



**ФЕДЕРАЛЬНАЯ СЛУЖБА  
ПО ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ СОБСТВЕННОСТИ**

**(12) ОПИСАНИЕ ИЗОБРЕТЕНИЯ К ПАТЕНТУ**

(52) СПК  
G02B 3/14 (2013.01); G02C 7/085 (2013.01)

(21)(22) Заявка: 2014144380, 14.12.2012

(24) Дата начала отсчета срока действия патента:  
14.12.2012

Дата регистрации:  
24.05.2019

Приоритет(ы):

(30) Конвенционный приоритет:  
27.03.2012 GB 1205394.8;  
20.06.2012 GB PCT/GB2012/051426;  
23.11.2012 GB 1221140.5

(43) Дата публикации заявки: 20.05.2016 Бюл. № 14

(45) Опубликовано: 24.05.2019 Бюл. № 15

(85) Дата начала рассмотрения заявки РСТ на  
национальной фазе: 27.10.2014

(86) Заявка РСТ:  
EP 2012/075549 (14.12.2012)

(87) Публикация заявки РСТ:  
WO 2013/143630 (03.10.2013)

Адрес для переписки:  
190013, Санкт-Петербург, а/я 186, Можайскому  
М.А.

(72) Автор(ы):

ЭДЖИНТОН Алекс (GB),  
ХОЛЛАНД Бенджамин Томас Тристрам  
(GB),  
РОУДЗ Дэниэл Пол (GB),  
ПЬЕТРОПИНТО Диджон (GB),  
БИН Дерек Пол Форбс (GB),  
КЛАРК Роджер Брайан Минчин (GB),  
КРОССЛИ Питер Ли (GB),  
МЮРРЕЙ Ричард Лиф Дуглас (GB),  
СТОУН Эдвин Джеймс (GB)

(73) Патентообладатель(и):  
ЭДЛЕНЗ ЛИМИТЕД (GB)

(56) Список документов, цитированных в отчете  
о поиске: US 2010208357 A1, 19.08.2010. US  
5371629 A, 06.12.1994. US 5956183 A,  
21.09.1999. US 2009052049 A1, 26.02.2009. US  
6040947 A, 21.03.2000.

**(54) УСОВЕРШЕНСТВОВАННЫЙ МЕМБРАННЫЙ УЗЕЛ С ДЕФОРМИРУЕМОЙ МЕМБРАНОЙ**

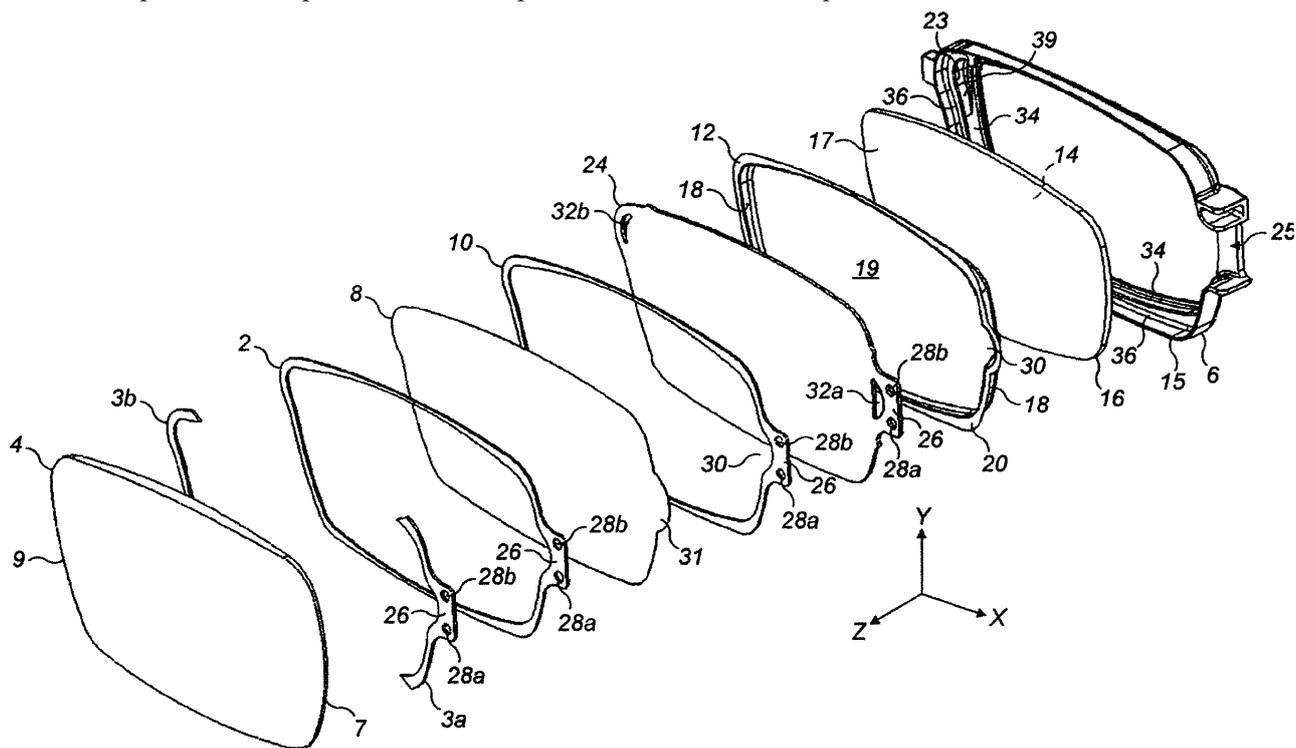
(57) Реферат:

