

(19)日本国特許庁(JP)

(12)特許公報(B2)

(11)特許番号
特許第7620700号
(P7620700)

(45)発行日 令和7年1月23日(2025.1.23)

(24)登録日 令和7年1月15日(2025.1.15)

(51)国際特許分類

F I

A 6 1 F 2/16 (2006.01)

A 6 1 F 2/16

請求項の数 15 (全21頁)

(21)出願番号	特願2023-516849(P2023-516849)	(73)特許権者	522467758
(86)(22)出願日	令和3年5月27日(2021.5.27)		アイケアーズ メディカス インコーポレ
(65)公表番号	特表2023-529241(P2023-529241		イテッド
	A)		台湾 3 0 2 6 1 シンジュー シェン イ
(43)公表日	令和5年7月7日(2023.7.7)		ロード セクション 2 ナンバー 1 6
(86)国際出願番号	PCT/IB2021/054657		ビルディング ビー 4 エフ
(87)国際公開番号	WO2021/245506	(74)代理人	100102978
(87)国際公開日	令和3年12月9日(2021.12.9)		弁理士 清水 初志
審査請求日	令和6年4月22日(2024.4.22)	(74)代理人	100160923
(31)優先権主張番号	63/032,892		弁理士 山口 裕孝
(32)優先日	令和2年6月1日(2020.6.1)	(74)代理人	100119507
(33)優先権主張国・地域又は機関	米国(US)		弁理士 刑部 俊
		(74)代理人	100142929
			弁理士 井上 隆一
		(74)代理人	100148699

最終頁に続く

(54)【発明の名称】 両面非球面回折多焦点レンズ、その製造、および使用

(57)【特許請求の範囲】

【請求項 1】

(a) 第一の非球面表面と；

(b) 中央ゾーンと複数の回折素子とを具備する第二の非球面表面であって、該複数の回折素子が、半径方向に延在する同心環状ゾーンを具備し、各同心環状ゾーンが、2つの鋭い変向点 (turning point) の間に2つの滑らかな変向点を具備する周期的構造のカーブを有し、該周期的構造のカーブの傾きが、該同心円環状ゾーンのそれぞれの中の2つの滑らかな変向点のそれぞれにおいて符号を変え、それによって、近方フォーカス (f₂) と、中間フォーカス (f₁) と、遠方フォーカス (f₀) とをもたらす、第二の非球面表面とを具備するレンズ本体

を具備する、回折三焦点レンズ。

【請求項 2】

第一の非球面表面が前面である、請求項1記載の回折三焦点レンズ。

【請求項 3】

第二の非球面表面が後面である、請求項1記載の回折三焦点レンズ。

【請求項 4】

第一の非球面表面がトーリック成分を具備する、請求項1記載の回折三焦点レンズ。

【請求項 5】

第一の非球面表面および / または第二の非球面表面の高さプロファイルが

$$Z_{asp}(r) = \frac{cr^2}{1 + \sqrt{1 - (1+k)c^2r^2}} + \sum_{i=2}^n A_i r^{2i}$$

で表され、上式において、 Z_{asp} は該非球面構造の高さプロファイル、 r はミリメートル単位における半径距離、 c は曲率、 k は円錐定数、 A_i は高次の非球面係数である、請求項1記載の回折三焦点レンズ。

【請求項6】

回折素子の高さプロファイルが

$$Z_{diff}(r) = \Phi_{(n)}(r) \times \frac{\lambda}{n_1 - n_0}$$

10

で表され、上式において、 λ は設計波長、 $\Phi_{(n)}(r)$ は
 $-4\pi \leq \Phi_{(n)}(r) \leq 4\pi$

の範囲内の位相プロファイル、 n_1 はレンズ材料の屈折率、 n_0 はレンズを覆っている媒質の屈折率である、請求項1記載の回折三焦点レンズ。

【請求項7】

位相プロファイル $\Phi_{(n)}(r)$ が

$$\Phi_{(n)}(r) = A \times \sin \left(\left(B \times \frac{r - r_n}{r_{n+1} - r_n} + C \right) \times \pi \right) + D$$

20

で表され、上式において、 r はミリメートル単位におけるレンズの半径距離、 r_n は n 番目のゾーンの半径、 r_{n+1} は $(n+1)$ 番目のゾーンの半径、 A 、 B 、 C 、および D は光分布パラメータであり、 A は振幅； B は
 $\frac{2\pi}{B}$

としての周期； C は位相シフト； D は垂直シフトである、請求項6記載の回折三焦点レンズ。

30

【請求項8】

ヒトの眼に挿入するためにサイズ決めされた眼内レンズ（IOL）である、請求項1記載の回折三焦点レンズ。

【請求項9】

レンズ本体から外向きに延在する1対の支持部をさらに具備する、請求項8記載の回折三焦点レンズ。

【請求項10】

ヒトの眼の後房に挿入するためにサイズ決めされたIOLである、請求項8記載の回折三焦点レンズ。

40

【請求項11】

後房IOLが、ヒトの眼の水晶体嚢内に埋植されるように構成されている、請求項10記載の回折三焦点レンズ。

【請求項12】

回折三焦点レンズを製造する方法であって、以下の段階：

(a) トーリック成分を任意で具備する第一の非球面表面を製造する段階；

(b) 第二の非球面表面を製造する段階；および

(c) 中央ゾーンと、複数の同心環状ゾーンを具備する回折素子とを、第二の非球面表面上に生成する段階であって、各同心環状ゾーンが、2つの鋭い変向点の間に2つの滑らかな変向点を具備する周期的構造のカーブを有し、該周期的構造のカーブの傾きが、該同心円

50

環状ゾーンのそれぞれの中での2つの滑らかな変向点のそれぞれにおいて符号を変え、それによって、近方フォーカス (f_2) と、中間フォーカス (f_1) と、遠方フォーカス (f_0) とをもたらす、段階を含む、方法。

【請求項 1 3】

あらかじめ確立された品質基準を用いて三焦点レンズの変調伝達関数 (MTF) を測定するためにインサイチュー画像品質分析を行う段階をさらに含む、請求項 12 記載の方法。

【請求項 1 4】

回折三焦点レンズの変調伝達関数 (MTF) が、中間フォーカス (f_1) における第1ピークと近方フォーカス (f_2) における第2ピークとを含み、かつ、
該第1ピークと該第2ピークとの間のMTFの最小値は、該第1ピークにおけるMTFの最大値の約50%であり、それによって、該中間フォーカス (f_1) と該近方フォーカス (f_2) との間の視覚コントラストを改善する、請求項1記載の回折三焦点レンズ。

10

【請求項 1 5】

遠方フォーカス (f_0) の光学度数が、0ジオプトリー以上かつ55ジオプトリー以下であり、

中間フォーカス (f_1) の光学度数が、該遠方フォーカス (f_0) の該光学度数より、光学度数の第1の差のぶんだけ大きく、該第1の差が1ジオプトリー以上かつ2.5ジオプトリー以下であり、

20

近方フォーカス (f_2) の光学度数が、該遠方フォーカス (f_0) の該光学度数より、光学度数の第2の差のぶんだけ大きく、該第2のさが2ジオプトリー以上かつ5ジオプトリー未満である、

請求項1記載の回折三焦点レンズ。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0 0 0 1】

関連出願の相互参照

本出願は、35 U.S.C. § 119(e)の下、2020年6月1日に提出され参照によりその全内容が完全に組み入れられる米国特許出願第63/032,892号の優先権の恩典を主張する。

30

【0 0 0 2】

分野

本開示は概して眼科用レンズに関し、より具体的には、新規の両面非球面回折多焦点レンズ、その設計、製造、および使用に関する。

【背景技術】

【0 0 0 3】

背景

眼科は、ヒトの眼の解剖、生理、および疾患を対象とする医学分野である。ヒトの眼の解剖学的構造はかなり複雑である。眼の主な構造には、眼の前部外側にある球面状の透明な組織である角膜と；眼の有色部である虹彩と；虹彩における適合可能なアパーチャであり眼内で受け取られる光の量を調整する瞳孔と；眼内部の小さく透明なディスクであり光線を網膜上に集束させる水晶体と；眼の後面または背面を形成する層であり、感知した光を視神経から脳まで伝わる電気インパルスに変換する網膜とが含まれる。後房、すなわち網膜と水晶体との間の空間は房水で満たされており、前房、すなわち水晶体と角膜との間の空間は透明なゼリー状の物質である硝子体液で満たされている。

