



ФЕДЕРАЛЬНАЯ СЛУЖБА
ПО ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ СОБСТВЕННОСТИ,
ПАТЕНТАМ И ТОВАРНЫМ ЗНАКАМ

(12) ОПИСАНИЕ ИЗОБРЕТЕНИЯ К ПАТЕНТУ

(21), (22) Заявка: 2006140808/14, 04.04.2006

(24) Дата начала отсчета срока действия патента:
04.04.2006

(30) Конвенционный приоритет:
05.04.2005 US 60/668,520

(43) Дата публикации заявки: 27.05.2008

(45) Опубликовано: 27.11.2008 Бюл. № 33

(56) Список документов, цитированных в отчете о поиске: US 2004/0156014 A1, 12.08.2004. RU 2081442 C1, 17.01.1989. RU 2186417 C2, 27.07.2002. МХРА 03002012, 13.12.2004. УРМАХЕР Л.С. и др. Оптические средства коррекции зрения. - М., 1990, с. 154-162. OSHIKA T., et al. Ocular higher-order wavefront aberration caused by major tilting of intraocular lens. Am J Ophthalmol. 2005 Oct;140(4):744-6. (РЕФЕРАТ в PubMed, PMID: 16226535).

(85) Дата перевода заявки РСТ на национальную фазу:
17.11.2006

(86) Заявка РСТ:
US 2006/012572 (04.04.2006)

(87) Публикация РСТ:
WO 2006/108005 (12.10.2006)

Адрес для переписки:
129090, Москва, ул. Б.Спасская, 25, стр. 3,
ООО "Юридическая фирма Городисский и
Партнеры", пат. пов. С.Р.Абубакирову, рег. № 931

(72) Автор(ы):

ХУН Синь (US),
СЕ Цзихун (US),
ВАН Стефен Дж. Ной (US),
СТЭНЛИ Дэн (US),
КАРАКЕЛЛЕ Мутлу (US),
СИМПСОН Майкл Дж. (US),
ЧЖАН Сяосяо (US)

(73) Патентообладатель(и):

АЛЬКОН, ИНК. (СН)

(54) ИНТРАОКУЛЯРНАЯ ЛИНЗА

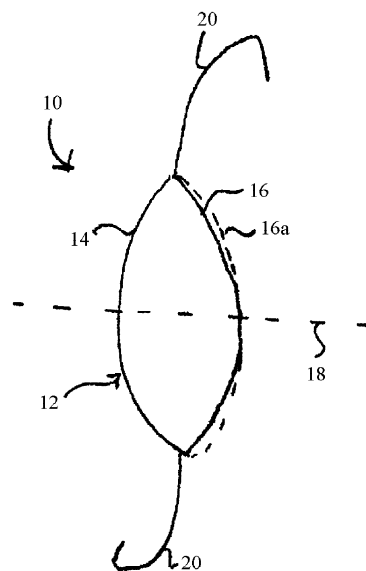
(57) Реферат:

Группа изобретений относится к области медицины. Глазная линза содержит оптический элемент, имеющий переднюю и заднюю поверхность. Оптический элемент обеспечивает оптическую силу в диапазоне от 16 диоптрий до 25 диоптрий. При этом, по меньшей мере, одна из упомянутых поверхностей характеризуется таким асферическим базовым профилем, что оптический элемент обеспечивает отрицательную сферическую абберацию в диапазоне от -0,202 мкм

до -0,190 мкм по всему упомянутому диапазону оптической силы. Оптический элемент может содержать главную плоскость, обеспечивающую изменение смещения в диапазоне от -0,019 мм до +0,018 мм от выбранной плоскости упомянутого оптического элемента. В одном из вариантов глазной линзы профиль, по меньшей мере, одной из указанных поверхностей характеризуется следующим отношением:

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

где z обозначает прогиб поверхности на радиальном расстоянии r от оптической оси линзы, s обозначает кривизну поверхности в точке пересечения ее с оптической осью, k обозначает коническую постоянную, a_1 обозначает коэффициент асферичности второго порядка, a_2 обозначает коэффициент асферичности четвертого порядка и a_3 обозначает коэффициент асферичности шестого порядка, при этом s изменяется от $0,0369$ ($1/27,1$) мм^{-1} до $0,0541$ ($1/18,5$) мм^{-1} , k изменяется от -73 до -27 , a_1 изменяется от $-0,000209$ мм^{-1} до $-0,000264$ мм^{-1} , a_2 изменяется от $-0,0000297$ мм^{-3} до $-0,0000131$ мм^{-3} и a_3 изменяется от $0,00000978$ мм^{-5} до $0,00000846$ мм^{-5} . Применение данной группы изобретений позволит провести коррекцию сферической aberrации. 4 н. и 14 з.п. ф-лы, 4 ил., 2 табл.



ФИГ. 1



FEDERAL SERVICE
FOR INTELLECTUAL PROPERTY,
PATENTS AND TRADEMARKS

(12) ABSTRACT OF INVENTION

(21), (22) Application: **2006140808/14, 04.04.2006**

(24) Effective date for property rights: **04.04.2006**

(30) Priority:
05.04.2005 US 60/668,520

(43) Application published: **27.05.2008**

(45) Date of publication: **27.11.2008 Bull. 33**

(85) Commencement of national phase: **17.11.2006**

(86) PCT application:
US 2006/012572 (04.04.2006)

(87) PCT publication:
WO 2006/108005 (12.10.2006)

Mail address:
**129090, Moskva, ul. B.Spasskaja, 25, str. 3,
OOO "Juridicheskaja firma Gorodisskij i
Partnery", pat.pov. S.R.Abubakirovu, reg.№ 931**

(72) Inventor(s):

**KhUN Sin' (US),
SE Tszikhun (US),
VAN Stefen Dzh. Noj (US),
STehNLI Dehn (US),
KARAKELLE Mutlu (US),
SIMPSON Majkl Dzh. (US),
ChZhAN Sjaosjao (US)**

(73) Proprietor(s):

AL'KON, INK. (CH)

(54) INTRAOCULAR LENS

(57) Abstract:

FIELD: medicine.

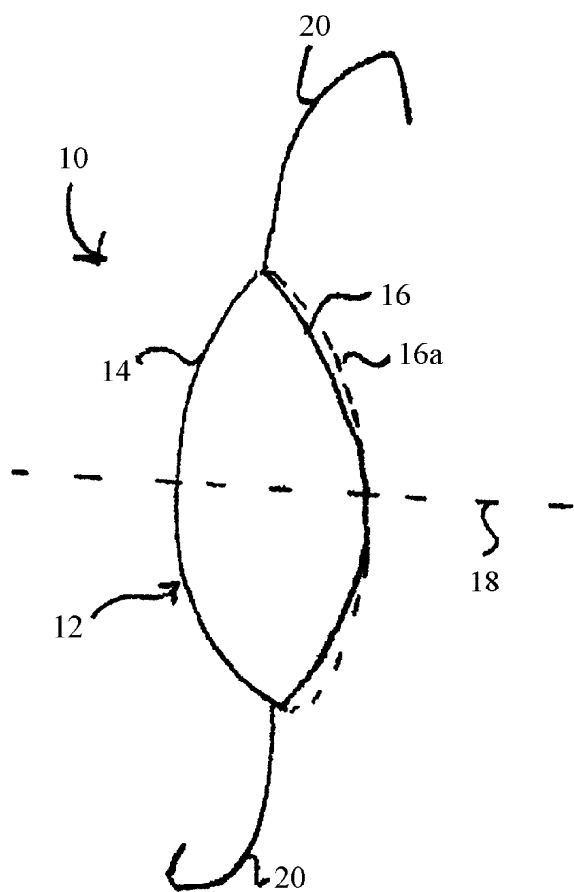
SUBSTANCE: eye lens contains optic element having front and back surfaces. Optic element ensures optic force in the range of 16 to 25 dioptries. Thereat at least one of the above said surfaces is characterized by such aspheric basic profile that optic element ensures negative spherical aberration in the range from -0.202μ to -0.190μ along the entire above mentioned range of the optic force. Optic element may contain principle plane ensuring alteration of displacement in the range from -0.019 mm to $+0.018 \text{ mm}$ from the selected plane of the above mentioned optic element. In one of the versions of the eye lens, profile of at least one of the above said surfaces is characterised by the following ratio:

