



ФЕДЕРАЛЬНАЯ СЛУЖБА
ПО ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ СОБСТВЕННОСТИ

(12) ОПИСАНИЕ ИЗОБРЕТЕНИЯ К ПАТЕНТУ

(52) СПК

A61B 17/32056 (2020.05); A61B 2017/00296 (2020.05); A61B 2017/00358 (2020.05)

(21)(22) Заявка: 2018136361, 16.03.2017

(24) Дата начала отсчета срока действия патента:
16.03.2017

Дата регистрации:
29.12.2020

Приоритет(ы):

(30) Конвенционный приоритет:
17.03.2016 US 15/073,177

(43) Дата публикации заявки: 17.04.2020 Бюл. № 11

(45) Опубликовано: 29.12.2020 Бюл. № 1

(85) Дата начала рассмотрения заявки РСТ на
национальной фазе: 17.10.2018

(86) Заявка РСТ:
US 2017/022612 (16.03.2017)

(87) Публикация заявки РСТ:
WO 2017/161062 (21.09.2017)

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

(72) Автор(ы):

КЛАУСОН, Льюк, У. (US),
ГУГУЧКОВА, Мария Цончева (US)

(73) Патентообладатель(и):

КАРЛ ЦАЙСС МЕДИТЕК КАТАРАКТ
ТЕКНОЛОДЖИ ИНК. (US)

(56) Список документов, цитированных в отчете
о поиске: US 2009/0054904 A1, 26.02.2009. RU
2014124946 A, 27.12.2015. US 2010/0312252 A1,
09.12.2010. US 2003/0074008 A1, 17.04.2003.

(54) УСТРОЙСТВА И СПОСОБЫ ДЛЯ РАССЕЧЕНИЯ ХРУСТАЛИКОВОЙ ТКАНИ

(57) Реферат:

Изобретение относится к медицинской технике, а именно к устройству для рассеечения хрусталика внутри капсульного мешка глаза. Устройство для рассеечения хрусталика внутри капсульного мешка глаза содержит стержень, рассекающий элемент и исполнительный элемент. Стержень содержит просвет и дистальный участок. Рассекающий элемент формируется в первую, отведенную конфигурацию с, по меньшей мере, участком рассекающего элемента, расположенным внутри, по меньшей мере, одного просвета. Первая, отведенная конфигурация

рассекающего элемента и дистальный участок стержня имеют размер для введения в переднюю камеру глаза через разрез. Рассекающий элемент выполнен с возможностью перемещения, после введения рассекающего элемента в переднюю камеру, из первой, отведенной конфигурации к второй, развернутой конфигурации по мере того, как участок рассекающего элемента выдвигают из, по меньшей мере, одного просвета. Вторая, развернутая конфигурация содержит предварительно установленную форму и раскрытую область. Вторая, развернутая

конфигурация рассекающего элемента имеет размер и форму для допуска продвижения рассекающего элемента между капсульным мешком и передней поверхностью хрусталика и дальнейшего продвижения рассекающего элемента между капсульным мешком и задней поверхностью хрусталика, чтобы захватить участок хрусталика внутри раскрытой области. Исполнительный элемент функционально связан

с рассекающим элементом для перемещения рассекающего элемента из первой, отведенной конфигурации к второй, развернутой конфигурации и для натяжения рассекающего элемента, чтобы уменьшить размер раскрытой области и рассечь хрусталик. Использование изобретения позволяет снизить риск повреждения глазной ткани и обеспечить более эффективную работу хирурга. 25 з.п. ф-лы, 53 ил.

RU 2 7 3 9 8 7 8 C 2

RU 2 7 3 9 8 7 8 C 2



FEDERAL SERVICE
FOR INTELLECTUAL PROPERTY

(12) **ABSTRACT OF INVENTION**

(52) CPC

A61B 17/32056 (2020.05); **A61B 2017/00296** (2020.05); **A61B 2017/00358** (2020.05)(21)(22) Application: **2018136361**, **16.03.2017**(24) Effective date for property rights:
16.03.2017Registration date:
29.12.2020

Priority:

(30) Convention priority:
17.03.2016 US 15/073,177(43) Application published: **17.04.2020** Bull. № 11(45) Date of publication: **29.12.2020** Bull. № 1(85) Commencement of national phase: **17.10.2018**(86) PCT application:
US 2017/022612 (16.03.2017)(87) PCT publication:
WO 2017/161062 (21.09.2017)

Mail address:

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

(72) Inventor(s):

**KLAUSON, Lyuk, U. (US),
GUGUCHKOVA, Mariya Tsoncheva (US)**

(73) Proprietor(s):

**KARL TSAJSS MEDITEK KATARAKT
TEKNOLODZHI INK. (US)**(54) **DEVICES AND METHODS FOR INCISING CRYSTALLINE TISSUE**

(57) Abstract:

FIELD: medical equipment.

SUBSTANCE: invention relates to a device for dissecting a lens inside a capsular eye bag. Device for dissecting a lens inside a capsular eye bag comprises a rod, a dissecting element and an actuator. Core comprises a lumen and a distal segment. Dissecting element is formed in the first, withdrawn configuration with at least section of dissecting element located inside at least one lumen. First, retracted configuration of the dissecting element and the distal portion of the rod have a size for insertion into the anterior eye chamber through the incision. Dissecting member is configured to move, after inserting the dissecting element into the front

chamber, from first, retracted configuration to second, unfolded configuration as section of dissecting element is extended from at least one lumen. Second, unfolded configuration comprises preset shape and open area. Second, unfolding configuration of dissecting element has size and shape to allow movement of dissecting element between capsular sac and front surface of crystalline lens and further movement of the dissecting element between the capsular sac and the posterior surface of the lens in order to capture a portion of the crystalline lens within the open region. Actuator is operably coupled with dissecting element to move dissecting element from first, retracted configuration

to second, unfolded configuration and to tension dissecting element to reduce size of opened area and to dissolve lens.

EFFECT: use of the invention enables reducing a

risk of eye tissue damage and providing more efficient operation of the surgeon.

26 cl, 53 dwg

R U 2 7 3 9 8 7 8 C 2

R U 2 7 3 9 8 7 8 C 2

ПЕРЕКРЕСТНАЯ ССЫЛКА НА РОДСТВЕННЫЕ ЗАЯВКИ

[0001] Настоящая заявка испрашивает приоритет по патентной заявке США № 15/073,177, поданной 17 марта 2016 г. и является родственной патентной заявке США № 14/857,518, поданной 17 сентября 2015 г., которые включены в настоящую заявку путем отсылки.

ОБЛАСТЬ ТЕХНИКИ, К КОТОРОЙ ОТНОСИТСЯ ИЗОБРЕТЕНИЕ

[0002] Настоящее изобретение относится, в общем, к хирургическим устройствам и, в частности, к рассечению хрусталиковой ткани для удаления хрусталиковой или другой ткани в глазной хирургии.

УРОВЕНЬ ТЕХНИКИ ИЗОБРЕТЕНИЯ

[0003] Некоторые типы традиционной глазной хирургии требуют разрушения хрусталиковой ткани и твердых внутриглазных объектов, например, искусственного хрусталика, на фрагменты, чтобы ткань можно было извлечь из глаза. Удаление хрусталиков для операции по экстракции катаракты является одной из наиболее общих областей амбулаторной хирургии, в которой ежегодно выполняется более чем 3 миллиона операций только в США. Хрусталик находится внутри анатомической структуры, называемой капсульным мешком, который отделяет полость стекловидного тела от передней камеры (расположенной между капсульным мешком и роговицей). Сообщение по текучей среде между полостью стекловидного тела и передней камерой допускать нежелательно, и поэтому, в процессе удаления хрусталика, соблюдают осторожность для сохранения целостности задней поверхности капсульного мешка. Все-таки, капсульный мешок состоит из тонкой непрочной ткани. В результате, врач должен проявлять осторожность при удалении ткани хрусталика, во избежание повреждения капсульного мешка. Еще более усложняет процедуру то, что хрусталик обычно удаляют со стороны передней поверхности капсульного мешка через, обычно, круглый разрез. Процедура и разрез, образующийся в результате процедуры, называются капсулорексис. Обычно, капсулорексис не превосходит 2,8-3 мм в диаметре. Как правило, операция по экстракции катаракты и другие хирургические операции, которые воздействуют на хрустали, выполняются посредством выполнения небольшого разреза в краю роговицы, обеспечивающего доступ к передней камере и к задней поверхности капсульного мешка. Потом выполняют капсулорексис, и, в таком случае, данное отверстие можно использовать для хирургического доступа к хрусталику.

[0004] Во время операции по экстракции катаракты, общеупотребительным способом удаления хрусталика является факоэмульсификация, в ходе которой применяют ультразвуковую энергию чтобы разрушить хрусталик, после чего фрагменты хрусталика аспирируют. Другие способы фрагментации и удаления хрусталика включали в себя применение механических инструментов, например, крючков или ножей, или энергоподводящих инструментов, например, лазера, чтобы разрушить хрусталик на фрагменты и затем удалить через разрез в роговице с подходом изнутри.

[0005] Однако, существующие инструменты и методы не обеспечивают фрагментации хрусталика на всю толщину. По данным методам, доступ к хрусталику достигается со стороны передней поверхности глаза, и поэтому рассекающие силы, прилагаемые механическими инструментами, ограничиваются так, что они часто не достаточны для обеспечения фрагментации на всю толщину. Кроме того, вследствие хирургического доступа через разрез на краю роговицы, механический инструмент подается под углом, по существу, параллельным плоскости, заданной капсулорексисом. В результате, традиционный хирургический инструмент для извлечения петель, дугой или проволокой не получает ориентацию, в которой данное устройство можно обернуть вокруг

хрусталика, чтобы обеспечить фрагментацию или удаление. Кроме того, даже если такой традиционный инструмент можно обернуть вокруг хрусталика, что невозможно, проволока петли будет создавать риск приложения чрезмерного, повреждающего усилия к капсульному мешку, когда ее будут перемещать в заданное положение.

- 5 Возможности энергоподводящих инструментов ограничены при разрезании секций хрусталика, которые физически близки к другим уязвимым анатомическим структурам, например, капсульному мешку. Например, лазер обычно не применяют для разрезания заднего края хрусталика, потому что он находится в непосредственной близости к заднему краю капсульного мешка, оставляя хрусталик, который не полностью
10 фрагментирован и нуждается в тщательной фрагментации с использованием вспомогательных методов.

[0006] По приведенным причинам, факоемульсификация стала самым распространенным способом удаления хрусталика. Однако факоемульсификация имеет свои недостатки. Когда жидкость и массы аспирируют из капсульного мешка и передней
15 камеры, другие жидкости, например, физиологический раствор нагнетают внутрь, чтобы поддерживать постоянный объем или давление. Поток жидкостей в глазу во время нагнетания и аспирации может создавать турбулентный поток, который может оказывать повреждающее действие на ткань внутри глаза, например, эндотелий роговицы. Ультразвуковая энергия, применяемая при факоемульсификации, может
20 приводить к своим отрицательным последствиям для глазной ткани. Кроме того, факоемульсификация требует дорогого и громоздкого капитального оборудования, что ограничивает число мест, где можно выполнять факоемульсификации.

КРАТКАЯ СУЩНОСТЬ ИЗОБРЕТЕНИЯ

[0007] Настоящее изобретение основано на осознании, что существующие методы
25 для удаления хрусталиковой ткани являются, в общем, трудоемкими и неэффективными. Кроме того, чтобы исключить риски повреждения капсульного мешка вследствие использования существующих методов, хрусталик разрушают или растворяют не полностью, оставляя один или более фрагментов с размерами больше, чем желательно в клиническом аспекте.

30 [0008] Поэтому, настоящее изобретение предлагает устройств и способы, которые эффективно разрушают хрусталик на мелкие фрагменты и захватывают эти фрагменты. Такие устройства и способы, при желании, дополняют или заменяют другие устройства или способы для глазной хирургии. Такие устройства и переходники снижают риск повреждения глазной ткани, например, капсульного мешка, и обеспечивают более
35 эффективную работу хирурга.

[0009] В некоторых вариантах осуществления хирургическое устройство включает в себя стержень с просветом, образованным через весь стержень; и элемент, перемещаемый из положения хранения в развернутое положение, в котором больший
40 участок элемента продолжается из выходного отверстия на дистальном конце просвета; при этом перемещение из положения хранения в развернутое положение вынуждает первое плечо элемента выдвинуться дистально относительно дистального конца стрелы и вынуждает второе плечо элемента перемещаться проксимально относительно дистального конца стрелы.

[0010] В некоторых вариантах осуществления устройство для хирургической операции
45 на человеческом глазе (который включает в себя капсульный мешок, хрусталик внутри капсульного мешка и роговицу) включает в себя трубку с просветом, образованным через всю трубку; и рассекающий элемент, выполненный с возможностью изменения между, по меньшей мере, первой формой и второй формой, при этом вторая форма

имеет периметр, и рассекающий элемент продолжается от дистального конца просвета; причем первая форма выполнена по размеру для введения через капсулорексис на передней поверхности капсульного мешка, и диаметр капсулорексиса меньше чем диаметр хрусталика; причем рассекающий элемент является перемещаемым из первой

5 формы во вторую форму для перемещения между хрусталиком и капсульным мешком таким образом, что, когда рассекающий элемент имеет вторую форму, рассекающий элемент содержит, по меньшей мере, участок хрусталика внутри своего периметра; и причем рассекающий элемент является перемещаемым в третью форму из второй формы, чтобы прикладывать режущее усилие к хрусталику.

10 [0011] В некоторых вариантах осуществления устройство для глазной хирургии включает в себя стержень с просветом, образованным через весь стержень; внутренний поворотный элемент, расположенный, по меньшей мере, частично, в просвете; внешний поворотный элемент расположенный, по меньшей мере, частично, в просвете и расположенный радиально между внутренним поворотным элементом и стержнем;

15 первое множество лент, продолжающихся дистально от дистального конца внешнего поворотного элемента, при этом каждая из первого множества лент отстоит по окружности одна от другой; второе множество лент, продолжающихся дистально от дистального конца внутреннего поворотного элемента, причем каждая из второго множества лент отстоит по окружности одна от другой; и наконечник, соединенный с

20 дистальным концом каждой из лент; причем первое множество лент и второе множество лент являются перемещаемыми из сомкнутого положения в раскрытое положение; и причем, по меньшей мере, одно из первого множества лент и второго множества лент может поворачиваться относительно другого в раскрытом положении.

КРАТКОЕ ОПИСАНИЕ ЧЕРТЕЖЕЙ

25 [0012] Фиг. 1 - схематический вид сбоку анатомии глаза, с изображением введения стержня и рассекающего элемента через разрез в боковой стороне роговицы.

[0013] Фиг. 2 - вид сверху рассекающего элемента в развернутом положении.

[0014] Фиг. 3 - вид в перспективе капсульного мешка с выполненным капсулорексисом, с рассекающим элементом в первой конфигурации введения.

30 [0015] Фиг. 4 - вид в перспективе капсульного мешка с выполненным капсулорексисом, с рассекающим элементом во второй конфигурации конфигурация захвата.

[0016] Фиг. 5 - вид в перспективе капсульного мешка с выполненным капсулорексисом, с рассекающим элементом в третьем положении фрагментации.

[0017] Фиг. 6 - вид в перспективе хрусталика, показанного на фиг. 5, с рассекающим

35 элементом, не показанным для ясности.

[0018] Фиг. 7 - вид в перспективе хрусталика, показанного на фиг. 5, с рассекающим элементом и капсульным мешком, не показанными для ясности.

[0019] Фиг. 8 - вид в перспективе хирургического устройства, включающего в себя рукоятку, стержень и несколько рассекающих элементов.

40 [0020] Фиг. 9 - вид в перспективе хирургического устройства, показанного на фиг. 8, с рассекающими элементами в первой конфигурации введения.

[0021] Фиг. 10 - вид в перспективе хирургического устройства, показанного на фиг. 8, с левым ползунком, выдвигаемым для развертывания левого рассекающего элемента во вторую конфигурацию захвата.

45 [0022] Фиг. 11 - вид в перспективе хирургического устройства, показанного на фиг. 8, с левым ползунком, полностью выдвинутым для развертывания левого рассекающего элемента во вторую конфигурацию захвата.

[0023] Фиг. 12 - вид в перспективе хирургического устройства, показанного на фиг.

8, с правым ползунком, выдвигаемым для развертывания правого рассекающего элемента во вторую конфигурацию захвата.

[0024] Фиг. 13 - вид в перспективе хирургического устройства, показанного на фиг. 8, с правым ползунком, полностью выдвинутым для развертывания правого

5 рассекающего элемента во вторую конфигурацию захвата.

[0025] Фиг. 14 - вид в перспективе фиг. 13, с изображением рассекающих элементов относительно хрусталика.

[0026] Фиг. 15 - детальный вид в перспективе дистального конца хирургического устройства, показанного на фиг. 8.

10 [0027] Фиг. 16 - вид в перспективе с разрезом рукоятки с правым ползунком в его первоначальном положении.

[0028] Фиг. 17 - детальный вид в перспективе части рукоятки, показанной на фиг. 16.

[0029] Фиг. 18 - детальный вид в перспективе другой части рукоятки, показанной на

15 фиг. 16.

[0030] Фиг. 19 - детальный вид в перспективе рукоятки, показанной на фиг. 16-18, с частично выдвинутым правым ползунком.

[0031] Фиг. 20 - детальный вид в перспективе рукоятки, показанной на фиг. 16-18, с правым ползунком, выдвинутым дальше в дистальном направлении, чем в его

положении на фиг. 19.

20 [0032] Фиг. 21 - детальный вид в перспективе рукоятки, показанной на фиг. 16-18, с правым ползунком, возвращаемым к его первоначальному положению.

[0033] Фиг. 22 - детальный вид в перспективе рукоятки, показанной на фиг. 16-18, с правым ползунком, возвращенным в его первоначальное положение.

[0034] Фиг. 23 - вид сбоку другого варианта осуществления двух рассекающих

25 элементов, продолжающихся из стержня, чтобы охватить хрусталик.

[0035] Фиг. 24 - вид сверху другого варианта осуществления двух рассекающих элементов, продолжающихся из стержня, чтобы охватить хрусталик, и удерживающего мешка.

[0036] Фиг. 25 - вид в перспективе дистального конца другого варианта осуществления

30 хирургического инструмента в первой конфигурации введения.

[0037] Фиг. 26 - вид в перспективе дистального конца хирургического инструмента, показанного на фиг. 25, во второй развернутой конфигурации.

[0038] Фиг. 27 - вид в перспективе дистального конца хирургического инструмента, показанного на фиг. 25, во второй развернутой конфигурации, охватывающей фрагмент

35 хрусталика.

[0039] Фиг. 28 - вид в перспективе дистального конца хирургического инструмента, показанного на фиг. 25, в третьей конфигурации клетки.

[0040] Фиг. 29 - вид в перспективе дистального конца хирургического инструмента, показанного на фиг. 25, в четвертой конфигурации извлечения.

40 [0041] Фиг. 30А - вид сбоку альтернативного варианта осуществления хирургического инструмента.

[0042] Фиг. 30В - вид сбоку устройства, показанного на фиг. 30А, с внутренними трубками, продолжающимися из обоих просветов.

[0043] Фиг. 31 - изображение другого устройства для рассечения хрусталика.

45 [0044] Фиг. 32 - другой вид устройства, показанного на фиг. 31.

[0045] Фиг. 33 - устройство, показанное на фиг. 31, с элементом в первой конфигурации.

[0046] Фиг. 34 - изображение элемента, выступающего дальше из стержня.

[0047] Фиг. 35 - изображение элемента в промежуточном положении.

[0048] Фиг. 36 - изображение элемента во второй конфигурации.

[0049] Фиг. 37 - изображение элемента во второй конфигурации, расположенного над хрусталиком, с убраным для ясности капсульным мешком.

5 [0050] Фиг. 38 - секция элемента, которая обогнула окружность хрусталика в положение позади хрусталика.

[0051] Фиг. 39 - изображение элемента, повернутого так, что хрусталик перемещается через замкнутую петлю.

10 [0052] Фиг. 40 - внутренняя трубка, продолжаемая поверх элемента, чтобы изменять форму элемента.

[0053] Фиг. 41 - другое устройство для рассечения хрусталика, расположенное над хрусталиком, с убраным для ясности капсульным мешком.

[0054] Фиг. 42 - устройство, показанное на фиг. 41, на другом виде.

[0055] Фиг. 43 - внутренняя трубка, изогнутая назад.

15 [0056] Фиг. 44 - внутренняя трубка, продолжающаяся относительно окружности хрусталика.

[0057] Фиг. 45 - элемент, продолжающийся дальше из внутренней трубки вокруг задней стороны хрусталика.

[0058] Фиг. 46 - элемент, выдвинутый вокруг хрусталика.

20 [0059] Фиг. 47 - элемент, зацепленный для формирования петли.

[0060] Фиг. 48 - другое устройство для рассечения хрусталика внутри капсульного мешка.

[0061] Фиг. 49 - устройство, показанное на фиг. 48, с развернутой замкнутой петлей.

25 [0062] Фиг. 50 - устройство, показанное на фиг. 48, с развернутой дальше замкнутой петлей.

[0063] Фиг. 51 - устройство, показанное на фиг. 48, с замкнутой петлей, развернутой для перемещения относительно окружности к задней стороне хрусталика.

[0064] Фиг. 52 - устройство, показанное на фиг. 48, с замкнутой петлей, развернутой и размещенной для формирования рассечения в хрусталике.

30 [0065] Фиг. 53 - устройство, показанное на фиг. 52, с внутренними трубками, продолженными из обоих плеч.

ПОДРОБНОЕ ОПИСАНИЕ ИЗОБРЕТЕНИЯ

[0066] Как показано на фиг. 1, нормальная анатомия глаза 1 включает в себя роговицу 2, капсульный мешок 6 и хрусталик 8 внутри капсульного мешка 6. Разрез 4 делают в 35 краю роговицы 2, и хирург выполняет процедуру капсулорексиса на капсульном мешке 6, дающую, в результате, капсулорексис 10 в передней поверхности капсульного мешка 6. Капсулорексис 10 можно выполнять любым подходящим методом, например, разрезанием скальпелем, подачей энергии фемтосекундным лазером или другим энергоподводящим режущим инструментом, разрезанием с роботизированным или 40 автоматическим управлением или любым другим подходящим методом. Капсулорексис 10 может быть вырван или вырезан диаметром, приблизительно, от 2,0 мм до 8,0 мм. В соответствии с другими вариантами осуществления, капсулорексис 10 можно выполнять меньше, чем 2,0 мм в диаметре, в частности, когда фрагменты хрусталика 8 (как подробнее описано ниже) имеют размеры, достаточно малые для извлечения 45 через капсулорексис 10 меньшего диаметра. Капсулорексис 10 можно выполнять отдельным набором инструментов, например, микрокусачками, как обычно. В качестве альтернативы, в хирургическое устройство 40, описанное в настоящей заявке, можно включать характерные свойства и инструменты для облегчения или полного выполнения

капсулорексиса. Например, к дистальному концу стржня 12 можно присоединять микрокусачки, чтобы инструмент 40 мог выполнять капсулорексис. В качестве других примеров, в дистальный конец стржня 12 можно встроить или связать с ним что-то одно или более из лезвия, кератома, крючка, лазера, аппликатора абляционной энергии

или чего-то подобного для применения во время хирургической операции. Например, к стержню 12 можно прикрепить выступающий наконечник и использовать для поворота хрусталика 8 между этапами фрагментации, как описано в настоящей заявке.