Мембранный узел с деформируемой мембраной включает эластичную мембрану, которая прикреплена под натяжением по окружности ее кромки к гибкому опорному элементу для поддержания мембраны, слой текучей среды, который находится в контакте с одной из сторон мембраны и давление которого регулируется для регулирования формы мембраны, вызывая растяжение мембраны. Опорный элемент выполнен с возможностью сгибания путем локализованного отклонения по

основной оси изгиба, параллельной направлению растяжения мембраны, для изменения профиля кромки мембраны при ее растяжении. Мембранный узел также включает один или более регуляторов изгиба, воздействующих на опорный элемент для регулирования его изгиба в плоскости, проходящей по нормали к основной оси изгиба, в ответ на нагрузку, вызываемую натяжением мембраны. Технический результат - обеспечение достаточного предварительного

натяжения мембраны для уменьшения провисания и морщин мембраны с одновременным

уменьшением искажения формы мембраны. 2 н. и 25 з.п. ф-лы, 42 ил.



Фиг. 8

RU 2689279 C2

RU 2689279 C2



FEDERAL SERVICE  
FOR INTELLECTUAL PROPERTY

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

(12) **ABSTRACT OF INVENTION**

(52) CPC  
*G02B 3/14 (2013.01); G02C 7/085 (2013.01)*

(21)(22) Application: **2014144380, 14.12.2012**

(24) Effective date for property rights:  
**14.12.2012**

Registration date:  
**24.05.2019**

Priority:

(30) Convention priority:  
**27.03.2012 GB 1205394.8;**  
**20.06.2012 GB PCT/GB2012/051426;**  
**23.11.2012 GB 1221140.5**

(43) Application published: **20.05.2016 Bull. № 14**

(45) Date of publication: **24.05.2019 Bull. № 15**

(85) Commencement of national phase: **27.10.2014**

(86) PCT application:  
**EP 2012/075549 (14.12.2012)**

(87) PCT publication:  
**WO 2013/143630 (03.10.2013)**

Mail address:  
**190013, Sankt-Peterburg, a/ya 186, Mozhajskomu  
M.A.**

(72) Inventor(s):

**EDGINTON Alex (GB),  
HOLLAND Benjamin Thomas Tristram (GB),  
RHODES Daniel Paul (GB),  
PIETROPINTO Dijon (GB),  
BEAN Derek Paul Forbes (GB),  
CLARKE Roger Brian Minchin (GB),  
CROSSLEY Peter Lee (GB),  
MURRAY Richard Leefe Douglas (GB),  
STONE Edwin James (GB)**

(73) Proprietor(s):

**EDLENZ LIMITED (GB)**

(54) **IMPROVED MEMBRANE ASSEMBLY WITH DEFORMABLE MEMBRANE**

(57) Abstract:

FIELD: instrument engineering.