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

, where z stands for surface deflection on radial distance r from the optic axis of the lens, c is surface curvature in its cross point with the optic axis, k stands for conical constant, a_1 is a coefficient of second - order asphericity, a_2 is a coefficient of fourth-order asphericity, a_3 is a coefficient of sixth-order asphericity, whereat c changes from $-0.0369 (1/27.1) \text{ mm}^{-1}$ to $0.0541 (1/18.5) \text{ mm}^{-1}$, k changes from -73 to -27 , a_1 changes from $-0.000209 \text{ mm}^{-1}$ to $-0.000264 \text{ mm}^{-1}$, a_2 changes from $-0.0000297 \text{ mm}^{-3}$ to $-0.0000131 \text{ mm}^{-3}$, and a_3 changes from $0.00000978 \text{ mm}^{-5}$ to $0.00000846 \text{ mm}^{-5}$.

EFFECT: ensures correction of spherical aberration.

18 cl, 4 dwg, 2 tbl, 1 ex



ФИГ. 1

По настоящей заявке испрашивается приоритет по предварительной заявке на патент США №60/668,520, «Intraocular Lens», поданной 5 апреля 2005 г., которая включена в настоящее описание путем отсылки.

Заявка на патент США, «Optimal IOL Shape Factors for Human Eyes», переуступленная патентообладателю настоящей заявки и поданная одновременно с ней, также включена в настоящее описание путем отсылки.

Уровень техники

Настоящее изобретение относится, в общем, к глазным линзам и, в частности, к интраокулярным линзам, имеющим асферические профили.

В общем, асферичность характеризуется величиной, на которую искривленная трехмерная поверхность отклоняется от идеальной сферической формы. В случае линзы асферичность может проявляться на передней поверхности, задней поверхности или в комбинированном действии обеих поверхностей, когда они преломляют свет, проходящий сквозь линзу.

Основными оптическими компонентами природного глаза являются роговица, которая образует переднюю поверхность глаза, и естественный хрусталик глаза, который расположен внутри глаза. Роговица является первым компонентом системы глаза и обеспечивает приблизительно две третьих фокусирующей способности системы. Хрусталик глаза обеспечивает остальную фокусирующую способность глаза.

Интраокулярную линзу (IOL) обычно имплантируют в глаз пациента во время экстракции катаракты для компенсации потерянной оптической силы при удалении естественного хрусталика. Во многих случаях, однако, оптическая характеристика IOL может быть снижена собственными роговичными аберрациями. Роговица глаза человека обычно характеризуется положительной сферической аберрацией, которая обычно компенсируется отрицательной сферической аберрацией естественного хрусталика глаза. Если данную положительную сферическую аберрацию роговицы не учитывают, она негативно скажется на фокусировке света комбинированной системой роговицы и имплантированной IOL.

Известны интраокулярные линзы, которые компенсируют сферическую аберрацию. Однако не существует консенсуса относительно того, как или в какой степени IOL должна компенсировать роговичную аберрацию. Соответственно, существует потребность в усовершенствованных глазных линзах и, в частности, в усовершенствованных IOL, которые направлены на коррекцию сферической аберрации.

Сущность изобретения

В соответствии с настоящим изобретением предлагаются, в общем, глазные линзы, которые характеризуются подобранной степенью отрицательной сферической аберрации в диапазоне оптической силы (например, от приблизительно 16 диоптрий до приблизительно 25 диоптрий) для компенсации положительной сферической аберрации роговицы. Во многих вариантах осуществления изобретения, по меньшей мере, одна поверхность линзы выполнена с возможностью получения асферического профиля для придания линзе отрицательной сферической аберрации требуемой степени.

В соответствии с одним аспектом настоящего изобретения предлагается глазная линза (например, IOL), которая содержит оптический элемент, имеющий переднюю оптическую поверхность и заднюю оптическую поверхность, при этом оптический элемент обеспечивает оптическую силу в диапазоне от приблизительно 6 диоптрий до приблизительно 34 диоптрий и более предпочтительно в диапазоне от приблизительно 16 диоптрий до приблизительно 25 диоптрий при измерении в среде с показателем преломления, по существу, аналогичным показателю преломления стекловидного тела человека (например, около 1,336). По меньшей мере, одна из оптических поверхностей обладает таким асферическим базовым профилем, что оптический элемент дает отрицательную сферическую аберрацию в диапазоне от приблизительно -0,202 мкм до приблизительно -0,190 мкм по всему диапазону оптической силы. Значения сферической аберрации, которые определяют как среднеквадратичное значение (RMS) аберрации, измеряются на 6-мм зрачке при имплантации в человеческий глаз (или модель глаза), что

может соответствовать размеру апертуры линзы размером около 5 мм для глазной линзы, имплантированной в капсулу хрусталика человеческого глаза. Если не указано иначе, значения сферической аберрации, приводимые в настоящей заявке, основаны на упомянутых критериях, и, следовательно, для простоты описания, определение RMS и

условие относительно 6 мм не будут упоминаться в связи со значениями сферической аберрации, приводимыми в последующих разделах.

В соответствии со связанным аспектом, асферический базовый профиль можно характеризовать конической постоянной в диапазоне, например, от приблизительно -73 до приблизительно -27 при оптической силе линзы в диапазоне от приблизительно 16 диоптрий до приблизительно 25 диоптрий.

В соответствии с другим аспектом асферический базовый профиль можно определить следующим отношением:

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

где

z обозначает прогиб поверхности на радиальном расстоянии r от оптической оси линзы, c обозначает кривизну поверхности в ее вершине (в точке пересечения поверхности с оптической осью),

k обозначает коническую постоянную,

a₁ обозначает коэффициент асферичности второго порядка,

a₂ обозначает коэффициент асферичности четвертого порядка и

a₃ обозначает коэффициент асферичности шестого порядка.

