

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 公開特許公報(A)

(11) 特許出願公開番号

特開2007-319692**(P2007-319692A)**

(43) 公開日 平成19年12月13日(2007. 12. 13)

(51) Int. Cl.

A 6 1 F 2/16 (2006.01)

F I

A 6 1 F 2/16

テーマコード (参考)

4 C O 9 7

審査請求 未請求 請求項の数 27 O L (全 13 頁)

(21) 出願番号 特願2007-145772 (P2007-145772)
 (22) 出願日 平成19年5月31日 (2007. 5. 31)
 (31) 優先権主張番号 11/443, 766
 (32) 優先日 平成18年5月31日 (2006. 5. 31)
 (33) 優先権主張国 米国 (US)

(71) 出願人 500319044
 アルコン、インコーポレイティド
 スイス国、ツューハー 6 3 3 1 ヒュー
 ネンベルク、ボシュ 6 9
 (74) 代理人 100099759
 弁理士 青木 篤
 (74) 代理人 100092624
 弁理士 鶴田 準一
 (74) 代理人 100102819
 弁理士 島田 哲郎
 (74) 代理人 100108383
 弁理士 下道 晶久
 (74) 代理人 100113826
 弁理士 倉地 保幸

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 眼内レンズ

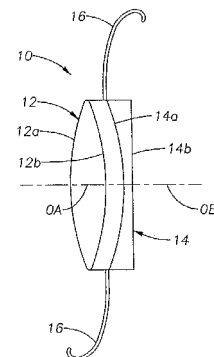
(57) 【要約】

【課題】複数の収差を補正することができる改良型 I O L の提供を図る。

【解決手段】眼内レンズ 1 0 であって、後側光学部品 1 4 と、前側光学部品 1 2 と、を備え、前記後側光学部品 1 4 および前記光学部品 1 2 の 1 つは、放射状対称収差の補正を行い、他方の光学部品は、放射状非対称収差の補正を行うように構成する。

【選択図】図 1

図1



【特許請求の範囲】

【請求項 1】

後側光学部品と、

前側光学部品と、を備え、

前記後側光学部品および前記光学部品の 1 つは、放射状対称収差の補正を行い、他方の光学部品は、放射状非対称収差の補正を行う眼内レンズ。

【請求項 2】

前記放射状対称収差は、球面収差を備える請求項 1 に記載の眼内レンズ。

【請求項 3】

前記放射状非対称収差は、コマ収差およびトレフォイル収差のいずれかを備える請求項 10 2 に記載の眼内レンズ。

【請求項 4】

前記後側光学部品または前記前側光学部品の 1 つは、約 - 0 . 5 ミクロンから約 + 0 . 5 ミクロンまでの範囲で前記放射状対称収差の補正を行うよう適応している請求項 1 に記載の眼内レンズ。

【請求項 5】

前記後側光学部品または前記前側光学部品の 1 つは、約 - 0 . 5 ミクロンから約 + 0 . 5 ミクロンまでの範囲で前記放射状非対称収差の補正を行うよう適応している請求項 1 に記載の眼内レンズ。

【請求項 6】

前記後側光学部品および前記前側光学部品は、約 0 ミリメートルから約 5 ミリメートルまでの範囲の距離で軸方向に離れている請求項 1 に記載の眼内レンズ。

【請求項 7】

前記後側光学部品の光軸は、前記前側光学部品の光軸と実質的に整合する請求項 6 に記載の眼内レンズ。

【請求項 8】

前記光学部品は、合わせて約 6 D i o p t e r から約 3 4 D i o p t e r までの範囲で光学パワーを提供するよう適応している請求項 1 に記載の眼内レンズ。

【請求項 9】

前記後側光学部品の屈折率は、前記前側光学部品の屈折率と異なる請求項 1 に記載の眼内レンズ。 30

【請求項 10】

前記前側光学部品および前記後側光学部品は、協調して色収差の補正を行うことができるよう適応している多様な波長分散特性をもつ請求項 1 に記載の眼内レンズ。

【請求項 11】

前記放射状対称収差の補正を行う光学部品は、次の関係式

【数 1】

$$z = \frac{cr^2}{1 + [1 - (1+k)c^2r^2]^{\frac{1}{2}}} + a_1r^2 + a_2r^4 + a_3r^6$$

