



ФЕДЕРАЛЬНАЯ СЛУЖБА
ПО ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ СОБСТВЕННОСТИ

(12) ОПИСАНИЕ ИЗОБРЕТЕНИЯ К ПАТЕНТУ

(52) СПК
G02C 7/085 (2006.01); *G02B 3/14* (2006.01)

(21)(22) Заявка: 2015102758, 27.06.2013

(24) Дата начала отсчета срока действия патента:
27.06.2013

Дата регистрации:
21.12.2017

Приоритет(ы):
(30) Конвенционный приоритет:
29.06.2012 US 61/666,160

(43) Дата публикации заявки: 20.08.2016 Бюл. № 23

(45) Опубликовано: 21.12.2017 Бюл. № 36

(85) Дата начала рассмотрения заявки РСТ на
национальной фазе: 29.01.2015

(86) Заявка РСТ:
US 2013/048200 (27.06.2013)

(87) Публикация заявки РСТ:
WO 2014/004839 (03.01.2014)

Адрес для переписки:
129090, Москва, ул. Б. Спасская, 25, строение 3,
ООО "Юридическая фирма Городисский и
Партнеры"

(72) Автор(ы):
ОТТС Дэниел Б. (US),
ПЬЮ Рэндалл Б. (US),
РАЙЕЛЛ Джеймс (US),
ФЛИТШ Фредерик А. (US),
ТОНЕР Адам (US)

(73) Патентообладатель(и):
ДЖОНСОН ЭНД ДЖОНСОН ВИЖН
КЭА, ИНК. (US)

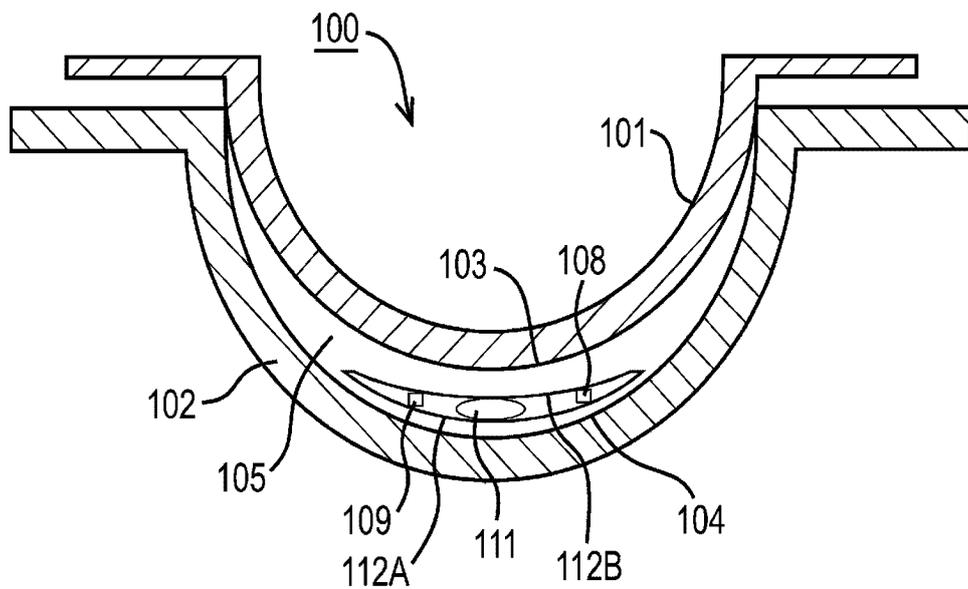
(56) Список документов, цитированных в отчете
о поиске: WO 2005096030 A1, 13.10.2005. WO
2010104606 A1, 16.09.2010. US 2010079724 A1,
01.04.2010. US 2003060878 A1, 27.03.2003. US
2007153405 A1, 05.07.2007.

(54) ЭЛЕКТРОАКТИВНОЕ ОФТАЛЬМОЛОГИЧЕСКОЕ УСТРОЙСТВО С НЕСКОЛЬКИМИ СОСТОЯНИЯМИ

(57) Реферат:

Устройство содержит переднюю изогнутую оптическую часть, содержащую передние изогнутые верхнюю и нижнюю оптические поверхности, заднюю изогнутую оптическую часть, содержащую задние изогнутые верхнюю и нижнюю оптические поверхности, полость, образованную передней изогнутой нижней оптической поверхностью и задней изогнутой верхней оптической поверхностью, жидкость с первым показателем преломления и диэлектрическую пленку в контакте с частью

жидкости и покрывающую электрод, способный возбуждать электрическое поле, газ со вторым показателем преломления, отличающимся от первого показателя преломления; и один или более участков емкости. Уменьшение объема емкости приводит к движению жидкости в полость через каналы и обмену газа и жидкости. В первом дискретном состоянии полость содержит жидкость, а во втором – газ. Технический результат - обеспечение переменного фокусного расстояния, изменяющегося дискретно.



ФИГ. 1

RU 2639623 C2

RU 2639623 C2



FEDERAL SERVICE
FOR INTELLECTUAL PROPERTY

(51) Int. Cl.
G02C 7/08 (2006.01)
G02B 3/14 (2006.01)

(12) **ABSTRACT OF INVENTION**

(52) CPC
G02C 7/085 (2006.01); *G02B 3/14* (2006.01)

(21)(22) Application: **2015102758, 27.06.2013**

(24) Effective date for property rights:
27.06.2013

Registration date:
21.12.2017

Priority:

(30) Convention priority:
29.06.2012 US 61/666,160

(43) Application published: **20.08.2016** Bull. № 23

(45) Date of publication: **21.12.2017** Bull. № 36

(85) Commencement of national phase: **29.01.2015**

(86) PCT application:
US 2013/048200 (27.06.2013)

(87) PCT publication:
WO 2014/004839 (03.01.2014)

Mail address:
**129090, Moskva, ul. B. Spasskaya, 25, stroenie 3,
OOO "Yuridicheskaya firma Gorodisskiji Partnery"**

(72) Inventor(s):

**OTTS Deniel B. (US),
PYU Rendall B. (US),
RAJELL Dzhejms (US),
FLITSH Frederik A. (US),
TONER Adam (US)**

(73) Proprietor(s):

**DZHONSON END DZHONSON VIZHN KEA,
INK. (US)**

(54) **ELECTROACTIVE OPHTHALMOLOGICAL DEVICE WITH MULTI-STATE COMPONENT**

(57) Abstract:

FIELD: physics.

SUBSTANCE: device contains a front curved optical part containing a front curved upper and lower optical surface, a rear curved optical part containing a rear curved upper and lower optical surface, a cavity formed by front curved lower optical surface and rear curved top optical surface, a fluid with the first refractive index and a dielectric film in contact with part of the fluid and a covering electrode, capable to establish the electrical field, gas with the second

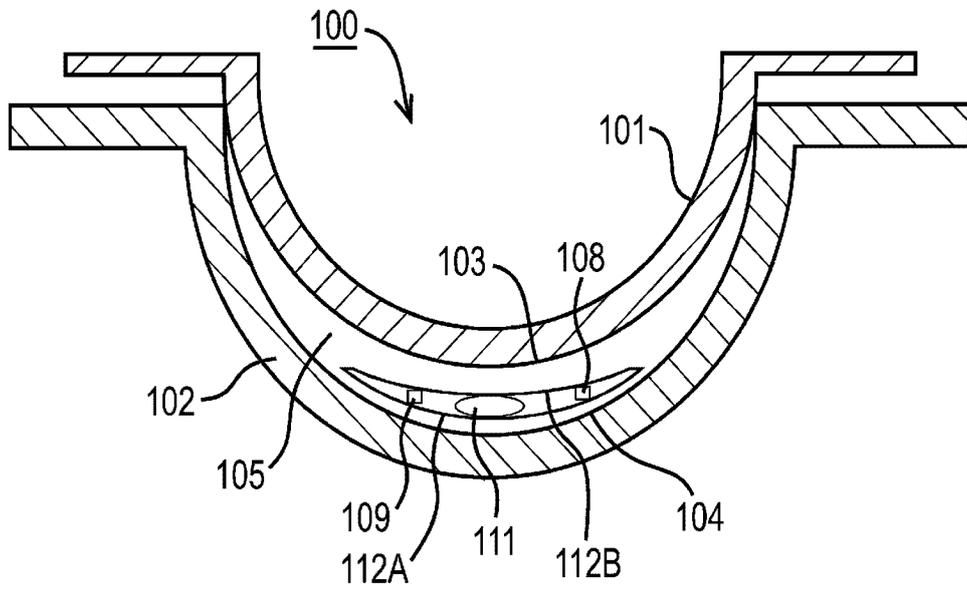
refractive index that differs from the first refractive index; and one or more sections of the tank. Reduction of the tank volume leads to the movement of fluid into the cavity through the channels and the exchange of gas and fluid. In the first discrete state, the cavity contains fluid, and in the second - gas.

EFFECT: providing a variable focal length that varies discretely.

21 cl, 15 dwg

RU 2 639 623 C2

RU 2 639 623 C2



ФИГ. 1

RU 2639623 C2

RU 2639623 C2

ОБЛАСТЬ ПРИМЕНЕНИЯ ИЗОБРЕТЕНИЯ

Настоящее изобретение относится к офтальмологическому устройству с несколькими состояниями фокусировки и, более конкретно, к изготовлению офтальмологической линзы с вставкой с переменным фокусным расстоянием. В дополнение, в офтальмологическое устройство включено затенение света с использованием идеи изобретения.

ПРЕДПОСЫЛКИ СОЗДАНИЯ ИЗОБРЕТЕНИЯ

Традиционно офтальмологическая линза, такая как контактная или интраокулярная линза, обладает заданными оптическими характеристиками. Например, контактная линза может обеспечивать одну или более из: коррекции зрения; косметического улучшения внешнего вида и лечебного действия, но только в виде набора функций коррекции зрения. Каждая функция обеспечивается определенной физической характеристикой линзы. В основном, конфигурация, включающая светопреломляющее свойство в линзу, обеспечивает коррекцию зрения. Пигмент, включенный в линзу, может обеспечить косметическое улучшение внешнего вида. Активный агент, включенный в линзу, может обеспечить лечебное действие.

В настоящее время оптическое качество офтальмологической линзы обусловлено ее физическими характеристиками. В целом, оптическую конфигурацию определяют и затем придают линзе в процессе изготовления линзы, например, путем отливки, формования или токарной обработки. После изготовления линзы ее оптические характеристики остаются постоянными. Однако пользователи могут иногда предпочесть иметь в наличии более одной оптической силы для обеспечения аккомодации зрения. В отличие от тех, кто пользуется очками и может менять очки для оптической коррекции зрения, пользователи контактных или интраокулярных линз до сих пор не имели возможности без значительных усилий менять оптические характеристики коррекции своего зрения.

КРАТКОЕ ОПИСАНИЕ ИЗОБРЕТЕНИЯ

Таким образом, аспект настоящего изобретения включает офтальмологическую линзу с обладающей переменными свойствами оптической частью, которая может изменять оптический эффект линзы дискретным образом. В дополнение, представлены способы и аппаратура для формирования офтальмологической линзы с такой формой обладающей переменными свойствами оптической части. Некоторые варианты осуществления могут также включать гидрогелевую контактную линзу с жесткой или формуемой запитанной вставкой, которая включает в себя обладающую переменными свойствами оптическую часть. Вставка может быть включена в различные варианты осуществления офтальмологической линзы биосовместимым образом.

Офтальмологическое устройство с переменным фокусным расстоянием содержит переднюю изогнутую оптическую часть офтальмологического устройства с переменным фокусным расстоянием, содержащую переднюю изогнутую верхнюю оптическую поверхность и переднюю изогнутую нижнюю оптическую поверхность, и заднюю изогнутую оптическую часть офтальмологического устройства с переменным фокусным расстоянием, содержащую заднюю изогнутую верхнюю оптическую поверхность и заднюю изогнутую нижнюю оптическую поверхность. Полость образована так, что может содержать диэлектрическую пленку и один или более электродов, способных распространять или формировать электрическое поле, и при этом по меньшей мере часть упомянутой диэлектрической пленки находится в контакте с жидкостью, которая может быть включена в одну или более емкостей, находящихся в жидкостном соединении с упомянутой образованной полостью. Упомянутое

жидкостное соединение, которое может осуществляться через один или более каналов, обеспечивает обмен жидкости и включенного газа. В некоторых вариантах осуществления обмен между жидкостью и газом может дополнительно регулироваться с помощью клапана. Клапан, используемый для регулирования обмена, может включать, например, обратный клапан или микроэлектромеханический клапан.

В некоторых вариантах осуществления объем емкости и объем образованной полости в целом могут быть равными. Электрод и диэлектрическая пленка могут быть расположены по меньшей мере на части поверхности, образующей полость, каналы и емкость. В зависимости от желаемого оптического эффекта, показатель преломления жидкости и показатель преломления газа могут быть различными, и в некоторых вариантах осуществления жидкость может дополнительно содержать различные светопоглощающие окрашивающие компоненты, затеняющие окрашивающие компоненты и/или компонент с энантиомерными характеристиками.

В другом аспекте настоящего изобретения офтальмологическое устройство с переменным фокусным расстоянием может содержать источник питания, электрически соединенный с одним или несколькими включенными электродами. Источник питания может быть использован для генерирования электрического тока или в некоторых вариантах осуществления для генерирования электрического поля, которые могут быть использованы для изменения формы электроактивного полимера или изменения краевого угла смачивания поверхности, используемого для смещения жидкости.

Настоящее описание включает в себя офтальмологическую линзу с переменной оптической частью, аппаратуру для формирования офтальмологической линзы с переменной оптической частью и способы ее производства. Более того, представлены альтернативные варианты для внедрения офтальмологической линзы с описанной переменной оптической частью. Например в некоторых вариантах осуществления, где электроактивная вставка с несколькими состояниями может быть использована в качестве офтальмологического устройства с переменным фокусным состоянием, размещенного на поверхности тела контактной линзы или частично/полностью инкапсулированного в нем. В некоторых других вариантах осуществления вставка может функционировать как часть линзы на устройстве линзы или в офтальмологическом устройстве другого типа; включая, помимо прочего, интраокулярное устройство с переменным фокусным расстоянием.

В аспекте настоящего изобретения предлагается офтальмологическое устройство с переменным фокусным расстоянием, содержащее: переднюю изогнутую оптическую часть офтальмологического устройства с переменным фокусным расстоянием, содержащую переднюю изогнутую верхнюю оптическую поверхность и переднюю изогнутую нижнюю оптическую поверхность; заднюю изогнутую оптическую часть офтальмологического устройства с переменным фокусным расстоянием, содержащую заднюю изогнутую верхнюю оптическую поверхность и заднюю изогнутую нижнюю оптическую поверхность; полость, образованную передней изогнутой нижней оптической поверхностью передней изогнутой оптической части офтальмологического устройства с переменным фокусным расстоянием и задней изогнутой верхней оптической поверхностью задней изогнутой оптической части офтальмологического устройства с переменным фокусным расстоянием; жидкость с первым показателем преломления и диэлектрическую пленку в контакте по меньшей мере с частью жидкости с первым показателем преломления и покрывающую электрод, способный возбуждать электрическое поле; газ со вторым показателем преломления, при этом первый показатель преломления и второй показатель преломления различаются между собой;

и один или более участков емкости, выполненных с возможностью изменять свой объем для содержания в себе объема, который меньше или равен объему упомянутой жидкости, и при этом емкость находится в жидкостном соединении с упомянутой сформированной полостью.