40

【0 0 0 4】

自然の水晶体は、可撓性で透明な両凸の構造を有し、角膜とともに光を屈折させて網膜上に集束させるように働く。水晶体はその後面側より前面側のほうが平らであり、その曲率は毛様体筋によって制御される；水晶体は毛様小帯と呼ばれる提鞅帯によって毛様体筋に接続している。水晶体の曲率を変えることによって、さまざまな距離にある物体に焦点

50

が合うように眼の焦点距離が変えられる。眼から短い距離にある物体を見るためには毛様体筋が収縮し、すると水晶体は厚くなって、その結果としてより丸みを帯びた形状になり、ゆえに屈折力が高くなる。焦点を変えて、より遠い距離にある物体に合わせるには、水晶体を弛緩させて焦点距離を増大させる必要がある。物体のくっきりした像を網膜上に形成するために曲率を変えて眼の焦点距離を適合させるこのプロセスは調節と呼ばれる。

【 0 0 0 5 】

ヒトにおいて、自然な環境における水晶体の屈折力は約18～20ジオプトリーであり、これは眼の総光学度数のおよそ3分の1である。眼の総光学度数の残り40ジオプトリーを角膜が提供している。

【 0 0 0 6 】

眼の加齢に伴って水晶体の不透明性が減少し、それは白内障と呼ばれる。糖尿病のような一部の疾患、外傷、一部の薬剤、およびUV光への過剰な曝露もまた白内障を引き起こす可能性がある。白内障に痛みはなく、曇ってぼやけた視覚をもたらす。白内障の処置には、曇った水晶体を除去して、眼内レンズ（IOLまたはIOLs）と一般的に呼ばれる人工的な水晶体に置き換える手術が含まれる。

【 0 0 0 7 】

年齢に関連する別の影響は老視と呼ばれ、それは、小さな活字を読むことまたは近くの像をはっきり見ることの困難として発現する。老視は一般的に、眼の内部にある自然の水晶体が厚くなり可撓性が失われることによって引き起こされると考えられている。年齢に関連する変化は水晶体を囲む毛様体筋においても生じる。毛様体筋の弾性が少なくなると、眼に近い物体に焦点を合わせることが難しくなる。

【 0 0 0 8 】

例えば、曲率が大きすぎる角膜によって引き起こされる、遠くにある物体を見ることができない近視または近眼など、他の視覚障害の矯正にも、さまざまな眼内レンズが用いられている。近視の影響は、遠くから来た光線が、網膜の表面上ではなく網膜より前の点に集束することである。異常に平らな角膜によって引き起こされる遠視または遠眼では、眼に入った光線が網膜の後ろに集束し、近くの物体に焦点を合わせることができない；そして、視覚的困難をもたらす別の一般的な原因である乱視では、不規則な形状をした角膜のゆえに像がぼやける。

【 0 0 0 9 】

大多数の症例において、自然の水晶体を置き換え、除去した水晶体の光学度数の損失を補償するために、白内障手術中に患者の眼内に眼内レンズが埋植される。近年のIOLの光学系は、短距離、中間距離、および長距離の物体に対する視力を提供するために多焦点の光学系を有するように設計されており、多焦点IOL、またはより具体的に3焦点レンズとも呼ばれる。老視は眼鏡またはコンタクトレンズによって矯正され、患者は多焦点光学系も選ぶことができる。一部のケースにおいて、IOLは、遠方フォーカス度数（far-focus power）のみならず近方フォーカス度数（near-focus power）も有するように回折構造を含むことがあり、それによってある程度の偽調節を提供する。しかし、球面収差および非点収差などのさまざまな収差が、そうしたレンズの光学性能に悪影響を及ぼす可能性がある。例えば、球面収差は視覚コントラストを損ねる可能性があり、瞳孔サイズが大きい場合は特にそうである。

【 0 0 1 0 】

したがって、必要とされているのは、近方フォーカスと、中間フォーカスと、遠方フォーカスとを同時に提供でき、かつ球面収差および非点収差などの悪影響にも対処でき、それによってコントラストの増強と視力の向上とを提供できる眼内レンズである。

【発明の概要】

【 0 0 1 1 】

概要

本開示は、球面収差および非点収差を排除できそしてコントラストの増強と視力の向上とを提供できる、両面非球面回折多焦点レンズに関する。いくつかの態様において、本回

10

20

30

40

50

折多焦点レンズはレンズ本体を含んでもよく、レンズ本体は、第一の非球面表面と、中央ゾーンおよび複数の回折素子を含む第二の非球面表面とを含んでもよい；複数の回折素子は、半径方向に延在する同心環状ゾーンを具備し、各同心環状ゾーンは、2つの鋭い変向点（turning point）の間に2つの滑らかな変向点を具備する周期的構造のカーブを有し、それによって、近方フォーカス（ f_2 ）と、中間フォーカス（ f_1 ）と、遠方フォーカス（ f_0 ）とをもたらす。

【0012】

いくつかの態様において、第一の非球面表面は前面であり、第二の非球面表面は後面である。いくつかの態様において、第一の非球面表面がトーリック成分を含んでもよい。いくつかの態様において、第一の非球面表面および/または第二の非球面表面の高さプロファイルは次式で表される：

10

$$Z_{asp}(r) = \frac{cr^2}{1 + \sqrt{1 - (1+k)c^2r^2}} + \sum_{i=2}^n A_i r^{2i}$$

ここで、 Z_{asp} は非球面構造の高さプロファイル、 r はミリメートル単位における半径距離、 c は曲率、 k は円錐定数、 A_i は高次の非球面係数である。

【0013】

いくつかの態様において、回折素子の高さプロファイルは次式で表される：

20

$$Z_{diff}(r) = \Phi_{(n)}(r) \times \frac{\lambda}{n_1 - n_0}$$

ここで、 λ は設計波長、 $\Phi_{(n)}(r)$ は位相プロファイル、 n_1 はレンズ材料の屈折率、 n_0 はレンズを覆っている媒質の屈折率である。

【0014】

いくつかの態様において、位相プロファイル $\Phi_{(n)}(r)$ は次式で表されうる：

$$\Phi_{(n)}(r) = A \times \sin \left(\left(B \times \frac{r - r_n}{r_{n+1} - r_n} + C \right) \times \pi \right) + D$$

30

ここで、 r はミリメートル単位におけるレンズの半径距離、 r_n は n 番目のゾーンの半径、 r_{n+1} は $(n+1)$ 番目のゾーンの半径、 A 、 B 、 C 、および D は光分布パラメータである。 A は振幅、 B は $\frac{2\pi}{B}$

としての周期、 C は位相シフト、 D は垂直シフトである。

【0015】

いくつかの態様において、位相プロファイル $\Phi_{(n)}(r)$ は -4π から 4π の範囲内でありうる。いくつかの態様において、遠方フォーカス（ f_0 ）、中間フォーカス（ f_1 ）、および近方フォーカス（ f_2 ）は次式の範囲内である：

40

$$0D \leq \frac{1}{f_0} \leq 55D, 1D \leq \frac{1}{f_1} - \frac{1}{f_0} \leq 2.5D, 2D \leq \frac{1}{f_2} - \frac{1}{f_0} \leq 5D$$

。

【0016】

いくつかの態様において、回折多焦点レンズは眼内レンズ（IOL）であってもよい。いくつかの態様において、回折多焦点レンズは、レンズ本体から外向きに延在する1対の支持部をさらに含んでもよい。いくつかの態様において、IOLは後房IOLであり、後房IOLはヒトの眼の水晶体嚢内に埋植されるように構成される。

50

【 0 0 1 7 】

いくつかの態様において、本開示は、対象における眼科疾患または障害を処置する方法に関する；同方法は、レンズ本体を具備する回折多焦点レンズを対象の眼内に埋植する段階を含んでもよい；レンズ本体は、第一の非球面表面と、中央ゾーンおよび複数の回折素子を具備する第二の非球面表面とを含んでもよい；複数の回折素子は、半径方向に延在する同心環状ゾーンを具備し、各同心環状ゾーンは、2つの鋭い変向点の間に2つの滑らかな変向点を具備する周期的構造のカーブを有する。

