(19)日本国特許庁(JP)　(12)公表特許公報(A)　(11)公表番号
特表2022-505284
(P2022-505284A)
(43)公表日　令和4年1月14日(2022.1.14)

(51)国際特許分類		FI		テーマコード（参考）
A61F 2/16 (2006.01)		A61F	2/16	4C097

審査請求　未請求　予備審査請求　未請求　（全24頁）

(21)出願番号	特願2021-521253(P2021-521253)
(86)(22)出願日	令和1年10月17日(2019.10.17)
(85)翻訳文提出日	令和3年4月16日(2021.4.16)
(86)国際出願番号	PCT/IB2019/058870
(87)国際公開番号	WO2020/079642
(87)国際公開日	令和2年4月23日(2020.4.23)
(31)優先権主張番号	62/747,578
(32)優先日	平成30年10月18日(2018.10.18)
(33)優先権主張国・地域又は機関	米国(US)
(81)指定国・地域	AP(BW,GH,GM,KE,LR,LS,MW,MZ,NA,RW,SD,SL,ST,SZ,TZ,UG,ZM,ZW),EA(AM,AZ,BY,KG,KZ,RU,TJ,TM),EP(AL,AT,BE,BG,CH,CY,CZ,DE,DK,EE,ES,FI,FR,GB,GR,HR,HU,IE,IS,IT,LT,LU,LV,MC,
最終頁に続く

(71)出願人　319008904
アルコン インコーポレイティド
スイス国，１７０１ フリブール，リュルイ－ダフリー ６
(74)代理人　100099759
弁理士　青木 篤
(74)代理人　100123582
弁理士　三橋 真二
(74)代理人　100160705
弁理士　伊藤 健太郎
(72)発明者　ミョン－テク チェ
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，リミティド ライアビリティ カンパ
最終頁に続く

(54)【発明の名称】　拡張焦点深度眼内レンズ

(57)【要約】
オプティックゾーンと、オプティックゾーンに形成され、且つ複数の焦点に入射光線の焦点を合わせるように構成された変調表面プロファイルとを含む眼内レンズであって、変調表面プロファイルがオプティックゾーンのベース表面プロファイルで組み込まれる、眼内レンズ。

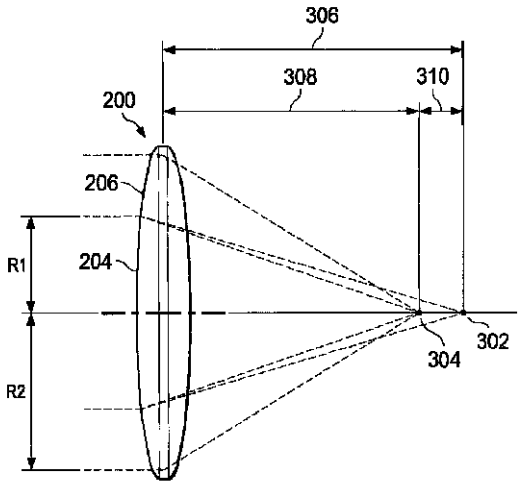


FIG. 3

【特許請求の範囲】
【請求項１】
オプティックゾーンと、
前記オプティックゾーンに形成され、且つ複数の焦点に入射光線の焦点を合わせるように構成された変調表面プロファイルと
を含む眼内レンズであって、
前記変調表面プロファイルが前記オプティックゾーンのベース表面プロファイルで組み込まれる、眼内レンズ。
【請求項２】
前記複数の焦点が、前記複数の焦点の少なくとも１つが距離焦点に対して近視的に位置し、且つ前記複数の焦点の少なくとも１つが距離焦点に対して遠視的に位置するように、距離焦点に関して対称形であるスルーフォーカス変調伝達関数を生じる、請求項１に記載の眼内レンズ。
【請求項３】
前記複数の焦点が最大近視焦点及び最大遠視焦点を含み、且つ
前記最大近視焦点及び前記最大遠視焦点がそれぞれ前記距離焦点から．７５～１．５ジオプターの範囲内である、請求項２に記載の眼内レンズ。
【請求項４】
前記複数の焦点のそれぞれが１つ又はそれ以上の相当する最も近い焦点を有し、且つ
前記複数の焦点のそれぞれが１ジオプター以下で前記１つ又はそれ以上の相当する最も近い焦点から分離される、請求項１～３のいずれか一項に記載の眼内レンズ。
【請求項５】
前記変調表面プロファイルが修正正弦波プロファイルであり、且つ
前記修正正弦波プロファイルが前記眼内レンズの中心に対して放射位置の関数であり、
前記修正正弦波プロファイルが、振幅パラメーター、周期パラメーター及び位相定数パラメーターを含むパラメーターの組合せによって定義され、且つ
前記振幅パラメーター及び前記周期パラメーターが前記放射位置の関数である、請求項１～４のいずれか一項に記載の眼内レンズ。
【請求項６】
前記変調表面プロファイルが三角形プロファイルであり、且つ
前記三角形プロファイルが前記眼内レンズの中心に対して放射位置の関数であり、
前記三角形プロファイルが複数の三角形ピーク及び複数の間隔を含み、
前記ピークのそれぞれが振幅及び幅を有し、
前記間隔のそれぞれが幅を有し、
前記振幅が前記複数のピークのそれぞれに関して同一であり、
前記放射位置が増加すると前記複数のピークのそれぞれの幅が減少し、且つ
前記放射位置が増加すると前記複数の間隔のそれぞれの幅が減少する、請求項１～４のいずれか一項に記載の眼内レンズ。
【請求項７】
前記三角形プロファイルが前記眼内レンズの中心部分で平坦な部分を含む、請求項６に記載の眼内レンズ。
【請求項８】
前記変調表面プロファイルが正弦波プロファイルの二乗であり、且つ
前記正弦波プロファイルの二乗が前記眼内レンズの中心に対して放射位置の関数であり、
前記正弦波プロファイルの二乗が、振幅パラメーター、周期パラメーター及び位相定数パラメーターを含むパラメーターの組合せによって定義され、且つ
前記正弦波プロファイルの二乗が符号関数成分を含む、請求項１～４のいずれか一項に記載の眼内レンズ。
【請求項９】
オプティックゾーンと、

前記オプティックゾーンの複数の表面領域と
を含む眼内レンズであって、前記複数の表面領域のそれぞれが、焦点距離に相当する度数を有し、
前記複数の表面領域が第１の表面領域及び第２の表面領域を含み、
前記第１の表面領域が、第１の焦点距離に相当する第１の度数を有し、
前記第１の度数が、ピーク性能を有するスルーフォーカス変調伝達関数にさらに相当し、且つ焦点ズレが、前記ピーク性能のパーセンテージに相当し、
前記第２の表面領域が、第２の焦点距離に相当する第２の度数を有し、
前記第２の焦点距離が、少なくとも前記焦点ズレによって前記第１の焦点距離から相殺され、且つ
前記複数の表面領域のそれぞれが面積を有し、且つ前記複数の表面領域の間で入射光線を分割するように構成される、眼内レンズ。
【請求項１０】
前記第１の表面領域が第１の半径及び第１の面積をさらに有し、
前記第２の表面領域が、前記第１の表面領域から瞳孔の明所視開口に相当する第２の半径まで延在し、且つ
前記第２の表面領域が、前記第１の面積と等しい第２の面積を有する、請求項９に記載の眼内レンズ。
【請求項１１】
前記複数の表面領域が、第３の表面領域をさらに含み、
前記第１の表面領域が第１の半径及び第１の面積を有し、
前記第２の表面領域が、前記第１の表面領域から第２の半径まで延在し、
前記第２の表面領域が、前記第１の面積と等しい第２の面積を有し、
前記第３の表面領域が、前記第２の表面領域から瞳孔の薄明視開口に相当する第３の半径まで延在し、
前記第３の表面領域が、前記第２の面積と等しい第３の面積を有し、且つ
前記第３の表面領域が、第３の焦点距離に相当する第３の度数を有する、請求項９又は１０に記載の眼内レンズ。
【請求項１２】
前記焦点ズレが前記ピーク性能の４５～７５パーセントに相当し、且つ
前記第２の焦点距離が、前記焦点ズレの１．５～２．５倍によって前記第１の焦点距離から相殺される、請求項９～１１のいずれか一項に記載の眼内レンズ。
【請求項１３】
前記第２の焦点距離が近視方向で前記第１の焦点距離から相殺される、請求項９～１２のいずれか一項に記載の眼内レンズ。
【請求項１４】
前記第２の焦点距離が近視方向で前記第１の焦点距離から相殺され、且つ
前記第３の焦点距離が遠視方向で少なくとも前記焦点ズレによって前記第１の焦点距離から相殺される、請求項１１又は１２に記載の眼内レンズ。
【発明の詳細な説明】
【技術分野】
【０００１】
本開示は、眼内レンズ（ＩＯＬ）などの眼用レンズ、より特に拡張焦点深度眼内レンズに関する。
【背景技術】
【０００２】
ヒトの眼には、眼の瞳孔に入る光の焦点を網膜上に合わせることが意図される角膜及び水晶体が含まれる。しかしながら、眼は種々の屈折異常を示し得、その結果、光の焦点が正確に網膜上に合わせられなくなり、そして視力が低下し得る。眼球収差は、近眼、遠視、又は正乱視を引き起こす比較的単純な球面及び円柱異常から、例えばヒトの視界にハロ（