Выступающий наконечник может быть острым наконечником, который может врезаться в хрусталик 8 таким образом, что пользователь может поворачивать хрусталик 8 в новую ориентацию и рассекать хрусталик 8 под другим углом. В соответствии с некоторыми вариантами осуществления, любые отдельные инструменты, применяемые хирургом для выполнения капсулорексиса, удаляются из разреза 4 в роговице 2. Как показано также на фиг. 3, после этого стержень 12 вводят через разрез 3 в роговице 2. Как видно на фиг. 3, дистальный конец стржня 12 располагают над (т.е. спереди от)

капсулорексисом 10, на расстоянии от капсулорексиса 10, но в положении внутри окружности капсулорексиса 10 на виде снаружи глаза 1. Как видно на фиг. 1, стержень 12, в общем, располагается параллельно плоскости, заданной краями капсулорексиса 10, после его введения через разрез 3 в роговице 2. В некоторых вариантах осуществления дистальный конец рассекающего элемента 16 продолжается из выходного отверстия 5 просвета 14 на дистальном конце стржня 12 в первой конфигурации введения. В таких вариантах осуществления изгиб 24 малого радиуса может располагаться снаружи стржня 12 и уже быть изогнутым, по меньшей мере, в проксимальном направлении.

При этом, даже в вариантах осуществления, в которых рассекающий элемент 16 изготовлен из сверхупругого материала, угол, на который второе плечо 20 рассекающего элемента 16 изгибается во время перехода из первой конфигурации введения во вторую конфигурацию захвата, уменьшается. Кроме того, внутри просвета 14 стржня 12, для вмещения части рассекающего элемента 16 требуется меньше пространства, чем для вмещения всего элемента, что позволяет сделать стержень 12 меньше в диаметре. В соответствии с некоторыми вариантами осуществления, стержень 12 является трубкой овального поперечного сечения со скругленным наконечником. Овальное поперечное сечение более способствует введению стржня 12 в глаз 1 через разрез 4 роговицы.

Дополнительно, в случае, если существует несколько рассекающих элементов, их можно легче расположить рядом в просвете 14 стржня 12 овального поперечного сечения. В качестве альтернативы, стержень 12 может иметь круглое поперечное сечение или

поперечное сечение любой другой подходящей формы. Проксимальный конец рассекающего элемента 16 продолжается через просвет 14 стржня 12. В качестве альтернативы, весь рассекающий элемент 16 расположен внутри просвета 14 стржня 12 в первой конфигурации введения. В качестве альтернативы, используется, по меньшей мере, два рассекающих элемента 16, при этом каждый рассекающий элемент 16

первоначально находится в первой конфигурации введения. Хотя, в связи с данным конкретным вариантом осуществления описан для ясности единственный рассекающий элемент 16, в свете дальнейшего раскрытия будет очевидно, что любое подходящее число рассекающих элементов 16 можно обеспечить и использовать в ходе одной процедуры удаления хрусталика, и что устройства и способы, описанные в настоящей заявке, не ограничены применением любого конкретного числа рассекающих элементов 16.

[0067] В соответствии с некоторыми вариантами осуществления, рассекающий элемент 16 имеет первое плечо 18 и второе плечо 20. Как подробнее описано ниже со ссылкой

на фиг. 16-22, одно из плеч 18, 20 рассекающего элемента 16 может быть подвижным относительно стержня 12, тогда как другое из плеч 18, 20 рассекающего элемента 16 может быть зафиксированным относительно стержня 12. Например, второе плечо 20 рассекающего элемента 16 может быть зафиксированным относительно стержня 12, и первое плечо 18 рассекающего элемента 16 может быть передвижным относительно стержня 12. Второе плечо 20 может быть соединено со стержнем 12 или другой конструкцией обжатием, сваркой, клеями, механическими соединениями или любой другой подходящей конструкцией или способом. В некоторых вариантах осуществления рассекающий элемент 16 является проволокой с круглым, овальным или другим атравматическим сечением. В других вариантах осуществления рассекающий элемент 16 является лентой. В контексте настоящего документа, лента является конструкцией, которая имеет ширину больше ее толщины, при наблюдении в продольном направлении.

[0068] В первой конфигурации введения, в которой дистальный конец рассекающего элемента 16 продолжается дистально из стержня 12, рассекающий элемент 16 выполнен по размеру и форме для прохождения через стандартный разрез 4 роговицы, без повреждения глаза 1. Разрез 4 роговицы имеет ширину, обычно, не больше 3,5 мм и выполняется небольшим ножом. Таким образом, внешний диаметр стержня 12, предпочтительно, не больше 3,5 мм. В случае, если используют разрез 4 другого размера, можно использовать стержень 12 с другим внешним диаметром, с учетом того, что разрез 4 наиболее желательно формировать в виде линии длиной не более 5 мм. В других вариантах осуществления рассекающий элемент 16 располагается целиком внутри просвета 14 стержня 12 таким образом, что он находится внутри внутреннего диаметра стержня 12, когда стержень 12 вводят через разрез 4 и затем выдвигают из стержня 12 уже в глазу. В качестве альтернативы, возможно использование дополнительных компонентов для укрытия оболочкой рассекающего элемента 16 во время введения через разрез 4 роговицы. Например, на дистальном конце стержня 12 может располагаться сужающаяся деталь, которая постепенно сужается от конца стержня 12 до меньшего поперечного сечения таким образом, что она может способствовать введению через разрез 4 роговицы. Сужающаяся деталь может также покрывать рассекающий элемент 16, чтобы удерживать его во время введения. Сужающаяся деталь может дополнительно иметь щель, в переднюю сторону от которой рассекающий элемент 16 может выдвигаться через данную щель или с ее разрывом, после того, как он прошел через разрез 4.

[0069] В соответствии с некоторыми вариантами осуществления, рассекающий элемент 16 изготавливается из гибкого или сверхупругого материала, например, никель-титанового сплава, который позволяет рассекающему элементу 16 изгибаться и прогибаться, когда его вводят в глаз 1 через разрез 4 роговицы. В данных вариантах осуществления, стянутая форма рассекающего элемента 16 может быть больше в одном или более измерениях, чем разрез 4 роговицы, и изгибается для прохода через разрез 4, когда стержень 12 перемещают к капсулорексису 10. В качестве альтернативы, рассекающий элемент 16 может и не иметь первой конфигурации введения и может вводиться через разрез 4 в той же конфигурации, в которой позднее используется для захвата хрусталика 8. В таких вариантах осуществления рассекающий элемент 16 сжимается, когда проходит через разрез 4 роговицы, и затем снова разворачивается после того, как входит в глаз 1. В еще одних вариантах осуществления рассекающий элемент 16 может и не иметь первой конфигурации введения и вводиться через разрез 4 в конфигурации, большей по размеру, чем конфигурация, используемая позднее для захвата хрусталика 8. В еще одних вариантах осуществления рассекающий элемент 16

может захватываться крючком, поворачиваться или иначе вводиться через разрез 4 роговицы в любом числе способов.

[0070] Как показано на фиг. 4, рассекающий(ие) элемент 16 или элементы проталкивается(ются) дистально относительно просвета 14 стрелы 12. Как изложено выше, одно плечо 20 рассекающего элемента 16 может быть зафиксированным, так что другое плечо 18 рассекающего элемента 16 проталкивается дистально относительно просвета 14 стрелы 12. В результате, рассекающий элемент 16 перемещается из первой конфигурации введения во вторую конфигурацию захвата.

[0071] Рассекающий элемент 16 может быть изготовлен из любого подходящего материала. Например, как описано выше, можно использовать материалы с памятью формы, например, никель-титановый сплав, чтобы обеспечивать возможность для рассекающего элемента 16 передвинуться до его предварительно заданной формы во второй конфигурации захвата, с высокой степенью упругости. В одном варианте осуществления никель-титановый сплав можно использовать в его сверхупругом состоянии, в котором никель-титановый сплав трансформируется по кристаллической структуре, чтобы перейти из первой конфигурации введения во вторую конфигурацию захвата. В других вариантах осуществления рассекающий элемент 16 изготовлен из никель-титанового сплава, который имеет установленную форму для перехода из первой конфигурации введения во вторую конфигурацию захвата после достижения температуры фазового перехода, которая выше комнатной температуры, но ниже температуры тела. Таким образом, рассекающий элемент 16, изготовленный из никель-титанового сплава, может входить в глаз при комнатной температуре ниже его температуры фазового перехода, так что он будет удерживать стянутую форму. Когда рассекающий элемент 16 помещается в глаз 1 и получает возможность нагреться до температуры тела, никель-титановый сплав может нагреться выше его температуры фазового перехода и начинает возвращаться в его предварительно заданную вторую конфигурацию захвата. Данное изменение формы может происходить в течение периода времени, что позволяет хирургу помещать рассекающий элемент в капсульный мешок 6 и ориентировать его, пока форма изменяется, таким образом, что петля может задавать плоскость рассечения хрусталика. В качестве альтернативы можно рассмотреть любое другое число биосовместимых материалов, например, нержавеющей сталь. В некоторых вариантах осуществления никель-титановый сплав можно активно подогревать хирургическим устройством 40, и в данном случае температуру фазового перехода рассекающего элемента 16 можно подобрать выше комнатной температуры, но меньше чем температура, которая повредила бы ткань капсульного мешка 6 или другую ткань глаза 1. Вместо никель-титанового сплава можно применить другие материалы с памятью формы, например, пластики с памятью формы. В качестве альтернативы можно рассмотреть любое другое число биосовместимых материалов, например, нержавеющей сталь, титан, силикон, полиимид, полиэфирблوكамид РЕВАХ®, нейлон, поликарбонат или любой другой подходящий материал. Кроме того, можно использовать несколько материалов, соединенных концами или в виде клееных слоев или концентрических трубок материала.

[0072] Как также показано на фиг. 1 и 4, во второй конфигурации захвата, рассекающий элемент 16 выполнен со специальной формой для захвата хрусталика. В соответствии с некоторыми вариантами осуществления вторая конфигурация захвата является формой рассекающего элемента 16, предварительно установленной, например, путем использования упругих или сверхупругих материалов для изготовления рассекающего элемента.

[0073] Как наиболее очевидно на фиг. 4, во второй конфигурации захвата рассекающий элемент 16 приблизительно сходна с неровной петлей, которая имеет общую форму, подобную сечению хрусталика 8, и которая выполнена по форме и размеру для охвата хрусталика 8 внутри капсульного мешка 6. Предварительно установленная форма является сходной по размеру и форме с размерами и формой сечения хрусталика, при этом сечение хрусталика параллельно коронарной плоскости, продолжающейся от передней поверхности хрусталика к задней поверхности хрусталика. Как изложено выше, в некоторых вариантах осуществления рассекающий элемент 16 изготовлен из отрезка круглой проволоки. Вторая конфигурация захвата рассекающего элемента 16 имеет точку 22 схождения, в которой первое плечо 18 и второе плечо 20 рассекающего элемента 16 обратно сходятся вместе, формируя форму с периметром, так что устройство 40 приблизительно тождественно замкнутой петле 21. Выражение «схождение» означает расположение первого плеча 18 и второго плеча 20 рассекающего элемента 16 в непосредственной близости друг от друга. Точка 22 слияния может находиться на дистальном конце стрежня 12 или в непосредственной близости от него. Во второй конфигурации захвата рассекающий элемент содержит дистальный участок 28, который продолжается дистально относительно точки 22 слияния, и проксимальный участок 26, который продолжается проксимально от точки 22 слияния. Точка 22 слияния в данном примерном варианте осуществления находится в точке над поверхностью хрусталика и внутри окружности, образованной капсулорексисом 10 на верху капсульного мешка 6. В некоторых вариантах осуществления проксимальный участок 26 рассекающего элемента 16 может содержать изгиб 24 малого радиуса, как показано на фиг. 1. Изгиб 24 малого радиуса отгибает второе плечо 20 рассекающего элемента 16 в проксимальном направлении таким образом, что второе плечо 20 продолжается проксимально от точки 22 слияния. В качестве альтернативы, рассекающий элемент 16 может проходить по другой траектории, чтобы обеспечивать данный переход траектории, без такого изгиба малого радиуса. Например, можно предусмотреть траектории, которые находятся снаружи нормальной плоскости на фиг. 1, например, изгибы или колебания, чтобы уменьшить общий радиус изгиба проксимального участка 26 рассекающего элемента 16. Это может оптимизировать способность рассекающего элемента 16 изменять форму до других стянутых конфигураций меньшего размера, как поясняется в дальнейшем.

[0074] Первое плечо 18 и/или второе плечо 20 выталкиваются из просвета 14 стрежня 12 в то время, когда другое плечо зафиксировано относительно стрежня, как описано выше. В качестве альтернативы, оба плеча 18, 20 рассекающего элемента 16 являются перемещаемыми относительно стрежня 12 и выполнены с возможностью сдвига относительно просвета 14 стрежня 12. В качестве альтернативы, стержень 12 может быть сдвигающим компонентом, а рассекающий элемент 16 остается стационарным. Когда плечо или плечи 18, 20 выталкивают наружу из просвета 14, рассекающий элемент 16 переходит во вторую конфигурацию захвата. Когда происходит переход рассекающего элемента 16, изгиб 24 малого радиуса позволяет проксимальной секции рассекающего элемента продолжаться проксимально от дистального конца стрежня 12, в месте, отнесенном на расстояние и в одну сторону от продольной осевой линии просвета 12, в направлении к капсульному мешку 6. При этом, рассекающий элемент 16 может продолжаться вниз через капсулорексис 10 и разворачиваться внутри капсульного мешка 6 до длины, которая больше чем диаметр капсулорексиса 10, как видно на фиг. 1. В соответствии с некоторыми вариантами осуществления изгиб 24 малого радиуса дает, в результате, второе плечо 20, составляющее угол, по меньшей

мере, 120 градусов относительно продольной осевой линии стржня 12 и относительно дистального направления, как видно на фиг. 1. Как дистальный участок 28, так и проксимальный участок рассекающего элемента 16 во второй конфигурации захвата являются немного изогнутыми и, в общем, аппроксимируют размер и форму боковых сторон капсульного мешка 6, чтобы входить в капсульный мешок 6 без причинения повреждения (например, таких как разрыв или проделывание отверстия в капсульном мешке, чрезмерное растяжение капсульного мешка или повреждение внутренней поверхности ткани капсульного мешка).

[0075] Как также показано на фиг. 2, форма рассекающего элемента 16 во второй конфигурации захвата формирует плоскость, которая является, в общем, плоской или горизонтальной относительно верхней поверхности хрусталика, в соответствии с некоторыми вариантами осуществления. Как также показано на фиг. 1 и 3, в правильной ориентации, рассекающий элемент 16 удерживается так, что он раскрывается через капсулорексис 10 в капсульный мешок 6. Когда рассекающий элемент 16 продолжает разворачиваться, плоскость, сформированную рассекающим элементом 16, можно повернуть так, чтобы рассекающий элемент проходил пространство между капсульным мешком и хрусталиком. Плоскость содержит продольную ось просвета 14 стржня 12. В качестве альтернативы, форма рассекающего элемента 16 во второй конфигурации захвата является в большей степени трехмерной формой, которая не лежит в одной плоскости. Например, рассекающий элемент 16 может колебаться в и из горизонтальной плоскости или значительно выгибаться из горизонтальной плоскости в одном или другом направлении. Поворот может обеспечиваться поворотом стржня 12 или хирургического устройства 40 вручную пользователем или может обеспечиваться механизмами, встроенными в хирургическое устройство 40, как подробнее описано ниже. Как также показано на фиг. 4, рассекающий элемент 16 прошел большую часть перехода из первой конфигурации введения во вторую конфигурацию захвата и частично повернулся относительно хрусталика 8. Рассекающий элемент 16 можно повернуть так, что плоскость формы расположена, преимущественно, вертикально или под множеством других углов. Механизмы и способы для выполнения такого поворота подробно описаны ниже. Дополнительно можно использовать несколько рассекающих элементов 16, которые поворачиваются под множеством разных углов. В других вариантах осуществления поворот не происходит, пока рассекающий элемент 16 не переходит во вторую конфигурацию захвата. В соответствии с некоторыми вариантами осуществления, поворот начинается тогда, когда рассекающий элемент 16 переходит во вторую конфигурацию захвата. Например, поворот может начинаться после того, как раскрытая область 46 петли внутри рассекающего элемента 16 разворачивается до размера, при котором через раскрытую область 46, между двумя точками на проксимальной секции 26 и дистальной секции 28, продолжается 5-6-мм хорда. В качестве другого примера, поворот может начинаться, когда хорда становится длиннее, чем или короче чем 5-6 мм.

[0076] Вторая конфигурация захвата рассекающего элемента 16 может, в общем, иметь овальную форму, как показано на фиг. 1, с шириной 7,0-15,0 мм и высотой 3,0-10,0 мм, в соответствии с некоторыми вариантами осуществления. В соответствии с другими вариантами осуществления, ширина рассекающего элемента 16 может быть 4,0-20,0 мм, при высоте 1,0-15,0 мм. В некоторых вариантах осуществления размер второй конфигурации захвата рассекающего элемента 16 может быть специально меньше, чем размер хрусталика, в некоторых областях или по всему профилю. Это может дополнять способность рассекающего элемента 16 оставаться вблизи хрусталика

8 и ослаблять воздействие на капсульный мешок 6. Например, вторая конфигурация захвата рассекающего элемента 16 может быть 12,0 мм в ширину и 4,0 мм в высоту. Это дает возможность обеспечивать просвет между рассекающим элементом 16 и хрусталиком 8 на ширине овала, при сохранении натяга по высоте овала, что может

5 снизить вероятность повреждения задней поверхности капсульного мешка 6. То есть, при выполнении второй конфигурации захвата рассекающего элемента 16 с возможностью захвата участка хрусталика 8, вместо перемещения в положение, в котором данный элемент охватывает самую толстую часть хрусталика 8, рассекающий элемент 16 имеет меньший размер и захватывает меньший участок капсульного мешка

10 6, чем в конфигурации, в которой вторая конфигурация захвата рассекающего элемент 16 может охватить самую толстую часть хрусталика 8. В других вариантах осуществления вторая конфигурация захвата рассекающего элемента 16 является заранее заданной такой, чтобы иметь, в общем, определенный просвет вокруг хрусталика 8. В соответствии с некоторыми вариантами осуществления, вторая конфигурация

15 захвата рассекающего элемента 16 имеет форму, отличающуюся от, в общем, овальной.

[0077] Рассекающий элемент 16 может иметь характерные особенности или геометрию, которые дополнительно не дают элементу повредить капсульный мешок. Например, рассекающий элемент 16 является круглой проволокой достаточного диаметра, чтобы

20 снижать вероятность разрыва или повреждения капсульного мешка 6, в соответствии с некоторыми вариантами осуществления. Диаметр данной круглой проволоки может быть 0,004 дюйма - 0,012 дюйма (0,102 мм - 0,305 мм), но может также иметь любой размер, который предотвращает избыточное напряжение в результате наложения на капсульный мешок 6, например, диаметр 0,001 дюйма - 0,030 дюйма (0,025 мм - 0,076 мм). В качестве альтернативы, профиль рассекающего элемента 16 может быть

25 овальным, с большей шириной или высотой, или может быть ленточным, чтобы дополнительно распределять усилие воздействия рассекающего элемента 16 на капсульный мешок 6 по большей площади поверхности и, тем самым, уменьшать или исключать области высокого давления, прикладываемого рассекающим элементом к на капсульному мешку 6.

[0078] В некоторых вариантах осуществления участки внешней поверхности

30 рассекающего элемента 16 могут нести покрытие для оптимизации некоторых аспектов устройства. Например, как подробно поясняется ниже, рассекающий элемент 16 проходит пространство между капсульным мешком 6 и хрусталиком 8. Так как рассекающий элемент 16 перемещается между данными анатомическими структурами,

35 то, возможно, было бы полезно, чтобы он имел более гидрофильную или гидрофобную поверхность, чтобы рассекающий элемент 16 свободнее поворачивался и перемещался. В одном варианте осуществления рассекающий элемент 16 может быть покрыт гидрофобным материалом, например, фторполимером; например, PTFE (политетрафторэтиленом). Покрытие можно наносить окунанием, плазменным

40 напылением в паровой фазе, термоусадкой гильз или любым другим подходящим способом. Покрытие может снижать трение между рассекающим элементом 16 и хрусталиком 8 и/или капсульным мешком 6, чтобы допускать более свободное движение рассекающего элемента 16. Другие способы снижения трения могут включать в себя использование механической шлифовки, плазменной обработки или любого другого

45 подходящего способа. В качестве альтернативы, рассекающий элемент 16 можно покрывать другими материалами, например, активными фармацевтическими средствами, которые выполнены с возможностью высвобождения в глаз во время процедуры. Например, на поверхность рассекающего элемента 16 можно наносить стероид,

подобный триамцинолону, чтобы, во время процедуры, он высвобождался в глаз. Предусматривается использование любого другого числа покрытий и лекарств.

[0079] Рассекающий элемент 16 может иметь конструкцию, имеющую любые другие подходящие геометрические параметры или материалы. В примерном варианте осуществления рассекающий элемент 16 является круглой проволокой. Проволока выполнена с возможностью прямого прохода через пространство между хрусталиком 8 и капсульным мешком 6. Проволока может иметь различные размеры или диаметры по длине рассекающего элемента 16. В качестве альтернативы, рассекающий элемент 16 может иметь любое число других профилей. Например, рассекающий элемент 16 может быть трубкой, узкой полоской, лентой, проволокой с шестигранным профилем или иметь любое другое число подходящих форм. Кроме того, профиль рассекающего элемента 16 может изменяться по его длине. Например, рассекающий элемент 16 может включать в себя одну или более смягченных областей вдоль своего профиля, когда особенно важно не допустить повреждения капсульного мешка 4. Смягченные области могут включать в себя разные материалы, например, но без ограничения, мягкие эластометрические материалы типа силикона, которые наклеены или нанесены в виде покрытия на соответствующие области рассекающего элемента 16. Смягченные области могут распределять усилие по большей площади и обеспечивать мягкую и более атравматическую поверхность контакта с капсульным мешком 6. В других вариантах осуществления смягченные области являются изменениями геометрического профиля рассекающего элемента в некоторых областях. Например, области, которые выровнены или расширены, даже если они состоят из одного и того же материала, распределяют усилие по большей площади. Дополнительно, жесткость или гибкость рассекающего элемента может изменяться вдоль рассекающего элемента 16 за счет изменения толщины материала или диаметра проволоки в некоторых областях. В качестве альтернативы, на рассекающий элемент 16 можно надеть втулки или нарастить другой материал, чтобы локально повысить жесткость в некоторых областях. В еще одних вариантах осуществления рассекающий элемент 16 может иметь по его длине разрезы или ребра, которые изменяют его гибкость или жесткость в некоторых областях.

