.216	13.200	1.583	30.0
3	289.524	1.029	—	—
4	63.749	12.000	1.583	30.0
5	-52.239	29.200	—	—
6	∞			

10

【 0 1 0 9】

【表 3 8】

実施例 19 非球面データ				
Si 面番号	K 円錐係数	4 次	6 次	8 次
1 (STO)	—	—	—	—
2	-1.347E+00	-1.231E-05	2.919E-08	-6.706E-11
3	0.000E+00	-1.543E-05	-9.511E-09	1.169E-11
4	0.000E+00	1.191E-06	-2.448E-08	1.582E-11
5	0.000E+00	1.551E-05	-6.385E-09	-5.937E-11
6	—	—	—	—
Si 面番号	10 次	12 次	14 次	
1 (STO)	—	—	—	
2	6.197E-14	-1.858E-17	—	
3	3.727E-14	-7.348E-17	3.649E-20	
4	1.877E-14	-2.151E-17	5.015E-21	
5	1.096E-13	-7.396E-17	1.791E-20	
6	—	—	—	

20

30

40

【 0 1 1 0】

[数値実施例 2 0]

[表 3 9]、[表 4 0] は、図 3 9 に示した第 2 0 の構成例に係る接眼レンズ 2 0 に対応する具体的なレンズデータを示している。特に [表 3 9] にはその基本的なレンズデータを示し、[表 4 0] には非球面に関するデータを示す。図 4 0 には、この数値実施例 2 0 に係る接眼レンズ 2 0 の諸収差を示す。

【 0 1 1 1】

【表 3 9】

実施例 20 レンズデータ				
Si 面番号	Ri 曲率半径	Di 間隔	Ndi 屈折率	ν_{di} アッベ数
1 (STO)	∞	20.000	—	—
2	48.852	13.200	1.525	56.6
3	408.968	1.000	—	—
4	88.416	10.987	1.635	23.8
5	-52.000	29.606	—	—
6	∞			

10

【 0 1 1 2】

【表 4 0】

実施例 20 非球面データ				
Si 面番号	K 円錐係数	4 次	6 次	8 次
1 (STO)	—	—	—	—
2	-2.178E+00	-1.544E-05	5.438E-08	-1.347E-10
3	0.000E+00	-2.294E-05	3.503E-08	-1.226E-10
4	0.000E+00	1.551E-06	-2.481E-08	1.584E-11
5	0.000E+00	1.362E-05	-6.753E-09	-5.956E-11
6	—	—	—	—
Si 面番号	10 次	12 次	14 次	
1 (STO)	—	—	—	
2	1.345E-13	-4.588E-17	—	
3	2.630E-13	-2.677E-16	1.013E-19	
4	1.895E-14	-2.181E-17	4.669E-21	
5	1.093E-13	-7.396E-17	1.823E-20	
6	—	—	—	

20

30

40

【 0 1 1 3】

[各実施例のその他の数値データ]

[表 4 1] には、上述の各条件式に関する値を、各数値実施例についてまとめたものを示す。[表 4 2]、[表 4 3] には、上述の各条件式に用いられているパラメータの値を各数値実施例についてまとめたものを示す。[表 4 1] から分かるように、各条件式について、各数値実施例の値がその数値範囲内となっている。

【 0 1 1 4】

【表 4 1】

条件式	実施例 1	実施例 2	実施例 3	実施例 4	実施例 5
(1) $3.0 > (h \times \omega)^{1/2} / E > 1.2$	2.371	2.371	2.371	1.775	2.119
(2) $2.3 > (L-E) / h > 1.5$	1.982	1.982	1.982	1.817	1.799
(3) $3.7 > (f1 \times f2)^{1/2} / f > 1.4$	2.564	2.061	2.701	2.192	2.473
(4) $40 > (R3+R5) / (R3-R5) $	0.014	0.312	0.040	1.024	1.327
(5) $1.9 > R4 / f2 > 0.4$	0.965	0.922	0.981	0.751	0.797
(6) $1.0 > R2 / f1 > 0.1$	0.199	0.427	0.187	0.644	0.767
(7) $1.2 > (D2+D4) / (D3+D5) > 0.2$	0.845	0.897	0.890	0.469	0.641
	実施例 6	実施例 7	実施例 8	実施例 9	実施例 10
(1) $3.0 > (h \times \omega)^{1/2} / E > 1.2$	2.181	2.041	2.371	2.477	2.503
(2) $2.3 > (L-E) / h > 1.5$	1.737	1.883	1.976	1.826	1.856
(3) $3.7 > (f1 \times f2)^{1/2} / f > 1.4$	2.515	2.720	2.488	2.024	1.972
(4) $40 > (R3+R5) / (R3-R5) $	1.165	1.056	1.035	1.155	2.897
(5) $1.9 > R4 / f2 > 0.4$	0.813	0.833	0.927	0.793	0.732
(6) $1.0 > R2 / f1 > 0.1$	0.724	0.563	0.549	0.665	0.743
(7) $1.2 > (D2+D4) / (D3+D5) > 0.2$	0.642	0.705	0.945	0.530	0.551
	実施例 11	実施例 12	実施例 13	実施例 14	実施例 15
(1) $3.0 > (h \times \omega)^{1/2} / E > 1.2$	2.069	2.371	2.010	2.486	2.169
(2) $2.3 > (L-E) / h > 1.5$	1.902	1.982	1.912	1.801	1.847
(3) $3.7 > (f1 \times f2)^{1/2} / f > 1.4$	3.085	3.085	3.345	1.940	1.940
(4) $40 > (R3+R5) / (R3-R5) $	1.072	0.215	1.012	37.000	20.060
(5) $1.9 > R4 / f2 > 0.4$	0.884	0.943	0.862	0.638	0.646
(6) $1.0 > R2 / f1 > 0.1$	0.637	0.186	0.598	0.676	0.694
(7) $1.2 > (D2+D4) / (D3+D5) > 0.2$	0.667	0.899	0.677	0.518	0.505
	実施例 16	実施例 17	実施例 18	実施例 19	実施例 20
(1) $3.0 > (h \times \omega)^{1/2} / E > 1.2$	1.508	2.517	1.778	1.778	1.778
(2) $2.3 > (L-E) / h > 1.5$	2.109	1.758	1.836	1.840	1.811
(3) $3.7 > (f1 \times f2)^{1/2} / f > 1.4$	1.669	1.975	1.920	1.940	1.913
(4) $40 > (R3+R5) / (R3-R5) $	0.622	14.657	0.756	0.694	0.774
(5) $1.9 > R4 / f2 > 0.4$	1.310	0.647	1.490	1.257	1.677
(6) $1.0 > R2 / f1 > 0.1$	0.634	0.687	0.469	0.490	0.471
(7) $1.2 > (D2+D4) / (D3+D5) > 0.2$	0.474	0.480	0.773	0.834	0.790

