

(19)日本国特許庁(JP)

(12)特許公報(B2)

(11)特許番号
特許第7601850号
(P7601850)

(45)発行日 令和6年12月17日(2024.12.17)

(24)登録日 令和6年12月9日(2024.12.9)

(51)国際特許分類		F I	
A 6 1 F	2/16 (2006.01)	A 6 1 F	2/16
G 0 2 C	7/04 (2006.01)	G 0 2 C	7/04
G 0 2 C	7/06 (2006.01)	G 0 2 C	7/06

請求項の数 20 (全14頁)

(21)出願番号	特願2022-209482(P2022-209482)	(73)特許権者	319008904
(22)出願日	令和4年12月27日(2022.12.27)		アルコン インコーポレイティド
(62)分割の表示	特願2021-196174(P2021-196174))の分割		スイス国, 1701 フリプー, リュ ルイ - ダフリー 6
原出願日	平成29年2月15日(2017.2.15)	(74)代理人	100099759
(65)公開番号	特開2023-29471(P2023-29471A)		弁理士 青木 篤
(43)公開日	令和5年3月3日(2023.3.3)	(74)代理人	100123582
審査請求日	令和5年1月25日(2023.1.25)		弁理士 三橋 真二
(31)優先権主張番号	15/055,993	(74)代理人	100092624
(32)優先日	平成28年2月29日(2016.2.29)		弁理士 鶴田 準一
(33)優先権主張国・地域又は機関	米国(US)	(74)代理人	100114018
			弁理士 南山 知広
		(74)代理人	100117019
			弁理士 渡辺 陽一
		(72)発明者	ゾラン ミラノビッチ

最終頁に続く

(54)【発明の名称】 広範囲の焦点深度を有する眼用レンズ

(57)【特許請求の範囲】

【請求項1】

光軸と、前記光軸から半径方向に延びる光学プロファイルとを含む、光学素子であって、前記光学プロファイルは、

前記光軸から第1の半径方向境界へ広がる第1のゾーンであって、第1の曲率を有する内側領域及び外側領域を含む、第1のゾーンと、

前記第1の半径方向境界から前記光学素子のエッジへ向けて広がる第2のゾーンと、第1の位相シフトステップと、第2の位相シフトステップと、前記第1の位相シフトステップから前記第2の位相シフトステップへ延びる、厚みが増したリッジを含む位相シフト特徴と、

を含む、光学素子

を含む、眼用レンズ。

【請求項2】

前記位相シフト特徴は、前記第1のゾーンの内側に位置し、かつ、前記内側領域と前記外側領域とを分離する、請求項1に記載の眼用レンズ。

【請求項3】

前記第1の位相シフトステップは、第1の高さを有し、前記第2の位相シフトステップは、前記第1の高さと同一ではない第2の高さを有する、請求項1に記載の眼用レンズ。

【請求項4】

前記第1の高さは、前記第2の高さよりも大きい、請求項3に記載の眼用レンズ。

【請求項 5】

前記内側領域と前記外側領域とは同じ曲率半径を有する、請求項 1 に記載の眼用レンズ。

【請求項 6】

前記第 1 の曲率は、第 1 の非球面プロファイルを含み、前記第 2 のゾーンは、前記第 1 の非球面プロファイルとは異なる第 2 の非球面プロファイルを含む第 2 の曲率を有する、請求項 1 に記載の眼用レンズ。

【請求項 7】

前記第 1 のゾーンの光学プロファイルは、以下の式、

$$Z_{\text{first zone}} = Z_{\text{base}} + Z_{2ps}$$

によって定義され、 Z_{base} は以下の式、

【数 1】

$$Z_{\text{base}} = \frac{cr^2}{1 + \sqrt{1 - (1+k)c^2r^2}} + a_2r^2 + a_4r^4 + a_6r^6$$

によって定義され、 r は、前記光軸からの半径方向距離であり、

c は、前記第 1 のゾーンのベース曲率であり、

k は、円錐定数であり、

a_2 、 a_4 、および a_6 は、それぞれ、2 次、4 次、および 6 次係数であり、

Z_{2ps} は、以下の式、

【数 2】

$$Z_{2ps} = \begin{cases} 0 & r_0 \leq r < r_1 \\ (r - r_1)/(r_2 - r_1) * \Delta_1 & r_1 \leq r < r_2 \\ \Delta_1 & r_2 \leq r < r_3 ; \\ \Delta_1 + (r - r_3)/(r_4 - r_3) * \Delta_2 & r_3 \leq r < r_4 \\ \Delta_1 + \Delta_2 & r_4 \leq r < r_5 \end{cases}$$