ｈａｌｏ）及びスターバースト（ｓｔａｒｂｕｒｓｔ）を引き起こす可能性のある、より複雑な屈折異常までの範囲に及ぶことが可能である。

【０００３】

種々の眼球収差を修正するために、長年にわたって多くの治療介入が開発されてきた。これらとしては、眼鏡、コンタクトレンズ、レーザー角膜切削形成術（ＬＡＳＩＫ）又は角膜移植などの角膜屈折手術、及び眼内レンズ（ＩＯＬ）が挙げられる。近眼、遠視及び乱視の診断、並びに治療のための球面円柱眼鏡及びコンタクトレンズの特定化も十分確立されている。

【０００４】

白内障手術又はヒトの天然水晶体置換の間、天然水晶体が出された時に失われる視力を補うために、典型的に眼内レンズ（ＩＯＬ）が患者の眼に移植される。外科医にとっての白内障手術の最適結果は、患者が処置後に２０／２０視力（２０／２０　ｖｉｓｉｏｎ）を経験し、そして追加的な治療介入が必要とされないということである。正視眼を達成するための決定要因の１つは、眼の内側の水晶体の正確な配置である。正視眼を達成するための他の要因は、手術前の測定、外科的技術、ＩＯＬの設計及び外科的経験である。現在のＩＯＬの設計は、眼の中の約．１ｍｍの領域内でＩＯＬを配置することを外科医に要求する。すなわち、誤差許容は±．０５ｍｍである。患者の視力は、治療された眼における適度の術後後遺屈折異常によって悪影響を受け得る。

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【０００５】

したがって、水晶体配置及び外科的技術における変動が処置の結果に及ぼす影響を減少するための拡張焦点深度ＩＯＬを提供するシステムが必要とされている。

【課題を解決するための手段】

【０００６】

本開示は、眼内レンズを提供する。眼内レンズは、オプティックゾーン（ｏｐｔｉｃ　ｚｏｎｅ）と、オプティックゾーンに形成され、且つ複数の焦点に入射光線の焦点を合わせるように構成された変調表面プロファイルとを含み、変調表面プロファイルはオプティックゾーンのベース表面プロファイルで組み込まれる。

【０００７】

明らかに排他的でない限り、互いに組み合わせられてもよい追加的な実施形態において、複数の焦点が、複数の焦点の少なくとも１つが距離焦点に対して近視的に位置し、そして複数の焦点の少なくとも１つが距離焦点に対して遠視的に位置するように、距離焦点に関して対称形であるスルーフォーカス変調伝達関数を生じる眼内レンズ；複数の焦点が最大近視焦点及び最大遠視焦点を含み、且つ最大近視焦点及び最大遠視焦点がそれぞれ距離焦点から．７５～１．５ジオプターの範囲内である眼内レンズ；複数の焦点のそれぞれが１つ又はそれ以上の相当する最も近い焦点を有し、且つ複数の焦点のそれぞれが１ジオプター以下で１つ又はそれ以上の相当する最も近い焦点から分離される眼内レンズ；変調表面プロファイルが修正正弦波プロファイルである眼内レンズ；修正正弦波プロファイルが眼内レンズの中心に対して放射位置の関数であり、且つ修正正弦波プロファイルが、振幅パラメーター、周期パラメーター及び位相定数パラメーターを含むパラメーターの組合せによって定義される眼内レンズ；振幅パラメーター及び周期パラメーターが放射位置の関数である眼内レンズ；変調表面プロファイルが三角形プロファイルである眼内レンズ；三角形プロファイルが眼内レンズの中心に対して放射位置の関数であり、三角形プロファイルが複数の三角形ピーク及び複数の間隔を含み、ピークのそれぞれが振幅及び幅を有し、且つ間隔のそれぞれが幅を有する眼内レンズ；振幅が複数のピークのそれぞれに関して同一であり、放射位置が増加すると複数のピークのそれぞれの幅が減少し、且つ放射位置が増加すると複数の間隔のそれぞれの幅が減少する眼内レンズ；三角形プロファイルが眼内レンズの中心部分で平坦な部分を含む眼内レンズ；変調表面プロファイルが正弦波プロファイルの二乗である眼内レンズ；正弦波プロファイルの二乗が眼内レンズの中心に対して放

射位置の関数であり、正弦波プロファイルの二乗が、振幅パラメーター、周期パラメーター及び位相定数パラメーターを含むパラメーターの組合せによって定義され、且つ正弦波プロファイルの二乗が符号関数成分を含む眼内レンズ。

【０００８】

本開示は、眼内レンズをさらに提供する。眼内レンズは、オプティックゾーンと、オプティックゾーンの複数の表面領域とを含み、複数の表面領域のそれぞれは焦点距離に相当する度数を有し、複数の表面領域は第１の表面領域及び第２の表面領域を含み、第１の表面領域は、第１の焦点距離に相当する第１の度数を有し、第１の度数は、ピーク性能を有するスルーフォーカス変調伝達関数にさらに相当し、そして焦点ズレは、ピーク性能のパーセンテージに相当し、第２の表面領域は、第２の焦点距離に相当する第２の度数を有し、第２の焦点距離は、少なくとも焦点ズレによって第１の焦点距離から相殺され、そして複数の表面領域のそれぞれは面積を有し、且つ複数の表面領域の間で入射光線を分割するように構成される。

【０００９】

明らかに排他的でない限り、互いに組み合わせられてもよい追加的な実施形態において、第１の表面領域が第１の半径及び第１の面積をさらに有し、第２の表面領域が、第１の表面領域から瞳孔の明所視開口に相当する第２の半径まで延在し、且つ第２の表面領域が、第１の面積と等しい第２の面積を有する眼内レンズ；複数の表面領域が、第３の表面領域をさらに含み、第１の表面領域が第１の半径及び第１の面積を有し、第２の表面領域が、第１の表面領域から第２の半径まで延在し、第２の表面領域が、第１の面積と等しい第２の面積を有し、第３の表面領域が、第２の表面領域から瞳孔の薄明視開口に相当する第３の半径まで延在し、第３の表面領域が、第２の面積と等しい第３の面積を有し、且つ第３の表面領域が、第３の焦点距離に相当する第３の度数を有する眼内レンズ；焦点ズレがピーク性能の４５～７５パーセントに相当し、且つ第２の焦点距離が、焦点ズレの１．５～２．５倍によって第１の焦点距離から相殺される眼内レンズ；焦点ズレがピーク性能の５０パーセントに相当し、且つ第２の焦点距離が、焦点ズレの２倍によって第１の焦点距離から相殺される眼内レンズ；第２の焦点距離が近視方向で第１の焦点距離から相殺される眼内レンズ；第２の焦点距離が近視方向で第１の焦点距離から相殺され、且つ第３の焦点距離が遠視方向で少なくとも焦点ズレによって第１の焦点距離から相殺される眼内レンズ。

【００１０】

本明細書に記載される全てのシステムが、本明細書に記載の全ての方法によって使用されてよく、また逆も同様である。前述の一般的な説明及び以下の詳細な説明の両方は、本質的に例示的且つ説明的であり、本開示の適用範囲を制限することなく本開示の理解を提供することを意図していることは言うまでもない。その点に関して、本開示の追加の態様、特徴、及び利点が、以下の詳細な説明から当業者には明らかとなるであろう。