10

20

30

40

【 0 1 1 5 】

【表 4 2】

パラメータ	実施例 1	実施例 2	実施例 3	実施例 4	実施例 5
h	27.50	27.50	27.50	30.00	30.00
ω	46.00	46.00	46.00	42.00	48.50
L	69.50	69.50	69.50	74.50	71.98
E	15.00	15.00	15.00	20.00	18.00
f	36.72	36.24	36.60	42.06	39.07
f1	235.32	130.94	260.78	156.42	200.16
f2	37.67	42.58	37.48	54.31	46.63
R2	46.91	55.85	48.81	100.81	153.56
R3	60.82	150.50	64.62	-18926.62	-2111.00
R4	36.37	39.26	36.78	40.79	37.16
R5	-62.53	-78.97	-59.70	-226.71	-296.46
D2	12.80	14.00	12.80	12.29	11.63
D3	3.60	4.30	2.71	0.80	0.95
D4	12.17	12.00	12.86	5.10	9.45
D5	25.93	24.70	26.13	36.31	31.95
	実施例 6	実施例 7	実施例 8	実施例 9	実施例 10
h	30.00	30.00	27.50	30.00	30.00
ω	48.00	45.00	46.00	46.00	47.00
L	69.50	74.50	69.33	69.78	70.68
E	17.40	18.00	15.00	15.00	15.00
f	39.21	39.66	37.46	38.65	39.24
f1	212.12	259.78	201.16	121.69	112.94
f2	45.83	44.82	43.16	50.31	53.02
R2	153.58	146.34	110.37	80.89	83.94
R3	-2111.00	-2111.00	-2688.94	-2111.00	-505.00
R4	37.24	37.33	40.03	39.91	38.80
R5	-160.98	-57.21	-46.00	-152.10	-245.81
D2	10.07	11.08	11.40	9.17	9.23
D3	3.06	0.95	0.50	6.96	7.60
D4	11.70	12.28	15.00	9.81	10.55
D5	30.87	32.19	27.43	28.83	28.30

10

20

30

40

【 0 1 1 6 】

【表 4 3】

パラメータ	実施例 11	実施例 12	実施例 13	実施例 14	実施例 15
h	27.50	27.50	27.50	30.90	30.90
ω	45.00	46.00	45.00	45.00	44.00
L	69.32	69.50	70.08	70.66	74.07
E	17.00	15.00	17.50	15.00	17.00
f	37.26	37.26	37.63	41.55	41.98
f1	322.04	322.04	388.79	106.76	110.03
f2	41.02	41.02	40.75	60.86	60.27
R2	205.24	59.88	232.35	72.22	76.33
R3	-2433.92	92.47	-14888.00	-456.00	-404.66
R4	36.28	38.70	35.15	38.80	38.95
R5	-84.27	-59.78	-88.82	-432.00	-366.23
D2	10.14	12.80	10.01	11.27	10.91
D3	0.50	1.40	0.30	4.67	5.98
D4	10.79	13.00	11.24	7.72	8.24
D5	30.88	27.30	31.08	32.00	31.93
	実施例 16	実施例 17	実施例 18	実施例 19	実施例 20
h	27.50	31.00	27.50	27.50	27.50
ω	40.00	46.00	46.00	46.00	46.00
L	80.00	69.50	70.50	70.60	69.80
E	22.00	15.00	20.00	20.00	20.00
f	39.86	41.94	38.80	38.25	38.68
f1	76.15	111.01	104.85	108.53	103.80
f2	58.13	61.79	52.93	50.72	52.72
R2	48.30	76.22	49.22	53.22	48.85
R3	377.99	-433.71	404.17	289.52	408.97
R4	76.18	39.97	78.84	63.75	88.42
R5	-88.04	-378.31	-56.26	-52.24	-52.00
D2	11.43	10.89	13.20	13.20	13.20
D3	13.72	2.97	1.00	1.03	1.00
D4	7.24	6.79	10.98	12.00	10.99
D5	25.62	33.85	30.28	29.20	29.61