によって定義され、

r_0 は、前記光軸であり、

前記内側領域は、前記光軸から r_1 へ広がっており、

前記位相シフト特徴は、 r_1 から r_4 へ広がっており、

前記第 1 のゾーンのの前記外側領域は、 r_4 から r_5 へ広がっており、

Δ_1 は、前記内側領域に対する前記位相シフト特徴のステップ高であり、

Δ_2 は、前記外側領域に対する前記位相シフト特徴のステップ高である、

請求項 1 に記載の眼用レンズ。

【請求項 8】

前記第 2 のゾーンの光学プロファイルは、 Z_{2ps} が前記第 2 のゾーンにおいて一定とされ、かつ、 $Z_{\text{second zone}}$ が、前記第 1 のゾーンと前記第 2 のゾーンとの間の境界点において $Z_{\text{first zone}}$ と同一である場合に、以下の式、

$$Z_{\text{second zone}} = Z_{\text{base}} + (\quad 1 + \quad 2)$$

によって定義される、請求項 7 に記載の眼用レンズ。

【請求項 9】

前記光学素子の前記光学プロファイルは、以下の式、

$$Z_{\text{optic}} = Z_{\text{base}} + Z_{2ps}$$

によって定義され、 Z_{base} 及び Z_{2ps} は以下の式、

【数 3】

10

20

30

40

50

$$Z_{base} = \begin{cases} \frac{cr^2}{1+\sqrt{1-(1+k)c^2r^2}} + a_2r^2 + a_4r^4 + a_6r^6 & r_0 \leq r < r_5 \\ \frac{c'r^2}{1+\sqrt{1-(1+k')c'^2r^2}} + a_2'r^2 + a_4'r^4 + a_6'r^6 & r_5 \leq r < r_6 \end{cases};$$

【数 4】

$$Z_{2ps} = \begin{cases} 0 & r_0 \leq r < r_1 \\ (r - r_1)/(r_2 - r_1) * \Delta_1 & r_1 \leq r < r_2 \\ \Delta_1 & r_2 \leq r < r_3 \\ \Delta_1 + (r - r_3)/(r_4 - r_3) * \Delta_2 & r_3 \leq r < r_4 \\ \Delta_1 + \Delta_2 & r_4 \leq r < r_5 \\ \Delta_3 & r_5 \leq r < r_6 \end{cases}$$

によって定義され、 r は、前記光軸からの半径方向距離であり、

r_0 は、前記光軸であり、

第 1 のゾーンは、前記光軸から r_5 へ広がっており、ここでは、内側領域が前記光軸から r_1 へ広がっており、前記位相シフト特徴が r_1 から r_4 へ広がっており、および前記外側領域が r_4 から r_5 へ広がっており、

前記第 2 のゾーンは、 r_5 から r_6 へ広がっており、

c は、前記第 1 のゾーンのベース曲率であり、

k は、前記第 1 のゾーンの円錐定数であり、

a_2 、 a_4 、および a_6 は、それぞれ、前記第 1 のゾーンの 2 次、4 次、および 6 次係数であり、

c' は、前記第 2 のゾーンのベース曲率であり、

k' は、前記第 2 のゾーンの円錐定数であり、

a_2' 、 a_4' 、および a_6' は、それぞれ、前記第 2 のゾーンの 2 次、4 次、および 6 次係数であり、

Δ_1 は、前記内側領域に対する前記位相シフト特徴のステップ高であり、

Δ_2 は、前記外側領域に対する前記位相シフト特徴のステップ高であり、

Δ_3 が以下の式、

【数 5】

$$\Delta_3 = \left[\frac{(cr_5^2)}{(1+\sqrt{1-(1+k)c^2r_5^2})} + a_4r_5^4 + a_6r_5^6 + \Delta_1 + \Delta_2 \right] - \left[\frac{(c'r_5^2)}{(1+\sqrt{1-(1+k')c'^2r_5^2})} + a_4'r_5^4 + a_6'r_5^6 \right].$$

によって定義される、請求項 1 に記載の眼用レンズ。

【請求項 10】

以下 c 、 c' 、 k 、 k' 、 a_2 、 a_2' 、 a_4 、 a_4' 、および a_6 、 a_6' のうちの少なくとも 1 つが真であり、

10

20

30

40

50

3は、前記第1のゾーンと前記第2のゾーンとの間の連続性を確保するために前記第2のゾーンの**前記ベース曲率**に加える定数である、請求項9に記載の**眼用レンズ**。

【請求項11】

前記**眼用レンズ**は、**眼内レンズ**を含む、請求項1に記載の**眼用レンズ**。

【請求項12】

前記**眼用レンズ**は、**コンタクトレンズ**を含む、請求項1に記載の**眼用レンズ**。

【請求項13】

光軸と、前記光軸から半径方向に延びる**光学プロファイル**とを含む、**光学素子**と、
前記**光学プロファイル**の内側領域と外側領域とを分離する**位相シフト特徴**であって、
前記**光学プロファイル**の前記外側領域から外向きに延びる第1の**位相シフトステップ**であ
って、第1の**ステップ高**を有する第1の**位相シフトステップ**と、

