



ФЕДЕРАЛЬНАЯ СЛУЖБА
ПО ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ СОБСТВЕННОСТИ

(12) ОПИСАНИЕ ИЗОБРЕТЕНИЯ К ПАТЕНТУ

(21)(22) Заявка: 2013114237, 29.03.2013

(24) Дата начала отсчета срока действия патента:
29.03.2013

Дата регистрации:
04.09.2017

Приоритет(ы):

(30) Конвенционный приоритет:
30.03.2012 US 61/617,794;
30.03.2012 US 61/618,022

(43) Дата публикации заявки: 10.10.2014 Бюл. № 28

(45) Опубликовано: 04.09.2017 Бюл. № 25

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

(72) Автор(ы):

УАЙЛДСМИТ Кристофер (US),
УИДМЭН Майкл Ф. (US),
АДАМС Джонатан П. (US)

(73) Патентообладатель(и):

ДЖОНСОН ЭНД ДЖОНСОН ВИЖН
КЭА, ИНК. (US)

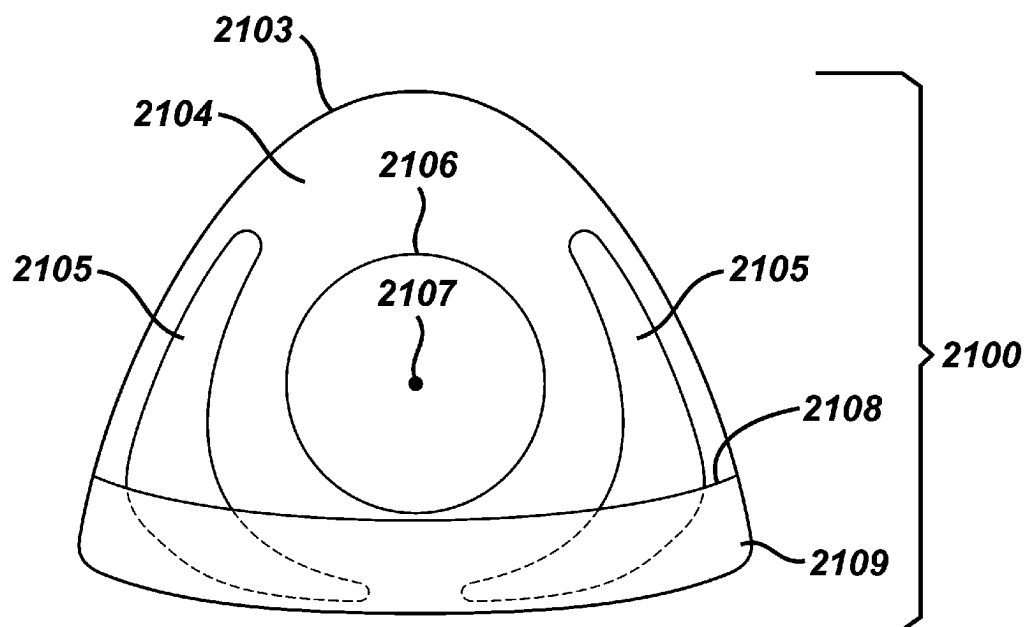
(56) Список документов, цитированных в отчете
о поиске: US 2004017542 A1, 29.012004. WO
2009025845 A1, 26.02.2009. US 2005099595 A1,
12.05.2005. US 2006055884 A1, 16.03.2006.

(54) СПОСОБЫ И УСТРОЙСТВО ДЛЯ ФОРМИРОВАНИЯ ПЕРЕМЕННОЙ МУЛЬТИФОКАЛЬНОЙ
КОНТАКТНОЙ ЛИНЗЫ

(57) Реферат:

Переменная мультифокальная контактная линза содержит переднюю и заднюю поверхности, имеющие дугообразную форму и соединяющиеся друг с другом на краю линзы, область оптической силы для коррекции зрения, содержащую множество оптических зон, одну или более зон стабилизации для вертикальной и/или ротационной устойчивости линзы и поверхность контакта с нижним веком для ограничения величины перемещения линзы по глазу, когда линия прямой видимости пользователя

перемещается от одной к другой оптической зоне. Периферическая область проходит радиально от наружного края области оптической силы к кромке линзы. Кромка линзы проходит радиально от внешнего края периферической области к месту соединения передней и задней поверхностей. Технический результат – ограничение перемещения линзы по поверхности глаза при переходе глаза из положения для зрения вдаль в положение для зрения вблизи. 2 н. и 20 з.п. ф-лы, 39 ил.



ФИГ. 18А



FEDERAL SERVICE
FOR INTELLECTUAL PROPERTY

(12) **ABSTRACT OF INVENTION**(21)(22) Application: **2013114237, 29.03.2013**(24) Effective date for property rights:
29.03.2013Registration date:
04.09.2017

Priority:

(30) Convention priority:
30.03.2012 US 61/617,794;
30.03.2012 US 61/618,022(43) Application published: **10.10.2014** Bull. № 28(45) Date of publication: **04.09.2017** Bull. № 25

Mail address:

129090, Moskva, ul. B. Spasskaya, 25, stroenie 3,
OOO "Yuridicheskaya firma Gorodisskij i Partnery"

(72) Inventor(s):

UAJLDSMIT Kristofer (US),
UIDMEN Majkl F. (US),
ADAMS Dzhonatan P. (US)

(73) Proprietor(s):

DZHONSON END DZHONSON VIZHN KEA,
INK. (US)(54) **METHODS AND DEVICE FOR FORMING THE VARIABLE MULTIFOCAL CONTACT LENS**

(57) Abstract:

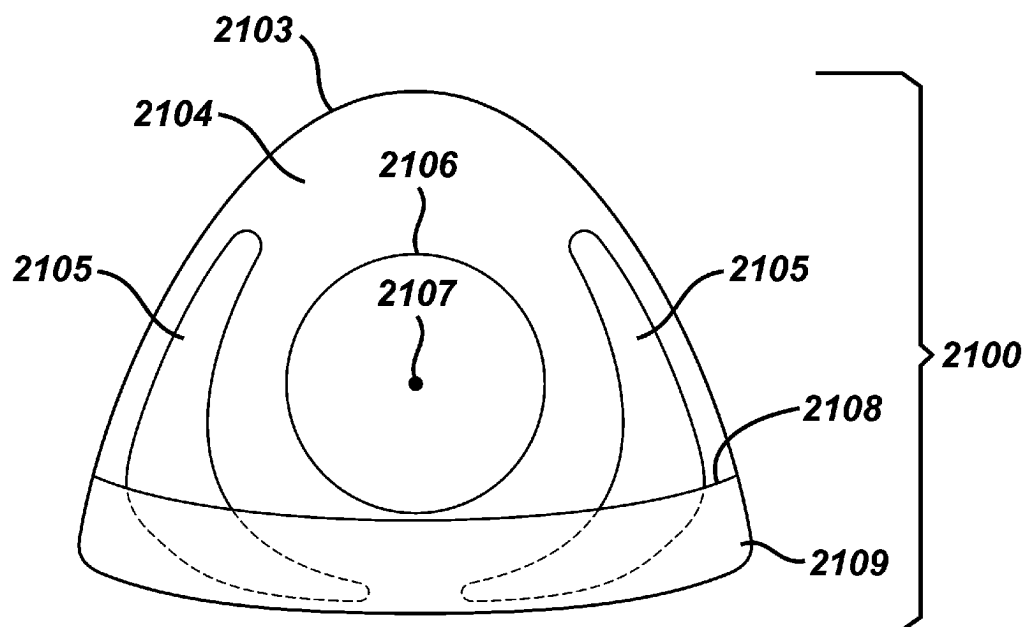
FIELD: physics.

SUBSTANCE: variable multifocal contact lens comprises a front and back surfaces having an arcuate shape and connected to each other at the edge of the lens, an optical power field for correcting the vision comprising a plurality of optical zones, one or more stabilization zones for vertical and/or rotational stability of the lens, and contact surface with a lower eyelid to limit the amount of movement of the lens over the eye when the line of sight of the user moves from one to

the other optical zone. The peripheral region extends radially from the outer edge of the optical power region to the edge of the lens. The edge of the lens extends radially from the outer edge of the peripheral region to the junction of the front and back surfaces.

EFFECT: limiting the movement of the lens over the surface of the eye when the eye moves from the position for vision to a position for near vision.

22 cl, 39 dwg



ФИГ. 18А

ОБЛАСТЬ ПРИМЕНЕНИЯ ИЗОБРЕТЕНИЯ

Настоящее изобретение относится к контактным линзам. Более конкретно, настоящее изобретение относится к переменной мультифокальной контактной линзе, включающей множество оптических зон, а также одну или обе из удерживающей конструкции под 5 веком и контактной конструкции для нижнего века, причем указанные конструкции помогают ограничить перемещение линзы на глазе, когда глаз переходит между множеством оптических зон.

ПРЕДПОСЫЛКИ СОЗДАНИЯ ИЗОБРЕТЕНИЯ

Бифокальные линзы образованы из двух или более областей, или зон, с разной 10 оптической силой, включая, как правило, оптическую зону с оптической силой для зрения вдаль и оптическую зону с оптической силой для зрения вблизи (на близком расстоянии). Эти две зоны могут быть разделены на дополнительные зоны оптической силы. В этом случае линзу можно назвать мультифокальной линзой. Известные ранее мультифокальные линзы имеют ограничения, связанные с известным устройством для 15 их изготовления, например, для отливки, стандартной токарной или инструментальной обработки и литья под давлением.

Изображение на сетчатке и обусловленное им зрительное восприятие зависят от света, попадающего в глаз через зрачок. Для правильной работы бифокальных контактных линз зрачок должен быть по меньшей мере частично, а для большей 20 эффективности полностью покрыт зоной оптической силы линзы для зрения вдаль, когда глаз рассматривает удаленный объект, и по меньшей мере частично, а для большей эффективности полностью покрыт зоной оптической силы линзы для зрения вблизи, когда глаз рассматривает близкорасположенный объект. Такой функции можно добиться, используя принцип попеременного зрения, при котором для размещения той 25 или иной оптической зоны перед зрачком, когда глаз попеременно видит удаленные и близкорасположенные объекты, осуществляется сдвиг или смещение контактной линзы.

Альтернативно можно использовать принцип одновременного зрения, при котором линзу конфигурируют и устанавливают таким образом, чтобы зоны с оптической силой как для дальнего, так и для ближнего зрения одновременно полностью или частично 30 были расположены перед зрачком и одновременно формировали изображение на сетчатке. Однако в таком типе линзы требуемое смещение очень небольшое или вовсе отсутствует и, следовательно, два изображения видны одновременно, что ухудшает зрение.

По существу существует два типа традиционных бифокальных контактных линз - 35 сегментированные и концентрические. Сегментированные бифокальные контактные линзы, или переменные контактные линзы, по существу имеют две или более разделенные зоны с оптической силой. Зона с оптической силой для зрения вдаль, как правило, является верхней зоной, а зона с оптической силой для зрения вблизи, как правило, является нижней зоной. В такой переменной линзе зона с оптической силой 40 для зрения вдаль находится перед зрачком глаза, когда взгляд направлен вперед, а при взгляде вниз над зрачком находится зона с оптической силой для зрения вблизи, обеспечивающая аддидацию.

Концентрическая бифокальная контактная линза по существу имеет центральную оптическую зону и одну или более кольцевых оптических зон, которые, как правило, 45 хотя и не всегда, работают по принципу одновременного зрения. Очевидно, что такие линзы не обеспечивают хорошего зрения как вдаль, так и вблизи, и их успешно носят только люди, готовые к неоптимальному зрению.

Для эффективного использования бифокальной контактной линзы требуется

переключение офтальмологической системы между зрительными поверхностями, когда глаз переходит от взгляда на удаленный объект к взгляду на близкорасположенный объект. Альтернативно может быть желательным получить переменную мультифокальную контактную линзу, которая помимо оптических зон оптической силы для зрения вдаль и зрения вблизи может иметь одну или более зон промежуточной оптической силы. Такая переменная контактная линза, вероятно, должна иметь способность контролировать и оптимизировать величину перемещения линзы при переходе зрачка от дальнего зрения к промежуточному зрению, ближнему зрению или любой их комбинации.

Несмотря на то что существует много конфигураций мягких переменных контактных линз, для мягких контактных линз характерны сложности, связанные с перемещением по поверхности глаза, когда направление зрения меняется от взгляда прямо вперед на взгляд вниз. В одном примере из предшествующего уровня техники описана мягкая бифокальная контактная линза, которая имеет встроенную скошенную кромку, способствующую перемещению линзы. Несмотря на то что другие конфигурации могут иметь способность перемещаться по поверхности глаза при изменении направления зрения с взгляда прямо вперед на взгляд вниз, они не очень эффективно контролируют перемещение линзы, когда глаз перемещается в другом направлении. В одном примере из предшествующего уровня техники описана мягкая мультифокальная контактная линза, которая имеет встроенную зону наклонной кромки, смежной с выступающей наружу поперечной кромкой, которая ложится на веко и помогает обеспечить перемещение линзы. На каждом конце поперечной кромочной части есть выпуклость, посредством которой увеличивается высота подъема концов кромки в сравнении с высотой подъема в середине. Другим недостатком предшествующего уровня техники является дискомфорт при ношении линзы на глазу.

Следовательно, существует потребность в создании мягкой переменной мультифокальной контактной линзы, которая может ограничивать величину перемещения по поверхности глаза при переходе глаза из положения для зрения вдаль в положение для зрения вблизи, а также обеспечивающей повышенный комфорт для пользователей. Существует также потребность в создании мягкой переменной мультифокальной контактной линзы, которая может ограничивать величину перемещения по поверхности глаза при переходе глаза из положения для зрения вдаль в положение для промежуточного зрения и зрения вблизи, а также повышающей оптическую эффективность.

КРАТКОЕ ОПИСАНИЕ ИЗОБРЕТЕНИЯ

Соответственно, в одном аспекте настоящего изобретения предложена переменная мультифокальная контактная линза, в которой обеспечено ограниченное перемещение линзы относительно зрачка глаза. Ограниченная транслокация может быть основана на одной или обеих из вертикальной устойчивости и ротационной устойчивости в процессе использования ближнего, промежуточного и дальнего зрения. Некоторые примеры настоящего изобретения могут включать, например, один или более из следующих компонентов: переднюю поверхность, заднюю поверхность, зону оптической силы, кромка линзы, зоны стабилизации, периферическую область, центр, удерживающую конструкцию под веком и поверхность контакта с нижним веком. Более конкретно, в настоящем изобретении описана переменная мультифокальная контактная линза, включающая удерживающую конструкцию под веком и поверхность контакта с нижним веком. Технология свободного формования позволяет получать много ранее недостижимых профилей и форм, в том числе несферических. Повоксельное

формирование по существу позволяет получать на подложке большое разнообразие форм.

В соответствии с первым аспектом настоящего изобретения предложена переменная мультифокальная контактная линза. Линза содержит: переднюю поверхность, причем указанная передняя поверхность имеет дугообразную форму; заднюю поверхность, причем указанная задняя поверхность имеет дугообразную форму, указанная задняя поверхность расположена в непосредственной близости и напротив указанной передней поверхности, и указанные передняя и задняя поверхности соединяются друг с другом на кромке линзы; область оптической силы, обеспечивающую для глаза пользователя коррекцию зрения, причем указанная область оптической силы содержит множество оптических зон; и поверхность контакта с нижним веком, причем поверхность контакта с нижним веком выполнена с возможностью ограничения величины перемещения указанной линзы по глазу пользователя, когда пользователь изменяет направление зрения и линия прямой видимости пользователя перемещается от по меньшей мере одной оптической зоны к другой указанной оптической зоне.

Линза может содержать удерживающую конструкцию под веком.

Линза может представлять собой линзу свободного формования, имеющую первую часть, сформированную повоксельно, и вторую часть, сформированную из текучей среды.

Передняя поверхность может содержать один или более из следующих элементов: кромку линзы, периферическую область, компонент зоны стабилизации, область оптической силы и поверхность контакта с нижним веком.

Кромка линзы может проходить в радиальном направлении от наружного края периферической области до места встречи друг с другом передней поверхности и задней поверхности.

Периферическая область может проходить радиально от внешнего края области оптической силы в сторону кромки линзы.

Линза может содержать одну или более зон стабилизации, предназначенных для обеспечения вертикальной устойчивости линзы и/или ротационной устойчивости линзы.

Зона стабилизации может иметь геометрическую форму, заданную точками и/или линиями по меньшей мере с одной кривой для задания поверхности.

Зона стабилизации может содержать дугообразный сегмент из гидрогелевого материала с угловой шириной от 0° до 180° . Например, равной любому целому числу от 0° до 180° .

Зона стабилизации может иметь ширину (w) 5 мм или менее, например, 4,5, 4, 3,5, 3, 2,5, 2, 1,5, 1, 0,5 мм, и максимальную высоту (ht) 1 мм или менее, например, 0,9, 0,8, 0,7, 0,6, 0,5, 0,4, 0,3, 0,2 или 0,1 мм.

Задняя поверхность может содержать одну или обе из периферической области и/или области оптической силы.

Область оптической силы может иметь сферическую форму границы или несферическую форму границы.

Область оптической силы может содержать одну или более зоны оптической силы для зрения вдаль, зоны промежуточной оптической силы и зоны оптической силы для зрения вблизи.

По меньшей мере одна указанная оптическая зона может иметь геометрическую форму, заданную одними или обоими из точек и линий по меньшей мере с одной кривой для задания поверхности.

Поверхность контакта с нижним веком может содержать один смежный

направленный внутрь выступ части передней поверхности, проходящий латерально по указанной передней поверхности линзы.

Поверхность контакта с нижним веком может располагаться непосредственно над смежной удерживающей конструкцией под веком.

5 Поверхность контакта с нижним веком может быть размещена непосредственно над кромкой линзы.

Поверхность контакта с нижним веком может иметь геометрическую форму, заданную одними или обеими из точек и/или линий по меньшей мере с одной кривой для задания поверхности.

10 Геометрическая форма может быть задана гидрогелем.

Удерживающая конструкция под веком может быть смежной с нижней частью поверхности контакта с нижним веком и проходить до нижней указанной кромки линзы.

Удерживающая конструкция под веком может содержать дугообразную переднюю поверхность, повторяющую поверхность глаза.

15 Удерживающая конструкция под веком может иметь ширину 4 мм или менее.

Удерживающая конструкция под веком может обеспечивать одну или обе из вертикальной устойчивости линзы и ротационной устойчивости линзы.

В соответствии со вторым аспектом изобретения предложено устройство для формирования переменной мультифокальной контактной линзы, содержащее: источник
20 излучения, генерирующий излучение с длиной волны, содержащей актиничное излучение; процессор, логически связанный с памятью, причем в указанной памяти сохранен исполняемый код, который исполняется по требованию и побуждает процессор генерировать один или более сигналов управления, контролирующих цифровое зеркальное устройство, которое направляет актиничное излучение через дугообразную
25 подложку с образованием вышеописанной переменной контактной линзы. Устройство для формирования переменной мультифокальной контактной линзы может содержать цифровое зеркало или цифровое зеркальное устройство (ЦМУ).

В соответствии с третьим аспектом изобретения предложен способ формирования переменной мультифокальной контактной линзы, включающий этапы, на которых:
30 повоксельно формируют контактную линзу, содержащую переднюю поверхность и заднюю поверхность, причем указанная передняя поверхность и указанная задняя поверхность имеют соответствующие дугообразные формы и соприкасаются на кромке линзы; формируют область оптической силы для обеспечения для глаза пользователя коррекцию зрения, причем указанная область оптической силы содержит множество
35 оптических зон; и формируют поверхность контакта с нижним веком, причем поверхность контакта с нижним веком выполнена с возможностью ограничения величины перемещения указанной линзы по глазу пользователя, когда пользователь изменяет направление зрения и линия прямой видимости пользователя перемещается от по меньшей мере одной оптической зоны к другой указанной оптической зоне.

40 КРАТКОЕ ОПИСАНИЕ ЧЕРТЕЖЕЙ

На фиг. 1 представлены этапы способа, которые можно использовать для реализации ряда вариантов осуществления настоящего изобретения.

На фиг. 2 представлены дополнительные этапы способа, которые можно использовать для реализации ряда вариантов осуществления настоящего изобретения.

45 На фиг. 3 представлен пример взаимосвязи поглощения и пропускания для формирующего и фиксирующего излучений.

На фиг. 4 представлен пример линзы, полученной в соответствии с принципами изобретения, описанного в настоящем документе.

На фиг. 5 представлены компоненты устройства, которые можно использовать для реализации ряда вариантов осуществления настоящего изобретения, содержащих использование растровой литографии.

5 На фиг. 6 представлен пример компонентов устройства источника излучения, которые можно использовать для реализации ряда вариантов осуществления настоящего изобретения.

На фиг. 7 представлен пример компонентов оптического устройства, которые можно использовать для реализации ряда вариантов осуществления настоящего изобретения.

10 На фиг. 8 представлен пример компонентов цифрового зеркального устройства, которые можно использовать для реализации ряда вариантов осуществления настоящего изобретения.

На фиг. 9 представлены дополнительные компоненты устройства, которые можно использовать для реализации ряда вариантов осуществления настоящего изобретения.

15 На фиг. 10 представлен пример формирующего оптического элемента, который можно использовать для реализации ряда вариантов осуществления настоящего изобретения.

На фиг. 11 представлен пример емкости для мономера, которую можно использовать для реализации ряда вариантов осуществления настоящего изобретения.

20 На фиг. 12 представлен пример устройства удаления материала, которое можно использовать для реализации ряда вариантов осуществления настоящего изобретения.

На фиг. 13 представлены системы грубого движения для примера устройства удаления материала, которые можно использовать для реализации ряда вариантов осуществления настоящего изобретения.

25 На фиг. 14 представлен пример устройства стабилизации и фиксации, которое можно использовать для реализации ряда вариантов осуществления настоящего изобретения.

На фиг. 15 представлен пример системы измерения, которую можно использовать для реализации ряда вариантов осуществления настоящего изобретения.

На фиг. 16 представлен пример системы гидратации и отделения, которую можно использовать для реализации ряда вариантов осуществления настоящего изобретения.

30 На фиг. 17 представлен вид в поперечном сечении примера заготовки линзы.

На фиг. 18A представлен вид спереди переменной мультифокальной контактной линзы, содержащей множество элементов.

На фиг. 18B представлен вид сбоку передней и задней поверхностей переменной мультифокальной контактной линзы.

35 На фиг. 19A-19D представлены примеры множества вариаций размещения и наличия зон стабилизации, возможных в рамках настоящего изобретения.

На фиг. 20A-20H представлены примеры множества вариаций различных типов, форм и конфигураций оптических зон, которые могут присутствовать в области оптической силы.

40 На фиг. 21 представлены этапы способа в соответствии с дополнительным аспектом настоящего изобретения.

На фиг. 22 представлен процессор, который можно использовать для реализации некоторых вариантов осуществления настоящего изобретения.

45 На фиг. 23A представлен вид спереди переменной мультифокальной контактной линзы, содержащей множество элементов.

На фиг. 23B представлен вид сбоку передней и задней поверхностей переменной мультифокальной контактной линзы.

На фиг. 24A-24D представлены примеры множества вариаций размещения и наличия

зон стабилизации, возможных в рамках настоящего изобретения.

ПОДРОБНОЕ ОПИСАНИЕ

В настоящем изобретении описана переменная мультифокальная контактная линза, включающая одну или обе из поверхности контакта с нижним веком и удерживающей конструкции под веком, соответствующая данным о глазе конкретного пациента, а также этапы способа и устройство его реализации. Описанная в настоящем документе линза может представлять собой переменную мультифокальную контактную линзу свободного формования, как более подробно описано ниже со ссылкой на различные чертежи.

В следующих разделах приведены подробные описания вариантов осуществления настоящего изобретения. Описание как предпочтительных, так и альтернативных вариантов осуществления, несмотря на детальность, представляют собой лишь примеры, и предполагается, что специалистам в данной области может быть очевидна возможность вариаций, модификаций и изменений. Таким образом, следует понимать, что указанные примеры не ограничивают широту аспектов описанного изобретения. Этапы способа, описанные в настоящем документе, приведены в данном обсуждении в логической последовательности. Однако эта последовательность никоим образом не ограничивает порядок, в котором этапы могут быть реализованы, если иное не указано особо. Кроме того, не все этапы необходимы для реализации настоящего изобретения, и дополнительные этапы могут быть введены в различных вариантах осуществления настоящего изобретения.

ОПРЕДЕЛЕНИЯ

В приведенном описании и пунктах формулы, относящихся к настоящему изобретению, могут быть использованы различные термины, для которых будут приняты следующие определения.

Используемый в настоящем документе термин «связующая зона» означает непрерывную область, которая обеспечивает плавный переход от одной части линзы к другой, смежной части линзы.

Используемый в настоящем документе термин «ЦМУ-демонстрация» означает набор инструктивных точек данных, зависящих от времени, которые можно использовать для управления активацией зеркал в ЦМУ и возможности изготовления линзы или заготовки линзы, или формы для заготовки линзы, или элемента(ов) заготовки линзы. ЦМУ-демонстрация может иметь различные форматы, наиболее распространенными из которых являются (x, y, t) и (r, θ, t) , где x и y , например, являются положениями зеркал ЦМУ в прямоугольной системе координат, r и θ являются положениями зеркал ЦМУ в полярной системе координат, а t представляет временные инструкции, управляющие состояниями зеркал ЦМУ. ЦМУ-демонстрации могут содержать данные, связанные с решеткой, имеющей регулярные или нерегулярные интервалы.

Используемый в настоящем документе термин «текущая линзообразующая реакционная среда» означает реакционную смесь, которая является текучей в своей исходной форме, прореагировавшей форме или частично прореагировавшей форме, причем вся реакционная среда или ее часть при дополнительной обработке может быть преобразована в часть офтальмологической линзы.

Используемый в настоящем документе термины «свободной формы», «свободного формования» означает поверхность, заданную путем создания поперечных сшивок в реакционной смеси под повоксельным воздействием актиничного излучения со слоем текучей среды или без него, а не заданную путем отливки, обработки на станке или при помощи лазерной абляции. Подробное описание способов и устройства для свободного

формования изложено в заявке на патент США № 12/194,981 (опубликована под номером US 2009-053351-A1) и заявке на патент США № 12/195,132 (опубликована под номером US 2009-0051059-A1).

Используемый в настоящей заявке термин «линза» означает любое
 5 офтальмологическое устройство, расположенное в или на глазу. Такие устройства могут обеспечить возможность оптической или косметической коррекции. Например, термин «линза» может относиться к контактной линзе, интраокулярной линзе, накладной линзе, глазной вставке, оптической вставке или другому аналогичному устройству, которое используется для коррекции или модификации зрения или для косметической
 10 коррекции физиологии глаза (например, изменения цвета радужной оболочки) без ущерба для зрения. В некоторых примерах предпочтительными линзами являются мягкие контактные линзы, изготовленные из силиконовых эластомеров или гидрогелей, к которым без ограничений относятся силиконовые гидрогели и фторированные гидрогели.

Используемый в настоящем документе термин «конфигурация линзы» означает форму и/или функцию требуемой линзы, которая при изготовлении может обеспечить коррекцию оптической силы, приемлемое прилегание линзы (например, закрытие роговицы и перемещение), приемлемую ротационную устойчивость линзы и т.п. Конфигурации линзы могут быть представлены или в гидратированном, или
 15 негидратированном состоянии, в плоском или изогнутом пространстве, в двухмерном или трехмерном пространстве и способом, включающим, без ограничений, геометрические чертежи, профиль оптической силы, форму, характеристики, толщину и т.д. Конфигурации линзы могут содержать данные, связанные с пространственной решеткой, имеющей регулярные или нерегулярные интервалы.

Используемый в настоящем документе термин «кромка линзы» означает элемент, обеспечивающий четко заданную кромку по периметру заготовки линзы или линзы, которая может содержать текучую линзообразующую реакционную среду. Элемент
 25 кромки линзы может или непрерывно окружать заготовку линзы или линзу, или может присутствовать в отдельных, не являющихся непрерывными зонах.

Используемый в настоящем документе термин «заготовка линзы» означает составной объект, состоящий из формы для заготовки линзы и текучей линзообразующей реакционной среды, контактирующей с формой для заготовки линзы, которая может
 30 быть или не быть ротационно симметричной. Например, текучая линзообразующая реакционная среда может быть образована в процессе изготовления формы для заготовки линзы в объеме реакционной смеси. Отделение формы для заготовки линзы и текучей линзообразующей реакционной среды от объема реакционной смеси, использованной для изготовления формы для заготовки линзы, позволяет получить заготовку линзы. Кроме того, заготовка линзы может быть преобразована в другой объект либо путем удаления некоторого количества текучей линзообразующей
 35 реакционной среды, либо путем превращения некоторого количества текучей линзообразующей реакционной среды в нетекучий материал линзы.

Используемый в настоящем документе термин «элемент заготовки линзы», также именуемый «элемент», обозначает нетекучее основание формы для заготовки линзы и служит структурной основой заготовки линзы. Элементы заготовки линзы могут быть
 40 заданы эмпирически или описаны математически с помощью контрольных параметров (высота, ширина, длина, форма, местоположение и т.д.) и могут быть изготовлены с применением инструкций ЦМУ-демонстрации. Примеры элементов заготовки линзы могут включать один или более из следующего: элемент «кромка линзы», элемент «зона

стабилизации», элемент «формирователь объема донной части», элемент «оптическая зона», элемент «канавка», элемент «отводной канал» и т.д. Элементы заготовки линзы могут быть изготовлены с использованием вокселей актиничного излучения и могут быть встроены в офтальмологическую линзу при дополнительной обработке.