[0080] В других вариантах осуществления форма рассекающего элемента 16 во второй конфигурации захвата не задана заранее. Вместо этого, форма рассекающего элемента 16 во второй конфигурации захвата определяется свойствами материала или геометрии рассекающего элемента 16, при зацеплении хрусталика 8. Рассекающий элемент 16 может быть достаточно гибким, упругим, мягким или округленным по его длине, при сохранении достаточной жесткости, чтобы допускать поворот для захвата хрусталика 8 с таким расчетом, чтобы на капсульный мешок 6 воздействовало минимальное усилие, даже когда рассекающий элемент 16 находится внутри капсульного мешка 4 и полностью раскрыт. В других вариантах осуществления рассекающий элемент 16 может быть из мягкого эластомера, например, силикона, который может быть достаточно мягким и достаточно большим в диаметре, чтобы рассекающий элемент 16 не оказывал чрезмерного усилия на капсульный мешок 6. В еще одних вариантах осуществления рассекающий элемент 16 может быть достаточно округленным вдоль некоторых участков и кромок с таким расчетом, чтобы усилие, прилагаемое к капсульному мешку 6, распределялось по большей площади, и, тем самым, давление разрыва можно было снизить. В еще одних вариантах осуществления рассекающий элемент 16 может состоять из нескольких сцепленных элементов, например, цепочечной конструкции, допускающей гибкое движение между несколькими элементами. В еще одних вариантах осуществления рассекающий элемент 16 может иметь прорезы вдоль участков его длины, которые

могут локально повышать гибкость элемента. Например, рассекающий элемент 16 может содержать трубку с вырезами по его длине в областях, в которых капсульный мешок 6 может приходить в контакт с рассекающим элементом 16, чтобы данные области были более гибкими и потому менее склонными к приложению чрезмерного усилия к капсульному мешку 6. В еще одних вариантах осуществления участки рассекающего элемента 16 во второй конфигурации захвата не являются предварительно заданными по форме, а другие участки рассекающего элемента 16 имеют предварительно заданную форму. Например, участок рассекающего элемента 16, передний относительно хрусталика, может быть изготовлен из круглой проволоки с памятью формы, форма которой устанавливается до предварительно заданной формы, которая способствует проведению рассекающего элемента 16 в глаз. Например, такой участок может содержать изгиб 24 малого радиуса проксимального участка 26. Участок рассекающего элемента 16, задний относительно хрусталика 8, может быть изготовлен из другого, более гибкого материала, который намного легче согласуется с формой глаза. При этом, участок рассекающего элемента 16 во второй конфигурации захвата, который допускает введение рассекающего элемента через капсулорексис, включающий в себя изгиб малого радиуса, является передним относительно хрусталика 8, и участок рассекающего элемента 16 во второй конфигурации захвата, который контактирует с капсульным мешком 6, состоит из более гибкого материала, в меньшей степени способного повредить капсульный мешок 6.

[0081] В соответствии с некоторыми вариантами осуществления дополнительные направляющие трубки или компоненты могут выравнивать или направлять траекторию прохода рассекающего элемента 16 через капсулорексис 10 и/или вокруг хрусталика 8. Например, в вариантах осуществления, в которых рассекающий элемент 16 во второй конфигурации захвата не имеет предварительно заданной формы, направляющий элемент может находиться вдоль областей дистального участка 28 или проксимального участка 26 рассекающего элемента 16, чтобы вынуждать его принимать конкретную форму. От точки 22 слияния может продолжаться трубка в направлении дистального участка 28, и трубка концентрически сдерживать гибкий рассекающий элемент 16 таким образом, что он в большей или меньшей степени проходит по искомой траектории во время введения в капсульный мешок 6 и размещения вокруг хрусталика 4. Затем направляющую трубку можно отводить и, при этом, оставлять гибкий рассекающий элемент 16 в заданном месте вокруг хрусталика 4.

[0082] В еще одних вариантах осуществления предварительно заданная форма рассекающего элемента 16 во второй конфигурации захвата может создаваться в ходе любой части хирургической операции. Например, хирург может использовать методы визуализации, чтобы измерять анатомические особенности глаза, например, хрусталика 8 или капсульного мешка 4. Затем хирург может использовать данную информацию, что изменять форму рассекающего элемента. В качестве альтернативы, в сочетании с измеренными данными можно использовать некоторое оборудование, например, формообразующий штамп или автоматический станок для гибки проволоки, чтобы изменить форму рассекающего элемента 16 во второй конфигурации захвата. В одном варианте осуществления хирург применяет такой метод визуализации, как оптическая когерентная томография (ОСТ), для выполнения измерения хрусталика 8, и затем данная информация передается в автоматический станок для гибки проволоки, который создает рассекающий элемент 16, индивидуально изготовленный для пациента. В еще одних вариантах осуществления хирург может дополнять или изменять форму рассекающего элемента 16 в то время, когда, по меньшей мере, участок рассекающего элемента 16

находится внутри глаза. Например, хирург может начать размещение рассекающего элемента 16 в капсульный мешок 6 и определить, что его форму можно улучшить. В таком случае, хирург может ввести отдельный инструмент, например, щипцы, в глаз или использовать встроенный инструмент, связанный со стержнем 12, чтобы дополнить или изменить форму рассекающего элемента 16.

[0083] В соответствии с некоторыми вариантами осуществления, после того, как сделан капсулорексис 10, между капсульным мешком 6 и хрусталиком 8 вводят жидкость, так что между хрусталиком 8 и капсульным мешком 6 создается пространство, по меньшей мере, в некоторых областях. Данное действие можно назвать разделением жидкостью, гидроразделением или созданием пространства. В соответствии с некоторыми вариантами осуществления жидкость создает пространство для рассекающего элемента 16 во второй конфигурации захвата, чтобы поворачивать его внутри капсульного мешка 6 и охватывать хрусталик 8. В примерном варианте осуществления можно вводить такие жидкости, как вязкоупругая гиалуроновая кислота или физиологический раствор, поскольку данные материалы обычно применяются в глазной хирургии, хорошо переносятся в глазу и легко доступны. Можно вводить одну или более других жидкостей или дополнительные жидкости, например, окрашенные жидкости, фармацевтические жидкости типа стероидов, жидкости, содержащие лекарства, биопоглощаемые жидкости, смазки, гидрогели, микросферы, вещества в порошковой форме, флуоресцентные контрастные вещества, жидкие пены или любую другую подходящую жидкость. Дополнительно или вместо жидкостей можно подать один или более газов, например, воздух, кислород, аргон, азот или подобный газ. В качестве альтернативы, в других вариантах осуществления может и не потребоваться заполненное жидкостью пространство между хрусталиком 8 и капсульным мешком 6, и рассекающий элемент 16 может выполнять механическое разделение или тупую диссекцию хрусталика 8 и капсульного мешка 4, когда его поворачивают вокруг хрусталика 8. Разделение жидкостью и тупую диссекцию можно выполнять в сочетании друг с другом или по-отдельности. Жидкость можно вводить посредством канюли или иглы в капсульный мешок 6, с использованием отдельного инструмента. В соответствии с другими вариантами осуществления, средства для разделения жидкостью могут быть встроены в элементы хирургического устройства 40, например, рассекающий элемент 16. Например, рассекающий элемент 16 может быть изготовлен в форме гибкой трубки с множеством отверстий по его длине, которые допускают протекание жидкости через него. В таком варианте осуществления жидкость может подаваться в просвет рассекающего элемента 16 и затем вытекать из множества отверстий. Такое решение может оптимизировать способность рассекающего элемента 16 проходить между капсульным мешком 6 и хрусталиком 8, так как жидкость можно вводить по рассекающему элементу 16 непрерывно или в дискретные моменты времени, когда требуется разделение. В еще одних вариантах осуществления возможность нагнетания жидкости может быть включена в другие аспекты хирургического устройства 40. Например, жидкость можно подавать по просвету 14 стрелы 12. В качестве альтернативы, со стержнем 12 может быть соединен компонент, отдельный от стрелы 12, например, выдвижная трубка или другая трубка, чтобы обеспечивать подачу жидкости. В некоторых вариантах осуществления жидкость, которую вливают при посредстве компонента устройства, например, стрелы 12 или элемента 16, может служить для других хирургических целей. Например, жидкость можно вливать по стрелу 12, чтобы поддерживать камеру глаза 1, без потребности в отдельной канюле или без потребности в вязкоупругом веществе. Ирригацию и аспирацию можно

выполнять посредством одного компонента или посредством нескольких отдельных компонентов. Например, такие жидкости, как физиологический раствор, можно вливать в глаз через просвет варианта осуществления рассекающего элемента 16, как описано выше, и аспирировать через просвет стрежня 12. Возможно применение других методов ирригации или аспирации, в соответствии с некоторыми вариантами осуществления.

[0084] Как показано на фиг. 5, рассекающий элемент 16 уже полностью выдвинут во вторую конфигурацию захвата и повернут вокруг продольной оси стрежня 12 и/или, иначе говоря, повернут или перемещен в ориентацию внутри капсульного мешка 6, в которой рассекающий элемент 16 охватывает хрусталик 8, без приложения чрезмерного усилия к капсульному мешку 6. Затем рассекающий элемент 16 используют для рассечения хрусталика 8 посредством натяжения одного или обоих плеч 18, 20 рассекающего элемента 16, например, оттягиванием назад одного или обоих плеч 18, 20 по просвету 14 стрежня 12. Рассекающий элемент 16 может передвинуться противоположно тому, как изложено выше для развертывания рассекающего элемента 16 из первой во вторую конфигурацию, чтобы сжаться и рассечь хрусталик 8. Когда рассекающий элемент 16 натягивают, он оказывает направленное внутрь усилие на хрусталик 8 и начинает его рассечение и/или фрагментацию, благодаря усилию, прилагаемому к хрусталику 8 по небольшой площади поверхности тонкого диаметра рассекающего элемента 16. Рассекающий элемент 16 продолжают натягивать, пока хрусталик 8 не рассекается частично или полностью. В некоторых вариантах осуществления рассекающий элемент 16 натягивают, пока хрусталик 8 не рассекается полностью. В других вариантах осуществления натяжение рассекающего элемента 16 только частично фрагментирует хрусталик 8, и остающуюся часть хрусталика 8 можно фрагментировать повторным использованием рассекающего элемента или дополнительными инструментами. На фиг. 6 показан фрагментированный хрусталик 8 внутри капсульного мешка 6. Плоскость рассечения является, в основном, вертикальной, но следует понимать, что могут существовать любые многочисленные углы и ориентации траектории рассечения рассекающего элемента 16. На фиг. 7 показан хрусталик с убраным капсульным мешком.

[0085] В некоторых вариантах осуществления хирургическое устройство 40 может содержать несколько рассекающих элементов 16, как описано ниже, чтобы образовать несколько фрагментов хрусталика одновременно. Например, несколько рассекающих элементов 16 могут формировать сетку, которая способна рассекать хрусталик 8 на множество фрагментов; рассекающие элементы 16 могут находиться под непрямыми или острыми углами друг относительно друга таким образом, что они формируют перекрещивающуюся структуру. В других вариантах осуществления хирургическое устройство 40 можно применять на хрусталике 8 последовательно. Например, после того, как образовано одно рассечение, хрусталик 8 (или рассекающий элемент 16) можно повернуть на 90 градусов, чтобы первая плоскость рассечения стала перпендикулярной плоскости подводящего устройства. Затем рассекающий элемент 16 можно снова ввести в капсульный мешок 6, как описано выше, и использовать для образования нового рассечения через два фрагмента хрусталика, что образует, в общем, четыре фрагмента. Процесс можно повторять столько раз, сколько необходимо для образования любого числа фрагментов хрусталика любого требуемого размера. Окончательный требуемый размер фрагментов хрусталика может зависеть от способа извлечения из глаза 1. В некоторых вариантах осуществления можно дополнительно применять факоэмульсификации в капсульном мешке 6, чтобы удалить фрагменты хрусталика. Факоэмульсификация может быть особенно полезной при сложных или

ядерных катарактах, когда полная фрагментация хрусталика увеличивает площадь поверхности и уменьшает размер фрагментов, которые следует эмульсифицировать методом факоэмульсификации. В других вариантах осуществления фрагменты хрусталика можно удалять, как описано ниже.

5 [0086] В некоторых вариантах осуществления фрагменты хрусталика могут вытесняться из капсульного мешка 6 посредством подачи жидкости в капсульный мешок 6 под небольшим давлением. Поток и/или давление жидкости может перемещать фрагменты хрусталика в переднюю камеру глаза 1, так что можно использовать другие инструменты и способы для извлечения хрусталика. Например, можно использовать
10 щипцы или захватывающие инструменты, чтобы захватывать фрагменты хрусталика и вытаскивать их из глаза 1 через разрез 4 роговицы. В некоторых вариантах осуществления рассекающий элемент 16 можно использовать для улавливания фрагментов хрусталика и вытаскивания их из глаза 1. Рассекающий элемент 16 можно вернуть во вторую конфигурацию захвата и разместить вокруг фрагмента хрусталика. Затем рассекающий элемент 16 можно натягивать или иначе смыкать, пока хрусталик
15 8 не фиксируется внутри рассекающего элемента, но фрагмент хрусталика не рассекается. Затем фрагмент хрусталика можно вытащить из глаза 1 рассекающим элементом 16. Для обеспечения условия, чтобы хрусталик 8 не рассекался рассекающим элементом 16, можно использовать дополнительные компоненты, например, мягкие подкладки, ленты или полосы с большей площадью поверхности, которая захватывает фрагмент
20 хрусталика, а не рассекает его. Упомянутые компоненты могут выдвигаться от стержня 12 или могут быть отдельными компонентами, которые вводят в глаз 1 через разрез 4 и прикрепляют к рассекающему элементу 16.

[0087] Как показано на фиг. 8-9, один вариант осуществления хирургического
25 устройства 40 включает в себя два рассекающих элемента 16, продолжающихся от дистального конца стержня 12, с механизмом 42 рукоятки, прикрепленным к проксимальному концу стержня 12. На фиг. 15 показаны два рассекающих элемента 16 в первой конфигурации введения, на дистальном конце стержня 12. Рукоятка 42 содержит два продольно сдвигаемых ползунка, которые соединены с двумя
30 рассекающими элементами 16, как описано ниже. Ползунки в данной первоначальной конфигурации находятся в их отведенном проксимальном местоположении. Стержень 12 и рассекающие элементы 16 в первой конфигурации введения вводят через разрез 4 в роговице к капсулорексису 10, как описано выше. В контексте настоящего документа, термин «рукоятка» включает в себя обе рукоятки, предназначенных для захвата и
35 приведения в действия рукой хирурга, а также роботизированную рукоятку, которая связана с хирургическим роботом и предназначена для роботизированного управления и приведения в действие.

[0088] Как также видно на фиг. 16-17, один вариант осуществления рукоятки 42 хирургического устройства 40 показан в разрезе в конфигурации, соответствующей
40 первой конфигурации введения рассекающих элементов 16. Ползунк 44 является передвигаемым по верхней поверхности рукоятки 42. Палец 48 продолжается из ползунка 44 в рукоятку 42 через паз в верхней поверхности рукоятки 42. Палец 48 соединен со спиральным кулачком 50 или другой кулачковой конструкцией, расположенным(ой) проксимально относительно пальца 48, который(ая) зафиксирован(а) продольно
45 относительно пальца 48, но который(ая) может свободно поворачиваться вокруг своей оси относительно пальца 48. Данную конструкцию можно обеспечить механически посредством зацепляющего штифта, буртика или другого подходящего механизма. Канавка 52 кулачка образована в поверхности спирального кулачка 50. Спиральный

кулачок 50 удерживается в камере внутри рукоятки 42, что позволяет спиральному кулачку 50 сдвигаться продольно, но не перемещаться, по существу, радиально.

Передний выступ 56 продолжается дистально от пальца 48 и может поворачиваться относительно пальца 48. В предпочтительном варианте передний выступ 56

5 зафиксирован против поворота относительно спирального кулачка 50; в некоторых вариантах осуществления передний выступ 56 является просто дистальным концом спирального кулачка 50. Между пальцем 48 и передним проходом 60 из рукоятки 42 расположена возвратная пружина 58, выполняющая функцию выталкивания пальца 48 к первой конфигурации введения. Проксимальный конец возвратной пружины 58
10 может находиться по центру переднего выступа 56 и в зацеплении с ним. Проксимальный конец первого плеча 18 рассекающего элемента 16 может быть зафиксирован к переднему выступу 56 любым подходящим способом, например, намоткой на передний выступ, по фрикционной посадке, сваркой, пайкой или по прессовой посадке. В качестве альтернативы, проксимальный конец первого плеча 18 может быть зафиксирован к
15 пальцу 48. Штырек 62 кулачка образован в рукоятке 42 и/или зафиксирован относительно нее, и входит в зацепление с канавкой 52 кулачка. Когда спиральный кулачок 50 перемещается относительно остальной части рукоятки 42, штырек 62 кулачка остается на одном и том же месте на рукоятке 42. Когда применены два рассекающих элемента 16, используют два таких вышеописанных узла (ползунок 44, палец 48, кулачок
20 50, передний выступ 56, возвратную пружину 58 и соединение с первым плечом 18 рассекающего элемента 16), расположенных бок о бок внутри рукоятки 42. Данные узлы могут быть идентичны друг другу, могут быть боковыми зеркальными отображениями друг друга или могут отличаться друг от друга иным образом, который позволяет, по существу, одному узлу управлять двумя отдельными рассекающими
25 элементами 16 нижеописанным образом. Описание движения ползунков 44а, 44b и рассекающих элементов 16 являются одинаковыми как для ползунков 44, так и для рассекающих элементов 16, если не указано иное, и описания для обоих являются взаимозамещаемыми, если не указано иное.

[0089] Как показано на фиг. 10, один из рассекающих элементов 16 переводят во
30 вторую конфигурацию захвата сдвиганием соответствующего ползунка 44b в дистальном направлении. Одно плечо 20 рассекающего элемента 16 может быть соединено со стержнем 12, рукояткой 42 или другой конструкцией, зафиксированной относительно рукоятки 42, и может удерживаться в зафиксированном положении, а первое плечо 18 выполнено с возможностью поступательного перемещения и поворота с подвижными
35 элементами внутри рукоятки 42. Как изложено выше, первое плечо 18 закреплено к переднему выступу 56. Как также показано на фиг. 18, когда ползунок 44 перемещается в дистальном направлении, палец 48 сжимает возвратную пружину 58, перемещает передний выступ 56 в дистальном направлении и выдвигает спиральный кулачок 50 в дистальном направлении. Возвратная пружина 58 сжимается и оказывает проксимально
40 направленное усилие на палец 48. Если пользователь отпускает ползунок 44, то ползунок 44, палец 48 и механизмы, зафиксированные против поступательного движения относительно пальца 48, выталкиваются дистально в направлении первоначального положения ползунка 44. Когда ползунок 44 выдвигается дистально, спиральный кулачок 50 поступательно перемещается внутри рукоятки 42. Канавка 52 кулачка может быть,
45 по существу, продольной на данном первом сегменте перемещения ползунка 44, так что зацепление между канавкой 52 кулачка и штырьком 62 кулачка не вызывает поворота спирального кулачка 50; поэтому, рассекающий элемент 16 остается, по существу, в одной и той же поворотной ориентации относительно продольной оси

стрелы 12. По мере того, как ползунок 44 выдвигается дистально, он проталкивает в дистальном направлении первое плечо 18 рассекающего элемента. В результате, рассекающий элемент 16 изменяет форму до второй конфигурации захвата таким же образом, как описано выше со ссылкой на фиг. 1-4.

5 [0090] Как показано также на фиг. 11, ползунок 44 можно выдвигать дальше в дистальном направлении после того, как рассекающий элемент 16 изменяется по форме до второй конфигурации захвата. Канавка 52 кулачка взаимодействует в зацеплении со штырьком 62 кулачка, чтобы повернуть спиральный кулачок 50, как видно на фиг. 18-20. Величина дистального перемещения ползунка 44 управляет величиной поворота
10 спирального кулачка 50. Таким образом, линейное перемещение ползунка 4 преобразуется в поворотное перемещение рассекающего элемента 16. Поскольку спиральный кулачок 50 и передний выступ 56 зафиксированы против поворота один к другому, то поворот спирального кулачка 50 вызывает поворот переднего выступа 56 и, следовательно, поворот рассекающего элемента 16 во второй конфигурации
15 захвата. Рассекающий элемент 16 поворачивается, и соответственно поворачивается плоскость, заданная формой рассекающего элемента 16. Рассекающий элемент 16 поворачивается из своего первоначального положения, которое может быть, по существу, параллельным плоскости, заданной краями капсулорексиса 10, в положение, которое находится в пределах, приблизительно, 0-40 градусов относительно
20 вертикальной ориентации. Во время этого поворота, рассекающий элемент 16 перемещается между капсульным мешком 6 и хрусталиком 8, захватывая хрусталик 8 в раскрытой области 46 внутри периметра рассекающего элемента 16. Рассекающий элемент 16 может, по существу, и не захватывать капсульный мешок 6 и/или хрусталик 8 или может быть выполнен с возможностью захвата либо хрусталика 8, либо
25 капсульного мешка 6. В качестве альтернативы, рассекающий элемент 16 может производить тупую диссекцию между капсульным мешком 6 и хрусталиком 8.

[0091] Как показано также на фиг. 20, ползунок 44 передвинут полностью вперед, и поворот спирального кулачка 50 и рассекающего элемента 16 закончен. Рассекающий элемент 16 охватывает хрусталик 8 внутри капсульного мешка 6 и приведен в
30 конфигурацию для приложения направленного внутрь рассекающего усилия к хрусталику 8 таким образом, как описано выше со ссылкой на фиг. 4-5.