5 Офтальмологическое устройство с переменным фокусным расстоянием может содержать источник питания, электрически соединенный с упомянутым электродом, при этом упомянутый источник питания может обеспечивать электрический ток, способный возбуждать электрическое поле.

Диэлектрическая пленка может покрывать более одного электрода.

10 Жидкостное соединение между емкостью и сформированной полостью может осуществляться через один или более каналов, которые обеспечивают обмен жидкости и газа.

Офтальмологическое устройство с переменным фокусным расстоянием может содержать жидкостной регулирующий клапан для регулирования потока жидкости.

15 Жидкостное регулирующее устройство может содержать один или более обратных клапанов.

Жидкостное регулирующее устройство может содержать один или более микроэлектромеханических клапанов.

Объем емкости и объем образованной полости в целом могут быть равными.

20 Электрод и диэлектрическая пленка могут быть расположены по меньшей мере на части одной или обеих из поверхностей, образующих полость и емкость.

Электрод и диэлектрическая пленка могут быть расположены по меньшей мере на части одного или более каналов между полостью и емкостью.

Жидкость может содержать светопоглощающий окрашивающий компонент.

25 Жидкость может содержать затеняющий окрашивающий компонент.

Жидкость может содержать компонент с энантиомерными характеристиками.

Офтальмологическое устройство с переменным фокусным расстоянием может содержать инкапсулированную офтальмологическую линзу.

30 Инкапсулированная офтальмологическая линза может быть изготовлена из биосовместимого гидрогеля.

Нижняя оптическая поверхность заднего изогнутого элемента может быть расположена на передней изогнутой части офтальмологической линзы.

Верхняя оптическая поверхность заднего изогнутого элемента может быть расположена на задней изогнутой части офтальмологической линзы.

35 Одно или более из емкости, сформированной полости или каналов могут быть образованы с помощью деформируемого в широком смысле материала, изменяющего свою форму под воздействием электрического тока.

40 По меньшей мере часть поверхности одного или более из емкости, сформированной полости или каналов могут иметь свойства краевого угла смачивания под воздействием электрического тока.

По меньшей мере часть одного или более из емкости, сформированной полости или каналов могут быть образованы с помощью деформируемого в широком смысле материала, изменяющего свою форму под воздействием электрического поля.

45 По меньшей мере часть упомянутого деформируемого материала, способного изменять свою форму под воздействием электрического тока, может содержать электроактивный полимерный материал.

ОПИСАНИЕ ЧЕРТЕЖЕЙ

Вышеизложенные и прочие конструктивные признаки и преимущества настоящего

изобретения станут понятны после следующего более подробного описания предпочтительных вариантов осуществления настоящего изобретения, проиллюстрированных с помощью прилагаемых чертежей.

5 На ФИГ. 1 показано устройство узла формы для литья в соответствии с аспектом настоящего изобретения.

На ФИГ. 2 показаны аспекты офтальмологической линзы с дискретно переменной оптической частью.

На ФИГ. 3 показано устройство для размещения дискретно переменной оптической части внутри части формы для литья офтальмологической линзы.

10 На ФИГ. 4 показаны этапы способа в соответствии с аспектом настоящего изобретения.

На ФИГ. 5 показаны этапы способа в соответствии с аспектом настоящего изобретения.

15 На ФИГ. 6 показан процессор, который может быть использован для внедрения аспекта настоящего изобретения.

На ФИГ. 7 показан примерный офтальмологический элемент в одном из своих дискретных оптических состояний.

На ФИГ. 8 показан примерный офтальмологический элемент в другом из своих дискретных оптических состояний.

20 На ФИГ. 9 показан вид сбоку примерного офтальмологического элемента, на котором были определены различные активные участки элемента.

На ФИГ. 10 показан вид сбоку примерного офтальмологического элемента в одном из своих дискретных оптических состояний.

25 На ФИГ. 11 показан вид сбоку примерного офтальмологического элемента в другом из своих дискретных оптических состояний.

На ФИГ. 12 показан примерный офтальмологический элемент, в котором одно из его дискретных оптических состояний направлено на фильтрацию или затенение падающего света.

30 На ФИГ. 13 показано примерное офтальмологическое устройство, сформированное из композитных элементов, имеющих дискретные оптические состояния.

На ФИГ. 14 показан примерный механизм генерирования изменения состояния оптической линзы с дискретно переменным фокусным расстоянием.

На ФИГ. 15 показан примерный тип электроактивного механизма перекачивания.

ПОДРОБНОЕ ОПИСАНИЕ

35 Описаны способы и аппаратура изготовления офтальмологической линзы с обладающими дискретно переменными свойствами оптическими частями. В дополнение, описана офтальмологическая линза с обладающими дискретно переменными свойствами оптическими частями, встроенными в офтальмологическую линзу.

40 В следующих разделах будет приведено подробное описание вариантов осуществления настоящего изобретения. Описания как предпочтительных, так и альтернативных вариантов осуществления являются только примерами осуществления. Предполагается, что специалистам в данной области будут понятны возможности создания модификаций и других вариантов осуществления изобретения. Поэтому следует учитывать, что область, охватываемая настоящим изобретением, не ограничивается
45 приведенными примерами осуществления изобретения.

СПИСОК ТЕРМИНОВ

В данном описании и в формуле изобретения, которые относятся к настоящему изобретению, могут встречаться различные термины, для которых будут применимы

представленные ниже определения.

В настоящем документе термин «дугообразный» означает кривую линию или изгиб, имеющие форму согнутого лука.

5 В настоящем документе термин «концентрические кольцевые секции» означает одну или более образованных кольцевых или спиральных оптических структур, имеющих общий центр. Примером может служить последовательность секций кольцевой формы в оптической зоне офтальмологической линзы, которая может образовывать дифракционную линзу, изменяющую оптическую силу и аберрации офтальмологической линзы.

10 В настоящем документе термин «краевой угол смачивания» означает угол, под которым граница раздела масло/солевой раствор, называемая также границей жидкостного мениска, контактирует со стенкой мениска. В случае если стенка мениска является линейной, краевой угол смачивания определяют как угол между стенкой мениска и касательной к границе жидкостного мениска в точке соприкосновения
15 границы жидкостного мениска со стенкой мениска. В случае если стенка мениска является изогнутой, краевой угол смачивания определяют как угол между касательной к стенке мениска и касательной к границе жидкостного мениска в точке их соприкосновения.

В настоящем документе термин «дискретно переменный» означает способность
20 изменять оптические характеристики, такие как, например, оптическую структуру линзы, ступенчато из первого состояния по меньшей мере во второе отличающееся состояние.

В настоящем документе термин «линза с электросмачиваемой микрожидкостью» означает офтальмологическую линзу, в которой используется относительно слабое
25 приложенное электрическое поле для приведения в движение или управления движением малых объемов одного или более солевых растворов, которые могут обозначаться как солевые диэлектрические жидкости, путем изменения поверхностного натяжения жидкости на границе раздела фаз и, следовательно, изменения краевого угла смачивания, или путем перемещения жидкости с помощью прямого электрического управления
30 электрическим полем. Упомянутое приведение в движение или управление движением может быть обратимым, и поэтому может использоваться для изменения оптической силы линзы без применения механических компонентов. Более конкретно, вышеупомянутые солевые диэлектрические жидкости обладают оптическими свойствами, такими как конкретный требуемый показатель преломления, который может выполнять свои функции для изменения оптического эффекта линзы в соответствии с
35 запланированной конфигурацией. Оптический эффект линзы может включать, например, свойства оптической силы, поглощения света и рассеяния света. Специалисту в данной области техники будет понятно, что солевая диэлектрическая жидкость является примером электросмачиваемой жидкости. Электросмачиваемые жидкости могут
40 содержать, например, водный солевой компонент или смесь неполярных жидкостей. В настоящем документе термин «запитанный» означает состояние, в котором устройство может снабжать электрическим током или хранить в себе запас электрической энергии.

В настоящем документе «энергия» означает способность физической системы выполнять работу. Многие примеры энергии, используемые в настоящем документе,
45 могут относиться к упомянутой способности производить действия, связанные с электрическим током, при выполнении работы.

В настоящем документе «сборщик энергии» означает устройство, способное извлекать энергию из среды и преобразовывать ее в электрическую энергию.

В настоящем документе термин «источник питания» означает устройство, способное снабжать биомедицинское устройство энергией или переводить биомедицинское устройство в запитанное состояние.

5 В настоящем документе «линза» означает изделие с передней поверхностью и задней поверхностью, оптически прозрачное для электромагнитного излучения в заданном диапазоне длин волн, такого как, например, видимый свет. Линза может содержать одну или обе из передней поверхности и задней поверхности, которые являются по существу плоскими, или одну или обе из передней поверхности и задней поверхности, которые имеют дугообразную форму. Например, термин «линза» может относиться к 10 контактной линзе, интраокулярной линзе, накладной линзе, глазной вставке, оптической вставке или другому подобному устройству, посредством которого осуществляется коррекция или модификация зрения или косметическое улучшение физиологии глаза (например, цвета радужной оболочки) без ущерба для зрения.

В настоящем документе «полость линзы» означает пространство между передней 15 поверхностью офтальмологической линзы, задающей кривизну, и задней поверхностью офтальмологической линзы, задающей кривизну. В некоторых офтальмологических линзах, например, в линзах с дугообразным жидкостным мениском, масло и физиологический раствор могут находиться внутри полости линзы.

В настоящем документе термины «линзообразующая смесь», или «реакционная 20 смесь», или «РСМ» (реакционная смесь мономера) означают мономерный или преполимерный материал, который может подвергаться полимеризации со сшивкой или сшивке с формированием офтальмологической линзы. Различные примеры могут содержать линзообразующие смеси с одной или более добавками, такими как: УФ-блокаторы, красители, фотоинициаторы, катализаторы и другие добавки, в 25 использовании которых может возникнуть необходимость при изготовлении офтальмологических линз, таких как контактные или интраокулярные линзы.

В настоящем документе термин «линзообразующая поверхность» означает поверхность, которая используется для литья линзы. Любая такая поверхность может представлять собой поверхность оптической чистоты и качества, что указывает на то, 30 что она является достаточно гладкой и образована так, что поверхность линзы, образованная при полимеризации линзообразующего материала в контакте с поверхностью формы для литья, характеризуется оптически приемлемым качеством. Кроме того, линзообразующая поверхность может иметь геометрию, необходимую для придания поверхности линзы требуемых оптических характеристик, включая, 35 помимо прочего, сферическую, асферическую и цилиндрическую оптическую силу, коррекцию аберрации волнового фронта, коррекцию топографии роговицы и т.д., а также любые их комбинации. Наконец, линзообразующая поверхность может дополнительно содержать нейтрализующие конструктивные признаки, поскольку они могут понадобиться для конфигурации конкретной линзы.

40 В настоящем документе термин «граница жидкостного мениска» означает одну или более дугообразных границ раздела между солевым раствором и маслом. Например, поверхность может образовывать одну или более линз, вогнутых с одной стороны и выпуклых с другой стороны.

В настоящем документе термин «литий-ионный элемент» означает электрохимический 45 элемент, в котором электрическая энергия генерируется в результате движения ионов лития через элемент. Данный электрохимический элемент, обычно именуемый аккумулятором, в своих типичных формах выполнен с возможностью подзарядки или перезарядки.

В настоящем документе «вкладыш-субстрат» означает формуемую или жесткую подложку, способную поддерживать источник питания в офтальмологической линзе. Вкладыш-субстрат может также включать одну или более оптических линз с переменным фокусным расстоянием.

5 В настоящем документе «стенка мениска» означает конкретную область на внутренней стороне передней изогнутой линзы, которая находится в полости мениска, и вдоль которой перемещается граница жидкостного мениска.

В настоящем документе термин «форма для литья» означает жесткий или полужесткий предмет, которому может быть придана форма для использования в качестве устройства задания физических характеристик дифракционных структур и/или конструктивной формы линзы. Форма для литья также может выполнять функцию одной или обеих передней изогнутой и задней изогнутой образующих поверхностей линзы.

В настоящем документе термин «оптическая зона» означает область линзы, через которую смотрит пользователь линзы. Например, это участок офтальмологической линзы, через который смотрит пользователь офтальмологической линзы.

В настоящем документе термин «мощность» означает совершаемую работу или переданную энергию за единицу времени.

В настоящем документе «перезаряжаемый» или «подзаряжаемый» означают возможность восстановить состояние с более высокой способностью выполнять работу. Различные способы применения, описанные в настоящем документе, связаны с возможностью восстановления способности обеспечивать протекание электрического тока на протяжении конкретного, заданного периода времени.

В настоящем документе «перезаряжать» или «подзаряжать» означают возвращение в состояние с большей способностью выполнять работу. Различные способы применения, описанные в настоящем документе, связаны с восстановлением способности устройства обеспечивать протекание электрического тока определенной величины на протяжении некоторого заданного периода времени.

В настоящем документе термин «складка» означает геометрический признак внутренней поверхности части передней изогнутой или задней изогнутой обозначающей линзу поверхности, достаточный для содержания места линии контакта двух заданных жидкостей на оптической части. Складка обычно представляет собой наружный, а не внутренний угол. Со стороны части, заполненной жидкостью, этот угол может составлять более 180 градусов.

В настоящем документе термин «подложка» означает физическую структуру, на которой размещаются или формируются другие структуры.

В настоящем документе «оптический элемент с переменными свойствами» означает способность изменять оптическое качество, такое как, например, оптическую структуру линзы.

Как показано на ФИГ. 1, офтальмологическая линза 100 с встроенной дискретно переменной оптической частью 111 может также содержать источник 108, 109 питания, например, электрохимический элемент или аккумулятор в качестве устройства хранения энергии, и в некоторых примерах - инкапсуляцию и изоляцию материалов, содержащих источник питания от среды, в которую помещена офтальмологическая линза. Источник 108, 109 питания может обеспечивать энергию для активации обладающей переменными свойствами оптической части.

На схематическом изображении иллюстративной формы 100 для литья для офтальмологической линзы показана дискретно переменная оптическая часть 111. Форма для литья может включать форму 100, имеющую полость 105, в которую можно

поместить линзообразующую смесь так, что после реакции или затвердевания линзообразующей смеси будет изготовлена офтальмологическая линза требуемой формы. Формы для литья и узлы формы 100 некоторых частей могут состоять из нескольких «частей формы для литья» или «деталей формы для литья» 101-102. Части 101-102 формы могут быть сведены друг с другом таким образом, что между частями 101-102 формы образуется полость 105, в которой может быть сформирована линза. Описанное сочетание частей 101-102 формы для литья предпочтительно является временным. После формирования линзы части 101-102 формы для литья могут быть снова разъединены для извлечения линзы.

По меньшей мере одна из частей 101-102 формы имеет по меньшей мере одну часть своей поверхности 103-104 в контакте с линзообразующей смесью так, что во время химической реакции в линзообразующей смеси или ее затвердевания данная поверхность 103-104 обеспечивает требуемую форму и геометрию той части изготавливаемой линзы, с которой она находится в контакте. Вышеизложенное также справедливо по меньшей мере для еще одной части 101-102 формы.

Таким образом, например, узел формы 100 для литья может быть выполнен из двух частей 101-102 формы для литья: охватывающей вогнутой части (передней части) 102 и охватываемой выпуклой части (задней части) 101, между которыми формируется полость. Часть вогнутой поверхности 104, находящаяся в контакте с линзообразующей смесью, имеет кривизну передней поверхности офтальмологической линзы, изготавливаемой в сборной форме 100, и является достаточно гладкой и имеет такую форму, что поверхность офтальмологической линзы, образующейся при полимеризации линзообразующей смеси, находящейся в контакте с вогнутой поверхностью 104, обладает приемлемыми оптическими свойствами.