40

によって定義されるプロフィールをもつ表面を備え、

ここで、

z は、前記光学部品の光軸から半径距離 r における表面のサグを示し、

c は、表面の頂点における曲率を示し、

k は、円錐定数を示し、

a₁ は、2 次の非球面係数を示し、

a₂ は、4 次の非球面係数を示し、

50

a_3 は、6 次の非球面係数を示す請求項 1 に記載の眼内レンズ。

【請求項 1 2】

前記放射状非対称収差の補正を行う光学部品は、次の関係式

【数 2】

$$z = c_{\text{coma}} * f_{\text{coma}}(r, \theta, \alpha)$$

によって定義されるプロフィールをもつ表面を備え、

10

ここで、

【数 3】

$$f_{\text{coma}}(r, \theta, \alpha) = 2\sqrt{3}(10r^5 - 12r^3 + 3r) \cos(\theta + \alpha)$$

であり、

ここで、

z は、光軸に沿う表面のサグを示し、

20

パラメータ c_{coma} は、修正の大きさを示す係数であり、

r は、瞳の半径に関して瞳の正規化された位置であり、

θ は、子午角を示し、

α は、修正するコマの軸を表す請求項 1 に記載の眼内レンズ。

【請求項 1 3】

前記パラメータ c_{coma} は、約 - 0.5 ミクロンから約 + 0.5 ミクロンまでの範囲内にある請求項 1 2 に記載の眼内レンズ。

【請求項 1 4】

前記放射状非対称収差の補正を行う光学部品は、次の関係式

【数 4】

30

$$z = c_{\text{trefoil}} * f_{\text{trefoil}}(r, \theta, \alpha)$$

によって定義されるプロフィールをもつ表面を備え、

ここで、

【数 5】

$$f_{\text{trefoil}}(r, \theta, \alpha) = 2\sqrt{3}(5r^5 - 4r^3) \cos(3(\theta + \alpha))$$

40

であり、

ここで、

パラメータ c_{trefoil} は、修正の大きさを示す係数であり、

r は、瞳の半径に関して瞳の正規化された位置であり、

θ は、子午角を示し、

α は、修正するトレフォイルの軸を表す請求項 1 に記載の眼内レンズ。

【請求項 1 5】

50

前記パラメータ $c_{trefoil}$ は、約 -0.5 ミクロンから約 $+0.5$ ミクロンまでの範囲内にある請求項 14 に記載の眼内レンズ。

【請求項 16】

後側光学面と前側光学面とをもつ光学部品を備え、

前記前側光学面は、放射状対称収差の補正を行うよう適応し、且つ、前記後側光学面は、放射状非対称収差の補正を行うよう適応している眼内レンズ。

【請求項 17】

前記放射状対称収差は、球面収差を備える請求項 16 に記載の眼内レンズ。

【請求項 18】

前記放射状非対称収差は、コマを備える請求項 16 に記載の眼内レンズ。

10

【請求項 19】

前記放射状非対称収差は、トレフォイルを備える請求項 16 に記載の眼内レンズ。

【請求項 20】

前記光学部品は、約 6 Diopter から約 34 Diopter までの範囲で光学パワーを提供するよう適応している請求項 16 に記載の眼内レンズ。

【請求項 21】

前記光学部品は、生体適合材で形成される請求項 16 に記載の眼内レンズ。

【請求項 22】

後側光学面および前側光学面のいずれかが、約 -0.5 ミクロンから約 $+0.5$ ミクロンまでの範囲で前記放射状対称収差および前記放射状非対称収差の 1 つの補正を行う請求項 16 に記載の眼内レンズ。

20

【請求項 23】

後側光学部品と、

前側光学部品と、を備え、

前記後側光学部品は、1 つの収差タイプの補正を行うよう適応している少なくとも 1 つの光学面を備え、且つ、前記前側光学部品は、他の収差タイプの補正を行うよう適応している少なくとも 1 つの光学面を備える眼内レンズ。

【請求項 24】

前記収差タイプの 1 つは、放射状対称収差を備え、且つ、他の収差タイプは、放射状非対称収差を備える請求項 23 に記載の眼内レンズ。

30

【請求項 25】

前記放射状対称収差は、球面収差を備える請求項 24 に記載の眼内レンズ。

【請求項 26】

前記放射状非対称収差は、コマを備える請求項 24 に記載の眼内レンズ。

【請求項 27】

前記後側光学部品または前記前側光学部品の少なくとも 1 つは、第 3 の収差タイプの補正を行うよう適応している他の光学面を備える請求項 23 に記載の眼内レンズ。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