5 Используемый в настоящем документе термин «поверхность с минимальной энергией», или ПМЭ, означает свободно сформованную поверхность, которая создается текучей линзообразующей реакционной средой, сформованной над элементами заготовки линзы, и которая может иметь состояние с минимальной энергией. Поверхности с минимальной энергией могут представлять собой гладкие и непрерывные
10 поверхности.

Используемый в настоящем документе термин «оптическая зона» означает элемент, обеспечивающий одно или оба из требуемой для заготовки линзы или офтальмологической линзы оптической силы и коррекции аберраций, геометрия которой может напрямую зависеть от целевого файла.

15 Используемые в настоящем документе термины «реакционная смесь», «линзообразующая смесь» и «РСМ» (реакционная смесь мономера), «линзообразующий мономер» означают мономерный или преполимерный материал, который может быть полимеризован и/или поперечно сшит с образованием офтальмологической линзы или части офтальмологической линзы. Различные примеры могут включать
20 линзообразующие смеси с одной или более добавками, такими как: УФ-блокаторы, красители, фотоинициаторы или катализаторы и другие добавки, которые могут понадобиться в составе офтальмологических линз, таких как контактные или интраокулярные линзы.

Используемый в настоящем документе термин «зона стабилизации» означает элемент,
25 который может способствовать достижению правильной ориентации контактных линз, не являющихся ротационно-симметричными, на глазу, и которая может быть расположена внутри элемента кромки линзы и за пределами одной или обеих из области оптической силы и элемента оптической зоны

Используемый в настоящем документе термин «целевой файл» означает данные,
30 которые могут представлять конфигурацию линзы, карту толщины, конфигурацию заготовки линзы, конфигурацию формы для заготовки линзы, конфигурацию элемента заготовки линзы или их комбинации. Целевой файл может быть представлен или в гидратированном, или негидратированном состоянии в плоском или изогнутом пространстве, в двухмерном или трехмерном пространстве и способами, включающими,
35 без ограничений, геометрические чертежи, профиль оптической силы, форму, характеристики, толщину и т.д. Целевые файлы могут содержать данные, связанные с решеткой, имеющей регулярные или нерегулярные интервалы.

Используемый в настоящем документе термин «актиничное излучение» означает излучение, способное инициировать химическую реакцию.

40 Используемый в настоящей заявке термин «дугообразный» означает линию или изгиб, подобный согнутому луку.

Упомянутый в настоящей заявке «закон Бера», иногда также называемый «законом Ламберта-Бера», говорит о том, что:

$I(x)/I_0 = \exp(-\alpha c x)$, где $I(x)$ - интенсивность как функция расстояния x от облучаемой
45 поверхности, I_0 - интенсивность падающего на поверхность света, α - коэффициент поглощения поглощающего компонента, и c - концентрация поглощающего компонента.

Используемый в настоящей заявке термин «коллимировать» означает ограничивать угол расходимости излучения, такого как свет, который поступает в качестве выходного

сигнала из устройства, получающего излучение в качестве входного потока. Угол расходимости может быть ограничен таким образом, что выходящие лучи излучения окажутся параллельными. Таким образом, «коллиматор» включает устройство, выполняющее эту функцию, а «коллимированный» описывает его воздействие на излучение.

Используемый в настоящей заявке термин «ЦМУ» (цифровое зеркальное устройство) относится к бистабильному пространственному модулятору света, состоящему из массива выполненных с возможностью перемещения микрозеркал, функционально установленных на чип КМОП-памяти. Каждое зеркало управляется независимо путем загрузки данных в ячейку памяти под зеркалом для направления отраженного излучения, позволяя отображать пиксель видеоданных на пиксель экрана. Данные электростатически управляют углом наклона зеркала, которое может находиться в двух состояниях: либо под углом $+X$ градусов (вкл.), либо под углом $-X$ градусов (выкл.). Для доступных в настоящий момент устройств номинальная величина X может составлять 10 или 12 градусов. Отраженное находящимися во «включенном» состоянии зеркалами излучение проходит через проектирующую линзу и направляется на экран. Находящиеся в «выключенном» состоянии зеркала отражают излучение так, чтобы создать темное поле, тем самым задавая фоновый уровень черного для изображения. Изображения создаются модуляцией уровня серого путем быстрого переключения зеркал между двумя состояниями с частотой, достаточной для восприятия наблюдателем. Описанное ЦМУ (цифровое зеркальное устройство) иногда представляет собой цифровую проекционную систему DLP.

Используемый в настоящем документе термин «ЦМУ-скрипт» означает протокол управления пространственным модулятором света, а также сигналы управления для любого компонента системы, например, источника света или барабана с фильтрами, каждый из которых может включать упорядоченные по времени последовательности команд. Использование сокращения ЦМУ не предполагает ограничения использования данного термина для обозначения конкретного типа или размера пространственного модулятора света.

Используемый в настоящем документе термин «фиксирующее излучение» означает актиничное излучение, достаточное для достижения одного или более из: полимеризации и поперечной сшивки по существу всей реакционной смеси, составляющей линзу или заготовку линзы.

Используемый в настоящем документе термин «текущая линзообразующая реакционная среда» означает реакционную смесь, которая является текущей в своей исходной форме, прореагировавшей форме или частично прореагировавшей форме, и которая при дополнительной обработке преобразуется в часть офтальмологической линзы.

Используемый в настоящем документе термин «точка гелеобразования» означает точку, в которой впервые наблюдается образование геля или нерастворимой фракции. Точка гелеобразования представляет собой степень превращения, при которой жидкая полимеризационная смесь становится твердой. Точка гелеобразования может быть определена в эксперименте Сокслета: реакцию полимеризации останавливают в разные моменты времени и полученную смесь анализируют для определения массовой доли оставшегося нерастворимого полимера. Данные могут быть экстраполированы до точки, в которой гель еще не образовался. Эта точка и является точкой гелеобразования. Точку гелеобразования также можно определить путем анализа вязкости реакционной смеси в процессе реакции. Вязкость может быть измерена с помощью реометра с

плоскопараллельным зазором, между пластинами которого помещается реакционная смесь. По меньшей мере одна пластина должна быть прозрачной для излучения с длиной волны, используемой для полимеризации. Точка, в которой вязкость стремится к бесконечности, и является точкой гелеобразования. Для заданной полимерной системы и указанных условий проведения реакции точка гелеобразования находится в одной степени превращения.

Используемый в настоящем документе термин «форма для заготовки линзы» означает нетекучий объект с по меньшей мере одной поверхностью оптического качества, который при дополнительной обработке может стать частью офтальмологической линзы.

Используемый в настоящем документе термин «форма для литья» означает жесткий или полужесткий объект, который можно использовать для формования линз из непolyмеризованных составов. Некоторые предпочтительные формы для литья включают две части, образующие переднюю изогнутую часть формы для литья и заднюю изогнутую часть формы для литья.

Используемый в настоящем документе термин «поглощающий излучение компонент» означает поглощающий излучение компонент, который может быть введен в состав реакционной смеси мономера и который может поглощать излучение в определенном диапазоне длин волн.

Используемые в настоящем документе термины «реакционная смесь», «линзообразующая смесь» или «реакционная смесь мономера» имеют значение, определенное выше для термина «линзообразующая смесь».

Используемый в настоящем документе термин «отделение от формы для литья» означает, что линза либо полностью извлечена из формы для литья, либо лишь слегка прикреплена к ней, так что ее можно извлечь при умеренном встряхивании или с помощью тампона.

Используемый в настоящем документе термин «стереолитографическая заготовка линзы» означает заготовку линзы, в которой форма для заготовки линзы образована с использованием стереолитографии.

Используемый в настоящем документе термин «подложка» означает физический объект, на который помещаются или на котором формируются другие объекты.

Используемый в настоящем документе термин «промежуточная линзообразующая реакционная среда» означает реакционную смесь, которая может оставаться текучей или нетекучей на форме для заготовки линзы. Однако промежуточную линзообразующую реакционную среду в значительной степени удаляют одним или более из: очистки, сольватирования и гидратации перед ее встраиванием в офтальмологическую линзу. Таким образом, следует уточнить для ясности, что комбинация формы для заготовки линзы и промежуточной линзообразующей реакционной смеси не составляет заготовку линзы.

Используемые в настоящем документе термины «воксел» или «воксел актиничного излучения» означают элемент объема, представляющий некоторую величину на регулярной сетке в трехмерном пространстве. Воксел может рассматриваться как трехмерный пиксел, причем если пиксел представляет элемент двухмерного изображения, то воксел имеет и третье измерение. Кроме того, хотя воксели часто используют для визуализации и анализа медицинских и научных данных, в настоящем изобретении воксел применяют для задания границ дозы актиничного излучения, попадающего в некоторый объем реакционной смеси и тем самым контролирующего скорость поперечной сшивки или полимеризации в конкретном объеме реакционной смеси. В

качестве примера, в рамках настоящего изобретения воксели считаются расположенными в один слой, прилегающими к двухмерной поверхности формы для литья, при этом актиничное излучение может быть направлено по нормали к двухмерной поверхности и по общей для всех вокселей оси. В качестве примера, конкретный объем
 5 реакционной смеси может быть поперечно сшит или полимеризован в соответствии с разбиением на 768×768 вокселей.

Используемый в настоящем документе термин «воксельная заготовка линзы» означает заготовку линзы, в которой форма для заготовки линзы образована с использованием литографии с разбиением рабочего пространства на воксели (растровая
 10 литография).

Используемый в настоящем документе термин «Xgel» означает степень химического превращения поперечно сшиваемой реакционной смеси, при которой доля геля в смеси становится больше нуля.

Устройство

Описанное в настоящем изобретении устройство по существу может быть разбито на пять основных подчастей, и первое обсуждение вариантов осуществления устройства будет систематизировано как логические обсуждения на уровне подчастей устройства. Такими подчастями являются растровое оптико-литографическое устройство, капиллярное устройство, устройство стабилизации и фиксации, устройство измерения
 20 и устройство гидратации. Тем не менее все перечисленные подчасти также функционируют как единое устройство, и это необходимо принимать во внимание при рассмотрении возможных вариантов осуществления подчасти.

Растровое оптико-литографическое устройство

Растровое оптико-литографическое устройство является компонентом, который
 25 использует актиничное излучение для создания форм и заготовок линзы. В настоящем изобретении устройство использует излучение с высокой равномерностью интенсивности и управляет экспозицией поверхности формирующего оптического элемента во множестве дискретных точек на поверхности формирующего оптического элемента, работая по существу по растровому принципу. Такое управление позволяет компоненту
 30 управлять глубиной протекания реакции в реакционной смеси по направлению излучения для конкретного положения каждого вокселя, в конечном итоге определяя объем прореагировавшего материала и, таким образом, форму заготовки линзы.

Основные компоненты растрового оптико-литографического устройства показаны на примере осуществления, представленном на фиг. 5. Каждый указанный на фигуре
 35 компонент будет подробно описан далее. В этой части будет представлено только общее описание способа функционирования подчасти устройства.

В соответствии с фиг. 5 формирующее устройство 500 в этом примере функционирования может функционально начинаться от источника излучения 520. В таких вариантах осуществления излучение, генерируемое данным источником 520,
 40 представляет собой излучение в заданном диапазоне длин волн, но с некоторым пространственным изменением интенсивности и направления. Элемент 530, регулятор пространственного распределения интенсивности, или коллиматор, конденсирует, рассеивает и в некоторых вариантах осуществления коллимирует излучение для создания потока излучения 540 с высокой равномерностью интенсивности. Затем в некоторых
 45 вариантах осуществления поток 540 направляется на цифровое зеркальное устройство (ЦМУ) 510, которое разделяет поток на элементы-пиксели, интенсивность каждого из которых может принимать цифровое значение - «вкл.» или «выкл.». В действительности зеркало в каждом из пикселей просто отражает излучение по одному из двух

направлений. Направление «ВКЛ.», элемент 550, является направлением, по которому фотоны достигают реакционной химической среды. С другой стороны, в некоторых вариантах осуществления в состоянии «ВЫКЛ.» отраженный свет направляется по другому направлению, которое расположено между направлениями, указанными на фигуре элементами 516 и 517. Направленные по направлению «ВЫКЛ.» фотоны попадают в ловушку пучка 515, которая изготовлена так, чтобы поглощать и не выпускать направленные к ней фотоны. Излучение, направленное по направлению «ВКЛ.» 550, на практике потенциально содержит множество лучей от различных пикселей, которые установлены в состояние «ВКЛ.» и направлены в пространстве по соответствующему независимому пути, ведущим к соответствующим пикселям. Средняя по времени интенсивность излучения от каждого из элементов-пикселей по соответствующим путям 550 может быть представлена в виде пространственного профиля интенсивности 560 на пространственной решетке, заданной ЦМУ 510. В альтернативном варианте при постоянной интенсивности падающего на каждое зеркало излучения элемент 560 может быть представлен в виде пространственно-временного профиля экспозиции.

Затем каждый находящийся во включенном состоянии элемент-пиксель будет направлять фотоны по соответствующему пути 550. В некоторых вариантах осуществления поток может быть сфокусирован с помощью фокусирующего элемента. В качестве примера, на фиг. 5 элемент 500 представляет собой вариант осуществления, в котором пути излучения 550 проецируются таким образом, что поток излучения падает по существу вертикально на оптическую поверхность формирующего оптического элемента 580. Затем отраженное излучение проходит через формирующий оптический элемент 580 и попадает в область пространства, в которой в емкости 590 находится реакционная смесь линзы. Именно взаимодействие данного излучения для заданного местоположения пикселя задает состояние «ВКЛ.» элемента-вокселя в объеме емкости 590, а также вокруг формирующего оптического элемента 580. Попадающие в этот объем фотоны могут быть поглощены и могут инициировать актиничную реакцию в поглотившей их молекуле, что приведет к изменению полимеризационного состояния мономера вокруг места поглощения.

Так в общих чертах можно описать принцип работы растрового оптико-литографического устройства в одном конкретном варианте осуществления настоящего изобретения. Каждый из данных элементов, в свою очередь, имеет собственные характеристики и варианты осуществления, в которых описаны режимы функционирования данного устройства. Для дополнительного понимания принципов изобретения желательно более глубоко разобраться в принципах работы отдельных систем.

После приведенного выше общего описания работы устройства перейдем к обсуждению системы в целом. В некоторых вариантах осуществления для получения офтальмологических линз используют растровые литографические системы в целом (графическое изображение поверхности волнового фронта для образованной таким образом линзы представлено на фиг. 4).

В некоторых вариантах осуществления возможен контроль условий рабочей среды устройства 500, включая температуру и влажность воздуха. В других вариантах осуществления рабочие среды устройства определяются лабораторными условиями, поэтому условия рабочей среды могут изменяться.

Состав газообразной рабочей среды можно контролировать, например, путем продувки газообразным азотом. Такую продувку можно выполнять для повышения

или понижения парциального давления кислорода до заданного уровня. Влажность также может поддерживаться на относительно заданном уровне, например, на уровне относительно меньшей влажности, чем в рабочей среде офисного помещения.

Другим параметром внешней среды, который можно контролировать в некоторых вариантах осуществления, является уровень вибрационной энергии, который допустим для отдельных компонентов устройства. В некоторых вариантах осуществления большие и массивные поддерживающие структуры задают рабочую среду с относительно низкими вибрациями. В других вариантах осуществления вся растровая литографическая система 500 или ее часть может быть размещена на несущих элементах с активным подавлением вибраций. Не ограничивая общий характер возможного решения, необходимо уточнить, что специалистам в данной области хорошо известно, что поршневая система развязки с воздушными демпферами может значительно снизить передачу вибрационной энергии на изолированную систему. Другие стандартные средства виброизоляции также могут соответствовать объему настоящего изобретения.

Наличие частиц в рабочей среде устройства может привести к нежелательному возникновению дефектов различных типов, включая попадание посторонних частиц в изготавливаемые линзы и заготовки линз. Например, на оптическом пути частицы могут модулировать фактическую интенсивность одного или более элементов-вокселей и/или повлиять на функционирование конкретного зеркального элемента. По этим причинам по меньшей мере процесс обеспечения мер по контролю концентрации частиц в рабочей среде находится в рамках объема настоящего изобретения. Одним примером варианта осуществления для достижения указанной цели может служить внедрение высокоэффективных аэрозольных воздушных фильтров (HEPA) в рабочей среде места установки устройства и обеспечение достаточной интенсивности потока воздуха через фильтры для установления ламинарного режима потока на открытых частях устройства. Тем не менее любой вариант осуществления, позволяющий значительно ограничить концентрацию частиц внутри и вокруг устройства, находится в рамках намеченного объема настоящего изобретения.

Другой аспект детальной вспомогательной системы оптического устройства, составляющего предмет настоящего изобретения, включает внешнее освещение и способы управления им. В некоторых вариантах осуществления внешний свет является источником актиничного излучения, поэтому необходимо ограничивать побочные источники фотонной энергии.

Таким образом, в некоторых вариантах осуществления устройство 500 может быть помещено в кожух из непрозрачного материала, позволяющий обеспечить указанные выше меры по контролю рабочей среды. В предпочтительном варианте осуществления в рабочей среде устройства можно использовать источники фильтрованного излучения, что может быть достаточно для защиты активных частей устройства от воздействия на них радиоактивного излучения рабочей среды.

На фиг. 6 рассматривается источник света 600, как показано в выделенной форме. Конкретные аспекты световой энергии могут считаться фундаментальным аспектом любой литографической системы, и в вариантах осуществления настоящего изобретения, предусматривающих применение растрового оптико-литографического устройства, характер используемого в системе источника излучения может быть важным.

В некоторых вариантах осуществления желательно, чтобы источник излучения 620 генерировал излучение в узком диапазоне спектра. Компоненты примера осуществления системы излучения 600 обеспечивают средства получения указанного узкого спектра. В предпочтительном варианте осуществления источник излучения включает светодиод

620, который установлен на вспомогательной системе и кожухе 610. В качестве примера, в некоторых вариантах осуществления светодиодный источник 620 может включать источник света модели AccuCure ULM-2-365 с контроллером производства компании Digital Light Lab Inc. (г. Ноксвилль, штат Теннесси, США). Источник этой модели
 5 излучает свет в узкой области спектра с центром на длине волны 365 нм и дополнительно имеет характеристики с полной шириной при максимальной полувысоте приблизительно 9 нм. Таким образом, этот доступный в продаже компонент источника излучения обеспечивает излучение в желательной узкой области спектра, при этом отсутствует
 10 необходимость в дополнительном устройстве. Следует понимать, что также можно использовать любой светодиод или иной источник излучения с аналогичными характеристиками.

Альтернативно можно использовать источники излучения с более широким спектром, например, дуговые угольные лампы накаливания или ксеноновые лампы 620. В таком альтернативном варианте можно использовать широкополосный источник излучения
 15 620. Излучение генерируется в защитном кожухе 610 и проходит через барабан с фильтрами 630, установленный на источнике излучения 620. Барабан с фильтрами 630 может содержать множество отдельных фильтров 631 в разных рабочих местоположениях, и эти фильтры 631, например, могут включать полосовой фильтр, пропускающий излучение с центром на длине волны 365 нм и полной шириной полосы
 20 пропускания на максимальной полувысоте приблизительно 10 нм. В этом варианте осуществления барабан с фильтрами может быть приведен в действие с помощью исполнительного устройства с электроприводом 610, позволяющим поворачивать барабан с фильтрами к разным фильтрам, поэтому пример осуществления растровой литографической системы 500 может работать на множестве выбираемых длин волн.

Следует понимать, что может быть реализовано множество альтернативных вариантов осуществления, включая, без ограничений, возможность фиксированного закрепления фильтра 631 поблизости от широкополосного источника света 620, и обеспечен соответствующий вариант осуществления. В другом аспекте возможность
 25 работы на множестве длин волн может быть обеспечена в альтернативном варианте осуществления, который предусматривает, что в рабочей среде 610 находится множество светодиодных источников излучения 620, которые активируются по отдельности для получения разных длин волн.
 30

Более конкретно, следует понимать, что некоторые варианты осуществления могут включать различные источники излучения, включая, например, лампу накаливания,
 35 лазер, светодиод и другие аналогичные продукты с использованием или без использования фильтров различного типа. Кроме того, в некоторых вариантах осуществления можно использовать источники излучения, способные генерировать излучение в регулируемой спектральной полосе, и эта возможность также входит в рамки объема настоящего изобретения.

Источники излучения 600 могут дополнительно иметь характеристики стабильности, однородности и относительно высокой интенсивности. В некоторых предпочтительных вариантах осуществления светодиодный источник излучения AccuCure 620 генерирует интенсивное излучение и включает внутренний управляющий контур обратной связи, поддерживающий интенсивность излучения неизменной во времени.
 40

Источники излучения 620 могут включать средства контролируемой модуляции интенсивности излучения, включая регулирование включения и выключения источника с заданной периодичностью. Таким образом, данный режим регулирования интенсивности позволяет получать выборочный средний по времени уровень
 45

интенсивности за единый промежуток времени. Альтернативно в дополнительном варианте осуществления светодиодный источник может регулировать интенсивность с помощью рабочего режима, управляемого напряжением, где изменение интенсивности производится путем установки не зависящего от времени уровня излучаемой мощности.

5 Для обеспечения стабильности выходной мощности любого компонента источника излучения 620 могут вводиться дополнительные элементы контроля рабочей среды источника излучения, что приводит к возможности создания дополнительных вариантов осуществления. Примеры этого аспекта могут включать средства контроля температуры с использованием систем охлаждения. Другие элементы контроля рабочей среды могут
10 включать различные определения вариантов осуществления, соответствующие целям настоящего изобретения.

В другом аспекте устройство источника излучения 600 предлагает альтернативный вариант осуществления для модулирования интенсивности. Отдельный источник излучения 620 может работать в режиме генерирования постоянной интенсивности, а
15 барабан с фильтрами 630 можно активировать с помощью исполнительного устройства с электроприводом 610, вводя на пути излучения нейтральный фильтр 631. Таким образом, интенсивность излучения, поступающего в остальные части растровой литографической системы 500, будет модулирована в сторону уменьшения. С точки зрения общности возможных подходов можно отметить, что в конфигурации отдельных
20 светофильтров 631 может быть предусмотрено множество степеней свободы, что может включать создание различных аспектов варианта осуществления. В качестве неограничивающего примера, фильтр может быть выполнен с возможностью модулировать интенсивность с заданным пространственным профилем, так что интенсивность излучения, проходящего по одному пути через фильтр, будет выше
25 интенсивности излучения, проходящего по другому пути. В качестве второго неограничивающего примера, барабан может быть выполнен с возможностью модулировать интенсивность так, чтобы синхронизировать ее с работой ЦМУ, тем самым позволяя координировать пиксели с интенсивностью, заданные значениями оптической плотности каждого сегмента барабана с фильтрами. Альтернативные
30 варианты осуществления предлагают комбинации таких режимов работы. Также следует понимать, что любые средства управления интенсивностью излучения с описанными выше характеристиками находятся в рамках объема настоящего изобретения.

Независимо от варианта осуществления компонента источника излучения 620 и его рабочей среды, вариант осуществления, включающий барабан с фильтрами 630,
35 позволяет реализовать вариант осуществления режима работы с установкой на пути излучения элемента фильтра 631, который полностью блокирует излучение от прохождения в остальные части оптической системы 500. Включение такой функции может быть сопряжено с многочисленными преимуществами, включая стабильность и увеличение срока службы находящихся на пути потока излучения оптических
40 компонентов. Кроме того, в некоторых вариантах осуществления стабильность компонента источника излучения 620 может повышаться, если источник работает непрерывно. Блокирующий фильтр 631 может обеспечить реализацию этапов в остальных частях рабочей системы, которые требуют отсутствия излучения от источника излучения 600. Специалисту в данной области может быть очевидно, что, несмотря на
45 то что для установки барабана с фильтрами 630 описано конкретное место, возможны различные местоположения его размещения по оптическому пути излучения, что может приводить к созданию приемлемых вариантов осуществления, находящихся в рамках объема настоящего изобретения.

В состав растрового оптико-литографического устройства дополнительно входит гомогенизирующий и коллимирующий оптический элемент. Устройство выполнено с возможностью получения выходного излучения с источника излучения 520 и генерирования выходного излучения 540 с более равномерным распределением интенсивности, которое сфокусировано на ЦМУ 510. С точки зрения общности используемых подходов можно достичь целей настоящего изобретения и в отсутствие такого компонента, в особенности если источник излучения имеет компоненты аналогичного назначения.

Предпочтительный вариант осуществления такого устройства 700 изображен на фиг. 7. Как было указано, задача этой части устройства заключается как в коллимировании излучения от источника излучения, так и в обеспечении однородности данного излучения относительно интенсивности. В предпочтительном варианте осуществления светодиодный источник излучения AccuCure 620 с длиной волны 365 нм имеет прикрепленные оптические компоненты для коллимирования выходного потока излучения. В более общем варианте осуществления такое коллимирующее устройство будет включать первый компонент этого коллимирующего и гомогенизирующего компонента. Однако в предпочтительном варианте осуществления достаточно коллимируемый в источнике излучения 620 поток излучения проходит в устройство 700 и попадает на набор фокусирующих оптических элементов 710 диаметром приблизительно 2,54 см (1 дюйм). Эти оптические элементы включают готовые компоненты линзы, поставляемые, например, компанией CVI Laser, Inc. (г. Альбукерке, штат Нью-Мексико, США).

Такие две линзы 710 фокусируют излучение источника на оптический световод 720. Главная функция этого компонента 720 заключается в обеспечении однородности входного потока излучения в процессе выравнивания неравномерности пространственного распределения интенсивности. Оптический световод 720 включает шестигранный оптический световод, изготовленный из акрилового материала УФ-класса. Несмотря на то что выше были изложены конкретные детали варианта осуществления, должно быть очевидно, что любой альтернативный вариант осуществления, предусматривающий оптическое устройство для обеспечения пространственной равномерности излучения от источника, включает решения, подпадающие под объем настоящего изобретения.

Выходящий из оптического световода 720 однородный поток излучения фокусируется стандартным оптическим элементом 730, который также является линзой такого типа, которую поставляет, например, компания CVI Laser, Inc. (г. Альбукерке, штат Нью-Мексико, США). После этого сфокусированный поток излучения проходит через апертурную диафрагму 740 на набор фокусирующих элементов 750 диаметром приблизительно 5,08 см (2 дюйма). Такие фокусирующие элементы также являются готовыми оптическими элементами, поставляемыми, например, компанией Thorlabs Inc. (г. Ньютон, штат Нью-Джерси, США). После этого задача фокусирующих оптических элементов 750 заключается в направлении излучения в фокальную точку на цифровом зеркальном устройстве (ЦМУ) 510. На этом путь излучения в секции освещения растровой литографической системы завершается. Возможно множество вариантов осуществления, которые могут изменять аспекты коллимирующего и гомогенизирующего компонентов для достижения аналогичной цели - освещения ЦМУ 510 интенсивным однородным потоком излучения с требуемой центральной длиной волны и спектральной шириной, которые находятся в рамках объема настоящего изобретения.

В предпочтительном варианте осуществления элементы системы освещения 520 и 530 направляют поток излучения (показанный как элемент 820 устройства 800 на фиг. 8) в область на и непосредственно вокруг активных элементов, которые содержат цифровое зеркальное устройство 510 компании Texas Instruments. Используемое в предпочтительном варианте осуществления ЦМУ было получено как компонент набора разработчика ЦМУ: DMD Discovery 3000, поставляемого компанией DLi (Digital Light Innovations, г. Остин, штат Техас, США). В набор входит плата DLi DMD Discovery 3000 с установленным чипом ЦМУ DLPtm XGA DMD компании Texas Instruments (768 x 1024 зеркал) с диагональю 1,8 см (0,7 дюйма) в исполнении с прозрачным для УФ-излучения окном. В набор также входит плата высокопроизводительного процессора обработки излучения ALP-3, сопряженная с платой D3000 и выполняющая функцию связующего звена между компьютером и платой D3000. Эти компоненты вместе включают элемент 810 на фиг. 8, на котором показаны компоненты системы формирования изображения 800 данного предпочтительного варианта осуществления растровой литографической системы. Подробное описание ЦМУ DLPtm XGA компании Texas Instruments можно получить непосредственно в компании Texas Instruments в форме технического справочного руководства по начальному набору цифрового контроллера ЦМУ Discoverytm 3000 (DDC3000).

Устройство ЦМУ 810 может осуществлять функцию пространственной модуляции интенсивности излучения, поступающего из системы освещения. ЦМУ компании Texas Instruments выполняет такую функцию цифровым способом, отражая излучение микрозеркальными компонентами, каждому из которых соответствует уникальное положение на пространственной сетке активной области устройства. Поэтому интенсивность излучения, отражаемого ЦМУ 810 и проходящей ниже в систему формирования изображения 800, в целом не изменяется, однако путем регулирования скважности импульсов, переключающих зеркала во включенное состояние или в выключенное состояние, можно изменять среднюю по времени интенсивность излучения, отражаемого от отдельно взятого пиксела в рабочем направлении.

В других вариантах осуществления для контроля доставляемого в отдельный воксел излучения может применяться пространственный модулятор света (ПМС), например, поставляемый немецкой компанией Fraunhofer Institut Photonische Microsysteme, который может осуществлять функцию компонента пространственной модуляции интенсивности 810. Зеркалоподобная поверхность ПМС может фактически состоять из множества (напр., тысяч) небольших подвижных зеркал, каждому из которых соответствует ячейка памяти в интегральной схеме. Изображение в виде желательного профиля интенсивности направляется в ПМС, отдельные зеркала которого в результате этого либо искривляются, либо остаются плоскими (в отличие от ЦМУ компании Texas Instruments, к которому микрозеркала поворачиваются или наклоняются). Отраженное от искривленных зеркал излучение рассеивается таким образом, что оно не проходит и не доходит до фоточувствительной химической смеси.