[0092] Как показано также на фиг. 12-13, затем второй рассекающий элемент 16 можно развернуть во вторую конфигурацию захвата и повернуть в положение для охвата хрусталика 8 таким образом, как описано выше со ссылкой на фиг. 9-11 и 16-
35 20. Как показано также на фиг. 14, оба рассекающих элемента 16 захватывают хрусталик 8 таким образом, что, когда рассекающие элементы 16 натягивают или смыкают иначе, рассекающие элементы 16 рассекут хрусталик 8 на три частично или полностью отдельных фрагмента. Как показано также на фиг. 21, натяжение можно производить сдвигом ползунков 44 в проксимальном направлении, с вытягиванием, тем самым,
40 первого плеча 18 каждого рассекающего элемента 16 в проксимальном направлении и его натяжением. В некоторых вариантах осуществления проксимальное усилие, прилагаемое к пальцу 48 возвратной пружиной 58, может быть достаточно большим, чтобы расщепить хрусталик 8, без приложения дополнительного усилия пользователем. В других вариантах осуществления пользователь обеспечивает дополнительное усилие,
45 которое фрагментирует хрусталик 8. Это может потребоваться, в частности, для ядерных или трудных катаракт. Каждый рассекающий элемент 16 захватывает заднюю поверхность хрусталика 8 по линии, отстоящей от другого рассекающего элемента 16, и захватывает переднюю поверхность хрусталика 8, по существу, вдоль по той же линии,

в соответствии с некоторыми вариантами осуществления.

[0093] На фиг. 22 показано, что ползунок 44 передвинут проксимально для возврата в первоначальное положение. Рассекающий элемент 16 повернут обратно в его первоначальную плоскость введения и, к тому же, отведен к стержню 12. Как показано также на фиг. 15, рассекающие элементы 16 могут вернуть, по существу, в свою первоначальную конфигурацию после рассечения хрусталика. Канавка 52 кулачка спирального кулачка 50 может составлять замкнутый контур, как показано. В качестве альтернативы, канавка 52 кулачка может иметь однопутевую траекторию, при этом ползунок 44 следует полностью поступательно передвинуть в дистальном направлении и затем проксимально, чтобы переместить его в первоначальное положение. В некоторых вариантах осуществления, в канавку 52 кулачка могут быть встроены защелки или рычаги одностороннего запираения, которые блокируют спиральный кулачок 50 от поворота или перемещения в некоторых направлениях и могут содержаться в дискретных положениях в канавке 52 кулачка по всей канавке 52 кулачка.

[0094] В соответствии с некоторыми вариантами осуществления, рассекающие элементы 16 могут быть выполнены с возможностью перемещения синхронно с приведением в действие единственного ползунка 44, вместо того, чтобы каждый рассекающий элемент 16 был связан с другим ползунком 44а, 44b, как описано выше. В таком случае, рассекающие элементы 16 могут быть выполнены с возможностью одновременного раскрытия и поворота. В качестве альтернативы, поворот рассекающих элементов 16 может происходить со сдвигом во времени, так что один рассекающий элемент 16 раскрывается первым и поворачивается первым раньше другого рассекающего элемента 16. Это можно обеспечить посредством связывания разных канавок 52 кулачка и штырьков 62 кулачка с каждым рассекающим элементом 16. В еще одних вариантах осуществления два ползунка 44а, 44b могут быть выполнены так, чтобы левый ползунок 44b перемещал вперед оба ползунка 44, а правый ползунок 44а перемещал вперед только правый ползунок 44а (или наоборот). Правый ползунок 44а может быть выполнен с возможностью перемещения назад обоих ползунков 44а, 44b, и левый ползунок может быть выполнен с возможностью перемещения назад только левого ползунка 44b. Таким образом, пользователь может решать, двигать ли ползунки 44а, 44b независимо или синхронно.

[0095] В соответствии с некоторыми вариантами осуществления, рассекающие элементы 16 поворачиваются в одном и том же направлении. Например, первый рассекающий элемент 16 раскрывается и затем поворачивается в капсульный мешок 6 в направлении по часовой стрелке. Затем второй рассекающий элемент раскрывается и также поворачивается в капсульный мешок 6 в направлении по часовой стрелке. В данном варианте осуществления первый рассекающий элемент 16 может поворачиваться на угол 10-40 градусов за вертикальную плоскость, и второй рассекающий элемент 16 может поворачиваться на угол, на 10-40 градусов не достигающий до вертикальной плоскости.

[0096] В еще одних вариантах осуществления можно использовать один или более дополнительных или разных механизмов, чтобы разворачивать рассекающие элементы 16. Например, для разворачивания одного или обоих рассекающих элементов 16 можно применить подающий механизм с прокручивающимся колесиком или другой поворотный механизм. В некоторых вариантах осуществления перемещение, производимое пользователем, ускоряется или замедляется через передачу к перемещению рассекающего элемента 16 таким образом, что перемещение на данную величину компонентов пользовательского интерфейса перемещает рассекающий элемент 16 на большую или

меньшую величину за счет применения зубчатых передач, масштабированных шкивов или любого другого числа компонентов. В некоторых вариантах осуществления некоторые части хирургического устройства 40 могут иметь механический привод с помощью таких компонентов, как электродвигатели, линейные двигатели, пневматические компоненты, гидравлические компоненты, магниты или что-то подобное. Хирургическое устройство 40 может быть встроено в состав одного или более крупных роботизированных узлов. Например, роботизированное устройство, которое выполнено с возможностью выполнения операции по удалению катаракты, может включать в себя вариант осуществления хирургического устройства 40. Данное решение может позволить хирургам роботизированным методом выполнять части описанного способа. В некоторых вариантах осуществления данное решение может предусматривать альтернативные методы и способы, например, получение доступа к капсульному мешку 4 через склеру. В соответствии с некоторыми вариантами осуществления, по меньшей мере, введение стержня 12, имеющего просвет 14 через весь стержень, через разрез 4 роговицы к капсулорексису 10 и выдвижение рассекающего элемента 16 из дистального конца просвета 14, чтобы вынуждать рассекающий элемент 16 изгибаться от оси стержня 12 через капсулорексис 10, разворачиваться до размера, большего, чем капсулорексис 10, и захватывать, по меньшей мере, часть хрусталика 8, выполняются с роботизированным управлением.

[0097] В некоторых вариантах осуществления рассекающий элемент 16 не обязательно должен приблизительно соответствовать петле в самом начале, когда его помещают в капсульный мешок 6. Например, рассекающий элемент 16 может быть целиковой круглой проволокой, которую вводит в капсульный мешок 6 из стержня 12, без заворачивания на себя для формирования петли. В таком варианте осуществления дистальный наконечник рассекающего элемента 16 является притупленным, чтобы не допустить прокалывания или повреждения ткани внутри глаза 1. Дистальный наконечник может быть выполнен с возможностью изгиба либо путем принятия изгиба, предварительно заданного в его конструкции, либо вследствие отклонения вдоль внутренней поверхности капсульного мешка 6, когда дистальный наконечник рассекающего элемента 16 достигает стенки капсульного мешка 6. Затем рассекающий элемент 16 может проходить пространство между хрусталиком 8 и капсульным мешком 6 таким образом, что он обходит окружность хрусталика 8. Затем рассекающий элемент 16 может вернуться в поле зрения пользователя в верхний участок капсульного мешка 6, где пользователь может захватить рассекающий элемент 16 конструктивными элементами на рукоятке 42, например, захватами или совершенно отдельным инструментом. В данный момент рассекающий элемент 16 охватывает хрусталик 8 внутри капсульного мешка 6 и почти соответствует петле. Когда один или оба конца рассекающего элемента 16 натягивают и/или вытягивают, направленное внутрь рассекающее усилие прилагается к хрусталику 8 таким образом, что он фрагментируется. Рассекающий элемент 16 в данном варианте осуществления может иметь поперечное сечение, которое позволяет ему изгибаться, предпочтительно, в некоторых направлениях легче, чем в других направлениях, чтобы рассекающий элемент 16 мог изгибаться, как требуется для обхода хрусталика 8, но все же придерживаться подходящей траектории вокруг хрусталика 8, без ухода с траектории в ткань. Данное решение может включать в себя использование поперечного сечения с избирательным моментом изгиба, как для балки «I», которая изгибается избирательно относительно некоторых плоскостей. В качестве альтернативы, трубку с вырезами, которые допускают изгиб, можно выполнить с возможностью изгиба в некоторых плоскостях посредством расположения вырезов

в данной плоскости. Поэтому, рассекающий элемент 16 может изгибаться вокруг хрусталика 8, главным образом, в дистально-проксимальном направлениях. Это может оптимизировать способность рассекающего элемента 16 проходить по искомой общей траектории относительно капсульного мешка 6 и хрусталика 8. В некоторых вариантах осуществления рассекающий элемент 16 может быть совершенно гибким настолько, что его дистальный наконечник не ограничен проходом по какой-либо предварительно заданной траектории. Дистальный наконечник может быть выполнен с возможностью содержания магнитных или электромагнитных компонентов, к которым можно прикладывать усилие внешним электромагнитным полем. Тогда можно использовать внешнее устройство для управления местоположением дистального наконечника рассекающего элемента 16 таким образом, чтобы его можно было провести вокруг капсульного мешка 6 по искомой траектории. При использовании данного варианта осуществления можно предусмотреть любое число разных траекторий или плоскостей фрагментации. Хирургическое устройство 40 может включать в себя различные средства визуализации, чтобы разрабатывать искомую траекторию для дистального наконечника рассекающего элемента 16, которая не нанесет повреждения капсульному мешку 6.

[0098] В некоторых вариантах осуществления рассекающий элемент 16 может разветвляться на несколько участков и/или несколько петель. Например, в первоначальной конфигурации рассекающий элемент 16 может иметь форму и профиль, подобные описанным выше. Однако, после перехода во вторую конфигурацию захвата, рассекающий элемент 16 может разветвляться вдоль по его длине на два элемента, которые могут иметь идентичные или похожие формы или разные формы, охватывающие, каждая, хрусталик 8 целиком или частично. Это может позволять рассекающему элементу 16 рассекал хрусталик 8 на несколько фрагментов, без применения двух отдельных рассекающих элементов 16.

[0099] В некоторых вариантах осуществления один или оба из рассекающих элементов 16 могут быть выполнены с возможностью подачи энергии одного или более типов, чтобы способствовать тупой диссекции или фрагментации хрусталика 8. Например, один или оба из рассекающих элементов 16 могут включать в себя один или более участков, выполненных с возможностью нагрева путем использования электрорезистивной проволоки, которая нагревается, когда через нее пропускают ток. Повышенная температура может оптимизировать разделение капсульного мешка 6 и хрусталика 8, а также способствовать рассечению хрусталика 8. В качестве альтернативы можно применить многие другие средства, например, радиочастотную абляцию, электрохирургию, энергию ультразвуковых колебаний или что-то подобное.

[00100] В некоторых вариантах осуществления рукоятка 42 может включать в себя конструктивные элементы для подачи жидкости. Например, как описано выше, рассекающий элемент 16 или стержень 12 могут допускать введение жидкостей посредством соответствующих компонентов. Рукоятка 42 может включать в себя каналы и пути для жидкости, которые соединяют данные компоненты с внешними источниками жидкости посредством трубок, встроенных коннекторов или чего-то подобного. В качестве альтернативы, рукоятка 42 может включать в себя внутренние системы нагнетания под давлением, которые прокачивают жидкость через стержень 12. Жидкость может храниться в цилиндре с поршнем, при этом поршень проталкивается вперед исполнительными компонентами в рукоятке 42. Например, отдельный ползунок или кнопка может иметь соединение с поршнем и располагаться так, что, когда ползунок перемещается пользователем, поршень поступательно перемещается и вытесняет жидкость из цилиндра в систему нагнетания. Это может давать пользователю

возможность управлять подачей жидкости через рассекающий элемент 16, стержень 12 или любой другой компонент рукоятки 42 в течение некоторых периодов времени в ходе операции, например, для создания пространства между капсульным мешком 6 и хрусталиком 8. В качестве альтернативы, хирургическое устройство 40 может быть выполнено так, что жидкость вводится автоматически хирургическим устройством 40 в течение некоторых периодов в рамках нормального срабатывания устройства. Например, пружина может быть выполнена с возможностью приложения усилия к поршню таким образом, что, когда спиральный кулачок 50 перемещается по своей траектории, соответственно выполненный поршень вытесняет некоторое количество жидкости.

[00101] На фиг. 23 показан альтернативный вариант осуществления рассекающих элементов 16 на виде сбоку. От дистального конца стрержня 12 продолжают два рассекающих элемента 16. В данном варианте осуществления рассекающие элементы 16 расположены с возможностью обматывания хрусталика 8, начиная с дистального конца 8а хрусталика 8, вместо охвата боковых сторон хрусталика 8, как описано выше. Рассекающие элементы 16 можно выдвигать по одному из дистального конца стрержня 12 в дистальном направлении, к дистальному концу 8а хрусталика 8 и в капсульный мешок. Рассекающий элемент 16 может почти соответствовать петле из проволоки, которая выполнена с возможностью принятия предварительно заданной формы и изгибается, чтобы допускать обход хрусталика 8 данной петлей, без воздействия чрезмерным усилием на капсульный мешок. Упомянутая петля может содержать поперечные изгибы, а также изгибы взад и вперед, которые формируют различные трехмерные геометрии, когда рассекающий элемент 16 выдвигают из подводящего устройства. Для входа в капсульный мешок и захвата хрусталика 8, рассекающие элементы 16 выполнены с возможностью принятия разных форм, когда они разворачиваются. Вместо нахождения в плоскости, упомянутые рассекающие элементы 16 изгибаются вниз от стержня 12 в второй конфигурации, как видно на фиг. 23. Когда применяются несколько рассекающих элементов 16, каждый может быть выполнен с возможностью изгиба под отличающимся углом, чем другой или другие. Один конец рассекающего элемента 16 может выдвигаться в то время, как другие остаются относительно зафиксированными к подводящему устройству, или оба конца могут выдвигаться одновременно, как описано выше. Как описано выше, рассекающий элемент может иметь различные профили, материалы или параметры гибкости по его длине.

[00102] Один из рассекающих элементов 16 может выдвигаться с проходом через пространство между капсульным мешком и хрусталиком 8 и затем может переместиться вниз и проксимально вокруг хрусталика 8. Вторым рассекающим элементом 16 может выдвигаться, как показано, и возможно применение любого числа других рассекающих элементов 16. В некоторых вариантах осуществления продолжающийся вперед рассекающий элемент 16 можно использовать в сочетании с продолжающимся вбок рассекающим элементом 16, как описано выше, для создания таких пересекающихся плоскостей фрагментации, чтобы два рассекающих элемента 16 могли рассеять хрусталик на 4 дискретных части. Кроме того, плоскости фрагментации могут находиться под множеством углов друг к другу, и рассекающие элементы 16 могут продолжаться вокруг хрусталика 8 с множества направлений, например, в виде комбинации из вариантов осуществления с выдвиганием вперед и выдвиганием вбок.

[00103] На фиг. 24 показан другой альтернативный вариант осуществления на виде сверху. В данном варианте осуществления один из рассекающих элементов 16 закреплен

к удерживающему мешку 70 вдоль по, по меньшей мере, участку его открытой длины. Удерживающий мешок 70 может быть изготовлен из тонкого полимерного материала, например, сложного полиэфира, полиэтилена высокой плотности, полиэтилена низкой плотности или любого другого подходящего пластика. В качестве альтернативы, удерживающий мешок может состоять из сетки типа мелкочаистой проволочной оплетки из нержавеющей стали, оплетки из никель-титанового сплава или любого другого подходящего материала. Удерживающий мешок 70 соединен с участком рассекающего элемента 16 и формирует полость, вследствие чего рассекающий элемент 16 может изменять свою конфигурацию между раскрытой и стянутой, что открывает и закрывает удерживающий мешок 70. В одном варианте осуществления рассекающий элемент 16 с удерживающим мешком 70 может быть приведен в стянутую форму и помещен в глаз 1 пациента через разрез 4. Удерживающий мешок 70 может быть скрыт в просвете 14 стрелы 12 во время введения в глаз 1 через разрез. Затем, рассекающий элемент 16 можно разместить около капсулорексиса 10 и ввести в капсульный мешок 6 вокруг хрусталика 8, как описано выше. В некоторых вариантах осуществления удерживающий мешок 70 может иметь предварительно заданную форму, например, как профиль хрусталика 8 или фрагмента хрусталика. Когда рассекающий элемент 16 обертывается вокруг хрусталика 8, удерживающий мешок 70 следует за рассекающим элементом 16, и хрусталик 8 входит в полость, сформированную удерживающим мешком 70. Рассекающий элемент 16 можно перемещать так, чтобы весь хрусталик 8 был захвачен в удерживающий мешок 70 со всех сторон хрусталика 8, в соответствии с некоторыми вариантами осуществления. Затем рассекающий элемент 16 изменяют до стянутой формы, которая закрывает удерживающий мешок 70 и охватывает хрусталик 8 оболочкой. Затем удерживающий мешок 70 вытаскивают из глаза 1 через разрез 4. Хрусталик 8 может складываться и сжиматься для прохода по длине разреза 4 роговицы, когда его извлекают. На извлекающий мешок 70 можно быть нанесено покрытие любым подходящим способом, чтобы повысить возможность его удаления из разреза 4, например, путем снижения коэффициента трения извлекающего мешка 70. В других вариантах осуществления можно использовать дополнительные инструменты или компоненты, чтобы дополнительно фрагментировать хрусталик 8, в зависимости от ригидности хрусталика 8. Например, как показано на фиг. 24, в капсульный мешок можно вводить несколько рассекающих элементов 16, чтобы фрагментировать хрусталик 8 внутри удерживающего мешка 70. Данные дополнительные рассекающие элементы 16 могут размещаться в то же время, когда размещают удерживающий мешок 70, или могут вводиться после того, как удерживающий мешок 70 извлек хрусталик 8 из капсульного мешка, но до того, как хрусталик 8 извлекли из глаза 1.

[00104] В других вариантах осуществления можно применить другие средства фрагментации после того, как хрусталик 8 помещается внутрь удерживающего мешка 70. Например, после того, как хрусталик 8 захвачен в удерживающий мешок 70, ультразвуковую энергию или факэмульсификацию можно применить внутри удерживающего мешка 70, чтобы фрагментировать хрусталик 8. Данный подход может включать в себя применение датчиков, выдвигающихся в удерживающий мешок 70 из дистального конца стрелы 12. В качестве альтернативы, можно применить механические инструменты, например, инструменты для удаления инородных тел, сверла или что-то подобное, чтобы достаточно фрагментировать хрусталик 8, так что его можно вытащить из глаза 1 через узкий разрез 4 роговицы.

[00105] В еще одних вариантах осуществления удерживающий мешок 70, описанный в настоящей заявке, можно применять как устройство для извлечения, используемое

после того, как хрусталик 8 фрагментирован, чтобы удалять фрагменты хрусталика из глаза 1. Например, устройство, показанное на фиг. 1, можно использовать для рассечения хрусталика 8 на любое число фрагментов. Один или более из фрагментов могут быть достаточно большими, так что их трудно извлечь через разрез роговицы с помощью нормальных инструментов. Удерживающий мешок 70 можно применять для захвата фрагментов хрусталика, находящихся внутри капсульного мешка или плавающих в передней камере, и вытаскивания их из разреза 4 роговицы. Кроме того, удерживающий мешок 70 может иметь выполненные в нем вырезы или отверстия, которые допускают прохождение жидкости или мелких объектов. Например, удерживающий мешок 70 может быть сеткой или оплеткой, которая позволяет внутриглазной жидкости или вязкоупругой жидкости проходить через отверстия, с удерживанием фрагмента хрусталика.

[00106] На фиг. 25-29 показан другой вариант осуществления хирургического устройства 80 для удаления фрагментов 8f хрусталика из глаза 1. Хирургическое устройство 80 включает в себя внешний поворотный элемент 82a и внутренний поворотный элемент 82b. Элементы 82a, 82b расположены концентрически вдоль центральной оси, которая может также задавать продольную ось стржня 12. Как показано на фиг. 25, хирургическое устройство 80 первоначально находится в первой конфигурации с профилем устройства, достаточно малым для того, чтобы устройство можно было ввести через стандартный разрез 4 роговицы, как показано на фиг. 1. Внешний поворотный элемент 82a и внутренний поворотный элемент 82b могут быть трубками, которые разрезаны по их длине, чтобы сформировать ленты 82, разделенные по окружности окнами 84. Внешний поворотный элемент 82a может иметь внешний диаметр, который выполнен с подходящим размером, чтобы иметь возможность вставки в разрез роговицы, в идеале, внешний диаметр имеет размер от 0,015 дюйма (0,38 мм) до 0,060 дюйма (1,52 мм), хотя можно рассмотреть возможность любого внешнего диаметра, в зависимости от намеченной длины разреза. Внутренний поворотный элемент 82b может иметь внешний диаметр, который выполнен в размер с возможностью концентрической установки внутри внутреннего диаметра внешнего поворотного элемента 82a. Трубки внешнего поворотного элемента 82a и внутреннего поворотного элемента 82b могут быть вырезаны лазером, механическим методом, химического травления, сварены или изготовлены любым подходящим способом, чтобы сформировать ленты 82 и окна 84. Ленты 82 могут быть выполнены в размер для получения любой подходящей ширины, которая не рассекает хрусталик 8f, когда прилагают усилие для стягивания элементов 82a, 82b, как описано ниже. Ширина лент 82 может быть в диапазоне от 0,004 дюйма (0,10 мм) до 0,050 дюйма (1,27 мм), однако ленты 82 могут иметь ширину за пределами приведенного диапазона.

[00107] Внешний поворотный элемент 82a и внутренний поворотный элемент 82b могут быть стянуты во вторую конфигурацию захвата, например, проталкиванием дистального наконечника хирургического устройства 80 вперед с помощью отдельного компонента типа стержня-толкателя или посредством удерживания внешнего поворотного элемента 82a с помощью дополнительной внешней трубки, которая служит кожухом для хирургического устройства 80 во время введения в глаз. В качестве альтернативы, хирургическое устройство 80 является достаточно гибким, чтобы стягивающий элемент не требовался, и хирургическое устройство 80 изгибалось, когда его вводят через разрез 4 роговицы. Дистальный наконечник 86 может иметь соединение с дистальным концом каждого из внешнего поворотного элемента 82a и внутреннего поворотного элемента 82b и обеспечивает плавное введение в разрез роговицы и

притупленную поверхность для контакта со структурами глаза. Дистальный наконечник 86 может состоять из мягкого полимера, например, полиэфирблокамида РЕВАХ®, полиуретана, термопластичного эластомера или подобного материала. В качестве альтернативы, дистальный наконечник 86 может состоять из такого жесткого материала, как металл типа нержавеющей стали или титана, или биосовместимого неметаллического вещества. В качестве альтернативы, дистальный наконечник 86 может быть острым и допускать введение хирургического устройства 80 в глаз 1 без предварительного создания разреза 4, при этом острый дистальный наконечник 86 формирует разрез. Когда внешний поворотный элемент 82a и внутренний поворотный элемент 82b состоят из сверхупругого материала, переход из первой конфигурации во вторую конфигурацию может включать в себя фазовый переход материала.