40

本発明は、一般に、眼科レンズに関し、特に、軸上視覚性能および軸外視覚性能を改良する眼内レンズ (IOL) に関する。

【背景技術】

【0002】

通常、眼内レンズは、白内障の手術で患者の眼に移植されて本来のレンズと交換される。球面収差またはコマ収差などの多様な収差が、こうして移植された IOL の視覚性能に悪影響を及ぼす場合がある。例えば、特に大きい瞳に関しては、球面収差によってビジョンコントラストが低下する場合がある。いくつかの従来 IOL は、例えば、球面収差などの単一の収差に関する修正は行うが、複数の収差の問題に対処していない。

【0003】

50

【特許文献1】米国特許第6,416,550号明細書

【発明の開示】

【発明が解決しようとする課題】

【0004】

IOLなどの光結像系において、視野の中央にある物体からの光は、光学部品によって規定された焦点に集束する。しかしながら、この焦点は波長に依存する。したがって、設計波長の光は、焦点に集束させることができるが、他の波長の光は、理想上の焦点の前または後で集束してしまう。「軸上」タイプの収差は、色収差として周知である。

【0005】

また、光学系では、軸外収差も多く発生する。「球体」収差の場合、視野の周辺部にある物体からの光が理想焦点の前または後で集束する。「コマ」の場合も、周辺部の物体の画像がいくらか集束せず、代わりにくさび形に見えることがある。軸から外れるほど、悪い影響が現れる。この収差は、望遠鏡で星を観察しているときに初めて認識されたため、「コマ収差」またはコマと呼ばれる。

【0006】

球面収差は、色収差と同様に放射状対称形の収差であるが、コマは、非対称形の収差である。他の形式の非対称収差として、「トレフォイル」がある。この場合、3本の異なる曲率を有する別々の軸が存在する。特に眼科レンズ（ophthalmic lens）が全視覚系の一部を形成する場合、上記の形式の収差の各々が（他の収差と一緒に）患者の角膜も含めて眼科レンズ中に現れる場合がある。

【0007】

従って、改良型眼科レンズが必要である。特に、複数の収差を補正することができる改良型IOLが必要である。

【0008】

本発明は、一般に、マルチサーフェスおよび/またはマルチエレメントの眼内レンズ（IOL）を目的とする。これらの眼内レンズでは、特に、球面収差などの軸上収差に加えて、コマまたはトレフォイルなどの軸外収差なども含む多様な収差の補正を行うように、複数の表面が適応している。いくつかの実施例では、多様な表面が多様な収差の補正に適応しているので、軸上視覚性能だけでなく軸外視覚性能も改良することができる。一例として、収差の平方自乗平均（RMS）として定義することができる収差値は、レンズを人の眼（または、モデルの眼）の中に移植した場合の6mmの見かけの瞳（または、入射瞳）について測定することができる。この見かけの瞳は、ヒトの水晶体嚢（human capsular bag）に移植された眼科レンズの約5mmの開口サイズに対応する。特に説明しない限り、本明細書で使う収差値は、これらの基準に基づいている。したがって、記載を簡潔にするため、以下のセクションで述べる収差値と共にRMSの定義や6mmの適性についての説明を省略する。

【課題を解決するための手段】

【0009】

1つの実施形態によれば、後側光学部品と、前側光学部品と、を備え、前記後側光学部品および前記光学部品の1つは、放射状対称収差の補正を行い、他方の光学部品は、放射状非対称収差の補正を行う眼内レンズが提供される。本明細書に使用されるように、光学部品は、収差の影響を全部または部分的に補正する（打ち消す）ことによって、収差の補正を行う。例えば、収差によって焦点が軸方向に拡散する場合、補正によって拡散を抑えてより鮮明な焦点を生成することができる。