На фиг. 8, как указано выше, активный элемент системы формирования изображения ЦМУ 810 обрабатывает излучение в цифровом виде, отражая его в одном из двух направлений. Направление отражаемого в выключенном состоянии луча выбрано таким образом, что излучение никогда не попадает в область пространства с фоточувствительной химической смесью. Для обеспечения полного поглощения излучения, отраженного в направлении «ВЫКЛ.», в состав системы формирования изображения 800 может входить ловушка пучка 830. Такая ловушка имеет поверхности с более высоким коэффициентом поглощения, которые поглощают практически все

попадающее на них излучение, при этом отраженный свет направляется только дальше вглубь ловушки. В предпочтительном варианте осуществления в качестве неограничивающего примера эти поверхности включают нейтральные поглощающие стеклянные пластины, например, поставляемые компанией Hoya Inc. (г. Токио, Япония).

5 Излучение, отраженное от находящихся во включенном положении зеркальных элементов, направляется по другому пути к фокусирующим элементам 840. Как и другие оптические элементы, эти фокусирующие линзы диаметром приблизительно 2,54 см (1 дюйм) представляют собой готовые компоненты, поставляемые, например, компанией Thorlabs Inc. (г. Ньютон, штат Нью-Джерси, США). Фокусирующие линзы 840
10 фокусируют излучение в состоянии «вкл.», поступающее от ЦМУ 810, в виде изображения на формирующий оптический элемент, где и протекает фотоиницируемая реакция в реакционной смеси мономера.

В некоторых вариантах осуществления желательно обеспечить средство формирования изображения и контроля состояния оптического тракта непосредственно,
15 а не определять их по результатам полученных линз. В предпочтительном варианте осуществления растрового оптико-литографического устройства предусмотрена возможность непосредственного контроля. Фокусируемое на формирующий оптический элемент 580 излучение может быть перехвачено зеркалом 850, которое может быть установлено на пути или убрано с пути потока. Затем направляемое таким образом
20 излучение попадает на фотодетектирующее устройство визуализации 860.

Как показано на фиг. 9, компоненты формирующего устройства 900 направляют поток в конечную целевую область реакционной смеси. Как указано выше, в некоторых вариантах осуществления данное излучение было сфокусировано с нормальной ориентацией по отношению к поверхности формирующего оптического элемента 930
25 самого по себе. В представленном на изображении варианте осуществления 900 излучение может падать практически вертикально на поверхность формирующего оптического элемента 930. В альтернативных вариантах осуществления может быть предусмотрена линза, удерживаемая крепежным кольцом или иным фиксирующим устройством, представленным под номером 921, который может поддерживать
30 правильную ориентацию указанной линзы по отношению к формирующему оптическому элементу 930. С точки зрения общности используемых подходов следует отметить, что настоящее изобретение включает множество вариантов осуществления, связанных с путем для излучения, направляемого в отдельные воксели по поверхности оптического элемента 930.

35 Как показано на фиг. 9, поскольку относительная ориентация емкости и формирующего оптического элемента с потоком излучения имеет значение, в некоторых вариантах осуществления может быть задан механизм их взаимного размещения, представленный на фигуре как взаимодействие элемента удерживания формирующего оптического элемента 970 и емкости, содержащей реакционную смесь мономера 950.
40 Согласование двух указанных элементов также обеспечит эффективное управление центрированием емкости 950 по отношению к поверхности формирующего оптического элемента 930. В некоторых вариантах осуществления эффективность регулирования также может быть повышена путем использования распорного кольца 951. Образующий кольцом зазор также позволит регулировать объем реакционной смеси мономера,
45 вводимой в емкость 950.

На фиг. 9 также продемонстрирован дополнительный аспект варианта осуществления, связанный с контролем газов в атмосфере, которые находятся рядом с реакционной смесью мономера. Поскольку в некоторых вариантах осуществления присутствие

кислорода может изменять фотохимические процессы в мономерах и выступать в роли ловушки фотогенерируемых свободных радикалов, в некоторых вариантах осуществления его нужно исключить из атмосферы, окружающей емкость 950. В представленном на фиг. 9 варианте осуществления 900 это достигается путем использования защитной оболочки 990. Продувка инертным газом, например, азотом, через элемент 960 позволяет удалить кислород из рабочей среды. В еще одном варианте осуществления уровень кислорода может поддерживаться на необходимом уровне путем контролируемого разбавления в газе, подаваемом через элемент 960 и продуваемом через защитную оболочку 990. Стандартные регуляторы массового расхода газа для получения постоянного уровня разбавления кислорода в поступающем в элемент 960 газе хорошо известны в данной области и включают варианты осуществления, отвечающие сущности настоящего изобретения.

Емкость 950, содержащая реакционную смесь, может быть заполнена соответствующим объемом указанной реакционной смеси. В некоторых вариантах осуществления такое заполнение может производиться до размещения формирующего оптического элемента 930 относительно емкости 950. В других вариантах осуществления формирующий оптический элемент 930 и емкость 950 могут быть помещены вовнутрь защитной оболочки 990 и продуты потоком газа, поступающего через элемент 960. Также перед использованием реакционной смеси может осуществляться ее фильтрация. Затем в емкость 950 может подаваться необходимый количественный объем реакционной смеси 945.

Возможно множество способов передачи реакционной смеси 945, включая наполнение вручную, автоматическое дозирование текучей среды или заполнение до тех пор, пока индикатор уровня не покажет необходимый уровень заполнения емкости 950 реакционной смесью 945. С точки зрения общности используемых подходов специалисту в данной области будет очевидно, что возможно множество вариантов осуществления способов передачи необходимого количества реакционной смеси 945, при этом такие способы находятся в рамках объема настоящего изобретения.

Для таких вариантов осуществления, в которых уровень кислорода критичен для протекания фотохимических реакций, может быть очевидно, что кислород может присутствовать в виде газа, растворенного в реакционной смеси мономера 945. В таком варианте осуществления необходимо использовать средства для установления определенной концентрации кислорода в реакционной смеси мономера 945. Для достижения этой цели ряд вариантов осуществления включает выдерживание смеси в газовой рабочей среде, через которую проходит поток продувочного газа 960. В альтернативных вариантах осуществления можно использовать вакуумную продувку растворенных газов в подающем сосуде со смесью мономера и восстановление желательного количества кислорода во время дозирования смеси путем газового обмена с дозируемой жидкостью через соответствующую мембрану. Следует понимать, что в рамках настоящего изобретения любые средства достижения определенных концентраций растворенного газа на подходящем уровне являются приемлемыми. Более того, в более общем смысле другие материалы также могут выступать в качестве ингибиторов в присутствии или в отсутствии растворенного кислорода. С более общей точки зрения, объем настоящего изобретения предполагает варианты осуществления, включающие устройство для достижения и поддержания соответствующего уровня ингибитора.

На фиг. 10 представлен пример формы формирующего оптического элемента, а также устройства для его удерживания и размещения 1000. Структура, удерживающая

формирующий оптический элемент, может включать плоский стеклянный диск 1040. Формирующий оптический элемент может быть размещен и закреплен с помощью оптически приемлемого адгезива 1020 с использованием сборочного стенда для обеспечения центрирования диска и формирующего оптического элемента. Плоская
5 поверхность диска обеспечивает положительную ориентацию в вертикальном направлении, а центровочный прорез 1030 и другие, не представленные на фигуре, плоские поверхности могут обеспечивать радиальный и горизонтальный контроль позиционирования.

Обращаясь к фиг. 11, диск 1000 сопрягается с системой емкостей 1100. При этом
10 плоские поверхности устанавливаются на три сопряженные поверхности 1130. Некоторые варианты осуществления могут дополнительно включать подпружиненный позиционирующий штифт 1120, который точно входит и располагается в элементе 1030. Два неподвижных позиционирующих штифта (не показаны) входят в зацепление с двумя другими плоскими поверхностями на узле формирующего оптического элемента.
15 Такая комбинация кинематически позиционирует узел формирующего оптического элемента по всем степеням свободы, обеспечивая таким образом воспроизводимое и надежное средство позиционирования формирующего оптического элемента на оптическом пути излучения. В некоторых вариантах осуществления также может быть предусмотрена емкость для вмещения реакционного мономера 1110. С точки зрения
20 общности используемых подходов, в рамках описанного в настоящем документе изобретения существует множество вариантов осуществления в соответствии с областью изобретения способов центрирования формирующего оптического элемента, очевидных для специалиста в данной области, для размещения такого оптического элемента поблизости от емкости, содержащей реакционную смесь, а также для размещения одного
25 или более из таких устройств в условиях контролируемой окружающей среды.

Формирующий оптический элемент 1010 обеспечивает по меньшей мере частичное пропускание актиничного излучения в желательной спектральной области. Соответственно, в различных вариантах осуществления формирующий оптический элемент 1010 может включать, например, один или более из: кварца, пластмассы, стекла
30 или иного материала, проводящего в диапазоне длин волн, используемых для полимеризации реакционной смеси мономера. Также следует дополнительно отметить, что форма формирующего оптического элемента 1010 включает одну из поверхностей 1011 с характеристиками, передаваемыми линзе или заготовке линзы, формируемой на поверхности 1011 путем полимеризации, инициируемой формирующим актиничным
35 излучением, которое поступает через формирующий оптический элемент 1010. Множество вариантов осуществления формы могут включать область изобретения, описанную в настоящем документе.

В рамках различных вариантов осуществления, которые можно использовать для конфигурации и характеристик формирующего оптического элемента 1010, отдельные
40 примеры указанных элементов могут иметь уникальные аспекты, связанные, например, с использованным при изготовлении материалом, технологическим процессом, историей применения и/или иными аспектами. Эти аспекты могут взаимодействовать или не взаимодействовать с полнофункциональной растровой литографической системой 500, создавая уникальный комплекс смещений повоксельного профиля интенсивности
45 излучения, необходимого для получения конечного продукта с заданными характеристиками. Таким образом, некоторые варианты осуществления могут включать средства подготовки формирующих оптических элементов 1010, поддержания и отслеживания их работы. В качестве примера, один вариант осуществления может

включать нанесение кодированной идентификационной метки в машиночитаемой форме на плоскую поверхность носителя формирующего оптического элемента 1040.

Дополнительные варианты осуществления могут включать, например, прикрепление радиочастотного идентификационного устройства вместе с указанной

5 идентификационной меткой для машинного считывания. Существует множество иных вариантов осуществления способов идентификации отдельных носителей формирующих оптических элементов 1040, которые находятся в рамках объема настоящего изобретения.

Итоговый продукт, который получают при использовании растрового оптико-
10 литографического оборудования 500, может включать множество вариантов осуществления. В одном варианте осуществления, как показано на элементе 900, активный продукт 940 будет сформирован на поверхности формирующего оптического элемента 930, находясь при этом в оставшейся реакционной химической смеси 945. Операция по извлечению формирующего оптического элемента 930 с активным
15 продуктом 940 из химической смеси 945 может включать дополнительные варианты осуществления устройства. В некоторых таких вариантах осуществления формирующий оптический элемент 930 и удерживаемый на его поверхности силами адгезии активный продукт 940 могут быть извлечены из химической смеси 945, например, с помощью автоматического робота-манипулятора.

В некоторых вариантах осуществления полученное в результате описанного процесса изделие может представлять собой объект, называемый заготовкой линзы. Эта заготовка линзы при формировании может удерживаться на поверхности формирующего
20 оптического элемента силами адгезии. Схематическая иллюстрация 1700 показывает, из чего может состоять заготовка без подложки или формирующего оптического
25 элемента, на котором заготовка линзы может удерживаться силами адгезии. Несмотря на схематичность, на иллюстрации представлены основные элементы заготовки линзы. Активный продукт имеет твердый компонент, называемый формой для заготовки линзы и указанный как элемент 1740. В этом варианте осуществления сторона, которой заготовка прикреплена к формирующему оптическому элементу (формирующий
30 оптический элемент не показан), указана как оптическая поверхность под номером 1750. Теперь форма для заготовки линзы 1740 имеет поверхность 1730, которая была задана в результате работы растровой оптико-литографической системы 500. К данной поверхности 1730 присоединена текучая линзообразующая реакционная смесь 1745. В таких вариантах осуществления среда 1745 останется на формирующем оптическом
35 элементе, на котором она может проходить дополнительную обработку, например, как описано в настоящем документе.

Устройство удаления текучего материала

Заготовка линзы 1700, которая в некоторых вариантах осуществления была получена на описанной ранее растровой оптико-литографической системе 500, задает новый
40 объект. Устройство удаления текучего материала (иногда также называемое капиллярным устройством) представляет собой один набор устройства, который может воздействовать на заготовку линзы 1700, как подробно описано ниже.

На фиг. 12 схематически показаны некоторые аспекты варианта осуществления устройства удаления текучего химического материала 1200. На фигуре заготовка линзы
45 показана прикрепленной к формирующему оптическому элементу 1250, к которому прикреплена центрирующая плита 1260. Комбинация элементов показана как вариант осуществления, в котором поверхность заготовки линзы обращена вниз. Текучая линзообразующая реакционная смесь 1240 может перемещаться под воздействием

различных сил, в том числе силы тяжести. Капиллярное устройство 1210 расположено в непосредственной близости от текучей линзообразующей реакционной смеси 1240, рядом с ней и в капле текучего химического материала, которая скопилась в нижней точке поверхности линзы. В предпочтительном варианте осуществления капиллярное устройство может включать полимерный капилляр, изготовленный из необработанной

5 пластиковой микрогематокритической трубки типа Safecrit, модель HP8U. В альтернативном варианте капилляр также может включать стекло, металл или иной материал, совместимый с физическими и химическими требованиями к удалению текучего химического материала.

10 Текучий химический материал 1240 втягивается вовнутрь капилляра 1210 и образует объем 1241, который извлекается из заготовки линзы. В одном варианте осуществления этот процесс может повторяться множество раз. После обработки на поверхности формы для заготовки линзы 1750 заготовки линзы 1200 остается сниженное количество текучей линзообразующей реакционной смеси.

15 Такая обработка может затрагивать различные аспекты текучей линзообразующей реакционной смеси, включая, например, отделение и удаление менее вязких компонентов текучей линзообразующей реакционной смеси. Специалистам в данной области будет очевидно, что возможно множество различных вариантов осуществления, связанных со способом осуществления процесса удаления химического материала и входящие в

20 объем настоящего изобретения.

Как правило, варианты осуществления могут включать множество физических конфигураций процесса удаления химического материала с поверхности. Примером другого варианта осуществления может быть приведение в действие компонента вакуумной системы 1220 для более эффективного удаления текучей линзообразующей

25 реакционной смеси 1240. В качестве неограничивающего примера, в другом варианте осуществления можно использовать несколько экземпляров капиллярного устройства 1210, размещенных таким образом, что концы капилляров повторяют геометрическую форму поверхности формирующего оптического элемента 1250. Кроме того, удаление химического материала может производиться с помощью материала с большой

30 площадью поверхности, например, губки, или с помощью наноматериалов с большой площадью поверхности. Вернемся к описанной ранее концепции. В альтернативном варианте осуществления можно использовать регулирование скорости извлечения заготовки линзы, находящейся на формирующем оптическом элементе 930, из реакционной смеси 945. В этом варианте осуществления силы поверхностного натяжения

35 могут включать форму удаления химического материала, аналогичную этапу капиллярного удаления материала, и приводить к снижению количества текучей линзообразующей реакционной смеси 1710 на готовой заготовке линзы. С точки зрения общности используемых подходов множество вариантов осуществления устройства, способного выполнять функцию удаления частей текучей линзообразующей реакционной

40 смеси 1240, находятся в рамках объема настоящего изобретения.

Компонент вакуумной системы 1220 в предпочтительном варианте осуществления имеет альтернативную функцию по отношению к ранее заданной функции. При обработке множества заготовок линз устройство удаления химического материала 1200 будет производить удаление химического материала множество раз. Компонент

45 вакуумной системы 1220 можно использовать для очистки и откачки материала из капиллярного устройства 1210. Другой вариант осуществления может включать пропускание через капиллярное устройство 1210 потока очищающего растворителя в сочетании с работой компонента вакуумной системы 1220.

По существу представленные на фиг. 12 варианты осуществления 1200 иллюстрируют принцип функционирования системы удаления химического материала и подробно рассматривают задействованные компоненты. С другой стороны, на фиг. 13 представлен более общий вид некоторых вариантов осуществления системы удаления химического материала 1300 для помощи в более простом описании как оборудования, используемого в предпочтительном варианте осуществления, так и некоторых изменений системы. Представленное на фиг. 13 устройство 1300 включает компонент капиллярного удаления 1305 и заготовку линзы, установленную на формирующем оптическом элементе с несущей плитой 1306 в аналогичной конфигурации с заготовкой линзы, обращенной строго вниз.

Как показано на фиг. 13, может быть очевидно, что в альтернативных вариантах осуществления капиллярное устройство 1305 может быть смещено в сторону от центра расположенной на формирующем оптическом элементе заготовки линзы 1306. Под элементом 1330 показан координатный стол, перемещаемый по одной из осей в плоскости xy. Перемещение стола используется для смещения капилляра для выравнивания по центру формирующего оптического элемента. В качестве примера элемент 1330 показан в виде предпочтительного варианта осуществления - ручного верньерного механизма. Однако специалисту в данной области может быть очевидно, что регулировка может производиться автоматическим устройством, например, содержащим шаговые двигатели. В более общем смысле, в рамках настоящего изобретения для перемещения координатного стола XY возможно использовать автоматическое оборудование разных уровней сложности. В еще более общем смысле, а также для упрощения последующего обсуждения можно считать, что любая возможность перемещения устройства может предусматривать аналогичную свободу выбора возможного варианта осуществления.

Элемент 1320 - устройство держателя формирующего оптического элемента - включает устройство для гибкого удержания формирующего оптического элемента в желательном фиксированном положении. Для носителя формирующего оптического элемента 1000, описанного выше, можно использовать схемы позиционирования, аналогичные используемым в растровом оптико-литографическом устройстве 500 в этом варианте осуществления. Альтернативные варианты осуществления могут предусматривать перемещение устройства держателя формирующего оптического элемента 1000 с использованием средств автоматизации. Следует понимать, что множество альтернативных способов удержания формирующего оптического элемента и его фиксации в необходимом положении в устройстве удаления текучего химического материала представляют собой согласованные аспекты настоящего изобретения.

До сих обсуждались по существу варианты осуществления, в которых ось формирующего оптического элемента находилась в перпендикулярном положении относительно горизонтальной плоскости и по направлению силы тяжести. В альтернативных вариантах осуществления может быть предусмотрена возможность поворота оси под некоторым углом к указанной перпендикулярной ориентации. Элемент 1350 включает средство регулировки для изменения угла ориентации оси формирующего оптического элемента относительно направления силы тяжести. Фундаментальным эффектом такого изменения будет являться сбор капли текучего вещества 1710 на заготовке линзы в месте, не являющемся центром формирующего оптического элемента. В некоторых вариантах осуществления такая возможность сбора жидкой среды в отличной от центра точке может иметь преимущества.

Ряд указанных на фиг. 13 элементов имеет отношение к вертикальному

позиционированию капиллярного устройства 1306 относительно текучей среды на заготовке линзы. Например, элемент 1340 может включать грубую или приблизительную регулировку положения по этой координате путем перемещения несущей капилляр 1306 платформы по вертикальной оси. Кроме того, элемент 1345 включает точную 5 регулировку положения по этой координате. Аналогично этому возможно регулировать несущий формирующий оптический элемент платформы 1310 относительно капиллярного устройства 1306 по этой же оси. Элемент 1370 включает устройство точной регулировки, предназначенное для этих целей.

Для обеспечения возможности перемещения капиллярного устройства в различных 10 положениях предусмотрено поворотное устройство 1360. Например, такой вариант осуществления может позволить упростить и автоматизировать процедуру замены капиллярного устройства 1306.

Как было указано ранее, допустимо множество вариантов осуществления, относящихся к автоматизации перемещения различных компонентов устройства 15 удаления текучего химического материала 1300. Однако помимо этого альтернативные варианты осуществления также полностью находится в рамках объема настоящего изобретения, включая процесс измерения оптических характеристик для контроля над процессом удаления химического материала. Дополнительные альтернативные варианты осуществления такого контроля могут включать, например, использование датчиков 20 уровня жидкости различных типов. Если обобщить, то специалисту в данной области должно быть очевидно, что процесс контролируемого удаления части текучей химической смеси с твердой подложки может потребовать использования множества датчиков и измерительного устройства.

Сущность вариантов осуществления, относящихся к устройству для удаления текучей 25 линзообразующей реакционной химической смеси, описанному в настоящем документе, включает способы и устройство удаления части химического материала 1710 с поверхности формы для заготовки линзы 1730. Специалисту в данной области может быть очевидно, что использование этапов химической очистки может включать варианты осуществления с более агрессивными процедурами очистки. Использование 30 стандартных для отрасли способов очистки позволяет частично или практически полностью удалять текучую линзообразующую реакционную химическую смесь 1710. По определению устройство, позволяющее выполнять такую очистку, изменяет форму заготовки линзы 1700, придавая ей другую форму. Однако в некоторых вариантах осуществления может быть предусмотрена возможность восстановления заготовки 35 линзы после указанной очистки путем нанесения реакционной смеси на поверхность формы для заготовки линзы 1730, например, путем осаждения, напыления, струйной печати или с помощью капилляра.

В других вариантах осуществления удаление химического материала может производиться без использования внешнего по отношению к форме для заготовки 40 линзы 1740 оборудования. В альтернативном варианте, поскольку конфигурация формы для заготовки линзы 1740 может быть задана множеством вариантов осуществления, существуют конфигурации формы для заготовки линзы, которые могут включать топографические углубления или каналы (представленный на фиг. 4 элемент 440 включает некоторые примеры осуществления таких элементов и описан в других 45 разделах настоящего документа) в некоторых местоположениях формы для заготовки линзы 1740. Путем направления текучей линзообразующей реакционной смеси 1710 в каналы может быть достигнуто снижение количества текучей линзообразующей реакционной смеси 1710 на форме для заготовки линзы 1740, что может представлять

собой указанный альтернативный вариант осуществления процедуры удаления химического материала. По существу может быть очевидно, что в вариантах осуществления такого типа фактическая форма топографических элементов рельефа поверхности для реализации указанной функции таким способом может изменяться и может быть сгенерирована на поверхности свободной формы.

Устройство стабилизации и фиксации

Заготовка линзы 1700 включает основу для дополнительных вариантов осуществления устройства для изготовления офтальмологической линзы на заказ. Текущий слой на поверхности заготовки линзы, представленный на иллюстрации одного варианта осуществления как слой 1710, открывает новые способы формирования поверхности офтальмологической линзы оптического качества. При переворачивании заготовки линзы в вертикальное положение текучая среда может со временем перемещаться. При определенных условиях, например, по прошествии определенного периода времени, текущий слой может перераспределяться под действием как сил тяжести, так и поверхностного натяжения для стабилизации. Поверхность стабилизированной текучей линзообразующей реакционной смеси 1710 может быть представлена как элемент 1720. В некоторых вариантах осуществления полученная поверхность 1720 может иметь высокое оптическое качество в сравнении с поверхностью 1730 формы для заготовки линзы 1740. Множество устройств могут обеспечить функцию стабилизации текучей линзообразующей реакционной смеси 1710.

На фиг. 14 представлен предпочтительный вариант осуществления стабилизирующего устройства 1400. Один аспект позволяет изолировать текучую систему от перемещений или энергии вибрации. В элементе 1400 для этого используется элемент 1450.

Относительно массивный стол 1450 может поддерживаться системой виброизоляции 1440. Поскольку в таких вариантах осуществления действует сила тяжести, массивный стол 1450 предпочтительно может иметь плоскую горизонтальную поверхность. Заготовка линзы 1410 может быть прикреплена к держателю формирующего оптического элемента 1430, который может быть прикреплен к удерживающему устройству 1451. В некоторых вариантах осуществления для контроля минимального времени достижения текучей средой относительно стабильного состояния можно использовать автоматический таймер.

В некоторых вариантах осуществления в используемое для стабилизации устройство включены прикрепленные компоненты для реализации этапа облучения заготовки линзы актиничным излучением для фиксации заготовки линзы 1700 с получением сформированной офтальмологической линзы. В некоторых вариантах осуществления фиксирующее излучение вызывает протекание фотохимических реакций только в текучей линзообразующей реакционной смеси 1710. В альтернативных вариантах осуществления и другие части заготовки линзы, такие как, например, форма для заготовки линзы 1740, могут подвергаться одной или более химическим трансформациям под воздействием фиксирующего излучения. Эксперту в данной области могут быть очевидны и другие варианты осуществления процедуры, основанные на изменениях с учетом природы материалов, составляющих заготовку линзы, которые входят в объем настоящего изобретения.

В элементе 1400 источник фиксирующего излучения указан как элемент 1460. В качестве примера, можно использовать источник излучения, аналогичный описанному ранее в контексте растровой оптико-литографической системы 520. Например, в некоторых вариантах осуществления источник излучения AccuCure ULM-2-420 с контроллером компании Digital Light Lab Inc. (г. Ноксвилль, штат Теннесси, США) 1460

может представлять собой приемлемый источник фиксирующего излучения 1461. После применения подходящих параметров для стабилизации контроллер источника фиксирующего излучения 1460 переводят во включенное состояние, направляя поток фиксирующего излучения 1461 на заготовку линзы и ее окрестности и образуя

5 офтальмологическую линзу в соответствии с одним вариантом осуществления. С точки зрения общности используемых подходов возможно множество вариантов осуществления, которые относятся к стабилизации или иному движению текущей линзообразующей реакционной смеси по поверхности формы для заготовки линзы 1730 с ее последующим облучением фиксирующим излучением.

10 В качестве примера, некоторые альтернативные варианты осуществления процесса обработки в фиксирующем устройстве могут включать обработку формы для заготовки линзы, с которой текучий материал был смыт в системе промывки. Поскольку такая форма для заготовки линзы в фиксированной форме может включать линзу с конкретными характеристиками, в рамках настоящего изобретения предусмотрены

15 варианты осуществления, в которых фиксирующее устройство можно использовать таким образом, что не предполагается использование стабилизирующего устройства. В более общем смысле, в рамках настоящего изобретения предусмотрено множество вариантов осуществления материалов и форм, в которых фиксирующее устройство может фиксировать материалы без предварительного растекания текучего материала

20 по поверхности, которую необходимо зафиксировать. В качестве примера, образованная с помощью растровой оптико-литографической системы форма для заготовки линзы, с которой смыли текучую линзообразующую реакционную смесь 1710, может также представлять собой вариант осуществления, в котором фиксирующее устройство может фиксировать заготовку линзы с образованием линзы.

25 Один набор вариантов осуществления включает альтернативные способы побуждения перемещения текучей линзообразующей реакционной смеси 1710. В качестве примера, в некоторых вариантах осуществления встряхивание поверхности заготовки линзы с текучей линзообразующей реакционной смесью 1710 может обеспечить перемещение текучей линзообразующей реакционной смеси 1710. Кроме того, например, в некоторых

30 вариантах осуществления может быть желательно обеспечить вращение заготовки линзы вокруг центральной оси способом, напоминающим широко используемый в технологии пленок способ нанесения покрытия центрифугированием.

В других вариантах осуществления можно использовать сведение к минимуму действующей на текучую линзообразующую реакционную смесь 1710 силы тяжести

35 путем контролируемого броска заготовки линзы 1410 на конкретное расстояние. В дополнительных вариантах осуществления изменение интенсивности воздействия силы тяжести может достигаться путем изменения уровня поверхности 1450, на которой находятся заготовка линзы 1410, формирующий оптический элемент 1420 и держатель 1430. Изменение уровня поверхности может приводить к изменению сил, действующих

40 в центральной оптической области текучей линзообразующей реакционной смеси 1710, и, таким образом, к ее перемещению.

В другом аспекте некоторые варианты осуществления могут включать химические или физические изменения текучей линзообразующей реакционной смеси 1710. В качестве примера, альтернативный вариант осуществления может включать введение

45 растворителя в текучий реакционный химического материал и вокруг него таким образом, чтобы изменить его текучие свойства. Кроме того, указанный вводимый материал также может воздействовать на характеристики поверхностной энергии компонентов системы заготовки линзы 1700. Свойства текучего реакционного

химического материала 1710 могут быть частично изменены с помощью фиксирующего излучения 1461 для изменения характеристик текучести способом, отличным от фиксации. В рамках настоящего изобретения возможно множество альтернативных вариантов осуществления общей природы, относящихся к изменению свойств текучей химической системы.

На преимущественно фундаментальном уровне природа реакционной химической смеси 945 может взаимодействовать с различными вариантами осуществления устройства для получения различных результатов. Следует понимать, что природа устройства стабилизации и фиксации 1400, а также различия в вариантах осуществления, связанные с изменением фундаментальных химических компонентов реакционной химической смеси, включают варианты осуществления в рамках объема настоящего изобретения. В качестве примера, они могут включать, например, изменения выбранной для фиксирующего излучения длины волны и могут быть реализованы в вариантах осуществления устройства, обеспечивающих гибкость выбора указанной длины волны фиксирующего излучения.

Поскольку материалы заготовки линзы могут включать часть образованной линзы, специалисту в данной области будет очевидно, что контроль параметров рабочей среды внутри и вокруг устройства стабилизации и фиксации является важным аспектом настоящего изобретения. Например, контроль наличия частиц, например, с использованием отфильтрованного НЕРА потока воздуха, может включать один вариант осуществления процесса контроля рабочей среды. Так как текучая среда чувствительна к актиничному излучению, контроль рассеянного света в рабочей зоне включает дополнительные возможности вариантов осуществления. Кроме того, водные пары и иные газовые примеси в атмосфере могут воздействовать на качество линз, поэтому контроль таких параметров рабочей среды может включать альтернативные варианты осуществления. Множество возможных очевидных для специалиста в данной области аспектов контроля рабочей среды находятся в рамках объема данного изобретения.