【 0 0 1 8 】

いくつかの態様において、本開示は、回折多焦点レンズを製造する方法に関する；同方法は（a）トーリック成分を任意で具備する第一の非球面表面を製造する段階；（b）第二の非球面表面を製造する段階；および、（c）中央ゾーンと、複数の同心環状ゾーンを具備する回折素子とを、第二の非球面表面上に生成する段階であって、各同心環状ゾーンが、2つの鋭い変向点の間に2つの滑らかな変向点を具備する周期的構造のカーブを有し、それによって、近方フォーカス（ f_2 ）と、中間フォーカス（ f_1 ）と、遠方フォーカス（ f_0 ）とをもたらす、段階；を含んでもよい。いくつかの態様において、本方法は、あらかじめ確立された品質基準を満たす性能であることを確実にするためにインサイチュー画像品質分析を行う段階をさらに含んでもよい。

[本発明1001]

（a）第一の非球面表面と；

（b）中央ゾーンと複数の回折素子とを具備する第二の非球面表面であって、該複数の回折素子が、半径方向に延在する同心環状ゾーンを具備し、各同心環状ゾーンが、2つの鋭い変向点（turning point）の間に2つの滑らかな変向点を具備する周期的構造のカーブを有し、それによって、近方フォーカス（ f_2 ）と、中間フォーカス（ f_1 ）と、遠方フォーカス（ f_0 ）とをもたらす、第二の非球面表面と

を具備するレンズ本体

を具備する、回折多焦点レンズ。

[本発明1002]

第一の非球面表面が前面である、本発明1001の回折多焦点レンズ。

[本発明1003]

第二の非球面表面が後面である、本発明1001の回折多焦点レンズ。

[本発明1004]

第一の非球面表面がトーリック成分を具備する、本発明1001の回折多焦点レンズ。

[本発明1005]

第一の非球面表面および／または第二の非球面表面の高さプロファイルが

$$Z_{asp}(r) = \frac{cr^2}{1 + \sqrt{1 - (1+k)c^2r^2}} + \sum_{i=2}^n A_i r^{2i}$$

で表され、上式において、 Z_{asp} は該非球面構造の高さプロファイル、 r はミリメートル単位における半径距離、 c は曲率、 k は円錐定数、 A_i は高次の非球面係数である、本発明1001の回折多焦点レンズ。

[本発明1006]

回折素子の高さプロファイルが

$$Z_{diff}(r) = \Phi_{(n)}(r) \times \frac{\lambda}{n_1 - n_0}$$

で表され、上式において、 λ は設計波長、 $\Phi_{(n)}(r)$ は位相プロファイル、 n_1 はレンズ材料の屈折率、 n_0 はレンズを覆っている媒質の屈折率である、本発明1001の回折多焦点レンズ。

[本発明1007]

位相プロファイル $\Phi_{(n)}(r)$ が

$$\Phi_{(n)}(r) = A \times \sin \left(\left(B \times \frac{r - r_n}{r_{n+1} - r_n} + C \right) \times \pi \right) + D$$

で表され、上式において、 r はミリメートル単位におけるレンズの半径距離、 r_n は n 番目のゾーンの半径、 r_{n+1} は $(n+1)$ 番目のゾーンの半径、 A 、 B 、 C 、および D は光分布パラメータであり、 A は振幅； B は

$$\frac{2\pi}{B}$$

10

としての周期； C は位相シフト； D は垂直シフトである、本発明1006の回折多焦点レンズ

[本発明1008]

位相プロファイル $\Phi_{(n)}(r)$ が

$$-4\pi \leq \Phi_{(n)}(r) \leq 4\pi$$

の範囲内である、本発明1006の回折多焦点レンズ。

[本発明1009]

遠方フォーカス (f_0)、中間フォーカス (f_1)、および近方フォーカス (f_2) が

$$0D \leq \frac{1}{f_0} \leq 55D, 1D \leq \frac{1}{f_1} - \frac{1}{f_0} \leq 2.5D, 2D \leq \frac{1}{f_2} - \frac{1}{f_0} \leq 5D$$

20

の範囲内である、本発明1001の回折多焦点レンズ。

[本発明1010]

眼内レンズ (IOL) である、本発明1001の回折多焦点レンズ。

[本発明1011]

レンズ本体から外向きに延在する1対の支持部をさらに具備する、本発明1010の回折多焦点レンズ。

[本発明1012]

IOLが後房IOLである、本発明1010の回折多焦点レンズ。

30

[本発明1013]

後房IOLが、ヒトの眼の水晶体嚢内に埋植されるように構成されている、本発明1012の回折多焦点レンズ。

[本発明1014]

対象における眼科疾患または障害を処置する方法であって、

レンズ本体を具備する回折多焦点レンズを該対象の眼内に埋植する段階を含み、

該レンズ本体が、

(a) 第一の非球面表面と；

(b) 中央ゾーンと複数の回折素子とを具備する第二の非球面表面であって、該複数の回折素子が、半径方向に延在する同心環状ゾーンを具備し、各同心環状ゾーンが、2つの鋭い変向点の間に2つの滑らかな変向点を具備する周期的構造のカーブを有する、第二の非球面表面と

40

を具備する、

方法。

[本発明1015]

眼科疾患または障害が、白内障および老視からなる群より選択される、本発明1014の方法。

[本発明1016]

回折多焦点レンズが眼内レンズ (IOL) である、本発明1014の方法。

50

[本発明1017]

回折多焦点レンズが、レンズ本体から外向きに延在する1対の支持部をさらに具備する、
本発明1016の方法。

[本発明1018]

IOLが、対象の眼の水晶体嚢内に埋植される、本発明1016の方法。

[本発明1019]

回折多焦点レンズを製造する方法であって、以下の段階：

(a) トーリック成分を任意で具備する第一の非球面表面を製造する段階；

(b) 第二の非球面表面を製造する段階；および

(c) 中央ゾーンと、複数の同心環状ゾーンを具備する回折素子とを、第二の非球面表面
上に生成する段階であって、各同心環状ゾーンが、2つの鋭い変向点の間に2つの滑らかな
変向点を具備する周期的構造のカーブを有し、それによって、近方フォーカス(f_2)と、
中間フォーカス(f_1)と、遠方フォーカス(f_0)とをもたらす、段階
を含む、方法。

10

[本発明1020]

あらかじめ確立された品質基準を満たす性能であることを確実にするためにインサイチ
ュー画像品質分析を行う段階

をさらに含む、本発明1019の方法。

【図面の簡単な説明】

【0019】

20

【図1A】本開示のいくつかの態様に基づく両面非球面多焦点回折IOLの上面図を示す。

【図1B】本開示のいくつかの態様に基づく両面非球面多焦点回折IOLの断面図を図示す
る。

【図2A】本開示のいくつかの態様に基づくIOLのレンズ本体の引き伸ばし図を示す。

【図2B】本開示のいくつかの態様に基づく回折素子の高さプロファイルを図示する。

【図2C】本開示の別の態様に基づく回折素子の高さプロファイルを図示する。

【図3A】本開示の第一の態様に基づく、パラメータの変動による、3 mmのアーチャー
および50 LP/mmの分解能測定値における光学性能(変調伝達関数、MTF)を図示する。

【図3B】本開示の第一の態様に基づく非球面かつ回折性の組み合わせ構造の高さプロフ
ァイルを図示する。

30

【図4A】本開示の第二の態様に基づく、パラメータの変動による、3 mmのアーチャー
および50 LP/mmの分解能測定値における光学性能(MTF)を図示する。

【図4B】本開示の第二の態様に基づく非球面かつ回折性の組み合わせ構造の高さプロフ
ァイルを図示する。

【図5A】本開示の第三の態様に基づく、パラメータの変動による、3 mmのアーチャー
および50 LP/mmの分解能測定値における光学性能(MTF)を図示する。

【図5B】本開示の第三の態様に基づく非球面かつ回折性の組み合わせ構造の高さプロフ
ァイルを図示する。

【図6】本開示のいくつかの態様に基づく、両面非球面多焦点回折IOLの設計および製造
を例示するフローチャートである。

40

【発明を実施するための形態】

【0020】

詳細な説明

本開示は、眼科学の分野における両面非球面回折多焦点レンズと、そうしたレンズを設
計および製造する方法とに関する。レンズは非球面の前面と非球面の後面とを含んでもよ
い。2つの表面のうち1つは、複数の同心回折多焦点ゾーンを含んでもよい。他方の表面は
、任意でトーリック成分を含む。両面非球面表面の設計の結果として、片面非球面レン
ズと比較して、収差の低減によってレンズと眼との組み合わせの変調伝達関数(MTF)が向
上し、かつ視覚コントラストが増強される。複数の同心回折多焦点ゾーンを有する表面は
、近方フォーカスと、中間フォーカスと、遠方フォーカスとをもたらす。