【 0 1 1 7 】

< 5 . その他の実施の形態 >

本開示による技術は、上記実施の形態および実施例の説明に限定されず種々の変形実施が可能である。

例えば、上記各数値実施例において示した各部の形状および数値は、いずれも本技術を実施するための具体化のほんの一例に過ぎず、これらによって本技術の技術的範囲が限定的に解釈されることがあってはならないものである。

【 0 1 1 8 】

また、上記実施の形態および実施例では、実質的に2つのレンズからなる構成について説明したが、実質的に屈折力を有さないレンズをさらに備えた構成であっても良い。

10

20

30

40

50

【 0 1 1 9 】

また例えば、本技術は以下のような構成を取ることができる。

[1]

像を拡大するために用いられ、アイポイント側から順に、
前記アイポイント側に凸面を向けた正の屈折力を持つ第1レンズと、
前記アイポイント側に凸面を向けた正の屈折力を持つ第2レンズと
から構成され、以下の条件式を満足する
接眼レンズ。

$$3.0 > (h \times \theta)^{1/2} / E > 1.2 \quad \dots\dots (1)$$

$$2.3 > (L - E) / h > 1.5 \quad \dots\dots (2)$$

10

ただし、

h : 前記像の水平端における高さ

θ : 水平方向の半画角

E : 前記アイポイントから前記第1レンズまでの距離 (アイレリーフ)

L : 前記アイポイントから前記像までの距離

とする。

[2]

以下の条件式を満足する

上記 [1] に記載の接眼レンズ。

$$3.7 > | (f_1 \times f_2) |^{1/2} / f > 1.4 \quad \dots\dots (3)$$

20

ただし、

f : 全体の焦点距離

f₁ : 前記第1レンズの焦点距離

f₂ : 前記第2レンズの焦点距離

とする。

[3]

以下の条件式を満足する

上記 [1] または [2] に記載の接眼レンズ。

$$| (R_3 + R_5) / (R_3 - R_5) | < 4.0 \quad \dots\dots (4)$$

30

ただし、

R₃ : 前記第1レンズの像側の面の近軸曲率半径

R₅ : 前記第2レンズの像側の面の近軸曲率半径

とする。

[4]

以下の条件式を満足する

上記 [1] ないし [3] のいずれか1つに記載の接眼レンズ。

$$1.9 > R_4 / f_2 > 0.4 \quad \dots\dots (5)$$

ただし、

R₄ : 前記第2レンズの前記アイポイント側の面の近軸曲率半径

とする。

40

[5]

以下の条件式を満足する

上記 [1] ないし [4] のいずれか1つに記載の接眼レンズ。

$$1.0 > R_2 / f_1 > 0.1 \quad \dots\dots (6)$$

ただし、

R₂ : 前記第1レンズの前記アイポイント側の面の近軸曲率半径

とする。

[6]

以下の条件式を満足する

上記 [1] ないし [5] のいずれか1つに記載の接眼レンズ。

50

$$1.2 > (D2 + D4) / (D3 + D5) > 0.2 \dots\dots (7)$$

ただし、

- D2 : 前記第1レンズの中心厚
- D3 : 前記第1レンズと前記第2レンズとの間隔
- D4 : 前記第2レンズの中心厚
- D5 : 前記第2レンズと前記像との間隔

とする。

[7]

前記第1レンズの像側の面と前記第2レンズの像側の面とが、非球面形状である
上記[1]ないし[6]のいずれか1つに記載の接眼レンズ。

10

[8]

前記第1レンズのアイポイント側の面が、変曲点を有する非球面形状である
上記[1]ないし[7]のいずれか1つに記載の接眼レンズ。

[9]

前記第1レンズと前記第2レンズとが、線膨張係数 20×10^{-6} / 以上の材料で構成
されている

上記[1]ないし[8]のいずれか1つに記載の接眼レンズ。

[10]

実質的に屈折力を有さないレンズをさらに備えた

上記[1]ないし[9]のいずれか1つに記載の接眼レンズ。

20

[11]

画像表示素子と、前記画像表示素子に表示された像を拡大する接眼レンズとを含み、
前記接眼レンズは、

アイポイント側から順に、

前記アイポイント側に凸面を向けた正の屈折力を持つ第1レンズと、

前記アイポイント側に凸面を向けた正の屈折力を持つ第2レンズと

から構成され、以下の条件式を満足する

表示装置。

$$3.0 > (h \times \quad)^{1/2} / E > 1.2 \dots\dots (1)$$

$$2.3 > (L - E) / h > 1.5 \dots\dots (2)$$

30

ただし、

h : 前記像の水平端における高さ

: 水平方向の半画角

E : 前記アイポイントから前記第1レンズまでの距離 (アイレリーフ)

L : 前記アイポイントから前記像までの距離

とする。

[12]