Продукт обработки заготовки линзы в некоторых вариантах осуществления на устройстве стабилизации и фиксации может включать устройства, которые аналогичны или являются формами офтальмологических линз. Во многих смыслах этот материал имеет характеристики, которые напрямую связаны с готовой гидратированной офтальмологической линзой. Однако во многих вариантах осуществления после стабилизации и фиксации линзы создается изделие, все еще расположенное на формирующем оптическом элементе и держателе 1430, которое в негидратированной форме может быть измерено различными способами измерения.

Устройство измерения

На фиг. 15 представлен вариант осуществления устройства измерения, позволяющего определять оптические характеристики и свойства материала. Следует понимать, что измерения могут проводиться как с «сухими» линзами, например, полученными в результате обработки на описанном выше устройстве фиксации 1400, так и с гидратированными линзами. Однако данный вариант осуществления концентрируется на измерении «сухих» линз, которые все еще предпочтительно прикреплены к формирующему оптическому элементу. На фиг. 15 представлена «сухая» линза 1520, которая все еще прикреплена к формирующему оптическому элементу 1530 и соответствующим удерживающим его компонентам 1540. Например, такой удерживающий компонент 1540 прикреплен к паре крепежей 1550 и 1560, которые вместе обеспечивают возможность контролируемого вращательного перемещения линзы вокруг центральной оси.

В некоторых вариантах осуществления взаимодействие лазерного излучения 1515 от лазерного датчика смещения 1510, такого как модель LT-9030 компании Keyence (г. Осака, Япония), с поверхностью образца линзы 1520 происходит при вращении образца 1520, формирующего оптического элемента 1530 и удерживающего фиксатора 1540
 5 вокруг оси. Вращательный сервопривод 1570 приводит в действие установленный на подшипниках координатный стол, на котором находится узел образца. Для стабильности вращения центр массы узла образца линзы в некоторых вариантах осуществления устанавливается по возможности как можно ближе к центральной точке. При вращении координатного стола лазерный датчик смещения 1510 измеряет смещение множества
 10 точек по аксиальным кольцам на поверхности линзы 1520. После прохождения координатным столом полного оборота датчик смещения 1510 перемещается азимутально. Каждое перемещение создает новый круговой профиль вокруг поверхности линзы. Указанный в данном варианте осуществления процесс повторяется до тех пор, пока не будут получены профили для всей поверхности линзы. Путем измерения
 15 конкретного формирующего оптического элемента 1530 без образца линзы 1520 может быть получено местоположение поверхности формирующего оптического элемента в таком же формате сферического вращения. Вычитание этого результата из результата измерения с линзой дает карту толщин полученной линзы. Уникальная идентификация формирующего оптического элемента в электронном формате с помощью
 20 прикрепленной радиочастотной метки или любыми иными способами может включать другой вариант осуществления устройства.

В некоторых вариантах осуществления такого типа свободное вибрационное смещение поверхности образца 1520 относительно датчика 1510 может приносить
 25 значительную погрешность в смещение, измеряемое системой. Таким образом, может быть предусмотрено демпфирование вибраций. Соответственно, в некоторых вариантах осуществления для сведения к минимуму воздействий вибрации можно использовать массивный опорный стол 1580, установленный на крепежах виброизоляции 1590. Некоторые варианты осуществления могут быть менее чувствительными к
 30 вибрационному шуму, чем другие, однако по существу различные способы сведения к минимуму эффективности режимов передачи вибрационной энергии в рабочую среду различных детекторов и устройства позиционирования образца включают варианты осуществления, находящиеся в рамках объема настоящего изобретения.

В других вариантах осуществления для определения характеристик линзы можно использовать различные измерительные системы, в ряде случаев дополнительно к
 35 описанному выше лазерному датчику смещения. В качестве неограничивающего примера в некоторых вариантах осуществления для определения толщины тела образованной линзы можно использовать датчик волнового фронта Шэка-Хартмана, поставляемый компанией Thorlabs Inc. (г. Ньютон, штат Нью-Джерси, США).

С точки зрения общности используемых подходов в рамках объема данного
 40 изобретения возможно применение широкого разнообразия измерительных устройств, включая частично и в качестве примера методики определения показателя преломления, поглощения излучения и плотности. Также предполагаются аспекты, связанные с контролем условий рабочей среды, например, обнаружение частиц. Такие различные методики могут быть размещены в той же рабочей среде и местоположении, где
 45 находится пример устройства измерения 1500, либо в альтернативных вариантах осуществления они могут включать дополнительные местоположения внутри или за пределами общей рабочей среды системы.

Сбор, хранение и передача измеренных и логистических данных, относящихся к

конкретным образцам и компонентам, используемым при изготовлении конкретных образцов, составляют общий принцип вариантов осуществления настоящего изобретения. Такие различные данные могут быть полезными при создании систем обратной связи для контроля характеристик линзы. В предпочтительном примере осуществления результат работы измерительного устройства на базе лазерного датчика смещения 1500 для образца линзы 1520 регистрируется и сохраняется в компьютерной системе. Аналогичные измерения с использованием лазерного датчика смещения могут быть проведены заранее для каждого носителя формирующего оптического элемента, в одном варианте осуществления обозначенного под номером 1530, до его использования при изготовлении указанного образца 1520. Используя систему компьютерной обработки данных, данные смещения могут быть обработаны таким образом, чтобы сгенерировать некоторое представление о толщине полученного таким способом образца линзы.

В компьютерной системе может выполняться сопоставление желательной модели образца линзы, используемой для обеспечения исходного набора параметров для различных компонентов системы изготовления линз, с результатами обработки данных смещения для образца 1520 и формирующего оптического элемента 1530. В некоторых вариантах осуществления различные точки местоположения модели могут быть сопоставлены или соотнесены с отдельными компонентами системы формирования изображения, а в предпочтительном варианте осуществления - с конкретным элементом-вокселем в растровой оптико-литографической системе. Путем регулировки параметров такого вокселя следующая линза или заготовка линзы могут быть получены с учетом отрегулированных характеристик в сравнении с предыдущим образцом. В рамках множества вариантов осуществления процедуры измерения, различных алгоритмов расчета и устройства специалисту в данной области будет очевидно, что многие альтернативные варианты осуществления способов получения, обработки, моделирования, использования систем обратной связи и передачи данных включают элементы, находящиеся в рамках объема настоящего изобретения.

В некоторых вариантах осуществления качество данных измерения конкретной системы в отношении толщины полученного образца линзы 1520 можно повысить путем использования юстировочных элементов, встроенных в профиль формы для заготовки линзы 1720. В представленном на фиг. 4 примере осуществления 400 данные измерения толщины были получены способом, аналогичным описанному выше. Данный пример осуществления 400 описан также в других частях настоящего документа, однако для понимания варианта осуществления процесса юстировки можно рассмотреть элемент 440. Элемент 440 может включать углубление с относительно глубоким профилем на поверхности образца линзы 1520. Введение в конструкцию такого элемента может быть полезным для обеспечения ориентации изделия в рамках множества этапов обработки в устройстве. В одном варианте осуществления сигнал, относящийся к элементу 400, может быть выделен или распознан с помощью алгоритма или в процессе обработки данных измерения. Такое выделение может быть полезным при определении положения частей различных устройств, которые находятся рядом или выполняют обработку в местоположении изделия относительно юстировочного элемента 440. Специалисту в данной области может быть очевидно, что возможно множество различных вариантов осуществления юстировочных элементов, включая применение маркирующих материалов и конфигураций элементов профиля, которые находятся в рамках объема настоящего изобретения.

В некоторых альтернативных вариантах осуществления данные измерения,

полученные с помощью системы измерения 1500, можно использовать для диагностики и управления работой всей системы изготовления офтальмологических линз в целом или отдельных устройств, входящих в ее состав. В качестве неограничивающего примера, процесс сохранения указанных выше результатов измерения формирующего оптического элемента 1530 позволяет вести историю таких измерений. Используя альтернативные алгоритмы расчета и обработки данных, можно сравнить характеристики поверхности во времени и использовать изменения таких характеристик, плавных или скачкообразных, для снижения необходимости в диагностическом вмешательстве некоторого рода. В одном примере одной из множества возможных причин появления таких изменений сигнала может служить любого рода царапина на поверхности формирующего оптического элемента. В дополнительных вариантах осуществления можно использовать алгоритмы управления технологическим процессом на основе статистической обработки данных, как для установления допустимых границ диапазонов измеряемых величин, так и для автоматической сигнализации статистически достоверного изменения измеряемой величины. В дополнительных вариантах осуществления может быть предусмотрено средство автоматизации системы автоматизированного управления на такие сигналы. Однако с точки зрения общности используемых подходов в рамках настоящего изобретения возможно использовать этих и множество других вариантов осуществления по использованию данных измерения, например, полученных от системы 1500, для диагностики и управления всей системой.

Описанные до настоящего момента варианты осуществления устройства измерения по существу можно использовать для измерения параметров образца «сухой» линзы 1520 или формирующего оптического элемента 1530. Однако с точки зрения общности используемых подходов возможны аналогичные или дополнительные варианты осуществления измерительной системы для измерения характеристик других форм в составе всей системы. В качестве неограничивающего примера, «сухая» линза в некоторых вариантах осуществления может быть подвергнута последующей обработке и может стать гидратированной. Измерение характеристик такого нового образца 1520 может включать пример обсуждения более общего варианта осуществления.

Дополнительный пример может включать процесс измерения характеристик образца заготовки линзы 1700. Таким образом, в общем смысле в рамках объема настоящего изобретения предполагается множество вариантов осуществления для измерения характеристик материалов различных форм, используемых при изготовлении или составляющих готовое изделие в системе изготовления офтальмологической линзы такого рода.

Устройство гидратации и отделения

Другая подчасть устройства для изготовления офтальмологической линзы включает этапы отделения линзы или заготовки линзы от формирующего оптического элемента, ее очистки и гидратации. В некоторых вариантах осуществления данные этапы могут быть выполнены по существу одновременно. На фиг. 16 представлен вариант осуществления 1600 устройства для выполнения этих этапов, для простоты именуемого устройством гидратации. Устройство включает содержащий гидратирующую текучую среду сосуд 1610, ванну с текучей средой 1620, в которую погружают линзу 1630 и держатель формирующего оптического элемента 1640, а также устройство регулирования температуры 1650 для поддержания постоянной температуры ванны.

В предпочтительном варианте осуществления ванна с текучей средой 1620 включает деионизованную воду, в которую было добавлено ПАВ. В данной области техники для такой ванны применимо множество вариантов осуществления, которые соответствуют

объему настоящего изобретения. В альтернативном варианте осуществления ванна с текучей средой 1620 может включать смесь из органического спирта, иногда - смесь спирта с деионизированной водой и ПАВ. Таким образом, в некоторых вариантах осуществления сосуд 1610 может быть изготовлен из материалов, позволяющих

5 удерживать необходимый объем воды или органических спиртов, а также передавать тепловую энергию между устройством регулирования температуры 1650 и ванной с текучей средой 1620. С точки зрения общности используемых подходов возможно множество альтернативных вариантов осуществления, содержащих материалы сосудов, конфигурации сосудов и средства наполнения и опорожнения сосудов, которые

10 соответствуют целям гидратации и очистки линзы и включают варианты осуществления в рамках объема настоящего изобретения.

В некоторых вариантах осуществления для ускорения операций по гидратации, очистке и отделению используют ванну с повышенной температурой. В одном таком варианте осуществления температура может поддерживаться с помощью горячей

15 пластины со встроенным регулятором температуры 1650. В более усовершенствованных вариантах осуществления можно использовать альтернативные способы подогрева текучей среды, включая альтернативные излучающие и теплопроводящие материалы и устройства. Кроме того, в дополнительных вариантах осуществления можно использовать различные способы контроля температуры ванны и управления ею в

20 пределах температурной зоны. В дополнительных более совершенных вариантах осуществления можно обеспечить возможность изменения или программирования температуры ванны с текучей средой во времени. Специалисту в данной области будет очевидно, что доступно множество вариантов осуществления для контроля температуры гидратирующей ванны, и все такие варианты осуществления находятся в рамках объема

25 настоящего изобретения.

В процессе выдержки линзы 1630 и формирующего оптического элемента 1640 в ванне с текучей средой, сопровождающейся гидратацией линзы, в некоторых вариантах осуществления линза разбухает и в конечном итоге отделяется от формирующего оптического элемента 1640, поэтому в некоторых вариантах осуществления может

30 быть предусмотрено средство улавливания отделившейся линзы для размещения на соответствующем средстве хранения и упаковки. Дополнительные варианты осуществления могут включать определение положения и изъятие отделившейся линзы из среды ванны с жидкой средой 1620. Альтернативно варианты осуществления могут предоставлять возможность деформации указанной среды ванны с жидкой средой 1620

35 в процессе слива жидкости для отделения линзы от текучей среды. С точки зрения общности используемых подходов множество способов размещения линзы и ее переноса на средство хранения включает варианты осуществления, которые находятся в рамках объема настоящего изобретения.

Однако, как указано выше, линза в разбухшем состоянии может включать оптические характеристики, которые максимально соответствуют характеристикам линзы в процессе ношения пациентом. Поэтому в некоторых вариантах осуществления один или более

40 этапов измерения можно выполнять на разбухшей линзе. Такие варианты осуществления могут включать аналогичные аспекты системы обратной связи, контроля и диагностики, как описано выше в отношении других этапов измерения, а эксперту могут быть

45 очевидны дополнительные варианты осуществления, связанные с разбуханием линзы в устройстве гидратации.

Такие подчасти включают пять основных подчастей описанного в настоящем изобретении устройства для формирования офтальмологической линзы. В

предпочтительном варианте осуществления для каждой из них предусмотрен отдельный вариант осуществления для задания устройства. Однако следует понимать, что, поскольку каждая подчасть устройства может содержать множество альтернативных вариантов осуществления даже на более общем уровне, возможны альтернативные варианты, которые либо могут либо иметь другую схему расположения подчастей, либо альтернативно могут не иметь одну или более подчастей, и все же они могут находиться в рамках объема настоящего изобретения.

Способы

Методика, описанная в настоящем изобретении, по существу может включать пять основных подчастей, поэтому обсуждение некоторых вариантов осуществления способов будет организовано как логическое обсуждение на уровне подчастей. Такие подчасти представляют собой методику изготовления заготовок линз с использованием растровой литографии, более общую методику изготовления заготовок линз, различные методики обработки заготовок линз, методики постобработки линз и заготовок линз, а также методику измерения и создания обратной связи между различными частями. Следует отметить, что следующие этапы и описание методики приведены только в качестве примера и не призваны ограничить объем настоящего изобретения, изложенного или сформулированного в пунктах формулы изобретения ниже.

Кроме того, возможны варианты осуществления методики, которая включает все подчасти или лишь их подмножество, соответственно, порядок и добавление одного или более этапов методики не ограничивает настоящее изобретение. На фиг. 1 в соответствии с подчастями представлены блоки методики 100, включающие: методику растровой литографии 110; альтернативную методику формирования линзы 120; методику обработки заготовки линзы 130; методику постобработки 140; и методику проведения измерения и создания обратной связи 150. На фиг. 1 два объекта показаны в овалах. Они представляют собой заготовку линзы (элемент 160) и офтальмологическую линзу (элемент 170). Одинарные стрелки показывают возможное для некоторых вариантов осуществления общее направление, а двойные стрелки указывают на то, что материалы, данные и/или информация могут перетекать между различными частями методики и центральным разделом проведения измерения и создания обратной связи.

Методики растровой литографии

Способы изготовления заготовок линзы на устройстве растровой литографии включают множество вариантов осуществления, связанных с множеством вариантов осуществления устройства, а также с множеством способов применения этих вариантов осуществления устройства в процессе обработки заготовок линз. На фиг. 1 представлен элемент 110, относящийся к способам растровой литографии. На изображении также показан начальный этап процесса под номером 115, который может включать начальный этап получения линзы в системе. В алгоритм расчета могут быть введены желательные параметры линзы. В некоторых вариантах осуществления такие параметры могут быть определены путем измерения оптических аберраций на оптических поверхностях офтальмологического пациента. Результаты таких измерений могут быть преобразованы в требуемые характеристики волнового фронта изготавливаемой линзы. В других вариантах осуществления можно использовать теоретические характеристики волнового фронта линзы, которые учитываются в алгоритме для определения параметров изготовления линзы. Специалисту в данной области будет очевидно, что возможно множество вариантов осуществления способов, относящихся к начальному этапу задания желательных характеристик полученной линзы.

Вернемся к элементу 115. Алгоритм получает указанные выше входные параметры

и в некоторых вариантах осуществления соотносит их с линзами, полученными ранее. На этом этапе может быть определен набор «кадров» для последовательности экспозиции, или скрипта, который будет передан на пространственный модулятор света. Следует понимать, что возможно множество вариантов осуществления, связанных с методикой, которая задает алгоритм обработки требуемых параметров, вводимых в алгоритм.

Аналогичным образом, возможно множество методик, которые можно использовать для превращения выходных данных алгоритма для конкретного элемента-воксела в планируемый временной профиль интенсивности отраженного света, включающий ЦМУ-скрипт. В качестве примера, рассчитанная в результате работы алгоритма суммарная интенсивность излучения может быть направлена к местоположению воксела реакционной смеси в виде последовательности дискретных этапов экспозиции, в течение которых падающий поток излучения от системы освещения отражается непрерывно. После этого общая интенсивность таких этапов полного включения может быть дополнена еще одним дискретным этапом, для которого в зеркальный элемент регистрируется частичное значение, так что это зеркало переходит во включенное состояние в виде последовательности импульсов с некоторой скважностью, и в результате этого подаваемая интенсивность оказывается меньше, чем при непрерывном облучении. В течение оставшихся дискретных этапов этот конкретный элемент-воксел может находиться в выключенном состоянии. Альтернативная методика может включать, например, взятие среднего значения интенсивности для множества этапов экспозиции, или «кадров», и использование его для задания значения во всех кадрах, отправляемых на ЦМУ. Специалисту в данной области будет очевидно, что общность представленных при описании устройства пространственных модуляторов света может также приводить к разработке вариантов осуществления методик, соответствующих целям контроля интенсивности и временной экспозиции.

Несмотря на то что описанные выше способы представляют собой примеры, относящиеся к модуляции попадающего на устройство пространственного освещения потока излучения фиксированной интенсивности устройством пространственного освещения, могут быть созданы усовершенствованные методики при модуляции интенсивности источника излучения либо в самом источнике, либо в оптической системе, использующей оптические фильтры. Дополнительные варианты осуществления могут быть получены путем комбинации контроля интенсивности как на уровне компонентов системы освещения, так и на уровне пространственного модулятора освещения. Дополнительные варианты осуществления могут быть получены путем контроля длины волны освещения.

Поэтому способ формирования ЦМУ-скрипта, который по существу должен рассматриваться как связанный с сигналами управления любого пространственного модулятора света любого размера, а также с сигналами управления любого компонента системы, например, источника излучения, барабана с фильтрами и т.п., может по существу включать создание серий программных временных последовательностей управляющих команд. Специалисту в данной области будет очевидно, что возможно множество вариантов осуществления, относящихся к способу создания программы сигналов управления, которая охватывает различные варианты осуществления элементов актиночного излучения, используемой оптической системы и материалов, из которых изготовлена реакционная смесь мономера.

Следует отметить, что элементы ЦМУ-скрипта и алгоритмов могут иметь отношение к результатам обработки. Система обратной связи по критически важным параметрам

будет описана позднее, поэтому подробное обсуждение этих вопросов пока отложено. Тем не менее, в условиях способа создания, представленного в блоке 115 ЦМУ-скрипта, двойные стрелки, входящие и выходящие из блока методики растровой литографии и блока методики проведения измерений и создания обратной связи, частично относятся к обмену информацией в рамках способов создания ЦМУ-скрипта.

Другим источником входной информации для методики формирования заготовок линзы являются различные способы изготовления и подготовки реакционной смеси для системы. Элемент 111 на фиг. 1 представляет собой различные методики подготовки реакционной смеси. Специалисту в данной области может быть очевидно, что варианты осуществления устройства в рамках объема настоящего изобретения допускают высокую степень гибкости в отношении типа и способа смешивания компонентов реакционной смеси, а в рамках объема настоящего изобретения предполагается широкий спектр вариантов осуществления указанного элемента - реакционной смеси, находящихся в рамках объема настоящего изобретения.

Без ущерба для общности используемых подходов, например, химические компоненты, выполняющие функцию мономерных звеньев в реакционной смеси, могут включать фотоактивные в ультрафиолетовой части спектра химические соединения, как описано в некоторых вариантах осуществления. Однако такие мономерные молекулы могут быть выбраны так, чтобы поглощать излучение в видимой области спектра с инициацией фотопревращений. Аналогичным образом, компоненты системы также могут быть оптимизированы для работы в другой части спектра электромагнитного излучения. Таким образом, следует понимать, что относящаяся к данному изобретению методика в части используемых материалов может включать молекулы, чувствительные к актиничному излучению в широкой части электромагнитного спектра.

В некоторых вариантах осуществления мономерная смесь в действительности представляет собой смесь одного или более типов фотохимически активного мономера, к которым также добавлены другие химические компоненты. В качестве неограничивающего примера, в смесь могут быть введены другие химические соединения для поглощения актиничного излучения. Такая добавка для мономерной смеси может играть важную роль, например, в вариантах осуществления, реализующих принцип растровой литографии таким образом, что интенсивность актиничного излучения по задаваемому элементом-вокселем пути может быть описана законом Бугера-Ламберта-Бера. Такой компонент может в значительной мере задавать толщину чувствительного слоя в процессе образования смеси в элементе-вокселе. Специалисту в данной области будет очевидно, что в рамках объема настоящего изобретения возможны варианты осуществления способа введения в состав смеси мономера компонента, поглощающего излучение в соответствующей области спектра.

В других вариантах осуществления поглощающий компонент смеси мономера может включать более сложный режим поглощения излучения по сравнению с описанным. Например, в рамках объема настоящего изобретения может находиться способ задания поглощающего компонента, состоящего из множества молекул, поглощающих излучение по-разному. Дополнительные варианты осуществления можно получить при использовании поглощающих элементов, состоящих из молекул, которые сами способны поглощать излучение одновременно во множестве подходящих областях спектра. Дополнительные варианты осуществления методики могут включать введение в состав смеси мономера компонентов, которые комбинируют функцию мономера и поглощающего вещества. Такая комбинированная функция может также позволять в

некоторых вариантах осуществления обеспечивать функцию непрерывного поглощения даже после вступления мономера в химическую реакцию. Кроме того, в альтернативных вариантах осуществления способа может быть реализована обратная концепция, когда в состав смеси вводят соединения, которые обладают свойством изменять поглощающие характеристики после фотоинициируемой реакции. С точки зрения общности используемых подходов следует понимать, что возможны многочисленные варианты осуществления методики введения в реакционную смесь мономера соединения для поглощения излучения в одной или более соответствующих областях спектра, которые находятся в рамках объема настоящего изобретения.

В дополнительных вариантах осуществления в способе получения смеси мономера может также быть предусмотрен ингибирующий компонент. В этом смысле ингибирующее соединение может вступать в реакцию с химическим продуктом, образовавшимся в реакционной смеси мономера. В некоторых вариантах осуществления поглощение актиничного излучения может генерировать образование одного или более свободнорадикальных соединений. Функция ингибитора может заключаться во взаимодействии со свободнорадикальными соединениями, посредством этого, обрыве цепи реакций полимеризации. Одним из воздействий такого варианта осуществления может быть ограничение продолжительности фотоинициированной реакции полимеризации или ограничение иным образом расстояния, до которого может распространяться реакция полимеризации от исходного поглотившего свет фотоинициатора. Может быть очевидно, что некоторые варианты осуществления с добавлением ингибитора в смесь мономера может иметь отношение к пространственному разрешению процесса литографии, поскольку набор попавших в элемент-воксел фотонов в конечном итоге будет отражен в пространственной локализации инициированных ими реакций. По существу действие ингибитора может являться предметом множества вариантов осуществления, относящихся к данной области.

Типы химических соединений или компонентов реакционной смеси, которые могут выполнять функцию ингибитора, составляют множество других вариантов осуществления настоящего изобретения. Как и в случае с поглощающим веществом, использование ингибитора с двумя функциями для ингибирования множества процессов полимеризации находится в рамках объема настоящего изобретения. Более того, ингибитором может являться и часть молекулы мономера. С точки зрения других возможных подходов ингибитор также может обладать термической или фоточувствительностью. Другие варианты осуществления могут вытекать из природы ингибитора как химически чистого соединения, так как ингибитор можно использовать в виде растворенного в смеси соединения, но представлять собой газообразное, жидкое или твердое вещество в чистом виде.

Способ получения смеси мономера может быть также реализован в виде дополнительных вариантов осуществления в отношении введения инициирующего компонента. Инициатор может включать фотопоглощающий компонент, который при поглощении фотона создает химическое соединение, инициирующее реакцию полимеризации. Инициатор может включать молекулу со значительным поглощением в некоторой полосе спектра. Дополнительные варианты осуществления возможны при использовании инициатора, молекулы которого поглощают свет во множестве областей спектра в устройстве. Кроме того, поглощение может включать относительно широкую полосу соответствующих частот. Другие дополнительные варианты осуществления возможны, если инициирующий компонент в смеси мономера имеет химическую

инициирующую способность и один или более из типов молекул мономеров. В рамках объема настоящего изобретения специалисту в данной области будет очевидно, что множество альтернативных вариантов осуществления может включать методику добавления в мономерную смесь компонента, выполняющего функции инициатора.

5 В некоторых вариантах осуществления функция описанных добавок включает функциональность в способе формирования офтальмологической линзы. В одном примере осуществления в качестве смеси мономера была выбрана реакционная смесь мономера этафилкон А, широко используемая в производстве офтальмологических линз. На фиг. 3 показано, что этафилкон А включает мономерный компонент, который
10 при полимеризации образует твердое вещество или гель. Этафилкон А также включает поглощающую молекулу Norbloc, которая поглощает УФ-излучение в полосе, являющейся коротковолновой частью спектра 300 и указанной для примера как элемент 310. Кроме того, этафилкон А также включает компонент, выполняющий функцию инициатора. Значение его поглощения указано как элемент 340. Функцию ингибитора
15 в данном случае играет растворенный в смеси газообразный кислород. Таким образом, методика формирования реакционной смеси мономера в этом варианте осуществления включает как приготовление смеси жидких и/или твердых компонентов, так и дополнительный контроль уровня растворенного кислорода. Описание этого варианта осуществления дано только в качестве примера и поэтому не призвано ограничить
20 объем настоящего изобретения.

Может быть очевидно, что другие варианты осуществления способа приготовления реакционной смеси мономера в рамках настоящего изобретения могут быть получены путем контроля физических аспектов смеси мономера. В некоторых вариантах осуществления могут быть добавлены растворители или разбавители для изменения
25 вязкости смеси. Дополнительные варианты осуществления могут быть получены на основе других способов изменения вязкости смеси.

В методике приготовления смеси мономера возможно задать дополнительные варианты осуществления, связанные с обработкой исходной смеси. В качестве неограничивающего примера, смесь может быть помещена в среду откачки, что может
30 привести к десорбции определенных растворенных в ней газообразных веществ. В другом варианте осуществления смесь мономера может быть обработана путем облучения объема смеси актиничным излучением, что позволяет изменять степень и распределение многомерных компонентов смеси до ее использования на последующем этапе обработки актиничным излучением. Специалисту в данной области будет очевидно,
35 что возможно множество дополнительных вариантов осуществления процесса обработки смеси мономера, приводящей к изменению ее характеристик. Полученную таким образом смесь можно использовать для изготовления офтальмологических линз и заготовок линз.

Перейдем по стрелке к блоку 112 на фиг. 1, способам дозирования и осаждения
40 реакционной смеси мономера. В некоторых вариантах осуществления количество реакционной смеси может быть приведено к желательному равновесному уровню растворенного кислорода. В некоторых вариантах осуществления приведение к равновесию может быть достигнуто путем хранения сосуда со значительным объемом смеси мономера в кожухе, в атмосфере которого присутствует желательное количество
45 кислорода для приведения к желательному равновесию растворенного кислорода. Дополнительный вариант осуществления может включать автоматизированное оборудование, которое может ввести верное количество кислорода в поток реакционной среды с использованием технологии обмена через мембрану. Специалисту в данной

области будет очевидно, что возможно множество способов изменения или дозирования реакционной смеси для получения желательного уровня растворенного в смеси газа, находящихся в рамках объема настоящего изобретения.

В некоторых вариантах осуществления после этого дозированная реакционная смесь мономера может быть вручную перенесена в емкость, содержащую сосуд, в которой смесь находится в непосредственной близости от поверхности формирующего оптического элемента. В других вариантах осуществления можно использовать автоматизированные механизмы заполнения емкости реакционной смесью мономера. В дополнительных вариантах осуществления настоящего изобретения также возможно заполнение одноразовых сосудов, которые можно использовать по мере необходимости в процессе формования линзы. Объем настоящего изобретения включает использование методики некоторого заполнения емкости, расположенной в непосредственной близости от поверхности формирующего оптического элемента, по меньшей мере количеством реакционной смеси мономера, превышающим количество материала, из которого состоит сформированная линза после завершения всей обработки.

Специалисту в данных областях может быть очевидно, что на основе описания различных вариантов осуществления устройства, вариантов осуществления материала реакционной смеси мономера, физических вариантов осуществления природы актиничного излучения и вариантов осуществления механизма контроля на основе скрипта и поддерживающего его устройства возможно сделать описание некоторых вариантов осуществления, которые позволят сформировать выходной продукт с использованием методики растровой литографии. Перейдем далее по представленной на фиг. 1 технологической схеме. Элемент 116 обозначает способы формирования, основанные на описанных вариантах осуществления. Специалисту в данной области может быть очевидно, что могут существовать альтернативные варианты осуществления для каждого из указанных выше компонентов, и что описание способов, имеющих отношение к некоторым из таких вариантов осуществления, не ограничивает объем настоящего изобретения.