【0010】

関連する実施形態によれば、放射状対称収差は、球面収差を備え、放射状非対称収差は、コマまたはトレフォイルのいずれかを備える。ある場合では、後側光学部品または前側光学部品の少なくとも1つが、約-0.5（マイナス0.5）ミクロンから約+0.5ミクロン（プラス0.5ミクロン）までの範囲で収差の補正を行うよう適応していてもよい。一例として、各光学部品は、少なくとも1つの光学面を含んでもよい。この光学面は、

10

20

30

40

50

ベースプロフィールが選定した程度の非球面性（球面からの乖離）を有することによって、例えば球面収差などの収差を打ち消すように設計されている。

【0011】

他の実施形態によれば、後側光学部品および前側光学部品は、約0ミリメートルから約5ミリメートルまでの範囲の距離で軸方向に離れている。多くの場合、後側光学部品および前側光学部品は、お互いに光軸が実質的に整合するよう配置される。

【0012】

他の実施形態において、後側光学部品および前側光学部品は、合わせて約6 Diopter から約34 Diopter までの範囲で光学パワーを提供する。これらの光学部品は、特定用途のために必要とされる屈折率をもつソフトアクリル、シリコン、ヒドロゲル、または他の生体適合性をもつ高分子材料などの生体適合材で形成するのが好ましい。ある場合は、両方の光学部品が同じ材料で形成されるが、他の場合は、異なる材料で形成されることもある。

【0013】

関連する実施形態では、前側光学部品および後側光学部品は、協調して色収差の補正を行うことができるよう多様な波長分散特性（波長の関数としての屈折率の変化）をもつ。

【0014】

他の実施形態では、後側光学面と前側光学面とをもつ光学部品を備え、前記の前側光学面は、放射状対称収差の補正を行うよう適応し、且つ、前記後側光学面は、放射状非対称収差の補正を行うよう適応している眼内レンズが提供される。一例として、放射状対称収差は、球面収差を備える一方、放射状非対称収差は、コマまたはトレフォイルのいずれかを備える。

【0015】

関連する実施形態では、後側光学面または前側光学面のうちの1つは、非球面、対称のベースプロフィールを備え、これによって、例えば、約-0.5（マイナス0.5）ミクロンから約+0.5ミクロン（プラス0.5ミクロン）までの範囲で修正を行うことによって、球面収差の補正を行う。一方、他方の光学面は、コマおよび/またはトレフォイルの補正に適応した非対称プロフィールを備え、これによって、例えば、約-0.5ミクロンから約+0.5ミクロンまでの範囲で修正を行う。

【0016】

眼内レンズは、生体適合材で形成することができるし、6 Diopter から約34 Diopter までの範囲で光学パワーを提供するよう適応させることもできる。

【0017】

本発明によれば、他の実施形態において、後側光学部品と、前側光学部品と、を備え、前記後側光学部品は、1つの収差タイプの補正を行うよう適応している少なくとも1つの光学面を備え、且つ、前記前側光学部品は、他の収差タイプの補正を行うよう適応している少なくとも1つの光学面を備える眼内レンズ（IOL）が提供される。

【0018】

関連する実施形態では、収差タイプの1つは、例えば球面収差などの放射状対称収差を備える場合がある。一方、他の収差タイプは、例えばコマなどの放射状非対称収差を備える場合がある。

【0019】

他の実施形態では、後側光学部品または前側光学部品の少なくとも1つは、例えばトレフォイルなどの第3の収差タイプの補正を行うよう適応している他の光学面を備える。

【0020】

図面と共に以下の詳細な説明を参照することによって、本発明についてさらに理解を深めることができるであろう。図面については、後で説明する。

【発明を実施するための最良の形態】

【0021】

本発明は、一般に、マルチエレメントおよび/またはマルチサーフェスの眼科レンズに

10

20

30

40

50

関する。これらの眼科レンズでは、多様なエレメントおよび／または多様な表面によって、複数のモノクロ収差、多色収差、および斜め収差を別個に修正する。以下の実施形態において、本発明の多様な実施形態の顕著な特徴は、眼内レンズ（IOL）に関して検討する。しかしながら、本発明において教示することは、コンタクトレンズなどの他の眼科レンズにも適用することができる。さらに、本明細書では、「眼内レンズ」という用語とその略記「IOL」は、眼の本来のレンズを取り除くかどうかにかかわらず、本来のレンズと交換するか、またはそうでなければ視力を改善するために眼内に移植されるレンズについて説明するのと全く同様に使用する。角膜内レンズや有水晶体レンズは、本来のレンズを取り除かずに眼内に移植することができるレンズの例である。