50

【 0 0 2 1 】

多焦点IOLは、近くの物体に焦点を合わせる能力の進行性の低下を眼が呈するコンディションである老視を処置するために、広く用いられている。ヒトは加齢によって老視が始まり、その影響は典型的に、読書用眼鏡が必要であることに気付く40～45歳頃に顕著になりはじめる。矯正用レンズを装用する老視の人は、1つは読書用（近用）、もう1つは運転用（遠用）という2つの別々の処方を、好ましくは同じ二焦点レンズ内に、必要としていることを見出す場合がある。3焦点レンズは、例えばコンピューターでの作業時など、中間距離の視覚をさらに向上させる可能性がある。

【 0 0 2 2 】

回折IOLは、例えば、ダイヤモンドまたはサファイアなどの硬い材料で作られたカッティングヘッドを備えていてもよい旋盤を用いた表面のカッティング；レーザービームもしくは電子ビームなどの高エネルギービームを用いた直接描画パターニング、または表面をアブレーションする類似の方法；フォトリソグラフィックなパターニング処理を用いた表面のエッチング；または表面のモールディング；などの作製方法によって光学素子の表面に形成されてもよい、反復構造を有する可能性がある。回折構造は典型的に一連の同心環状ゾーンであり、それは、レンズの中心から縁部まで各ゾーンが累進的に狭くなることを必要とする。レンズの中心と縁部との間に例えば約5～30個のゾーンが存在してもよい。各ゾーン内の表面プロファイルは典型的に、弧、放物線、または直線など、滑らかに変動する関数である。各ゾーンの外周には、垂直表面プロファイルにおける不連続なステップが存在する。結果として得られる表面構造は、0、1、2、3などの連続的な数字を各回折次元が有する複数の回折次元に光を分散させる、円対称の回折格子として作用できる。

【 0 0 2 3 】

回折IOLレンズは老視を矯正するために用いられてもよい。そうした用途において、レンズが1つの屈折表面と1つの回折表面とを含んでもよい。実際、回折レンズを通過する光エネルギーは典型的に1つ、2つ、または3つの回折次元に集中され、一方で、他の回折次元に寄与する光エネルギーは微々たる量になる。

【 0 0 2 4 】

多焦点IOL用の既存の設計は、屈折光学系、屈折性／回折性を組み合わせた設計、または、単一の回折次元に光を導く回折レンズのいずれかを用いている。しかし、そうしたIOLの作製は時間および費用がかかる可能性がある。したがって、向上した眼科用レンズ、特に、より容易に作製できる、向上した回折IOLに対するニーズが存在する。

【 0 0 2 5 】

本開示は、拡張した視覚レンジを提供する眼内レンズ（IOL）に関する。図1Aに、本開示のいくつかの態様に基づく両面非球面多焦点回折IOL 100の上面図を示す。図1Bに、本開示のいくつかの態様に基づく両面非球面多焦点回折IOL 100の断面図を示す。IOL 100は、光学部直径106と中心部厚さ110とを備えた光透過性の円形ディスク形状のレンズ本体101、および、患者眼内への埋植時にIOLをサポートする可撓性サポートとしての1対の支持部102を含んでもよく、全外径107を伴う。レンズ本体101は、前面108と、後面109と、中央ゾーン103と、後面109上の複数の回折素子104とを含んでもよい。レンズ本体101は、前面108および後面109を横切って延在する光軸105を含んでもよい。当業者には、光軸105がIOL 100の光学特性に言及する目的のための仮想的な軸であることが認識されるであろう。1対の支持部102は、ヒトの眼内に埋植された後にIOL 100をサポートするためにレンズ本体101から外向きに延在していてもよい。いくつかの態様において、IOL 100の支持部102はIOLを水晶体嚢内の所定の位置に保持できる。

【 0 0 2 6 】

いくつかの態様において、レンズ本体101は両凸形の形状を取ってもよい。レンズ本体101の他の形状には、非限定的に、平凸形、両凹形、平凹形、または凸形と凹形との組み合わせが含まれる。いくつかの態様において、前面108および後面109の両方が非球面構造を特徴としてもよく、それがIOL 100用の両面非球面性を提供してもよい。

【 0 0 2 7 】

10

20

30

40

50

回折素子104は、回折性のリングもしくはステップを含んでもよく、それらはまた、IOLの光学エリア上の特徴的な焦点に、強めあう干渉をもたらすための、特徴的な放射方向分離を有する回折ゾーンとしても公知である。いくつかの態様において、回折素子104は約3～約30個の回折リング/ゾーンを含んでもよい。いくつかの態様において、回折素子104は約5、10、15、20、または25個の回折リング/ゾーンを含んでもよい。IOLは、レンズの表面のうち1つ、または両方の表面上に回折素子を含有してもよい。いくつかの態様において、回折素子104はIOLの後面上に置かれてもよい。いくつかの態様において、前面より後面のほうが光散乱効果が少ないという理由から、回折素子が後面に置かれてもよい。複数の回折素子104は、レンズ本体101の後面109の少なくとも一部にわたって、中央ゾーン103を通る光軸105に対して同心的に延在するリング又はゾーンを含んでもよい。回折素子104は、遠距離、中間距離、および/または近距離の焦点を提供してもよい。いくつかの態様において、回折素子104は同心の円形または環状のリング形状をしたゾーンに限定されず、同心の楕円形または卵形をしたゾーンを含んでもよい。

【0028】

いくつかの態様において、レンズ本体101の光学部直径106は約4～約8 mmであってもよく、支持部102を含むIOL 100の全外径107は約9～約18 mmであってもよい。レンズ本体101は約0.8～約1.2 mmの中心部厚さ110を有してもよい。図1Aおよび1Bにおける態様は後房IOLを扱っているが、多焦点回折性のコンタクトレンズまたは眼鏡レンズを含む他の眼科用レンズもまた、同じアプローチが有益である可能性がある。眼科用の多焦点のコンタクトレンズおよび眼鏡 (spectacleまたはeye glass) レンズに用いられる場合、支持部102は提供されない。

【0029】

眼科用レンズが提供する矯正の量は光学度数と呼ばれ、ジオプトリー (D) で表される。光学度数は、メートル単位で測定される焦点距離fの逆数として計算される；焦点距離は、レンズから、遠方視用、中間視用、または近方視用のそれぞれの焦点までの、それぞれの焦点距離でありうる。本開示の両面非球面形状におけるレンズ本体101は、約10～約25 Dの基本光学度数を提供してもよい。いくつかの態様において、レンズ本体101は、約12、14、16、18、20、22、または24 Dの基本光学度数を提供してもよい。複数の回折素子104は、 $f_1 = f_0 + 2.2D$ および $f_2 = f_0 + 3.3D$ の追加度数を提供してもよい。

【0030】

IOLは、一時的な変形によって全体的な見かけ上の周囲寸法を小さくして、角膜を通した挿入を容易にすることを可能にし、それに付随してサイズを小さくした角膜切開の使用を可能にするという点で有利な、可撓性材料で作られてもよい。いくつかの態様において、レンズ本体は、ポリプロピレン、ポリカーボネート、ポリエチレン、アクリル-ブタジエンスチレン、ポリアミド、ポリクロロトリフルオロエチレン、ポリテトラフルオロエチレン、ポリ塩化ビニル、ポリフッ化ビニリデン、ポリ塩化ビニル、ポリジメチルシロキサン、ポリエチレンテレフタレート、エチレンテトラフルオロエチレン、エチレンクロロトリフルオロエチレン、ペルフルオロアルコキシ、ポリメチルペンテン、ポリメチルメタクリレート、ポリスチレン、ポリエーテルエーテルケトン、テトラフルオロエチレン、ポリウレタン、ポリ (メチルメタクリレート)、ポリ (2-ヒドロキシエチルメタクリレート)、ナイロン、ポリエーテルブロックアミド、シリコン、またはその混合物を含んでもよい。