前記接眼レンズは、実質的に屈折力を有さないレンズをさらに備える

上記[11]に記載の表示装置。

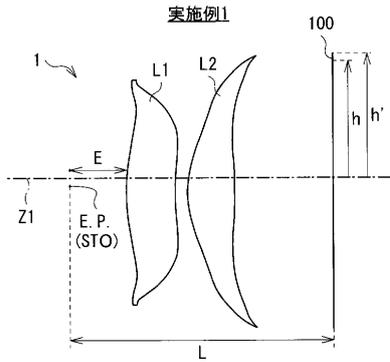
【符号の説明】

40

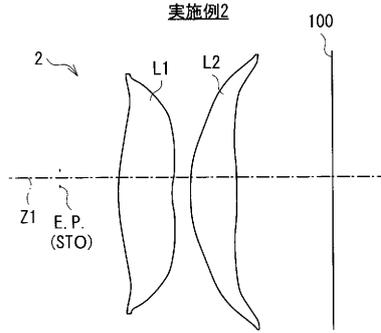
【0120】

L1 ... 第1レンズ、L2 ... 第2レンズ、E ... アイレリーフ、E・P ... アイポイント、
h ... 像の水平端における高さ、h' ... 像の対角端における高さ、Z1 ... 光軸、1~20 ...
接眼レンズ、100 ... 画像表示素子、200 ... ヘッドマウントディスプレイ、201 ... 本
体部、202 ... 額当て部、203 ... 鼻当て部、204 ... ヘッドバンド、205 ... ヘッドフ
ォン、210L ... 左眼表示部、210R ... 右眼表示部。