Передняя часть 102 формы для литья может также иметь кольцевой фланец, выполненный как единое целое с окружающим его круговым краем, и который может продолжаться от него в плоскости, перпендикулярной оси и выступающей от фланца (не показано).

Линзообразующая поверхность может содержать поверхность 103-104 с поверхностным покрытием оптического качества, что означает, что данная поверхность достаточно гладкая и изготовлена так, что поверхность линзы, изготовленной способом полимеризации линзообразующей смеси, находящейся в контакте с поверхностью формы для литья, имеет оптическое качество. Кроме того, линзообразующая поверхность 103-104 может иметь геометрию, необходимую для придания поверхности линзы требуемых оптических характеристик, включая, помимо прочего, сферическую, асферическую и цилиндрическую оптическую силу, коррекцию аберрации волнового фронта, коррекцию топографии роговицы и т.д., а также любые их комбинации. В соответствии с аспектом настоящего изобретения, оптические характеристики могут согласованно изменяться с дискретно переменной оптической частью 111, обеспечивая полное оптическое качество.

Дискретно переменная оптическая часть может обеспечивать изменение одной или нескольких оптических характеристик линзы. Некоторые варианты также могут включать в себя перемещение жидкости внутри линзы для изменения оптических характеристик линзы. В качестве примеров, не имеющих ограничительного характера, предпочтительной является способность оптической силы дискретно переменной оптической части 111 ступенчато изменяться от 0,1 до 25 диоптрий. Другие варианты могут содержать изменение меньшей оптической силы, когда, например, такая более низкая оптическая сила выбрана для того, чтобы получить более тонкую дискретно

переменную оптическую часть 111. Некоторые предпочтительные варианты могут содержать дискретно переменную оптическую часть 111, которая может быть способна обеспечивать дискретные изменения, например, изменение оптической силы от 1 до 4 диоптрий.

5 Дискретно переменная оптическая часть 111 может включать, в качестве примера, не имеющего ограничительного характера, электросмачивание на диэлектрике («ЭСНД»), при этом ЭСНД может включать в себя любые пленки, стойкие к диэлектрическому пробою при помещении в электрическое поле. Например, пленки могут иметь толщину от 100 нанометров до 50 микрон. Более конкретно, в
10 предпочтительных примерах включены толстые пленки, такие как толщиной от 10 до 30 микрон, и тонкие пленки, такие как толщиной от 10 до 30 нанометров. Тонкие пленки могут также иметь отношение к электросмачиванию на наноразмерном диэлектрике («ЭСННД»).

Линза с дискретно переменным фокусным расстоянием может содержать, например,
15 две прозрачные границы 112A и 112B, обычно параллельные друг другу, и разграничивающий их, по меньшей мере частично, внутренний объем, содержащий две несмешивающиеся жидкости, имеющие различные показатели преломления. Упругий/гибкий элемент может быть размещен так, что он будет деформироваться в результате изменения давления жидкостей. Давление жидкостей может изменяться под воздействием
20 электрического поля, направленного на одну или обе из жидкостей.

Линза с дискретно переменным фокусным расстоянием может включать дискретно переменную электросмачиваемую микрожидкостную линзу, включающую содержащую
жидкость ячейку, предназначенную для удержания объема одной или более жидкостей. Одна или более из жидкостей могут быть проводящими, и одна или более жидкостей
25 могут быть изоляционными. Проводящая жидкость может обычно представлять собой жидкость на водной основе, и изоляционная жидкость может обычно представлять собой маслосодержащую жидкость или смесь неполярных жидкостей.

Для фокусировки линзы может быть использовано регулирующее устройство, которым управляет пользователь. Регулирующее устройство, может содержать в
30 качестве примера, не имеющего ограничительного характера, любое электронное устройство или пассивное устройство, способное посылать сигналы увеличения или уменьшения выходного напряжения. Некоторые примеры могут также включать автоматическое регулировочное устройство для фокусировки линзы с помощью автоматизированной аппаратуры в соответствии с измеряемым параметром или
35 данными, вводимыми пользователем. Данные могут вводиться пользователем, например, с помощью переключателя, управляемого беспроводным устройством. Беспроводное устройство может содержать одно или более из: радиочастотного управления, магнитного переключения и индуктивного переключения. Ввод пользователем данных может также осуществляться, например, с помощью датчика давления, мигающего
40 датчика, светочувствительного датчика, регулятора освещенности и т.д.

Линза с дискретно переменной оптической частью 111 может содержать вставку, размещенную в линзе, при этом вставка может содержать конфигурацию жесткого центра с мягкой каймой, в которой центральный жесткий оптический элемент, включающий дискретно переменную оптическую часть 111, может непосредственно
45 контактировать с атмосферой, а также с поверхностью роговицы соответствующими передними и задними поверхностями, при этом мягкая кайма материала линзы (как правило, гидрогелевого материала) прикреплена к периферийной зоне жесткого оптического элемента, и жесткий оптический элемент также может выступать в качестве

вкладыша-субстрата, обеспечивающего активность и функциональные возможности готовой офтальмологической линзы.

Некоторые дополнительные варианты могут включать дискретно переменную оптическую часть 111, которая является вставкой из жесткой линзы или деформируемой линзы, полностью инкапсулированной в гидрогелевую матрицу. Дискретно переменная оптическая часть 111, которая может быть вставкой из жесткой линзы, может быть изготовлена, например, с использованием технологии микролитья под давлением.

Микролитье под давлением может содержать, например, смолу на основе сополимера поли(4-метилпент-1-ен) с диаметром от примерно 6 до 10 мм, радиусом передней поверхности от примерно 6 до 10 мм, радиусом задней поверхности от примерно 6 до 10 мм и толщиной центра от примерно 0,050 до 0,5 мм. Некоторые иллюстративные варианты изобретения включают вставку с диаметром около 8,9 мм и радиусом передней поверхности около 7,9 мм, радиусом задней поверхности около 7,8 мм, толщиной центра около 0,100 мм и радиусом края около 0,050 мм. Одним из примеров микролитьевой машины является система «Microsystem 50-4536 kg (five-ton)» поставляемая фирмой «Battenfield Inc.».

Вставка дискретно переменной оптической части 111 может быть помещена на часть 101-102 формы для литья, которая используется для формирования офтальмологической линзы. Материал части формы 101-102 для литья может включать, например: полиолефин одного или более из: полипропилена, полистирола, полиэтилена, полиметилметакрилата и других модифицированных полиолефинов. Материалы других форм для литья могут включать керамику, стекло, кварц, пластмассу и металлы.

Предпочтительный алициклический сополимер содержит два разных алициклических полимера. Различные типы алициклических сополимеров могут иметь температуру стеклования в диапазоне от 105 до 160°C.

В некоторых примерах формы для литья могут содержать полимеры, такие как полипропилен, полиэтилен, полистирол, полиметилметакрилат, модифицированные полиолефины, содержащие алициклический фрагмент в основной цепи, и циклические полиолефины. Смесь может быть использована на любой или обеих половинах формы для литья, причем предпочтительно данная смесь используется для выполнения задней криволинейной поверхности, а передняя криволинейная поверхность состоит из алициклических сополимеров.

В некоторых предпочтительных способах получения форм 100 для литья используется литье под давлением в соответствии с известными технологиями, однако способы также могут содержать в себя формы для литья, изготовленные с использованием других технологий, включая, например: токарную обработку, алмазную обточку или лазерную резку.

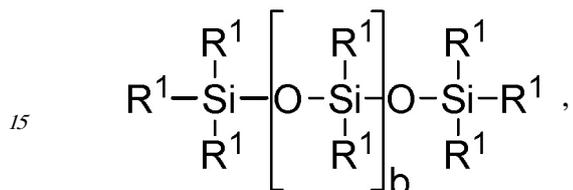
Как правило, линзы формируются по меньшей мере на одной поверхности обеих частей 101-102 формы для литья. Однако одна поверхность линзы может быть сформирована из части 101-102 формы для литья, и другая поверхность линзы может быть образована способом токарной обработки или другими способами.

Линзы

На ФИГ. 2 показаны элементы офтальмологической линзы, включая части оптической линзы с дискретно переменным фокусным расстоянием (позиция 200). Первая прозрачная граница 201 и вторая прозрачная граница 202 обозначаются с помощью процесса формования. Внутри тела офтальмологической линзы может быть расположен дискретно переменный оптический компонент, обозначенный как компонент 203. Компонент 203 может также принимать форму вставного устройства.

Предпочтительный материал линзы включает в себя силиконсодержащий компонент. Под «силиконсодержащим компонентом» понимается любой компонент, который включает содержит по меньшей мере один [-Si-O-] фрагмент в составе мономера, макромера или преполимера. Полное содержание Si и непосредственно связанного с ним O в рассматриваемом силиконсодержащем компоненте предпочтительно составляет более примерно 20 мас.% и более предпочтительно более 30 мас.% общей молекулярной массы силиконсодержащего компонента. Используемые силиконсодержащие компоненты предпочтительно содержат полимеризуемые функциональные группы, такие как акрилатная, метакрилатная, акриламидная, метакриламидная, виниловая, N-виниллактамовая, N-виниламидная и стироловая функциональные группы.

Подходящие силиконсодержащие компоненты включают соединения формулы I.



где R¹ независимо выбран из группы, содержащей моновалентные реакционноспособные группы, моновалентные алкильные группы или моновалентные арильные группы, при этом каждая из перечисленных групп может дополнительно содержать функциональные группы, выбранные из гидроксидной, амино, оксидной, карбоксидной, алкилкарбоксидной, алкоксидной, амидной, карбамидной, карбонатной, галоидной группы, или их комбинации; и одновалентные силоксановые цепи, содержащие 1-100 повторяющихся звеньев Si-O, могут далее содержать функциональные группы, выбранные из алкил-, гидроксидной, амино, оксидной, карбоксидной, алкилкарбоксидной, алкоксидной, амидной, карбамидной, галоидной группы, или их комбинации;

где b от 0 до 500, причем подразумевается, что при значении b, отличном от 0, b является распределением, вершина которого равна заявленному значению;

при этом по меньшей мере один R¹ содержит одновалентную реакционноспособную группу, и в некоторых примерах от одного до 3 R¹ содержат одновалентные реакционноспособные группы.

В настоящем документе термин «моновалентные реакционноспособные группы» относится к группам, способным к реакциям свободнорадикальной и/или катионной полимеризации. Не имеющие ограничительного характера примеры свободнорадикальных реакционноспособных групп включают (мет)акрилаты, стирилы, винилы, виниловые эфиры, C₁₋₆алкил(мет)акрилаты, (мет)акриламиды, C₁₋₆алкил(мет)акриламиды, N-виниллактамы, N-виниламиды, C₂₋₁₂алкенилы, C₂₋₁₂алкенилфенилы, C₂₋₁₂алкенилнафтилы, C₂₋₆алкенилфенил-C₁₋₆алкилы, O-винилкарбаматы и O-винилкарбонаты. Не имеющие ограничительного характера примеры катионных реакционных групп включают винилэфирные или эпоксидные группы и их смеси. В одном примере свободнорадикальные реакционноспособные группы содержат (мет)акрилат, акрилокси, (мет)акриламид и их смеси.

Подходящие одновалентные алкильные и арильные группы включают незамещенные одновалентные C₁-C₁₆алкильные группы, C₆-C₁₄арильные группы, такие как замещенные и незамещенные метил, этил, пропил, бутил, 2-гидроксипропил, пропоксипропил, полиэтиленоксипропил, их комбинации и т.п.

В одном примере b равно нулю, один R^1 представляет собой одновалентную реакционноспособную группу, и по меньшей мере 3 R^1 выбраны из одновалентных алкильных групп, имеющих от 1 до 16 атомов углерода, и в другом примере - из

одновалентных алкильных групп, имеющих от 1 до 6 атомов углерода. Не имеющие ограничительного характера примеры силиконовых компонентов в этом примере включают 2-метил-, 2-гидрокси-3-[3-[1,3,3,3-тетраметил-1-[(триметилсилил)оксу]дисилоксан]пропокси]пропил эфир («SiGMA»),

2-гидрокси-3-метакрилоксипропилоксипропил-трис(триметилсилокси)силан,

3-метакрилоксипропилтрис(триметилсилокси)силан («ТРИС»),

3-метакрилоксипропилбис(триметилсилокси)метилсилан и

3-метакрилоксипропилпентаметилдисилоксан.

В другом примере b равно от 2 до 20, от 3 до 15 или в некоторых примерах от 3 до 10; по меньшей мере один концевой R^1 содержит одновалентную реакционноспособную

группу, и остальные R^1 выбраны из одновалентных алкильных групп, имеющих от 1 до 16 атомов углерода, и в другом примере - из одновалентных алкильных групп, имеющих от 1 до 6 атомов углерода. В еще одном примере b равно от 3 до 15, один

концевой R^1 содержит одновалентную реакционноспособную группу, другой концевой

R^1 содержит одновалентную алкильную группу, имеющую от 1 до 6 атомов углерода,

и остальные R^1 содержат одновалентную алкильную группу, имеющую от 1 до 3 атомов углерода. Не имеющие ограничительного характера примеры силиконовых компонентов

в этом варианте включают полидиметилсилоксан (МВ 400-1000) с концевой моно-(2-гидрокси-3-метакрилоксипропил)-пропил эфирной группой) («ОН-mPDMS»),

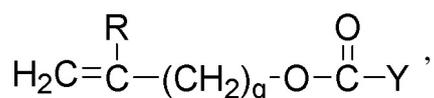
полидиметилсилоксаны (МВ 800-1000) с концевыми моно-н-бутильными и концевыми монометакрилоксипропильными группами («mPDMS»).

В другом варианте b равно от 5 до 400 или от 10 до 300, оба концевых R^1 содержат одновалентные реакционноспособные группы, и остальные R^1 независимо выбраны из одновалентных алкильных групп, имеющих от 1 до 18 атомов углерода, которые могут иметь эфирные связи между атомами углерода и могут дополнительно содержать галоид.

В одном примере, когда необходимо получить линзу на основе силиконгидрогеля, ее получают из реакционной смеси, содержащей по меньшей мере примерно 20 и предпочтительно приблизительно от 20 до 70 мас.% силиконсодержащих компонентов от общей массы содержащих реакционный мономер компонентов, из которых получают полимер.

В другом примере от одного до четырех R^1 содержат винилкарбонат или карбамат следующей формулы.

Формула II

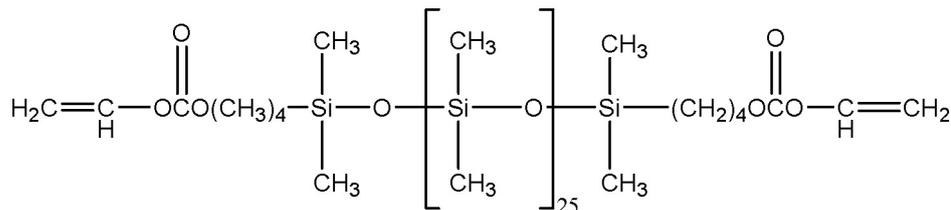


в которой: Y обозначает O-, S- или NH-;

R обозначает водород или метил; d равен 1, 2, 3 или 4; и q равен 0 или 1.