Может быть полезно рассмотреть некоторую методику элемента 116 на микроскопическом уровне. В качестве неограничивающего примера рассмотрим способ формирования линзы, в котором смесь мономера включает поглощающий элемент, так что наблюдается вызванное указанным поглощением значительное падение интенсивности формирующего изображения актиничного излучения с толщиной пройденного слоя, что в некоторых вариантах осуществления может быть описано законом Ламберта-Бера. Например, рассмотрим представленный на фиг. 3 вариант осуществления, в котором длина волны направляемого в конкретный элемент-воксел актиничного излучения такова, что излучение попадает в область эффективного поглощения входящего в состав реакционной смеси инициатора и находится в области резко изменяющегося поглощения агента. Также в качестве неограничивающего примера предположим, что смесь мономера включает ингибитор. Для простоты ссылки и описания настоящего рассмотрения комбинацию методик можно назвать примером 3. Несмотря на то что она приведена в качестве примера варианта осуществления, это ни в коей мере не призвано ограничить объем настоящего изобретения, для которого можно использовать и другие модели.

В одном варианте осуществления примера 3 ингибитор может присутствовать в смеси мономера в значительной концентрации. На микроскопическом уровне этот пример осуществления может иметь такую характеристику, что падающее актиничное излучение задает очень ограниченную локальную область, в которой иницируемая

актиничным излучением в конкретном элементе химическая реакция протекает со скоростью, превышающей возможность ингибитора, присутствующего в высокой концентрации, ингибировать ее распространение. Вследствие факта, что некоторые системы пространственного модулятора света имеют на поверхности некоторое «мертвое» пространство между отдельными модулирующими элементами, которое не отражает свет так же, как модулирующий элемент, может быть очевидно, что в этом варианте осуществления полученный материал, сформированный на поверхности формирующего оптического элемента, может принимать форму соответствующих отдельным вокселям изолированных столбчатых элементов, которые в крайнем случае могут быть не связаны друг с другом.

В качестве продолжения неограничивающих примеров вариантов осуществления примера 3, концентрация ингибитора может быть несколько снижена, а в данном варианте осуществления, например, она может быть выбрана такой, что распространение процесса фотополимеризации в пространстве для заданного набора параметров актиничного излучения осуществляется лишь в такой степени, что каждый из элементов-вокселей будет задавать фотополимеризационную активность, достаточную для перекрывания любых границ между элементами-вокселями. В таком случае на микроскопическом уровне отдельные столбчатые элементы могут пытаться объединиться друг с другом в условиях облучения, если существуют условия для значительной интенсивности облучения в смежных вокселях. В некоторых вариантах осуществления оптическая система формирования изображения может работать в режиме некоторой расфокусировки, что позволяет создать другой вариант осуществления способа слияния отдельных столбчатых элементов вместе. В других дополнительных вариантах осуществления аналогичное воздействие может обеспечить вибрационное или качательное движение формирующего оптического элемента линзы и держателя в пространстве, где элементы-воксели будут перекрывать друг друга с образованием непрерывного элемента формы.

Также может быть полезно продолжить описание эффектов методики формирования линзы на микроскопическом уровне, распространив его на процесс измерения глубины элемента-вокселя. Из условий примера 3 может быть очевидно, что ЦМУ-скрипт для конкретного элемента-вокселя может задавать общую интенсивность или время экспозиции, которые приводят к протеканию реакции в глубине элемента-вокселя, в направлении от поверхности формирующего оптического элемента. На некоторой конкретной глубине в примере это условие может включать интенсивность условия протекания реакции в смеси мономера, при котором степень завершения реакции задает точку гелеобразования. Продукт реакции при глубинах менее заданной глубины мог образовать трехмерный аспект, однако при глубинах больше заданной глубины продукт реакции не может достигать точки гелеобразования и может все еще включать смесь компонентов, более вязкую по сравнению с окружающей исходной реакционной смесью мономера вследствие того, что реакция полимеризации в некоторой степени прошла. Следует понимать, что в таком варианте осуществления остается достаточный объем исходной реакционной смеси, включающий по меньшей мере эти две области, то есть области, в которых реакция протекла до степени превращения, большей точки гелеобразования, а область, в которой материал включает слой без геля, который может представлять собой смесь частично прореагировавшей и непрореагировавшей смеси мономера. В некоторых вариантах осуществления часть этого слоя может включать так называемую текучую линзообразующую реакционную среду. На микроскопическом уровне он образуется в объеме реакционной смеси.

В других вариантах осуществления ЦМУ-скрипт может быть полезен для задания локальных элементов конфигурации в разбитом на воксели слое, реакция в котором прошла далее точки гелеобразования. В некоторых вариантах осуществления этот объект можно рассматривать как форму для заготовки линзы. В качестве
 5 неограничивающего примера, рассмотрим воздействие ввода по существу линейного элемента в ЦМУ-скрипт, который имеет ширину в несколько элементов-вокселей и длину в множество элементов-вокселей и характеризуется низкой общей интенсивностью облучения для всех входящих в нее элементов-вокселей. Используя описанные в примере 3 варианты осуществления в качестве неограничивающего примера, можно предвидеть,
 10 что такой линейный элемент будет физически задан в форму для заготовки линзы. На микроскопическом уровне смежные элементы-воксели могут включать интенсивность для задания их толщины в форме для заготовки линзы на значительном уровне. На первом смежном элементе-вокселе линейного элемента толщина формы будет уменьшаться, что приведет к созданию элемента профиля, связанного с линейным
 15 элементом, заданным ЦМУ-скриптом.

В качестве примера, на элементе 400 с фиг. 4 представлена толщина линзы, образованной в соответствии с полным вариантом осуществления настоящего изобретения. В этом примере профиль толщины линзы демонстрирует некоторые элементы, обладающие характеристиками описанного выше линейного элемента.
 20 Например, элемент 440 представляет собой линейный элемент, проходящий по линзе на множество элементов-вокселей. По аналогии может быть очевидно, что аспекты настоящего изобретения включают много вариантов осуществления форм и элементов профиля толщины, которые могут быть заданы в дополнение к оптическим поверхностям линз. В качестве примера, во множестве возможных вариантов
 25 осуществления могут быть предусмотрены юстировочные элементы, например, подобные сформированному в описанном варианте осуществления элементу 440. Дополнительные варианты осуществления могут включать элементы профиля, которые задают отводные каналы - линейные элементы, проходящие в по существу радиальном направлении к кромке формы для заготовки линзы: колодцы или отверстия с дном
 30 различных форм и размеров; резкие перепады вверх или вниз по сравнению со смежной средней топологией, а также плато или по существу плоские элементы на комплексе участков, определяющих профиль линзы. Эти примеры являются лишь частью множества вариантов осуществления, связанных с методикой этапа формирования линзы, которые могут быть очевидны специалисту в данной области.

Перейдем к блоку 117 на фиг. 1. В некоторых вариантах осуществления описана методика, связанная с удалением образованного после этапа 116 материала из рабочей среды реакционной смеси мономера. В некоторых вариантах осуществления один способ такого удаления может включать процесс подъема формирующего оптического
 40 элемента вместе с держателем и формой для заготовки линзы из емкости с реакционной смесью мономера. В других вариантах осуществления емкость может быть опущена вниз относительно формирующего оптического элемента с прикрепленной к ней формой для заготовки линзы. В дополнительных вариантах осуществления этап подъема или опускания может быть автоматизирован с использованием оборудования, способного с некоторой точностью управлять скоростью удаления. В альтернативных вариантах
 45 осуществления емкость с реакционной смесью мономера может быть некоторым способом опорожнена, что приводит к отделению формирующего оптического элемента с прикрепленной к нему формой для заготовки линзы от реакционной смеси мономера. С точки зрения общности используемых подходов специалисту в данной области будет

очевидно, что возможно множество включающих этап 117 вариантов осуществления для удаления из реакционной смеси мономера продукта, образованного на этапе 116. Эти варианты осуществления находятся в рамках объема настоящего изобретения.

На фиг. 1 конечные продукты и промежуточные продукты показаны в овалах. Так, в некоторых вариантах осуществления заготовка линзы 160 включает устройство. Для лучшего понимания остальных разделов с обсуждением методики полезно рассмотреть аспекты заготовки линзы. Заготовка линзы 1700 может включать два слоя: форму для заготовки линзы 1740 и текучую линзообразующую реакционную среду, элемент 1710. Эти два слоя в некоторых вариантах осуществления соответствуют предшествующему обсуждению методики формирования. В некоторых вариантах осуществления форма для заготовки линзы представляет собой материал, который был задан с помощью системы растровой литографии и в котором реакция прошла далее точки гелеобразования. Он может иметь различные варианты осуществления конструкции, описанные ранее. На фиг. 17 представлен вариант осуществления, в котором столбчатые воксели в процессе формирования будут перекрывать друг друга.

Текучая линзообразующая реакционная среда 1710 в некоторых вариантах осуществления представляет собой сформированный в процессе растровой литографии слой из материала, расположенного глубже точки гелеобразования в реакционной среде. При извлечении формирующего оптического элемента с прореагировавшим материалом из реакционной смеси мономера на поверхности формы для заготовки линзы может оставаться прилипший вязкий материал. В описанном в настоящем документе изобретении в некоторых вариантах осуществления такая текучая пленка может дополнительно подвергаться обработке в соответствии со способами, подлежащими описанию. Такая комбинация формы для заготовки линзы и расположенного на ней текучего материала, который после дополнительной обработки становится частью линзы, и образует заготовку линзы. Может быть очевидно, что в некоторых вариантах осуществления предполагается, что заготовка линзы имеет уникальную структуру. Она включает компонент с заданной пространственной геометрической формой, однако вследствие текучей природы адсорбированной реакционной среды объект не имеет фиксированной трехмерной формы. Специалисту в данной области будет очевидно, что объем настоящего изобретения включает различные варианты осуществления формы, определяемые способами формирования (элемент 116), а также различные варианты осуществления, связанные со способами извлечения формирующего оптического элемента из реакционной среды мономера и их воздействием на природу текучей линзообразующей реакционной среды.

Некоторые варианты осуществления (элемент 131) включают вариант осуществления методики удаления частей текучей линзообразующей реакционной среды с заготовки линзы. Как может быть очевидно из предшествующих разделов с описанием устройства, содержащих некоторые варианты осуществления этой методики, цель может быть достигнута с помощью множества вариантов осуществления способа. В качестве неограничивающего примера, текучая линзообразующая реакционная среда может быть удалена капиллярным способом. В некоторых вариантах осуществления методика может включать этап выдержки для обеспечения сбора части текучей линзообразующей реакционной среды в каплю перед этапом реализации капиллярного способа. В дополнительных вариантах осуществления поверхность линзы может быть расположена так, чтобы ось поверхности была наклонена относительно направления силы тяжести. Следует понимать, что возможно множество вариантов осуществления, относящихся к способам удаления текучей линзообразующей реакционной среды с

помощью устройства, функционирующего на основе капиллярного способа, которые находятся в рамках объема настоящего изобретения.

В других вариантах осуществления методика удаления текучей линзообразующей реакционной среды может включать альтернативное устройство, отличное от капиллярного оборудования. Например, в некоторых вариантах осуществления можно использовать способ, содержащий применение впитывающей поверхности для удаления текучей среды. Дополнительные варианты осуществления могут относиться к способам использования устройства, имеющего множество капиллярных отверстий, в отличие от описанного подробно устройства. В дополнительных вариантах осуществления можно использовать способы вращательной обработки заготовки линзы для удаления текучего материала. Как будет очевидно специалисту в данной области, любые из множества способов применения устройства для удаления части текучего материала являются аспектами, находящимися в рамках объема настоящего изобретения.

Другой тип варианта осуществления способа удаления материала с верхней поверхности заготовки линзы может включать способ задания элементов рельефа в теле линзы для этой цели. В этих вариантах осуществления в конфигурации линзы могут быть предусмотрены элементы, такие как указанные в предыдущем разделе отводные каналы для создания местоположения, позволяющего стекать относительно маловязкой текучей среде, посредством этого освобождая место, в которое может переместиться относительно более вязкая текучая среда. В дополнительных вариантах осуществления для удаления материала линза в дополнение к созданию элементов рельефа для стока материала можно также использовать вращательную обработку тела линзы. Специалисту в данной области будет очевидно, что варианты осуществления, содержащие различные варианты осуществления различных элементов рельефа поверхности, также находятся в рамках объема настоящего изобретения.

В некоторых вариантах осуществления возможно обойти этап удаления текучей линзообразующей реакционной среды и перейти к дополнительным этапам обработки. На фиг. 1 этот аспект может быть указан пунктирной стрелкой, выходящей из элемента 160 и обходящей вокруг блока 131.

Следующий этап вариантов осуществления, включающих способы формирования офтальмологической линзы, представлен на фиг. 1 как элемент 132 - стабилизация. В некоторых вариантах осуществления эта новая методика включает способ обработки, который позволяет текучей линзообразующей реакционной среде течь под действием различных сил для достижения устойчивого, возможно, обладающего низкой энергией состояния на поверхности формы для заготовки линзы. Следует понимать, что на микроскопическом уровне поверхность формы для заготовки может локально иметь некоторые неровности. Природа таких неровностей определяется множеством аспектов вариантов осуществления формирования, например, в одном из случаев таковым является воздействие ингибитора для относительно резкого останова реакции вблизи точки инициации. Поверхностные силы текучей среды, силы трения и диффузии, сила тяжести и иные прилагаемые силы во многих вариантах осуществления, действуя совместно, обеспечивают гладкость растекающегося по топографии покрытия. Определяющая эти силы методика включает множество вариантов осуществления, которые находятся в рамках объема настоящего изобретения.

В одном варианте осуществления заготовка линзы может быть выполнена с возможностью позволить текучей линзообразующей реакционной среде течь под действием силы тяжести. Способ достижения такого эффекта может включать перемещение заготовки линзы в другую ориентацию для содействия течению.

Альтернативные варианты осуществления могут включать противоположную стратегию посредством поддержания заготовки линзы в зафиксированном состоянии с максимально достижимым минимумом перемещений. Дополнительные альтернативные варианты осуществления могут включать воздействие на текучий материал силами, вызванными вращением заготовки линзы вокруг оси. В некоторых вариантах осуществления такое вращение может выполняться вокруг оси, проходящей через центр заготовки линзы. В альтернативных вариантах осуществления указанное вращение может включать вращение заготовки линзы вокруг внешней точки оси, при этом верхняя часть заготовки линзы обращена к точке оси вращения или от оси вращения, или имеет множество возможных промежуточных ориентаций. В других вариантах осуществления для сведения воздействия силы тяжести к минимуму заготовку линзы можно обрабатывать в условиях свободного падения. Специалисту в данной области может быть очевидно, что возможно множество способов приложения обеспечивающих текучесть сил к заготовку линзы в процессе стабилизации.

В других вариантах осуществления можно использовать методику изменения текучей природы текучей среды. В некоторых вариантах осуществления вязкость текучей среды может быть изменена путем разбавления или сольватации. Альтернативные варианты осуществления могут включать испарение части разбавителя для повышения вязкости. Облучение некоторым уровнем актиничного излучения может включать дополнительные способы изменения указанной вязкости текучих пленок. Может существовать множество вариантов осуществления, связанных с изменением вязкости текучей среды.

В других вариантах осуществления можно использовать методику изменения сил, действующих на текучую линзообразующую реакционную среду, связанных с энергией поверхностного напряжения. В некоторых вариантах осуществления это может включать введение ПАВ в состав исходной реакционной смеси мономера. В альтернативных вариантах осуществления добавки или химические реагенты могут быть введены в заготовку линзы с целью изменения поверхностной энергии.

Конфигурация формы для заготовки линзы может включать способы создания различных условий потока текучей линзообразующей реакционной среды. В качестве неограничивающего примера, каналы могут включать средство отведения текучей линзообразующей реакционной среды из области заготовки линзы. В альтернативных вариантах осуществления способы разработки конфигурации с использованием резких изменений профиля толщины могут включать методику обеспечения измененных стабилизированных состояний. Эксперту в данной области может быть очевидно, что конфигурация заготовки линзы может предусматривать множество таких способов, попадающих в рамки объема настоящего изобретения.

С точки зрения общности используемых подходов такие различные типы вариантов осуществления не должны ограничивать общность способов для создания полностью стабилизированной, частично стабилизированной или нестабилизированной природы текучей линзообразующей реакционной среды в методике, содержащей стабилизацию. Комбинации различных вариантов осуществления, например, в виде дополнительных вариантов осуществления указанной методики, могут быть очевидны для эксперта в данной области.

После реализации методики стабилизации в некоторых вариантах осуществления текучий материал может быть подвергнут следующему этапу, показанному как элемент 133 - фиксация - для его перевода в нетекучее состояние. В некоторых вариантах осуществления природа актиничного излучения, прилагаемого во время фиксации, может допускать альтернативы. Примером одного типа варианта осуществления

методики может быть применимая спектральная области или области. Альтернативные варианты осуществления могут включать интенсивность применимого излучения. В альтернативных вариантах осуществления применение различных аспектов фиксирующего излучения может включать временную зависимость. В качестве

5 неограничивающего примера, первый этап может включать область с исходной длиной волны, которая затем изменяется на область с другой длиной волны. Все разнообразие вариантов осуществления способа задания условий излучения, которые могут быть очевидными специалисту в данной области, находится в рамках объема настоящего изобретения.

10 В некоторых вариантах осуществления элемента 133 способ фиксации может включать различные пути, по которым может проходить излучение. В примере типа варианта осуществления излучение может попадать на переднюю поверхность заготовки линзы или, в альтернативном варианте, на заднюю поверхность. Другие варианты осуществления могут быть получены при использовании множества источников

15 излучения, предположительно с различными характеристиками излучения, для получения различных воздействий актиничного излучения на заготовку линзы. В дополнительных вариантах осуществления для фиксации можно использовать формы энергии, отличные от излучения. С точки зрения общности используемых подходов, множество способов, предусматривающих этап фиксации, находятся в рамках объема настоящего изобретения.

20 В некоторых вариантах осуществления после фиксации обработка заготовки линзы 130 считается завершенной. В некоторых вариантах осуществления такой готовый продукт может быть подвергнут дополнительной обработке. Продукт такого типа представляет собой хороший пример типа продукта, показанного на фиг. 1 под номером 120 - альтернативное формирование заготовки. В качестве неограничивающего примера,

25 введение продукта после фиксации в устройство растровой литографии позволяет создать второй слой обработки. Такой аспект выполнения множества проходов открывает возможности по созданию множества возможностей методики вариантов осуществления.

В некоторых вариантах осуществления возможно формирование комплексной

30 заготовки линзы при множестве проходов, в качестве неограничивающего примера включающих первый этап, на котором задают поверхность офтальмологической линзы, и второй этап, на котором на поверхность добавляют элементы профиля. Другие комплексные варианты осуществления методики могут включать, например, первый проход через систему растровой литографии при описанных в некоторых

35 предшествующих примерах условиях, обеспечивающих формирование изолированных столбчатых вокселей по поверхности формы для заготовки линзы. Затем второй этап растровой литографии может включать заполнение элементов между столбчатыми вокселями материалом с другими характеристиками. Затем третий проход через систему может задать офтальмологическую линзу. Следует понимать, что обобщение методики

40 множества проходов через систему, в которой каждый этап может иметь множество различных вариантов осуществления, может обеспечить многообразие вариантов осуществления, каждый из которых находится в рамках объема настоящего изобретения.

В некоторых других вариантах осуществления заготовка линзы может быть сформирована путем нанесения текучей реакционной среды на форму для заготовки

45 линзы. Например, сформированная методами растровой литографии заготовка линзы может быть пропущена через систему промывки как наиболее эффективный способ удаления текучей линзообразующей реакционной среды. По окончании промывки будет получена форма для заготовки линзы. В некоторых вариантах осуществления

на поверхность формы для заготовки линзы с помощью некоторого способа может быть нанесена следующая текучая линзообразующая реакционная среда. Методика нанесения следующей текучей среды на поверхность формы в некоторых вариантах осуществления может включать погружение и извлечение заготовки линзы способами, 5 аналогичными описанным в вариантах осуществления элемента 117. После этого полученная заготовка линзы может иметь другое распределение мономерных и многомерных молекул или в некоторых вариантах осуществления может включать другой химический состав полимера, отличный от использованного при формировании формы для заготовки линзы. Специалисту в данной области может быть очевидно, что 10 множество вариантов осуществления, содержащих методику нанесения текучей линзообразующей среды на множество вариантов осуществления формы для заготовки линзы, находятся в рамках объема настоящего изобретения.

В альтернативном наборе вариантов осуществления форма для заготовки линзы может быть сформирована другим способом, отличным от растровой литографии. В 15 первом неограничивающем примере в качестве основы для формирования формы для заготовки линзы можно применять различные варианты осуществления, которые могут быть возможны с использованием стереолитографии. В некоторых вариантах осуществления полученная стереолитографическим способом форма для заготовки линзы может иметь текучую линзообразующую реакционную среду, полученную с 20 помощью аналогичной методики удаления, описанной для элемента 117, однако другие варианты осуществления могут включать нанесение текучей линзообразующей реакционной среды на основу, сформированную стереолитографическим способом. Альтернативные варианты осуществления могут быть возможны при использовании процесса масочной литографии для определения формы для заготовки линзы, которую 25 затем используют в описанных выше способах. Дополнительные варианты осуществления могут включать использование формы для заготовки линзы, сформированной стандартным способом литьевого формования при производстве офтальмологических линз, и последующее формирование заготовки линзы описанными 30 выше способами. Может быть очевидно, что множество вариантов осуществления для формирования формы для заготовки линзы могут включать способы формирования заготовки линзы.

После формирования заготовки линзы одним из различных вариантов осуществления способа и последующей обработки вариантом осуществления способа в некоторых вариантах осуществления в качестве результата может быть сформирована 35 офтальмологическая линза. В некоторых вариантах осуществления линза все еще будет находиться на поверхности формирующего оптического элемента. В большинстве вариантов осуществления для формирования офтальмологической линзы в виде готового продукта линза также должны быть очищена и гидратирована. Для этого, в соответствии с по существу стандартными для данной области способами, линза и в некоторых 40 вариантах осуществления прикрепленный к ней элемент могут быть погружены в ванну с водным раствором. В некоторых вариантах осуществления для обеспечения реализации способа погружения ванну нагревают до температуры от 60 градусов до 95 градусов Цельсия. Указанные способы погружения в некоторых вариантах осуществления позволяют очистить тело линзы и гидратировать ее. В процессе гидратации линза 45 разбухает и в некоторых вариантах осуществления высвобождается из несущего элемента, к которому она прикреплена. Может быть очевидно, что средство координации обработки находится в рамках объема настоящего изобретения, поэтому тот же носитель и те же структуры для химической обработки могут включать также

варианты осуществления способа гидратации. Следует отметить, что предшествующие этапы и описание методики приведены только в качестве примера и не призваны ограничить объем настоящего изобретения.

Полученный в результате высвобождения продукт во многих вариантах осуществления включает сформированную офтальмологическую линзу, составляющую предмет настоящего изобретения. Следует понимать, что для производства офтальмологической линзы, приемлемой в качестве продукта, применимы другие этапы. Методика в некоторых вариантах осуществления может включать стандартные в данной области процедуры изоляции гидратированной линзы, ее упаковки и последующей стерилизации, элемент 142. Специалисту в данной области может быть очевидно, что порядок этих этапов относительно друг друга и относительно предшествующих этапов включает различные варианты осуществления, соответствующие настоящему изобретению.

Различные варианты осуществления офтальмологической линзы, показанные как элемент 170, получаемые с использованием описанных в настоящей заявке устройства и способов, включают другой аспект предмета настоящего изобретения. Специалисту в данной области будет очевидно, что продукт заготовки линзы может иметь уникальные формы. Во-первых, линза на некотором уровне представляет собой композит из двух усиленных слоев. Один из них - форма для заготовки линзы - в некоторых вариантах осуществления формируется в результате использования растрового литографического устройства и связанных с ним способов. Эта форма для заготовки линзы может иметь множество вариантов осуществления, некоторые примеры которых могут быть очевидны из предыдущих обсуждений методики.

Например, в некоторых вариантах осуществления форма может включать набор относительно изолированных столбчатых элементов-вокселей, каждый из которых имеет размер, заданный в процессе растрового литографического формования. В других вариантах осуществления форма для заготовки линзы может включать набор полностью связанных друг с другом столбчатых вокселей материала. Специалисту в данной области будет очевидно, что возможно множество вариантов осуществления, относящихся к фактической композиции смеси мономера. Более того, как было указано выше в контексте методики, форма для заготовки линзы может быть сформирована с использованием различных других способов помимо растровой литографии, включая, помимо прочего, стереолитографию, масочную литографию и механическую обработку. Существуют варианты осуществления, в которых изготавливаемая с использованием растровой литографии форма имеет элементы профиля, введенные растровым способом. Такие элементы, помимо прочего, включают линейные элементы, криволинейные элементы, лунки, элементы с высотой, равной части толщины линзы или всей толщине линзы, резкие изменения профиля толщины линзы, плоские участки и каналы.

Дополнительно многопроходный аспект настоящего изобретения открывает возможности для создания более комплексных вариантов осуществления. В качестве неограничивающего примера, форма для заготовки линзы может представлять собой композит, полученный при первом проходе цикла растровой литографии, которая задает профиль сферического типа на поверхности с резкими перепадами толщины по периметру. При втором проходе могут быть заданы индивидуальные офтальмологические параметры оптически активной части линзы. С точки зрения общности используемых подходов следует понимать, что возможно множество вариантов осуществления, содержащих множество проходов через устройство растровой литографии и способов. Возможные вариации могут включать различные средства для

формирования слоя первого прохода, включая описанные выше альтернативные способы литографического формирования и, например, литую офтальмологическую линзу. Линзообразующий материал первого типа включает заготовку линзы, с которой затем выполняют второй проход и который в конечном итоге может задавать новый вариант осуществления линзы.

Природа второго компонента заготовки линзы, текучей линзообразующей реакционной среды, в некоторых вариантах осуществления при встраивании в линзу задает новый аспект этого варианта осуществления линзы. В результате обработки с использованием описанных выше для некоторых вариантов осуществления методики и устройства, элемент 130, такие варианты осуществления могут включать второй различимый слой, который имеет ровную поверхность. Комбинация различных вариантов осуществления формы для заготовки линзы и различных вариантов осуществления текучей линзообразующей реакционной среды может включать новые варианты осуществления офтальмологической линзы.

Процесс формирования офтальмологической линзы может быть усовершенствован с использованием элементов измерения и создания обратной связи, показанных как элемент 150. Некоторые варианты осуществления могут включать прямолинейный однонаправленный технологический поток от блока 116 до элемента 170. Однако в усовершенствованных вариантах осуществления для управления параметрами различных способов используют способы измерения. На фиг. 1 такие механизмы обратной связи и потоки информации схематически показаны двойными стрелками, входящими и выходящими из элемента 150. Специалисту в данной области может быть очевидно, что многочисленные варианты осуществления способов измерения могут находиться в рамках объема настоящего изобретения.

На фиг. 2 представлен пример осуществления способа измерения и создания обратной связи, относящегося к профилю толщины и оптическим характеристикам варианта осуществления линзы, образованной способами растровой литографии. В некоторых вариантах осуществления может быть предусмотрена система обратной связи с функциями, показанными как элемент 200, начиная с элемента 205, представляющего собой блок ввода требуемых параметров линзы из внешнего источника. В качестве примера, модель поверхности линзы может поступать в систему из офтальмологического измерительного устройства, прикрепленного к глазу пациента. В других вариантах осуществления методика этапа 205 может быть представлена вводом теоретических параметров. Затем введенные параметры некоторым образом обрабатывают для приведения их в соответствие с входными требованиями растровой литографии 210. Входные данные поступают на различные варианты осуществления устройства и способа растровой литографии, которые в некоторых вариантах осуществления с помощью некоторого алгоритма преобразуют их в рабочие параметры системы растровой литографии 211.

Перейдем дальше к фиг. 2, на котором система растровой литографии изготавливает заготовку линзы, показанную как элемент 220. После этого ее можно обработать способом обработки заготовки линзы, блок 230, в результате чего будет получена «сухая» форма офтальмологической линзы 240. Параметры данной «сухой» офтальмологической линзы могут быть измерены на этапе измерения 250. В качестве примера, данный этап может включать применение лазерного датчика смещения. В качестве примера, построенная по результатам измерения топология поверхности в некоторых вариантах осуществления может иметь вид, представленный на фиг. 4 как элемент 400. Полученные данные могут быть обработаны с помощью алгоритмов, как

показано элементами 251 и 252, для сравнения результатов с ожидаемыми для линзы, имеющей заданные на этапе 205 входные параметры. В некоторых вариантах осуществления различия с входными параметрами могут быть обработаны и могут соответствовать потребности в изменении параметров, используемых при обработке линзы в системе растровой литографии 211. Эта система обратной связи по результатам измерения и входным параметрам показана как система обратной связи элемента 253. Данные также могут быть обработаны и могут соответствовать желательным в рамках методики обработки заготовки линзы 252 изменениям параметров. Система обратной связи по желательным изменениям параметров в данной системе 252 показана как система обратной связи 254. Может быть очевидно, что различные методики расчета и управления могли быть реализованы на разном оборудовании для обработки данных, включая, без ограничений, рабочие станции, персональные компьютеры, промышленные компьютеры и другие аналогичные компьютерные системы. Следует отметить, что представленные на фиг. 2 этапы и описание связанной с ними методики приведены только в качестве примера и не призваны ограничить объем настоящего изобретения.