【００１１】

本発明、その特徴、及びその利点をより完全に理解するために、添付の図面と併せて、以下の説明を参照する。

【図面の簡単な説明】

【００１２】

【図１】図１は、例示的なＩＯＬを示す。

【図２】図２は、複数の表面領域を有するＩＯＬの実施例の実施形態を示す。

【図３】図３は、複数の焦点において入射光線の焦点を合わせる、図２に示される実施例ＩＯＬの概略図である。

【図４】図４は、従来技術のＩＯＬに相当する変調伝達関数と比較された、図２に示される実施例ＩＯＬに相当するヒトの眼の変調伝達関数のプロットを示す。

【図５】図５は、複数の振動焦点において入射光線の焦点を合わせるＩＯＬの別の実施例の実施形態の概略図である。

【図６】図６は、図５に示される実施例ＩＯＬで使用されてよい変調表面プロファイルの

実施例の実施形態のプロットを示す。
【図７】図７は、図６に示される実施例の変調表面プロファイルに相当する入射光線位置の関数としての得られた振動焦点位置のプロットを示す。
【図８】図８は、図６に示される実施例の変調表面プロファイルに相当する焦点距離の関数としての得られた光度のプロットを示す。
【図９】図９は、従来技術のＩＯＬに相当する変調伝達関数と比較された、図６に示される実施例の変調表面プロファイルに相当するヒトの眼の変調伝達関数のプロットを示す。
【図１０】図１０は、従来技術ＩＯＬに相当するシミュレーションされた視力と比較された、図６に示される実施例の変調表面プロファイルに相当するシミュレーションされた視力のプロットを示す。
【図１１】図１１は、図５に示される実施例ＩＯＬで使用されてよい変調表面プロファイルの別の実施例の実施形態のプロットを示す。
【図１２】図１２は、図１１に示される実施例の変調表面プロファイルに相当する入射光線位置の関数としての得られた振動焦点位置のプロットを示す。
【図１３】図１３は、図１１に示される実施例の変調表面プロファイルに相当するヒトの眼の変調伝達関数のプロットを示す。
【図１４】図１４は、図５に示される実施例ＩＯＬで使用されてよい変調表面プロファイルの別の実施例の実施形態のプロットを示す。
【図１５】図１５は、図１は、図１４に示される実施例の変調表面プロファイルに相当する入射光線位置の関数としての得られた振動焦点位置のプロットを示す。
【図１６】図１６は、図１４に示される実施例の変調表面プロファイルに相当するヒトの眼の変調伝達関数のプロットを示す。
【発明を実施するための形態】
【００１３】
例示的な実施形態は、ＩＯＬ及びコンタクトレンズなどの眼用デバイスに関するものである。以下の説明は、当業者が本発明を製造及び使用することが可能となるように示され、特許出願及びその必要条件に関連して提供される。本明細書に記載される例示的な実施形態、並びに一般的な原理及び特徴への種々の変更は、容易に明らかである。例示的な実施形態は、特定の実施において提供される特定の方法及びシステムに関して主に記載される。しかしながら、本方法及びシステムは、他の実施においても効果的に作用する。例えば、本方法及びシステムは、ＩＯＬに関して主に記載される。しかしながら、本方法及びシステムは、コンタクトレンズ及び眼鏡ガラスで使用されてもよい。
【００１４】
以下の説明において、詳細は、開示された主題の議論を容易にするために例として明らかにされる。しかしながら、開示される実施形態は、例であり、全ての可能な実施形態を網羅するものではないことは、当業者には明らかであるべきである。
【００１５】
本明細書で使用される場合、参照数字のハイフン付きの形態は要素の特定の例を指し、そして参照数字のハイフンの付いてない形態は集合的な要素を指す。したがって、例えば、デバイス「１２－１」は、デバイス「１２」として集合的に指され得、且つ任意の１つがデバイス「１２」として一般的に指され得るデバイス分類の例を指す。
【００１６】
白内障手術の後、患者は、典型的に処置の約８０％において正視眼又は２０／２０視力を経験する。より詳細に記載されるように、拡張焦点深度ＩＯＬは、白内障処置において使用される場合、正視眼の最適結果を有するより多数の処置をもたらすであろうことが開示される。拡張焦点深度ＩＯＬの使用によって、より高い患者満足度、移植片などの二次的な外科的介入の可能性の減少、及び処置後に眼でレンズがずれたり、又は固定した場合の視力変化の低リスクがもたらされ得る。拡張焦点深度ＩＯＬを用いて治療された患者には、白内障手術後の距離視力のための追加的な補正眼鏡、眼鏡又はコンタクトレンズが必要とされ得ない。正視眼を達成するためにより完全ではない外科的技術及びより洗練されて

いない手術前測定が必要とされ得るため、拡張焦点深度ＩＯＬは、経験豊かでない外科医のためのトレーニングにおいても有利に使用され得る。最後に、拡張焦点深度ＩＯＬは、ＩＯＬデザインの改善及び／又はＩＯＬの製造容易性の改善を可能にし得る。

【００１７】

ここで図面を参照すると、図１中、ＩＯＬ１０１は、眼用に使用される任意の種類のＩＯＬを示し得る。示されるように、ＩＯＬ１０１は、オプティックゾーン１１０（本明細書中、単に「オプティック」とも記載される）及び２つのハプティック（ｈａｐｔｉｃ）１１２－１、１１２－２を含む。これは、例示的な構成において、説明的な目的のために示される。種々の実施において、ＩＯＬ１０１は、異なる種類及び数のハプティック１１２を含み得る。いくつかの実施において、ＩＯＬ１０１はハプティックを有さなくてもよい。オプティックゾーン１１０及びハプティック１１２のために使用される材料は異なってもよい。例えば、ＩＯＬ１０１は、オプティックゾーン１１０がポリメタクリル酸メチル（ＰＭＭＡ）レンズを含む、折り畳み不可能な剛体ＩＯＬであり得る。いくつかの実施において、ＩＯＬ１０１は、オプティックゾーン１１０がシリコーン、疎水性アクリル、親水性アクリル、ヒドロゲル、コラマー（ｃｏｌｌａｍｅｒ）又はその組合せなどの種々の材料から構成され得る可撓性のＩＯＬであり得る。ＩＯＬ１０１において、ハプティック１１２はポリプロピレン、ＰＭＭＡ、疎水性アクリル、親水性アクリル、シリコーン又はその組合せなどの種々の材料から構成されてもよい。オプティックゾーン１１０は、特定の光学屈折を有するように設計されていてもよく、又は複数の光学屈折力を有する多焦点要素として設計されてもよい。特に、オプティックゾーン１１０は拡張焦点深度ＩＯＬにおいて実施されてもよく、例えば、距離焦点周囲で拡張視界を提供し得る。したがって、本開示は、通常の屈折の単焦点ＩＯＬオプティックの表面の変性に関する。

【００１８】

ここで図２を参照すると、複数の表面領域を有するＩＯＬの実施例実施形態が示される。ＩＯＬ２００は、第１の表面領域２０４及び第２の表面領域２０６を含む複数の表面領域に分割されるオプティックゾーン２０２を含み得る。第１の表面領域２０４及び第２の表面領域２０６は、それらのそれぞれの中心がオプティックゾーン２０２の中心に位置する同心の領域であり得る。第１の表面領域２０４は、第１の半径Ｒ１中に含まれる面積として定義され得る第１の面積を有し得る。第２の表面領域２０６は、第１の半径Ｒ１と第２の半径Ｒ２との間に含まれる面積として定義され得る第１の面積を有し得る。

【００１９】

いくつかの例では、Ｒ２は、ヒト眼の明所視開口に相当するように画定されてよい。明所視開口は、日光条件又は約３カンデラ／平方メートル（ｃｄ／ｍ^2）以上の周囲光度などの十分に明るくされた条件での瞳孔開口を示す。ヒトの眼の典型的な明所視開口は、直径約３ｍｍ（又は半径１．５ｍｍ）である。他の例において、Ｒ２は、ヒト眼の薄明視開口に相当するように画定されてよい。薄明視開口は、明所視開口より大きくて、且つ月光の下又は約３ｃｄ／ｍ^2～約０．０１ｃｄ／ｍ^{2}の周囲光度などの、かすかに明るくされた条件での瞳孔開口を示す。ヒトの眼の典型的な薄明視開口は、直径約５ｍｍ（又は半径２．５ｍｍ）である。さらに他の例において、Ｒ２は、いくつかの他のサイズの開口直径、例えば、３．５ｍｍ、４ｍｍ、４．５ｍｍに相当するように画定されてよいか、任意にサイズ設定されてもよい。

【００２０】

いくつかの例において、Ｒ１は、第１の表面領域２０４の第１の面積が第２の表面領域２０６の第２の面積と等しいように画定されてもよい。この様式でＲ１を画定することによって、入射光線の約半分が第１の表面領域２０４を通過し、そして入射光線の約半分が第２の表面領域２０６を通過する結果となる。第１の表面領域２０４及び第２の表面領域２０６が等しい面積を有する場合、以下の方程式によってＲ１及びＲ２の関係が定義される：

【数１】

$$R1 = \frac{R2\sqrt{2}}{2}$$

Ｒ２が１．５ｍｍと等しいように、Ｒ２が典型的な明所視開口に相当する場合に関して、上記の方程式は、Ｒ１が約１．０６ｍｍに等しいという結果をもたらす。したがって、Ｒ２が１．５ｍｍに等しく、且つＲ１が約１．０６ｍｍに等しい場合、第１の表面領域２０４及び第２の表面領域２０６はほぼ等しい面積を有する。Ｒ１は、同様にＲ２の任意の他の値に関しても算出可能である。

【００２１】

他の例において、Ｒ１は、第１の表面領域２０４の面積が第２の表面領域２０６の面積より大きい又は小さいように画定されてもよい。したがって、Ｒ１を選択することによって、所与のデザインに関して必要に応じて種々の割合で第１の表面領域２０４と第２の表面領域２０６との間で光を分割するＩＯＬの種々の設計が可能となり得る。

【００２２】

図２は、２つの表面領域のみを有するオプティックゾーン２０２を例示するが、より多数の表面領域を有するオプティックゾーンを有するＩＯＬの他の実施形態も設計され得る。例えば、第３の表面領域が、第３の半径Ｒ３と第２の半径Ｒ２との間で含まれる面積として定義される第３の面積を有し得る、３つの表面領域を有するオプティックゾーンが設計されてもよい。オプティックゾーンが３つの領域を有する場合、Ｒ３は明所視開口、薄明視開口、いくつかの他のサイズの開口に相当するように定義され得るか、又は任意にサイズが設定されてもよい。いくつかの例において、第１、第２及び第３の表面領域の面積が互いに等しいようにＲ１及びＲ２が画定されてもよい。この様式でＲ１及びＲ２を画定することによって、入射光線の約３分の１が表面領域のそれぞれを通るという結果が得られる。Ｒ１及びＲ２は、上記で示したものと類似の原理を使用して、Ｒ３の設定された値に基づき算出することができる。他の例において、Ｒ１及びＲ２は、表面領域が他の表面領域の１つ又はそれ以上よりも小さいか又は大きい面積を有する表面領域の１つ以上とは異なる面積を有するように画定されてもよい。