В соответствии со связанным аспектом оптический элемент может обеспечивать оптическую силу в диапазоне от приблизительно 6 диоптрий до приблизительно 30 диоптрий, и асферическую поверхность линзы можно описать вышеприведенным отношением при изменении c от приблизительно 0,0152 мм⁻¹ до приблизительно 0,0659 мм⁻¹, изменении k от приблизительно -1162 до приблизительно -19, изменении a₁ от приблизительно -0,00032 мм⁻¹ до приблизительно -0,00020 мм⁻¹, изменении a₂ от приблизительно -0,0000003 (минус 3·10⁻⁷) мм⁻³ до приблизительно -0,000053 (минус 5,3·10⁻⁵) мм⁻³, и изменении a₃ от приблизительно 0,0000082 (8,2·10⁻⁶) мм⁻⁵ до приблизительно 0,000153 (1,53·10⁻⁴) мм⁻⁵.

В соответствии с другим аспектом оптический элемент может обеспечивать оптическую силу в диапазоне от приблизительно 16 диоптрий до приблизительно 25 диоптрий, и асферическую поверхность линзы можно описать вышеприведенным отношением при изменении c от приблизительно 0,0369 (1/27,1) мм⁻¹ до приблизительно 0,0541 (1/18,5) мм⁻¹, изменении k от приблизительно -73 до приблизительно -27, изменении a₁ от приблизительно -0,000209 мм⁻¹ до приблизительно -0,000264 мм⁻¹, изменении a₂ от приблизительно -0,0000297 мм⁻³ до приблизительно -0,0000131 мм⁻³ и изменении a₃ от приблизительно 0,00000978 мм⁻⁵ до приблизительно 0,00000846 мм⁻⁵.

В соответствии с другим аспектом оптический элемент глазной линзы обладает коэффициентом формы в диапазоне от приблизительно -0,016 до приблизительно 0,071. Кроме того, главная плоскость оптического элемента может показывать изменение смещения в диапазоне от приблизительно -0,019 мм до приблизительно +0,018 мм относительно требуемой плоскости линзы, например плоскости, определяемой двумя соединениями фиксатор - оптический элемент, причем оптический элемент обеспечивает оптическую силу в диапазоне от приблизительно 16 диоптрий до приблизительно 25 диоптрий.

Глазная линза может быть выполнена из множества разных материалов, которые предпочтительно являются биосовместимыми. Например, оптический элемент может быть выполнен из мягкого акрилового полимерного материала. Другие примеры подходящих материалов включают в себя, без ограничения, гидрогели и силиконовые полимерные

материалы.

В соответствии с другим аспектом предлагается глазная линза, которая содержит оптический элемент, имеющий переднюю поверхность и заднюю поверхность, которые совместно обеспечивают оптическую силу в диапазоне от приблизительно 16 диоптрий до приблизительно 25 диоптрий. По меньшей мере, одна из оптических поверхностей обладает асферическим базовым профилем для обеспечения отрицательной сферической аберрации для компенсации, при имплантации в глаз, положительной сферической аберрации роговицы так, что остаточная сферическая аберрация объединенной оптической системы из линзы и роговицы достигает требуемого значения. Сферическая аберрация роговицы человеческого глаза может быть в пределах приблизительно от 0,194 до 0,284 микрометров, т.е. изменяться в диапазоне шириной 0,09 микрометров. Во избежание избыточной коррекции сферическую аберрацию линзы (например, от приблизительно -0,202 микрометров до приблизительно -0,190 микрометров) можно задавать для коррекции нижней оконечности диапазона сферической аберрации роговицы. В результате в некоторых вариантах осуществления изобретения остаточная сферическая аберрация объединенной оптической системы из линзы и роговицы может иметь положительное значение ниже, чем приблизительно 0,14 микрометров, например в диапазоне от приблизительно +0,006 до приблизительно +0,09 микрометров (как поясняется ниже, благоприятной может быть даже сферическая аберрация +0,14 микрометров). Остаточную сферическую аберрацию можно измерить, например, на модели глаза, содержащей глазную линзу, и модели роговицы, обладающей подобранной положительной сферической аберрацией (например, средней сферической аберрацией человеческой роговицы). В качестве альтернативы, остаточную сферическую аберрацию можно измерить в глазу человека, в который имплантирована глазная линза.

В соответствии со связанным аспектом в глазной линзе асферический базовый профиль характеризуется конической постоянной в диапазоне от приблизительно -73 до приблизительно -27. Кроме того, линза может обладать коэффициентом формы в диапазоне от приблизительно -0,016 до приблизительно 0,071.

В соответствии с другим аспектом предлагается глазная линза (например, IOL), которая содержит оптический элемент, имеющий переднюю поверхность и заднюю поверхность, при этом оптический элемент обеспечивает оптическую силу в диапазоне от приблизительно 16 диоптрий до приблизительно 25 диоптрий. Оптический элемент содержит главную плоскость, дающую изменение смещения в диапазоне от приблизительно -0,019 мм до приблизительно +0,018 мм от выбранной плоскости оптического элемента. Кроме того, по меньшей мере, одна из поверхностей характеризуется таким асферическим базовым профилем, что оптический элемент обладает отрицательной сферической аберрацией в диапазоне от приблизительно -0,202 мкм до приблизительно -0,190 мкм по всему упомянутому диапазону изменения оптической силы.

В соответствии со связанным аспектом вышеупомянутая глазная линза содержит множество фиксаторов, соединенных с ней, и главная плоскость дает вышеупомянутое изменение смещения (в диапазоне от приблизительно -0,019 мм до приблизительно +0,018 мм) относительно плоскости, определяемой соединениями фиксатор - оптический элемент, соединениями фиксаторов с оптическим элементом.

Дополнительные сведения об изобретении можно получить при обращении к нижеследующему подробному описанию, представленному в связи с прилагаемыми чертежами, краткие пояснения к которым приведены ниже.

Краткое описание чертежей

Фиг.1 - схематичный вид сбоку IOL в соответствии с одним вариантом осуществления настоящего изобретения.

Фиг.2 - другой вид сбоку линзы, изображенной на фиг.1, показывающий главную плоскость линзы, которая смещена от требуемой плоскости линзы (HP).

Фиг.3 - график, иллюстрирующий изменения коэффициента формы и смещения главной

плоскости совокупности примерных теоретически рассчитанных линз в зависимости от силы линзы в диапазоне оптической силы от приблизительно 16 диоптрий до приблизительно 25 диоптрий.

Фиг.4А - множество кривых модуляционно-передаточных функций (МПФ (MTF)),

5 рассчитанных для моделей глаз со сферической и асферической линзой при множестве разных асимметрий роговицы на зрачке размером 3 мм.

Фиг.4В - множество кривых МПФ, рассчитанных для моделей глаз со сферической и асферической линзой при множестве разных асимметрий роговицы на зрачке размером 5 мм.

10 Подробное описание предпочтительных вариантов осуществления изобретения

Настоящее изобретение относится, в общем, к глазным линзам (например, искусственным хрусталикам, внутриглазным линзам), которые характеризуются подобранной степенью отрицательной сферической аберрации для компенсации положительной сферической аберрации роговицы (например, средней положительной сферической аберрации роговицы для совокупности пациентов) и, тем самым, обеспечивают повышенный контраст изображения.