Результаты реализации этапа измерения 250 и различные способы обработки данных 251 и 252 в некоторых вариантах осуществления могут включать возможность принятия решения о соответствии характеристик полученной линзы 240 допустимым пределам изменения параметров относительно входных параметров в элементе 205. Принимаемое для данной линзы решение показано как элемент 251, в котором линза может быть отбракована, а другая линза с измененными параметрами - изготовлена. В альтернативном варианте характеристики линзы могут находиться в допустимых пределах, и линза может перейти далее на этап 260 для обработки в соответствии с вариантами осуществления методики и устройства постобработки. После разбухания и отделения от носителя линза может пройти дополнительный этап измерения, показанный как элемент 270. В некоторых вариантах осуществления результат этого измерения может иметь варианты осуществления обратной связи, аналогичные указанным для этапа 250 в этом варианте осуществления. После получения готовой офтальмологической линзы 280 технологический поток может быть объединен с потоком в точке отбраковки сухой линзы. Затем весь поток может вернуться обратно к этапу 205 через этап условного перехода к началу 290. Специалисту в данной области может быть очевидно, что возможно множество модификаций, добавлений и изменений при реализации этапа измерения для различных продуктов в рамках настоящего изобретения и последующего создания системы обратной связи, корректирующей параметры системы на основе результатов измерения.

В некоторых слегка отличающихся от описанного вариантах осуществления можно использовать дополнительный тип измерения для оценки аспектов качества линзы, используемых для организации системы глобальной обратной связи, включающей весь комплекс оборудования. В качестве неограничивающего примера, в некоторых вариантах осуществления может быть создана схема обнаружения частиц для выявления подобных дефектов в полученных заготовках линзы. Если по результатам измерения сигнализируется о наличии частиц, может быть создана система обратной связи, которая в некоторых вариантах осуществления может обеспечить генерирование соответствующей информации оператору устройства, а также методика исправления ситуации, ставшей причиной сигнала. Специалисту в данной области будет очевидно, что в рамках объема данного изобретения возможны различные варианты осуществления этапа измерения, результатом которых является обратная связь для оператора.

В дополнительных вариантах осуществления одним элементом системы обратной связи могут являться логистические данные. Как было указано при обсуждениях устройства настоящего изобретения, в некоторых вариантах осуществления ключевые компоненты устройства могут иметь идентификационные данные. Такая идентификация компонентов может в некоторых случаях отслеживаться с помощью автоматического устройства. Обратная связь может включать, например, использование конкретного компонента для контроля конкретного аспекта, в том числе его срока службы. Обратная связь в некоторых вариантах осуществления может поступать к оператору или включать автоматические ответы системы. В дополнительных вариантах осуществления с использованием идентификации компонента результаты предшествующих вариантов осуществления этапа измерения, в которых результаты измерения толщины влияют на параметры системы, уникальная идентификация компонента, например, формирующего оптического элемента, может позволить провести индивидуальную оптимизацию остальных глобальных параметров системы под конкретный компонент. Специалисту в данной области будет очевидно, что в рамках настоящего изобретения, представленного в данном документе, возможны многочисленные варианты осуществления разных форм получения логистических данных и данных измерения, обработки таких данных по различным алгоритмам и с использованием различного оборудования для обработки данных, отделения этих данных от входных данных, определяющих требуемые параметры линзы, а также обеспечения средств для организации обратной связи по этим данным к самой системе или внешним по отношению к системе операторам. Все такие варианты осуществления считаются находящимися в рамках объема настоящего изобретения.

В некоторых примерах физические элементы, включенные в линзу, могут быть функционально важны для обеспечения удобства ношения линзы, ее прилегания к глазу, а также коррекции зрения. Соответственно, данные измерений глаз пациента можно получить с использованием различных типов медицинского оборудования для оценки зрения, и их можно учитывать в таких параметрах, как, например, размер, форма, количество и местоположение физических элементов, которые могут быть включены в переменную мультифокальную контактную линзу.

Кроме того, физические характеристики глаза пользователя могут быть функционально важны для обеспечения одной устойчивости или обеих из вертикальной и ротационной устойчивости путем ограничения перемещения линзы при переходе линии зрения зрачка из одной оптической зоны в другую оптическую зону. Переменная мультифокальная контактная линза может содержать один или более из следующих компонентов: передняя поверхность, задняя поверхность, кромка линзы, периферическая область, зоны стабилизации, зона оптической силы, центр, удерживающая конструкция под веком и поверхность контакта с нижним веком. Ниже описаны примеры линз, изготовленных с использованием устройств и способов, описанных в настоящем документе.

Если обратиться к фиг. 18А и 18В, то на фиг. 18А представлен вид в плане передней поверхности 2101 переменной мультифокальной контактной линзы 2100, содержащей множество элементов. На фиг. 18В представлен вид сбоку передней поверхности 2101 и задней поверхности 2102 переменной мультифокальной контактной линзы 2100.

Контактная линза 2100 может включать, например, переднюю поверхность 2101, заднюю поверхность 2102, кромку линзы 2103, периферическую область 2104, зоны стабилизации 2105, область оптической силы 2106, центр 2107, поверхность контакта с нижним веком 2108 и удерживающую конструкцию под веком 2109.

Передняя поверхность 2101 может включать, например, один или более из следующих элементов: зону оптической силы 2106, периферическую зону 2104 и кромку линзы 2103. Линза 2100 может иметь различные округлые и неокруглые, например, гидрогелевые, геометрические поверхностные элементы передней поверхности 2101, например, одну или более сферических, несферических, тороидальных и неправильных гидрогелевых фигур, выступающих из передней поверхности 2101 линзы.

Соответственно, область оптической силы 2106 может включать, например, различные округлые и неокруглые геометрические фигуры, которые могут быть размещены по центру в периферической области 2104 линзы 2100. Периферическая область 2104 может проходить радиально от внешнего края области оптической силы 2106 к кромке линзы 2103. Кромка линзы 2103 может проходить радиально от внешнего края периферической области 2104 к тому месту, где передняя поверхность 2101 и задняя поверхность 2102 линзы 2100 встречаются друг с другом и образуют периметр, проходящий по всей окружности линзы 2100.

Передняя поверхность 2101 может включать одну или более из зон стабилизации 2105, поверхности контакта с нижним веком 2108 и удерживающей конструкции под веком 2109. Добавление в переменную мультифокальную контактную линзу 2100 удерживающей конструкции под веком 2109 и поверхности контакта с нижним веком 2108 может обеспечивать увеличение площади контакта с нижним веком. Удерживающая конструкция под веком 2109 также может обеспечивать одну или обе из вертикальной и ротационной устойчивости при ношении мультифокальной контактной линзы 2100.

Зона стабилизации 2105 может присутствовать на одной или обеих сторонах области оптической силы 2106. Зона стабилизации 2105 может способствовать одной или обоим из вертикальной и ротационной устойчивости мультифокальной контактной линзы 2100. Кроме того, зона стабилизации 2105, удерживающая конструкция под веком 2109 и поверхность контакта с нижним веком 2108 могут иметь контуры, способствующие комфортному ношению линзы 2100 и прилеганию линзы 2100.

В другом аспекте задняя поверхность 2102 может включать периферическую область 2104 и область оптической силы 2106, включающую одну или более из множества оптических зон. Периферическая область 2104 и область оптической силы 2106 могут влиять на соответствующую оптическую силу контактной линзы 2100. Задняя поверхность 2102 может включать, например, одну или обе из периферической области 2104 и области оптической силы 2106, включающей одну или более из зоны оптической силы для зрения вдаль, зоны промежуточной оптической силы и зоны оптической силы для зрения вблизи. Кроме того, задняя поверхность 2102 может включать, например, одну или обе из периферической области 2104 и области оптической силы 2106, включающей одну или обе из зоны оптической силы для зрения вдаль и зоны оптической силы для зрения вблизи.

На фиг. 19A-19D представлены примеры множества вариаций расположения и наличия зоны стабилизации 2200, которые могут соответствовать аспектам настоящего изобретения. Линза может содержать одну или множество зон стабилизации 2200, обеспечивающих одну или обе из вертикальной и ротационной устойчивости линзы на глазе. Кроме того, зона стабилизации 2200 может включать множество геометрических фигур, образованных на поверхности зоны стабилизации 2200 и заданных одними или обоими из точек и линий по меньшей мере с одной кривой для задания поверхности, что также может повышать комфортность для пользователя. В некоторых примерах линза 2204 может включать одну зону стабилизации 2200, которая может быть расположена на одной из правой стороны области оптической силы 2201 (как показано

на фиг. 19С) и левой стороны области оптической зоны 2201 (как показано на фиг. 19D). Линза 2200 также включает удерживающую конструкцию под веком 2203.

Линза 2204 может не включать зоны стабилизации 2200 (как показано на фиг. 19А) или линза 2204 может включать по меньшей мере две или более зон стабилизации 2200 (как показано на фиг. 19В).

Зоны стабилизации 2200 (как показано на фиг. 19В-D) могут включать дугообразный сегмент из гидрогелевого материала, имеющий угловую ширину от приблизительно 0° до 180° , который может проходить от верхнего края области оптической силы 2201 до верхнего края поверхности контакта с нижним веком 2202. Кроме того, зона стабилизации 2200 (как показано на фиг. 19В-D) может иметь ширину (w) приблизительно 5 мм или менее, которая проходит радиально от центра линзы, и максимальную осевую высоту (ht) 1 мм или менее в вертикальном направлении от основания зоны стабилизации 2200 (как показано на фиг. 19В-D). Зона стабилизации 2200 (как показано на фиг. 19В-D) может иметь угловую ширину приблизительно 124° , ширину приблизительно 3 мм и высоту приблизительно 0,5 мм.

На фиг. 20А-20Н представлены примеры множества вариаций различных типов, форм и конфигураций оптических зон, которые могут находиться в области оптической силы. Оптическая зона может включать множество геометрических фигур, заданных одними или обеими из точек и линий по меньшей мере с одной кривой для задания поверхности. Область оптической силы 2300 может включать множество оптических зон, таких как, например, одна или более из зоны оптической силы для зрения вдаль, зоны промежуточной оптической силы и зоны оптической силы для зрения вблизи. Например, зона оптической силы для зрения вдаль, зона промежуточной оптической силы и зона оптической силы для зрения вблизи могут располагаться по убыванию от верхней части к нижней части области оптической силы.

Некоторые дополнительные примеры включают оптические зоны, которые могут быть расположены в виде одной или более из разделенных оптических зон, показанных на фиг. 20А и 20В, в том числе зоны оптической силы для зрения вдаль 2302 для дальнего зрения, зоны промежуточной оптической силы 2304 для промежуточного зрения и зоны оптической силы для зрения вблизи 2306 для ближнего зрения, прогрессивные оптические зоны 2308, фиг. 20С, и связывающие оптические зоны 2310, фиг. 20D-20Н. Например, связывающая зона 2310 может включать смежную область, связывающую оптическую зону (зону оптической силы для зрения вдаль 2302, промежуточной оптической силы 2304 или оптической силы для зрения вблизи 2306), фиг. 20D-20Н, с другой смежной с ней частью линзы, в том числе оптической зоной, периферической областью или поверхностью контакта с нижним веком. Прогрессивная линза, как показано на 20С, включает множество оптических зон, образованных в виде непрерывной области, а не в виде отдельных зон.

В одном аспекте настоящего изобретения поверхность контакта с нижним веком может включать непрерывный, направленный вовнутрь выступ части передней поверхности, проходящий латерально по всей передней поверхности линзы, в результате чего формируется напоминающая полку структура, которая может находиться на нижнем веке. Поверхность контакта с нижним веком может быть расположена непосредственно над смежной удерживающей конструкцией под веком. Более того, поверхность контакта с нижним веком может иметь множество геометрических форм, заданных одной или обеими из точек и линий с по меньшей мере одной кривой для задания поверхности. Соответственно, поверхность контакта с нижним веком может точно повторять контур нижнего века пациента, чем обеспечивается одно или более

из лучшего прилегания, удобства для пользователя, вертикальной устойчивости, ротационной устойчивости и ограничения величины перемещения линзы при переходе линии прямой видимости пользователя из одной оптической зоны в другую.

Некоторые дополнительные примеры включают удерживающую конструкцию под веком, которая может начинаться под и быть смежной с нижней частью поверхности контакта с нижним веком, доходя до нижней кромки линзы. В предпочтительных примерах удерживающая конструкция под веком может иметь ширину (w) 4 мм или менее, предпочтительно ширину 2,1 мм. Соответственно, удерживающая конструкция под веком может включать дугообразную переднюю поверхность, по существу повторяющую поверхность глаза. Удерживающая конструкция под веком может повторять контуры глаза пациента, в результате чего площадь поверхности может быть увеличена, а линза будет лучше охватывать роговицу. Более того, такая удерживающая конструкция под веком может обеспечивать одно или более из повышенного комфорта для пользователя, вертикальной устойчивости и ротационной устойчивости линзы, надетой на глаз.

Альтернативно в некоторых дополнительных аспектах настоящего изобретения иллюстрируются этапы способов, которые могут быть реализованы для получения переменной мультифокальной контактной линзы, как показано на фиг. 21. В некоторых примерах для реализации переменной мультифокальной контактной линзы можно использовать данные пациента. В одном примере данные о глазе могут быть получены с помощью различных офтальмологических измерительных устройств, таких как топографы, измерители волнового фронта, микроскопы, видеокамеры и т.д., с последующим сохранением данных. В другом примере глаз может быть исследован в различных условиях освещенности, например, в условиях низкой, промежуточной и яркой освещенности, при которых могут быть сохранены любые полученные данные.

Различные типы полученных данных о глазе могут включать, например, форму глаза; положение нижнего века относительно верхнего века, зрачка и лимба; размер, форму и местоположение зрачка и лимба при ближнем зрении, промежуточном зрении и дальнем зрении; радиус изгиба нижнего века и расстояние от центра зрачка. В одном примере данные, полученные для глаза пациента, могут влиять на элементы линзы, например, на форму линзы; форму, размер, местоположение и количество доступных зон стабилизации; форму, размер, местоположение и количество доступных оптических зон; а также форму, размер и местоположение поверхности контакта с нижним веком и удерживающей конструкции под веком линзы.

На этапе 2400 могут быть введены данные об измерениях глаза пациента. На этапе 2401 принятые данные об измерениях глаза пациента могут быть преобразованы с помощью алгоритмов в подходящие для использования параметры линзы. На этапе 2402 параметры линзы можно использовать для задания элементов линзы. На этапе 2403 может быть сгенерирована конфигурация линзы на основе указанных параметров и элементов линзы. Для примера конфигурация поверхности линзы может быть основана на данных о параметрах, полученных при помощи одного или более офтальмологических устройств измерения, приложенных к глазу пациента. Например, размер, форма и местоположение области оптической силы в конфигурации линзы может определяться перемещением зрачка пациента при взгляде в различных направлениях. Форма и местоположение поверхности контакта с нижним веком может определяться положением и перемещением нижнего века пациента. На этапе 2204 на основе сгенерированной конфигурации линзы может быть создана линза свободной формы.

На фиг. 22 представлен контроллер 2500, который можно использовать для реализации аспектов настоящего изобретения, например, указанных выше этапов способа. Процессорный модуль 2501 может содержать один или более процессоров, связанных с устройством обмена данными 2502, выполненным с возможностью обмена данными через сеть обмена данными. Устройство обмена данными 2502 можно использовать для обмена данными, например, с одним или более устройствами-контроллерами или компонентами производственного оборудования, например, с устройством, изображенным на фиг. 5-15.

Процессор 2501 также можно использовать в связи с устройством хранения данных 2503. Устройство хранения данных 2503 может представлять собой любое соответствующее устройство хранения информации, включая комбинации магнитных устройств хранения данных (например, магнитной ленты и жестких дисков), оптических устройств хранения данных и/или полупроводниковых устройств памяти, например, оперативных запоминающих устройств (ОЗУ) и постоянных запоминающих устройств (ПЗУ). Устройство хранения данных 2503 может хранить в себе исполняемые инструкции, которые при исполнении процессором 2501 побуждают описанное в настоящем документе устройство выполнять описанные в настоящем документе способы. Исполняемые инструкции могут включать ЦМУ-скрипт, описанный в настоящем документе.

В устройстве хранения данных 2503 может храниться исполняемая программа 2504 по управлению работой процессора 2501. Процессор 2501 исполняет инструкции программы 2504 и посредством этого функционирует в соответствии с настоящим изобретением, таким как, например, в соответствии с вышеописанными этапами способа. Например, процессор 2501 может принимать информацию, описывающую глаз пациента. Устройство хранения данных 2503 может также хранить офтальмологические данные в одной или более базах данных 2505 и 2506. База данных может включать персонализированные данные о конфигурации линзы, данные об измерениях и заданные данные о параметрах линзы, относящиеся к конкретным конфигурациям линзы.

На фиг. 23А и 23В представлен вид в плане спереди и вид сбоку передней поверхности 2111 переменной мультифокальной линзы 2110, содержащей множество элементов, а также задней поверхности 2112. Линза 2110 включает те же элементы, которые показаны для линзы 2100 на фиг. 18А и 18В, и аналогичные элементы представлены под аналогичными номерами, за исключением того, что линза 2110 не включает удерживающей конструкции под веком.

На фиг. 24А-24D представлены примеры множества вариаций размещения и наличия зоны стабилизации 2200, которые могут соответствовать аспектам настоящего изобретения. Линзы 2214, представленные на фиг. 24А-24D, аналогичны линзам 2204, представленным на фиг. 19А-194D, и аналогичные элементы представлены под аналогичными номерами. Отличие между линзой 2214, представленной на фиг. 24А-24D, и линзой 2204, представленной на фиг. 19А-194D, заключается в том, что линза 2214 не включает удерживающей структуры под веком.

Не исчерпывающий перечень аспектов настоящего изобретения изложен в следующих пунктах списка:

1. Устройство для формирования переменной мультифокальной контактной линзы, содержащее:

источник излучения, генерирующий излучение с длиной волны, содержащей активное излучение;

процессор, логически связанный с памятью, причем в указанной памяти хранится

исполняемый код, который выполняется по требованию и побуждает процессор генерировать один или более сигналов управления для управления цифровым зеркальным устройством, которое отражает актиничное излучение через дугообразную подложку для:

5 повоксельного формирования контактной линзы, содержащей переднюю поверхность и заднюю поверхность, причем указанная передняя поверхность и указанная задняя поверхность содержат соответствующие дугообразные формы и сходятся у кромки линзы;

10 формирования области оптической силы для обеспечения коррекции зрения для глаза пользователя, причем указанная область оптической силы содержит множество оптических зон;

15 формирования поверхности контакта с нижним веком, причем поверхность контакта с нижним веком ограничивает величину перемещения указанной линзы на глазе пользователя, когда пользователь изменяет направление зрения и линия прямой видимости пользователя перемещается от по меньшей мере одной оптической зоны к другой указанной оптической зоне; и

формирования удерживающей конструкции под веком.

2. Устройство по п. 1, в котором переменная мультифокальная контактная линза представляет собой линзу свободной формы.

20 3. Устройство по п. 1, в котором передняя поверхность содержит одну или более из периферической области, зоны стабилизации и области оптической силы.

4. Устройство по п. 3, в котором кромка линзы проходит радиально от внешнего края периферической области к месту соединения передней поверхности и задней поверхности.

25 5. Устройство по п. 3, в котором периферическая область проходит радиально от наружного края области оптической силы к кромке линзы.

6. Устройство по п. 3, в котором линза содержит одну или более зон стабилизации, предназначенных для обеспечения одной или обеих из вертикальной устойчивости линзы и ротационной устойчивости линзы.

30 7. Устройство по п. 6, в котором зона стабилизации имеет геометрическую форму, заданную одними или обеими из точек и линий по меньшей мере с одной кривой для задания поверхности.

8. Устройство по п. 6, в котором зона стабилизации содержит дугообразный сегмент из гидрогелевого материала с угловой шириной от 0° до 180° .

35 9. Устройство по п. 6, в котором зона стабилизации имеет ширину (w) 5 мм или менее и максимальную высоту (ht) 1 мм или менее.

10. Устройство по п. 1, в котором задняя поверхность имеет одну или обе из периферической области и области оптической силы.

40 11. Устройство по п. 1, в котором область оптической силы имеет сферическую форму границы.

12. Устройство по п. 1, в котором область оптической силы имеет несферическую форму границы.

45 13. Устройство по п. 1, в котором область оптической силы содержит одну или более из зоны оптической силы для дальнего зрения, зоны промежуточной оптической силы и зоны оптической силы для ближнего зрения.

14. Устройство по п. 13, в котором по меньшей мере одна указанная оптическая зона имеет геометрическую форму, заданную одними или обеими из точек и линий по меньшей мере с одной кривой для задания поверхности.

15. Устройство по п. 1, в котором поверхность контакта с нижним веком содержит непрерывный, проходящий внутрь выступ части передней поверхности, проходящий латерально через указанную переднюю поверхность линзы.

16. Устройство по п. 15, в котором поверхность контакта с нижним веком размещена непосредственно над смежной с ней удерживающей конструкцией под веком.

17. Устройство по п. 15, в котором поверхность контакта с нижним веком имеет геометрическую форму, заданную одними или обеими из точек и линий по меньшей мере с одной кривой для задания поверхности.

18. Устройство по п. 1, в котором удерживающая конструкция под веком является смежной с нижней частью поверхности контакта с нижним веком и проходит до низа указанной кромки линзы.

19. Устройство по п. 18, в котором удерживающая конструкция под веком содержит дугообразную переднюю часть, по существу повторяющую контур поверхности глаза.

20. Устройство по п. 18, в котором удерживающая конструкция под веком имеет ширину 4 мм или менее.

21. Устройство по п. 18, в котором удерживающая конструкция под веком обеспечивает одну или обе из вертикальной устойчивости линзы и ротационной устойчивости линзы.

22. Переменная мультифокальная контактная линза, содержащая:

переднюю поверхность, причем указанная передняя поверхность имеет дугообразную форму;

заднюю поверхность, причем указанная задняя поверхность имеет дугообразную форму, указанная задняя поверхность расположена в непосредственной близости и напротив указанной передней поверхности, и указанная передняя поверхность и задняя поверхность соединяются друг с другом на кромке линзы;

область оптической силы, обеспечивающую для глаза пользователя коррекцию зрения, причем указанная область оптической силы содержит множество оптических зон;

поверхность контакта с нижним веком, причем поверхность контакта с нижним веком ограничивает величину перемещения указанной линзы на глазе пользователя, когда пользователь изменяет направление зрения из по меньшей мере одной оптической зоны в другую указанную оптическую зону; и

удерживающую структуру под веком.

23. Переменная контактная линза по п. 22, в которой линза представляет собой линзу свободной формы, имеющей первую часть, образованную повоксельно, и вторую часть, образованную из текучей среды.

24. Переменная контактная линза по п. 22, в которой передняя поверхность содержит одну или более из периферической области и зоны стабилизации.

25. Способ по п. 24, в котором кромка линзы проходит радиально от внешнего края периферической области к месту соединения передней поверхности и задней поверхности.

26. Переменная контактная линза по п. 24, в которой периферическая область проходит радиально от наружного края области оптической силы к кромке линзы.

27. Переменная контактная линза по п. 24, в которой линза содержит одну или более зон стабилизации, предназначенных для обеспечения одной или обеих из вертикальной устойчивости линзы и ротационной устойчивости линзы.

28. Переменная контактная линза по п. 27, в которой зона стабилизации имеет геометрическую форму, заданную одними или обеими из точек и линий по меньшей мере с одной кривой для задания поверхности.

29. Переменная контактная линза по п. 27, в которой зона стабилизации содержит дугообразный сегмент из гидрогелевого материала с угловой шириной от 0° до 180° .

30. Переменная контактная линза по п. 27, в которой зона стабилизации имеет ширину (w) 5 мм или менее и максимальную высоту (ht) 1 мм или менее.

5 31. Переменная контактная линза по п. 22, в которой задняя поверхность имеет одну или обе из периферической области и области оптической силы.

32. Переменная контактная линза по п. 22, в которой область оптической силы имеет сферическую форму границ.

10 33. Переменная контактная линза по п. 22, в которой область оптической силы имеет несферическую форму границ.

34. Переменная контактная линза по п. 22, в которой область оптической силы содержит одну или более из зоны оптической силы для дальнего зрения, зоны промежуточной оптической силы зоны оптической силы для ближнего зрения.

15 35. Переменная контактная линза по п. 34, в которой по меньшей мере одна указанная оптическая зона имеет геометрическую форму, заданную одними или обоими из точек и линий по меньшей мере с одной кривой для задания поверхности.

36. Переменная контактная линза по п. 22, в которой поверхность контакта с нижним веком содержит смежный направленный вовнутрь выступ передней поверхности, проходящий латерально по всей указанной передней поверхности линзы.

20 37. Переменная контактная линза по п. 36, в которой поверхность контакта с нижним веком размещена непосредственно над смежной с ней удерживающей конструкцией под веком.

38. Переменная контактная линза по п. 36, в которой поверхность контакта с нижним веком содержит заданную гидрогелем геометрическую фигуру, которой придана форма 25 поверхностных элементов одними или обоими из точек и линий и по меньшей мере одной кривой для задания поверхности.

39. Переменная контактная линза по п. 22, в которой удерживающая конструкция под веком примыкает к нижней части поверхности контакта с нижним веком и проходит до низа указанной кромки линзы.

30 40. Переменная контактная линза по п. 39, в которой удерживающая конструкция под веком содержит дугообразную переднюю часть, по существу повторяющую контур поверхности глаза.

41. Переменная контактная линза по п. 39, в которой удерживающая конструкция под веком имеет ширину 4 мм или менее.

35 42. Переменная контактная линза по п. 39, в которой удерживающая конструкция под веком обеспечивает одну или обе из вертикальной устойчивости линзы и ротационной устойчивости линзы.

43. Устройство для формирования переменной мультифокальной контактной линзы, содержащее:

40 источник излучения, генерирующий излучение с длиной волны, содержащей актиничное излучение;

процессор, логически связанный с памятью, причем в указанной памяти хранится исполняемый код, который выполняется по требованию и побуждает процессор генерировать один или более сигналов управления для управления цифровым 45 зеркальным устройством, которое отражает актиничное излучение через дугообразную подложку для:

повоксельного формирования передней поверхности, причем указанная передняя поверхность имеет дугообразную форму;

повоксельного формирования задней поверхности, причем указанная задняя поверхность имеет дугообразную форму, указанная задняя поверхность размещена напротив указанной передней поверхности, и указанные передняя поверхность и задняя поверхность соединяются друг с другом на кромке линзы;

5 формирование области оптической силы для обеспечения коррекции зрения для глаза пользователя, причем указанная область оптической силы содержит множество оптических зон; и

формирования поверхности контакта с нижним веком, причем поверхность контакта с нижним веком ограничивает величину перемещения указанной линзы по глазу
10 пользователя, когда пользователь изменяет направление зрения и линия прямой видимости пользователя перемещается от по меньшей мере одной оптической зоны к другой указанной оптической зоне.

44. Устройство по п. 43, в котором линза представляет собой линзу свободной формы.

45. Устройство по п. 43, в котором передняя поверхность содержит одно или более
15 из кромки линзы, периферической области, компонента зоны стабилизации, области оптической силы и поверхности контакта с нижним веком.

46. Устройство по п. 45, в котором кромка линзы проходит радиально от внешнего края периферической области к месту соединения передней поверхности и задней поверхности.

20 47. Устройство по п. 45, в котором периферическая область проходит радиально от наружного края области оптической силы к кромке линзы.

48. Устройство по п. 45, в котором линза содержит одну или более зон стабилизации, предназначенных для обеспечения одной из вертикальной устойчивости линзы и ротационной устойчивости линзы.

25 49. Устройство по п. 48, в котором зона стабилизации имеет геометрическую форму, заданную одними или обоими из точек и линий по меньшей мере с одной кривой для задания поверхности.

50. Устройство по п. 48, в котором зона стабилизации содержит дугообразный сегмент из гидрогелевого материала с угловой шириной от 0° до 180° .

30 51. Устройство по п. 48, в котором зона стабилизации имеет ширину (w) 5 мм или менее и максимальную высоту (ht) 1 мм или менее.

52. Устройство по п. 43, в котором задняя поверхность содержит одну или обе из периферической области и области оптической силы.

35 53. Устройство по п. 43, в котором область оптической силы имеет сферическую форму границы.

54. Устройство по п. 43, в котором область оптической силы имеет несферическую форму границы.

40 55. Устройство по п. 43, в котором область оптической силы содержит одну или более из зоны оптической силы для зрения вдаль, зоны промежуточной оптической силы и зоны оптической силы для зрения вблизи.

56. Устройство по п. 55, в котором по меньшей мере одна указанная оптическая зона имеет геометрическую форму, заданную одними или обоими из точек и линий по меньшей мере с одной кривой для задания поверхности.

45 57. Устройство по п. 43, в котором поверхность контакта с нижним веком содержит смежный направленный вовнутрь выступ передней поверхности, проходящий латерально по всей указанной передней поверхности линзы.

58. Устройство по п. 57, в котором поверхность контакта с нижним веком размещена непосредственно над смежной с ней кромкой линзы.

59. Устройство по п. 57, в котором поверхность контакта с нижним веком имеет геометрическую форму, заданную одними или обеими из точек и линий по меньшей мере с одной кривой для задания поверхности.

60. Переменная мультифокальная контактная линза, содержащая:

5 повоксельно сформированную переднюю поверхность, причем указанная передняя поверхность имеет дугообразную форму;

 повоксельно сформированную заднюю поверхность, причем указанная задняя поверхность имеет дугообразную форму, указанная задняя поверхность размещена напротив указанной передней поверхности, и указанные передняя поверхность и задняя
10 поверхность соединяются друг с другом на краю линзы;

 область оптической силы, обеспечивающую для глаза пользователя коррекцию зрения, причем указанная область оптической силы содержит множество оптических зон; и

 поверхность контакта с нижним веком, причем поверхность контакта с нижним
15 веком ограничивает величину перемещения указанной линзы по глазу пользователя, когда пользователь изменяет направление зрения и линия прямой видимости пользователя перемещается от по меньшей мере одной оптической зоны к другой указанной оптической зоне.