【００２３】

ここで図３を参照すると、複数の焦点において入射光線に焦点を合わせる、図２に示される実施例ＩＯＬの概略図が示される。上記の通り、ＩＯＬ２００は、第１の表面領域２０４及び第２の表面領域２０６を含み得る。第１の表面領域２０４は、第１の表面領域２０４を通過する入射光線が焦点３０２において焦点を合わせるように、第１の度数によって特徴づけられてよい。第２の表面領域２０６は、第２の表面領域２０６を通過する入射光線が焦点３０４において焦点を合わせるように、第２の度数によって特徴づけられてよい。焦点３０２は、ＩＯＬ２００からの第１の焦点距離３０６に位置し、焦点３０４は、ＩＯＬ２００からの第２の焦点距離３０８に位置する。一般に、度数は、以下の方程式によって、相当する焦点距離に関連し得る：

【数２】

$$f = \frac{1000\,mm}{\phi}$$

ｆは焦点距離であり、且つΦは度数である。したがって、第１の表面領域２０４に関して選択される第１の度数及び第２の表面領域２０６に関して選択される第２の度数を変動させることによって、焦点３０２及び焦点３０４の位置、並びにそれの間の分離も変動し得、そして逆もまた同様である。

【００２４】

焦点３０２は、距離３１０によって焦点３０４から分離される。焦点３０２及び焦点３０４の位置は、焦点範囲を通してほぼプラトーの形状でスルーフォーカス変調伝達関数（ＭＴＦ）を達成するように選択されてもよい。例えば、距離３１０に関する所望の値は、単焦点レンズのＭＴＦがその最大又はピーク性能の５０％に達するデフォーカス面又は焦点ズレを識別することによって決定され得る。他のデザインにおいて、距離３１０に関する所望の値は、ＭＴＦピーク性能の異なるパーセンテージ、例えばＭＴＦピーク性能の４５～７５％に相当するデフォーカス面又は焦点ズレを識別することによって決定され得る。一実施例において、２１．０Ｄの度数を有するＳＮ６０ＷＦ単焦点レンズのＭＴＦは、１００ｌｐ／ｍｍの解像度で、３５℃において、３ｍｍの瞳孔に関するヒトの眼のモデルにおいてシミュレーションされ得る。この実施例のシミュレーションにおいて、レンズは、ヒトの眼のモデルにおいて．０６５ｍｍの焦点ズレでそのＭＴＦピーク性能の５０％を達成する。この実施例において、プラトーなスルーフォーカスＭＴＦは、距離３１０をこの焦点ズレの２倍又は．１３ｍｍとして定義することによって達成され得る。他のデザインにおいて、距離３１０は異なって、例えば少なくとも焦点ズレ、又は焦点ズレの１．５～２．５倍として定義され得る。焦点３０２及び焦点３０４が密接に配置される場合、それぞれの焦点距離及び度数に関して、ＭＴＦはほぼ同一の焦点ズレでピークの５０％を達成するだろう。したがって、この様式で焦点３０２及び焦点３０４を配置することによって、距離３１０と関連する焦点範囲内にＭＴＦ性能が重なり合うという結果が得られる。

【００２５】

この実施例では、第１の表面領域２０４の第１の度数は２１．０Ｄに設定され、そして第１の焦点距離３０６は２１．０Ｄの度数に関して上記の方程式に基づいて算出される。ヒトの眼のモデルの第１の後側焦点距離３０６は、１８．３ｍｍであり得る。次いで、第２の焦点距離３０８は、この実施例では焦点ズレの２倍又は．１３ｍｍである距離３１０によって相殺され得る。図３に示すように、焦点３０４は、第２の焦点距離３０８の大きさが第１の焦点距離３０６より小さくなるように、焦点３０２に対して近視的に位置する。しかしながら、ＩＯＬ２００のいくつかのデザインでは、第２の焦点距離３０８の大きさが第１の焦点距離３０６より大きく、且つ焦点３０４が焦点３０２に対して遠視的に位置していてもよい。次いで、第２の焦点距離３０８は、第２の表面領域２０６の第２の度数を算出するために使用されてよい。焦点３０４が焦点ズレの２倍で焦点３０２に対して近視的である場合、第２の表面領域２０６の第２の度数は２１．５Ｄに設定される。この実施例に従って設計されるＩＯＬ２００は、２１．０Ｄの度数を有する第１の表面領域２０４及び２１．５Ｄの度数を有する第２の表面領域２０６を含み得る。

【００２６】

ここで図４を参照すると、図２に示される実施例ＩＯＬに相当する変調伝達関数のプロットが、従来技術のＩＯＬに相当する変調伝達関数と比較して示される。プロット４０２は、図３に関して上記された実施例によって設計されるＩＯＬ２００のＭＴＦ性能を示す。プロット４０４は、３ｍｍの明所視開口条件のためのＳＮ６０ＷＦ単焦点レンズのＭＴＦ性能を示し、そしてプロット４０６は、５ｍｍの薄明視開口条件のためのＳＮ６０ＷＦ単焦点レンズのＭＴＦ性能を示す。図４に示すように、ＩＯＬ２００は、いずれの単焦点レンズよりも広い焦点距離の範囲に対してプラトー様のＭＴＦ性能をもたらす。

【００２７】

図３及び４に関する上記の説明は、ＩＯＬ２００の特定の実施例の性能を記載するが、開示の範囲はそのように制限されない。例えば、第１の表面領域の第１の度数は、異なる度数を有する異なる単焦点レンズに基づいていてもよい。さらに、ＭＴＦ性能をもたらす単焦点レンズのシミュレーションは、限定されないが、異なる眼のモデル、異なる温度、解像度、開口条件などを含む、上記とは異なる入力に基づいていてもよい。最後に、図２に関して上記された通り、ＩＯＬ２００は２つを超える表面領域を有していてもよい。図３及び４に関して記載される原理は、より多数の表面領域を有するＩＯＬに適用されてもよい。例えば、第２の表面領域及び第３の表面領域が、第１の表面領域と関連する焦点に対して、それぞれ近視的及び遠視的な焦点に入射光線の焦点を合わせるための第２の度数及

び第３の度数を有するように設計される、３つの表面領域を有するＩＯＬが設計されてもよい。近視的及び遠視的な焦点の焦点距離は、同一距離、又は異なる距離で、第１の焦点から相殺され得る。相殺距離は、少なくとも焦点ズレであり得る。

【００２８】

ここで図５を参照すると、複数の振動焦点において入射光線の焦点を合わせるＩＯＬの別の実施例実施形態の概略図が示される。ＩＯＬ５００は、変調表面プロファイル５０２を含むオプティックゾーン（明示されない）を含み得る。変調表面プロファイル５０２は、通常屈折単焦点ＩＯＬオプティックの１つの表面上で組み込まれてよい。変調表面プロファイル５０２は、ベースＩＯＬオプティック自体と同一材料内のパターンとして形成されてもよい。変調表面プロファイル５０２は、入射光線の光路に相摂動を導入し、例えば距離焦点の周囲で二面の拡張焦点深度をもたらし得る。入射光線の焦点は、ベース焦点（明示されない）、例えば、焦点５０４、５０６及び５０８の周囲で複数の交互又は振動焦点において合わせられる。

【００２９】

図５に示すように、光の焦点は、光軸５１０に関して入射光線高さ又は位置次第で異なる焦点において合わせられる。例えば、光軸５１０に近い入射光線は焦点５０６で焦点を合わせられ得、ＩＯＬ５００の周辺に近い入射光線は焦点５０４で焦点を合わせられ得、そして中間光線高さの入射光線は焦点５０８で焦点を合わせられ得る。図５は３つのみの焦点を例示するが、開示の範囲はそのように制限されない。より詳細に後述されるように、変調表面プロファイル５０２は、複数の焦点に光の焦点を合わせるように設計され得るか、又連続的焦点に光の焦点を合わせるように設計され得る。例えば、複数の焦点のそれぞれがその最も近い焦点のそれぞれから１ジオプター以下である場合、焦点は連続的であると考えられ得る。

【００３０】

光軸５１０に対して異なる高さ又は位置の入射光線は、例えば、曲率及び勾配変動に基づく変調表面プロファイル５０２の局所的視力変動によって異なる焦点上へ焦点を合わせられ得る。したがって、ＩＯＬ５００は範囲５１２に拡張焦点深度を生じ得る。範囲５１２は焦点５０４、５０６及び５０８を包含し得、例えば距離焦点も包含し得る。複数の焦点の少なくとも１つが距離焦点に対して遠視的であり得るが、例えば、複数の焦点の少なくとも１つは距離焦点に対して近視的であり得る。範囲５１２は、最大近視焦点及び最大遠視焦点によって画定され得る。範囲５１２は、例えば距離焦点に対して約±０．７５ジオプター～±１．５ジオプターを包含し得る。入射光線の焦点が合わせられる焦点を交互又は振動させることによって、焦点深度の対称形の拡張が達成され得、そして近視及び遠視屈折異常の両影響を減少させ得る。類似の範囲の焦点深度拡張が明所視瞳孔条件及び薄明視瞳孔条件に関して生じるように、交互焦点も瞳孔サイズ依存を減少させ得る。