[00108] В предпочтительном варианте ленты 82 выполнены с возможностью наличия предварительно заданной раскрытой формы, так что после того, как хирургическое устройство 80 помещается внутрь передней камеры глаза 1, оно раскрывается так, что элементы возвращаются в свою предварительно заданную форму. Это можно обеспечить с использованием материала с памятью формы, например, никель-титановый сплав в его сверхупругом состоянии, который принимает форму для возвращения к раскрытому профилю, показанному на фиг. 26, после того, как стягивающий элемент отделяют. В качестве альтернативы, никель-титановый сплав может возвращать каждую ленту 82 к раскрытой форме после того, как устройство вводят в глаз и дают время для нагревания до температуры тела, которая выше температуры фазового перехода никель-титанового сплава. В качестве альтернативы, с хирургическим устройством 80 можно соединить нагревательные элементы, чтобы нагревать хирургическое устройство 80 выше даже температуры фазового перехода после того, как хирургическое устройство 80 помещается в местоположение, в котором требуется раскрытая форма второй конфигурации. В других вариантах осуществления внешний поворотный элемент 82a и внутренний поворотный элемент 82b могут состоять из множества материалов. Например, можно применять упругие материалы, например, нержавеющую сталь, титан, пластик или подобный материал, при этом деформация меньше предельной деформации для упругого восстановления. В качестве альтернативы, участки или целиком ленты 82 могут состоять из нескольких материалов, которые могут дополнительно отличаться от участков поворотных элементов 82a, 82b. Например, ленты 82 могут быть изготовлены из никель-титанового сплава и закреплены к поворотным элементам, которые состоят из нержавеющей стали. В вариантах осуществления, показанных на фиг. 25-29, каждый из двух поворотных элементов 82a, 82b включает в себя две ленты 82. Однако, в конструкции каждого поворотного элемента 82a, 82b может содержаться любое другое подходящее число лент 82, и может быть обеспечено любое подходящее число поворотных элементов 82a, 82b. Например, устройство может включать в себя четыре поворотных элемента 82a, 82b, составленных концентрически, при этом каждый содержит только одну ленту 82. В данном варианте осуществления ленты 82 можно поворачивать так, чтобы все они группировались вместе, что дополнительно уменьшает профиль сечения устройства на разрезе 4 роговицы. В некоторых вариантах осуществления, предварительно заданная форма лент 82 является первоначальной конфигурацией, и ленты изгибаются наружу во вторую конфигурацию.

[00109] Как показано на фиг. 26, во второй конфигурации поворотные элементы 82a, 82b задают плоскость и охватывают центральную область, которая раскрыта для того, чтобы фрагменты хрусталика могли вмещаться и охватываться петлей устройства. На

фиг. 27 показано хирургическое устройство 80, перемещенное для охвата фрагмента 8f хрусталика. Как показано на фиг. 28, внутренний поворотный элемент 82a и внешний поворотный элемент 82b уже повернуты друг относительно друга на, приблизительно, 90 градусов. Хирургическое устройство 80 находится теперь в третьей, повернутой конфигурации. Для получения третьей конфигурации можно повернуть один или оба поворотных элемента 82a, 82b. Например, трубка 88, прикрепленная к проксимальному концу внешнего поворотного элемента 82b, и/или трубка 90, прикрепленная к проксимальному концу внутреннего поворотного элемента 82a, повернуты для поворота поворотных элементов 82a, 82b в третью конфигурацию. В других вариантах осуществления поворотные элементы 82a, 82b можно поворачивать на любой подходящий угол друг относительно друга. В третьей конфигурации внутренний поворотный элемент 82a и внешний поворотный элемент 82b почти соответствуют клетке, которая охватывает фрагмент 8f хрусталика.

[00110] Как показано на фиг. 29, ленты 82 перемещают для стягивания вокруг фрагмента 8f хрусталика. В некоторых вариантах осуществления может применяться стягивающий элемент, например, внешняя оболочка или стержень тянуще-толкающего типа, чтобы стягивать ленты 82. В других вариантах осуществления механизм или способ для развертывания лент во вторую конфигурацию является обратимым. Например, в случае, если ленты 82 являются сверхупругими, ленты 82 можно охлаждать или можно механически поджимать через фазовый переход до их первоначальной формы. В других вариантах осуществления поворотные элементы 82a, 82b стягиваются, когда их вытаскивают через разрез 4 роговицы. Разрез 4 сдавливает и сжимает ленты 82 и хрусталик 8 таким образом, что ленты 82 и хрусталик 8 согласуются с размером разреза 4, когда их вытаскивают. Кроме того, в конструкцию можно включать другие компоненты и механизмы для содействия удалению фрагмента 8f хрусталика из глаза 1. Например, с хирургическим устройством 80 можно объединять или применять пружины сжатия, пневматические механизмы, электроприводные механизмы и тому подобное, чтобы вытаскивать фрагменты хрусталика 8f из глаза 1. В некоторых вариантах осуществления ленты 82 могут врезаться во фрагмент 8f хрусталика или дополнительно фрагментировать хрусталик.

[00111] В некоторых вариантах осуществления ленты 82 могут включать в себя извлекающие мешки или соединяться с ними, как описано выше. Мешок может присутствовать между двумя или более лентами 82 на одном или более из поворотных элементов 82a, 82b. В раскрытой конфигурации фрагмент 8f хрусталика можно аналогичным образом поместить в центральной области внутреннего поворотного элемента 82a и внешнего поворотного элемента 82b. Когда внутренний поворотный элемент 82a и внешний поворотный элемент 82b перемещаются в третью конфигурацию, мешок перемещается сходным и захватывает фрагмент хрусталика.

[00112] В других вариантах осуществления устройство, показанное на фиг. 25-29, может быть конструктивно выполнено любым другим подходящим способом. Например, поворотные элементы 82a, 82b могут и не соединяться на их дистальном конце и, напротив, могут формировать открытую клетку. В некоторых вариантах осуществления поворотные элементы 82a, 82b могут и не быть выставленными концентрически или могут состоять из нетрубчатых конструкций, например, из проволок или линеек, или подобных конструкций.

[00113] На фиг. 30A и 30B показан альтернативный вариант осуществления. Вместо однопросветного стержня 12, двухпросветный стержень содержит первую подводящую трубку 12a и вторую подводящую трубку 12b. Каждая имеет просвет через всю трубку,

и рассекающий элемент 16 продолжается через свободный конец каждой подводящей трубки 12a, 12b и формирует замкнутую петлю или форму. Рассекающий элемент 16 может иметь такие же характеристики, которые описаны выше применительно к любому из вариантов осуществления. Вторая подводящая трубка 12b отогнута назад в проксимальном направлении (вправо, как показано на фиг. 30), так что проксимальный сегмент рассекающего элемента 16 может поворачиваться вокруг проксимального конца хрусталика 8 при использовании. Свободные концы двух подводящих трубок 12a, 12b могут отстоять один от другого на расстояние, которое меньше диаметра капсулорексиса 10. Следовательно, подводящие трубки 12a, 12b могут подводить гибкий рассекающий элемент 16 к хрусталику и обеспечивать, чтобы данный рассекающий элемент 16 поворачивался относительно хрусталика 8 и охватывал, по меньшей мере, часть хрусталика, как описано выше. Применение простого гибкого рассекающего элемента 16 вместо сверхупругого рассекающего элемента 16 может упростить конструкцию устройства. Одной или обеим подводящим трубкам 12a, 12b можно придать такую же форму, как, по меньшей мере, части отличающегося варианта осуществления рассекающего элемента 16, показанного на фиг. 1; например, вторая подводящая трубка 12b может включать в себя изгиб 24 малого радиуса, который создается самим рассекающим элементом 16 в варианте осуществления на фиг. 1. Как описано выше, рассекающий элемент 16 может быть разворачиваемым из менее раскрытой первоначальной формы до более раскрытой формы захвата. Например, в качестве первоначальной формы, рассекающий элемент 16 может продолжаться, по меньшей мере, линейно между концами подводящих трубок 12a, 12b, после чего дополнительный участок рассекающего элемента 16 может выталкиваться из конца одной или обеих подводящих трубок 12a, 12b, чтобы формировать изогнутую форму захвата, показанную на фиг. 30. Вариант осуществления, показанный на фиг. 30A, применяется, по существу, так, как описано выше.

[00114] Как показано на фиг. 30B, первая внутренняя трубка 180A расположена в одном из просветов, и вторая внутренняя трубка 180B расположена в другом просвете. Первую и вторую внутренние трубки 180A, 180B может использовать любым способом, описанным в связи с внутренними трубками, описанным в настоящей заявке. Первую и вторую внутренние трубки 180A, 180B можно выдвигать из обоих концов элемента 16, чтобы придавать форму элементу 16, перемещать элемент 16 по окружности или использовать любым другим способом, описанным в настоящей заявке. Первая и вторая трубки 180A, 180B полезны тем, что их можно использовать для того, чтобы, по существу, придавать форму элементу 16 таким образом, чтобы 16 мог быть очень гибким и ступенчато выдвигался с помощью внутренних трубок 180A, 180B, как описано ниже.

[00115] В любом из вышеописанных вариантов осуществления, в некоторые элементы устройства 40, 80, например, просвет 14 стержня 12 или внутренний поворотный элемент 82a, могут быть встроены средства вакуумного всасывания. Вакуумное всасывание можно использовать для аспирации мелких фрагментов хрусталика или для фиксации фрагмента хрусталика на месте во время перемещения.

[00116] На фиг. 31-33 показано другое устройство 140 для рассечения/сегментации хрусталика. Устройство 140 содержит режущий или рассекающий элемент 116, который можно использовать любым способом, описанным в настоящей заявке. Кроме того, все устройства, описанные в настоящей заявке, можно использовать любым способом, описанным в настоящей заявке, и все такие способы явным образом включены для каждого устройства. Элемент 116 является перемещаемым из первой конфигурации,

показанной на фиг. 33, во вторую конфигурацию, показанную на фиг. 31. Элемент 116 имеет первое плечо 118 и второе плечо 120. Первое плечо 118 может продолжаться через просвет 114 в стержне 112, как показано на фиг. 33-36. Просвет 114 имеет выходное отверстие 115 на дистальном конце 123, при этом просвет 114 задает продольную осевую

5 линию LC на выходном отверстии 115, которая определяет также общую ориентацию элемента 16, когда он выходит из просвета 114. Стержень 112 может также иметь второй просвет (смотри фиг. 30), в котором второе плечо 120 располагается так, что оба конца элемента 116 можно сдвигать относительно стержня 112 и допускают управление ими, как поясняется в настоящей заявке. В качестве альтернативы, второе плечо 120 может

10 иметь такое соединение со стержнем 112, что только первое плечо 118 можно передвигать относительно стержня 112.

[00117] Устройство 140 формирует замкнутую петлю 121, которая увеличивается в размере, когда элемент 116 переходит из первой конфигурации во вторую конфигурацию. Как описано в настоящей заявке, элемент 116 продвигается между передней

15 поверхностью хрусталика и капсульным мешком, когда элемент 116 перемещается из первой конфигурации во вторую конфигурацию. Замкнутая петля 121 формирует раскрытую область 146, определяемую ориентацией, которая максимально увеличивает раскрытую область 146 замкнутой петли 121. После того, как устройство 140 оказывается во второй конфигурации, устройством 140 управляют для перемещения

20 раскрытой области 146 вокруг хрусталика в требуемое местоположение для рассечения хрусталика. Первый, внутренний периметр рассекающего элемента, ограничивающий раскрытую область, больше, чем второй периметр сечения участка хрусталика, подлежащего рассечению, когда рассекающий элемент находится во второй, развернутой конфигурации. Устройство 140 можно также применять для отделения задней

25 поверхности хрусталика от капсульного мешка посредством элемента 116, как описано выше. Элемент 116 можно перемещать любым подходящим образом, например, поворотом элемента 116 и/или стержня 112. Замкнутая петля 121 может иметь фиксированный размер, при перемещении, например, во время разделения. Замкнутая петля 121 увеличивается в размере, когда элемент 116 перемещается во вторую

30 конфигурацию, с провижением замкнутой петли 121 между хрусталиком и капсульным мешком вследствие увеличения размера замкнутой петли 121 и упругих свойств замкнутой петли 121. Жесткость замкнутой петли 121 требует оптимального соотношения между мягкостью и податливостью элемента 116, обеспечивающими уменьшение и предотвращение травм капсульного мешка, и, при этом, достаточной жесткостью,

35 необходимой для продвижения через пространство между капсульным мешком и передней поверхностью хрусталика, когда замкнутая петля 121 разворачивается. Традиционные петли, изготовленные из тонких волокон не способны продвигаться упомянутым образом, так как волокна не могут оказывать направленное наружу усилие, достаточное для продвижения между хрусталиком и капсульным мешком.

40 Жесткая петля, с другой стороны, может быть в состоянии продвигаться между хрусталиком и капсульным мешком, однако, излишне жесткая петля повышает вероятность повреждения капсульного мешка.

[00118] Длина элемента 116, которая продолжается от стержня 112, увеличивается, когда элемент 116 переходит во вторую конфигурацию. В одном аспекте изобретения

45 первое плечо 118 может продолжаться от просвета стержня 112 на первую длину, которая равна, по меньшей мере, 85% или, по меньшей мере, 95% от суммарного увеличения длины, когда элемент 116 перемещается из первой конфигурации во вторую конфигурацию. Разумеется, когда второе плечо 120 не является подвижным

относительно стержня 112, первое плечо 118 создает все увеличение длины.

[00119] Когда элемент 116 находится в первой конфигурации, показанной на фиг. 33, часть элемента 116 может располагаться между капсульным мешком и передней поверхностью хрусталика (капсульный мешок показан преувеличенным для ясности) перед перемещением элемента 116 из первой конфигурации во вторую конфигурацию. Например, часть или целиком замкнутая петля 121, показанная на фиг. 34, может быть расположена или заправлена между капсульным мешком и хрусталиком перед перемещением элемента 116 во вторую конфигурацию. Элемент 116 можно расположить в глазу в положении выше/впереди относительно хрусталика любым подходящим образом. Например, элемент 116 может быть полностью заключен в стержне 112 и выдвинут из стержня 112 в первую конфигурацию, показанную на фиг. 34, после введения в глаз. В качестве альтернативы, элемент 116 может находиться в первой конфигурации, когда его вводят в глаз и устанавливают над хрусталиком в первой конфигурации. Элемент 116 можно выдвигать через другую канюлю или трубку для удерживания элемента во время введения в глаз. Устройство 140 можно вводить в глаз с использованием любого подходящего метода доступа.

[00120] Элемент 116 может формировать промежуточное положение перед достижением второй конфигурации, как показано на фиг. 35. Устройство 140 формирует промежуточную замкнутую петлю 130 в промежуточном положении. Промежуточная замкнутая петля 130 имеет область 1А, ограниченную в данном случае значением 30% от раскрытой области 146 во второй конфигурации. Промежуточное положение может, в качестве альтернативы, образоваться, когда максимальный размер в поперечнике замкнутой петли 121 приближается к или равен 5 мм.

[00121] Промежуточное положение представляет промежуточное состояние, в котором замкнутая петля 121 достигла или почти достигла размера хрусталика. В соответствии с настоящим изобретением, элемент 116 продолжается от просвета 114 таким образом, который имеет тенденцию разворачивать элемент 116 сверху хрусталика, в противоположность проталкиванию замкнутой петли 121 к капсульному мешку. Промежуточная область 1А, сформированная раскрытой областью 146, имеет геометрический центр GC. Продольная осевая линия LC формирует угол А с линией L, продолжающейся между выходным отверстием 115 и геометрическим центром GC, по меньшей мере, 60 градусов или, по меньшей мере, 80 градусов. При ориентировании элемента 116 и продольной осевой линии LC упомянутым образом во время нахождения в промежуточном положении, дальнейшее выдвижение элемента 116 из промежуточного положения имеет тенденцию разворачивать элемент 116 над хрусталиком, вместо перемещения промежуточной замкнутой петли 121 к капсулярной стенке, что могло бы происходить при небольшом угле. Иначе говоря, замкнутая петля 121 и элемент 116 разворачиваются над хрусталиком вместо выступания наружу по той причине, что второе плечо 120 смещается проксимально относительно дистального конца 123 стержня 112, когда элемент 116 перемещается в промежуточное положение, в то время, когда первое плечо 118 перемещается дистально. Иначе говоря, промежуточное положение имеет проксимальную область 1А, расположенную проксимально относительно дистального конца 123 стержня 112, которая составляет, по меньшей мере, 30% от промежуточной области 1А.

[00122] Как показано на фиг. 31, когда элемент 116 находится во второй конфигурации, элемент 116 может главным образом продолжаться на, по меньшей мере, 85% или полностью по одну сторону от продольной осевой линии LC, что аналогичным образом способствует разворачиванию замкнутой петли 121. Раскрытая область 146 во второй

конфигурации имеет проксимальный участок 143, расположенный проксимально относительно дистального конца 123 стрежня 112, и дистальный участок 145, расположенный дистально относительно дистального конца 123 стрежня 112. Положение дистального конца 123 стрежня 112 (не показанного) указано на фиг. 31 для ясности.

5 Проксимальный участок 143 имеет область, которая составляет, по меньшей мере, 10% от раскрытой области 146 во второй конфигурации. Иначе говоря, по меньшей мере, 10% длины L элемента 116 расположено проксимально относительно дистального конца 123 стрежня 112 во второй конфигурации, при измерении длины вдоль продольной осевой линии LC.

10 [00123] Элемент 116 может также содержать продвигающийся участок 150, который перемещается к окружности хрусталика, когда элемент 116 переходит из первой конфигурации во вторую конфигурацию. Продвигающийся участок 150 содержит секцию 152, которая согласованно переворачивается на заднюю сторону хрусталика. Продвигающийся участок 150 может иметь радиус кривизны во второй конфигурации, 15 который больше, например, на 20% или 40%, чем радиус кривизны окружности хрусталика. Увеличенный радиус кривизны вдоль продвигающегося участка 150 может способствовать предотвращению чрезмерного выступания элемента 116 в капсульный мешок, что может происходить с более изогнутой формой. Продвигающийся участок 150 может иметь переменный радиус кривизны, разумеется, в пределах объема 20 изобретения. В контексте настоящего описания следует считать, что прямолинейная секция имеет бесконечный радиус кривизны и поэтому больше, чем радиус хрусталика, в силу настоящего определения.

[00124] Секция 152 продвигающегося участка 150, которая переворачивается относительно окружности, перемещается в положение между задней поверхностью 25 хрусталика и капсульным мешком, вместо выдвижения наружу после перемещения по окружности. Секция может переворачиваться относительно окружности хрусталика вследствие простого перемещения элемента 116 во вторую конфигурацию, без потребности в дополнительной манипуляции элементом 116 (например, поворота элемента 116 и/или стрежня 112). В качестве альтернативы, устройством 140 можно 30 манипулировать, чтобы перевернуть секцию 152 на заднюю сторону хрусталика во время или после перемещения элемента 116 во вторую конфигурацию.

[00125] Секция 152 может иметь критическую длину, которая переворачивается на заднюю сторону хрусталика. В одном аспекте секция 152 переворачивается на заднюю сторону, при критической длине, равной, по меньшей мере, 2 мм или, по меньшей мере, 35 4 мм, когда окружность хрусталика имеет радиус 5 мм. Секция 152 продвигающегося участка 150, которая переворачивается на заднюю сторону хрусталика, формирует угол, по меньшей мере, 20 градусов или, по меньшей мере, 45 градусов с осью 154 хрусталика. Продвигающийся участок 150 может также иметь длину, по меньшей мере, 6 мм.

40 [00126] Продвигающийся участок 150 образует также огибающую линию 156 во второй конфигурации, которая ограничивает элемент 116 таким образом, что никакие части элемента 116 не продолжаются за огибающую линию 156. Огибающая линия 156 образуется симметричным продолжением продвигающегося участка 150 до угла 180 градусов. Элемент 116 может располагаться целиком внутри огибающей линии 156 во 45 второй конфигурации. Продвигающийся участок 150 может быть первой частью элемента 116, достигающей окружности хрусталика, при наблюдении вдоль оси 154 хрусталика. Раскрытая область 146 во второй конфигурации может иметь ширину в направлении, поперечном продольной осевой линии, которая составляет не больше,

чем 0,7 радиуса кривизны продвигающегося участка 150. Продвигающийся участок 150 может также иметь длину, которая составляет, по меньшей мере, 25% от длины L элемента 116 во второй конфигурации (смотри фиг. 31). Продвигающийся участок 150 может также располагаться на заднем участке 160 элемента 116, когда хрусталик находится в раскрытой области 146 перед рассечением хрусталика. Задний участок 160 имеет заднюю длину PL, и продвигающийся участок 150 имеет длину, которая составляет, по меньшей мере, 70% от задней длины PL.

[00127] Устройство 140 подробно описано далее со ссылкой на фиг. 31 и 32. Задний участок 160 элемента 116 включает себя, приблизительно, половину проксимального изгиба 162 и, приблизительно, половину дистального изгиба 164. Проксимальный изгиб 162 и дистальный изгиб 164 располагаются вблизи окружности хрусталика, и каждый изгиб 162, 164 охватывает переднюю и заднюю стороны хрусталика. Передний участок 166 элемента 116 содержит прямолинейный сегмент 168, продолжающийся от просвета 114 стрержня 112 и ведущий к дистальному закруглению 170. Дистальное закругление 170 имеет радиус кривизны 0,2143 дюйма (5,443 мм), радиус проксимального изгиба равен 0,0394 дюйма (1,001 мм), радиус дистального изгиба равен 0,0689 дюйма (1,75 мм), радиус продвигающегося участка 150 равен 0,3176 дюйма (8,067 мм), и радиус крутого изгиба 172 равен 0,0059 дюйма (0,15 мм). Изгиб 172 малого радиуса может иметь любые из характерных особенностей, описанных в настоящей заявке для изгиба малого радиуса, например, угол, составляющий, по меньшей мере, 120 градусов. Как показано на фиг. 32, дистальное закругление 170 и проксимальное закругление 174 являются согнутыми с радиусом 0,414 дюйма (10,5 мм) дистального закругления и радиусом 0,186 дюйма (4,72 мм) проксимального закругления. Элемент 116 может быть нитиноловой проволокой с формой, установленной, как описано выше, хотя можно использовать другие поперечные сечения и формы, в пределах многочисленных аспектов изобретения. Проволока может иметь диаметр от 0,004 дюйма (0,102 мм) до 0,008 дюйма (0,104 мм), хотя можно использовать другие размеры, и размер и поперечное сечение могут изменяться в пределах объема изобретения. Элемент 116 имеет вогнутую форму, как показано на фиг. 32, которая обращена к выпуклой передней поверхности хрусталика, чтобы способствовать плавному продвижению элемента 116 между выпуклой передней поверхностью хрусталика и капсульным мешком.