Как показано на фиг.1, IOL 10 в соответствии с одним вариантом осуществления настоящего изобретения содержит оптический элемент 12, имеющий переднюю оптическую поверхность 14 и заднюю оптическую поверхность 16. В данном варианте осуществления

20 изобретения передняя и задняя оптические поверхности 14 и 16 расположены симметрично относительно оптической оси 18. В других вариантах осуществления изобретения, одна или обе поверхности могут обладать в какой-то степени асимметрией относительно оптической оси 18. Примерная линза 10 дополнительно содержит радиально продолжающиеся фиксирующие элементы или фиксаторы 20 для ее установки в глаз пациента. Хотя в настоящем варианте осуществления оптический элемент 12 выполнен из мягкого акрилового полимера (например, материала, применяемого для изготовления коммерчески выпускаемых линз, продаваемых с товарным знаком Acrysof®), в других вариантах осуществления изобретения оптический элемент может быть выполнен из любого подходящего биосовместимого материала, например силикона или гидрогеля.

30 Фиксирующие элементы 20 также могут быть выполнены в виде одного целого с оптическим элементом и из того же самого материала («цельная» линза) или могут быть выполнены отдельно от оптического элемента из подходящих полимерных материалов, например полиметилметакрилатов, полипропилена и т.п. («составная» линза). В качестве дополнительных примеров, патент США №6,416,550, который включен в настоящую заявку

35 путем отсылки, содержит описания материалов, подходящих для формирования IOL 10. В данном варианте осуществления оптические поверхности 14 и 16 имеют, по существу, выпуклые формы, хотя другие формы (например, вогнутая или плоская) также могут быть использованы для данных поверхностей для формирования, например, плоско-выпуклой или плоско-вогнутой линз. Термин «искусственный хрусталик» и его сокращенное обозначение «IOL» применяются в настоящей заявке попеременно для описания линз, 40 которые имплантируют во внутреннюю часть глаза для замены естественного (природного) хрусталика глаза или для иного улучшения зрения, независимо от того, удален или нет естественный хрусталик. Внутрироговичные линзы и имплантируемые контактные (так называемые «phakic») линзы являются примерами линз, которые можно имплантировать в 45 глаз без удаления естественного хрусталика.

В данном варианте осуществления кривизны оптических поверхностей 14 и 16, вместе с показателем преломления материала, образующего оптический элемент, выбирают так, чтобы оптический элемент обеспечивал бы преломляющую оптическую силу в диапазоне от приблизительно 16 диоптрий до приблизительно 25 диоптрий. Например, в некоторых 50 вариантах осуществления изобретения линза обладает оптической силой в данном диапазоне при размещении в среде с показателем преломления около 1,336 (например, в стекловидном теле глаза).

Так же, как показано на фиг.1, тогда как передняя поверхность 14 оптического

элемента 12 характеризуется, по существу, сферическим базовым профилем, задняя поверхность 16 характеризуется асферическим базовым профилем. То есть задняя поверхность 16 содержит базовый профиль, который, по существу, совпадает с предполагаемым сферическим профилем 16а (показанным пунктирными линиями) на

5 небольших радиальных расстояниях от оптической оси, но проявляет возрастающее отклонение от данного сферического профиля по мере того, как увеличивается радиальное расстояние оптической оси. Во многих вариантах осуществления изобретения асферичность задней поверхности выбирается таким образом, чтобы оптический элемент давал отрицательную сферическую aberrацию в диапазоне от приблизительно -0,202 (минус 0,202) микрометров до приблизительно -0,190 (минус 0,190) микрометров. Линза с
10 данной отрицательной сферической aberrацией будет компенсировать, при имплантации в глаз, положительную сферическую aberrацию роговицы. Следовательно, остаточная сферическая aberrация человеческого глаза, включающего в себя упомянутую линзу, как объединенной оптической системы из линзы и роговицы может достигать требуемого
15 значения. Как отмечено выше, сферическая aberrация человеческой роговицы может изменяться в диапазоне приблизительно 0,194-0,284 микрометров. То есть упомянутая aberrация может изменяться в диапазоне шириной 0,09 микрометров. Во избежание избыточной коррекции во многих вариантах осуществления изобретения отрицательная сферическая aberrация линзы (которая может изменяться от приблизительно -0,202
20 микрометров до приблизительно -0,190 микрометров) может корректировать нижнюю оконечность диапазона сферической aberrации роговицы глаза. В результате во многих вариантах осуществления изобретения остаточная сферическая aberrация глаза, при имплантации IOL, может быть выше нуля и ниже чем приблизительно +0,14 микрометров (например, в диапазоне от приблизительно +0,006 до приблизительно +0,09 микрометров).
25 Как поясняется ниже, оценки оптических характеристик показали, что даже при остаточной сферической aberrации +0,14 микрометров асферическая IOL все еще превосходит соответствующую сферическую линзу. Упомянутую остаточную сферическую aberrацию можно измерить, например, на модели глаза, содержащей линзу и содержащей асферическую модель роговицы с подобранной асферичностью (например, с
30 асферичностью, равной средней асферичности роговицы для совокупности пациентов). В качестве альтернативы, остаточную сферическую aberrацию можно измерить в естественном глазу, в который имплантирована линза.

В некоторых вариантах осуществления асферический профиль задней поверхности можно определить следующим отношением:

$$35 \quad z = \frac{cr^2}{1 + \left[1 - (1+k)c^2r^2\right]^{\frac{1}{2}}} + a_1r^2 + a_2r^4 + a_3r^6 \quad \text{уравнение (1)}$$

где z обозначает прогиб поверхности на радиальном расстоянии r от оптической оси линзы,

40 c обозначает кривизну поверхности в ее вершине (в точке пересечения поверхности с оптической осью);

$$c = \frac{1}{r},$$

где r обозначает радиус поверхности в ее вершине,

45 k обозначает коническую постоянную,

a₁ обозначает коэффициент асферичности второго порядка,

a₂ обозначает коэффициент асферичности четвертого порядка и

a₃ обозначает коэффициент асферичности шестого порядка.

В некоторых вариантах осуществления изобретения оптический элемент может
50 обеспечивать оптическую силу в диапазоне от приблизительно 6 диоптрий до приблизительно 30 диоптрий, и асферическую поверхность линзы можно описать вышеприведенным отношением при изменении c от приблизительно 0,0152 мм⁻¹ до приблизительно 0,0659 мм⁻¹, изменении k от приблизительно -1162 до

приблизительно -19, изменении a_1 от приблизительно $-0,00032 \text{ мм}^{-1}$ до приблизительно $-0,00020 \text{ мм}^{-1}$, изменении a_2 от приблизительно $-0,0000003$ (минус $3 \cdot 10^{-7}$) мм^{-3} до приблизительно $-0,000053$ (минус $5,3 \cdot 10^{-5}$) мм^{-3} и изменении a_3 от приблизительно $0,0000082$ ($8,2 \cdot 10^{-6}$) мм^{-5} до приблизительно $0,000153$ ($1,53 \cdot 10^{-4}$) мм^{-5} .