【００３１】

ここで図６を参照すると、図５に示される実施例ＩＯＬで使用され得る変調表面プロファイルの実施例実施形態のプロットが示される。第１の実施例サグプロファイル６００は、上記の図５に示される変調表面プロファイル５０２として使用され得る。サグプロファイル６００は、修正正弦波プロファイルであり得る。一般に、レンズ、例えばＩＯＬ５００の表面プロファイルは、ベース表面Ｚｂａｓｅ及び変調表面プロファイルＺＭＳの合計（Ｚ＝Ｚｂａｓｅ＋ＺＭＳ）として示され得る。ベース表面Ｚｂａｓｅは、以下の方程式によって定義され得る：

【数３】

$$Z_{base} = \frac{cr^2}{1+\sqrt{1-(1+k)c^2r^2}} + A_4r^4 + A_6r^6 + \cdots$$

式中、ｃは曲率であり、ｋは円錐定数であり、且つＡ４及びＡ６は非球面係数である。
【００３２】
サグプロファイル６００は、以下の方程式によって定義され得る：
【数４】

$$Z_{MS} = A(r) * \sin(B(r)r^2 + Phi)$$

式中、Ａは振幅であり、Ｂは周期と関連し、且つＰｈｉはサグプロファイル６００の位相定数である。Ａ及びＢの両方は、レンズの中心に対する入射光線の放射位置、ｒの関数であり得る。Ａは、さらにｒの多項式として定義され得る：
【数５】

$$A(r) = a + a1 * r + a2 * r^2 + a3 * r^3 + \cdots + an * r^n$$

Ｂは、さらにｒの多項式として定義され得る：
【数６】

$$B(r) = b + b1 * r + b2 * r^2 + b3 * r^3 + \cdots + an * r^n$$

【００３３】
サグプロファイル６００に関して、正弦波成分によって、ＩＯＬ５００が連続的焦点シフトを生成することが可能となり得る。位相定数Ｐｈｉによって、ＩＯＬ５００が対称性スルーフォーカスＭＴＦ性能を達成することが可能となり得る。いくつかの例においては、振幅Ａが位置依存を含み得、それによってＩＯＬ５００が拡張範囲の様々な焦点変動又は瞳孔サイズ依存若しくはアポディゼーションを有することが可能となり得る。他の例において、サグプロファイル６００が全ての瞳孔サイズに関して同一であるように、振幅Ａは一定であり得る。図６に示すように、サグプロファイル６００は、ａ＝．４８μｍ、ｂ＝０．４５８、Ｐｈｉ＝４．８であり、且つ全ての他の係数がゼロに設定されるサグプロファイルの一実施例デザインを示す。しかしながら、本開示の範囲はそのように限定されない。例えば、上記の方程式のそれぞれの係数及びパラメーターは、ＩＯＬ５００に関して望ましい拡張焦点深度をもたらすサグプロファイルを生じさせるように選択及び調整されてよい。
【００３４】
ここで図７を参照すると、図６に示される実施例変調表面プロファイルに相当する入射光線位置の関数としての得られた振動焦点位置のプロットが示される。プロット７００は、サグプロファイル６００がオプティックゾーンに含まれる場合、ＩＯＬ５００がどのようにして種々の入射光線位置を有する入射光線の焦点を合わせ得るかについてを説明する。例えば、図７に示すように、レンズの中心から約１ｍｍの位置でＩＯＬ５００を通過する入射光線は、ベース焦点距離、例えば距離焦点に対して約．４ｍｍ近視の点で焦点を合わせられ得る。図７に示すように、サグプロファイル６００は、ベース焦点に対して約±０．４ｍｍの焦点深度拡張をもたらし得る。図６に関して上記に示したように、サグプロファイル６００のパラメーターは調整され得、そうすることによって焦点深度拡張は増加又は減少され得る。
【００３５】
ここで図８を参照すると、図６に示される実施例変調表面プロファイルに相当する焦点距

離の関数としての得られた光度のプロットが示される。プロット８００は、種々の焦点距離で軸の光線強度を例示しており、これは幾何学的なレイトレーシング技術を使用して生成される。図８に示すように、プロット８００は、ゼロ付近で光線の連続的分布を示しており、これはベース焦点、例えば距離焦点を示す。光線強度は、図７に示される焦点深度拡張と同様に±０．４ｍｍの範囲内で比較的高いままである。

【００３６】

ここで図９を参照すると、従来技術ＩＯＬに相当する変調伝達関数と比較して、図６に示される実施例変調表面プロファイルに相当する変調伝達関数のプロットが示される。プロット９００は、サグプロファイル６００がオプティックゾーンに含まれる場合のＩＯＬ５００のスルーフォーカスＭＴＦ性能を示す。プロット９００の空間振動数は、２０／４０の解像度に等しい。比較のために、プロット９０２は単焦点ＩＯＬのスルーフォーカスＭＴＦ性能を示す。プロット９００及びプロット９０２は、ヒトの眼のモデル内でＩＯＬをシミュレーションすることによって生成される。プロット９００は、図７及び８に示すものと類似の焦点深度拡張を示す。プロット９００は、ベース焦点距離、例えば距離焦点の近視及び遠視の両側で、約０．４ｍｍ（又は１．０ジオプター）においてピークを含む。プロット９０２は、単焦点ＩＯＬにはこれらの同位置においてゼロに接近するＭＴＦ性能があることを示す。

【００３７】

ここで図１０を参照すると、従来技術ＩＯＬに相当するシミュレーションされた視力と比較的して、図６に示される実施例変調表面プロファイルに相当するシミュレーションされた視覚品質のプロットが示される。プロット１０００は、サグプロファイル６００がオプティックゾーンに含まれる場合のＩＯＬ５００を含む眼のモデルの視力品質を示す。比較のために、プロット１００２は単焦点ＩＯＬを含む眼のモデルの視力品質を示す。プロット１０００及びプロット１００２は、生物測定データの臨床的変動を組み込む２００の仮想の眼を使用するモンテカルロ法によってＩＯＬを含む眼のモデルをシミュレーションすることによって生成される。プロット１０００は、サグプロファイル６００によるＩＯＬ５００の視力が、適度の術後屈折異常を伴って、＋０．７５ジオプターから－１．０ジオプターまでの範囲で、２０／２５視力に等しい０．１ＬｏｇＭａｒ性能を維持することができることを示す。プロット１００２は、単焦点ＩＯＬの視力が、これらの同位置において２０／３２視力に等しい０．２ＬｏｇＭａｒまで低下し得ることを示す。

【００３８】

ここで図１１を参照すると、図５に示される実施例ＩＯＬで使用され得る変調表面プロファイルの別の実施例実施形態のプロットが示される。別の実施例サグプロファイル１１００は、上記の図５に示される変調表面プロファイル５０２として使用されてもよい。サグプロファイル１１００は、複数の三角形ピーク及びピークの間の複数の間隔を含む三角形プロファイルであり得る。それぞれのピークは振幅及び幅を有し得、それぞれの間隔は幅を有し得る。サグプロファイル１１００は、ＩＯＬ５００の中心に対して放射位置の関数であり得る。さらに、それぞれのピークは同一振幅を有し得るか、又は振幅は異なっていてもよい。ピーク及び間隔の幅は一定のままであっても、又は変動してもよい。例えば、ピークの幅は、放射位置の増加に伴って減少してもよい。間隔の幅も、放射位置の増加に伴って減少してもよい。サグプロファイル１１００は、ＩＯＬ５００の中心において平坦な部分１１０２も含んでよい。平坦な部分１１０２が距離焦点に入射光線を送ってもよく、それによって距離ＭＴＦ性能が向上する。図１１に示すように、サグプロファイル１１００は、サグプロファイルの一実施例デザインを示す。しかしながら、本開示の範囲はそのように限定されない。例えば、限定されないが、サグプロファイルの平坦な部分の有無、平坦な部分の幅、ピークの振幅、ピークの幅、間隔幅、並びにピーク及び間隔の数を含む種々のパラメーターは、ＩＯＬ５００に関して望ましい拡張焦点深度をもたらすサグプロファイルを生じさせるように選択及び調整されてよい。

【００３９】

ここで図１２を参照すると、図１１に示される実施例変調表面プロファイルに相当する入

射光線位置の関数としての得られた振動焦点位置のプロットが示される。プロット１２００は、サグプロファイル１１００がオプティックゾーンに含まれる場合、ＩＯＬ５００がどのようにして種々の入射光線位置を有する入射光線の焦点を合わせ得るかについてを説明する。例えば、図１２に示すように、レンズの中心から約１ｍｍの位置でＩＯＬ５００を通過する入射光線は、ベース焦点距離、例えば距離焦点に対して約．３ｍｍ近視の点で焦点を合わせられ得る。図１２に示すように、サグプロファイル１１００は、ベース焦点に対して約±０．３ｍｍの焦点深度拡張をもたらし得る。図１１に関して上記で示したように、サグプロファイル１１００のパラメーターは調整され得、そうすることによって焦点深度拡張は増加又は減少され得る。