10

前記**光学プロファイル**の前記内側領域から内向きに延びる第2の**位相シフトステップ**
であって、第2の**ステップ高**を有する第2の**位相シフトステップ**と、

前記第1の**位相シフトステップ**から前記第2の**位相シフトステップ**へ延びる、**厚み**が
増した**リッジ面**と、を含む**位相シフト特徴**と、
を含み、

前記内側領域が前記外側領域に対して凹むように、前記第2の**ステップ高**は前記第1の
ステップ高よりも大きい、**眼用レンズ**。

【請求項14】

前記内側領域と前記外側領域とは同じ**曲率半径**を有する、請求項13に記載の**眼用レン
ズ**。

20

【請求項15】

前記**眼用レンズ**は、**眼内レンズ**を含む、請求項13に記載の**眼用レンズ**。

【請求項16】

前記**眼用レンズ**は、**コンタクトレンズ**を含む、請求項13に記載の**眼用レンズ**。

【請求項17】

光軸を有する**眼用レンズ**であって、**レンズコンポーネント**を含む前記**眼用レンズ**は、
前記光軸から第1の半径方向境界へ広がる第1の**ゾーン**であって、内側領域と、外側
領域とを含む、第1の**ゾーン**と、

前記第1の半径方向境界から**光学素子**のエッジへ向けて広がる第2の**ゾーン**と、
を含み、

30

前記第1の**ゾーン**の**表面プロファイル**は、以下の式、

$$Z_{\text{first zone}} = Z_{\text{base}} + Z_{2ps}$$

によって定義され、 Z_{base} は以下の式、

【数6】

$$Z_{\text{base}} = \frac{cr^2}{1 + \sqrt{1 - (1+k)c^2r^2}} + a_2r^2 + a_4r^4 + a_6r^6$$

によって定義され、 r は、前記光軸からの半径方向距離であり、

40

c は、前記第1の**ゾーン**の**ベース曲率**であり、

k は、**円錐定数**であり、

a_2 、 a_4 、および a_6 は、それぞれ、2次、4次、および6次**係数**であり、

Z_{2ps} は、以下の式、

【数7】

$$Z_{2ps} = \begin{cases} 0 & r_0 \leq r < r_1 \\ (r - r_1)/(r_2 - r_1) * \Delta_1 & r_1 \leq r < r_2 \\ \Delta_1 & r_2 \leq r < r_3 ; \\ \Delta_1 + (r - r_3)/(r_4 - r_3) * \Delta_2 & r_3 \leq r < r_4 \\ \Delta_1 + \Delta_2 & r_4 \leq r < r_5 \end{cases}$$

によって定義され、

r_0 は、前記光軸であり、

前記内側領域は、前記光軸から r_1 へ広がっており、

位相シフト特徴は、 r_1 から r_4 へ広がっており、

前記第 1 のゾーンの前記外側領域は、 r_4 から r_5 へ広がっており、

Δ_1 は、前記内側領域に対する前記位相シフト特徴のステップ高であり、

Δ_2 は、前記外側領域に対する前記位相シフト特徴のステップ高である、

眼用レンズ。

【請求項 18】

前記第 2 のゾーンの表面プロファイルは、 Z_{2ps} が前記第 2 のゾーンにおいて一定とされ、かつ、 $Z_{second\ zone}$ が、前記第 1 のゾーンと前記第 2 のゾーンとの間の境界点において $Z_{first\ zone}$ と同一である場合に、以下の式、

$$Z_{second\ zone} = Z_{base} + (\Delta_1 + \Delta_2)$$

によって定義される、請求項 17 に記載の眼用レンズ。

【請求項 19】

前記眼用レンズは、眼内レンズを含む、請求項 17 に記載の眼用レンズ。

【請求項 20】

前記眼用レンズは、コンタクトレンズを含む、請求項 17 に記載の眼用レンズ。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本開示は、概して、眼用レンズに関し、より詳細には、広範囲の焦点深度を有する眼用レンズに関する。

【背景技術】

【0002】

眼内レンズ (IOL) は、白内障手術の際に、天然の水晶体を交換するために患者の眼に日常的に移植されている。天然の水晶体の屈折力は、毛様体筋の影響下で変化して、眼から異なる距離にある物体を見るために遠近調節をもたらす。しかしながら、多くの IOL は、遠近調節への備えがない単焦点屈折力を提供する。遠用屈折力ならびに近用屈折力をもたらす (例えば、回折構造を用いることによって)、それにより、ある程度の偽調節をもたらす多焦点 IOL も知られている。しかしながら、偽調節屈折力をもたらす得る改良型の IOL に対するニーズが依然としてある。