SUBSTANCE: membrane assembly with a deformable membrane comprises an elastic membrane which is attached under tension along the circumference of its edge to a flexible support element for supporting the membrane, a fluid layer which is in contact with one of the sides of the membrane and the pressure of which is controlled to adjust the shape of the membrane, thereby causing expansion of the membrane. Support element is made with possibility of bending by localized deviation along main bending axis, parallel to direction

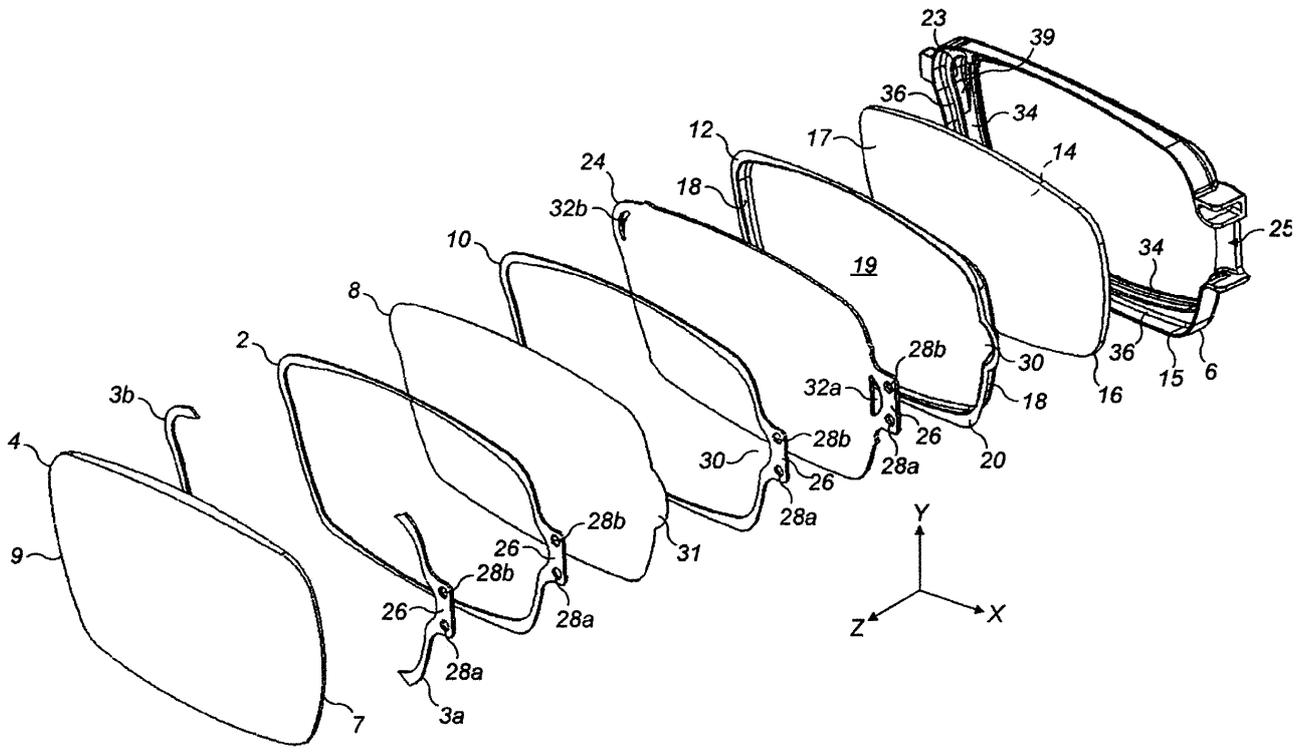
of membrane stretching, to change profile of membrane edge at its extension. Membrane assembly also includes one or more bending regulators acting on the support element to regulate its bending in the plane passing along the normal line to the main bending axis in response to the load caused by the membrane tension.

EFFECT: technical result is providing sufficient pre-tension of membrane to reduce sag and wrinkles of membrane with simultaneous reduction of distortion of membrane shape.

27 cl, 42 dwg

RU 2 689 279 C2

RU 2 689 279 C2



Фиг. 8

RU 2689279 C2

RU 2689279 C2

[0001] Настоящее изобретение относится к мембранным узлам с деформируемыми мембранами, в которых для регулирования формы эластичной мембраны используется давление текучей среды, причем текучая среда воздействует непосредственно на одну сторону мембраны; в частности, изобретение относится к заполненным текучей средой линзам и зеркалам, в которых эластичная мембрана образует поверхность линзы или зеркала, а давление текучей среды регулируется для регулировки степени кривизны мембраны и, таким образом, оптической силы линзы или зеркала; однако изобретение применимо также и к другим устройствам или оборудованию, в которых требуется эластичная поверхность статически или динамически изменяющейся формы.

[0002] В данной области техники известны заполненные текучей средой линзы, в которых давление текучей среды используется для регулирования формы мембраны, находящейся в контакте с текучей средой. Эти линзы могут быть типа «с вводом текучей среды», когда регулируется количество текучей среды внутри оболочки, имеющей в принципе постоянный объем, ограниченный с одной стороны мембраной, или типа «со сжатием текучей среды», когда регулируется объем оболочки, который ограничен с одной стороны мембраной и содержит постоянное количество текучей среды. В каждом случае регулируется давление текучей среды внутри оболочки либо путем добавления текучей среды в оболочку или удаления текучей среды из нее, либо путем изменения объема оболочки, чтобы регулировать давление текучей среды, действующей на мембрану, что обеспечивает изменение формы мембраны.