【００４０】

ここで図１３を参照すると、図１１に示される実施例変調表面プロファイルに相当する変調伝達関数のプロットが示される。プロット１３００は、サグプロファイル１１００がオプティックゾーンに含まれる場合のＩＯＬ５００のスルーフォーカスＭＴＦ性能を示す。プロット１３００は、ヒトの眼のモデル内でサグプロファイル１１００によるＩＯＬ５００をシミュレーションすることによって生成される。プロット１３００は、図１２に示すものと類似の焦点深度拡張を示す。プロット１３００は、ＭＴＦ性能が、図１２に示される焦点深度拡張と同様に±０．３ｍｍの範囲内で比較的高いままであることを示す。

【００４１】

ここで図１４を参照すると、図５に示される実施例ＩＯＬで使用され得る変調表面プロファイルの別の実施例実施形態のプロットが示される。別の実施例サグプロファイル１４００は、上記の図５に示される変調表面プロファイル５０２として使用されてもよい。サグプロファイル１４００は、正弦波プロファイルの二乗であり得る。サグプロファイル１４００は、以下の方程式によって定義され得る：

【数７】

$$Z_{MS} = Z1 * Z1 * sign(Z1)$$

式中、Ｚ１は以下の方程式によってさらに定義される：

【数８】

$$Z1 = A * \cos(B * r * r + Phi)$$

式中、Ａは振幅であり、Ｂは周期であり、Ｐｈｉは位相定数であり、且つ符号は符号関数である。サグプロファイル１４００は、レンズの中心に対する入射光線の放射位置、ｒの関数であり得る。図１４に示すように、サグプロファイル１４００は、ａ＝．２５μｍ、ｂ＝６．８５、Ｐｈｉ＝４．８０８であるサグプロファイルの一実施例デザインを示す。しかしながら、本開示の範囲はそのように限定されない。例えば、上記の方程式のそれぞれのパラメーターは、ＩＯＬ５００に関して望ましい拡張焦点深度をもたらすサグプロファイルを生じさせるように選択及び調整されてよい。

【００４２】

ここで図１５を参照すると、図１４に示される実施例変調表面プロファイルに相当する入射光線位置の関数としての得られた振動焦点位置のプロットが示される。プロット１５００は、サグプロファイル１４００がオプティックゾーンに含まれる場合、ＩＯＬ５００がどのようにして種々の入射光線位置を有する入射光線の焦点を合わせ得るかについてを説明する。例えば、図１５に示すように、レンズの中心から約１ｍｍの位置でＩＯＬ５００を通過する入射光線は、ベース焦点距離、例えば距離焦点に対して約．３ｍｍ近視の点で焦点を合わせられ得る。図１５に示すように、サグプロファイル１４００は、ベース焦点に対して約±０．３ｍｍの焦点深度拡張をもたらし得る。図１４に関して上記で示したよ

うに、サグプロファイル１４００のパラメーターは調整され得、そうすることによって焦点深度拡張は増加又は減少され得る。

【００４３】

ここで図１６を参照すると、図１４に示される実施例変調表面プロファイルに相当する変調伝達関数のプロットが示される。プロット１６００は、サグプロファイル１４００がオプティックゾーンに含まれる場合のＩＯＬ５００のスルーフォーカスＭＴＦ性能を示す。プロット１６００は、ヒトの眼のモデル内でサグプロファイル１４００によるＩＯＬ５００をシミュレーションすることによって生成される。プロット１６００は、図１２に示すものと類似の焦点深度拡張を示す。プロット１６００は、ＭＴＦ性能が、図１２に示される焦点深度拡張と同様に±０．３ｍｍの範囲内で比較的高いままであることを示す。プロット１６００は、ベース焦点距離、例えば距離焦点の近視及び遠視の両側で、約０．４ｍｍ（又は１．０ジオプター）においてピークを含む。

【００４４】

上記の開示された発明の主題は、例示的と見なされるべきであり、限定的と見なされるべきではなく、添付の特許請求の範囲は、本開示の真の趣旨及び範囲内にあるそのような全ての修正、強化、及び他の実施形態を包含することが意図されている。したがって、法律で認められる最大限の範囲で、本開示の範囲は、以下の特許請求の範囲及びそれらの均等物の最も広い許容可能な解釈によって決定され、上述の詳細な説明によって制限又は限定されないものとする。