【発明の概要】

【課題を解決するための手段】

【0003】

本開示は、概して、(1) 焦点深度を広げるために、瞳孔領域内での複数の位相シフトの変化を制御し、および (2) スルーフォーカス曲線をシフトさせかつ中間用補正と遠用補正との間のエネルギーのバランスを再び取るために、瞳孔領域の中心サブ領域における屈折力調整を行う、眼用レンズ (例えば、IOL) に関する。いくつかの実施形態において、眼用レンズは、前面、後面、および光軸を有する、光学素子を含む。前面および後面の少なくとも一方は、光軸から第 1 の半径方向境界へ広がる第 1 のゾーンと、第 1 の半径方向境界から光学素子のエッジへ広がる第 2 のゾーンとを含む。第 1 のゾーンは、位相シ

10

20

30

40

50

フト特徴によって分離された内側領域および外側領域を含み、位相シフトは、内側領域および外側領域から外向きに延びるリッジを含む。

【0004】

本開示およびその利点をより完全に理解するために、ここで、添付の図面と併せて以下の説明を参照し、図面では、参照符号は同様の特徴を示す。

【図面の簡単な説明】

【0005】

【図1A】本開示のいくつかの実施形態による、広範囲の焦点深度を有する眼内レンズの実施形態を示しかつ実例とする。

【図1B】本開示のいくつかの実施形態による、広範囲の焦点深度を有する眼内レンズの実施形態を示しかつ実例とする。

10

【図2】本開示のいくつかの実施形態による、同じベース曲率を備える内側ゾーンおよび外側ゾーンを有する例示的な光学素子に関する表面サグ対光軸からの半径方向距離のプロット図を示す。

【図3】本開示のいくつかの実施形態による、標準的な非球面光学素子に関するスルーフォーカスプロット図と比較した、図2に示す光学素子の表面プロファイルに関するスルーフォーカスプロット図を示す。

【図4】本開示のいくつかの実施形態による、異なるベース曲率を備える内側ゾーンおよび外側ゾーンを有する例示的な光学素子に関する表面サグ対光軸からの半径方向距離のプロット図を示す。

20

【図5】本開示のいくつかの実施形態による、図2に示す光学素子に関するスルーフォーカスプロット図と比較した、図4に示す光学素子の表面プロファイルに関するスルーフォーカスプロット図を示す。

【発明を実施するための形態】

【0006】

当業者は、下記で説明する図面は、説明のためにすぎないことを理解する。図面は、本出願人の開示の範囲をなんら限定するものではない。

【0007】

本開示は、概して、焦点深度を広げるように、レンズの様々な領域を通過する光波の位相シフトのばらつきを制御する表面プロファイルを有する眼用レンズ（IOLなど）に関する。以下の説明では、広範囲の焦点深度をもたらすレンズ特徴について、眼内レンズ（IOL）に関連して説明する。しかしながら、本開示は、それらの特徴が、コンタクトレンズなどの他の眼用レンズにも適用され得ることを考慮する。本明細書では、用語眼内レンズ（およびその略記IOL）は、眼の天然の水晶体を交換するため、または天然の水晶体が除去されるか否かに関わらず、他の方法で視覚を増強するためのいずれかで、眼の内部に移植されるレンズを説明するために使用される。

30

【0008】

図1A～1Bは、本開示のいくつかの実施形態による、広範囲の焦点深度を有する眼内レンズ100の実施形態を示しかつ実例とする。IOL100は、光軸OA108の周りに配置される前面104および後面106を有する光学素子102を含む。IOL100は、さらに、一般的に患者の眼の水晶体嚢（capsular bag）内でIOL100を位置決めしかつ安定化させるように動作可能な複数のハプティック110を含み得る。

40

【0009】

図1Aに示すように、光学素子102の前面104は、光軸108から第1の半径方向境界へ広がる第1のゾーン112と、第1の半径方向境界から光学素子102のエッジへ広がる第2のゾーン114とを含む。さらに、第1のゾーン112は、位相シフト特徴120によって分離された内側領域116および外側領域118を含み得る。概して、光学素子102の上述の表面特徴は、光学素子102を通過する光波の様々な量の位相シフト（光波が通過する光学素子102の領域に依存する）を生じ得、および様々な量の位相シフトを有する光波間の建設的干渉が、広範囲の焦点深度を生じ得る。上述の第1および第

50

2のゾーン112、114を、光学素子102の前面104に配置されているとして図示しかつ説明するが、それに加えてまたはその代わりに、本開示は、第1および第2のゾーン112、114は、光学素子102の後面106に配置され得ることを考慮する。

【0010】

いくつかの実施形態において、位相シフト特徴120は、光学素子102の前面104から前方に突出するリッジを含み得る。その結果、光軸108から半径方向外側に動いて、位相シフト特徴120は、2つの位相シフトステップを生じ得る。例えば、第1のゾーンの表面プロファイルは、以下の式：

$$Z_{\text{first zone}} = Z_{\text{base}} + Z_{2ps} \quad \text{式(1)}$$

によって定義される。

【0011】

式(1)では、 Z_{base} は、以下の式：

【数1】

$$Z_{\text{base}} = \frac{cr^2}{1 + \sqrt{1 - (1+k)c^2r^2}} + a_2r^2 + a_4r^4 + a_6r^6 + \dots + a_nr^n \quad \text{式(2)}$$