В других вариантах осуществления оптический элемент может обеспечивать оптическую силу в диапазоне от приблизительно 16 диоптрий до приблизительно 25 диоптрий, и асферическую поверхность линзы можно описать вышеприведенным отношением при изменении s от приблизительно $0,0369$ ($1/27,1$) мм^{-1} до приблизительно $0,0541$ ($1/18,5$) мм^{-1} , изменении k от приблизительно -73 до приблизительно -27 , изменении a_1 от приблизительно $-0,000209 \text{ мм}^{-1}$ до приблизительно $-0,000264 \text{ мм}^{-1}$, изменении a_2 от приблизительно $-0,0000297 \text{ мм}^{-3}$ до приблизительно $-0,0000131 \text{ мм}^{-3}$ и изменении a_3 от приблизительно $0,00000978 \text{ мм}^{-5}$ до приблизительно $0,00000846 \text{ мм}^{-5}$.

Хотя в данном варианте осуществления изобретения задняя поверхность оптического элемента содержит асферический профиль, в других вариантах осуществления изобретения передняя поверхность может быть асферической. В качестве альтернативы, некоторую степень асферичности можно придать обеим поверхностям для обеспечения требуемой отрицательной сферической аберрации, подходящей для компенсации положительной сферической аберрации роговицы глаза.

Во многих вариантах осуществления изобретения переднюю и заднюю оптические поверхности (и, в частности, значения их кривизны) выбирают таким образом, чтобы придать линзе требуемый коэффициент формы. Как известно из уровня техники, коэффициент формы линзы можно определить следующим выражением:

$$\text{Коэффициент формы (X)} = \frac{r_1 + r_2}{r_1 - r_2} \quad \text{уравнение (2)}$$

где r_1 обозначает радиус одной поверхности и r_2 обозначает радиус другой поверхности (для асферической поверхности радиус можно измерять при ее вершине). В качестве альтернативы, для асферической поверхности среднюю кривизну (величину, обратную средней радиусу) можно определить следующим выражением:

$$C_{\text{eff}} = C_{\text{base}} + 2a_1 \quad \text{уравнение (3)}$$

где C_{eff} обозначает эффективную кривизну асферической поверхности, C_{base} обозначает кривизну поверхности при ее вершине и a_1 обозначает четный коэффициент асферичности 2-го порядка в соответствии с вышеприведенным определением k уравнению (1).

Среднюю кривизну можно использовать, например, при расчете коэффициента формы и местоположения главной плоскости линзы.

Во многих вариантах осуществления изобретения коэффициент формы линзы выбирают в диапазоне от приблизительно $-0,016$ до приблизительно $0,071$, хотя можно также применять другие коэффициенты формы.

Как показано на фиг.2, в некоторых вариантах осуществления изобретения линза 10 содержит главную плоскость 22, которая смещена относительно требуемой плоскости линзы, например плоскости, задаваемой соединениями двух фиксаторов и оптического элемента (плоскость НР), на выбранное расстояние, например, в диапазоне от приблизительно $-0,019 \text{ мм}$ до приблизительно $+0,018 \text{ мм}$. Во многих вариантах осуществления изобретения положение главной плоскости линзы относительно плоскости фиксаторов можно вычислять следующим образом. Плоскость фиксаторов, расположенная по средней линии кромки линзы, будет находиться на расстоянии (НЛ) от вершины задней поверхности, заданном следующим выражением:

$$\text{HL} = \text{Sag}_2 + \frac{\text{ET}}{2} \quad \text{уравнение (4)}$$

где Sag_2 обозначает высоту прогиба задней поверхности у кромки линзы и ET обозначает толщину кромки IOL. Положение вершины задней поверхности относительно

второй главной плоскости можно получить из следующего отношения:

$$PP_2 = \frac{-n_1 d F_1}{n_2 F_L} \quad \text{уравнение (5)}$$

где n_1 и n_2 обозначают соответственно показатели преломления среды, окружающей линзу, и материала, образующего линзу, F_1 и F_L обозначают, соответственно, оптические силы первой поверхности (передней поверхности) и линзы, в целом, и d обозначает толщину по центру IOL. Поэтому положение второй главной плоскости относительно плоскости фиксаторов (плоскости крепления IOL) можно получить из следующего выражения:

$$\Delta PP_2 = HL + PP_2 = Sag_2 + \frac{ET}{2} - \frac{n_1 d F_1}{n_2 F_L} \quad \text{уравнение (6)}$$

где ΔPP_2 обозначает изменение смещения главной плоскости, а другие параметры определены выше.

Ниже, для иллюстрации, в таблице 1 представлен список примерных параметров (например, радиусов кривизны передней и задней поверхностей, коэффициентов асферичности задней поверхности, а также толщины линзы по центру) множества примерных конструкций в соответствии с некоторыми вариантами осуществления изобретения:

Таблица 1								
Обозначенная оптическая сила IOL	Радиус передней сферической поверхности	Радиус задней асферической поверхности при ее вершине	Толщина по центру	Толщина по кромке	Четные коэффициенты асферичности	2-го порядка	4-го порядка	6-го порядка
(диоптрии)	r_1 (мм)	r_2 (мм)	t_c (мм)	t (мм)	k	a_1	a_2	a_3
16,00	27,375	-27,100	0,512	0,21	-73,3310	-2,0952 $\times 10^{-4}$	-2,9663 $\times 10^{-5}$	9,7771 $\times 10^{-6}$
16,50	25,754	-27,100	0,522	0,21	-73,3310	-2,0952 $\times 10^{-4}$	-2,9663 $\times 10^{-5}$	9,7771 $\times 10^{-6}$
17,00	24,313	-27,100	0,533	0,21	-73,3310	-2,0952 $\times 10^{-4}$	-2,9663 $\times 10^{-5}$	9,7771 $\times 10^{-6}$
17,50	23,025	-27,100	0,543	0,21	-73,3310	-2,0952 $\times 10^{-4}$	-2,9663 $\times 10^{-5}$	9,7771 $\times 10^{-6}$
18,00	24,207	-24,200	0,552	0,21	-53,9988	-2,1941 $\times 10^{-4}$	-2,5269 $\times 10^{-5}$	9,3176 $\times 10^{-6}$
18,50	22,929	-24,200	0,563	0,21	-53,9988	-2,1941 $\times 10^{-4}$	-2,5269 $\times 10^{-5}$	9,3176 $\times 10^{-6}$
19,00	21,780	-24,200	0,573	0,21	-53,9988	-2,1941 $\times 10^{-4}$	-2,5269 $\times 10^{-5}$	9,3176 $\times 10^{-6}$
19,50	20,739	-24,200	0,584	0,21	-53,9988	-2,1941 $\times 10^{-4}$	-2,5269 $\times 10^{-5}$	9,3176 $\times 10^{-6}$
20,00	21,557	-22,000	0,593	0,21	-42,1929	-2,3318 $\times 10^{-4}$	-2,1144 $\times 10^{-5}$	8,9923 $\times 10^{-6}$
20,50	20,537	-22,000	0,603	0,21	-42,1929	-2,3318 $\times 10^{-4}$	-2,1144 $\times 10^{-5}$	8,9923 $\times 10^{-6}$
21,00	19,609	-22,000	0,614	0,21	-42,1929	-2,3318 $\times 10^{-4}$	-2,1144 $\times 10^{-5}$	8,9923 $\times 10^{-6}$
21,50	18,761	-22,000	0,624	0,21	-42,1929	-2,3318 $\times 10^{-4}$	-2,1144 $\times 10^{-5}$	8,9923 $\times 10^{-6}$
22,00	19,583	-20,000	0,633	0,21	-33,2270	-2,4979 $\times 10^{-4}$	-1,6772 $\times 10^{-5}$	8,6957 $\times 10^{-6}$
22,50	18,737	-20,000	0,644	0,21	-33,2270	-2,4979 $\times 10^{-4}$	-1,6772 $\times 10^{-5}$	8,6957 $\times 10^{-6}$
23,00	17,961	-20,000	0,654	0,21	-33,2270	-2,4979 $\times 10^{-4}$	-1,6772 $\times 10^{-5}$	8,6957 $\times 10^{-6}$
23,50	17,246	-20,000	0,665	0,21	-33,2270	-2,4979 $\times 10^{-4}$	-1,6772 $\times 10^{-5}$	8,6957 $\times 10^{-6}$
24,00	17,781	-18,500	0,673	0,21	-27,4571	-2,6429 $\times 10^{-4}$	-1,3133 $\times 10^{-5}$	8,4634 $\times 10^{-6}$
24,50	17,080	-18,500	0,684	0,21	-27,4571	-2,6429 $\times 10^{-4}$	-1,3133 $\times 10^{-5}$	8,4634 $\times 10^{-6}$