【0031】

いくつかの態様において、レンズ本体は、2-アクリルアミド-2-メチルプロパンスルホン酸、2-ヒドロキシエチルメタクリレート、N-ビニルピロリドン、ビニルベンジルトリメチルアンモニウム塩、ジエチルアミノエチルメタクリレート、ジメチルアミノエチルアクリレート、ジメチルアミノエチルメタクリレート、ジエチルアミノエチルアクリレート、ジエチルアミノメチルメタクリレート、第三ブチルアミノエチルアクリレート、第三ブチルアミノエチルメタクリレート、およびジメチルアミノプロピルアクリルアミド；アクリル酸、メタクリル酸、スチレンスルホン酸、およびその塩；ヒドロキシプロピルアクリレート、ビニルピロリドン、ジメチルアクリルアミド、エチレングリコールモノメタクリレー

ト、エチレングリコールモノアクリレート、エチレングリコールジメタクリレート、エチレングリコールジアクリレート、トリエチレングリコールジアクリレート、およびトリエチレングリコールメタクリレートからなる群より選択されるモノマーで作られた親水性ポリマーを含んでもよい。いくつかの態様において、これら親水性モノマーは、レンズ本体を作るために、前段落に記載のポリマーマトリックス上に表面グラフトされる。いくつかの態様において、本開示のIOLは、参照によりその全体が本明細書に組み入れられる米国特許第10,494,458号に記載のポリマー組成物で作られてもよい。

【0032】

本開示に基づくIOLの支持部は、ポリメタクリレート、ポリプロピレン、ポリエチレン、ポリスチレン、およびポリアクリレートを非限定的に含むポリマー材料で作られてもよい。

10

【0033】

IOLの表面は、球面、非球面、またはトーリックの要素を含んでもよい。球面は球面収差を引き起こす可能性がある；球面収差は光学的不完全性の1つのタイプであり、特に低光量または暗所においてグレアの増大および全体的な視覚の質の低下を引き起こす可能性がある。非球面レンズは球面収差を矯正しうる。非球面IOLは、コントラスト感度の向上、機能的視覚の増強、および優れた夜間運転能力を提供する可能性がある。

【0034】

トーリック要素は典型的に乱視眼の矯正に用いられる。一般的に、乱視は、眼が点物体をくっきりとフォーカスされた像として網膜上に集束できないことによって見え方がぼやける、光学的な欠陥である。このことは、角膜および/または水晶体の曲率が不規則であることに由来する場合がある。乱視眼の屈折異常は、角膜および/または水晶体の、異なる経線 (meridian) の曲率の程度、ひいては屈折の程度に差異があることから生じ、その差異が原因となって、眼は、各経線に1つが対応する2つの焦点を有する。本明細書において用いる経線は、例えば地球上の本初子午線など、曲面に対する2つの軸のうち1つを含む。経線は互いに直交しうる。例として、地球の経線は、地球の表面に沿ってカーブする任意の直交する経度線および緯度線でありうる。

20

【0035】

例えば、乱視眼において、像は水平 (矢状) 面において網膜上に鮮明にフォーカスされても、垂直 (接線) 面において網膜の後ろにフォーカスされる可能性がある。乱視が角膜のみから生じているケースにおいて、乱視の2つの経線は角膜の2つの軸である可能性がある。乱視が水晶体から生じているならば、乱視の2つの経線は水晶体の2つの軸である可能性がある。乱視が角膜と水晶体との組み合わせから生じているならば、乱視の2つの経線は、角膜と水晶体とを組み合わせたレンズのそれぞれの軸である可能性がある。

30

【0036】

角膜もしくは水晶体、またはその2つのレンズの組み合わせから生じる乱視は、トーリック成分を含むレンズによって矯正される可能性がある。トーリック表面はフットボールの表面の一区画に似ており、1つがもう1つより小さい2つの規則的な曲率半径が存在する。これらの半径は、乱視眼の2つの経線における焦点はずれを矯正するために用いられる可能性がある。ゆえに、乱視によって引き起こされるぼやけた視覚は、光軸の周りで特異的に回転された補償光学系を提供する、眼鏡、ハードコンタクトレンズ、コンタクトレンズ、および/もしくはIOLなどの矯正用レンズまたはレーザー視力矯正によって矯正される可能性がある。

40

【0037】

いくつかの態様において、本開示に基づくIOLは、約無限大～約4メートル (m) の範囲の距離にある物体を見るための遠方視を提供しうる。いくつかの態様において、本開示のIOLは、約0.4 m未満の距離にある物体を見るための近方視を提供しうる。いくつかの態様において、本開示のIOLは、約0.4～約1 m、約2 m、約3 m、または約4 mの範囲内の距離にある物体を見るための中間視を提供する。結果として、本開示のIOLは、典型的に偽調節と呼ばれる、異なる距離範囲に対するある程度の調節を有利に提供する。いくつかの

50

態様において、患者の眼内に埋植された時に、眼の角膜と、本開示のIOLの近方度数、中間度数、および遠方度数とを組み合わせた度数は、患者の近距離、中間距離、および遠距離の範囲内の物体から出た光を網膜上に集束させることを可能にしうる。いくつかの態様において、本開示のIOLによって提供される遠方フォーカス (f_0)、中間フォーカス (f_1)、および近方フォーカス (f_2) は、以下の範囲を有しうる：

$$0D \leq \frac{1}{f_0} \leq 55D,$$

$$1D \leq \frac{1}{f_1} - \frac{1}{f_0} \leq 2.5D, \text{ および}$$

$$2D \leq \frac{1}{f_2} - \frac{1}{f_0} \leq 5D$$

10

【0038】

図2Aに、前面108と、後面109と、光軸105と、中央ゾーン103と、後面上に生成された複数の回折素子104とを含む、レンズ本体101の引き伸ばし図を示す。中央ゾーン103および回折素子104は図2Bにさらに図示されている。中央ゾーンは0番目のフレネルゾーンから始まる (d_0 から d_1 まで)。回折素子は、周期的構造の滑らかなカーブ (d_2 から d_3 まで) として構成され、回折素子の各周期構造は、2つの鋭い変向点 (d_2 , d_3) の間に2つの滑らかな変向点 (e_1 , e_2) を含有する。図2Cに、2つの滑らかな変向点 (e_1 , e_2) と、周期的にそれらに対応する変向点とを滑らかにならしたことによる、本開示の別の態様を図示する。

20

【0039】

本開示のIOL上で具現化されるこの回折構造は、後述するように式 (I) ~ (IV) を用いて設計できる。

【0040】

瞳関数。瞳関数は、レンズ上に入射した光の状態を変えることができるレンズの物理的効果を説明する、レンズの特性関数であり、具体的には、以下の式 (I) に記述されるように、振幅関数 $A(r)$ と位相関数 $\Phi_{(n)}(r)$ の指数関数との積によって表される。

$$T(r) = A(r)e^{i(\Phi_{(n)}(r))} \quad \text{式 (I)}$$

30

$T(r)$: 瞳関数

$A(r)$: 振幅関数

$\Phi_{(n)}(r)$: 位相関数

n : 自然数

【0041】

位相関数。位相関数は、任意の方法を用いてレンズ上に入射光の位相 (波のピークおよび谷の位置) に変化を与えるなどの、レンズにおいて提供される物理的効果を、数学的に表現した関数として定義される。位相関数の変数は、主として、レンズの中心から半径方向における位置 r によって表現され、位置 r の点においてレンズ上に入射した光の位相は、位相関数 $\Phi_{(n)}(r)$ による変化を受けてレンズから放射される。具体的には、これは r - Φ 座標系によって表される。本開示において、位相は Φ として記述され、単位はラジアンである。例えば、光の1波長は 2π ラジアン、半波長は π ラジアンとして表される。同じ座標系において表される、位相関数が提供されるエリア全体における位相の分布は、位相プロファイルと呼ばれ、または単にプロファイル、もしくはゾーンプロファイルと呼ばれる。 $\Phi=0$ の r 軸を基準線とすると、これは、 $\Phi=0$ の点で入射した光が位相の変化を伴わずに放射されることを意味する。そしてまた、この基準線について、 Φ に正の値が用いられる時、これは、光の進行がその位相量だけ遅れることを意味し、そして Φ に負の値が用いられる時、これは、光の進行がその位相量だけ進むことを意味する。実際の眼科用レンズにおいて、回折構造が付与されない屈折表面はこの基準線 (表面) に対応する。光はこの位相関数に基づいた位相変化を受けてレンズから放射される。