[0003] Часто бывает желательно, чтобы в таком мембранном узле эластичная мембрана в неактивированном состоянии была плоской. Например, в заполненных текучей средой линзах желательно, чтобы в неактивированном состоянии поверхность линзы, образованная эластичной мембраной, была плоской и не имела оптической силы. Когда давление текучей среды в оболочке увеличивается (или уменьшается), мембрана растягивается, увеличивая оптическую силу линзы в положительную или отрицательную сторону. Для мембран, применяемых в линзах, обычно требуется, чтобы они растягивались сферически или по существу сферически. Желательно, чтобы в неактивированном состоянии мембрана держалась под натяжением (предварительное натяжение) во избежание нежелательного провисания или появления морщин вследствие температуры или силы тяжести, или в результате эффектов инерции в текучей среде, когда линза перемещается. В некоторых случаях предварительное натяжение, необходимое для того, чтобы мембрана не провисала, может быть того же порядка величины, что и дополнительное натяжение, которое вызывается в мембране при ее активировании. Однако в других мембранных узлах оно может быть на несколько порядков величины больше, в зависимости от толщины и модуля упругости материала мембраны.

[0004] Например, в заявке WO 98/11458 A1 раскрывается линза с переменным фокусным расстоянием, имеющая первую и вторую прозрачные гибкие мембраны, каждая из которых натянута и закреплена на кольцевой рамке, сформированной из первого, второго и третьего взаимодействующих колец. Линза, описанная в WO 98/11458 A1, имеет круглую форму, а кольцевая рамка выполнена жесткой, что позволяет поддерживать мембраны в натянутом состоянии.

[0005] Однако в некоторых мембранных узлах этого типа мембрана устанавливается на гибком кольце или другом опорном элементе, которое изгибается, когда линза активируется и мембрана изменяет свою форму, чтобы мембрана могла принять заданную форму. Например, в патенте US 5371629 A раскрывается линза с переменным фокусным расстоянием, имеющая некруглую мембрану, которая установлена на

опорном элементе для поддержания мембраны, имеющем круглый обод, изгибающийся управляемым образом, так что, несмотря на использование некруглой мембраны, она при растяжении сохраняет по существу сферическую форму, что позволяет изменять степень увеличения без появления искажений нежелательной величины.

5 [0006] Одна из проблем, присущих линзе, описанной в US 5371629 A, заключается в том, что натяжение мембраны воздействует на гибкий обод держателя мембраны. Хотя повышенная нагрузка, прилагаемая к ободу при активации линзы, может сама по себе не быть настолько большой, чтобы составлять существенную проблему, но проблема может возникнуть из-за предварительного натяжения, приложенного к мембране во избежание провисания или появления морщин или сведения их к приемлемому уровню; 10 гибкий характер обода означает, что такая степень предварительного натяжения может деформировать кольцевой обод нежелательным и неконтролируемым образом, что ухудшит оптическое качество линзы.

[0007] В родственной международной заявке № PCT/GB2012/051426, содержание которой полностью включено в данный документ путем отсылки, также раскрывается узел с деформируемой мембраной, включающий эластичную мембрану, которая 15 закреплена своей кромкой в упруго изгибаемом опорном кольце.

[0008] Задача настоящего изобретения заключается в смягчении описанной выше проблему путем создания мембранного узла с деформируемой мембраной, имеющего 20 эластичную мембрану, которая может быть установлена на изгибаемом опорном элементе для поддержания мембраны с достаточным предварительным натяжением с тем, чтобы избежать провисания и морщин мембраны, но при уменьшенном искажении формы мембраны.