25,00	16,482	-18,500	0,695	0,21	-27,4571	-2,6429 $\times 10^{-4}$	-1,3133 $\times 10^{-5}$	8,4634 $\times 10^{-6}$
25,50	16,831	-18,500	0,705	0,21	-27,4571	-2,6429 $\times 10^{-4}$	-1,3133 $\times 10^{-5}$	8,4634 $\times 10^{-6}$

Для дополнительного примера на фиг.3 показаны изменения коэффициента формы и смещения главной плоскости в зависимости от оптической силы линзы в вариантах осуществления линзы 10 с параметрами, приведенными выше в таблице 1.

Для демонстрации эффективности асферических IOL в соответствии с изобретением в отношении обеспечения повышенных оптических характеристик качество изображения, полученного данной IOL, исследовали теоретически с использованием модели глаза Alcon-Navarro, при этом модель глаза Navarro преобразовали в модель с асферической роговицей - для роговиц с диапазоном изменения аберраций. Качество изображения оценивали вычислением модуляционно-передаточных функций (МПФ (MTF)) модели глаза на длине волны 550 нм для моделей роговицы со средней для человека сферической аберрацией, а также для моделей роговицы, в которых сферические аберрации роговицы отклоняются на ± 1 среднеквадратичное отклонение от средней аберрации. Кроме того, рассчитывали также МПФ аналогичной линзы, которая не обладает асферичностью, для сравнения с МПФ асферической линзы. Как известно специалистам в данной области техники, МПФ обеспечивает количественный показатель контраста в изображении, обеспечиваемого оптической системой, например системой, образованной IOL и роговицей. В частности, МПФ оптической системы формирования изображения, например линзы, можно определить как отношение контраста, относящегося к изображению объекта, сформированного оптической системой, к контрасту, относящемуся к объекту.

Параметры роговицы, использованные в вышеупомянутых расчетах МПФ, сведены в нижеприведенной таблице 2:

Таблица 2			
	Среднеквадратическое отклонение -1 от среднего для роговицы	Средняя роговица	Среднеквадратическое отклонение +1 от среднего для роговицы
Сферическая аберрация	0,155 микрометров	0,241 микрометров	0,327 микрометров
Коническая постоянная	-0,384	-0,183	-0,059

Оптическая сила как асферической, так и сферической линз была выбрана равной 22 диоптриям в окружающей водной среде с показателем преломления 1,336. Передние поверхности обеих линз имели одинаковый радиус кривизны. И радиусы кривизны при вершине задних поверхностей также были идентичными. Однако задняя поверхность асферической линзы обладала некоторой степенью асферичности (характеризуемой конической постоянной около -33). МПФ рассчитывали в фокальной плоскости модели глаза как для 3-мм, так и для 5-мм зрачка.

На фиг.4А представлено множество кривых МПФ, рассчитанных для сферической и асферической линз в вышеупомянутых моделях роговицы при 3-мм размере зрачка, тогда как на фиг.4В представлены кривые МПФ, рассчитанные для тех же линз и моделей роговицы при 5-мм размере зрачка. Как при 3-мм, так и при 5-мм размерах зрачка асферическая линза обладает повышенными характеристиками по сравнению с характеристиками сферической линзы. Целесообразно отметить, что даже с моделью роговицы, которая обладает положительной сферической аберрацией 0,327 микрометров (таблица 2), асферическая линза показывает улучшение МПФ по сравнению со сферической линзой. В данном случае остаточная сферическая аберрация комбинированной модели роговицы и линзы составляет около +0,14 микрометров (т.е. сферическая аберрация роговицы 0,327 микрометров + сферическая аберрация линзы -0,190 микрометров = 0,137 (около 0,14) микрометров комбинированной сферической аберрации). Следовательно, благоприятная остаточная сферическая аберрация может быть до +0,14 микрометров в глазу с имплантированной глазной линзой. Следует понимать, что вышеупомянутые кривые МПФ представлены только в целях иллюстрации и

не обязательны для указания оптимальных характеристик, показываемых линзами в соответствии с изобретением.

Диапазон отрицательных сферических аберраций, характеризующих IOL в соответствии с изобретением, делает их оптические характеристики менее чувствительными к смещению от заданного положения, например наклону и/или децентрировке, по сравнению с традиционными асферическими линзами. Иначе говоря, значения асферичности, заложенные в IOL в соответствии с изобретением, позволяют им обеспечивать более устойчивые характеристики по сравнению с традиционными асферическими линзами.

Для проектирования и изготовления асферических линз в соответствии с принципами изобретения можно использовать множество разных средств проектирования линз и технологий изготовления линз. Например, и только для иллюстрации, в нижеследующем примере поясняется методика, используемая для проектирования множества линз с оптической силой в диапазоне от приблизительно 16 диоптрий до приблизительно 25 диоптрий. Следует понимать, что упомянутая методика проектирования описана для дополнительной иллюстрации различных аспектов изобретения и не предполагается для ограничения объема изобретения.

Пример

Теоретический расчет множества асферических линз в диапазоне изменения оптической силы от 16 диоптрий до 25 диоптрий выполняли делением диапазоне изменения оптической силы на пять полос с шагом изменения оптической силы, составляющим 2 диоптрии. В данных примерных расчетах предполагалось, что задняя поверхность линзы имеет асферический профиль. Для получения радиуса сферической передней поверхности и радиуса при вершине асферической задней поверхности применяли следующее уравнение для линз:

$$D = \frac{n_1 - n_{med}}{r_a} + \frac{n_1 - n_{med}}{r_p} - \frac{t_c}{n_1 * \left(\frac{n_1 - n_{med}}{r_a} \right) * \left(\frac{n_1 - n_{med}}{r_p} \right)} \quad \text{уравнение (7)}$$

где D обозначает оптическую силу линзы,

n_1 обозначает показатель преломления материала линзы,

n_{med} обозначает показатель преломления среды, окружающей линзу,

r_a обозначает радиус передней поверхности,

r_p обозначает радиус задней поверхности и

t_c обозначает толщину по центру линзы.