Силиконсодержащие винилкарбонатные или винилкарбаматные мономеры конкретно включают: 1,3-бис[4-(винилоксикарбонилокси)бут-1-ил]тетраметилдисилоксан; 3-

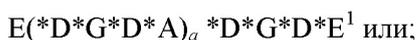
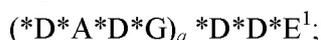
(винилоксикарбонилтио)пропил-[трис(триметилсилокси)силан]; 3-[трис(триметилсилокси)силлил]пропилаллилкарбамат; 3-[трис(триметилсилокси)силлил]пропилвинилкарбамат; триметилсиллилэтилвинилкарбонат; триметилсиллилметилвинилкарбонат, и



Если необходимо получение биомедицинских устройств с модулем упругости ниже примерно 200, только один R¹ должен содержать моновалентную реакционноспособную группу, и не более двух из остальных R¹ должны содержать моновалентные силоксановые группы.

Другой класс силиконсодержащих компонентов включает полиуретановые макромеры со следующими формулами.

Формулы IV-VI



в которой:

D обозначает алкильный бирадикал, алкилциклоалкильный бирадикал, циклоалкильный бирадикал, арильный бирадикал или алкиларильный бирадикал, имеющий от 6 до 30 атомов углерода,

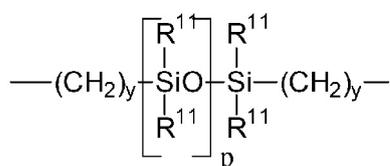
G обозначает алкильный бирадикал, циклоалкильный бирадикал, алкилциклоалкильный бирадикал, арильный бирадикал или алкиларильный бирадикал, имеющий от 1 до 40 атомов углерода, который может содержать в основной цепи эфирные, тиоэфирные или аминовые связывающие группы;

* обозначает уретановую или уреидо связывающую группу;

a равно по меньшей мере 1;

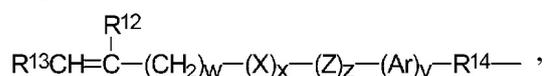
A обозначает бивалентный полимерный радикал следующей формулы.

Формула VII



R¹¹ независимо означает алкильную или фтор-замещенную алкильную группу имеющую от 1 до 10 атомов углерода, которая может содержать эфирные связи между атомами углерода; y равно по меньшей мере 1; и p обеспечивает молекулярную массу фрагмента от 400 до 10 000; каждый из E и E¹ независимо обозначает полимеризуемый ненасыщенный органический радикал, представленный следующей формулой.

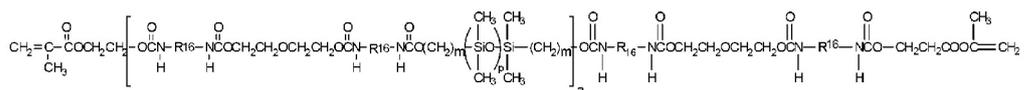
Формула VIII



в которой: R¹² представляет собой водород или метил; R¹³ представляет собой водород, алкильный радикал, имеющий от 1 до 6 атомов углерода, или радикал -CO-Y-R¹⁵, в котором Y представляет собой -O-, Y-S- или -NH-; R¹⁴ представляет собой бивалентный радикал, имеющий от 1 до 12 атомов углерода; X обозначает -CO- или -OCO-; Z обозначает -O- или -NH-; Ar обозначает ароматический радикал, имеющий от 6 до 30 атомов углерода; w равно от 0 до 6; x равно 0 или 1; y равно 0 или 1; z равно 0 или 1.

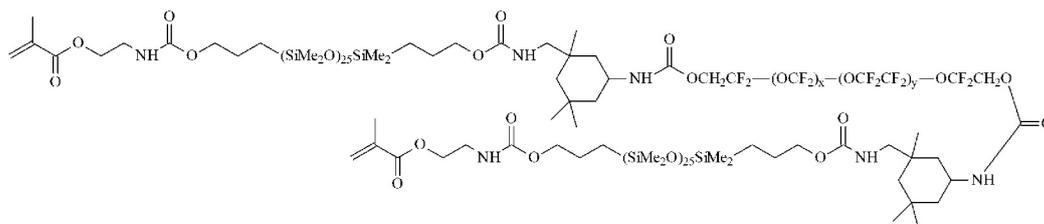
Предпочтительный силиконсодержащий компонент представляет собой полиуретановый макромер, представленный следующей формулой.

Формула IX



где R¹⁶ представляет собой бирадикал диизоцианата после удаления изоцианатной группы, например, бирадикал изофорондиизоцианата. Другим подходящим силиконсодержащим макромером является соединение Формулы X (где x+y представляет собой число от 10 до 30), получаемое при реакции фторэфира, полидиметилсилоксана с концевой гидроксильной группой, изофорондиизоцианата и изоцианатэтилметакрилата.

Формула X



Другие подходящие силиконсодержащие компоненты включают в себя макромеры, содержащие полисилоксановые, полиалкиленэфирные, диизоцианатные, полифторуглеводородные, полифторэфирные и полисахаридные группы; полисилоксаны с полярной фторированной привитой или боковой группой, содержащей атом водорода, присоединенный к концевому дифторзамещенному атому углерода; гидрофильные силосанилметакрилаты, содержащие эфирные и силосанильные мостиковые группы, а также сшиваемые мономеры, содержащие полиэфирные и полисилоксанильные группы. Любые из вышеуказанных полисилоксанов также могут быть использованы в качестве силиконсодержащего компонента.

Технологический процесс

Следующие этапы способа предложены как примеры технологического процесса, которые можно реализовать в соответствии с аспектами настоящего изобретения. Следует понимать, что порядок представления этапов способа не носит ограничительного характера, и что могут быть использованы и другие последовательности. Кроме того, не все этапы могут быть востребованы и могут быть включены дополнительные этапы.

На ФИГ. 4 представлена блок-схема иллюстративных этапов, которые могут быть использованы для осуществления аспекта настоящего изобретения. На этапе 401 дискретно переменная оптическая часть размещается внутри части формы для литья. Дискретно переменная оптическая часть может содержать один или более компонентов.

Дискретно переменная оптическая часть может быть размещена внутри части формы для литья путем механического размещения. Механическое размещение может включать,

например, использование робота или других средств автоматизации, известных в отрасли в качестве применяемых для установки компонентов методом поверхностного монтажа. Размещение дискретно переменной оптической части человеком также предусмотрено. Таким образом, могут быть использованы любые механические или автоматизированные
5 способы установки, обеспечивающие эффективное размещение дискретно переменной оптической части с источником питания внутри части формы для литья, так что полимеризация реакционной смеси мономера в части формы для литья приведет к включению дискретно переменной оптической части в офтальмологическую линзу.

Дискретно переменная оптическая часть может быть установлена в части формы
10 для литья или на подложке. Таким образом, источник питания и один или более компонентов также могут быть прикреплены к подложке/части формы для литья и могут быть электрически соединены с дискретно переменной оптической частью. Компоненты могут включать, например, цепи управления электропитанием дискретно переменной оптической части. Дополнительно, компонент может включать один или
15 более механизмов управления, приводящих в действие дискретно переменную оптическую часть с целью изменения одной или нескольких оптических характеристик, таких как, например, для изменения состояния между первой оптической силой и второй оптической силой.

Внутри дискретно переменной оптической части также могут быть размещены
20 процессор, микроэлектромеханическая система, наноэлектромеханическая система или другой компонент, которые могут быть электрически соединены с источником питания. Подложка может содержать один или оба из гибкого и жесткого материала.

На этапе 402 реакционная смесь мономера может быть помещена в часть формы для литья.

На этапе 403 дискретно переменная оптическая часть размещается в контакте с
25 реакционной смесью внутри первой части формы для литья.

На этапе 404 первая часть формы для литья размещается в непосредственной близости от второй части формы для литья с целью образования формирующей линзу полости по меньшей мере с частью реакционной смеси мономера и дискретно переменной
30 оптической частью внутри полости. Как отмечалось выше, предпочтительные примеры включают размещение источника питания и одного или более компонентов также внутри полости и их электрическое соединение с дискретно переменной оптической частью, и в некоторых примерах все указанные компоненты могут также содержаться внутри самого дискретно переменного оптического компонента.

На этапе 405 реакционная смесь мономера полимеризуется внутри полости. Полимеризацию можно провести, например, путем воздействия актиничного излучения и/или тепла. На этапе 406 офтальмологическая линза может быть извлечена из частей
35 формы для литья вместе с дискретно переменной оптической частью, которая удерживается и/или находится внутри полимеризованного материала, из которого выполнена офтальмологическая линза.
40

Хотя настоящее изобретение можно использовать для получения жестких или мягких контактных линз из любого известного материала для изготовления линз или материала, подходящего для производства таких линз, линзы представляют собой предпочтительно мягкие контактные линзы с содержанием воды от примерно 0 до примерно 90 процентов.
45 Более предпочтительным является вариант, когда линзы изготовлены из мономеров, содержащих гидроксильные группы, карбоксильные группы или оба типа групп, или изготовлены из силиконсодержащих полимеров, таких как силоксаны, гидрогели, силиконгидрогели и их комбинации. Материал, используемый для формирования линз,

может быть изготовлен путем взаимодействия смесей макромеров, мономеров и их комбинаций в сочетании с добавками, такими как инициаторы полимеризации. Подходящие материалы включают, помимо прочего, силиконгидрогели, изготовленные из силиконовых макромеров и гидрофильных мономеров.

5 На ФИГ. 5 показано, что на этапе 501 дискретно переменная оптическая часть может быть установлена внутри офтальмологической линзы, как было отмечено выше. На этапе 502 устанавливается электрическое соединение между дискретно переменной оптической частью и источником питания. Электрическое соединение может быть установлено, например, с помощью электрической схемы, встроенной в дискретно
10 переменную оптическую часть, с помощью контактных дорожек, образованных с использованием струйной печати, или другим способом непосредственно на материале линзы.

На этапе 503 электрическая энергия может быть направлена через дискретно переменную оптическую часть, встроенную в офтальмологическую линзу. Энергия
15 может направляться, например, с помощью электрической схемы, способной прикладывать электрическое напряжение по меньшей мере к части диэлектрической пленки. В примере, не имеющего ограничительного характера, при включении устройства ЭСНД через него будет протекать электрический ток, и величина dI/dt (скорость изменения тока) будет в целом изменяться в зависимости от сечения зарядного
20 конденсатора. При сдвиге уровня напряжения на одной из сторон (например, при подаче питания) конденсатор может эффективно заряжаться. Зарядка конденсатора может содержать начальный «высокий» ток, который экспоненциально спадает во времени. Кроме того, конденсатор может никогда не заряжаться полностью, и поэтому в целом будет всегда протекать бесконечно малый (неизмеряемый) ток, который не
25 сможет привести к существенным изменениям в переменной оптической части.

И наоборот, при подаче питания дискретно переменная оптическая часть может изменять по меньшей мере одну оптическую характеристику линзы 504.

Аппаратура

На ФИГ. 3 показана автоматическая аппаратура 310 с одной или более границами
30 раздела 311 переноса. Составные части формы, каждая из которых связана с дискретно переменной оптической вставкой 314, удерживаются на пластине 313 и передаются к перемещаемым границам раздела 311. Аппаратура может включать, например, одну границу раздела для отдельного размещения дискретно переменной оптической вставки 314 или несколько границ раздела (не показано) для одновременного размещения
35 дискретно переменных оптических вставок 314 в несколько частей формы для литья, и в отдельных примерах - в каждую часть формы для литья. Размещение может выполняться посредством вертикального движения 315 перемещаемых границ раздела 311.

Другой аспект настоящего изобретения включает аппаратуру для поддержки
40 дискретно переменной оптической вставки 314 во время формирования вокруг этих компонентов тела офтальмологической линзы. Дискретно переменная оптическая вставка 314 и источник питания могут быть прикреплены к удерживающим точкам на форме для литья линзы (не показано). Удерживающие точки могут быть зафиксированы с помощью полимеризованного материала того же типа, из которого формируют тело
45 линзы. Другие примеры включают слой преполимера в той части формы для литья, к которой могут быть прикреплены дискретно переменная оптическая вставка 314 и источник питания.

На ФИГ. 6 представлен контроллер 600, который может быть использован в

некоторых аспектах настоящего изобретения. Контроллер 600 содержит процессор 610, который может содержать один или более процессорных компонентов, подключенных к устройству 620 обмена данными. Контроллер 600 может быть использован для передачи энергии к источнику питания, размещенному в офтальмологической линзе.

Контроллер может включать один или более процессоров, соединенных с устройством связи, выполненным с возможностью передачи энергии посредством канала связи. Устройство обмена данными может быть использовано для электронного управления одним или более из: размещения дискретно переменной оптической вставки в офтальмологической линзе и передачи команды управления дискретно управляемому оптическому устройству.

Устройство 620 обмена данными может также быть использовано для связи, например, с одним или несколькими контроллерными устройствами или компонентами технологического оборудования.

Процессор 610 также обменивается данными с устройством 630 хранения данных. Устройство 630 хранения данных может содержать любое приемлемое устройство хранения данных, включая комбинации магнитных устройств хранения данных, оптических устройств хранения данных и/или полупроводниковых запоминающих устройств, таких как оперативные запоминающие устройства (ОЗУ) и постоянные запоминающие устройства (ПЗУ).

В устройстве 630 хранения данных может быть сохранена программа 640 для управления процессором 610. Процессор 610 выполняет команды программы 640 и, благодаря этому, работает в соответствии с аспектом настоящего изобретения. Например, процессор 610 может обмениваться данными с одним или несколькими датчиками и может получать информацию, описывающую размещение дискретно переменной оптической вставки, размещение процессорного устройства и т.д. В устройстве 630 хранения данных могут быть также сохранены офтальмологические данные в одной или более базах данных 650, 660. База данных 650, 660 может содержать специальную логическую схему для управления подачей энергии к дискретно переменной оптической линзе и отводом энергии от нее.

Электросмачивание диэлектрических дискретно переменных оптических линз

На ФИГ. 7 показан иллюстративный пример дискретно переменной линзы 700. Линза может содержать две разные жидкости, которые имеют разные, предпочтительно противоположные смачивающие свойства. Например, первый раствор может содержать жидкость на водной основе, которая может быть водным раствором соли. В некоторых примерах жидкость на водной основе будет предпочтительно высокоэффективным электросмачивающим раствором. Высокоэффективный электросмачивающий раствор или жидкость на водной основе могут иметь показатель преломления, почти совпадающий с показателем преломления воды, воздуха или материала, включенных в качестве параметров в оптические режимы в зависимости от конфигурации продукта и используемых материалов. Такой коэффициент преломления может быть принят отличным от коэффициента преломления материала, составляющего твердые части устройства линзы.

Также на ФИГ. 7 показано, что твердые части устройства линзы могут обозначать границы различных аспектов линзы. Емкости 710 и 770 могут содержать жидкости на внешней части оптической части линзы. Компоненты линзы 720 и 750 могут содержать активные оптические поверхности и также функционировать так, что жидкости удерживаются внутри линзы. Между передней деталью 720 линзы и задней деталью

750 линзы может находиться полость 740.

Деталь 720 линзы, содержащая приблизительно одинаковые формы передней и задней поверхностей, может послужить причиной небольшого изменения оптического пути проходящего через нее пучка света, например, 730. Однако значимая разница между ее передней и задней поверхностью 750 может привести к большему изменению оптического пути света; его отражением в некоторых случаях может быть изменение оптической силы, как изображено линиями 760 и 730.