40

50

【 0 0 4 2 】

振幅関数。振幅関数は、上記の式 (I) における $A(r)$ によって表される関数である。本開示において、これは、レンズを通過する時の光透過量の変化を表す関数として定義される。振幅関数の変数は、レンズの中心から半径方向における位置 r として表され、位置 r の点におけるレンズの透過率を表す。そしてまた、振幅関数は 0 以上かつ 1 以下の範囲にあり、これは、 $A(r)=0$ の点では光が透過されず、 $A(r)=1$ の点では入射光が損失なくそのまま透過されることを意味する。

【 0 0 4 3 】

ゾーン。本開示において、ゾーンは、レンズにおいて提供される回折構造、要素、または回折格子内の最小単位として用いられる。

10

【 0 0 4 4 】

IOL 上の回折構造の高さプロファイル (Z_{diff}) は以下の式 (II) に基づいて計算できる。

$$Z_{diff}(r) = \Phi_{(n)}(r) \times \frac{\lambda}{n_1 - n_0} \quad \text{式 (II)}$$

$Z_{diff}(r)$: 回折構造の高さプロファイル

$\Phi_{(n)}(r)$: 位相関数

λ : 設計波長

n_1 : レンズ材料の屈折率

n_0 : レンズを覆っている媒質の屈折率

20

【 0 0 4 5 】

特定の回折ゾーンの半径 (r_n) は以下の式 (III) に基づいて計算できる。

$$r_n = \sqrt{2 \times \lambda \times n \times f} \quad \text{式 (III)}$$

r_n : n 番目のゾーンの半径

λ : 設計波長

f : 追加度数の逆数

【 0 0 4 6 】

位相関数 ($\Phi_{(n)}(r)$) は以下の式 (IV) によって計算できる。

$$\Phi_{(n)}(r) = A \times \sin \left(\left(B \times \frac{r - r_n}{r_{n+1} - r_n} + C \right) \times \pi \right) + D \quad \text{式 (IV)}$$

30

$\Phi_{(n)}(r)$: 位相関数

r : レンズの中心からの半径距離

r_n : n 番目のゾーンの半径

r_{n+1} : $(n+1)$ 番目のゾーンの半径

ここで、 A 、 B 、 C 、および D は光分布パラメータである。 A は振幅である ; B は

$$\frac{2\pi}{B}$$

40

としての周期である ; C は位相シフトであり、 $+C$ ならば左にシフトし、位相シフトが $-C$ ならば右にシフトする ; D は垂直シフトであり、 $+D$ ならば関数が上に移動し、 $-D$ ならば関数が下に移動する。

【 0 0 4 7 】

両面非球面構造 (IOL の光学エリアの前面および後面) はレンズの球面収差を矯正するためである。レンズの非球面ベース構造の高さプロファイル (Z_{asp}) は以下の式 (V) に基づいて計算できる。

$$Z_{asp}(r) = \frac{cr^2}{1 + \sqrt{1 - (1+k)c^2r^2}} + \sum_{i=2}^n A_i r^{2i} \quad \text{式 (V)}$$

50

Z_{asp} : 非球面構造の高さプロファイル

r : レンズの中心からの半径距離

k : 円錐定数

c : 曲率

A_i : 高次の非球面係数

【0048】

本開示のいくつかの態様に基づき、非球面構造および回折構造の両方が同じ表面（IOLの前面および/または後面）上に置かれる場合、その組み合わせ構造の高さプロファイル（ Z_{total} ）は、以下の式（VI）に基づいて計算されるように、非球面構造の高さプロファイル（ Z_{asp} ）と回折構造の高さプロファイル（ Z_{diff} ）との和になる。

$$Z_{total}(r) = Z_{asp}(r) + Z_{diff}(r) \quad \text{式 (VI)}$$

10

Z_{diff} : 回折構造の高さプロファイル

$Z_{aspheric}$: 非球面構造の高さプロファイル

Z_{total} : 組み合わせ構造、すなわちレンズ本体の高さプロファイル

【0049】

いくつかの態様において、上述のレンズはコンタクトレンズまたはIOLであってもよい。いくつかの態様において、IOLは角膜内IOL、前房IOL、または後房IOLであってもよい。いくつかの態様において、IOLは後房IOLであってもよい。本開示の態様において支持部アームが図示されているが、後房埋植に適合した、水晶体嚢または毛様溝に対する任意の好適な支持部固定構造もまた後房IOLにおいて用いられてよい。

20

【0050】

眼内レンズの光学プライオリティ（optical priority）を推定する1つの方式は、その変調伝達関数（MTF）を実験的に決定することである。光学系のMTFはISO 11979-2のAnnex Cに基づいて測定でき、それには、試験パターンの、決定された空間周波数について、その光学系を通して透過されるコントラストの比が反映される；空間周波数は「サイクル/mm」または「LP/mm」として定義され、「LP」は「ラインペア（line pair）」を示す。一般的に、空間周波数の増大に伴ってコントラストは低減する。

【0051】

本開示において言及するすべての刊行物、特許、および特許出願は、個別の各刊行物、特許、または特許出願が参照により組み入れられると具体的かつ個別に示された場合と同様に、参照により本明細書に組み入れられる。

30

【0052】

別段の定義がない限り、本明細書において用いるすべての技術用語および科学用語は、本開示が属する技術分野の当業者によって一般的に理解されるのと同じ意味を有する。本明細書に説明するものと同様または等価である任意の方法および材料が本開示を実用または試験するうえで用いられてよいが、改変およびバリエーションは本開示の精神および範囲内に包含されることが理解されるであろう。好ましい方法および材料を以下に説明する。

【0053】

以下に呈示するのは、本開示において述べる用途向けとして予期されるIOLの、異なる諸態様を述べた実施例である。以下の実施例は、本開示の諸態様をさらに例証するために提供されるが、本開示の範囲を限定することは意図されていない。それらは、用いられる可能性がある典型例であるが、当業者に公知である他の手順、方法論、または技法が代替的に用いられてもよい。

40

【実施例】

【0054】

実施例1

本開示の第一の態様に基づくIOLの、MTFおよび高さプロファイル

式（IV）より、パラメータA、B、C、およびDを変動させ、かつ遠方フォーカス（ f_0 ）、中間フォーカス（ f_1 ）、および近方フォーカス（ f_2 ）を制御したことによる、3 mmの

50

アパーチャおよび50ラインペア毎ミリメートル (LP/mm) の分解能測定値における光学性能 (変調伝達関数、MTF) を図3Aに示す。A、B、C、およびDのパラメータは以下の表1に基づいて変動させた。

【 0 0 5 5 】

(表1) 本開示の第一の態様におけるパラメータA～Dの変動

	A	B	C	D
リング1	0.6	0.5	1	-0.42
リング2	0.41	0.5	0.5	0.24
リング3	-0.1	1	0.5	-0.07
リング4	0.45	0.5	1	-0.42
リング5	0.41	0.5	0.5	0.24
リング6	-0.1	1	0.5	-0.07
リング7	0.45	0.5	1	-0.42
リング8	0.41	0.5	0.5	0.24
リング9	-0.1	1	0.5	-0.07
リング10	0.45	0.5	1	-0.42
リング11	0.41	0.5	0.5	0.24
リング12	-0.1	1	0.5	-0.07
リング13	0.45	0.5	1	-0.42
リング14	0.41	0.5	0.5	0.24
リング15	-0.1	1	0.5	-0.07

10

20

【 0 0 5 6 】

図3Aにおける曲線は、約14.0 Dにおける遠方フォーカスと、約16.2 Dにおける中間フォーカスと、約17.3 Dにおける近方フォーカスとにそれぞれ対応する3つのピークを示している。