【実施例】

10

【0022】

図1を参照すると、本発明の一実施形態による眼内レンズ（IOL）10の1つの例では、前側光学部品12および後側光学部品14を備える。光学部品12は光軸OAによって特性が決まり、光学部品14は光軸OBによって特性が決まる。多くの実施例において、光軸OAおよび光軸OBは実質的に整合している。

【0023】

いくつかの実施例では、少なくとも一つの光学部品の1つまたは複数の表面、および／または、光学部品それ自体をそれぞれの光軸に対して非対称にすることによって、例えば後でさらに検討するように軸外収差を抑えることができる。本実施例では、光学部品12および14は軸方向に互いに離れているが、他の実施例では、これらの光学部品がそれぞれの2つの表面を介して接触していてもよい。より一般的には、多くの実施例において、光学部品と光学部品との間を約0mmから5mmまでの範囲で離すことができる。IOL10は、固定部材または眼内レンズ支持部16をさらに含むことによって、患者の眼内に容易に設置することができる。

20

【0024】

多くの実施例において、前側光学部品および後側光学部品の光学パワーは、合わせて約6Diopters（D）から約34Dまでの範囲である。さらに、光学部品は、ソフトアクリル、シリコン、ヒドロゲル、または特殊用途のために必要な屈折率をもつ他の生体適合高分子材料などの生体適合材で形成されるのが望ましい。他の例として、特許文献1にIOL10を形成するのに適した材料が開示されている。参照のためこの文献を本明細書に組み入れることとする。また、ポリメタクリル酸メチルやポリプロピレンなどの適正な高分子材料によって眼内レンズ支持部16を形成することができる。

30

【0025】

いくつかの実施例では、両方の光学部品が同じ材料で形成される一方、他の実施例では、異なる材料で形成されてもよい。一例として、本実施例では、屈折率が約1.55であるAcrysof（登録商標）（2-フェニルエチルアクリレートおよび2-フェニルエチルメタクリレートの架橋共重合体）として知られるソフトアクリル樹脂材料によって後側光学部品を形成してもよい。一方、屈折率がより低い（例えば、1.42）他の材料によって前側光学部品を形成することによって、表面反射およびグレアを抑えることができる。

40

【0026】

引き続き図1を参照すると、前側光学部品12は、前側光学面12aおよび後側光学面12bを備えることによって、一般的な両凸形の光学部品を構成する。後側光学部品は、一般的な凹形の前側光学面14aと実質的に平坦な後側光学面14bによって形成される。また、平凸形などの他の形で、前側光学部品および／または後側光学部品を形成してもよい。

【0027】

光学部品12および14の1つまたは複数の光学面は、いくつかの放射状対称収差と放射状非対称収差を抑えるよう、さらに、ある場合においては取り除くよう構成される。一例として、本実施例において、図2に概略的に示すように、球面収差、すなわち、放射状

50

対称収差を抑えるため、前側光学部品 12 の前側光学面 12a のベースプロファイルは非球面である。すなわち、前側光学面 12a のベースプロファイルは、光軸からの半径距離が小さい所では推定上球体のプロファイル 18 (破線で示す) と実質的に一致するが、光軸からの半径距離が大きくなるに従って、球体のプロファイルから乖離する。いくつかの実施例では、約 - 0.5 ミクロンから約 + 0.5 ミクロンまでの範囲で、好ましくは、約 - 0.3 ミクロンから - 0.1 ミクロンまでの範囲で球面収差の補正を行うようプロファイルの非球面性を選定することができる。

【0028】

いくつかの実施例では、前側光学面の非球面のプロファイルを以下の関係式によって定義することができる。

【数 1】

$$z = \frac{cr^2}{1 + [1 - (1+k)c^2r^2]^{\frac{1}{2}}} + a_1r^2 + a_2r^4 + a_3r^6 \quad \dots (1)$$

ここで、

z は、光学部品 12 の光軸から半径距離 r における表面のサグを示し、c は、表面の頂点 (光軸と表面との交点) における曲率を示し、 $c = 1/R$ である。