В случае, когда емкость 710 заполнена жидкостью и эта жидкость содержит жидкость на водной основе, показатель преломления которой значительно отличается от показателя преломления материалов, которые составляют элементы 720 и 750, поверхности полости 740 и две детали линзы становятся оптически значимыми для прохождения света через полость 740.

Вторая емкость 770, которая может включать вторую жидкость. В качестве примера характеристики этой жидкости могут отличаться от характеристик жидкостей на водной основе, отображенных элементами 710 и 740. Указанная вторая жидкость может быть маслообразной жидкостью и может быть выбрана так, что показатели преломления в видимом диапазоне длин волн этой жидкости и деталей 720 и 750 приблизительно совпадают.

Дискретно переменный оптический элемент может иметь электрические соединения 780 и 785, которые могут быть подсоединены проводящими межсоединениями. В дополнение, может быть включен компонент 790 для подачи питания, управления и распределения электрического заряда так, что к компонентам дискретно переменного оптического элемента может быть приложено напряжение (V1). В случае, показанном на ФИГ. 7, напряжение (V1) может отображать приемлемое условие, когда устойчивое положение жидкостей может содержать иллюстративную жидкость на водной основе, находящуюся в емкости 710 и полости 740.

На ФИГ. 8 отображено второе состояние дискретно переменного оптического элемента 800, показанного на ФИГ. 7. В этом случае жидкость, показанная в нижней емкости, которая на ФИГ. 8 является емкостью 870, указана как маслосодержащее вещество, у которого показатель преломления совпадает или достаточно близок к показателям преломления оптических деталей 850 и 820. Вследствие изменения напряжения, приложенного элементом 890, которое может быть представлено как второе состояние напряжения (V2), приложенного к дискретно переменному оптическому элементу через соединения 880 и 885, жидкость, которая может находиться в полости 840, может быть той же жидкостью, что и в емкости 870, и отличаться от жидкости, находящейся в емкости 810. Следовательно, направление пучка света 830, падающего на устройство, и направление пучка света 860, прошедшего через оптический элемент 820, полость 840, оптический элемент 850 и вышедшего из устройства, могут существенно не отличаться. Было представлено некоторое иллюстративное описание характеристик жидкостей, и отдельные жидкости были определены как жидкости на водной основе, маслосодержащие жидкости или жидкости с другими характеристиками. Эти характеристики описаны только с иллюстративной целью, и для специалиста в данной области техники будет очевидно, что в рамках настоящего изобретения можно выбрать много других видов жидкостей.

На ФИГ. 9 показан вид сверху в разрезе элементов 700 и 800. Компоненты, определяющие оптическую силу линзы, могут содержать один или нескольких материалов, используемых для того, чтобы герметично заключить внутри себя другие компоненты. На внешних участках компоненты такой герметизирующий материал

может присутствовать один, как в случае участка вокруг элемента 910. Переходя к оптически активной части компонента линзы на ФИГ. 9, можно отметить ряд компонентов различных типов.

В иллюстративном кольце, содержащемся в элементе 900, может находиться четыре различных участка, показанных как два участка 920 и участки 950 и 960. В этом примере участок 960 может представлять собой верхнюю емкость из предыдущего описания, в то время как участок 950 может представлять нижнюю емкость. Предполагается, что эти емкости и участки 920 фактически могут быть открыты для обеспечения потока между участками; однако поверхности участков 950 и 960 могут подвергнуться обработке различного типа, включая обработку поверхностно-активными веществами, очистку поверхности или поверхностную обработку, которая будет способствовать адгезии жидкости определенного типа на одном или нескольких участках. С другой стороны, участки 920 представляют собой участки, на которых могут находиться электроды, позволяющие прикладывать описанное выше напряжение или магнитное поле перпендикулярно поверхностям этих участков. Таким образом, при приложении перпендикулярно поверхности электрического потенциала на диэлектрике может наблюдаться эффект электросмачивания. При приложении конкретного электрического потенциала поверхность может быть более склонной к смачиванию одной жидкостью, а при приложении другого электрического потенциала - к смачиванию другой жидкостью.

Если создать объем участков емкости 920, приблизительно равный объему полости между верхней и нижней поверхностями линзы, и если состояние участков 920 можно изменять с помощью изменения электростатического потенциала, то одна из жидкостей может притягиваться к участкам 920, а вторая - отталкиваться от них. Если появляются эти силы, и жидкости являются несмешиваемыми, жидкости могут последовательно меняться местами. Элементы 930 и 940 представляют собой каналы, благодаря которым обеспечивается поток жидкости из участков 950 и 960 емкости в полость линзы. Хотя показаны два канала для каждой емкости, очевидно, что возможны их различные варианты в соответствии с областью техники настоящего патента.

В показанном на ФИГ. 10 элементе 1000 состояние приложенного электрического потенциала, показанного на ФИГ. 7, может быть действующим. Компоненты, определяющие оптическую силу линзы, могут содержать один или нескольких материалов, используемых для инкапсуляции в себе других компонентов. На внешних участках компонента такой герметизирующий материал может присутствовать один, как в случае участка вокруг элемента 1010. В этом случае приложенный электрический потенциал может изменять области 1020 электрода так, что их характеристики электросмачивания могут соответствовать жидкости в емкости 1050, смачивающей поверхность и предпочтительной для занятия объема участков 1020. Благодаря этому жидкость может быть вытянута из полости линзы на участок 1050 и затем на участки 1020. Одновременно те же самые силы могут заставить жидкость, которая обычно занимает участок 1060, перетечь на участок полости. Элементы 1030 и 1040 представляют собой каналы, благодаря которым обеспечивается поток жидкости из участков 1050 и 1060 емкости в полость линзы. Как упомянуто в описании ФИГ. 7, это может вызвать переход дискретно переменного оптического элемента в первое оптическое состояние.

На ФИГ. 11 элемент 1100 может отображать второе оптическое состояние дискретно переменного оптического элемента. Компоненты, определяющие оптическую силу линзы, могут иметь один или нескольких материалов, используемых для того, чтобы инкапсулировать в себе другие компоненты. На внешних участках компонента такой

герметизирующий материал может присутствовать один, как в случае участка вокруг элемента 1110. В этом случае, как показано на ФИГ. 8, в линзе может установиться второе состояние электрического потенциала. В этом примере указанное второе состояние вызовет изменение жидкости, которая будет предпочтительной для занятия 5 объема участков 1120. При таком изменении состояния электрического потенциала жидкость из участка полости может быть удалена по каналам, показанным как элементы 1130, и может продолжать перетекать, чтобы занять участки 1120 и 1160. Аналогичным образом, с помощью таких же сил, которые описаны для ФИГ. 10, жидкость может быть удалена участков 1120 и перемещена на участок 1150 емкости и затем с участка 10 1150 емкости через каналы 1140 потока в полость. Таким образом, жидкость, занимающая полость, может иметь отличающийся показатель преломления, что на этот раз вызывает переход дискретно переменного оптического элемента во второе оптическое состояние, как описано в обсуждении для ФИГ. 8.

Были подготовлены многочисленные примеры способов электросмачивания на 15 диэлектриках, которые могли бы использоваться для управления оптическим состоянием оптического элемента, описанного в данном документе; тем не менее, специалисту в данной области техники будет очевидно, что многочисленные изменения могут привести к схожим результатам, согласующимся с настоящим изобретением.

Офтальмологические устройства с несколькими состояниями, в которых изменением 20 состояния является фильтрация

На фиг. 12 показан элемент 1200 с оптическим эффектом другого типа. В этом примере аспекты способов и устройства, вызывающие изменения в дискретно переменном оптическом элементе, которые уже обсуждались, могут иметь аналогичный эффект. Однако вместо изменения оптической силы или в дополнение к изменению 25 оптической силы можно получить затенение или фильтрацию света. В иллюстративном смысле две поверхности 1230 и 1250 линзы могут быть упрощенно показаны не имеющими значительных отличительных аспектов между различными поверхностями; так что направление пучка света при прохождении через оптическое устройство существенно не будет изменяться. В тех примерах, где отдельный светопоглощающий 30 компонент присутствует в одном или обоих типах жидкости, такой компонент может представлять фильтрованное состояние относительно другого компонента. В иллюстративном смысле жидкость, находящаяся в емкости 1210, может представлять собой окрашенную жидкость, в то время как жидкость, находящаяся в емкости 1220, может быть неокрашенной. При приложении соответствующего электрического 35 потенциала, например, при воздействии элемента 1290 через электрические контакты 1280 и 1285 окрашенная жидкость может быть перемещена в полость 1240, обеспечивая вследствие этого фильтрованное или затененное состояние относительно другого состояния, которое можно задать с помощью второго состояния электрического потенциала.

40 Природа фильтрации этого типа может соответствовать различным вариантам. Например, можно подобрать краситель для рассеяния, поглощения или какого-либо другого способа блокировки прохождения света в видимом диапазоне света. Это может привести к снижению интенсивности проходящего через линзу света в значительной части видимого и невидимого диапазона длин волн. В других вариантах краситель 45 может поглощать свет, проходящий через устройство линзы, на отдельной полосе частот видимого диапазона. В некоторых вариантах красители могут использоваться в жидкостях в линзе, типы которых также обсуждались в фигурах 7-11. В других примерах используемые красители могут иметь энантиомерные свойства. Имеются

многочисленные примеры, полученные из различных типов материалов, которые могут присутствовать в одной или более жидкостях в линзах, описанных в данном документе.

Перейдем теперь к элементу 1300, изображенному на ФИГ. 13. Как здесь показано, существует возможность создания комбинаций линз. Как показано, может существовать 5 оптический элемент типа, описанного в ФИГ. 12, в котором внутренние и внешние поверхности могут иметь форму, не изменяющую оптическую силу пучка света, проходящего через элемент, и оптический элемент может быть типа, описанного в связи с фигурами 7 и 8. Более того, в другой конфигурации оптический элемент может выполнять требуемую функцию, и при этом быть соединенным со второй частью, 10 которая может изменять оптическую силу линзы.

Показаны дискретно переменный оптический элемент и оптический элемент 1300 с затенением света или фильтрацией. В этом примере показаны две емкости 1320 и 1310 для жидкости, которые используются, соответственно, для изменяемого оптического 15 элемента и светозатеняющего оптического элемента. Как указано выше, они могут функционировать благодаря изменению напряжения, приложенного к элементам 1360 и 1340. Однако можно по желанию изменять оптические характеристики обоих оптических элементов как одновременно, так и в разное время. В тех вариантах, где требуется, чтобы напряжения, приложенные к двум оптическим элементам, изменялись в разное время или под воздействием разных сигналов, могут использоваться разные 20 контакты, показанные как 1350, 1355, 1330 и 1335. Однако может возникнуть необходимость в их согласованном действии, и тогда может потребоваться только один набор контактов.

Электроактивное перекачивание жидкостей в оптических линзах с дискретно переменным фокусным расстоянием.

Обращаясь на этот раз к ФИГ. 14, к элементу 1400, показан отдельный 25 иллюстративный механизм создания изменения состояний оптической линзы с дискретно переменным фокусным расстоянием. В механизме этого типа жидкости могут частично или полностью выкачиваться из области хранения или закачиваться в область хранения с помощью эффекта электросмачивания диэлектрика. Электросмачивающие поверхности 30 с деталями могут быть включены по периметру участка 920 хранения. Когда на электросмачивающей поверхности изменяется потенциал, капля жидкости, обозначенная как элемент 1440, которая лежит на подложке 1420, может расплющиться (показано как элемент 1442). Капля жидкости (элемент 1442) становится плоской и может растягиваться вертикально и, вследствие этого, взаимодействовать с подложкой 1410 35 и притягиваться к ней. Поскольку контроллер электропотенциала, который может быть приложен к подложкам, изменяет по периодическому закону потенциал на подложках, капли жидкости могут быть транспортированы или перекачены с одного участка на другой. Если жидкость закачивается в полость линзы, это может изменить оптические характеристики линзы с дискретно переменным фокусным расстоянием 40 способом, который обсуждался в предыдущих разделах.

Вторую каплю (элемент 1441) на подложке 1430 можно аналогичным образом перемещать с помощью периодически изменяющегося электропотенциала на подложках. С течением времени каплю жидкости можно сначала переместить с подложки 1430 на подложку 1420 и затем на подложку 1410. Отдельная жидкость может использоваться 45 таким образом, что отсутствие жидкости может определять показатель преломления, отличающийся от показателей преломления элементов линзы. Соответственно, если вышеупомянутый механизм перекачивания используется для закачивания жидкости в емкость, тогда показатель преломления жидкости может совпасть с показателями

преломления элементов линзы, и поэтому может измениться оптическое действие линзы. Например, благодаря показателю преломления газа, который заполняет оптический элемент, когда в емкости(-ях) содержится жидкость.

Аналогичным образом могут использоваться две жидкости. В этом случае механизмы перекачивания могут действовать согласованно, когда одна жидкость закачивается в место хранения, а вторая оттуда выкачивается. В этих примерах один из двух участков, обозначенных как 920, могут использоваться для хранения первой жидкости, в то время как второй участок, обозначенный как 920, может использоваться для хранения второй жидкости. В этом случае внутренняя геометрия устройства линзы, например, если устройство линзы является элементом 900, может задаваться дополнительно. Например, на одном из концов каждого из участков 920 может быть установлено пластмассовое устройство для создания полости такого типа, который позволит хранить конкретную жидкость, связанную с этим участком.

Поскольку для создания механизма перекачивания используется эффект электросмачивания на диэлектрике, это может иметь положительный эффект в отношении энергии, потребляемой для формирования переменного (в этом случае 2 состояния) устройства линзы. Поскольку можно создать используемые для перекачивания подложки способными отталкивать жидкость на своем участке, пока к ним не приложено напряжение, то если устройство линзы 900 установить в одно из его состояний, будет иметься по меньшей мере один из двух участков хранения, на котором подложками будет создан барьер для перемещения жидкости в непосредственной близости от себя. Таким образом, в отличие от некоторых других вариантов переменной линзы, в этом случае возможно очень ограниченное потребление энергии от источника питания, когда устройство линзы не переходит из одного состояния в другое.

Электроактивный механизм перекачивания другого типа показан на ФИГ. 15 (элемент 1500). В механизме этого типа по меньшей мере часть участка 920, показанного на ФИГ. 15, состоит из перегородки или материала, изготовленного из электроактивного полимера. В некоторых механизмах материал 1530 электроактивного полимера может быть изготовлен так, чтобы при приложении электропотенциала расширялся как показано новой формой 1531. Это вызовет перемещение слоя 1520 перегородки в другое положение, например, как показано для 1521. Тогда объем содержащего жидкость пространства 1510 может быть уменьшен, как видно из уменьшения размера поперечного сечения 1511. Для удобства пояснения деформация описана как простое искривление формы материала для заполнения вертикального пространства в поперечном сечении. Другим примером может являться перемещение слоя 1520, 1521 перегородки, вызванное деформацией кручения или деформацией изгиба электроактивного слоя полимера при изменении приложенного напряжения. Воздействие на слой перегородки и изменение объема области хранения в таком примере могут быть подобными или одинаковыми.

Когда происходит расширение, оно может стать причиной перетекания жидкости второго типа в оптически активную полость устройства линзы и, таким образом, вызвать перетекание жидкости первого типа в место 920 хранения второй жидкости. Если этот участок сформирован с поверхностью, которая отталкивает жидкость второго типа, тогда давление расширяющегося электроактивного полимерного материала 1530, 1531 на перегородку 1520, 1521 может все-таки заставить первую жидкость занять место хранения. Когда искривление перегородки 1520, 1521 исчезнет (то есть произойдет возврат в недеформированное состояние), жидкости вернуться в свои начальные

положения.