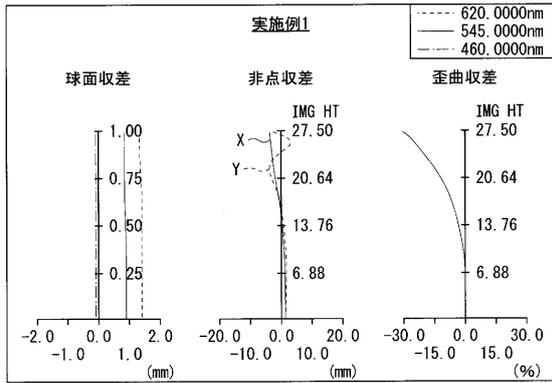
【图 1】



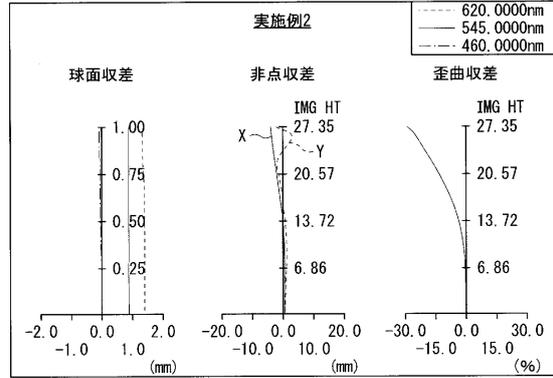
【图 3】



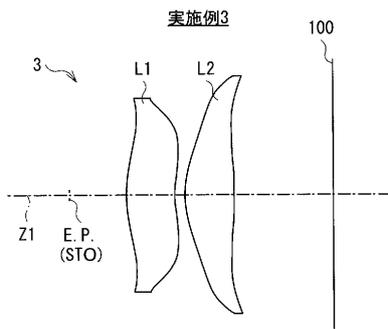
【图 2】



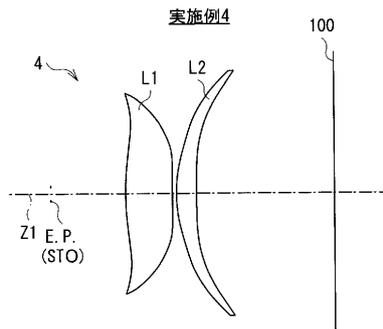
【图 4】



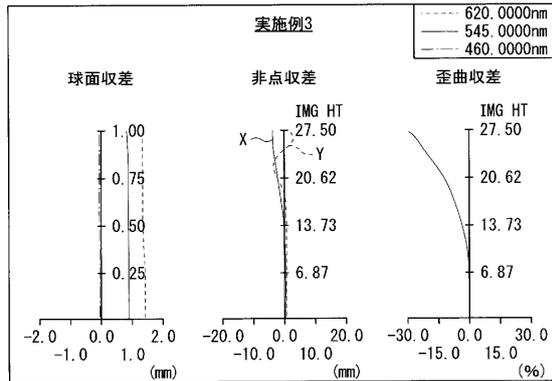
【图 5】



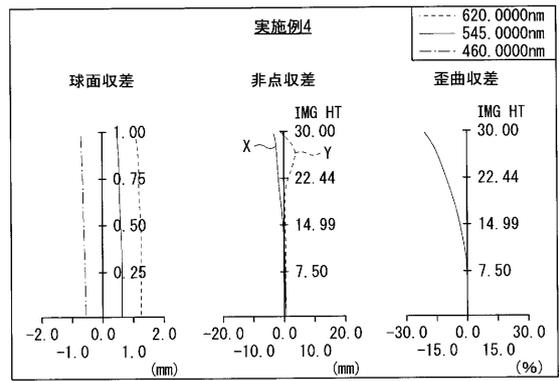
【图 7】



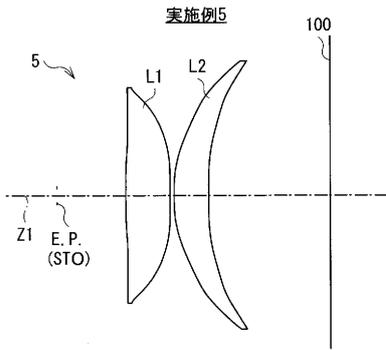
【图 6】



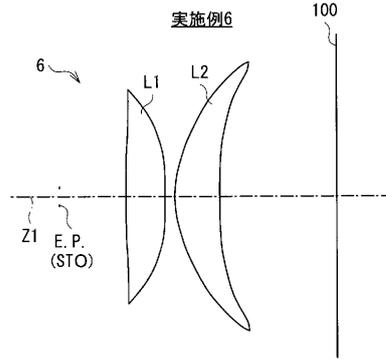
【图 8】



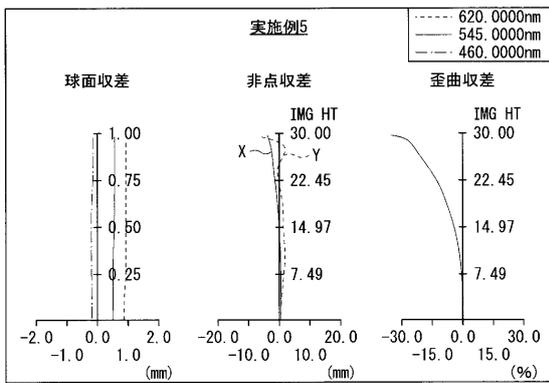
【图 9】



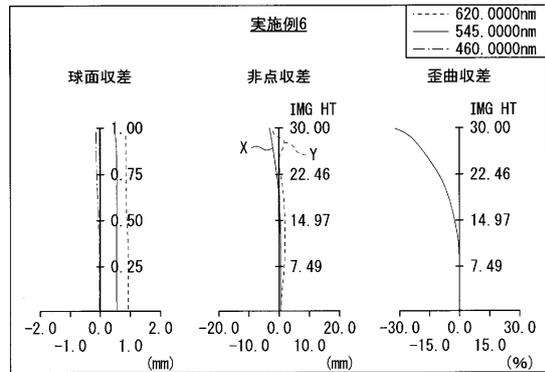
【图 11】



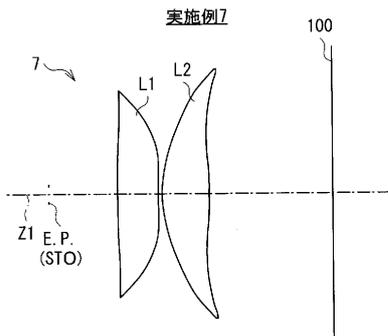
【图 10】



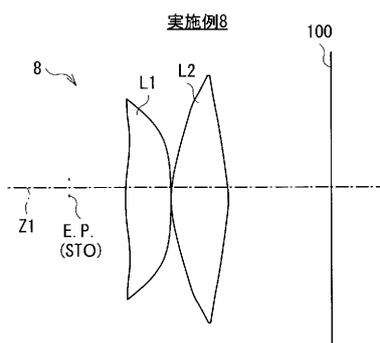
【图 12】