【 0 0 5 7 】

非球面かつ回折性の組み合わせ構造の高さプロファイル $Z_{\text{total}}(r)$ を図3Bに示す。高さは垂直軸に沿って μm スケールで描かれている。レンズ本体の中心を通っている光軸は半径位置 $r=0$ にあると想定されており、光軸から外方向に測定された半径距離 r は垂直軸に沿って mm で表されている。

30

【 0 0 5 8 】

実施例2

本開示の第二の態様に基づくIOLの、MTFおよび高さプロファイル

式(IV)より、パラメータA、B、C、およびDを変動させ、かつ f_0 、 f_1 、および f_2 を制御したことによる、3 mmのアパーチャおよび50ラインペア毎ミリメートル (LP/mm) の分解能測定値における光学性能 (MTF) を図4Aに示す。A、B、C、およびDのパラメータは以下の表2に基づいて変動させた。非球面かつ回折性の組み合わせ構造の高さプロファイル $Z_{\text{total}}(r)$ を図4Bに示す。

【 0 0 5 9 】

(表2) 本開示の第二の態様におけるパラメータA～Dの変動

40

	A	B	C	D
リング1	0.68	0.5	1	-0.38
リング2	0.36	0.5	0.5	0.22
リング3	-0.12	1	0.5	-0.02
リング4	0.48	0.5	1	-0.38
リング5	0.36	0.5	0.5	0.22
リング6	-0.12	1	0.5	-0.02
リング7	0.48	0.5	1	-0.38
リング8	0.36	0.5	0.5	0.22
リング9	-0.12	1	0.5	-0.02
リング10	0.48	0.5	1	-0.38
リング11	0.36	0.5	0.5	0.22
リング12	-0.12	1	0.5	-0.02
リング13	0.48	0.5	1	-0.38
リング14	0.36	0.5	0.5	0.22
リング15	-0.12	1	0.5	-0.02

【 0 0 6 0 】

図4Aにおける曲線は、約24.0 Dにおける遠方フォーカスと、約26.2 Dにおける中間フォーカスと、約27.3 Dにおける近方フォーカスとにそれぞれ対応する3つのピークを示している。

【 0 0 6 1 】

実施例3

本開示の第三の態様に基づくIOLの、MTFおよび高さプロファイル

式(IV)より、パラメータA、B、C、およびDを変動させ、かつ f_0 、 f_1 、および f_2 を制御したことによる、3 mmのアパーチャおよび50ラインペア毎ミリメートル(LP/mm)の分解能測定値における光学性能(MTF)を図5Aに示す。A、B、C、およびDのパラメータは以下の表3に基づいて変動させた。非球面かつ回折性の組み合わせ構造の高さプロファイル $Z_{total}(r)$ を図5Bに示す。

【 0 0 6 2 】

(表3) 本開示の第三の態様におけるパラメータA～Dの変動

	A	B	C	D
リング1	0.76	0.5	1	-0.5
リング2	0.41	0.5	0.5	0.24
リング3	-0.1	1	0.5	-0.07
リング4	0.45	0.5	1	-0.42
リング5	0.41	0.5	0.5	0.24
リング6	-0.1	1	0.5	-0.07
リング7	0.45	0.5	1	-0.42
リング8	0.41	0.5	0.5	0.24
リング9	-0.1	1	0.5	-0.07
リング10	0.45	0.5	1	-0.42
リング11	0.41	0.5	0.5	0.24
リング12	-0.1	1	0.5	-0.07
リング13	0.45	0.5	1	-0.42
リング14	0.41	0.5	0.5	0.24
リング15	-0.1	1	0.5	-0.07

【 0 0 6 3 】

図5Aにおける曲線は、約19.0 Dにおける遠方フォーカスと、約21.2 Dにおける中間フォーカスと、約22.3 Dにおける近方フォーカスとにそれぞれ対応する3つのピークを示している。

【 0 0 6 4 】

図6は、本開示のいくつかの態様に基づく、両面非球面多焦点回折IOLの設計および製造を図示したフローチャート600である。段階601では、トーリック成分を任意で含む第一の非球面表面を製造する。段階602では第二の非球面表面を製造する。段階603では、第二の非球面表面上に複数の同心回折多焦点ゾーンを生成して、近方フォーカスと、中間フォーカスと、遠方フォーカスとをもたらす。段階604では、あらかじめ確立された性能基準に対して、TRIOPTICS OptiSpheric（登録商標）IOL PRO 2を用いてスルーフォーカスMTFを測定するために、ISO Model Eye 2上で両面非球面回折多焦点レンズのインサイチュー画像品質分析を行う。

【 0 0 6 5 】

以上に特定の態様を参照しながら本発明を具体的に示しかつ説明してきたが、当業者に理解されるべき点として、本明細書に開示する本開示の精神および範囲から逸脱することなく、本発明の形態および細部にさまざまな変更がなされうる。

【 0 0 6 6 】

本開示において参照されるすべての参照物は、参照によりその全体が本明細書に組み入れられる。本開示のさまざまな態様は、本段落に続く（かつ、本出願の最後に提供される実際の請求項の前の）段落において列挙される潜在的請求項によって特徴付けされる可能性がある。これらの潜在的請求項は、本出願の、記述による説明の一部をなす。したがって、続く潜在的請求項の内容は、本出願、または本出願に基づく優先権を主張するいずれかの出願に係わる、後の手続きにおける実際の請求項として呈示される可能性がある。そうした潜在的請求項が含まれることは、実際の請求項が潜在的請求項の内容を網羅しないことを意味するものと解釈されるべきではない。ゆえに、後の手続きにおいてこれら潜在的請求項を呈示しないという決定は、その内容の公共への寄贈と解釈されるべきではない。

【 0 0 6 7 】

上述した本開示の諸態様は、例示的なものにすぎないことが意図されている；当業者には多数のバリエーションおよび改変が明らかであろう。そうしたすべてのバリエーションおよび改変は、添付の特許請求の範囲において定義される本開示の範囲内に入るものと意図される。