ただし、R は、頂点における表面の半径を示し、

k は、円錐定数を示し、

a_1 は、2 次の非球面係数を示し、

a_2 は、4 次の非球面係数を示し、

a_3 は、6 次の非球面係数を示す。

【0029】

いくつかの実施例では、例えば、次のような範囲で、上記の関係式によって前側光学面の非球面プロファイルの特性を定義することができる。この範囲とは、c が約 0.0152 mm^{-1} から約 0.0659 mm^{-1} までの範囲で、k が約 - 1162 から約 - 19 までの範囲で、 a_1 が約 -0.00032 mm^{-1} から約 -0.00020 mm^{-1} までの範囲で、 a_2 が約 -0.0000003 (マイナス 3×10^{-7}) mm^{-3} から約 -0.000053 (マイナス 5.3×10^{-5}) mm^{-3} までの範囲で、 a_3 が約 0.0000082 (8.2×10^{-6}) mm^{-5} から約 0.000153 (1.53×10^{-4}) mm^{-5} までの範囲である。

【0030】

引き続き図 1 および 2 を参照すると、本実施例では、後側光学部品 14 は、コマなどの放射状非対称収差の補正を行うよう形成してもよい。例えば、後側光学部品 14 の前側光学面 14a のプロファイルは、(例えば、約 - 0.5 ミクロンから約 + 0.5 ミクロンまでの範囲で、好ましくは、約 - 0.35 ミクロンから約 + 0.35 ミクロンまでの範囲で) コマの補正を行うよう適応させてもよい。当分野で周知のとおり、コマとは、光軸を中心に非対称な軸外収差である。例えば、レンズ上に入射する光線がレンズの光軸に対して平行でないとき、コマが生じる場合があるので、レンズの軸外性能に影響を与える。ヒトの眼は、例えば、物体を瞬間的に認知するのに周辺視覚に依存しているので、患者の眼内に移植された IOL の軸外性能が重要となる場合がある。さらに、一般に、加齢黄斑変性症 (AMD) の患者は、視覚作業を行うのに周辺視覚に大いに依存する。したがって、IOL の軸外性能は、IOL を移植した患者にとって重要であるといえる。

【0031】

特に、図 3 を参照すると、1 つの例としての本実施例において、後側光学部品 14 の前側光学面 14a のプロファイルは、光軸に関して回転非対称に推定上の球体のプロファイル 20 (破線で示す) から乖離しているので、コマを減少させることができる。いくつか

10

20

30

40

50

の実施例では、表面 1 4 a の非対称なプロフィールを以下の関係式によって定義することができる。

【数 2】

$$z = c_{coma} * f_{coma}(r, \theta, \alpha), \quad \dots (2)$$

ただし、

【数 3】

$$f_{coma}(r, \theta, \alpha) = 2\sqrt{3}(10r^5 - 12r^3 + 3r) \cos(\theta + \alpha) \quad \dots (3)$$

ここで、

z は、光軸に沿う表面のサグを示し、

c_{coma} は、修正の大きさ（例えば、約 - 0.5 ミクロンから約 + 0.5 ミクロンまでの範囲）を示す係数であり、

r は、瞳の半径に関して瞳の正規化された位置であり、

θ は、子午角を示し、

α は、修正するコマの軸を表す。

【0032】

他の実施例において、再び図 1 を参照すると、前側光学部品 1 2 は、1 つまたは複数の放射状非対称収差の補正を行う一方、後側光学部品 1 4 は、放射状対称収差の補正を行う。前側光学部品の前側光学面 1 2 a は、例えば、上記で検討した方法で、コマを補正するよう適応している場合がある。一方、後側光学面 1 2 b のプロフィールは、トレフォイルなどの他の放射状非対称収差を補正するよう適応している場合がある。例えば、後側光学面 1 2 b のプロフィールは、約 - 0.35 ミクロンから約 + 0.35 ミクロンまでの範囲でトレフォイル収差を補正するよう適応していてもよい。さらに、後側光学部品 1 4 の前側光学面 1 4 a は、例えば、上記で検討した方法で、回転対称収差（例えば、球面収差）を修正することができる。

【0033】

一例として、いくつかの実施例では、トレフォイル収差を修正するレンズの表面のプロフィールを以下の関係式によって定義することができる。

【数 4】

$$z = c_{trefoil} * f_{trefoil}(r, \theta, \alpha) \quad \dots (4)$$

ここで、

【数 5】

$$f_{trefoil}(r, \theta, \alpha) = 2\sqrt{3}(5r^5 - 4r^3) \cos(3(\theta + \alpha)) \quad \dots (5)$$