Специалисту в данной области техники будет очевидно, что результатом использования двух областей 920 может быть другой тип линз с двумя состояниями, если оба участка имеют одинаковое электроактивное сочетание электроактивного материала 1530, 1531 и перегородки 1520, 1521. Если два участка изготовлены таким образом, что они действуют противоположным образом, будет выполняться одинаковое переключение активного типа жидкости. Может дополнительно стать очевидным, что могут быть сформированы большое количество различных линз посредством комбинирования устройств этого типа и покрытий, которые взаимодействуют с двумя различными жидкостями или с одной жидкостью, скомпонованной с газовым или вакуумированным эквивалентом второй жидкости. У этих двух жидкостей или жидкостного и не-жидкостного состояния может быть отмечено изменение эффекта показателя преломления, указанного ранее, или также роли в фильтрации. В настоящем документе описано, что может быть сформировано большое количество различных линз посредством комбинирования устройств, описанных выше, и покрытий, которые взаимодействуют с двумя различными жидкостями или с одной жидкостью, скомпонованной с газовым или вакуумированным эквивалентом второй жидкости. Не имеющие ограничительного характера примеры газовой среды содержат один или более из аргона, азота, кислорода, гелия и неона. Дополнительно, комбинации таких газовых сред содержат, в качестве не имеющего ограничительного характера примера, комбинации газов, включая азот, кислород и другие газы. Для газовой фазы могут подходить и другие газы, содержащиеся во внешней среде.

Электроактивный полимер и электроактивные полимерные материалы описаны в данном документе, и не имеющие ограничительного характера примеры такого электроактивного полимера и таких электроактивных полимерных материалов включают одну или более пленок, содержащих поливинилиденфторид, электроактивные гидрогелевые пленки на основе поли(акриловой кислоты) или полипиррола, а также пленки, содержащие углеродные нанотрубки, соединенные с электродами.

В настоящем описании раскрыты диэлектрические пленки и диэлектрики. В качестве примеров, не имеющих ограничительного характера, диэлектрические пленки или диэлектрики, используемые в дискретно переменной оптической части, обладают характеристиками, соответствующими изобретению, описанному в настоящем документе. Диэлектрик может содержать один или более слоев материала, функционирующих по отдельности или вместе в качестве диэлектрика. Несколько слоев могут быть использованы для достижения диэлектрических характеристик, превосходящих характеристики одиночного диэлектрика.

Диэлектрик может обеспечивать наличие бездефектного изолирующего слоя с толщиной, требуемой для дискретно переменной оптической части, например, в пределах от 0,1 до 10 мкм. Как известно специалистам в данной области техники, дефект может быть точечным, то есть представлять собой отверстие в диэлектрике, допускающее электрический и/или химический контакт через диэлектрик. Диэлектрик при заданной толщине может отвечать требованиям по напряжению пробоя, согласно которым, например, диэлектрик должен выдерживать напряжение 100 вольт или более.

Диэлектрик может быть изготовлен на криволинейных, конических, сферических и сложных трехмерных поверхностях (например, криволинейных поверхностей или неплоских поверхностях). Могут быть использованы типовые способы покрытия методом погружения и центрифугирования, или могут быть применены другие способы.

Диэлектрик может быть стойким к агрессивному воздействию химических веществ

в переменной оптической части, например, со стороны солей, масел, растворителей, кислот или оснований. Диэлектрик может быть стойким к действию инфракрасного, ультрафиолетового и видимого света. Нежелательный дефект может содержать ухудшение параметров, описанных в настоящем документе, например, поверхностной энергии и светопропускания. Диэлектрик может быть стойким к проникновению ионов. Для работы с жидкостями в системе электросмачивания диэлектрик может иметь поверхностную энергию в заданных пределах. Диэлектрик может быть прикреплен к нижележащему электроду и/или подложке, например, с помощью слоя, повышающего адгезию. Диэлектрик может быть изготовлен с использованием технологического процесса, обеспечивающего низкий уровень загрязнения, малую концентрацию поверхностных дефектов, однородное покрытие и низкую шероховатость поверхности.

Диэлектрик может обладать относительной диэлектрической проницаемостью или диэлектрической постоянной, совместимой с работой электрической части системы. Например, низкая относительная диэлектрическая проницаемость, такая как примерно 2,0-3,0, которая является стандартной для некоторых изолирующих полимеров, может быть использована в качестве подходящего компромиссного варианта между снижением емкости заданного участка электрода и уменьшением напряжения активации электросмачивания. Для изменения указанных емкости и напряжения активации можно использовать диэлектрики, соответственно, с более высокой или более низкой относительной диэлектрической проницаемостью.

Диэлектрик может обладать высоким удельным электрическим сопротивлением, например, выше 10^{16} Ом·м, и вследствие этого даже при высоком приложенном напряжении через диэлектрик будет протекать очень малый ток. После создания электрода сопротивление диэлектрика может быть намного выше 1 гигаом, например, около 100 гигаом. При таком сопротивлении через диэлектрик обычно протекает ток не более 500 пА, если к нему приложено напряжение 50 В.

Диэлектрик может обладать качествами, необходимыми для оптического устройства, например, высоким пропусканием света (>99%), низким окрашиванием и низкой матовостью в видимом диапазоне света, низкой дисперсией (число Аббе от 34 до 57) и показателем преломления в заданном диапазоне (от 1,4 до 1,7).

В качестве примера, не имеющего ограничительного характера, диэлектрические материалы включают один или более таких материалов, как парилен-С, парилен-НТ, диоксид кремния, нитрид кремния и тефлон АF.

В данном документе описаны электроды или подложки для приложения электрического напряжения с целью получения эффекта электросмачивания на диэлектрике. В целом, электрод содержит один или более слоев материала, функционирующих по отдельности или вместе в качестве электрода.

Электрод может быть прикреплен к нижележащей подложке, диэлектрическому покрытию или другим объектам в системе, возможно, с применением усилителя адгезии (например, метакрилоксипропилтриметоксисилана). Электрод может формировать оказывающий полезное воздействие естественный оксид или подвергаться обработке для создания полезного оксидного слоя. Электрод может быть прозрачным, почти прозрачным или непрозрачным, обладать высоким светопропусканием и слабым отражением. Электрод может быть подвергнут структурированию или травлению с помощью известных способов обработки. Например, электроды могут быть подвергнуты испарению, металлизации напылением или гальванизации с использованием формирования рисунка методом фотолитографии и/или взрывной литографии.

С помощью конструкции электрода можно подобрать такую электропроводность

электрода, которая будет подходить для использования в электрической системе, описанной в настоящем документе, например, обеспечивать требования по сопротивлению данной геометрической конструкции. Например, золотой электрод может иметь удельное сопротивление около $2,44 \cdot 10^{-8}$ Ом·м, что дает сопротивление электрода намного меньше одного ома. Можно задавать гораздо более высокое сопротивление электрода, например, порядка мегаом или даже гигаом, если оно будет обеспечивать ток, достаточный для зарядки электрической емкости в системе.

Электроды и подложки могут состоять из одного или нескольких слоев оксида индия и олова, золота, нержавеющей стали, хрома и алюминия. Следует понимать, что данный список не является исчерпывающим.

Дискретно переменной оптической частью можно управлять с помощью приложенного напряжения, например, напряжение может быть приложено к электродам, описанным в настоящем документе, вследствие чего создается электрическое поле через диэлектрик, также описанный в настоящем документе. Напряжение может быть приложено через компоненты 790, 890, 1290 1360 и 1340, показанные, соответственно, на ФИГ. 7, 8, 12 и 13. В одном варианте может быть приложено напряжение смещения постоянного тока. Напряжение, которое используется для создания требуемого оптического отклика, зависит от нескольких параметров. Например, в одном примере может потребоваться напряжение 50 В для изменения оптической силы на уровне 2-х диоптрий при заданных относительной диэлектрической проницаемости и толщине диэлектрика. В альтернативном примере для получения изменения оптической силы в 2 диоптрии может потребоваться напряжение 20 В при предполагаемом изменении относительной диэлектрической проницаемости и толщины диэлектрика. Таким образом, стандартные напряжения, используемые в системе, могут составлять от 20 до 50 В, но могут содержать намного больший диапазон целочисленных значений - от напряжения 1 В до напряжений свыше 100 В.

В одном варианте может прикладываться напряжение переменного тока. Для управления электродами может использоваться переменное импульсное напряжение и переменное напряжение с другой формой колебаний. Специалисту в данной области техники будет понятно, что форма колебаний управляющего напряжения может зависеть от времени оптического отклика, тока потребления, динамики движения жидкости, напряжения пробоя диэлектрика и других факторов. Для переменного импульсного напряжения могут использоваться напряжения, аналогичные напряжениям смещения постоянного тока.

В данном документе вторая жидкость описана как являющаяся в некоторых случаях маслообразной жидкостью, которая может содержать смесь неполярных жидкостей или жидкость, подобную растворителю. Масло может использоваться в офтальмологических устройствах, в которых применяется эффект электросмачивания. Масло или маслообразная жидкость может содержать более одного компонента, то есть смесь масляных компонентов. Масло или маслообразная жидкость может иметь низкую вязкость, например, ниже 2 мПа при температуре 25°C, предпочтительно 1 мПа или ниже при температуре 25°C. Масло или маслообразная жидкость может иметь низкую полярность, то есть по существу не содержит полярные компоненты или инородные вещества. Более того, это означает, что масло или маслообразная жидкость не содержит измеряемые следовые количества растворенной воды, что является предпочтительным для электросмачивания в режиме постоянного тока. Для электросмачивания в режиме переменного тока это требование является не таким строгим.

Масло или маслообразная жидкость должна обладать способностью смачивать электросмачиваемый диэлектрик (вблизи солевой фазы) с очень малым краевым углом смачивания между маслом и диэлектриком, например, 10 градусами или меньше.

Улучшенное смачивание (то есть меньший краевой угол смачивания) может привести к меньшему гистерезису угла смачивания и более предсказуемой и надежной работе устройства.

Масло или маслообразная жидкость могут иметь показатель преломления, существенно отличающийся от показателя преломления солевого раствора, используемого в устройстве; например, такая разница может составлять 0,010 (безразмерная величина) и выше. Разница между показателями преломления указана для длины волны D-линии натрия 589,29 нм (то есть «n_{sub}D»). В предпочтительном варианте масло имеет более высокий показатель преломления, чем солевой раствор.

Масло или маслообразная жидкость может иметь по существу такой же удельный вес, как и солевая фаза. Например, разница в удельном весе для указанных веществ может составлять 0,003 (без единиц) или предпочтительно быть ниже. Удельный вес может быть изменен путем подбора и смешивания более плотных и менее плотных масляных компонентов. Предпочтительные составы масла имеют удельный вес немного выше 1,00.

Компоненты масла или маслообразной жидкости являются в целом биосовместимыми, и предпочтительные масла являются слабыми раздражителями для глаз или вообще не являются раздражителями. Масло или маслообразная жидкость может в некоторых случаях содержать добавки, если указанные добавки по существу не оказывают неблагоприятного влияния на работу устройства. Конкретные добавки могут содержать: красители, УФ-блокаторы, светостабилизаторы на основе пространственно-затрудненных аминов, противомикробные вещества, антиоксиданты, реологические модификаторы, поверхностно-активные вещества, разбавители, понизители температуры замерзания и т.д.

Ниже представлены некоторые примеры масляных составов, не имеющие ограничительного характера:

Пример 1: енилтриметилгерман 48,0% (по массе), SIP6827 (Gelest) 51,5% и 1-пентанол 0,5%; и

Пример 2: бромпентан 52,4% (по массе) и декаметилтетрасилоксан 47,6% (вес).

Солевой раствор, описанный в данном документе. Солевой раствор можно использовать в офтальмологических устройствах с эффектом электросмачивания.

Солевой раствор может содержать более одного компонента, например, смесь компонентов. Предпочтительным главным компонентом солевого раствора является очищенная (то есть деионизированная или обратноосмотическая) вода. Вторым компонентом солевого раствора является способный к ионизации компонент, способный повышать электропроводность раствора, например, минеральная соль.

Солевой раствор может иметь низкую вязкость, например, ниже 2 мПа при температуре 25°C, предпочтительно 1 мПа или ниже при температуре 25°C. Солевой раствор может иметь высокую степень чистоты, то есть он, по существу, не будет содержать полярные компоненты, которые могли бы мигрировать в масляную фазу. Это может быть важным для электросмачивания в режиме постоянного тока. Для электросмачивания в режиме переменного тока требование к солевому раствору иметь высокую степень чистоты является не таким строгим.

Солевой раствор может иметь показатель преломления, существенно отличающийся от показателя преломления другой жидкости, используемой в устройстве; например,

такая разница может составлять 0,010 (безразмерная величина) и выше. Разница между показателями преломления указана для длины волны D-линии натрия 589,29 нм (то есть «n_{sub}D»). Солевой раствор имеет преимущественно меньший показатель преломления, чем масляная жидкость, если она используется.

5 Солевой раствор может иметь по существу такой же удельный вес, как и масляная фаза, описанная в настоящем документе. Например, разница в удельном весе для указанных веществ может составлять 0,003 (без единиц) или ниже в предпочтительном варианте. Удельный вес можно изменять путем точного подбора и смешивания воды и ионных компонентов. Предпочтительные составы солевого раствора имеют удельный
10 вес немного выше 1,00.

В предпочтительном варианте компоненты солевого раствора должны быть максимально биосовместимыми. Предпочтительный солевой раствор является слабым раздражителем для глаз или вообще не является раздражителем. Предпочтительный солевой раствор имеет приблизительно такую же осмоляльность, как и человеческая
15 слеза, например, 300-500 мосм/кг. Кроме того, солевой раствор может дополнительно содержать добавки, если указанные добавки по существу не влияют отрицательно на работу устройства. Конкретные добавки могут содержать: красители, УФ-блокаторы, светостабилизаторы на основе пространственно-затрудненных аминов, противомикробные вещества, антиоксиданты, реологические модификаторы,
20 поверхностно-активные вещества, разбавители, понизители температуры замерзания и т.д.

Ниже представлены некоторые примеры солевых растворов, не имеющие ограничительного характера:

Пример 1: лорид калия 0,1% (по массе) и деионизированная вода 99,9%;

25 Пример 2: лорид кальция 1,0% (по массе), деионизированная вода 98,5% и 1-пентанол 0,5%; и

Пример 3: лорид натрия 0,9% (по массе) деионизированная вода 99,1%.

Настоящее изобретение относится к способам и аппаратуре для получения оптической вставки с переменными свойствами для офтальмологической линзы. Более конкретно,
30 источник энергии способен питать оптическую вставку с переменными свойствами, включенную в офтальмологическую линзу. В некоторых вариантах осуществления офтальмологические линзы отлиты из силиконового гидрогеля.