【図面】

【図１】

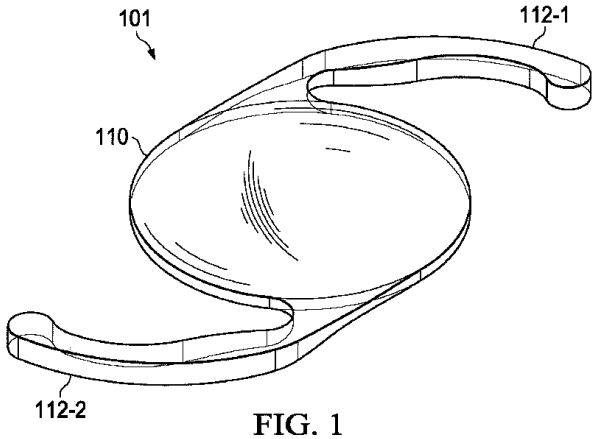


FIG. 1

【図２】

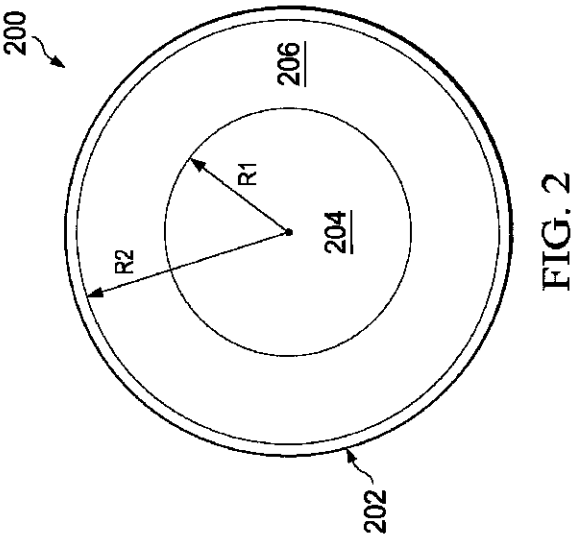


FIG. 2

【図３】

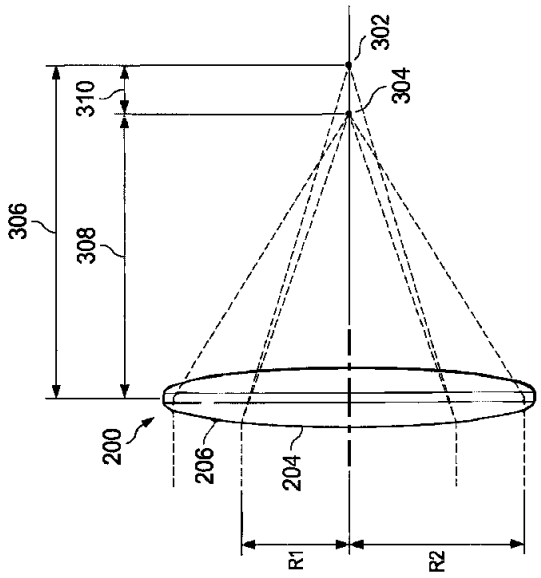


FIG. 3

【図４】

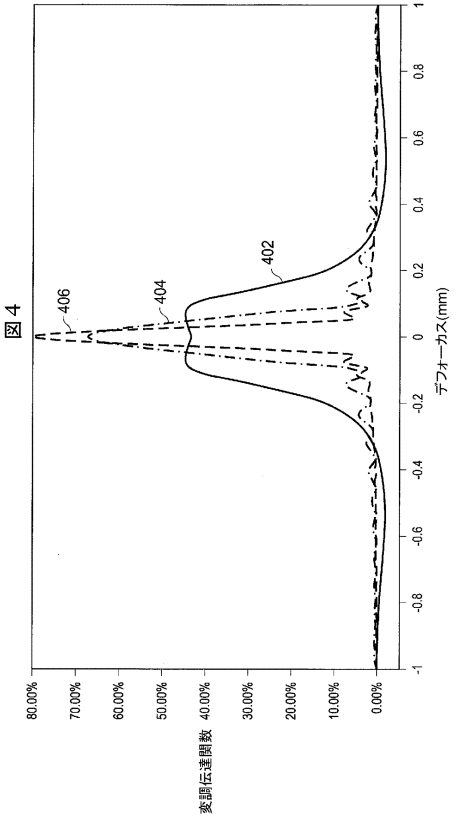


図４

【図５】

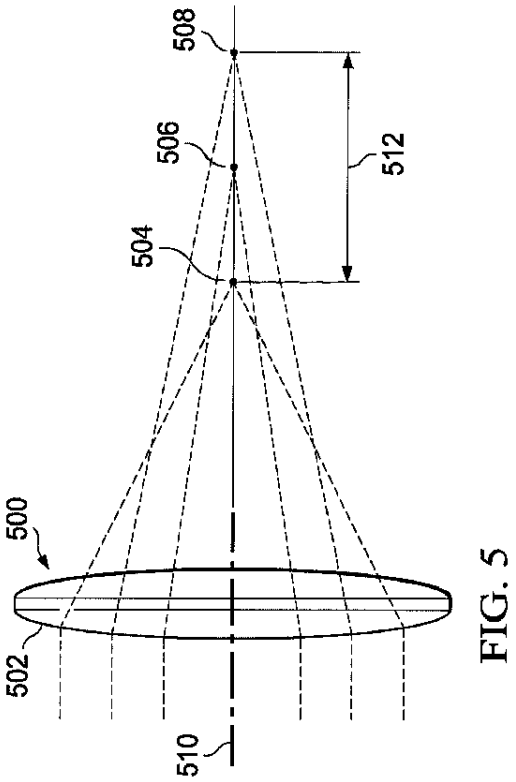


FIG. 5

【図６】

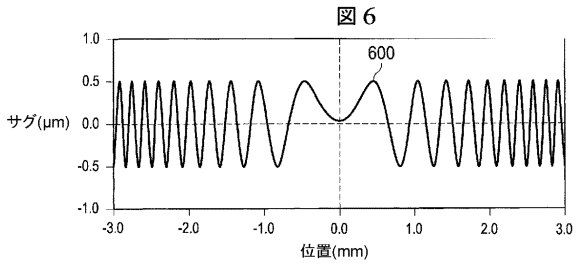
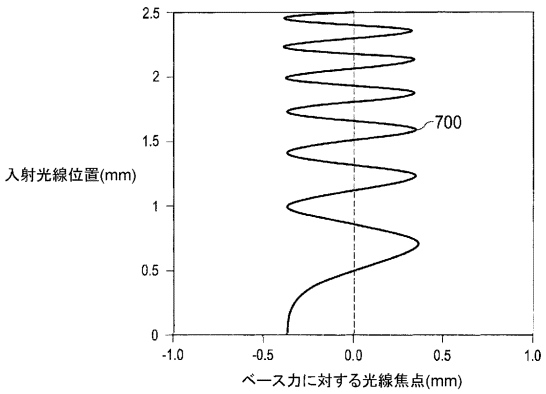


図６

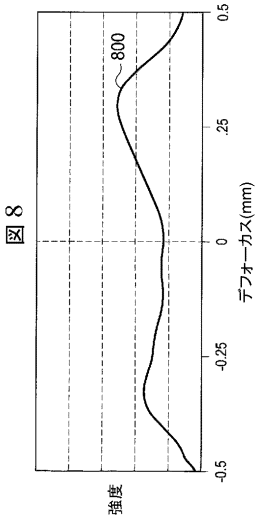
【図７】

図７



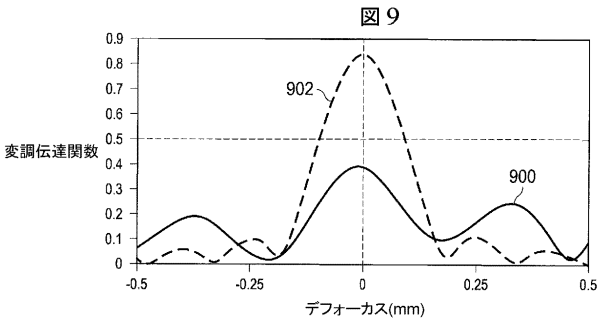
【図８】

図８



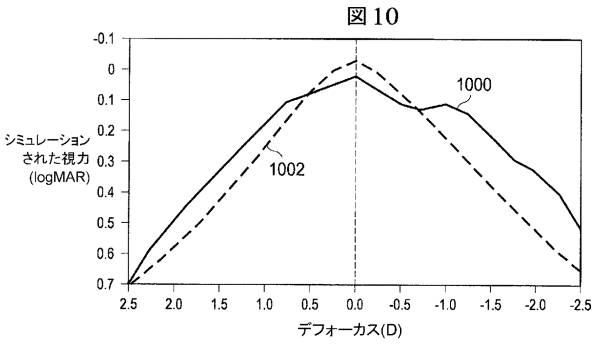
【図９】

図９



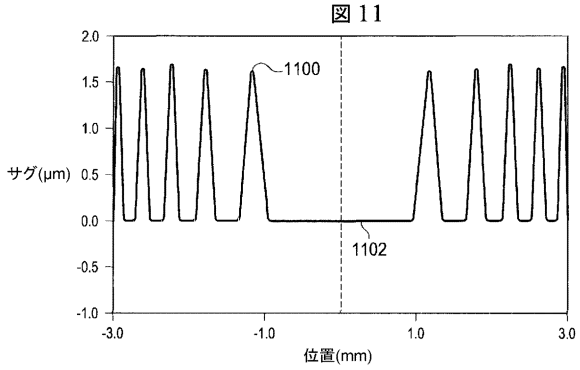
【図１０】

図10



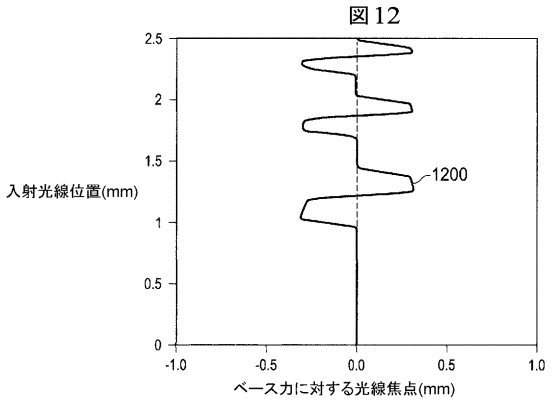
【図１１】

図11



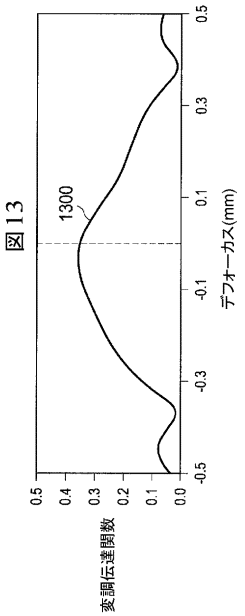
【図１２】

図12



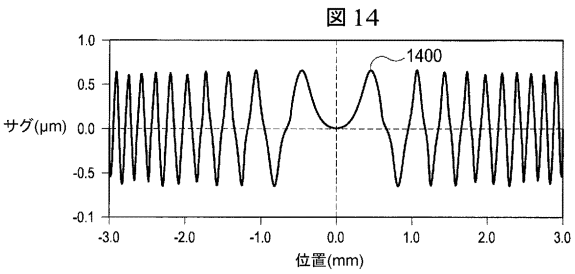
【図１３】

図13



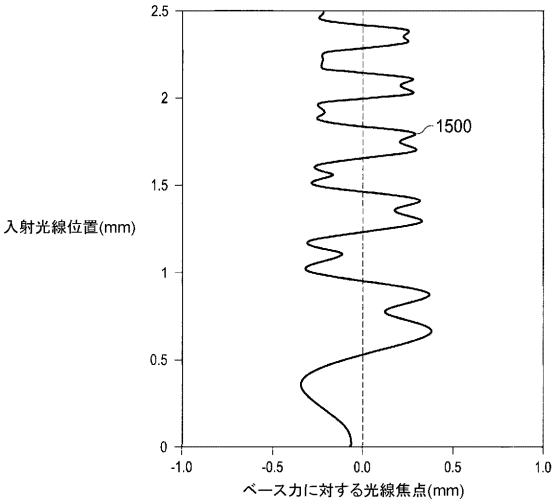
【図１４】

図14



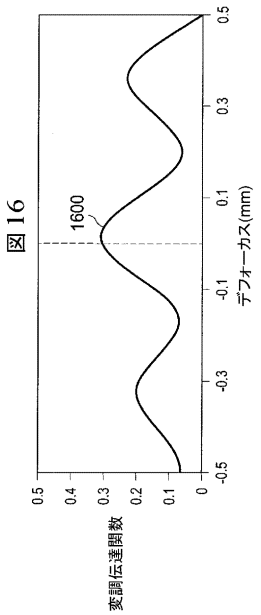
【図１５】

図15



【図１６】

図16



【国際調査報告】

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No
PCT/IB2019/058870

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER
INV. A61F9/00 A61F2/16 G02C7/04
ADD.

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)
A61F G02C

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

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used)
EPO-Internal, WPI Data

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X	US 2010/161051 A1 (HONG XIN [US]) 24 June 2010 (2010-06-24) paragraphs [0006] - [0008], [0020] - [0029]; figures 1, 1A-B, 4A-B	1-8
X Y	US 2010/016961 A1 (HONG XIN [US] ET AL) 21 January 2010 (2010-01-21) paragraphs [0005] - [0007], [0046] - [0051], [0064] - [0070]; figures 1A-B, 4A, 5A, 6-7	1 2-8
Y	US 2014/168602 A1 (WEEBER HENDRIK A [NL]) 19 June 2014 (2014-06-19) figures 1A-3B, 4A-D	2-8
X	US 2016/220352 A1 (CHOI MYOUNG-TAEK [US] ET AL) 4 August 2016 (2016-08-04) paragraphs [0014] - [0017]; figures 1-2	1

☐ Further documents are listed in the continuation of Box C. ☒ See patent family annex.