ただし、

$c_{trefoil}$ は、修正の大きさ（例えば、約 - 0.5 ミクロンから約 + 0.5 ミクロンま

10

20

30

40

50

での範囲)を示す係数であり、

r は、瞳の半径に関して瞳の正規化された位置であり、

θ は、子午角を示し、

δ は、修正するトレフォイルの軸を表す。

【0034】

いくつかの実施例では、光学面の曲率半径と共に、IOL10の光学部品12および14を形成する材料の波長分散特性(波長の関数としての屈折率の変化)を選定する。これによって、IOL10に現れる縦方向の色収差を減少させるか、または実質的に除去し、および/または、本来の眼の色収差を補正することができる。例えば、1つの光学部品(例えば、12)は、正の光学パワーを有し、1種類の材料で作られるよう構成してもよい。また、他方の光学部品(例えば、14)は、負の光学パワーを有し、IOLによって色収差を修正することができるよう異なる材料で作られるよう構成してもよい。例えば、いくつかの実施例では、IOLによって、約400nmから約700nmまでの波長範囲について、約1Diopterから約2Dioptersまでの範囲で色収差を修正することができる。当分野で周知のとおり、放射波長の関数としての材料の屈折率の変化を材料の光分散という。材料の光分散(波長に伴う屈折率の変化)の測定法で一般に利用されている測定法の1つは、アッベ(Abbe)数(材料のV-数または n_u 値としても知られている)として周知であり、次のように定義される。

10

【数6】

20

$$V = \frac{n_D - 1}{n_F - n_C} \quad \dots (6)$$

ここで、 n_D 、 n_F 、および n_C は、それぞれ、589.2nm、486.1nm、および656.3nmの波長における材料の屈折率を表し、フラウンホーファーのD-スペクトル線、F-スペクトル線、およびC-スペクトル線に対応する。一般に、Vの値が高い材料は、分散が低い。いくつかの実施例において、光学部品12および14を形成する材料のV数は十分多様であるため、IOLの色収差を最小にし、場合によっては、除去することができる。

30

【0035】

例として、一実施例では、光学部品12は、ポリメタクリル酸メチル(PMMA)($V = 55$)で作ってもよいし、光学部品14は、ポリスルホン($V = 30.87$)で作ってもよい。他の好適な材料には、ソフトアクリル(V は約37)、ポリスチレン($V = 30.87$)、ポリカーボネート($V = 29.9$)、または酢酸セルロース水和物(V は約80から84までの範囲)が含まれる。しかしながら、2つの光学部品を形成する材料のアッベ数の違いが色彩の望ましい補正を行うことができるほど大きければ(例えば、約10より大きければ)、これに限定されない。「眼内レンズにおける色収差の修正」という題名で、本出願と同時に本出願の譲受人に委任されている米国特許出願には、眼内レンズにおける色収差の補正に関してさらに詳細に記載されており、本明細書に参考として全体を組み入れることとする。

40

【0036】

本発明の教示は、複合光学部品の眼科レンズに限定されるものでない。他の実施例では、単体光学部品のレンズの一方の表面を利用して、放射状対称収差を補正し、その光学部品の他方の表面を利用して、放射状非対称収差を補正することができる。一例として、図4に、前側光学面24aおよび後側光学面24bをもつ光学部品24を含む本発明の他の実施例によるIOL22を概略的に示す。IOL22は、複数の固定部材または眼内レンズ支持部26をさらに備えることによって、患者の眼内に容易に設置することができる。上記の実施例と同様に、IOL22は、上記で検討した材料などの生体適合材で形成する

50

のが好ましい。本実施例では、IOL 22は、両凸形であるが、他の実施例では、他の形でもよい。本実施例において、前側光学面24aの表面のプロフィールは、放射状非対称収差（例えば、コマまたはトレフォイル）を補正するよう適応している。一方、後側光学面24bのプロフィールは、放射状対称収差（例えば、球面収差）を補正するよう適応している。例えば、上記の数式（1）によって前側光学面の特性を定義することができる。一方、上記の数式（2）および数式（3）、または、数式（4）および数式（5）によって、後側光学面の特性を定義することができる。