Различные аспекты и варианты настоящего изобретения изложены в следующих пронумерованных пунктах неполного перечня:

35 Пункт 1: фтальмологическое устройство с переменным фокусным расстоянием, содержащее:

переднюю изогнутую оптическую часть офтальмологического устройства с переменным фокусным расстоянием, содержащую переднюю изогнутую верхнюю оптическую поверхность и переднюю изогнутую нижнюю оптическую поверхность;

40 заднюю изогнутую оптическую часть офтальмологического устройства с переменным фокусным расстоянием, содержащую заднюю изогнутую верхнюю оптическую поверхность и заднюю изогнутую нижнюю оптическую поверхность;

полость, образованную передней изогнутой нижней оптической поверхностью передней изогнутой оптической части офтальмологического устройства с переменным
45 фокусным расстоянием и задней изогнутой верхней оптической поверхностью задней изогнутой оптической части офтальмологического устройства с переменным фокусным расстоянием;

диэлектрическую пленку в контакте по меньшей мере с частью жидкости с первым

показателем преломления и покрывающую электрод, способный возбуждать электрическое поле;

газ со вторым показателем преломления, при этом первый показатель преломления и второй показатель преломления различаются между собой; и

5 один или более участков емкости, выполненных с возможностью изменять свой объем для содержания в себе объема, который меньше или равен объему упомянутой жидкости, и при этом емкость находится в жидкостном соединении с упомянутой сформированной полостью.

10 Пункт 2: фтальмологическое устройство с переменным фокусным расстоянием по пункту 1, дополнительно содержащее источник питания, электрически соединенный с упомянутым электродом, отличающееся тем, что упомянутый источник питания может обеспечивать электрический ток, способный возбуждать электрическое поле.

15 Пункт 3: фтальмологическое устройство с переменным фокусным расстоянием по пункту 1, отличающееся тем, что диэлектрическая пленка покрывает более одного электрода.

Пункт 4: фтальмологическое устройство с изменяемым фокусным расстоянием по пункту 1, отличающееся тем, что жидкостное соединение между емкостью и сформированной полостью осуществляется через один или более каналов, которые обеспечивают обмен жидкости и газа.

20 Пункт 5: фтальмологическое устройство с изменяемым фокусным расстоянием по пункту 4, дополнительно содержащее жидкостной регулирующий клапан для регулирования потока жидкости.

25 Пункт 6: фтальмологическое устройство с переменным фокусным расстоянием по пункту 5, отличающееся тем, что жидкостное регулирующее устройство содержит один или более обратных клапанов.

Пункт 7: фтальмологическое устройство с переменным фокусным расстоянием по пункту 5, отличающееся тем, что жидкостное регулирующее устройство содержит один или более микроэлектромеханических клапанов.

30 Пункт 8: фтальмологическое устройство с переменным фокусным расстоянием по пункту 1, отличающееся тем, что объем емкости и объем образованной полости в целом равны.

35 Пункт 9: фтальмологическое устройство с переменным фокусным расстоянием по пункту 1, отличающееся тем, что электрод и диэлектрическая пленка расположены по меньшей мере на части одной или обеих из поверхностей, образующих полость и емкость.

Пункт 10: фтальмологическое устройство с изменяемым фокусным расстоянием по пункту 4, отличающееся тем, что диэлектрическая пленка расположена по меньшей мере на части одного или более каналов между полостью и емкостью.

40 Пункт 11: фтальмологическое устройство с изменяемым фокусным расстоянием по пункту 1, отличающееся тем, что жидкость дополнительно содержит светопоглощающий окрашивающий компонент.

Пункт 12: фтальмологическое устройство с изменяемым фокусным расстоянием по пункту 1, отличающееся тем, что жидкость дополнительно содержит затеняющий окрашивающий компонент.

45 Пункт 13: фтальмологическое устройство с изменяемым фокусным расстоянием по пункту 1, отличающееся тем, что жидкость дополнительно содержит компонент с энантиомерными характеристиками.

Пункт 14: фтальмологическое устройство с переменным фокусным расстоянием по

пункту 1, дополнительно содержащее инкапсулирующую офтальмологическую линзу.

Пункт 15: фтальмологическое устройство с переменным фокусным расстоянием по пункту 14, отличающееся тем, что инкапсулирующая офтальмологическая линза изготовлена из биосовместимого гидрогеля.

5 Пункт 16: фтальмологическое устройство с переменным фокусным расстоянием по пункту 1, отличающееся тем, что нижняя оптическая поверхность заднего изогнутого элемента расположена на передней изогнутой части офтальмологической линзы.

Пункт 17: фтальмологическое устройство с переменным фокусным расстоянием по пункту 1, отличающееся тем, что верхняя оптическая поверхность заднего изогнутого
10 элемента расположена на задней изогнутой части офтальмологической линзы.

Пункт 18: фтальмологическое устройство с переменным фокусным расстоянием по пункту 4, отличающееся тем, что одно или более из емкости, сформированной полости или каналов могут быть образованы с помощью деформируемого в широком смысле материала, изменяющего свою форму под воздействием электрического тока.

15 Пункт 19: фтальмологическое устройство с переменным фокусным расстоянием по пункту 4, отличающееся тем, что по меньшей мере часть поверхности одной или более из емкости, сформированной полости или каналов может иметь свойства краевого угла смачивания под воздействием электрического тока.

Пункт 20: фтальмологическое устройство с изменяемым фокусным расстоянием по
20 пункту 4, отличающееся тем, что по меньшей мере часть одной или более из емкости, сформированной полости или каналов могут быть образованы с помощью деформируемого в широком смысле материала, изменяющего свою форму под воздействием электрического поля.

Пункт 21: фтальмологическое устройство с переменным фокусным расстоянием по
25 пункту 20, отличающееся тем, что по меньшей мере часть упомянутого деформируемого материала, способного изменять свою форму под воздействием электрического тока, содержит электроактивный полимерный материал.

(57) Формула изобретения

30 1. Офтальмологическое устройство с переменным фокусным расстоянием, содержащее:

переднюю изогнутую оптическую часть офтальмологического устройства с переменным фокусным расстоянием, содержащую переднюю изогнутую верхнюю оптическую поверхность и переднюю изогнутую нижнюю оптическую поверхность;

35 заднюю изогнутую оптическую часть офтальмологического устройства с переменным фокусным расстоянием, содержащую заднюю изогнутую верхнюю оптическую поверхность и заднюю изогнутую нижнюю оптическую поверхность;

полость, образованную передней изогнутой нижней оптической поверхностью
40 передней изогнутой оптической части офтальмологического устройства с переменным фокусным расстоянием и задней изогнутой верхней оптической поверхностью задней изогнутой оптической части офтальмологического устройства с переменным фокусным расстоянием;

жидкость с первым показателем преломления и диэлектрическую пленку в контакте по меньшей мере с частью жидкости с первым показателем преломления и
45 покрывающую электрод, способный возбуждать электрическое поле;

газ со вторым показателем преломления, при этом первый показатель преломления и второй показатель преломления различаются между собой; и

один или более участков емкости, выполненных с возможностью изменять свой

объем для содержания упомянутой жидкости, причем уменьшение объема участка емкости приводит к движению жидкости из участка емкости в полость через каналы, вследствие чего осуществляется обмен газа в полости и жидкости;

5 причем офтальмологическое устройство с переменным фокусным расстоянием выполнено с возможностью перехода из первого дискретного оптического состояния, в котором полость содержит жидкость, во второе дискретное оптическое состояние, в котором полость содержит газ;

при этом офтальмологическое устройство с переменным фокусным расстоянием включено в контактную линзу или интраокулярную линзу.

10 2. Офтальмологическое устройство с переменным фокусным расстоянием по п. 1, дополнительно содержащее источник питания, электрически соединенный с упомянутым электродом, причем упомянутый источник питания может обеспечивать электрический ток, способный возбуждать электрическое поле.

15 3. Офтальмологическое устройство с изменяемым фокусным расстоянием по п. 1 или п. 2, в котором диэлектрическая пленка покрывает более одного электрода.

4. Офтальмологическое устройство с изменяемым фокусным расстоянием по п. 1, дополнительно содержащее жидкостное регулирующее устройство для регулирования потока жидкости.

20 5. Офтальмологическое устройство с переменным фокусным расстоянием по п. 4, в котором устройство управления потоками жидкостей содержит один или более обратных клапанов.

6. Офтальмологическое устройство с переменным фокусным расстоянием по п. 4, в котором жидкостное регулирующее устройство содержит один или более микроэлектромеханических клапанов.

25 7. Офтальмологическое устройство с переменным фокусным расстоянием по п. 1, в котором объем емкости и объем образованной полости по существу равны.

8. Офтальмологическое устройство с переменным фокусным расстоянием по п. 1, в котором электрод и диэлектрическая пленка расположены на по меньшей мере части одной или обеих из поверхностей, образующих полость, и емкости.

30 9. Офтальмологическое устройство с изменяемым фокусным расстоянием по п. 1, в котором диэлектрическая пленка расположена на по меньшей мере части указанных одного или более каналов между полостью и емкостью.

35 10. Офтальмологическое устройство с изменяемым фокусным расстоянием по п. 1, в котором жидкость дополнительно содержит светопоглощающий окрашивающий компонент.

11. Офтальмологическое устройство с изменяемым фокусным расстоянием по п. 1, в котором жидкость дополнительно содержит затеняющий окрашивающий компонент.

40 12. Офтальмологическое устройство с изменяемым фокусным расстоянием по п. 1, в котором жидкость дополнительно содержит компонент с энантиомерными характеристиками.

13. Офтальмологическое устройство с переменным фокусным расстоянием по п. 1, дополнительно содержащее инкапсулирующую офтальмологическую линзу.

45 14. Офтальмологическое устройство с переменным фокусным расстоянием по п. 13, в котором инкапсулирующая офтальмологическая линза изготовлена из биосовместимого гидрогеля.

15. Офтальмологическое устройство с переменным фокусным расстоянием по п. 1, в котором нижняя оптическая поверхность заднего изогнутого элемента расположена на передней изогнутой части офтальмологической линзы.

16. Офтальмологическое устройство с переменным фокусным расстоянием по п. 1, в котором верхняя оптическая поверхность заднего изогнутого элемента расположена на задней изогнутой части офтальмологической линзы.

5 17. Офтальмологическое устройство с переменным фокусным расстоянием по п. 1, в котором одно или более из емкости, сформированной полости или каналов могут быть образованы с помощью по существу деформируемого материала, изменяющего свою форму под воздействием электрического тока.

10 18. Офтальмологическое устройство с переменным фокусным расстоянием по п. 1, в котором по меньшей мере часть поверхности одного или более из емкости, сформированной полости или каналов может иметь свойства краевого угла смачивания под воздействием электрического тока.

15 19. Офтальмологическое устройство с изменяемым фокусным расстоянием по п. 1, в котором по меньшей мере часть одного или более из емкости, сформированной полости или каналов могут быть образованы с помощью по существу деформируемого материала, изменяющего свою форму под воздействием электрического поля.

20. Офтальмологическое устройство с переменным фокусным расстоянием по п. 19, в котором по меньшей мере часть вышеупомянутого деформируемого материала, способного изменять свою форму под воздействием электрического тока, содержит электроактивный полимерный материал.

20 21. Офтальмологическое устройство с переменным фокусным расстоянием по п. 2, в котором диэлектрическая пленка покрывает более одного электрода.

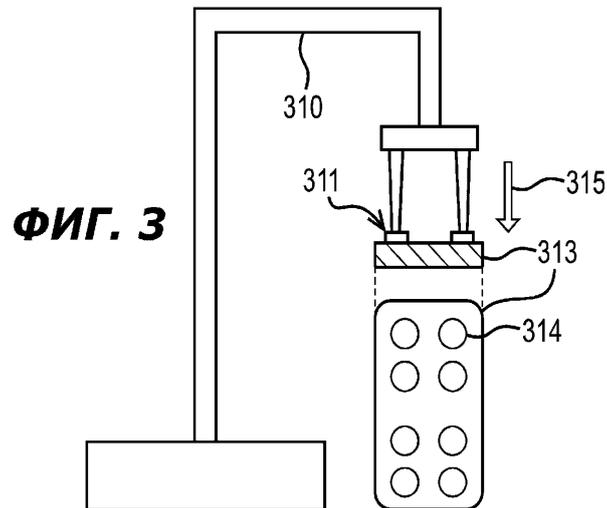
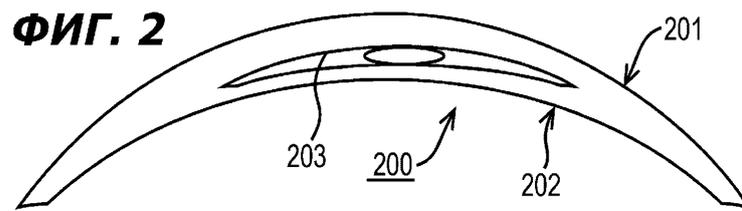
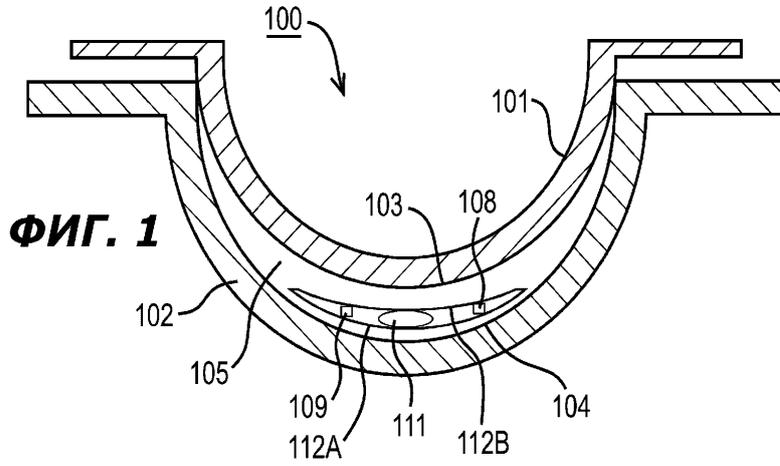
25