(式中、

r は、光軸108からの半径方向距離であり；

c は、第1のゾーン112のベース曲率であり；

k は、円錐定数であり；および

a_2 、 a_4 、 a_6 ...および a_n は、それぞれ、2次、4次、6次...および n 次係数である)

に従って、第1のゾーンに対してベースサグプロファイルを定義し得る。

【0012】

いくつかの実施形態において、 Z_{base} を定義する式は、2次、4次、および6次係数のみを含み得る。換言すると、 Z_{base} は、以下の式：

【数2】

$$Z_{\text{base}} = \frac{cr^2}{1 + \sqrt{1 - (1+k)c^2r^2}} + a_2r^2 + a_4r^4 + a_6r^6 \quad \text{式(3)}$$

に従って、第1のゾーンに対してベースサグプロファイルを定義し得る。

【0013】

式(2)および式(3)は、一般的に、非球面プロファイルを定義するが、本開示は、それらの式に含まれる定数は、それらが球面プロファイルを定義するように選択され得ることを考慮する。換言すると、第1のゾーン(Z_{base})のベース曲率は、球面または非球面のいずれかとし得る。

【0014】

式(1)では、 Z_{2ps} は、ベースサグプロファイル(Z_{base})に追加され得、かつ一部には、位相シフト領域120の特徴を定義し得る。例えば、 Z_{2ps} は、以下の式：

【数3】

$$Z_{2ps} = \begin{cases} 0 & r_0 \leq r < r_1 \\ (r - r_1)/(r_2 - r_1) * \Delta_1 & r_1 \leq r < r_2 \\ \Delta_1 & r_2 \leq r < r_3 \\ \Delta_1 + (r - r_3)/(r_4 - r_3) * \Delta_2 & r_3 \leq r < r_4 \\ \Delta_1 + \Delta_2 & r_4 \leq r < r_5 \end{cases} \quad \text{式(4)}$$

10

20

30

40

50

(式中、

r は、光軸 1 0 8 からの半径方向距離であり；

r_0 は、光軸 1 0 8 であり；

内側領域 1 1 6 は、光軸 1 0 8 から r_1 へ広がっており

位相シフト特徴 1 2 0 は、 r_1 から r_4 へ広がっており；

外側領域 1 1 8 は、 r_4 から r_5 へ広がっており；

δ_1 は、内側領域 1 1 6 に対する位相シフト 1 2 0 特徴のステップ高であり；および

δ_2 は、外側領域 1 1 8 に対する位相シフト特徴のステップ高である)

によって定義され得る。

【 0 0 1 5 】

式 (1) ~ (4) によって定義されるような光学素子 1 0 2 の全表面プロファイルは、
図 2 に示すようなサグ対光軸 1 0 8 からの半径方向距離のプロット図として、グラフで表
わされ得る。図 2 のプロット図では、サグ値は、 Z_{base} の寄与を除去することによって、
正規化されている (すなわち、プロットされたサグ値は、 Z_{2ps} にのみ対応する) 。さらに
、図 2 のプロット図では、サグプロファイルは、第 1 のゾーン 1 1 2 および第 2 のゾーン
1 1 4 に関する定数である。換言すると、式 (1) が、第 1 のゾーン 1 1 2 のみであるの
とは対照的に、光学素子 1 0 2 全体の表面プロファイルを定義すると仮定される (つまり
、 Z_{2ps} は、 r_5 から光学素子 1 0 2 全体の半径にかけて一定である。) 。

【 0 0 1 6 】

図 3 は、本開示のいくつかの実施形態による、標準的な非球面光学素子 (すなわち、式
(4) (Z_{2ps}) を追加せずに、式 (3) (Z_{base}) のみによって定義される表面プロフ
ァイルを有する光学素子) に関するスルーフォーカスプロット図と比較したときの、図 2
に示す光学素子の表面プロファイルに関するスルーフォーカスプロット図を示す。図示の
通り、図 2 に示す表面プロファイルの追加は (Z_{2ps} によって表わされる位相シフト特徴 1
2 0 を含む) は、標準的な非球面レンズと比較すると、より広範囲の焦点深度を生じる。