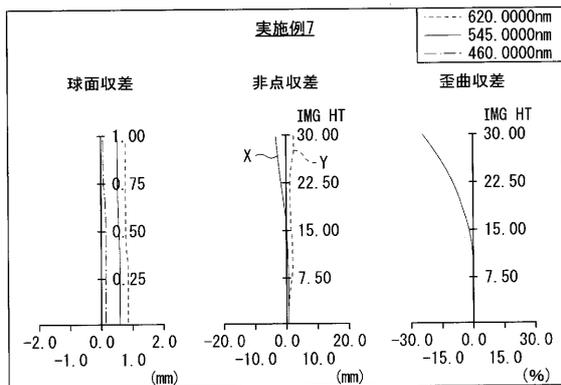
【图 13】



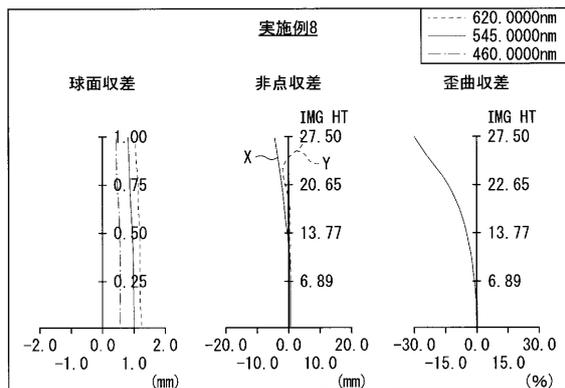
【图 15】



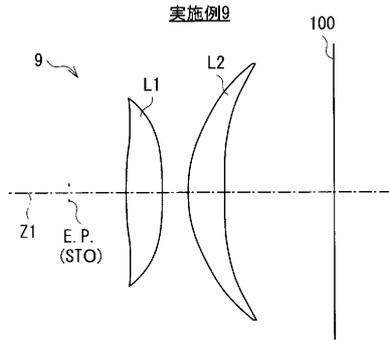
【图 14】



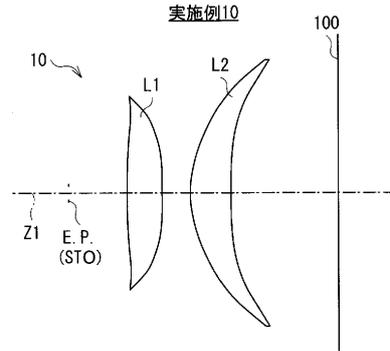
【图 16】



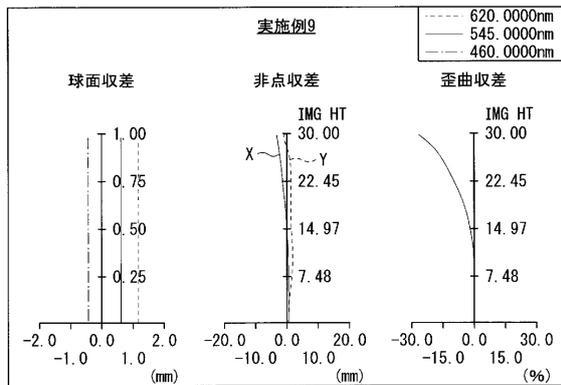
【图 17】



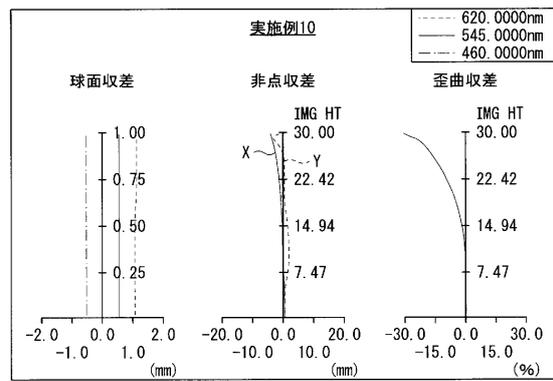
【图 19】



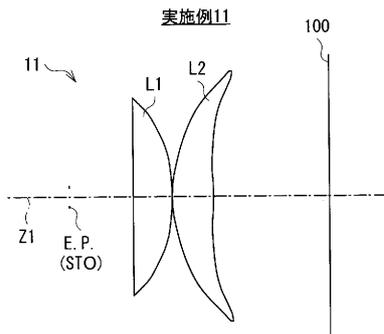
【图 18】



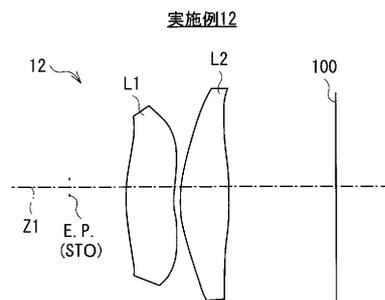
【图 20】



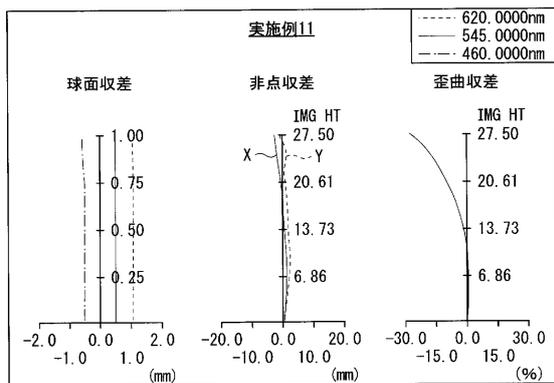
【图 21】



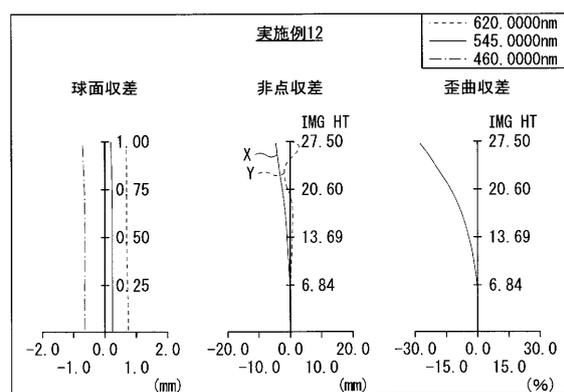
【图 23】



【图 22】

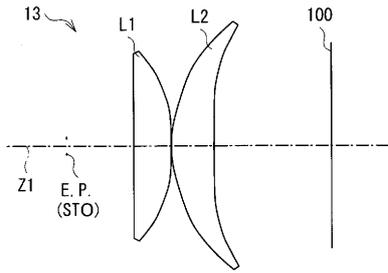


【图 24】



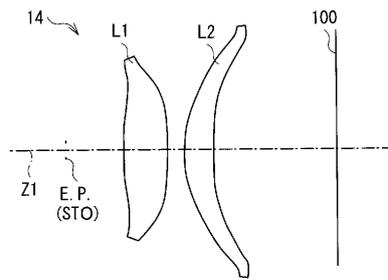