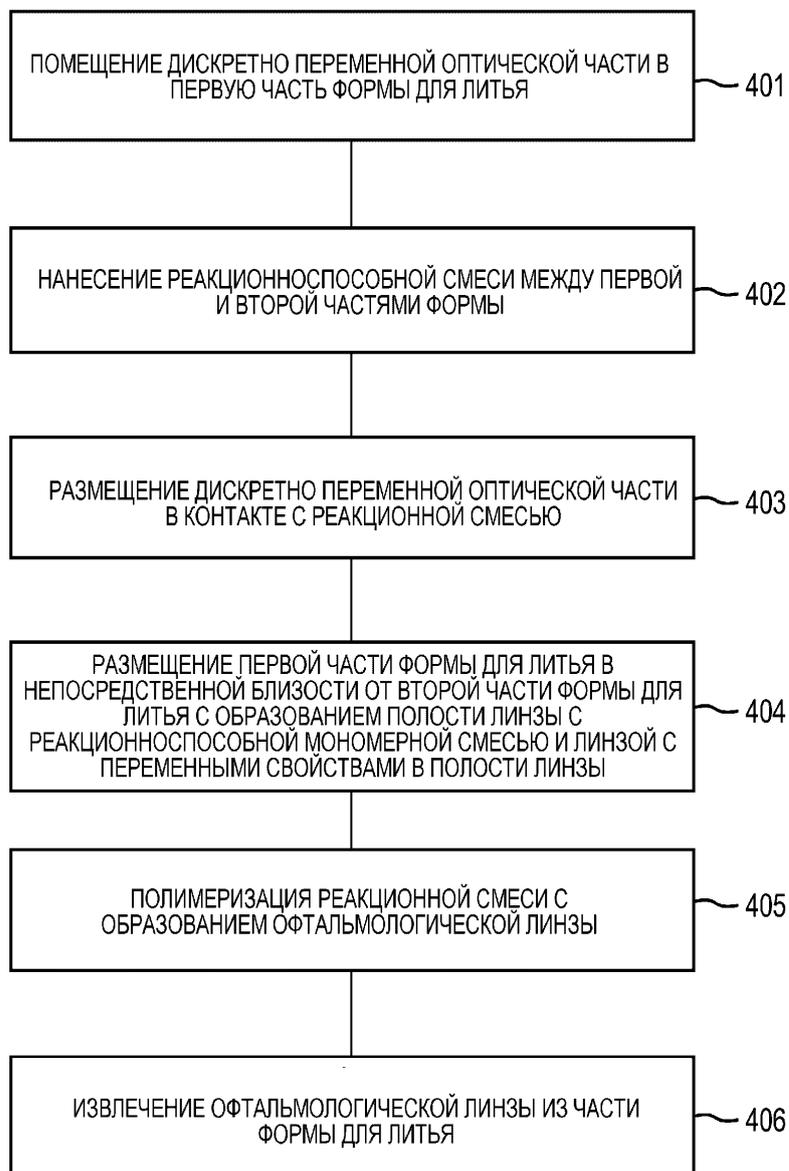
30

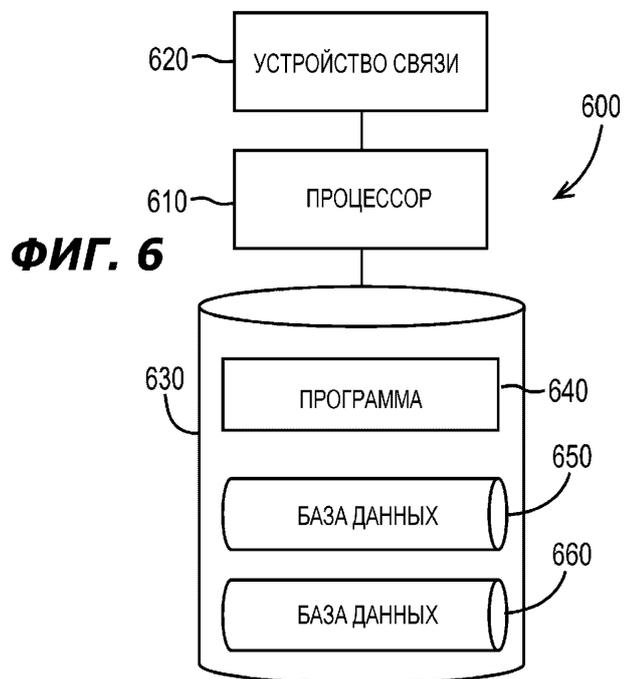
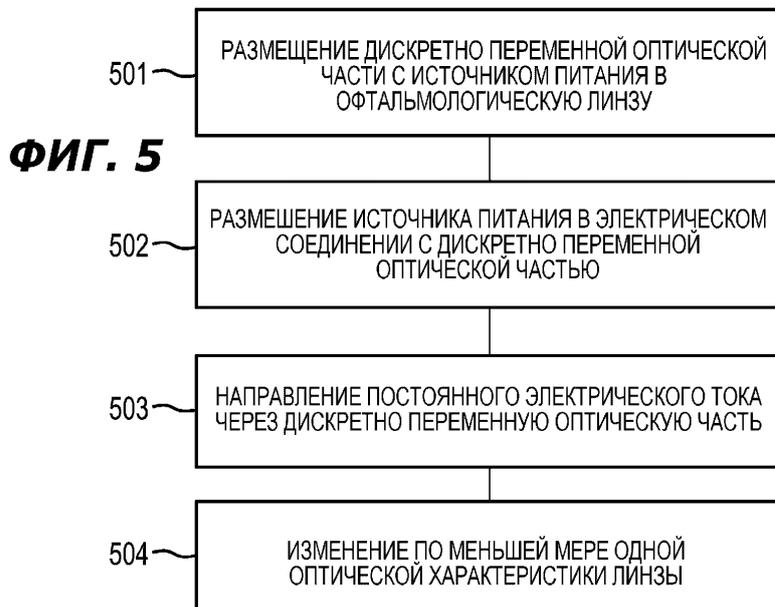
35

40

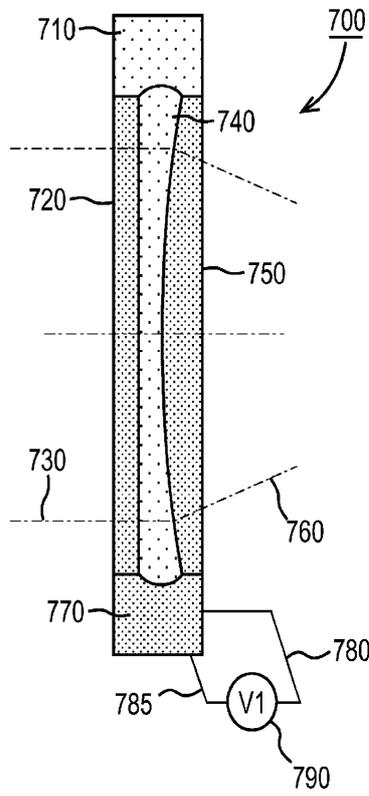
45



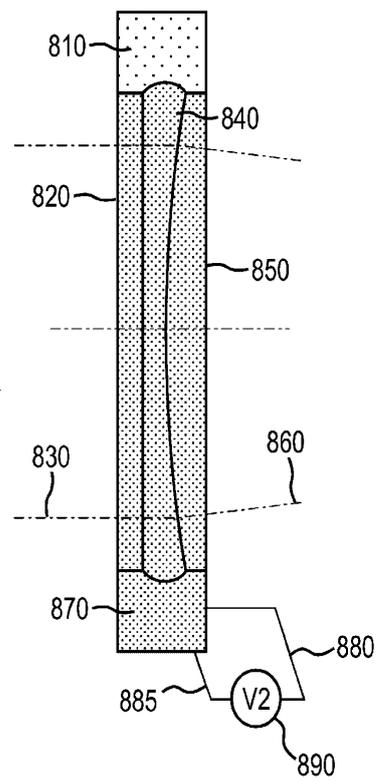
ФИГ. 4



ФИГ. 7

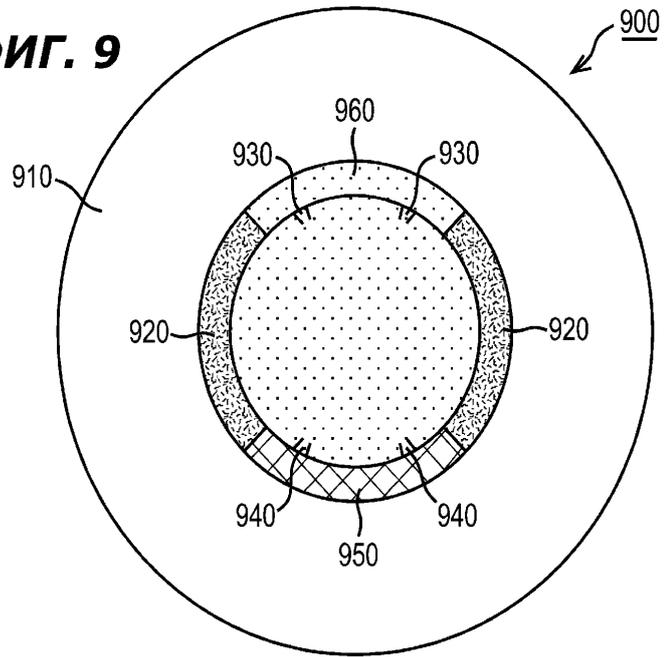


ФИГ. 8

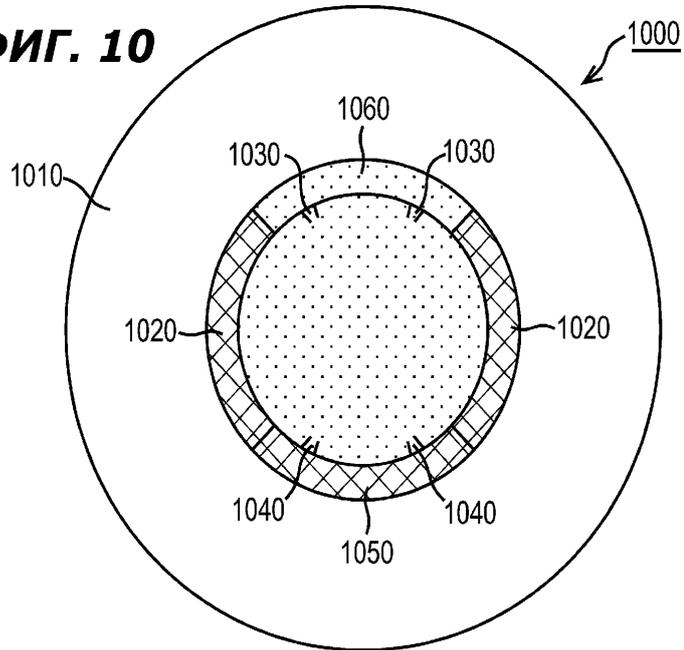


5/9

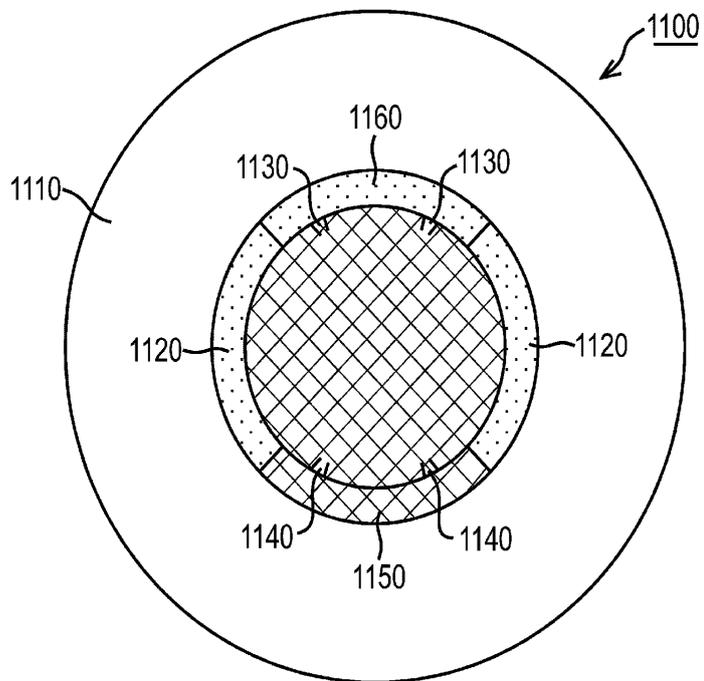
ФИГ. 9



ФИГ. 10

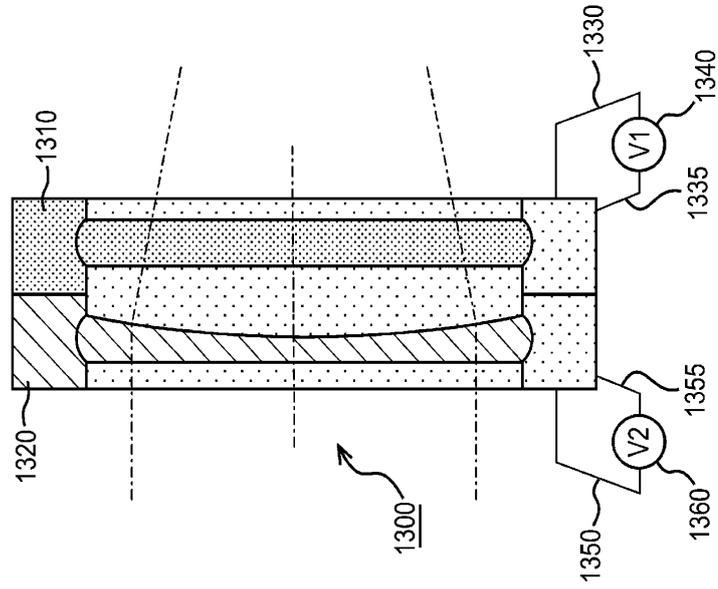


ФИГ. 11

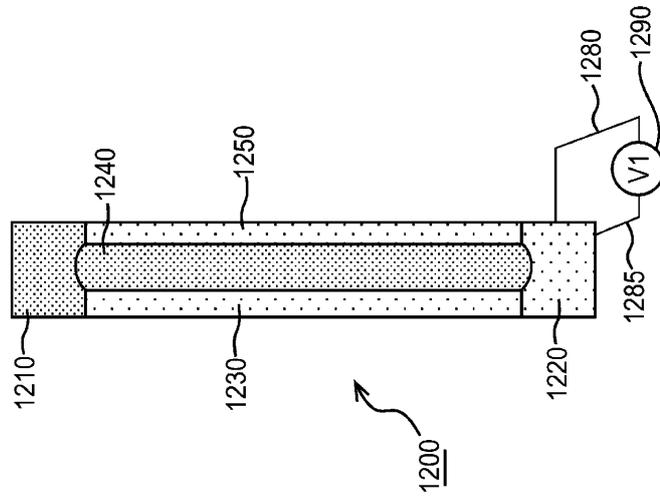


7/9

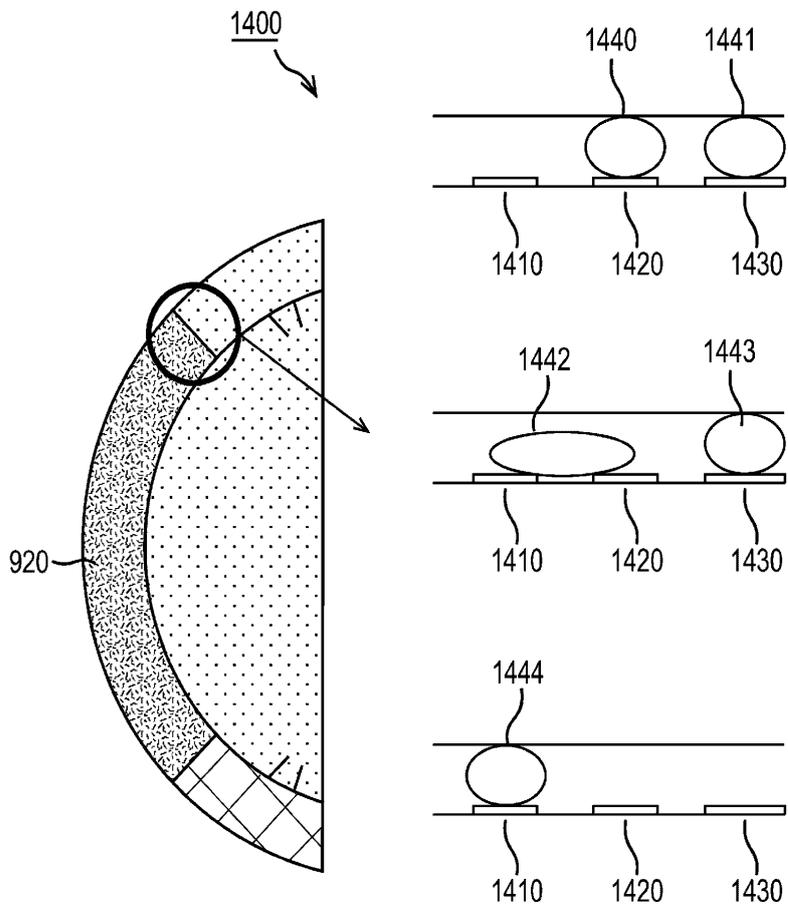
ФИГ. 13



ФИГ. 12



ФИГ. 14



ФИГ. 15