【 0 0 1 7 】

いくつかの実施形態において、ベースサグプロファイルは、第 1 のゾーン 1 1 2 および
第 2 のゾーン 1 1 4 に対して異なり得る。例えば、光学素子 1 0 2 の表面プロファイルは
、以下の式：

$$Z_{optic} = Z_{base} + Z_{2ps} \quad \text{式 (5)}$$

【 数 4 】

10

20

30

40

50

$$Z_{base} = \begin{cases} \frac{cr^2}{1+\sqrt{1-(1+k)c^2r^2}} + a_2r^2 + a_4r^4 + a_6r^6 & r_0 \leq r < r_5 \\ \frac{c'r^2}{1+\sqrt{1-(1+k')c'^2r'^2}} + a_2'r^2 + a_4'r^4 + a_6'r^6 & r_5 \leq r < r_6 \end{cases} \quad \text{式(6)}$$

$$Z_{2ps} = \begin{cases} 0 & 0 \leq r < r_1 \\ (r-r_1)/(r_2-r_1) * \Delta_1 & r_1 \leq r < r_2 \\ \Delta_1 & r_2 \leq r < r_3 \\ \Delta_1 + (r-r_3)/(r_4-r_3) * \Delta_2 & r_3 \leq r < r_4 \\ \Delta_1 + \Delta_2 & r_4 \leq r < r_5 \\ \Delta_3 & r_5 \leq r < r_6 \end{cases} \quad \text{式(7)}$$

$$\Delta_3 = \left[\frac{(cr_5^2)}{(1+\sqrt{1-(1+k)c^2r_5^2})} + a_4r_5^4 + a_6r_5^6 + \Delta_1 + \Delta_2 \right] - \left[\frac{(c'r_5^2)}{(1+\sqrt{1-(1+k')c'^2r_5'^2})} + a_4'r_5'^4 + a_6'r_5'^6 \right] \quad \text{式(8)}$$

r は、光軸 108 からの半径方向距離であり；

r₀ は、光軸 108 であり；

第 1 のゾーン 112 は、光軸 108 から r₅ へ広がっており、ここでは、内側領域 116 が光軸 108 から r₁ へ広がっており、位相シフト特徴 120 が r₁ から r₄ へ広がっており、および外側領域 118 が r₄ から r₅ へ広がっており；

第 2 のゾーン 114 は、r₅ から r₆ へ広がっており；

c は、第 1 のゾーン 112 のベース曲率であり；

k は、第 1 のゾーン 112 の円錐定数であり；および

a₂、a₄、および a₆ は、それぞれ、第 1 のゾーン 112 の 2 次、4 次、および 6 次係数であり；

c' は、第 2 のゾーン 114 のベース曲率であり；

k' は、第 2 のゾーン 114 の円錐定数であり；および

a₂'、a₄'、および a₆' は、それぞれ、第 2 のゾーン 114 の 2 次、4 次、および 6 次係数であり、

Δ₁ は、内側領域 116 に対する位相シフト特徴 120 のステップ高であり、

Δ₂ は、外側領域 118 に対する位相シフト特徴 120 のステップ高である

によって定義され得る。

【0018】

上記の式(6)で定義されるベースプロファイルは、2次、4次、および6次係数のみを含むが、本開示は、それらのベースプロファイルは、その代わりに、任意の好適な数のより高次の係数を含んでいる(式(1)におけるように)と定義され得ることを考慮する。

【0019】

第 1 のゾーン 112 および第 2 のゾーン 114 は、異なるベースサグプロファイルを含むため、式(8)において定義されるような)は、第 1 のゾーン 112 と第 2 のゾーン 112 との間の滑らかな移行部を提供し得る。例えば、第 1 のゾーン 112 は、第 2 のゾーン 114 と比較して、異なるベース曲率(c)、円錐定数(k)、および/またはより高次の係数(a₂、a₄、a₆)によって修正されて、図 3 に示すスルーフォーカス曲線と比較して、近視方向においてスルーフォーカス曲線をシフトさせ得る。図 4 は、本開示の

10

20

30

40

50

いくつかの実施形態による、式(5)～(8)によって定義された表面プロファイルを有する光学素子102に関する表面サグ対光軸からの半径方向距離のプロット図を示す。図4にプロットされている表面プロファイルは、以下の値を前提としている。

【0020】

【表1】

表1

r_1 (mm)	0.55
r_2 (mm)	0.65
r_3 (mm)	0.87
r_4 (mm)	1.05
r_5 (mm)	1.11
r_6 (mm)	3.00
Δ_1 (μm)	-1.02
Δ_2 (μm)	0.59
c (1/mm)	19.05
k	5.99
a_2 (1/mm)	0
a_4 (1/mm ³)	0
a_6 (1/mm ⁵)	0
c' (1/mm)	20.74
k'	-43.56
a_2' (1/mm)	0
a_4' (1/mm ³)	0.00019
a_6' (1/mm ⁵)	-0.00002

【0021】

表1に示される値は、例示的な目的のために提供されるにすぎず、および本開示は、値のそれぞれが、異なる値の範囲を有し得ることを考慮する。例として、本開示は、 r_1 が0.3 mm～0.7 mmの範囲に入り、 r_4 が0.8 mm～1.2 mmの範囲に入り、 r_1 と r_2 との間の距離が0 mm～0.2 mmの範囲に入り、および r_3 と r_4 との間の距離が0 mm～0.2 mmの範囲に入り得ることを考慮する。さらなる例として、本開示は、 Δ_1 が-1.5 μm ～-0.5 μm の範囲に入り、および Δ_2 が0.3 μm ～0.9 μm の範囲に入り得ることを考慮する。