【图 25】

实施例13

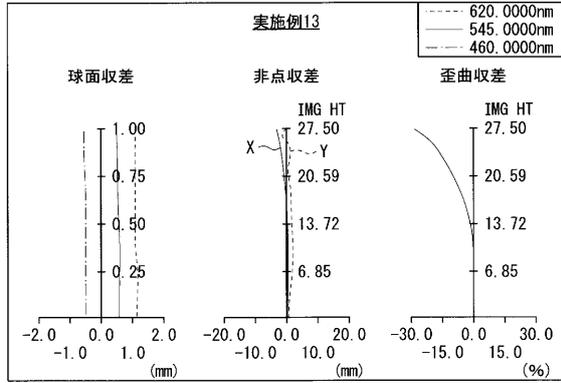


【图 27】

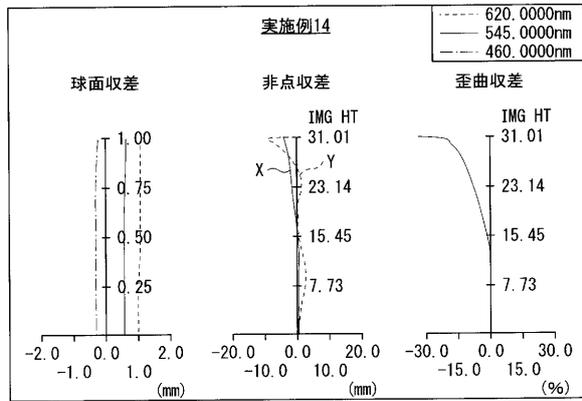
实施例14



【图 26】

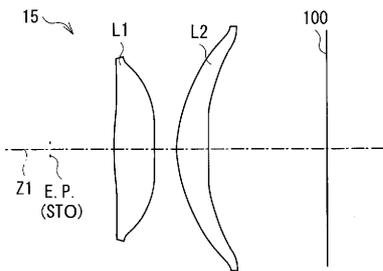


【图 28】



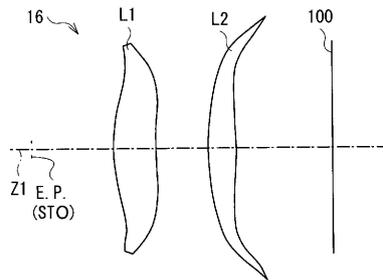
【图 29】

实施例15

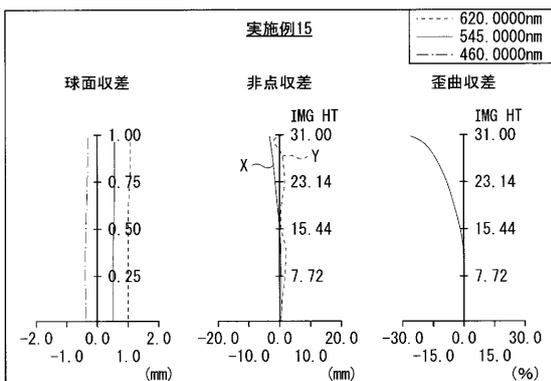


【图 31】

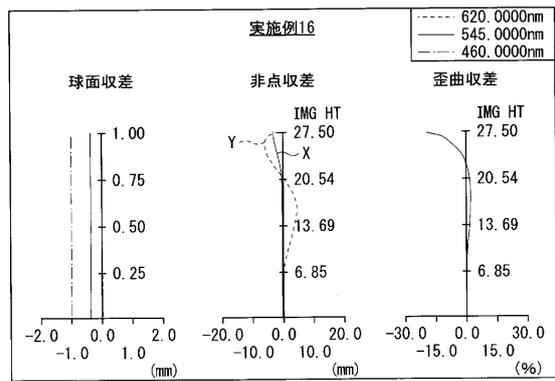
实施例16



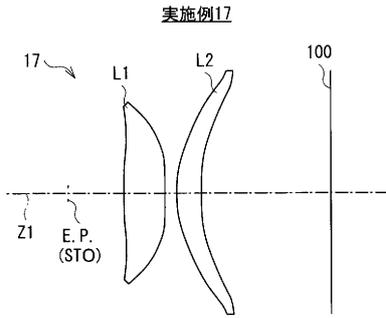
【图 30】



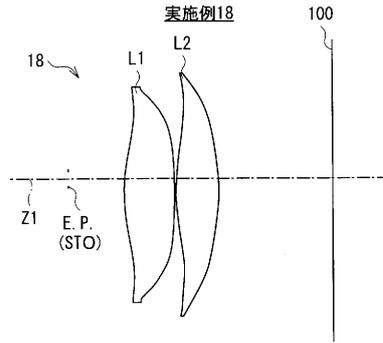
【图 32】



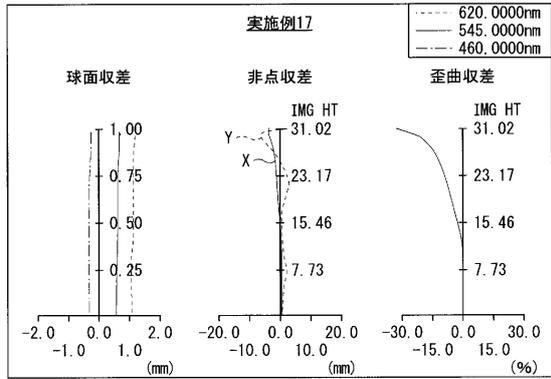
【图 3 3】



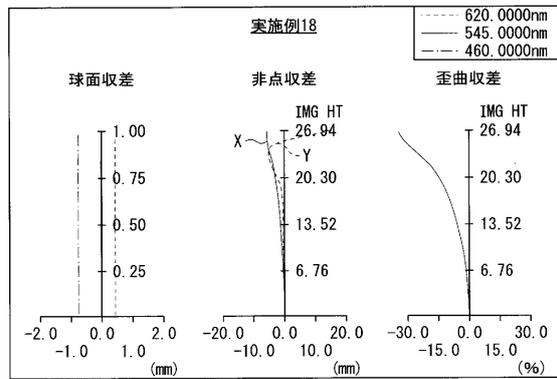
【图 3 5】



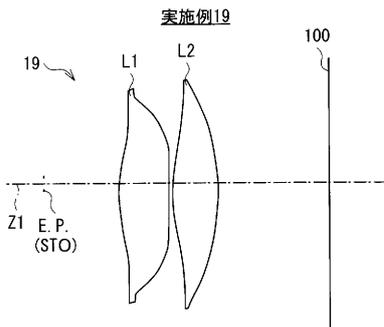