Радиус при вершине задней поверхности фиксировали в пределах одной полосы и передний радиус вычисляли с использованием известной (требуемой) оптической силы линзы, толщины по кромке, показателя преломления материала, образующего линзу, а также радиуса задней поверхности. Для удовлетворения проектных требований к коэффициенту формы и смещению главной плоскости сначала оценивали фиксированный задний радиус при вершине и затем его подстраивали в пределах каждой из пяти полос. Для асферического участка конструкции задний радиус при вершине фиксировали и затем асферически изменяли радиус в направлении к периферии (например, радиус в направлении к периферии постепенно увеличивали от центра к кромке) для выполнения требования к компенсации аберрации, которое выбирали для каждой полосы.

Соответственно, коэффициент формы и смещение главной плоскости вычисляли заново посредством изменения радиуса при вершине до «эффективного» радиуса, который объединял радиус при вершине и коэффициент асферичности 2-го порядка (см. уравнение (3)). Вышеприведенное уравнение (2) использовали для вычисления коэффициента формы линзы, а для смещения главной плоскости (PPS) применяли следующее выражение:

$$PPS = \frac{D * (n_1 - n_{med})}{r_a} * \frac{n_{med}}{n_1} * t \quad \text{уравнение (8)}$$

где D обозначает оптическую силу линзы,

n_1 обозначает показатель преломления материала линзы,

n_{med} обозначает показатель преломления материала, окружающего линзу,

r_a обозначает радиус передней поверхности и

t_c обозначает толщину по центру линзы.

Поскольку в каждой конструкции линзы применялось ограничительное условие

- 5 фиксированной толщины линзы по кромке, толщину линзы по центру приходилось регулировать после оптимизации асферического профиля для сохранения ограничительного условия толщины по кромке. С этой целью толщину IOL по центру вычисляли с использованием программного обеспечения построения хода лучей для проектирования линзы, предлагаемого на рынке под торговым обозначением Zemax®
 10 (версия 4 марта, 2003 г. Zemax Development Corporation, San Diego, CA). Кроме того, вместо радиуса при вершине применяли модифицированный «эффективный» задний радиус, так как коэффициент асферичности 2-го порядка вносил также вклад в оптическую характеристику первого порядка и, следовательно, влиял на вычисление главной плоскости. Коэффициент формы конструкции изменялся от приблизительно -0,016 до
 15 приблизительно +0,071, и соответствующее изменение смещения главной плоскости менялось от приблизительно -0,019 мм до приблизительно +0,018 мм по всему диапазону изменения оптической силы.

- Программу Zemax® оптического проектирования применяли для асферического проектирования задней поверхности. Радиусы, вычисленные посредством
 20 вышеупомянутого уравнения линзы, были исходными точками. Диафрагму зрачка системы устанавливали на 5 мм на передней поверхности IOL, что эквивалентно приблизительно 6 мм в плоскости роговицы. Фокальную точку системы ограничивали параксиальным фокусом, в то время как только асферические параметры задней поверхности IOL содержали переменные, которые регулировались. Функцию ошибок для оптимизации
 25 строили как среднеквадратичную (RMS) погрешность волнового фронта с установленной схемой пересечения при построении хода лучей. В ходе цикла оптимизации по программе проектирования Zemax® данная программа систематически исправляет коэффициенты асферичности до тех пор, пока функция ошибок не достигает минимума. Поскольку в каждой полосе использовали только одну универсальную расчетную схему задней
 30 поверхности, оптимизацию выполняли только для среднего значения оптической силы в данной полосе (например, для 17 диоптрий в полосе, продолжающейся от 16 диоптрий до 17,5 диоптрий, или для 19 диоптрий в полосе, продолжающейся от 18 диоптрий до 19,5 диоптрий). Для каждой полосы оптические характеристики проверяли на двух концах данной полосы, чтобы гарантировать выполнение проектных критериев. Вышеприведенная
 35 таблица 1 содержит список параметров множества линз, спроектированных данным образом.

Специалистам в данной области техники очевидно, что вышеприведенные варианты осуществления можно вносить различные изменения без выхода за пределы объема изобретения.

40

Формула изобретения

1. Глазная линза, содержащая оптический элемент, имеющий переднюю поверхность и заднюю поверхность, при этом упомянутый оптический элемент обеспечивает оптическую силу в диапазоне от 16 до 25 диоптрий, при этом, по меньшей мере, одна из упомянутых
 45 поверхностей характеризуется таким асферическим базовым профилем, что упомянутый оптический элемент обеспечивает отрицательную сферическую абберацию в диапазоне от -0,202 до -0,190 мкм по всему упомянутому диапазону оптической силы.

2. Глазная линза по п.1, в которой упомянутый асферический базовый профиль характеризуется конической постоянной в диапазоне от -73 до -27.

- 50 3. Глазная линза по п.1, в которой упомянутый асферический базовый профиль определяется следующим отношением:

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

где z обозначает прогиб поверхности на радиальном расстоянии r от оптической оси линзы, c обозначает кривизну поверхности в точке пересечения ее с оптической осью, k обозначает коническую постоянную, a_1 обозначает коэффициент асферичности второго порядка, a_2 обозначает коэффициент асферичности четвертого порядка, и a_3 обозначает коэффициент асферичности шестого порядка, при этом c изменяется от 0,0369 (1/27,1) до 0,0541 (1/18,5) мм⁻¹, k изменяется от -73 до -27, a_1 изменяется от -0,000209 до -0,000264 мм⁻¹, a_2 изменяется от -0,0000297 до -0,0000131 мм⁻³, и a_3 изменяется от 0,00000978 до 0,00000846 мм⁻⁵.

4. Глазная линза по п.1, в которой упомянутый оптический элемент имеет коэффициент формы в диапазоне от 0,016 до 0,071.

5. Глазная линза по п.1, в которой упомянутый оптический элемент выполнен из биосовместимого полимерного материала.

6. Глазная линза по п.5, в которой полимерный материал выбран из группы, содержащей акриловые, силиконовые и гидрогелевые материалы.

7. Глазная линза по п.1, в которой упомянутая глазная линза представляет собой интраокулярную линзу.

8. Глазная линза, содержащая оптический элемент, имеющий переднюю поверхность и заднюю поверхность, при этом упомянутый оптический элемент обеспечивает оптическую силу в диапазоне от 16 до 25 диоптрий, упомянутый оптический элемент содержит главную плоскость, обеспечивающую изменение смещения в диапазоне от -0,019 до +0,018 мм от выбранной плоскости упомянутого оптического элемента, при этом, по меньшей мере, одна из упомянутых поверхностей характеризуется таким асферическим базовым профилем, что оптический элемент обладает отрицательной сферической аберрацией в диапазоне от -0,202 до -0,190 мкм по всему упомянутому диапазону оптической силы.

9. Глазная линза по п.8, в которой упомянутый оптический элемент содержит множество фиксаторов, соединенных с ней, и упомянутая выбранная плоскость содержит плоскость, определяемую соединениями упомянутых фиксаторов и упомянутого оптического элемента.

10. Глазная линза по п.8, в которой упомянутая глазная линза представляет собой интраокулярную линзу.