【0022】

10

20

30

40

50

図5は、本開示のいくつかの実施形態による、図2に示す光学素子に関するスルーフォーカスプロット図と比較した、図4に示す光学素子の表面プロファイルに関するスルーフォーカスプロット図を示す。上述の通り、異なるベース曲率、円錐定数、および/またはより高次の係数による第1のゾーン112の修正は、(1)中間用補正と遠用補正との間のエネルギーのバランスを再び取り、かつ(2)第1のゾーン112および第2のゾーン114が同じベース曲率を有する光学素子に対するスルーフォーカス曲線と比較して、近視方向(標的に近い方向(near target direction))においてスルーフォーカス曲線をシフトさせる。

【0023】

様々な技術および材料は、上述のIOL100を製作するために用いられ得る。例えば、IOL100の光学素子102は、様々な生体適合性ポリマー材料で形成され得る。いくつかの好適な生体適合性材料は、限定されるものではないが、軟質アクリルポリマー、ヒドロゲル、ポリメチメタクリレート(polymethymethacrylate)、ポリスルホン、ポリスチレン、セルロース、アセテートブチレート、または他の生体適合性材料を含む。例として、一実施形態において、光学素子102は、Acrysofとして一般に知られている軟質アクリルポリマー(2-フェニルエチルアクリレートと2-フェニルエチルメタクリレートの架橋共重合体)で形成され得る。IOL100のハプティック104も、上述のものなどの好適な生体適合性材料で形成され得る。場合によっては、IOLの光学素子102およびハプティック104は、一体形ユニットとして製作され得るが、他の場合には、それらは、別個に形成されて、当技術分野において公知の技術を用いて、一緒に接合され得る。

【0024】

様々な上記で開示したおよび他の特徴および機能、またはそれらの代替例は、望ましくは、多くの他の異なるシステムまたは適用例に組み合わせられ得ることが認識される。それに続いて、様々な現在は予見できないまたは予期せぬ代替例、修正例、変形例または改良例が、当業者によってなされ得、それらの代替例、変形例および改良例も、以下の特許請求の範囲に含まれるものとするとも認識される。