61. Переменная контактная линза по п. 60, в которой линза представляет собой линзу
20 свободной формы.

62. Переменная контактная линза по п. 60, в которой передняя поверхность содержит одно или более из кромки линзы, периферической области, компонента зоны стабилизации, области оптической силы и поверхности контакта с нижним веком.

63. Способ по п. 62, в котором кромка линзы проходит радиально от внешнего края
25 периферической области к месту соединения передней поверхности и задней поверхности.

64. Переменная контактная линза по п. 62, в которой периферическая область проходит радиально от наружного края области оптической силы к кромке линзы.

65. Переменная контактная линза по п. 62, в которой линза содержит одну или более зон стабилизации, предназначенных для обеспечения одной или обеих из вертикальной
30 устойчивости линзы и ротационной устойчивости линзы.

66. Переменная контактная линза по п. 65, в которой зона стабилизации имеет геометрическую форму, заданную одними или обеими из точек и линий по меньшей мере с одной кривой для задания поверхности.

67. Переменная контактная линза по п. 65, в которой зона стабилизации содержит
35 дугообразный сегмент из гидрогелевого материала с угловой шириной от 0° до 180°.

68. Переменная контактная линза по п. 65, в которой зона стабилизации имеет ширину (w) 5 мм или менее и максимальную высоту (ht) 1 мм или менее.

69. Переменная контактная линза по п. 60, в которой задняя поверхность имеет одну или обе из периферической области и области оптической силы.

40 70. Переменная контактная линза по п. 60, в которой область оптической силы имеет сферическую форму границ.

71. Переменная контактная линза по п. 60, в которой область оптической силы имеет несферическую форму границ.

72. Переменная контактная линза по п. 60, в которой область оптической силы
45 содержит одну или более из зоны оптической силы для зрения вдаль, зоны промежуточной оптической силы и зоны оптической силы для зрения вблизи.

73. Переменная контактная линза по п. 72, в которой по меньшей мере одна указанная оптическая зона имеет геометрическую форму, заданную одними или обеими из точек

и линий по меньшей мере с одной кривой для задания поверхности.

74. Переменная контактная линза по п. 60, в которой поверхность контакта с нижним веком содержит смежный направленный вовнутрь выступ передней поверхности, проходящий латерально по всей указанной передней поверхности линзы.

5 75. Переменная контактная линза по п. 74, в которой поверхность контакта с нижним веком размещена непосредственно над смежной с ней кромкой линзы.

76. Переменная контактная линза по п. 74, в которой поверхность контакта с нижним веком имеет геометрическую форму, заданную одними или обеими из точек и линий по меньшей мере с одной кривой для задания поверхности.

10 Заключение

Приведенное выше описание, дополнительно заданное представленными ниже пунктами формулы изобретения, предлагает этапы способа формирования переменной мультифокальной контактной линзы, например, линзы свободной формы, и устройство для реализации таких способов, а также линзы, сформированные с их использованием.

15 Переменная мультифокальная контактная линза свободной формы может включать одну или обе из удерживающей структуры под веком и поверхности контакта с нижним веком.

(57) Формула изобретения

20 1. Переменная мультифокальная контактная линза, содержащая: переднюю поверхность, имеющую дугообразную форму;

заднюю поверхность, имеющую дугообразную форму, причем указанная задняя поверхность размещена в непосредственной близости и напротив указанной передней поверхности, и указанная передняя поверхность и задняя поверхность соединяются

25 друг с другом на краю линзы;

область оптической силы, выполненную с возможностью обеспечения для глаза пользователя коррекции зрения, причем указанная область оптической силы содержит множество оптических зон, при этом кромка линзы проходит радиально от внешнего края периферической области к месту соединения передней поверхности и задней поверхности и периферическая область проходит радиально от наружного края области оптической силы к кромке линзы;

одну или более зон стабилизации, выполненных с возможностью обеспечения одной или обеих из вертикальной устойчивости линзы и ротационной устойчивости линзы; и

35 поверхность контакта с нижним веком, выполненную с возможностью ограничения величины перемещения указанной линзы по глазу пользователя, когда пользователь изменяет направление зрения и линия прямой видимости пользователя перемещается от по меньшей мере одной оптической зоны к другой указанной оптической зоне.

2. Переменная контактная линза по п. 1, в которой линза содержит удерживающую конструкцию под веком.

40 3. Переменная контактная линза по п. 1 или 2, в которой линза представляет собой линзу свободной формы, имеющую первую часть, образованную повоксельно, и вторую часть, образованную из текучей среды.

4. Переменная контактная линза по п. 1 или 2, в которой передняя поверхность содержит одно или более из кромки линзы, периферической области, компонента зоны стабилизации, области оптической силы и поверхности контакта с нижним веком.

45 5. Переменная контактная линза по п. 1, в которой зона стабилизации имеет геометрическую форму, заданную одними или обеими из точек и линий по меньшей мере с одной кривой для задания поверхности.

6. Переменная контактная линза по п. 1, в которой зона стабилизации содержит дугообразный сегмент из гидрогелевого материала с угловой шириной от 0° до 180° .

7. Переменная контактная линза по п. 1, в которой зона стабилизации имеет ширину (w) 5 мм или менее и максимальную высоту (ht) 1 мм или менее.

5 8. Переменная контактная линза по п. 1, в которой задняя поверхность имеет одну или обе из периферической области и области оптической силы.

9. Переменная контактная линза по п. 1, в которой область оптической силы имеет сферическую форму границ.

10 10. Переменная контактная линза по п. 1, в которой область оптической силы имеет несферическую форму границ.

11. Переменная контактная линза по п. 1, в которой область оптической силы содержит одну или более из зоны оптической силы для зрения вдаль, зоны промежуточной оптической силы и зоны оптической силы для зрения вблизи.

12. Переменная контактная линза по п. 11, в которой по меньшей мере одна указанная 15 оптическая зона имеет геометрическую форму, заданную одними или обоими из точек и линий по меньшей мере с одной кривой для задания поверхности.

13. Переменная контактная линза по п. 1, в которой поверхность контакта с нижним веком содержит смежный направленный вовнутрь выступ части передней поверхности, проходящий латерально по всей указанной передней поверхности линзы.

20 14. Переменная контактная линза по п. 1, в которой поверхность контакта с нижним веком размещена непосредственно над смежной с ней удерживающей конструкцией под веком.

15. Переменная контактная линза по п. 1, в которой поверхность контакта с нижним веком размещена непосредственно над кромкой линзы.

25 16. Переменная контактная линза по п. 1, в которой поверхность контакта с нижним веком имеет геометрическую фигуру, заданную одними или обоими из точек и линий по меньшей мере с одной кривой для задания поверхности.

17. Переменная контактная линза по п. 16, в которой геометрическая форма задана гидрогелем.

30 18. Переменная контактная линза по п. 2, в которой удерживающая конструкция под веком является смежной с нижней частью поверхности контакта с нижним веком и продолжается до низа указанной кромки линзы.

19. Переменная контактная линза по п. 2, в которой удерживающая конструкция под веком содержит дугообразную переднюю поверхность, повторяющую поверхность 35 глаза.

20. Переменная контактная линза по п. 2, в которой удерживающая конструкция под веком имеет ширину 4 мм или менее.

21. Переменная контактная линза по п. 2, в которой удерживающая конструкция под веком обеспечивает одну или более из вертикальной устойчивости линзы и 40 ротационной устойчивости линзы.

22. Способ формирования переменной мультифокальной контактной линзы по одному из пп. 1-21, содержащий этапы, на которых:

повоксельно формируют контактную линзу, содержащую переднюю поверхность и заднюю поверхность, причем указанная передняя поверхность и указанная задняя 45 поверхность имеют соответствующие дугообразные формы и соприкасаются на кромке линзы;

формируют область оптической силы для обеспечения для глаза пользователя коррекции зрения, причем указанная область оптической силы содержит множество

оптических зон, при этом кромка линзы проходит радиально от внешнего края периферической области к месту соединения передней поверхности и задней поверхности, и периферическая область проходит радиально от наружного края области оптической силы к кромке линзы;

5 формируют одну или более зон стабилизации, выполненных с возможностью обеспечения одной или обеих из вертикальной устойчивости линзы и ротационной устойчивости линзы; и

формируют поверхность контакта с нижним веком, причем поверхность контакта с нижним веком выполнена с возможностью ограничения величины перемещения
10 указанной линзы по глазу пользователя, когда пользователь изменяет направление зрения и линия прямой видимости пользователя перемещается от по меньшей мере одной оптической зоны к другой указанной оптической зоне.