[00128] Устройство 140 и другие устройства, описанные в настоящей заявке, могут быть выполнены с возможностью мягкого продвижения между хрусталиком и капсульным мешком благодаря, главным образом, упругому разворачиванию замкнутой петли. С этой целью, замкнутая петля, находящаяся в сложенном состоянии, меньше, чем свободная форма замкнутой петли, когда элемент выдвинут. Замкнутая петля разворачивается в свободную форму по мере того, как все большая часть элемента выдвигается из стержня, что естественным образом продвигает петлю между капсульным мешком и хрусталиком. Свободная форма замкнутой петли больше, чем промежуточная форма, и может иметь форму замкнутой петли, образованную, когда элемент находится во второй конфигурации. Разумеется, свободная форма может быть меньше или больше, чем вторая конфигурация, в пределах многочисленных аспектов изобретения. Иначе говоря, замкнутая петля, формируемая устройством, продвигается между капсульным мешком и хрусталиком вследствие естественного разворачивания замкнутой петли. Длина элемента, продолжающегося от просвета, увеличивается для увеличения размера замкнутой петли.

[00129] На фиг. 40 показано устройство 140 со стержнем 112, имеющим внутреннюю трубку 180. Внутренняя трубка 180 расположена в просвете 114 и является сдвигаемой

внутри просвета 114 и перемещаемой в выдвинутое положение, в котором внутренняя трубка 180 продолжается из выходного отверстия 115 просвета 114. Внутренняя трубка 180 имеет просвет 182 трубки и выходное отверстие 184 трубки, через которое продолжается элемент 116. Данная внутренняя трубка 180 может быть выполнена с
 5 возможностью совместной работы с другими вариантами осуществления, описанными в настоящей заявке, например, показанным на фиг. 30. В частности, если внутренняя трубка 180 может сдвигаться внутри трубки 12а, то проволоку 16 можно будет изготавливать из намного более мягкого материала, например, шовной нити или более тонкой металлической проволоки, и по-прежнему, обеспечивать описанный охват
 10 хрусталика.

[00130] Внутренняя трубка 180 может выдвигаться по элементу 116, чтобы изменять форму элемента 116 и замкнутой петли 121, как показано на фиг. 40. Например, внутренняя трубка 180 может иметь форму, которая отгибается назад по мере того, как внутренняя трубка 180 выдвигается из просвета. Внутренняя трубка 180 может
 15 изменять форму элемента 116, чтобы переворачивать секцию 160 (смотри фиг. 38) относительно окружности, как описано выше. Фиг. 40 показывает небольшое разделение 161 между элементом 116 и хрусталиком, которое позволит секции 160 замкнутой петли 121 (и, в частности, продвигающемуся участку) переместится на заднюю сторону хрусталика, как показано на фиг. 38. По существу, внутреннюю трубку 180 можно
 20 выдвигать по элементу 116, чтобы перемещать секцию замкнутой петли 121 на заднюю сторону хрусталика. Внутреннюю трубку 180 можно выдвигать ступенчато и можно координировать со ступенчатым выдвижением элемента 116 и разворачиванием замкнутой петли 121. Например, можно выдвинуть элемент 116 для разворачивания замкнутой петли 121, при этом внутренняя трубка 180 выдвигается в два этапа; один
 25 до и один после выдвижения элемента 116.

[00131] В другом способе применения внутренней трубки 180, элемент 116 можно выдвигать из стержня 112, чтобы увеличивать открытую длину и размер замкнутой петли 121, путем обратного сдвигания стержня 112 относительно внутренней трубки 180, так что замкнутая петля 121 разворачивается в проксимальном направлении. Все
 30 применимые аспекты изобретения, например, такие, которые относятся к поддержке разворачивания замкнутой петли 121 над хрусталиком, равным образом применимы в данном случае, как упоминалось выше. Элемент 116 имеет первый конец, продолжающийся из выходного отверстия внутренней трубки 180, и второй конец, прикрепленный к стержню 112. Внутренняя трубка 180 может также помогать
 35 перемещению элемента 116 таким образом, что хрусталик перемещается через замкнутую петлю 121. Иначе говоря, элемент 116 перемещается так, что замкнутая петля 121 обходит участок передней поверхности и задней поверхности хрусталика. Например, элемент 116 может поворачиваться для отделения задней поверхности хрусталика от капсульного мешка в положении, показанном на фиг. 39. Когда стержень 112 включает
 40 в себя внутреннюю трубку 180, в контексте настоящего описания, выходное отверстие стержня 112 и продольная осевая линия LC стержня 112 должны задаваться более дистальным выходным отверстием 115 просвета и выходным отверстием 184 внутренней трубки, поскольку элемент 116 свободен от удерживания, когда выходит из крайнего дистального выходного отверстия. Иначе говоря, выходное отверстие 184 внутренней
 45 трубки приравнивается к выходному отверстию стержня 112 и задает продольную осевую линию LC, когда внутренняя трубка 180 продолжается от просвета 114 стержня 112.

[00132] На фиг. 41-47 показано другое устройство 200 для рассечения хрусталика

внутри капсульного мешка. Устройство 200 содержит элемент 116А, имеющий дистальный конец 202, который может быть свободным концом. Элемент 116А продолжают вокруг хрусталика, и некоторое место на элементе 116, например, дистальный конец 202, захватывают, как показано на фиг. 47. Затем элемент 116А
 5 натягивают так, что хрусталик располагается в петле 121А, которая уменьшается в размере для рассечения хрусталика. Элемент 116А имеет соединительный элемент, который зацепляют, чтобы приложить усилие натяжения к элементу 116А. Соединительный элемент может быть любым подходящим соединительным элементом, например, ушком 208, который можно зацепить крючком 210. Можно применять любой
 10 другой подходящий элемент зацепления, например, щипцы или петлю. Кроме того, элемент зацепления может быть соединен со стержнем или независим от стержня. Элемент 116А можно также захватывать прорезью или лапкой на стержне 112 или внутренней трубке 180. Натяжение к элементу 116А можно прикладывать любым подходящим методом, в том числе, посредством натягивания одного или обоих концов
 15 элемента 116А или подтягиванием стержня 112, внутренней трубки 180 или любой другой подходящей конструкции по элементу 116А (при удерживании элемента 116А в неподвижном положении), или любым комбинированием этих методов.

[00133] Элемент 116А расположен в стержне 112, который может также содержать внутреннюю трубку 180. Фиг. 41 и 42 изображают стержень 112, расположенный вблизи
 20 хрусталика внутри капсульного мешка, с элементом 116А и внутренней трубкой 180, выдвинутыми из выходного отверстия 115 в просвете 114. Элемент 116А можно выдвигать для прохода между капсульным мешком и хрусталиком, и без внутренней трубки 180, в пределах объема изобретения. Фиг. 43-45 изображают как внутреннюю трубку 180, так и элемент 116А продвигаемыми с передней стороны к задней стороне
 25 хрусталика.

[00134] Элемент 116А может иметь предварительно заданную форму, при этом элемент 116А находится в сложенном состоянии в просвете 114 и разворачивается до предварительно заданной формы, когда элемент 116А продолжается из стержня 112. Внутреннюю трубку 180 можно продвигать по элементу 116А, чтобы изменять форму
 30 элемента 116А. Например, внутренняя трубка 180 может иметь форму, которая изгибается назад, когда внутренняя трубка 180 выдвигается из просвета 114. Внутреннюю трубку 180 можно также выдвигать вдоль окружности хрусталика и назад за хрусталик.

[00135] Внутреннюю трубку 180 можно выдвигать по элементу 116А, чтобы
 35 переместить элемент 116А на заднюю сторону хрусталика. Внутреннюю трубку 180 и элемент 116А можно также выдвигать в несколько этапов. Например, элемент 116А можно выдвинуть раньше трубки, затем можно выдвинуть трубку по элементу 116А, после чего можно дополнительно выдвинуть элемент 116А.

[00136] Внутренняя трубка 180 имеет разворачиваемую форму, которая изгибается
 40 назад, как показано на фиг. 44-47. Внутренняя трубка 180 удерживается стержнем в сложенной форме и разворачивается до изогнутой, развернутой формы, при выдвигении из стержня. Элемент 116А может перемещаться для отделения задней поверхности хрусталика от капсульного мешка, как описано выше.

[00137] Этап натяжения можно выполнять с петлей 121А, сформированной перед
 45 началом этапа натяжения, как показано на фиг. 46. В качестве альтернативы, петлю 121А можно формировать после натяжения элемента 116А, если ушко элемента 116А зацепляют до того, как петля 121А полностью сформирована. Когда прикладывают натяжение, петля 121А формируется следом за уменьшением размера петли 121А, чтобы

рассечь хрусталик. Петля 121А может формироваться, главным образом, элементом (чтобы оптимизировать рассечение) посредством отведения внутренней трубки 180 перед натяжением элемента 116А. Петля 121А может также формироваться элементом 116А и стержнем 112. Элемент 116А, разумеется, продолжается по петле 121А, даже при расположении в стержне 112.

[00138] На фиг. 48-53 показано другое устройство 220 для рассечения хрусталика внутри капсульного мешка. Устройство 220 содержит элемент 116В, который продолжается дистально от стержня 112. Элемент 116В имеет первое плечо 222 и второе плечо 224, которые выдвигаются одновременно. Устройство 220 формирует замкнутую петлю 226, которая изменяет ориентацию на, по меньшей мере, 60 градусов или, по меньшей мере, 75 градусов, когда элемент 116В перемещается из первой конфигурации, показанной на фиг. 48, во вторую конфигурацию, показанную на фиг. 52. Ориентация замкнутой петли 226 изменяется вокруг оси, которая перпендикулярна продольной осевой линии LC стрижня, при наблюдении вдоль оси 154 хрусталика. Замкнутая петля 226 может содержать продвигающийся участок 230, имеющий радиус кривизны, по меньшей мере, 6 мм, при этом продвигающийся участок 230 является крайней дистальной частью петли 226 и продолжается на угол, по меньшей мере, 45 градусов, когда элемент 116В находится во второй конфигурации. Ориентация замкнутой петли 226 изменяется без необходимости изменения ориентации стрижня 112. Данное поведение может поддерживать предварительно заданными формами в элементе 116В. В некоторых вариантах осуществления размер элемента 116В может изменяться по его длине, и, например, утолщенные участки могут присутствовать на проксимальном основании, где происходит изменение ориентации, что может обеспечивать большее усилие для достижения второй конфигурации. Кроме того, изменение может поддерживаться внутренними трубками, которые могут или нет выдвигаться из просвета стрижня 112. Фиг. 53 представляет внутренние трубки 180, продолжающиеся по первому плечу 222 и второму плечу 224 элемента 116В. Внутренние трубки 180 можно использовать любым образом, например, для придания формы элементу 116В или перемещения элемента 116В вдоль окружности хрусталика. Кроме того, внутренние трубки 180 могут способствовать изменению ориентации замкнутой петли 226 таким образом, который описан в настоящей заявке.

[00139] Элемент 116В выдвигается из стержня 112 на некоторую длину, при перемещении из первой конфигурации во вторую конфигурацию. Длина может разделяться на первую половину и вторую половину, выдвигаемые в течение первой половины и второй половины выдвижения, соответственно. Элемент 116В имеет такую форму, что ориентация в продолжение второй половины длины изменяется, по меньшей мере, вдвое больше, чем первой половины длины. Иначе говоря, по меньшей мере, 40% изменения ориентации происходит в продолжение конечных 20% длины, продолжающейся от стержня. Замкнутая петля 226 является полностью дистальной относительно выходного отверстия 115 просвета 114, когда элемент находится во второй конфигурации. Элемент 116В можно натягивать, чтобы рассечь хрусталик после того, как достигает положения, показанного на фиг. 52. Элемент 116В можно использовать в комбинации с другим устройством, например, устройством 140, чтобы производить пересекающиеся рассечения, как упоминалось выше.

[00140] Хотя варианты осуществления различных способов и устройств подробно описаны в настоящей заявке со ссылкой на некоторые модификации, следует понимать, что возможны также другие модификации, варианты осуществления, способы применения и их комбинации. Поэтому существо и объем изобретения не должны

ограничиваться описанием вариантов осуществления, включенных в настоящую заявку. Кроме того, хотя различные варианты осуществления и описание могут указывать некоторые анатомические местоположения, типы или хирургические процедуры, следует понимать, что данные варианты осуществления применимы в другим местоположениям, типам и хирургическим процедурам.

(57) Формула изобретения

1. Устройство для рассечения хрусталика внутри капсульного мешка глаза, содержащее:

стержень, содержащий просвет и дистальный участок; рассекающий элемент, формируемый в первую, отведенную конфигурацию с, по меньшей мере, участком упомянутого рассекающего элемента, расположенным внутри, по меньшей мере, одного просвета, при этом и первая, отведенная конфигурация рассекающего элемента и дистальный участок стержня имеют размер для введения в переднюю камеру глаза через разрез,

причем упомянутый рассекающий элемент выполнен с возможностью перемещения, после введения рассекающего элемента в переднюю камеру, из первой, отведенной конфигурации к второй, развернутой конфигурации по мере того, как участок рассекающего элемента выдвигают из, по меньшей мере, одного просвета, причем вторая, развернутая конфигурация содержит предварительно установленную форму и раскрытую область,

причем вторая, развернутая конфигурация рассекающего элемента имеет размер и форму для допуска продвижения рассекающего элемента между капсульным мешком и передней поверхностью хрусталика и дальнейшего продвижения рассекающего элемента между капсульным мешком и задней поверхностью хрусталика, чтобы захватить участок хрусталика внутри раскрытой области; и

исполнительный элемент, функционально связанный с рассекающим элементом, для перемещения рассекающего элемента из первой, отведенной конфигурации к второй, развернутой конфигурации и для натяжения рассекающего элемента, чтобы уменьшить размер раскрытой области и рассечь хрусталик.

2. Устройство по п. 1, в котором перемещение рассекающего элемента из первой, отведенной конфигурации к второй, развернутой конфигурации вынуждает первое плечо рассекающего элемента продвигаться дистально относительно дистального конца стержня и вынуждает второе плечо рассекающего элемента перемещаться проксимально относительно дистального конца стержня и внешне по отношению к просвету.

3. Устройство по п. 1, в котором предварительно установленная форма второй, развернутой конфигурации содержит малый внешний радиус кривизны, так что, по меньшей мере, участок рассекающего элемента продолжается внешне относительно просвета и проксимально относительно дистального участка стержня.

4. Устройство по п. 1, в котором рассекающий элемент дополнительно содержит концевой участок, причем весь рассекающий элемент, кроме концевого участка, расположен внутри просвета, при рассекающем элементе в первой, отведенной конфигурации.

5. Устройство по п. 1, в котором, во второй, развернутой конфигурации, большая часть рассекающего элемента, расположенная снаружи просвета, расположена с одной стороны от продольной оси дистального участка стержня.

6. Устройство по п. 1, в котором рассекающий элемент претерпевает изменение

формы к предварительно установленной форме во время перемещения рассекающего элемента из первой, отведенной конфигурации к второй, развернутой конфигурации в результате выдвижения рассекающего элемента из просвета.

7. Устройство по п. 1, в котором рассекающий элемент содержит нитиноловую проволоку.

8. Устройство по п. 1, в котором предварительно установленная форма сходна с замкнутой, плоской петлей.

9. Устройство по п. 1, в котором предварительно установленная форма сходна с замкнутой, неплоской петлей.

10. Устройство по п. 2, в котором как первое, так и второе плечи рассекающего элемента выдвигаются из просвета, когда рассекающий элемент находится во второй, развернутой конфигурации.

11. Устройство по п. 2, в котором с рассекающим элементом во второй, развернутой конфигурации второе плечо рассекающего элемента изгибается обратно на более чем 120 градусов относительно продольной оси дистального участка стержня.

12. Устройство по п. 1, в котором исполнительный элемент содержит, по меньшей мере, одно из ползунка, кнопки и пружины.

13. Устройство по п. 1, в котором исполнительный элемент содержит ползунок, функционально связанный с пружиной.

14. Устройство по п. 1, в котором предварительно установленная форма является свободной.

15. Устройство по п. 1, в котором предварительно установленная форма является сходной по размеру и форме с размерами и формой сечения хрусталика, при этом сечение хрусталика параллельно коронарной плоскости, продолжающейся от передней поверхности хрусталика к задней поверхности хрусталика.

16. Устройство по п. 1, в котором первый, внутренний периметр рассекающего элемента, ограничивающий раскрытую область, больше, чем второй периметр сечения участка хрусталика, подлежащего рассечению, когда рассекающий элемент находится во второй, развернутой конфигурации.

17. Устройство по п. 1, в котором раскрытая область рассекающего элемента во второй, развернутой конфигурации формирует петлю, имеющую диаметр больше, чем диаметр капсулорексиса в капсульном мешке.

18. Устройство по п. 1, в котором исполнительный элемент содержит ползунок, при этом перемещение ползунка вперед разворачивает рассекающий элемент к второй, развернутой конфигурации, и причем перемещение ползунка назад натягивает рассекающий элемент, с уменьшением размера раскрытой области.

19. Устройство по п. 1, в котором исполнительный элемент содержит пружину, выполненную с возможностью раздвижения и, тем самым, натяжения рассекающего элемента.

20. Устройство по п. 1, в котором рассекающий элемент выполнен с возможностью продвижения между капсульным мешком и передней поверхностью хрусталика по мере того, как рассекающий элемент перемещается к второй конфигурации.

21. Устройство по п. 1, в котором устройство содержит второй рассекающий элемент, способный разделять хрусталик на фрагменты.

22. Устройство по п. 21, в котором второй рассекающий элемент выполнен с возможностью разворачивания до второй предварительно установленной формы, имеющей вторую раскрытую область, при этом второй рассекающий элемент имеет размер и форму для допуска продвижения второго рассекающего элемента между

капсульным мешком и задней поверхностью хрусталика, чтобы захватить второй участок хрусталика внутри второй раскрытой области.

23. Устройство по п. 22, в котором упомянутый второй рассекающий элемент содержит первый участок, выполненный с возможностью продвижения дистально относительно дистального участка стержня, и второй участок, выполненный с возможностью перемещения проксимально относительно дистального участка стержня, чтобы разворачивать второй рассекающий элемент до второй предварительно установленной формы.

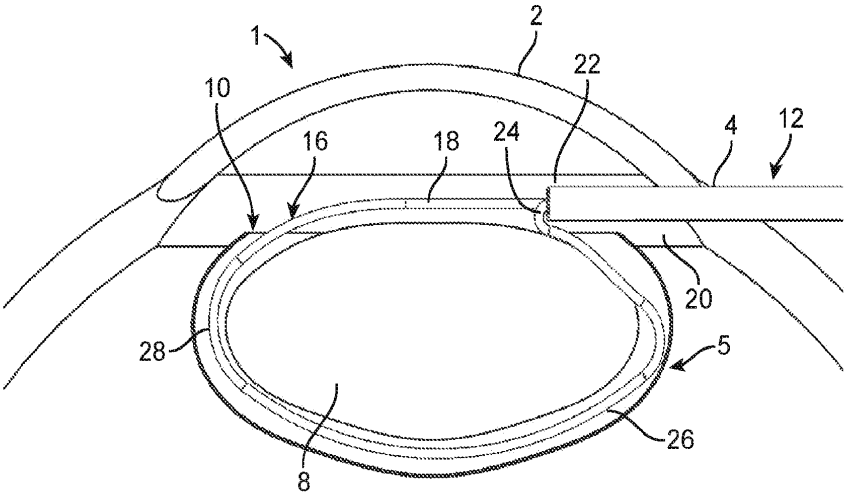
24. Устройство по п. 22, в котором второй рассекающий элемент разворачивается до второй предварительно установленной формы, имеющей вторую раскрытую область, по мере того, как рассекающий элемент разворачивается из первой, отведенной конфигурации к второй, развернутой конфигурации.

25. Устройство по п. 22, в котором второй рассекающий элемент способен продвигаться между капсульным мешком и задней поверхностью хрусталика, чтобы захватывать второй участок хрусталика внутри второй раскрытой области, по мере того, как рассекающий элемент продвигается между капсульным мешком и задней поверхностью хрусталика, чтобы захватывать первый участок хрусталика внутри раскрытой области.

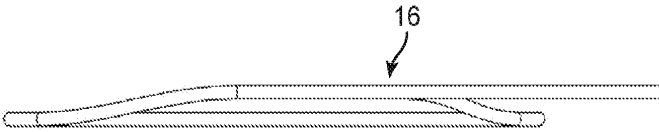
26. Устройство по п. 22, в котором исполнительный элемент функционально связан со вторым рассекающим элементом и способен натягивать как рассекающий элемент, так и второй рассекающий элемент, чтобы рассекал хрусталик.