10

20

30

40

50

【図面】

【図 1 A】

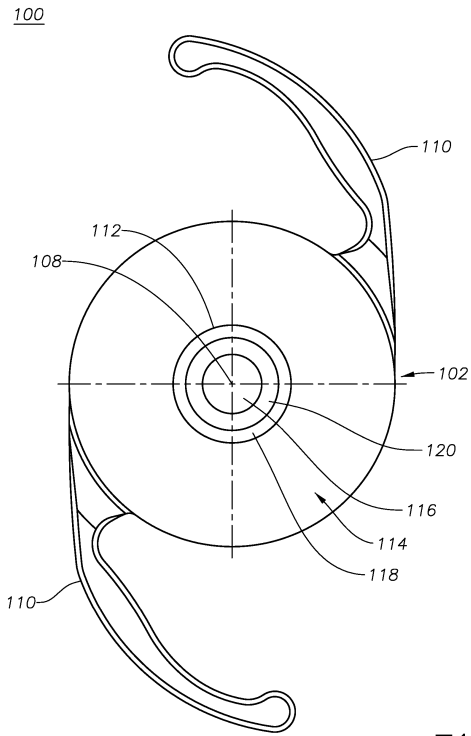


図1A

【図 1 B】

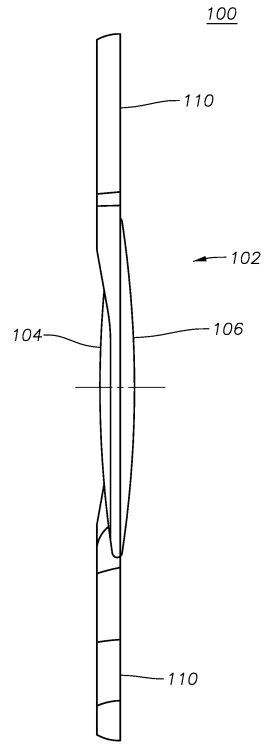


図1B

【図 2】

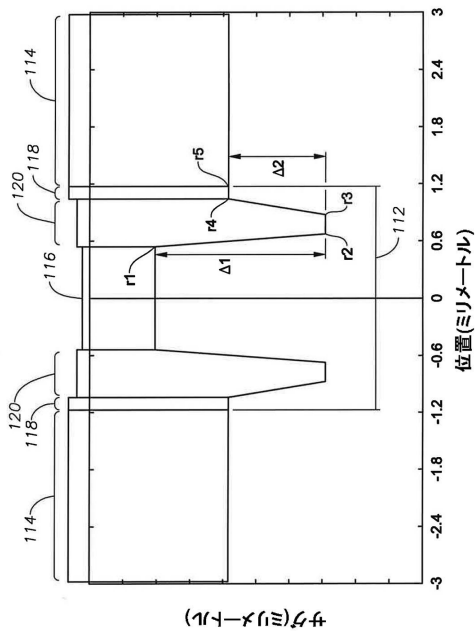


図 2

【図 3】

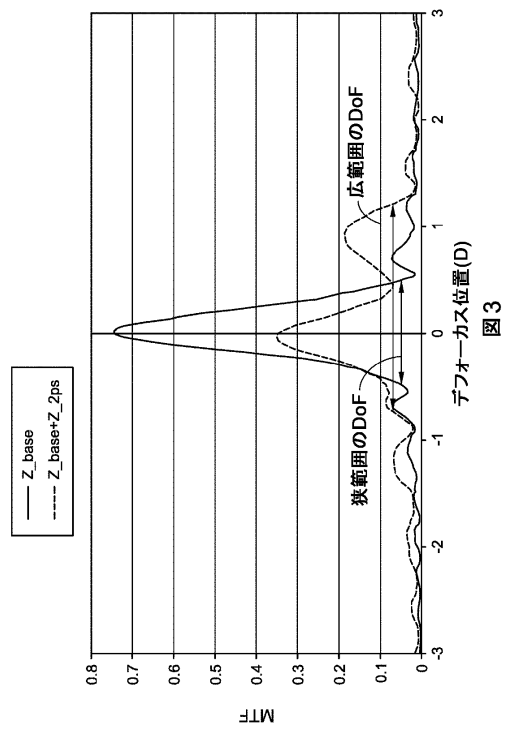


図 3

10

20

30

40

50

【 図 4 】

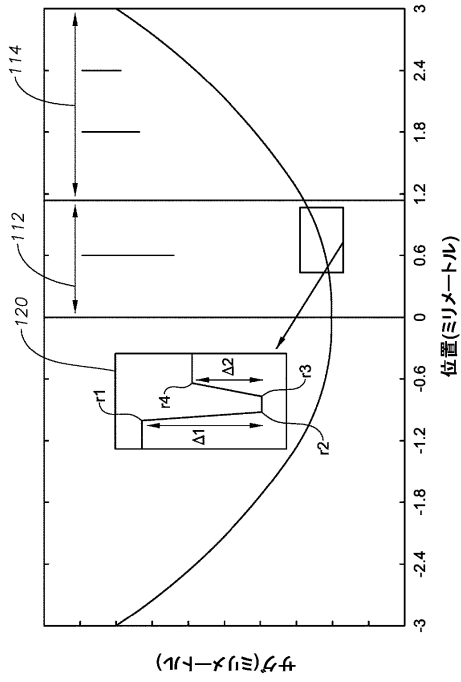


図 4

【 図 5 】

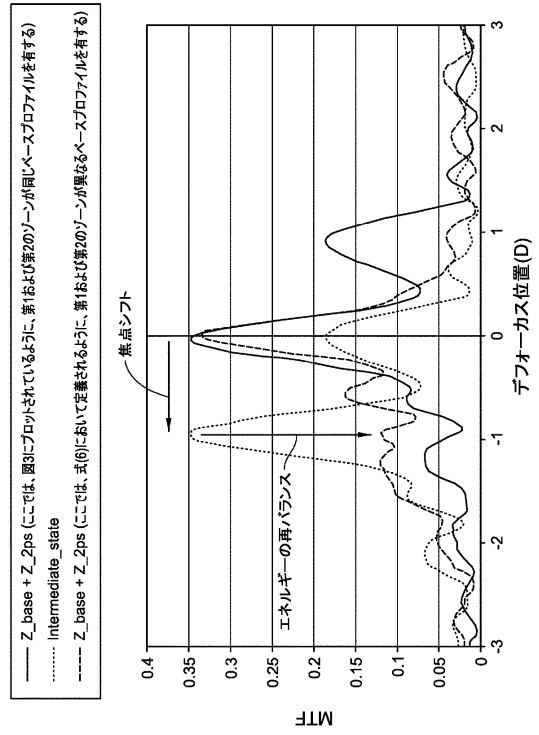


図 5

フロントページの続き

アメリカ合衆国, テキサス 76134, フォートワース, サウス フリーウェイ 6201, シー
/オー アルコン リサーチ, リミテッド

(72)発明者 シン ウェイ

アメリカ合衆国, テキサス 76134, フォートワース, サウス フリーウェイ 6201, シー
/オー アルコン リサーチ, リミテッド

(72)発明者 シン ホン

アメリカ合衆国, テキサス 76134, フォートワース, サウス フリーウェイ 6201, シー
/オー アルコン リサーチ, リミテッド

審査官 小林 睦

(56)参考文献 特表2011-511671(JP, A)

特表2011-528451(JP, A)

米国特許出願公開第2010/0161051(US, A1)

米国特許第07073906(US, B1)

(58)調査した分野 (Int.Cl., DB名)

A61F 2/16

G02C 7/04

G02C 7/06