【0037】

複合光学部品IOLの多様な光学部品、および/または、単体光学部品IOLの多様な表面を使って複数の収差を補正することによって、多くの多様な収差モードをそれぞれ独立して調整することができるという利点を有する。さらに、製造工程を合理化し、個々の患者の視覚ニーズに合わせて容易にIOLをカスタム設計することができる。例えば、IOLの各光学面に関して、与えられた収差モードに関して補正量が異なる一連の光ピンを揃えてもよい。多様な表面に対応して光ピンを並べ替えることによって、多様な収差を補正したり、収差を多様な量で補正したりすることができるIOLを提供する。

10

【0038】

当業者であれば、本発明の範囲を逸脱しない限り上記の実施例に様々な変更を加えることができることを理解するであろう。

【図面の簡単な説明】

【0039】

20

【図1】本発明の一実施例によるマルチエレメントIOLの断面図である。

【図2】IOLの前側光学部品の前側光学面に関する非球面性を概略的に示す図1のIOLの他の断面図である。

【図3】コマを修正するためIOLの後側光学部品の前側光学面に付与される非対称性を概略的に示す図1のIOLの他の断面図である。

【図4】本発明の他の実施例によるIOLの概略断面図であり、放射状対称収差（例えば、球面収差）を補正するよう形成された前側光学面と、放射状非対称収差（例えば、コマ）を補正するよう形成された後側光学面とをもつ光学部品を備える図である。

【符号の説明】

【0040】

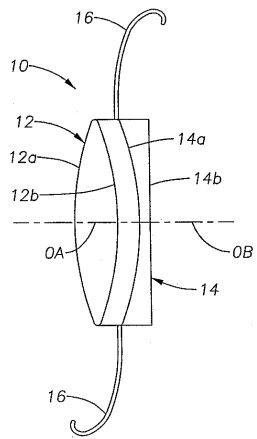
30

- 10 眼内レンズ（IOL）
- 12 前側光学部品
- 12a 前側光学面
- 12b 後側光学面
- 14 後側光学部品
- 14a 前側光学面
- 14b 後側光学面
- 16 眼内レンズ支持部
- 18 球体のプロフィール
- 20 球体のプロフィール
- 22 眼内レンズ（IOL）
- 24 光学部品
- 24a 前側光学面
- 24b 後側光学面
- 26 眼内レンズ支持部
- OA 光軸
- OB 光軸

40

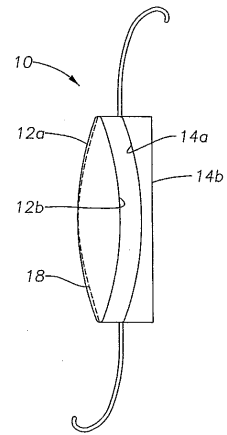
【 図 1 】

図1



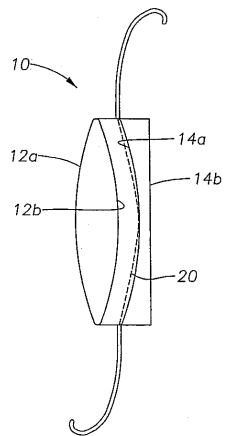
【 図 2 】

図2



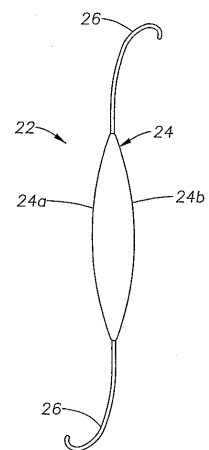
【 図 3 】

図3



【 図 4 】

図4



フロントページの続き

(72)発明者 シン ホン

アメリカ合衆国, テキサス 7 6 0 1 7, アーリントン, カルバリー ポスト ドライブ 5 4 1
5

(72)発明者 マトル カラケル

アメリカ合衆国, テキサス 7 6 1 3 2, フォート ワース, グレン メドウ ドライブ 6 7 1
3

(72)発明者 シャオシャオ チャン

アメリカ合衆国, テキサス 7 6 1 3 2, フォート ワース, アライレ ドライブ 5 1 0 0

F ターム(参考) 4C097 AA25 BB01 CC02 DD02 EE02 EE03 EE07 EE08 EE17 SA01