10

20

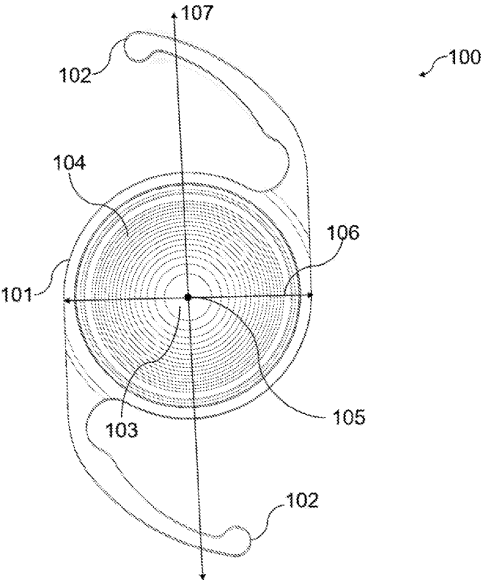
30

40

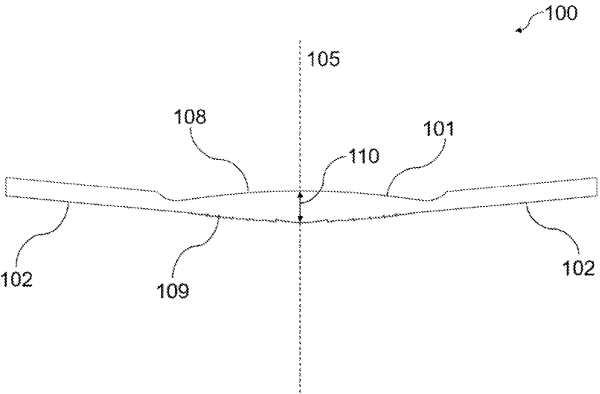
50

【図面】

【図 1 A】

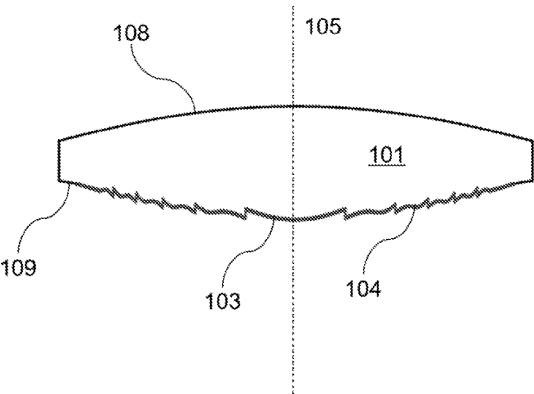


【図 1 B】

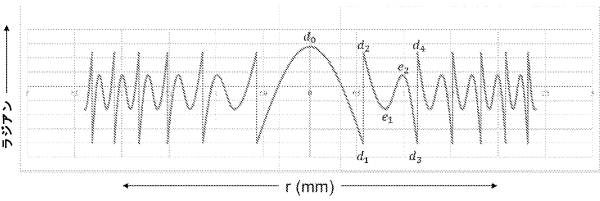


10

【図 2 A】



【図 2 B】



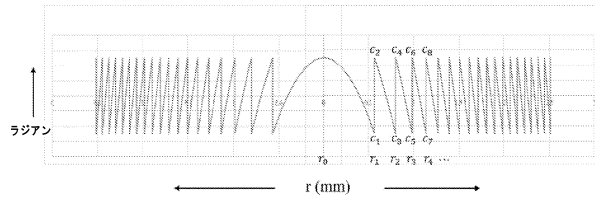
20

30

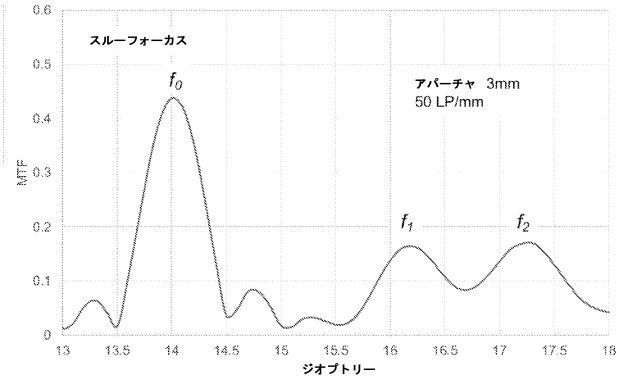
40

50

【 図 2 C 】

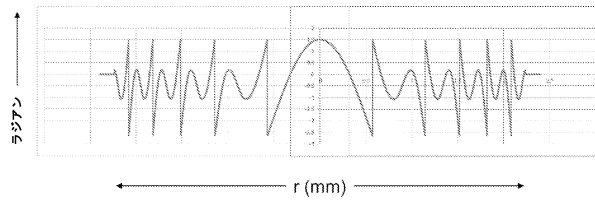


【 図 3 A 】

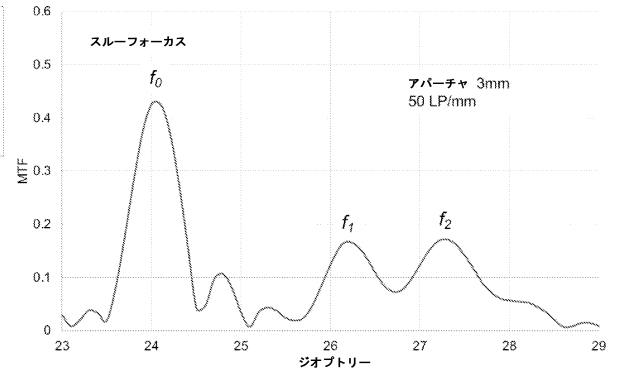


10

【 図 3 B 】

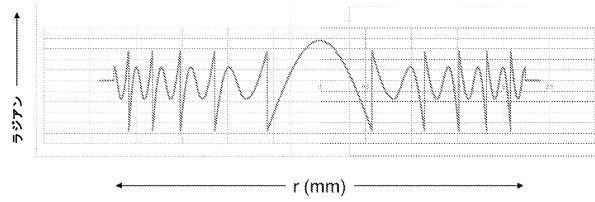


【 図 4 A 】

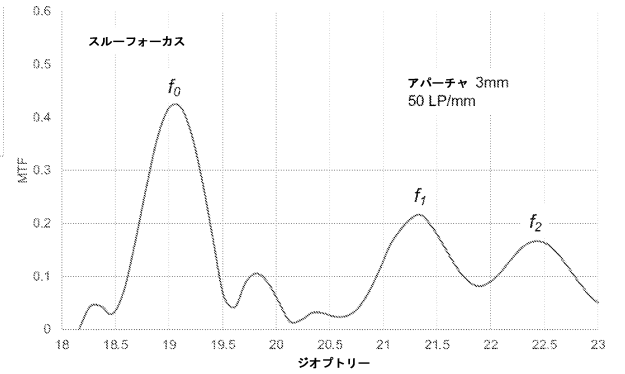


20

【 図 4 B 】

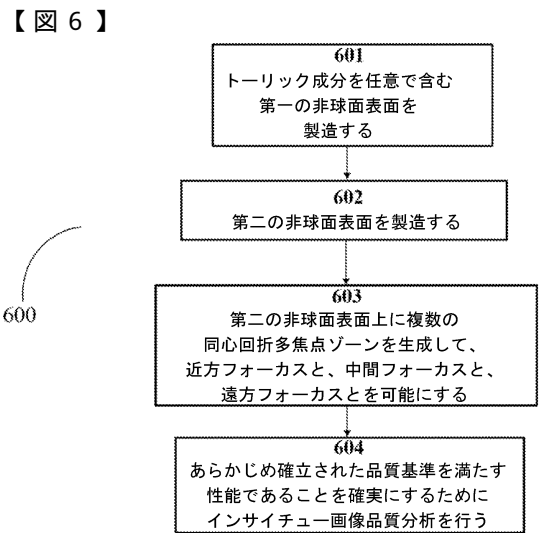
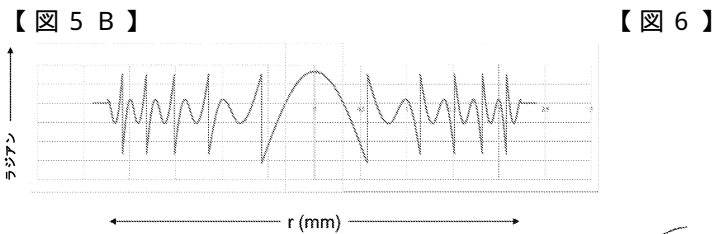


【 図 5 A 】



30

40



10

20

30

40

50

フロントページの続き

- 弁理士 佐藤 利光
(74)代理人 100188433
弁理士 梅村 幸輔
(74)代理人 100128048
弁理士 新見 浩一
(74)代理人 100129506
弁理士 小林 智彦
(74)代理人 100205707
弁理士 小寺 秀紀
(74)代理人 100114340
弁理士 大関 雅人
(74)代理人 100214396
弁理士 塩田 真紀
(74)代理人 100121072
弁理士 川本 和弥
(72)発明者 ヤン チュアン - フイ
台湾 3 0 2 6 1 シンジュー シェン イ ロード セクション 2 ナンバー 1 6 ビルディング ビ
ー 4 エフ アイケアーズ メディカス インコーポレイテッド内
(72)発明者 チウ イ - フェン
台湾 3 0 2 6 1 シンジュー シェン イ ロード セクション 2 ナンバー 1 6 ビルディング ビ
ー 4 エフ アイケアーズ メディカス インコーポレイテッド内
(72)発明者 ツェン ウェン - チュ
台湾 3 0 2 6 1 シンジュー シェン イ ロード セクション 2 ナンバー 1 6 ビルディング ビ
ー 4 エフ アイケアーズ メディカス インコーポレイテッド内
審査官 大橋 俊之
(56)参考文献 特表 2 0 1 2 - 5 1 7 6 2 5 (J P , A)
国際公開第 2 0 1 7 / 0 5 6 3 0 5 (W O , A 1)
特開 2 0 0 9 - 0 8 2 7 2 3 (J P , A)
米国特許出願公開第 2 0 0 9 / 0 2 6 8 1 5 5 (U S , A 1)
(58)調査した分野 (Int.Cl. , D B 名)
A 6 1 F 2 / 1 6