1

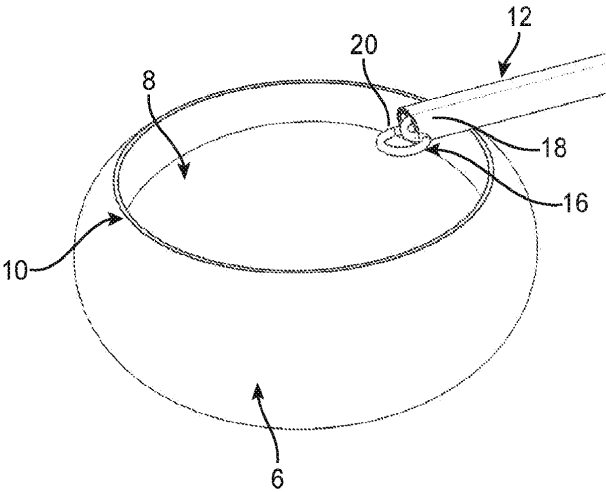
1/27



ФИГ. 1



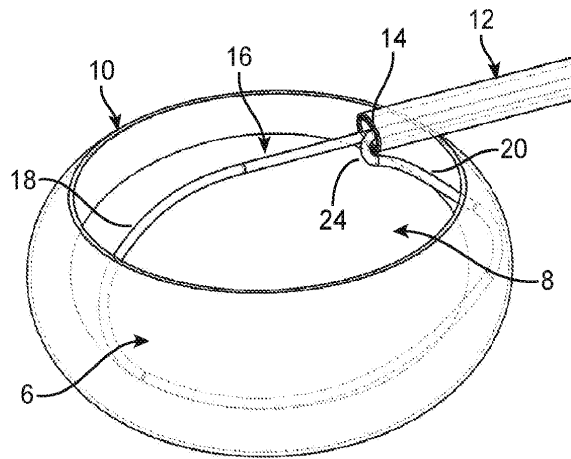
ФИГ. 2



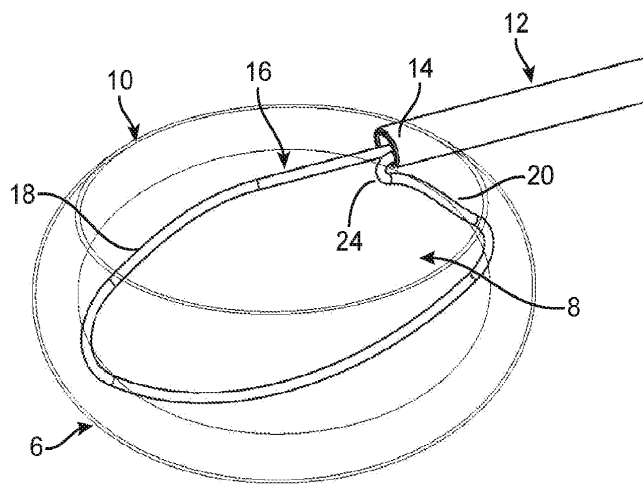
ФИГ. 3

2

2/27

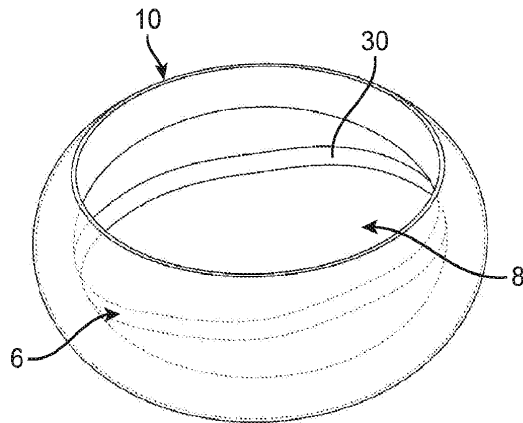


ФИГ. 4

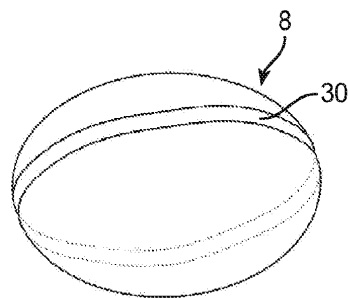


ФИГ. 5

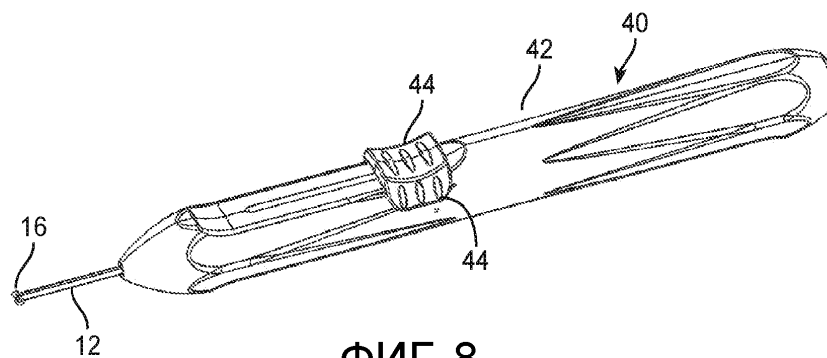
3/27



ФИГ. 6

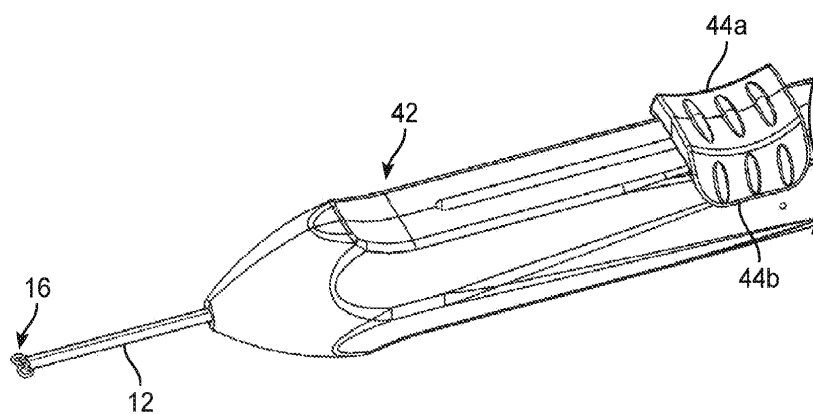


ФИГ. 7

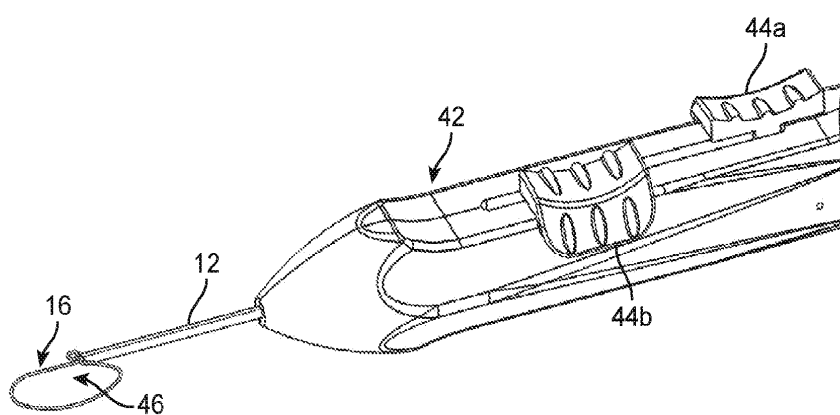


ФИГ. 8

4/27

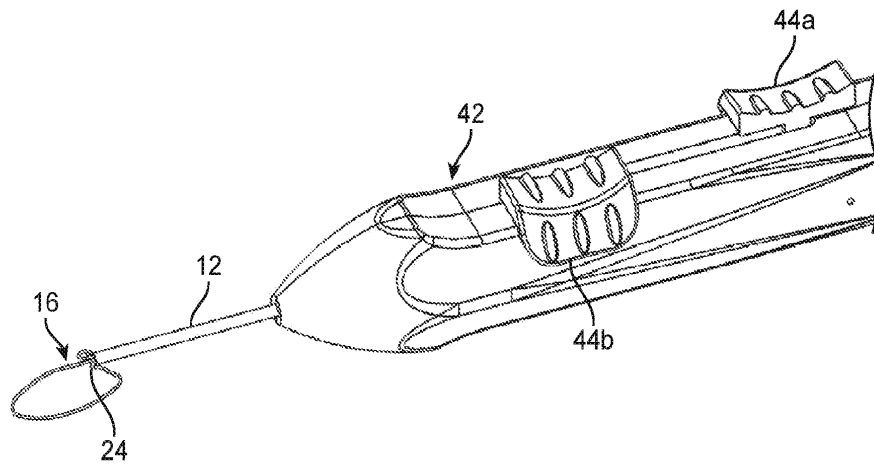


ФИГ. 9

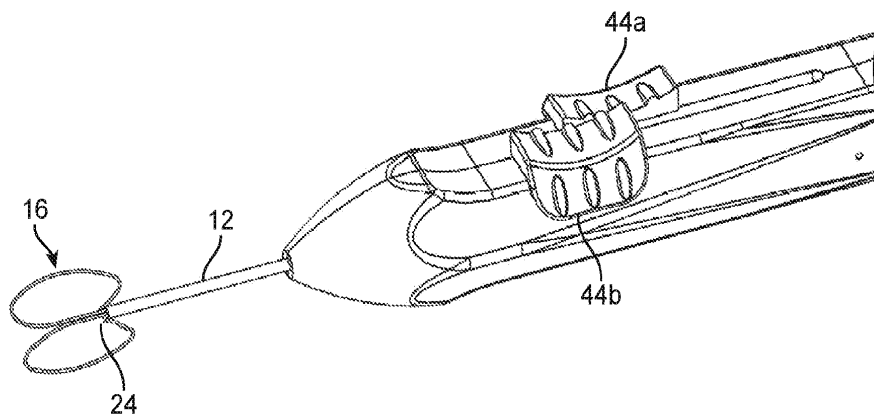


ФИГ. 10

5/27

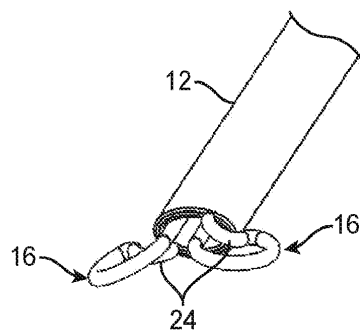
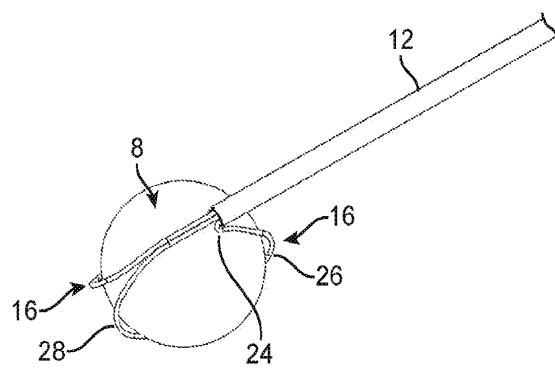
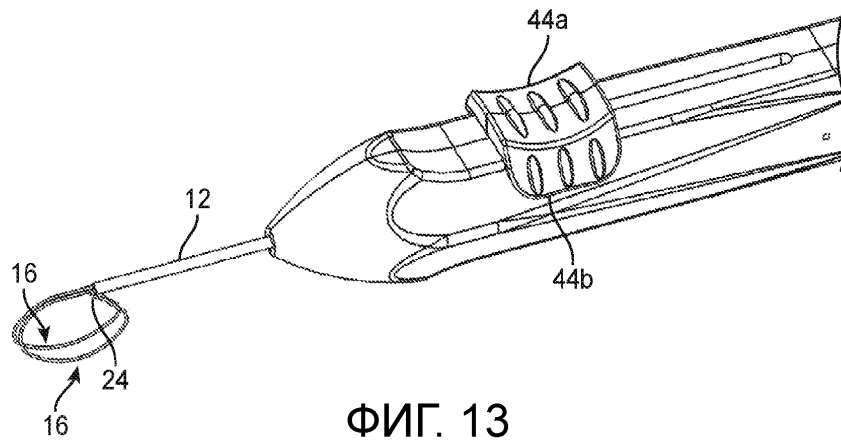