11. Глазная линза, содержащая оптический элемент, имеющий переднюю поверхность и заднюю поверхность, при этом упомянутый оптический элемент обеспечивает номинальную оптическую силу в диапазоне от 16 до 25 диоптрий, причем, по меньшей мере, одна из упомянутых поверхностей обладает асферическим базовым профилем для обеспечения отрицательной сферической аберрации для компенсации, при имплантации в глаз, положительной сферической аберрации роговицы так, что оптическая система, содержащая линзу и роговицу, обладает остаточной положительной сферической аберрацией меньше, чем +0,14 мкм.

12. Глазная линза по п.11, в которой упомянутая остаточная положительная сферическая аберрация находится в диапазоне от +0,006 до +0,09 мкм.

13. Глазная линза по п.11, в которой упомянутый асферический базовый профиль характеризуется конической постоянной в диапазоне от -73 до -27.

14. Глазная линза по п.11, в которой упомянутый оптический элемент обладает коэффициентом формы в диапазоне от -0,016 до 0,071.

15. Глазная линза по п.11, в которой упомянутый оптический элемент выполнен из мягкого акрилового полимерного материала.

16. Глазная линза по п.11, в которой упомянутая линза представляет собой интраокулярную линзу.

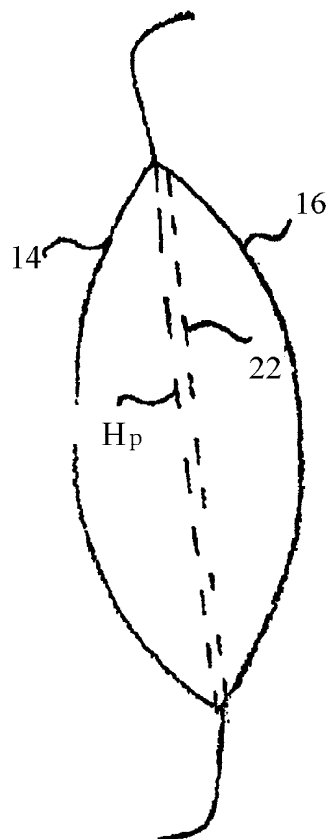
17. Глазная линза, содержащая оптический элемент, имеющий преломляющую переднюю поверхность и преломляющую заднюю поверхность, при этом упомянутые

поверхности совместно обеспечивают оптическую силу в диапазоне от 16 до 25 диоптрий, при этом профиль, по меньшей мере, одной из упомянутых поверхностей характеризуется следующим отношением:

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

где z обозначает прогиб поверхности на радиальном расстоянии r от оптической оси линзы, c обозначает кривизну поверхности в точке пересечения ее с оптической осью, k обозначает коническую постоянную, a_1 обозначает коэффициент асферичности второго порядка, a_2 обозначает коэффициент асферичности четвертого порядка, и a_3 обозначает коэффициент асферичности шестого порядка, при этом c изменяется от 0,0369 (1/27,1) до 0,0541 (1/18,5) мм⁻¹, k изменяется от -73 до -27, a_1 изменяется от -0,000209 до -0,000264 мм⁻¹, a_2 изменяется от -0,0000297 до -0,0000131 мм⁻³, и a_3 изменяется от 0,00000978 до 0,00000846 мм⁻⁵.

18. Глазная линза по п.14, в которой упомянутая линза представляет собой интраокулярную линзу.

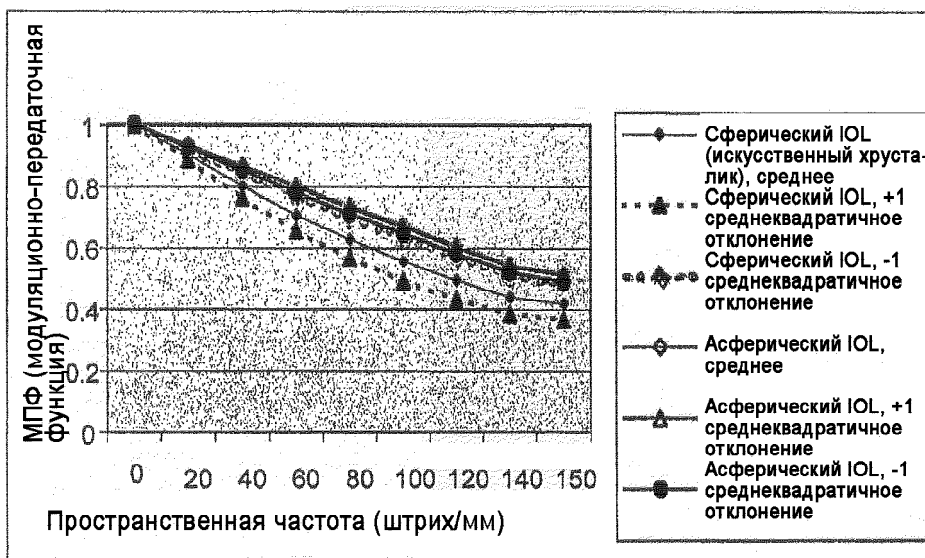


ФИГ. 2



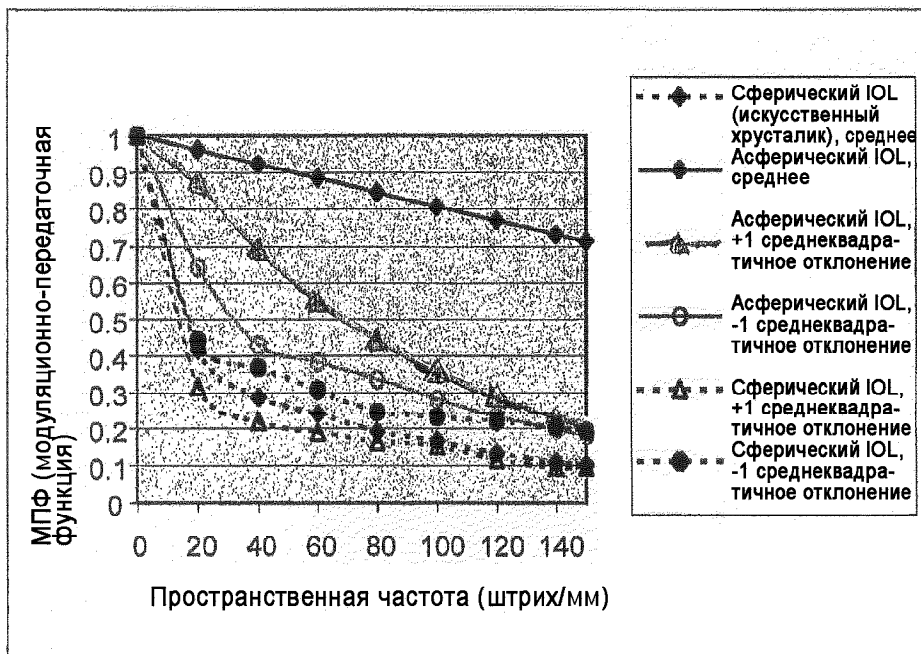
ФИГ. 3

Моделирование качества изображения
для распределения роговиц (3-мм зрачок)



ФИГ. 4А

Моделирование качества изображения для распределения
роговиц (5-мм зрачок)



ФИГ. 4В