* Special categories of cited documents :

"A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance

"E" earlier application or patent but published on or after the international filing date

"L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)

"O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means

"P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

"T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention

"X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone

"Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art

"&" document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search	Date of mailing of the international search report
10 December 2019	18/03/2020

Name and mailing address of the ISA/	Authorized officer
European Patent Office, P.B. 5818 Patentlaan 2 NL - 2280 HV Rijswijk Tel. (+31-70) 340-2040, Fax: (+31-70) 340-3016	Lahorte, Philippe

Form PCT/ISA/210 (second sheet) (April 2005)

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.
PCT/IB2019/058870

Box No. II Observations where certain claims were found unsearchable (Continuation of item 2 of first sheet)

This international search report has not been established in respect of certain claims under Article 17(2)(a) for the following reasons:

1. ☐ Claims Nos.:
because they relate to subject matter not required to be searched by this Authority, namely:

2. ☐ Claims Nos.:
because they relate to parts of the international application that do not comply with the prescribed requirements to such an extent that no meaningful international search can be carried out, specifically:

3. ☐ Claims Nos.:
because they are dependent claims and are not drafted in accordance with the second and third sentences of Rule 6.4(a).

Box No. III Observations where unity of invention is lacking (Continuation of item 3 of first sheet)

This International Searching Authority found multiple inventions in this international application, as follows:

see additional sheet

1. ☐ As all required additional search fees were timely paid by the applicant, this international search report covers all searchable claims.

2. ☐ As all searchable claims could be searched without effort justifying an additional fees, this Authority did not invite payment of additional fees.

3. ☐ As only some of the required additional search fees were timely paid by the applicant, this international search report covers only those claims for which fees were paid, specifically claims Nos.:

4. ☒ No required additional search fees were timely paid by the applicant. Consequently, this international search report is restricted to the invention first mentioned in the claims; it is covered by claims Nos.:

1-8

Remark on Protest

☐ The additional search fees were accompanied by the applicant's protest and, where applicable, the payment of a protest fee.

☐ The additional search fees were accompanied by the applicant's protest but the applicable protest fee was not paid within the time limit specified in the invitation.

☐ No protest accompanied the payment of additional search fees.

Form PCT/ISA/210 (continuation of first sheet (2)) (April 2005)

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

Information on patent family members

International application No
PCT/IB2019/058870

Patent document cited in search report	Publication date	Patent family member(s)	Publication date
US 2010161051 A1	24-06-2010	AR 076831 A1	13-07-2011
		AU 2009327455 A1	24-06-2010
		BR PI0923031 A2	15-12-2015
		CA 2744049 A1	24-06-2010
		CN 102256567 A	23-11-2011
		EP 2358306 A1	24-08-2011
		ES 2441946 T3	07-02-2014
		IL 213036 A	30-06-2015
		JP 5513521 B2	04-06-2014
		JP 2012512709 A	07-06-2012
		KR 20110102903 A	19-09-2011
		RU 2011129463 A	27-01-2013
		TW 201029639 A	16-08-2010
		US 2010161051 A1	24-06-2010
		US 2014350672 A1	27-11-2014
		WO 2010071751 A1	24-06-2010
US 2010016961 A1	21-01-2010	AR 072568 A1	08-09-2010
		AU 2009270860 A1	21-01-2010
		BR PI0916248 A2	03-11-2015
		CA 2729175 A1	21-01-2010
		CN 102099729 A	15-06-2011
		EP 2307923 A1	13-04-2011
		EP 2993514 A1	09-03-2016
		JP 5453419 B2	26-03-2014
		JP 2011528451 A	17-11-2011
		KR 20110028397 A	17-03-2011
		NZ 590292 A	27-09-2013
		RU 2011105415 A	20-08-2012
		SG 2014008072 A	29-05-2014
		US RE45969 E	12-04-2016
		US 2010016961 A1	21-01-2010
		US 2012290085 A1	15-11-2012
		WO 2010009254 A1	21-01-2010
		ZA 201009080 B	28-03-2012
US 2014168602 A1	19-06-2014	AU 2013308109 A1	19-03-2015
		AU 2018204425 A1	05-07-2018
		BR 112015004617 A2	04-07-2017
		CA 2883712 A1	06-03-2014
		CN 104755012 A	01-07-2015
		CN 108013952 A	11-05-2018
		EP 2890287 A2	08-07-2015
		KR 20150050588 A	08-05-2015
		US 2014168602 A1	19-06-2014
		US 2016320633 A1	03-11-2016
		US 2019171036 A1	06-06-2019
		WO 2014033543 A2	06-03-2014
US 2016220352 A1	04-08-2016	AU 2015200449 A1	03-12-2015
		AU 2019271990 A1	19-12-2019
		BR 102015002219 A2	08-12-2015
		CA 2880365 A1	15-11-2015
		CN 105093565 A	25-11-2015
		DK 2945009 T3	23-10-2017
		EP 2945009 A1	18-11-2015
		EP 3242154 A1	08-11-2017
		ES 2638603 T3	23-10-2017

Form PCT/ISA/210 (patent family annex) (April 2005)

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

Information on patent family members

International application No
PCT/IB2019/058870

Patent document cited in search report	Publication date	Patent family member(s)	Publication date
		JP 6480203 B2	06-03-2019
		JP 2015217292 A	07-12-2015
		JP 2019080970 A	30-05-2019
		KR 20150131939 A	25-11-2015
		MX 358147 B	07-08-2018
		PH 12015000040 A1	08-08-2016
		PL 2945009 T3	29-12-2017
		PT 2945009 T	01-09-2017
		RU 2015103070 A	20-08-2016
		RU 2018131004 A	21-03-2019
		SG 10201500750R A	30-12-2015
		TW 201542182 A	16-11-2015
		TW 201919549 A	01-06-2019
		US 2015331253 A1	19-11-2015
		US 2016220352 A1	04-08-2016
		US 2019224000 A1	25-07-2019
		ZA 201500710 B	23-12-2015

Form PCT/ISA/210 (patent family annex) (April 2005)

International Application No. PCT/IB2019/058870

FURTHER INFORMATION CONTINUED FROM PCT/ISA/ 210

This International Searching Authority found multiple (groups of) inventions in this international application, as follows:

1. claims: 1-8

An intraocular lens.
A contribution to the art might reside in the features of a modulated surface profile configured to focus incident light on a plurality of focal points, thereby solving the problem of increasing a depth of focus, having the technical effect of introducing phase perturbations into the optical path.
---

2. claims: 9-14

An intraocular lens.
A contribution to the art might reside in the features of a plurality of surface regions having specified dioptric power and a through-focus modulation transfer function having a peak performance and focal shift, thereby solving the problem of increasing the through-focus optical performance of a lens, having the technical effect of providing a plateau-like light throughput performance for a broader range of focal distances.

フロントページの続き

MK,MT,NL,NO,PL,PT,RO,RS,SE,SI,SK,SM,TR),OA(BF,BJ,CF,CG,CI,CM,GA,GN,GQ,GW,KM,ML,MR,NE,SN,TD,TG),AE,AG,AL,AM,AO,AT,AU,AZ,BA,BB,BG,BH,BN,BR,BW,BY,BZ,CA,CH,CL,CN,CO,CR,CU,CZ,DE,DJ,DK,DM,DO,DZ,EC,EE,EG,ES,FI,GB,GD,GE,GH,GM,GT,HN,HR,HU,ID,IL,IN,IR,IS,JO,JP,KE,KG,KH,KN,KP,KR,KW,KZ,LA,LC,LK,LR,LS,LU,LY,MA,MD,ME,MG,MK,MN,MW,MX,MY,MZ,NA,NG,NI,NO,NZ,OM,PA,PE,PG,PH,PL,PT,QA,RO,RS,RU,RW,SA,SC,SD,SE,SG,SK,SL,SM,ST,SV,SY,TH,TJ,TM,TN,TR,TT,TZ,UA,UG,US,UZ,VC,VN,ZA,ZM,ZW

ニー

(72)発明者　カン ファン
アメリカ合衆国，テキサス ７６０５１，グレイプバイン，フェア フィールド ドライブ １９１６
(72)発明者　ユエアイ リョウ
アメリカ合衆国，テキサス ７６０１７，アーリントン，フォックスポイント トレイル ２７０４
(72)発明者　マイケル リー マンガム
アメリカ合衆国，カリフォルニア ９４０８７，サニーベール，キュムラス アベニュ １０３
(72)発明者　ツォーユイ チャオ
アメリカ合衆国，カリフォルニア ９４０８７，サニーベール，キュムラス アベニュ １０３

Ｆターム（参考）　4C097　AA25 BB01 CC01 CC03 EE02 EE03 EE13 SA02