15

20

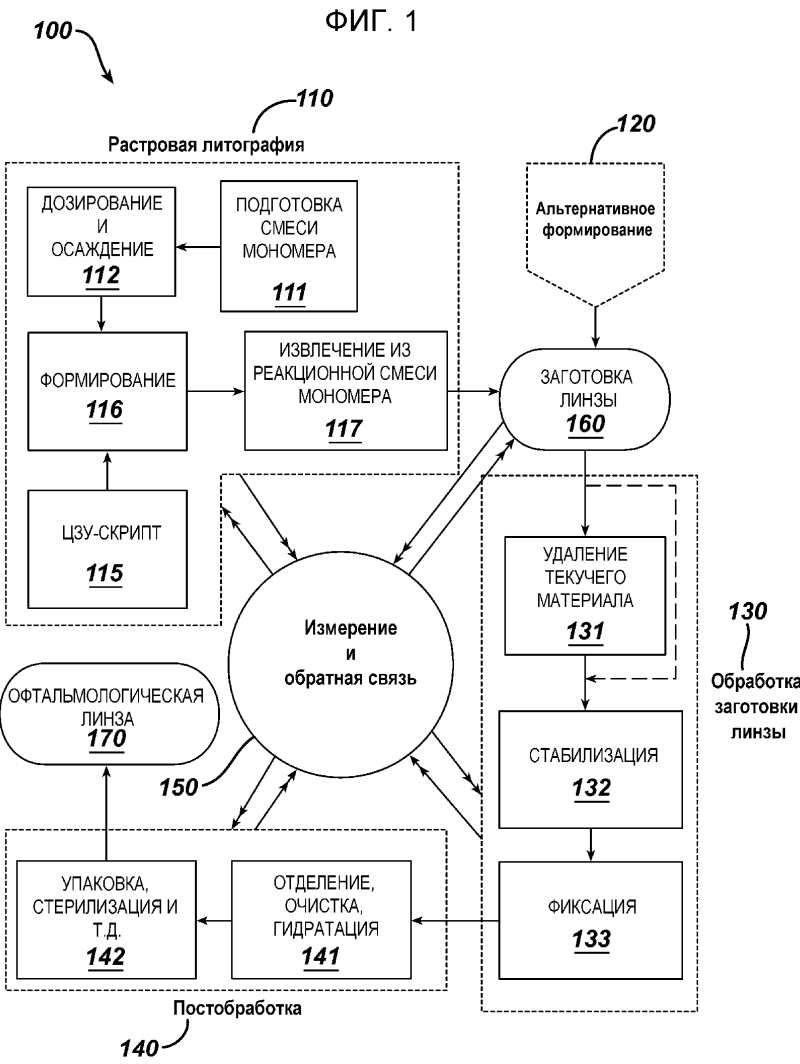
25

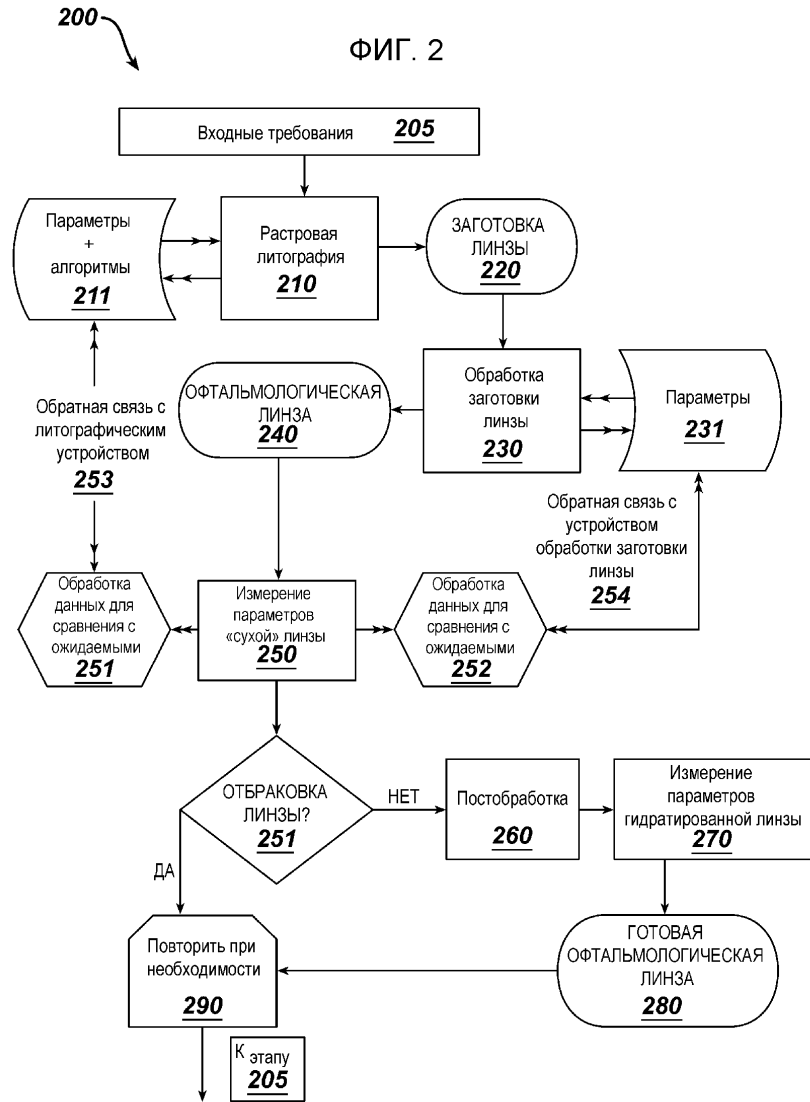
30

35

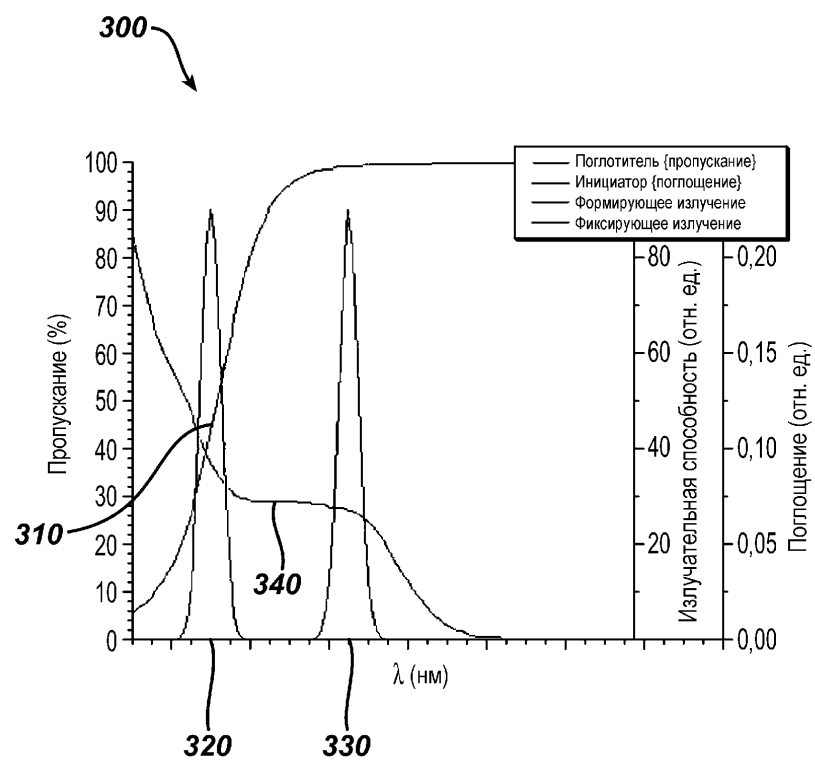
40

45

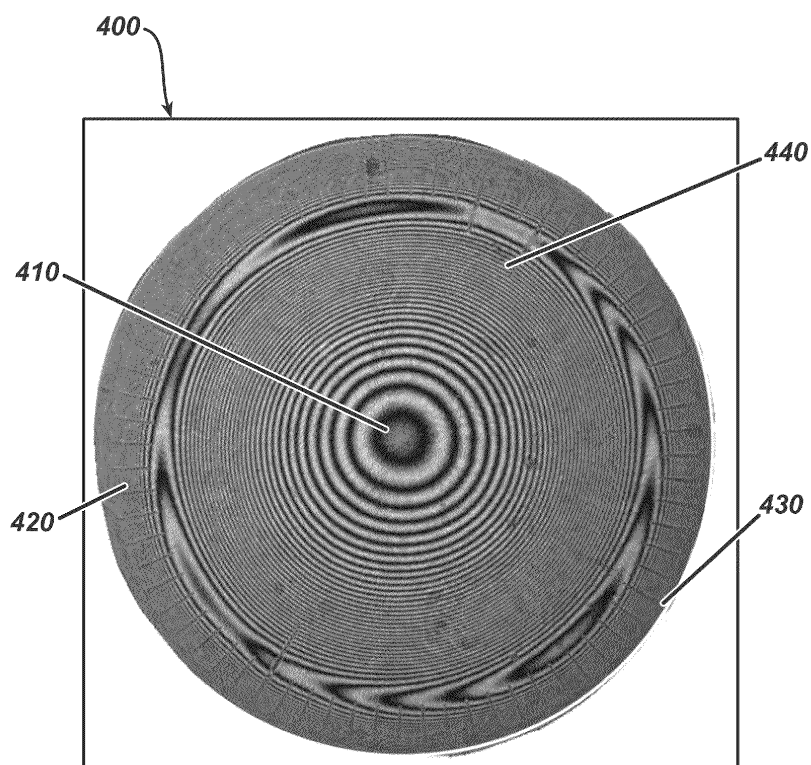




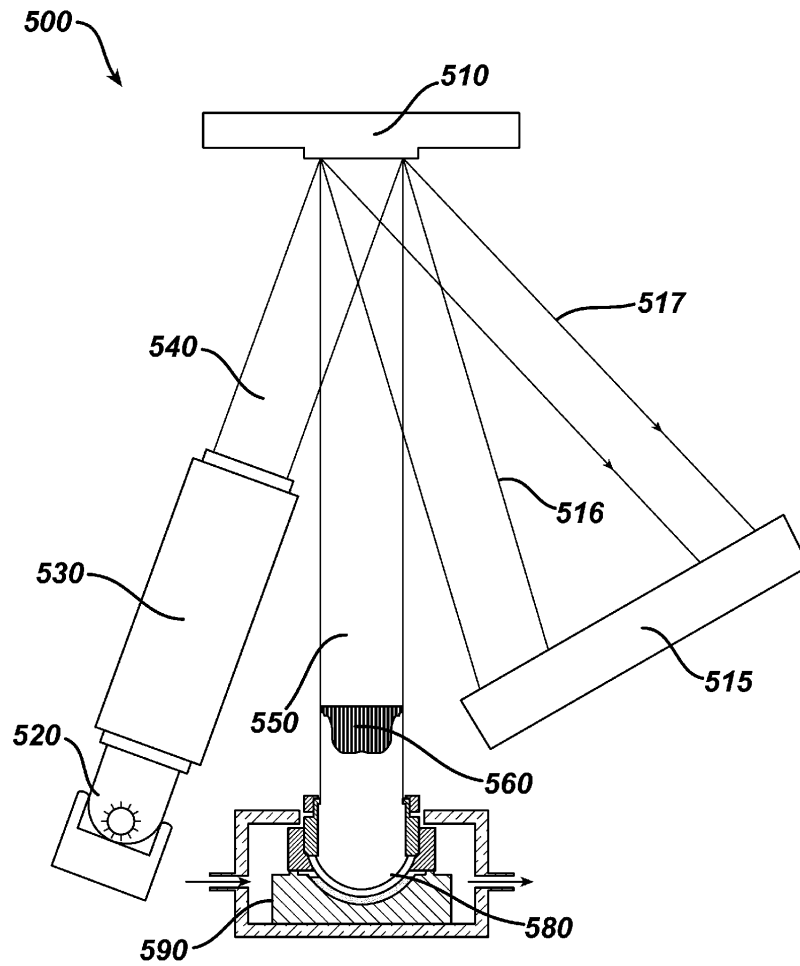
ФИГ. 3



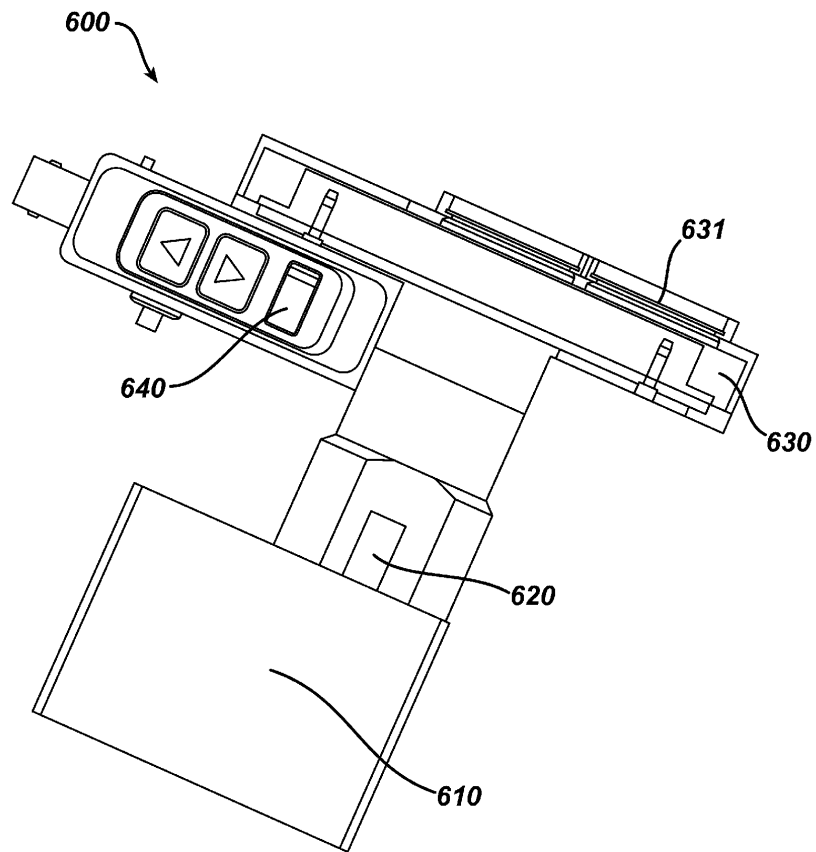
ФИГ. 4



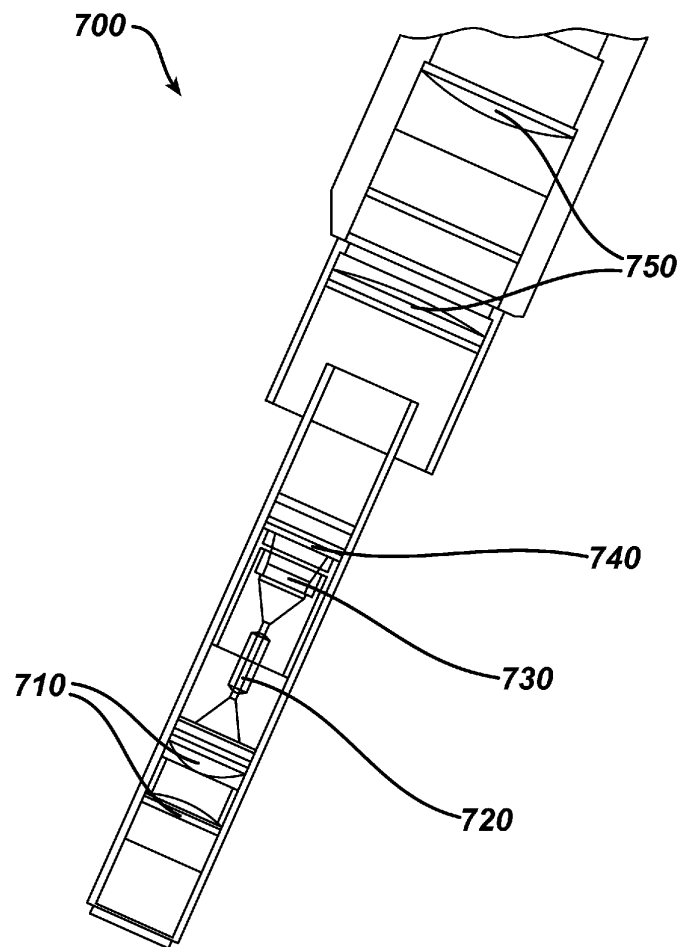
ФИГ. 5



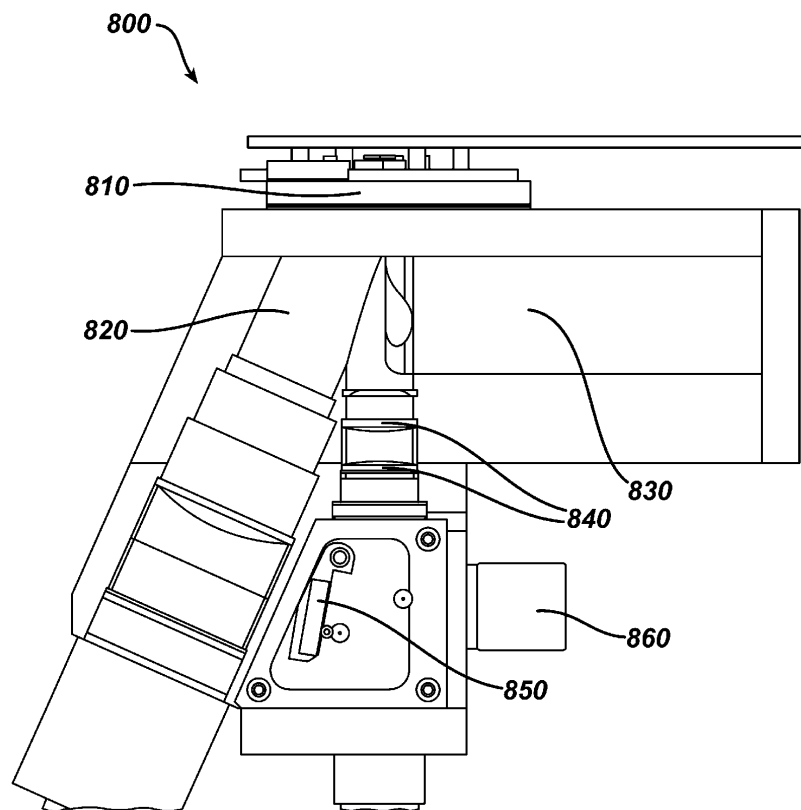
ФИГ. 6



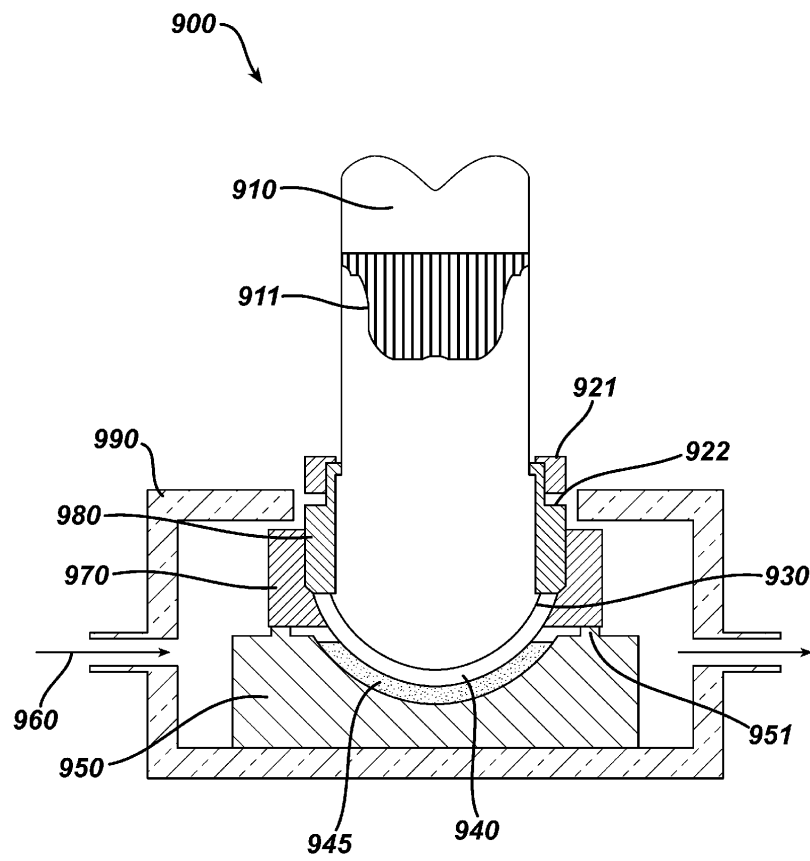
ФИГ. 7



ФИГ. 8

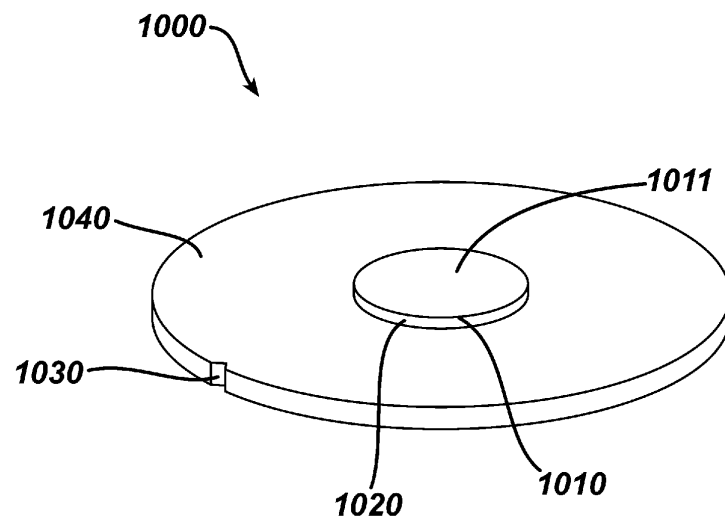


ФИГ. 9

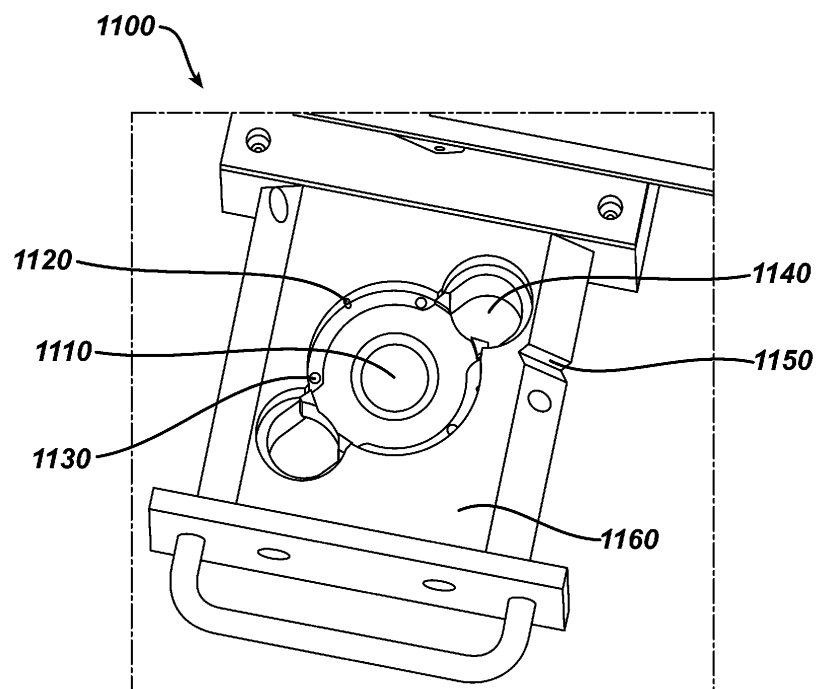


10/24

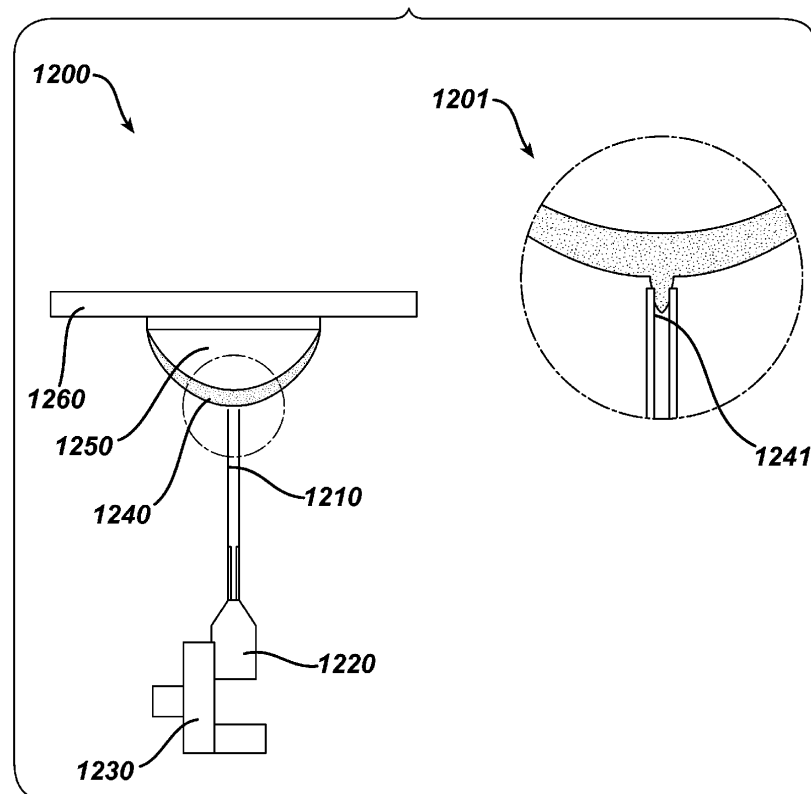
ФИГ. 10



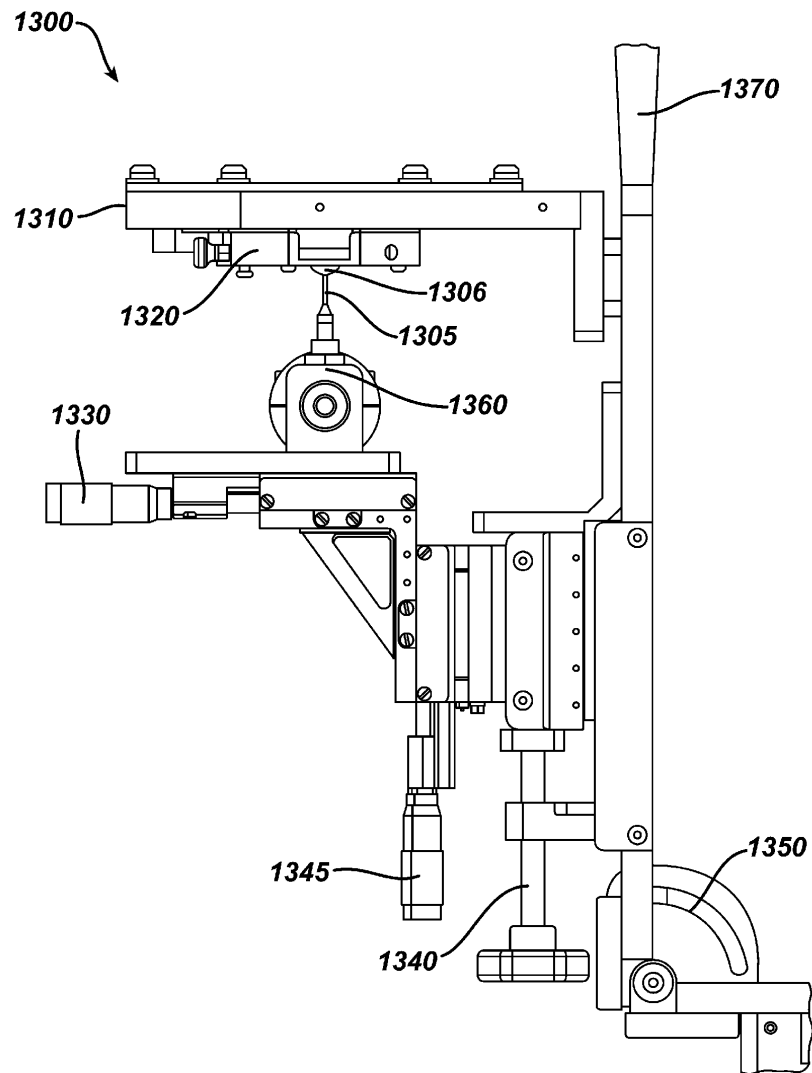
ФИГ. 11



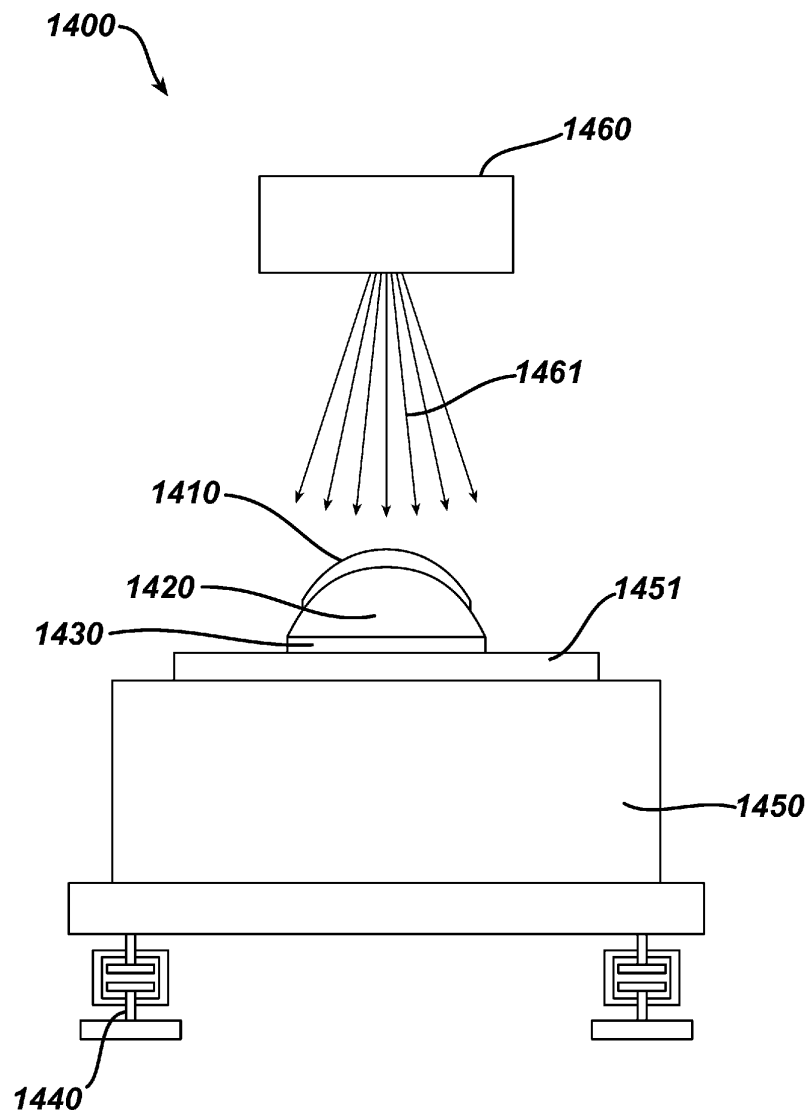
ФИГ. 12



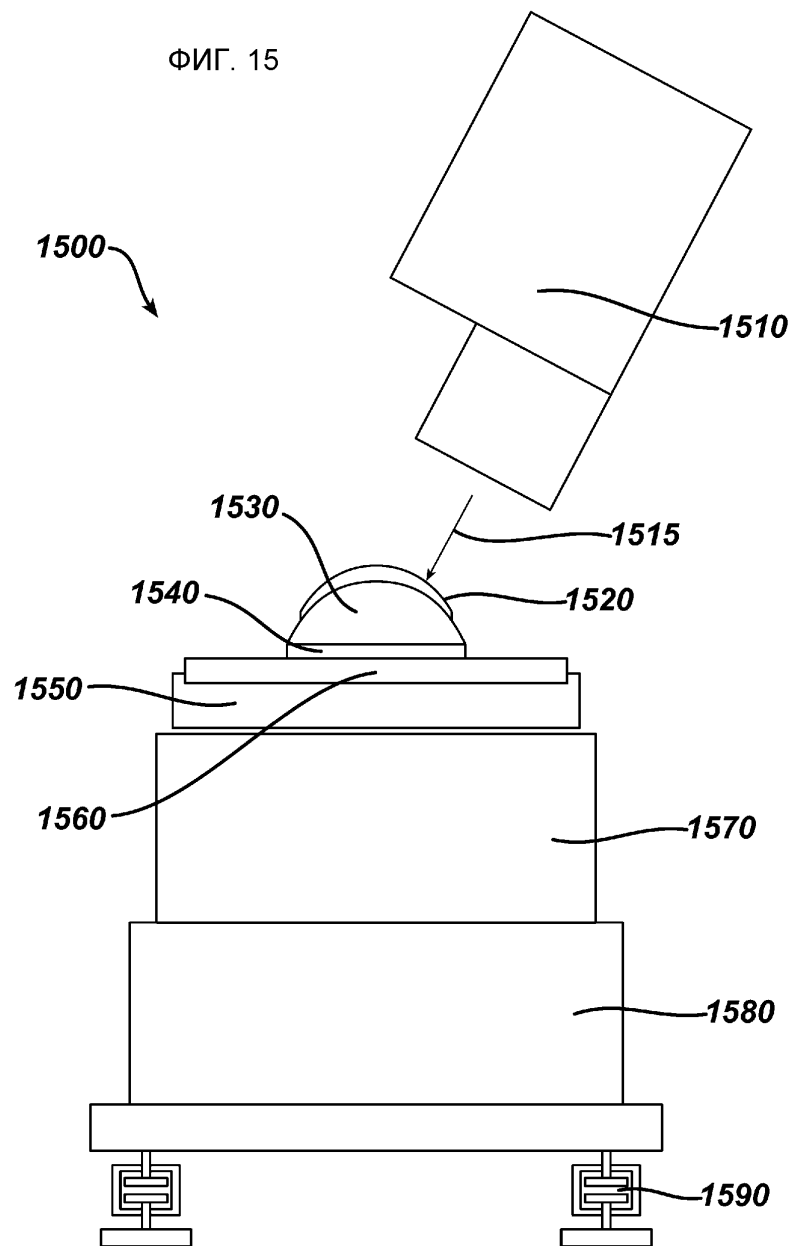
ФИГ. 13



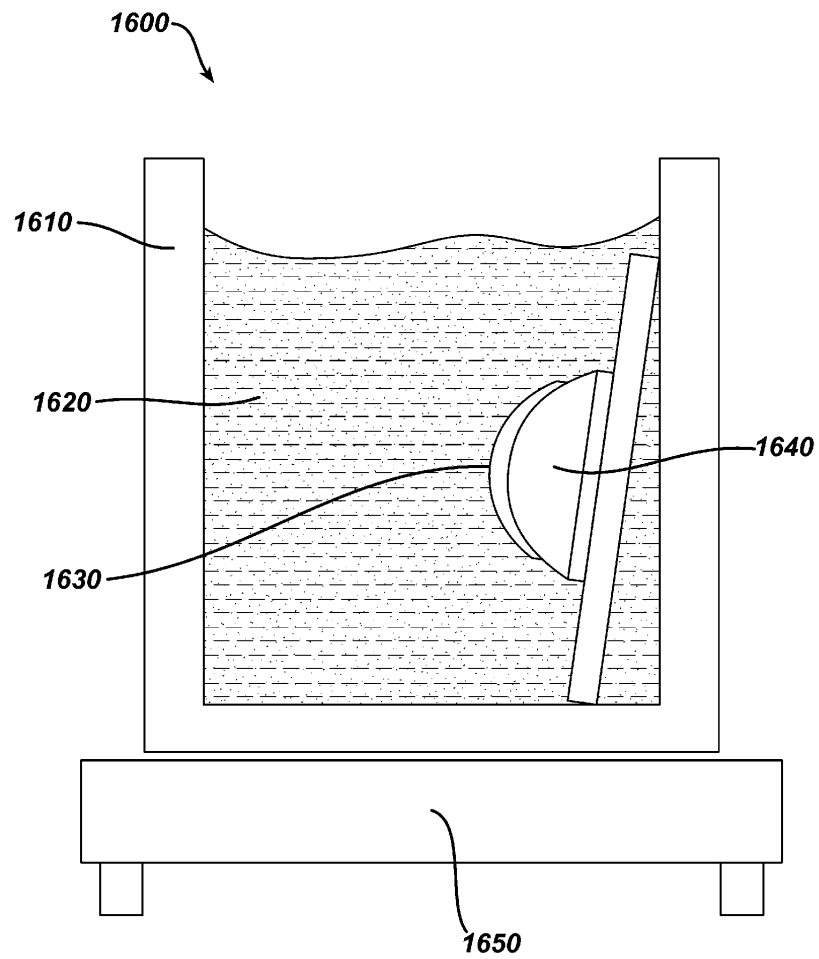
ФИГ. 14



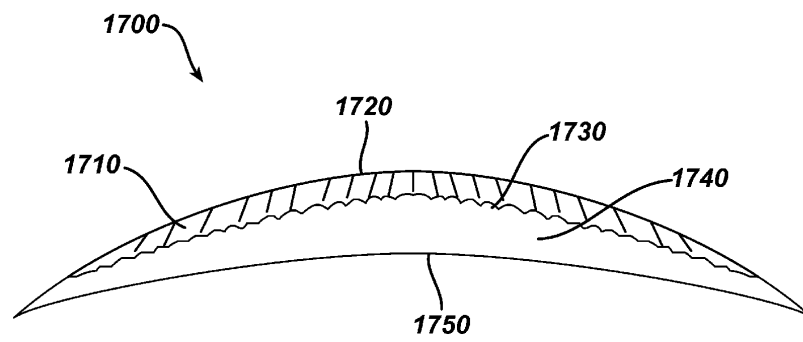
ФИГ. 15



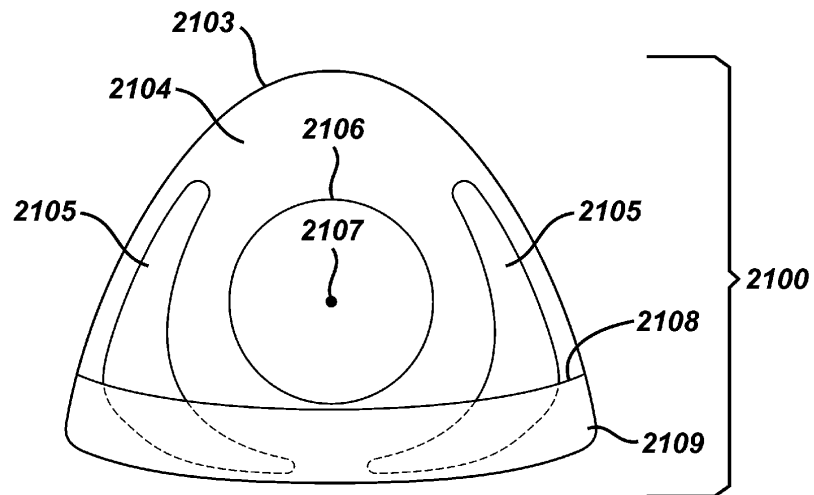
ФИГ. 16



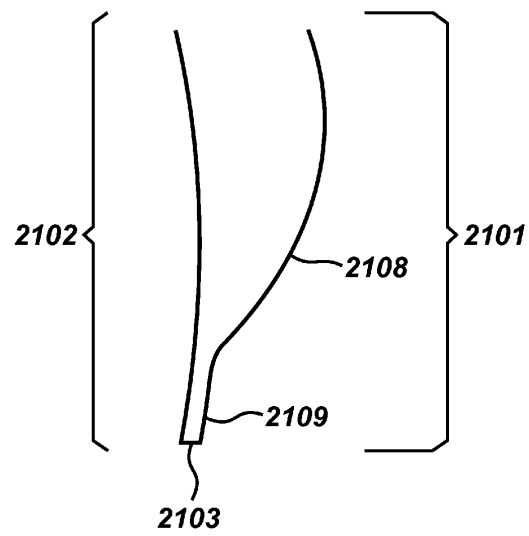
ФИГ. 17

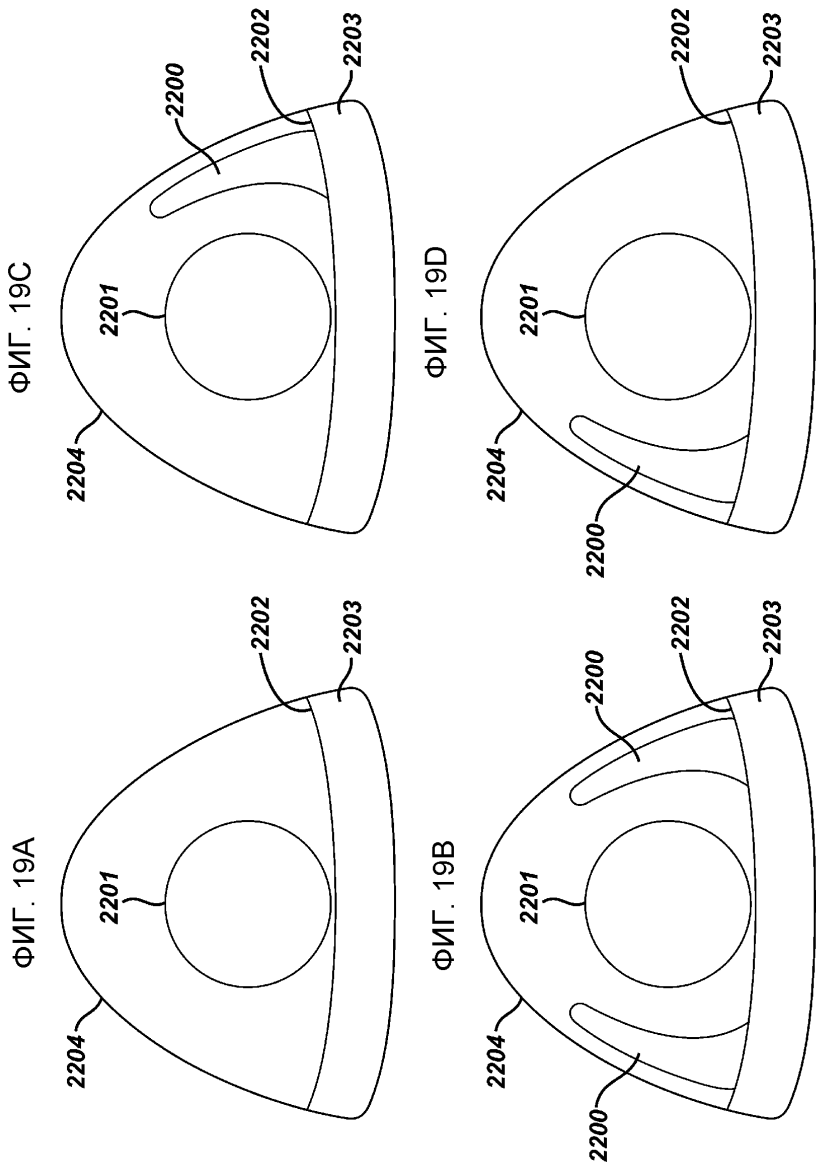


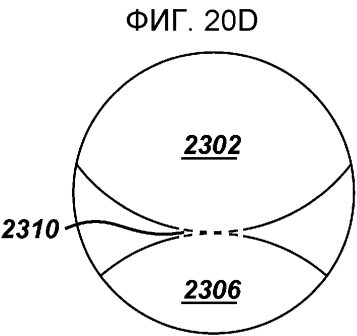
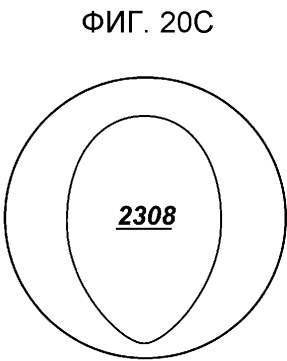
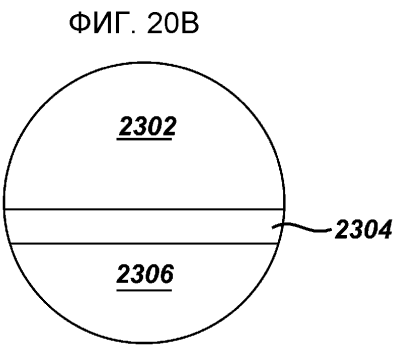
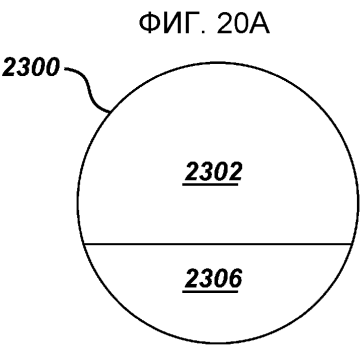
ФИГ. 18А



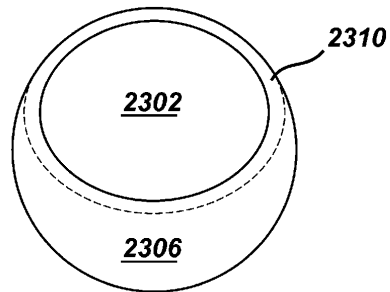
ФИГ. 18В



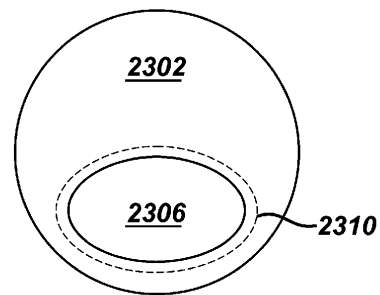




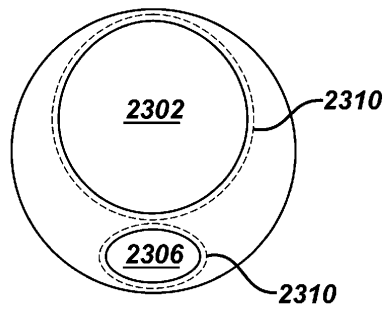
ФИГ. 20Е



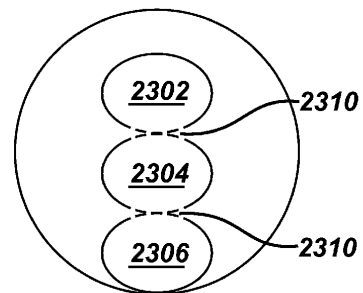
ФИГ. 20F

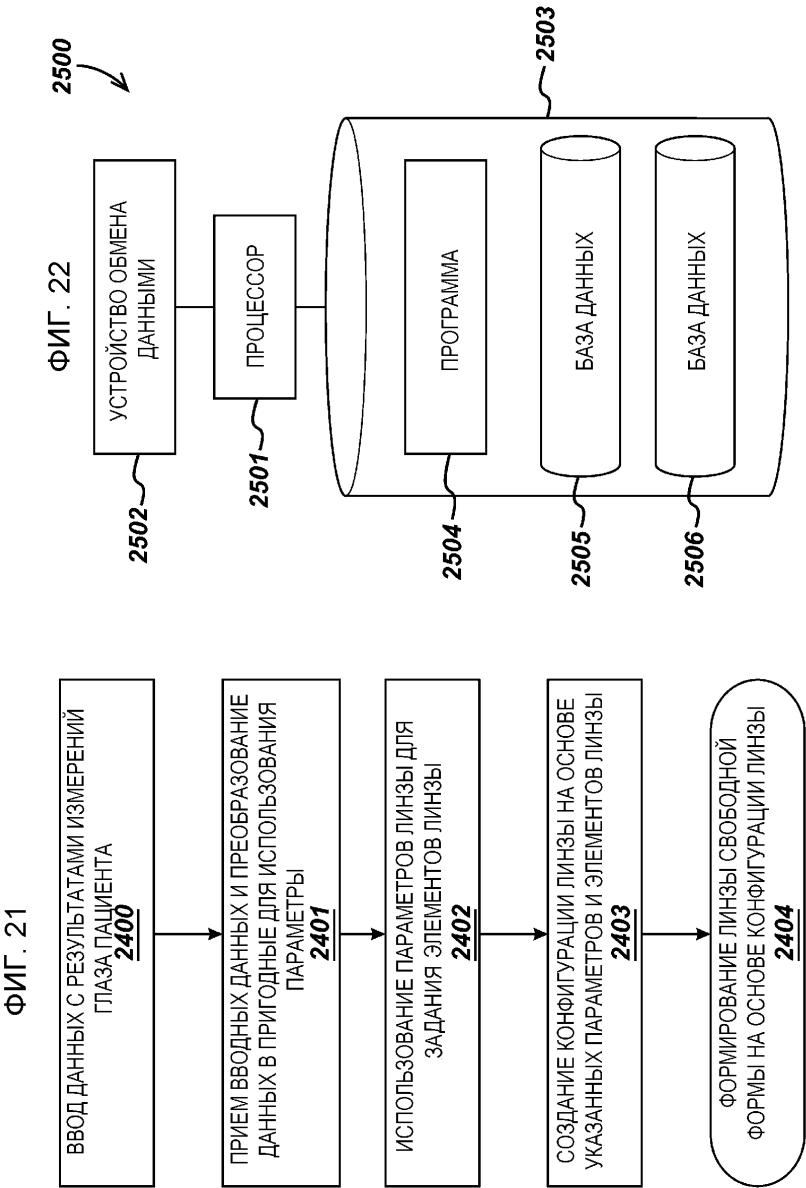


ФИГ. 20G

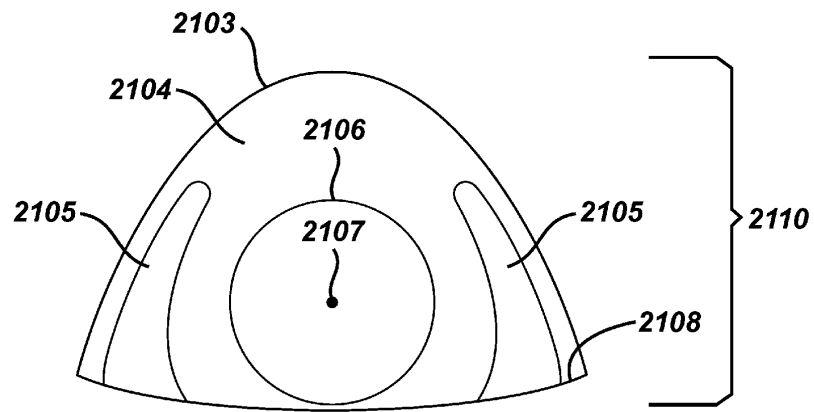


ФИГ. 20H





ФИГ. 23А



ФИГ. 23В