ФИГ. 11

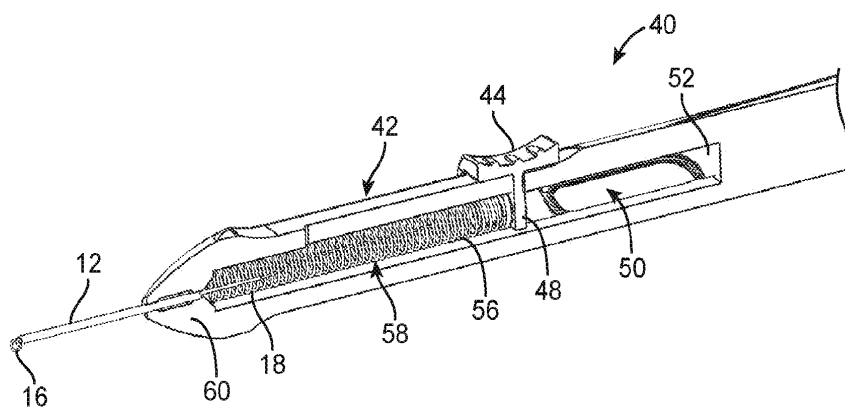


ФИГ. 12

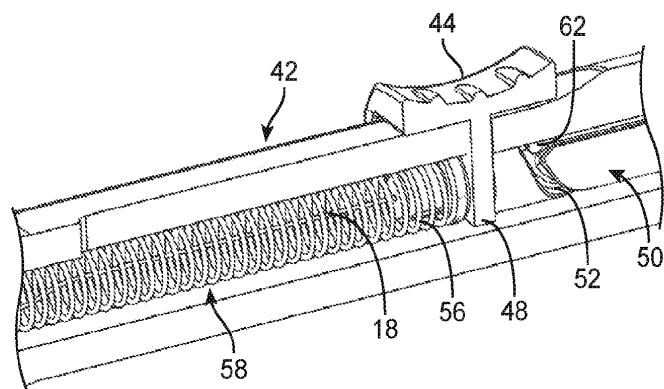
6/27



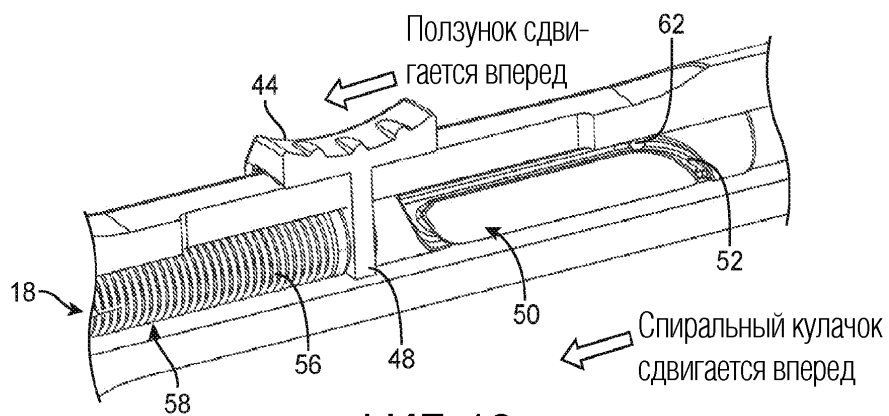
7/27



ФИГ. 16

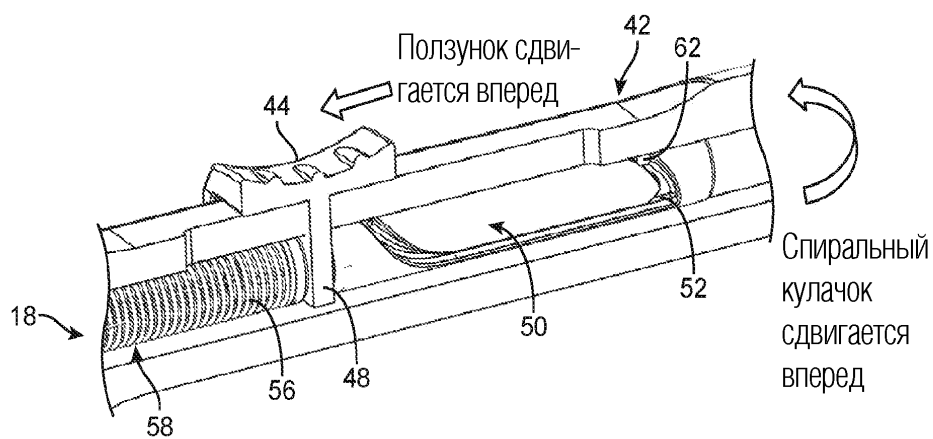


ФИГ. 17

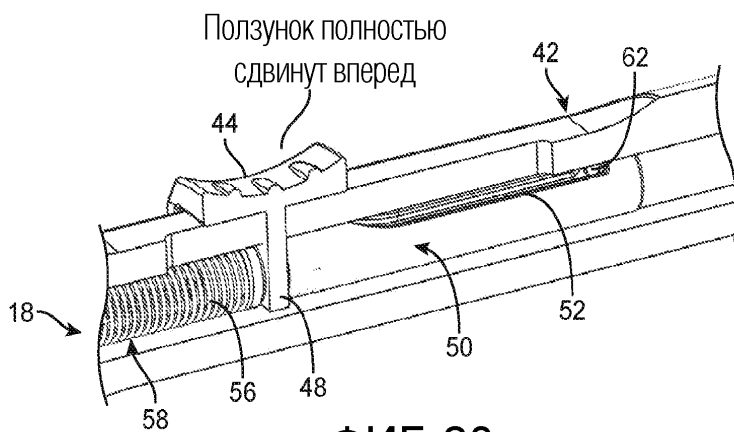


ФИГ. 18

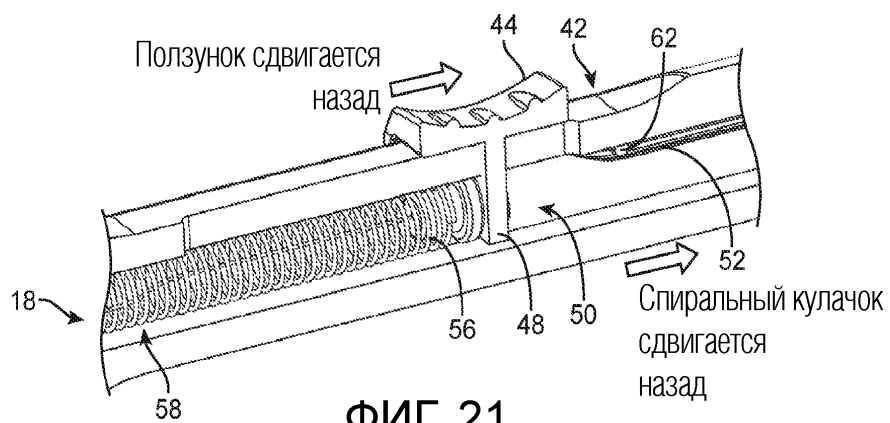
8/27



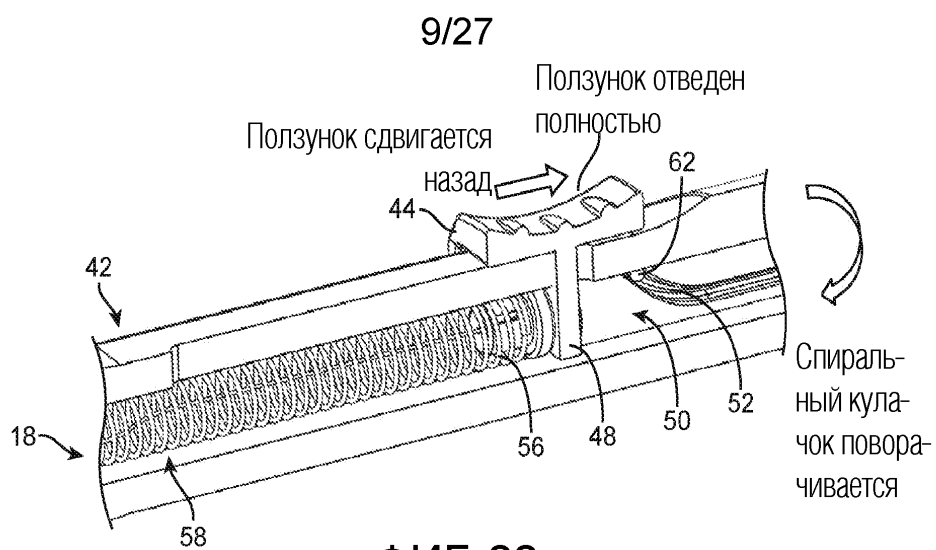
ФИГ. 19



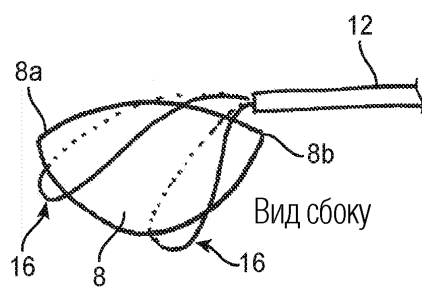
ФИГ. 20



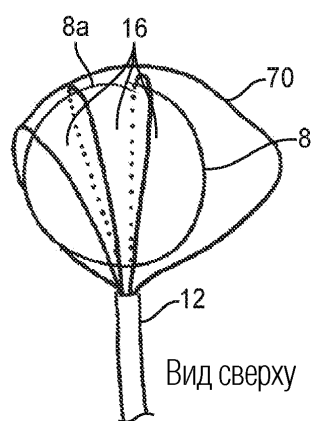
ФИГ. 21



ФИГ. 22

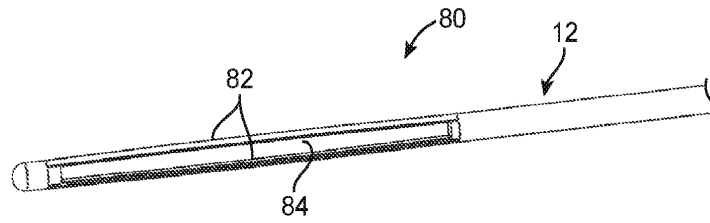


ФИГ. 23

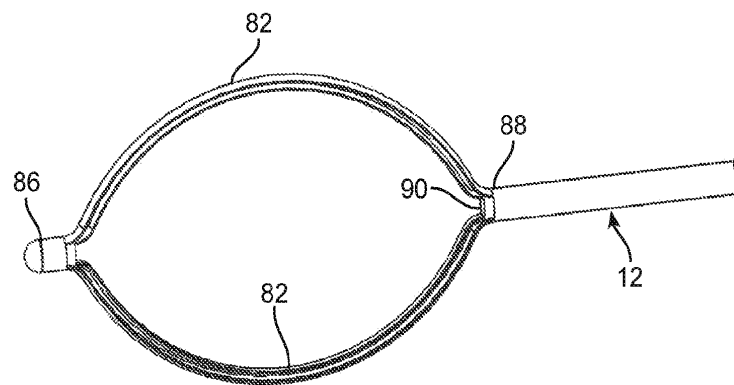


ФИГ. 24

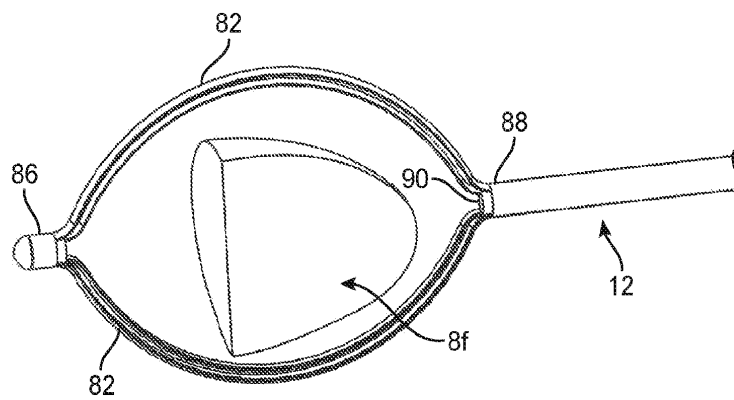
10/27



ФИГ. 25

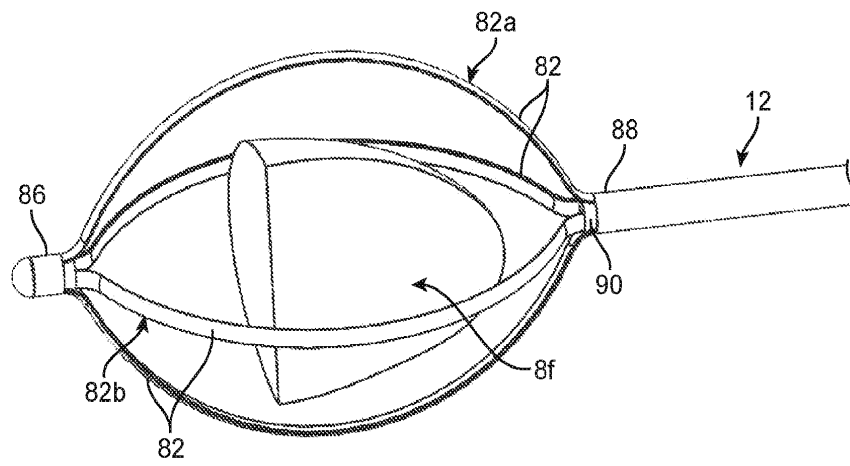


ФИГ. 26

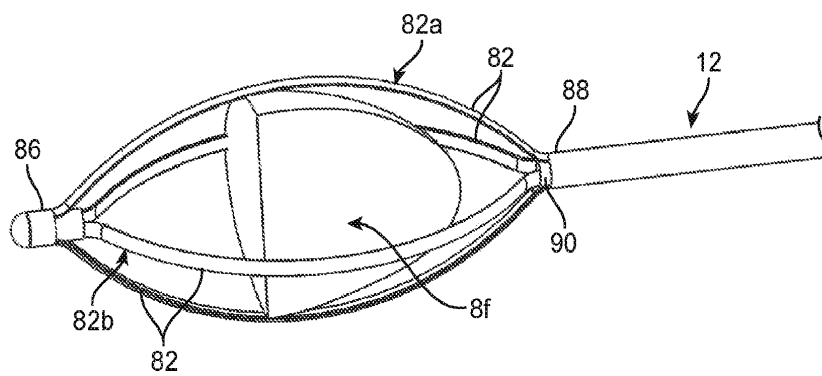


ФИГ. 27

11/27

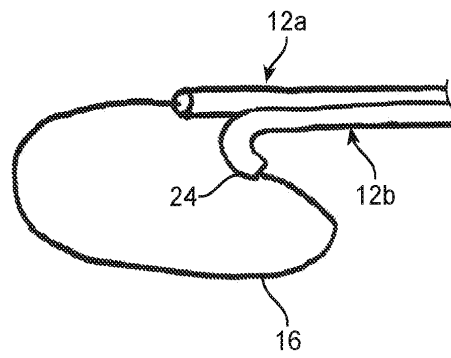


ФИГ. 28

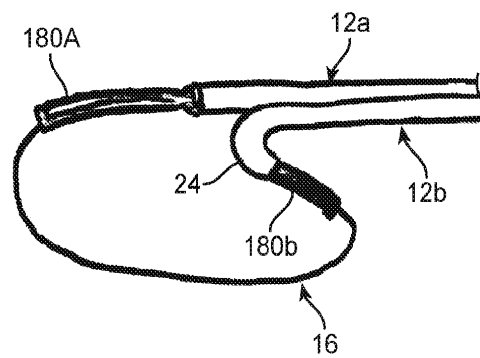


ФИГ. 29

12/27

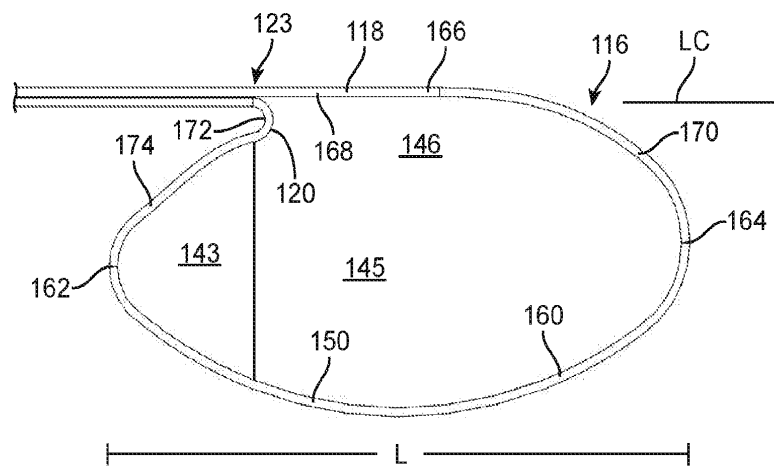


ФИГ. 30А

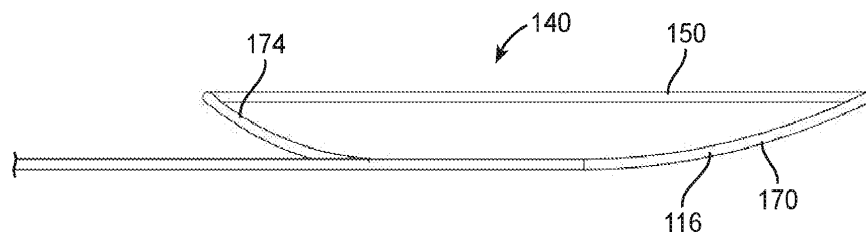


ФИГ. 30В

13/27

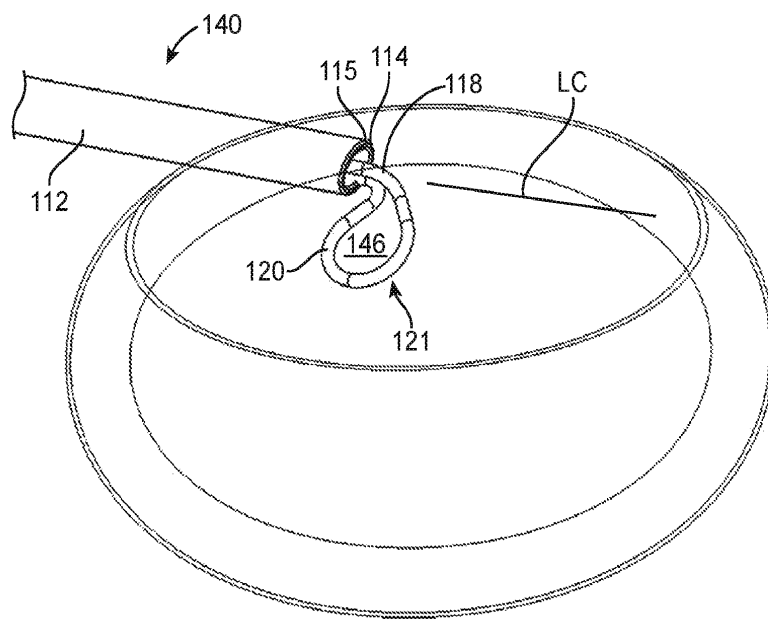


ФИГ. 31



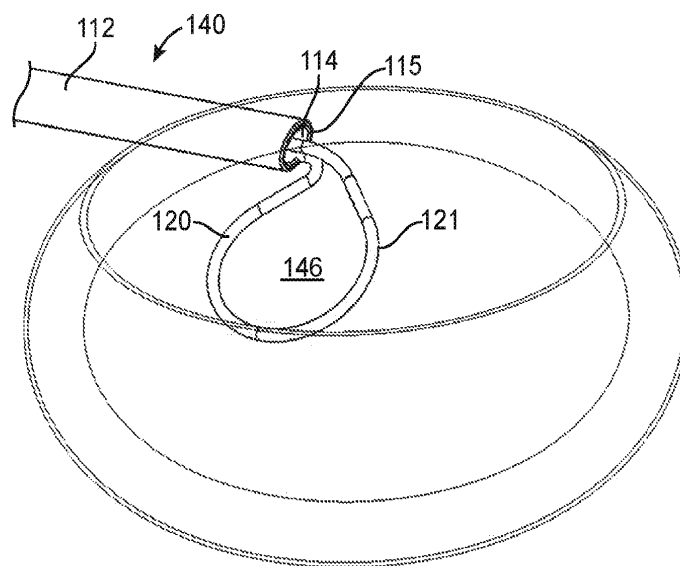
ФИГ. 32

14/27

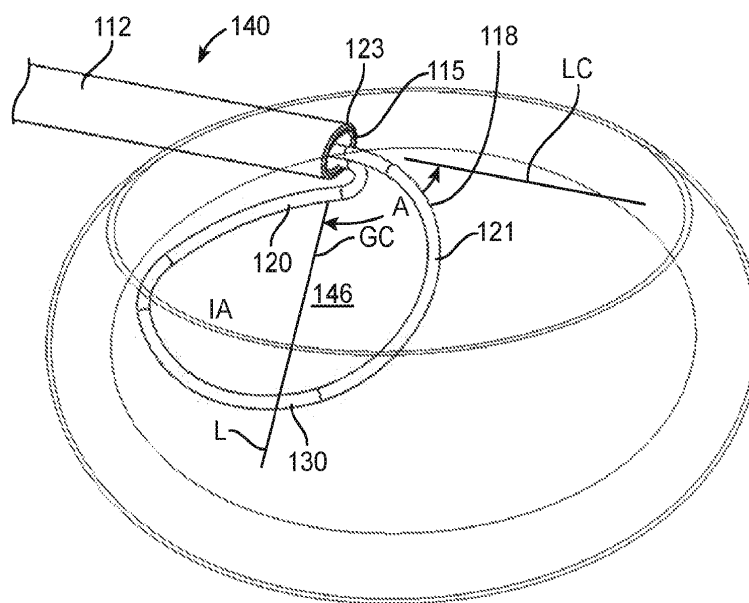


ФИГ. 33

15/27

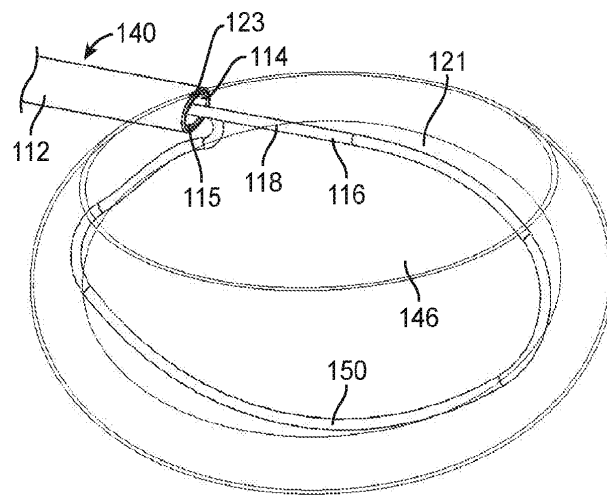


ФИГ. 34



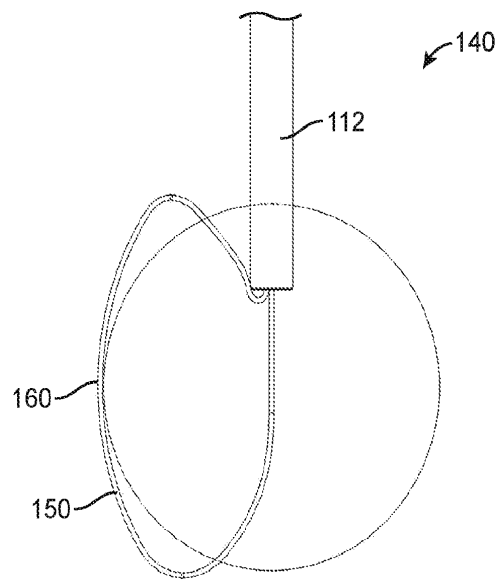
ФИГ. 35

16/27

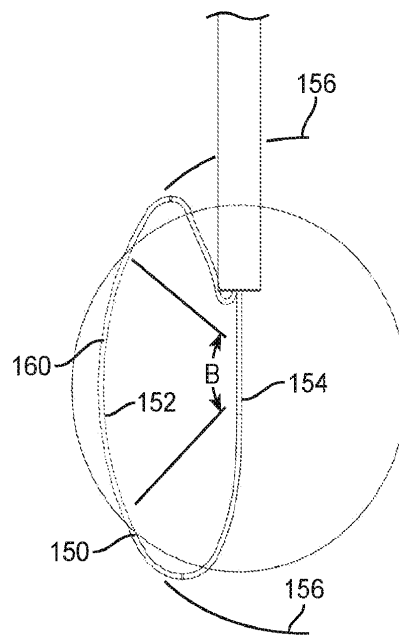


ФИГ. 36

17/27

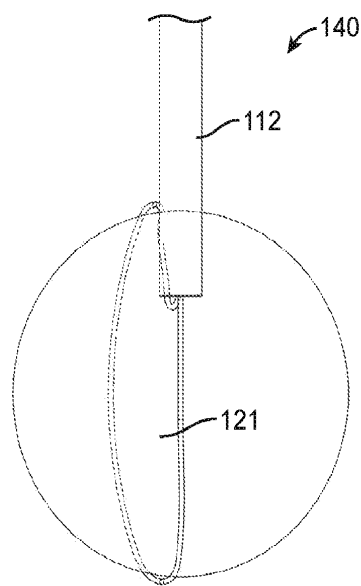


ФИГ. 37



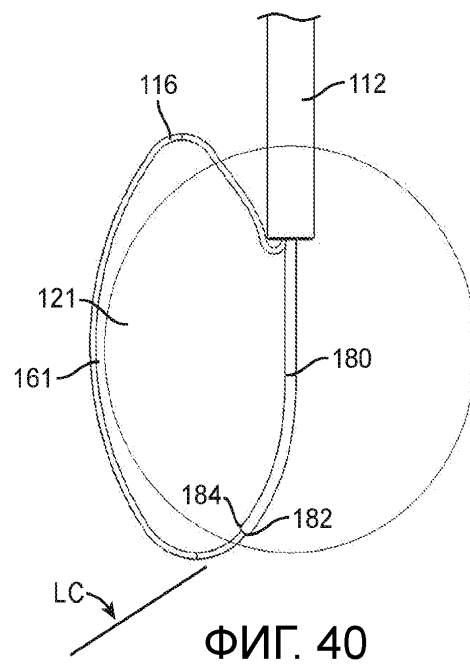
ФИГ. 38

18/27

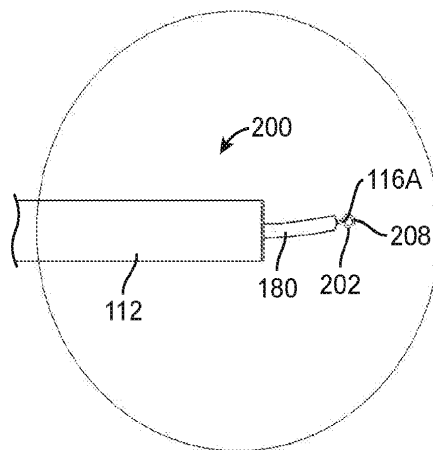


ФИГ. 39

19/27

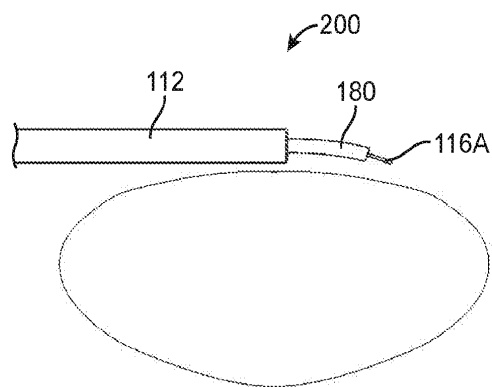


20/27

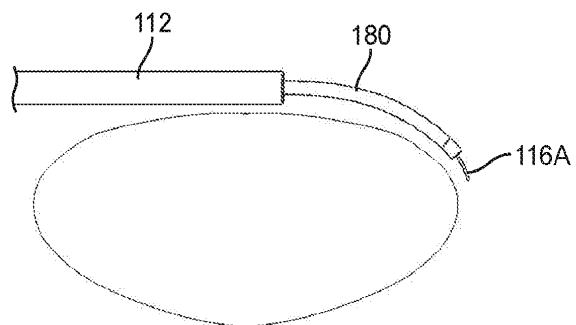


ФИГ. 41

21/27

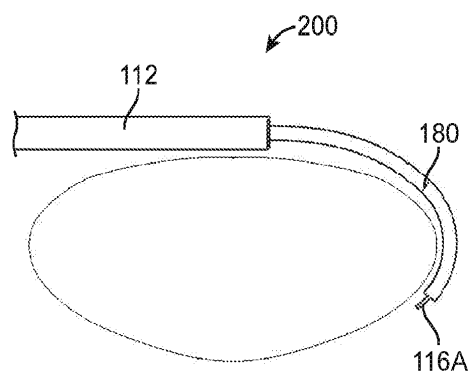


ФИГ. 42

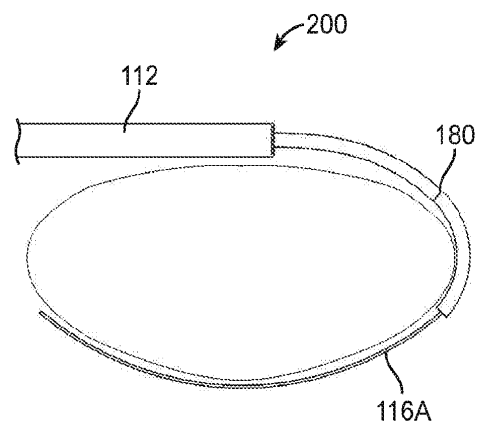


ФИГ. 43

22/27

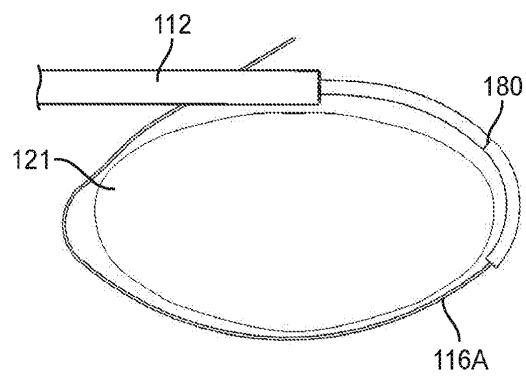


ФИГ. 44

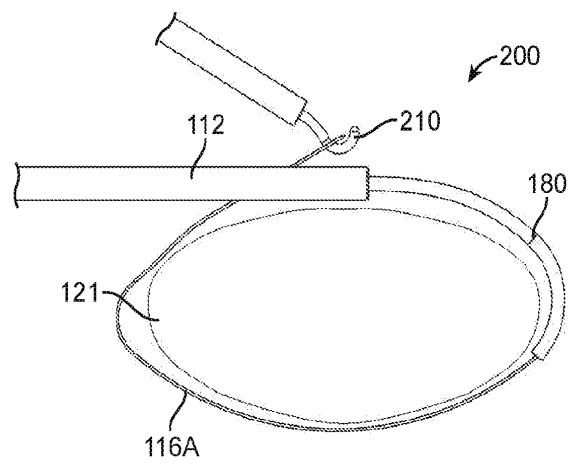


ФИГ. 45

23/27

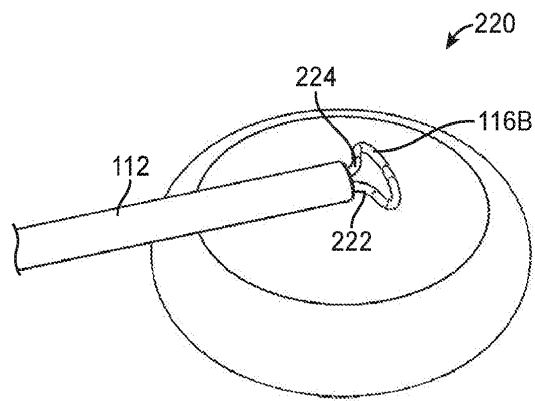


ФИГ. 46



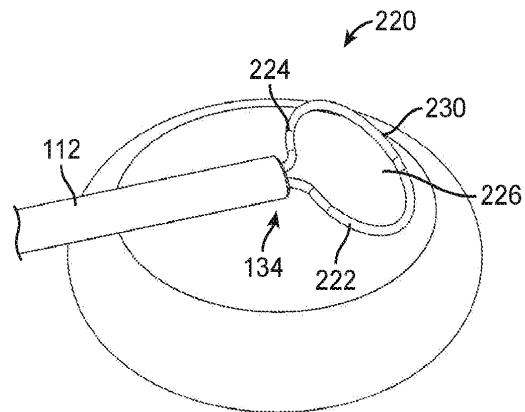
ФИГ. 47

24/27

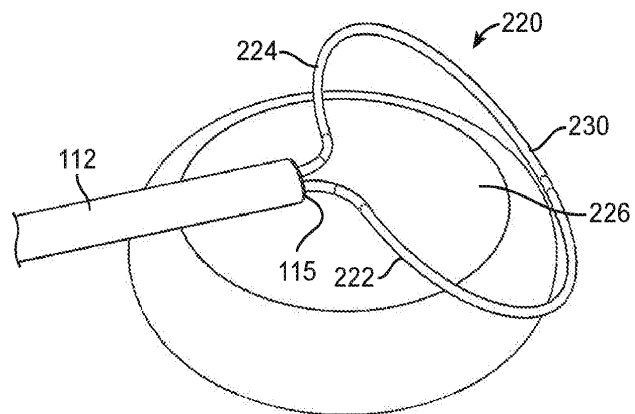


ФИГ. 48

25/27

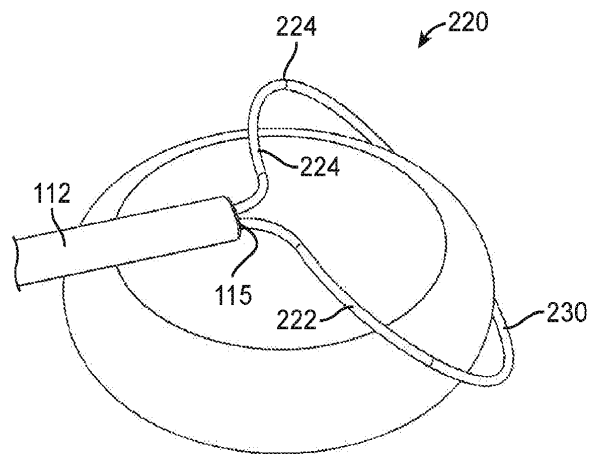


ФИГ. 49

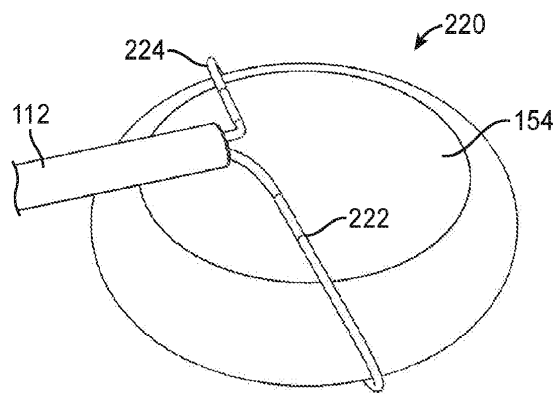


ФИГ. 50

26/27

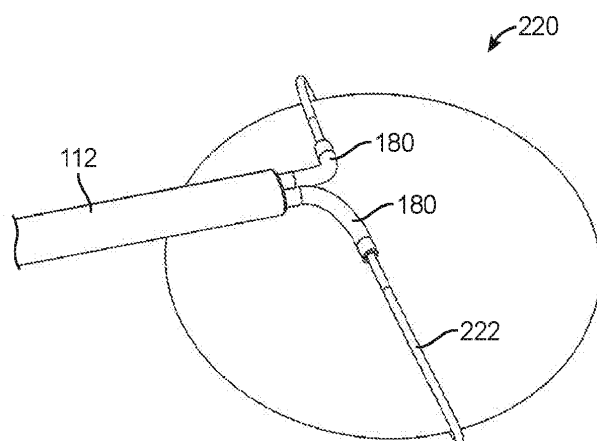


ФИГ. 51



ФИГ. 52

27/27



ФИГ. 53