【图 3 4】



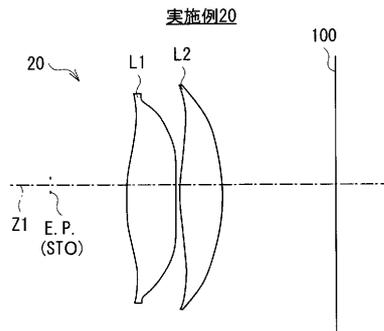
【图 3 6】



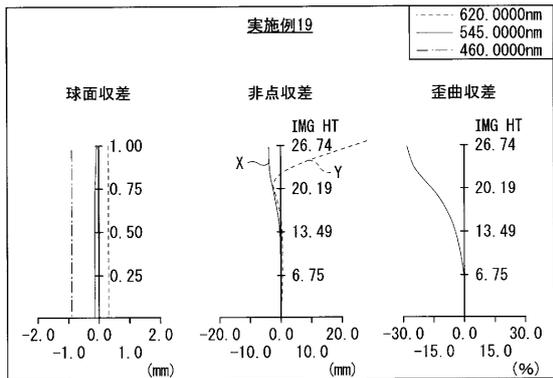
【图 3 7】



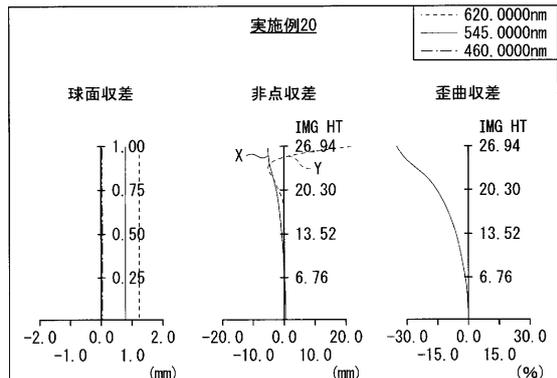
【图 3 9】



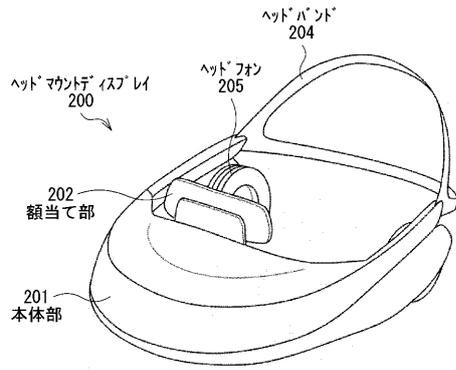
【图 3 8】



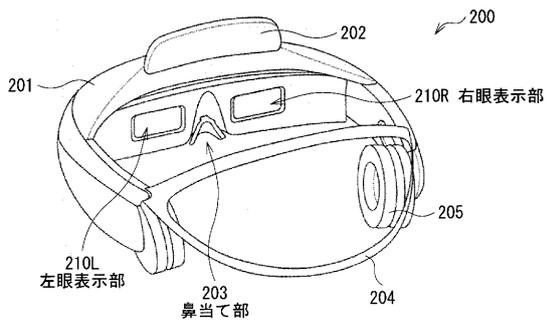
【图 4 0】



【図41】



【図42】



フロントページの続き

- (56)参考文献 特開平09 - 197269 (JP, A)
特開平07 - 281256 (JP, A)
特開平11 - 211994 (JP, A)
特開平03 - 153206 (JP, A)
米国特許第03438689 (US, A)
特開平07 - 244246 (JP, A)
特開2005 - 316304 (JP, A)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

G02B 9/00 - 17/08
G02B 21/02 - 21/04
G02B 25/00 - 25/04
G02B 27/00 - 27/64