[0009] Таким образом, в одном из аспектов настоящего изобретения предложен мембранный узел с деформируемой мембраной, включающий: эластичную мембрану, 25 которая прикреплена под натяжением по окружности ее кромки к гибкому опорному элементу для поддержания мембраны; слой текучей среды, который находится в контакте с одной из сторон мембраны и давление которого регулируется для регулирования формы мембраны, вызывая растяжение мембраны; при этом опорный элемент выполнен с возможностью сгибания путем локализованного отклонения по 30 основной оси изгиба, параллельной направлению растяжения мембраны, для изменения профиля кромки мембраны при ее растяжении, а мембранный узел также включает один или более регуляторов изгиба, воздействующих на опорный элемент для регулирования его изгиба в плоскости, проходящей по нормали к основной оси изгиба, в ответ на нагрузку, вызываемую натяжением мембраны. 35

[00010] Давление текучей среды может регулироваться для избирательной регулировки формы мембраны между ее неактивированным состоянием и полностью активированным состоянием. Текучая среда может содержаться в непроницаемой для нее оболочке, одна стенка которой образована эластичной мембраной. Текучая среда 40 может быть любой пригодной для данной цели жидкостью или газом. Например, текучая среда может быть водой или воздухом. Выбор текучей среды до некоторой степени определяется назначением деформируемого мембранного узла. В некоторых случаях можно использовать гель. Для оптических применений, где мембранный узел представляет собой, например, передающую линзу с переменным фокусным расстоянием, 45 особенно эффективно использование масла, прозрачного для соответствующей длины волны, например, силиконового масла для видимого спектра, показатель преломления которого можно согласовать с другими элементами узла. Пригодная текучая среда может представлять собой силиконовое масло, такое, например, как 1,3,5-триметил-

1,1,3,5,5-пентафенилтрисилоксан с молекулярным весом 546,88 (выпускается компанией Dow Corning Corporation, Мидленд, Мичиган, США под торговым наименованием DC-705) или 1,3,3,5-тетраметил-1,1,5,5-тетрафенилтрисилоксан с молекулярным весом 484,81 (выпускается Dow Corning под торговым наименованием DC-704).

5 [00011] Мембранный узел может включать средства избирательного регулирования давления текучей среды, например, механизм регулирования давления.

[00012] В некоторых вариантах осуществления изобретения оболочка может иметь регулируемый объем, а мембранный узел может включать средство избирательного регулирования объема оболочки для регулирования давления слоя текучей среды в оболочке, например, механизм регулирования объема оболочки. Например, оболочка может быть сжимаемой и установленной на неподвижной опоре, составляющей часть узла, а средство регулирования объема может срабатывать на сжатие или расширение оболочки, опирающейся на неподвижную опору, по типу сильфона, что обеспечивает изменение объема оболочки с постоянным количеством текучей среды («режим расширения» или «режим сжатия»). Неподвижная опора может быть устроена так, что она удерживает оболочку в первом положении, а средство регулирования объема может быть устроено так, чтобы прилагать сжимающую или расширяющую силу к оболочке во втором положении, причем первое и второе положение отстоят друг от друга в направлении сжатия или расширения, а оболочка имеет гибкую боковую стенку между 10 первым и вторым положениями, что позволяет оболочке расширяться или сжиматься.

[00013] В некоторых вариантах осуществления изобретения оболочка может удерживаться на своей периферии неподвижной опорой в первом положении, или же неподвижная опора может содержать жесткое тело, к которому прикрепляется оболочка. Например, оболочка может включать еще одну стенку, противоположную мембране, и эта другая стенка может располагаться в контакте с жестким телом. Еще в одном варианте противоположная стенка оболочки может быть жесткой и служить неподвижной опорой. Эта другая стенка может быть прозрачной и образовывать поверхность линзы. 15

[00014] Заполненная текучей средой, сжимаемая или расширяемая оболочка, соответствующая изобретению, может быть упруго сжимаемой или расширяемой. При сжатии (или расширении) давление в оболочке изменяется по сравнению с окружающим давлением, а при снятии силы, которая служит для сжатия (или расширения) оболочки при активации узла, оболочка упруго возвращается в свое неактивированное состояние, уравнивая давление на мембране. Таким образом, заполненная текучей средой оболочка может вести себя как жидкостный амортизатор. 20 35

[00015] В альтернативном варианте объем оболочки может оставаться по существу постоянным (помимо растяжения мембраны, которое вызывает небольшое увеличение или уменьшение фактического объема), а давление текучей среды может регулироваться путем избирательного ввода текучей среды в оболочку или отвода ее из нее, например с помощью избирательно приводимого в действие насоса («режим ввода»). 40

[00016] Изменение давления текучей среды заставляет мембрану растягиваться и становиться более изогнутой. Как правило, но не обязательно, мембрана в неактивированном состоянии, когда перепад давлений на ней минимален, т.е. текучая среда находится при окружающем давлении, может быть плоской или по существу плоской, и она все более растягивается, когда при активации узла давление текучей среды увеличивается или уменьшается. При активации мембрана меняет свою форму, переходя обычно от плоской исходной формы к растянутой, выпуклой или вогнутой. Следовательно, при активации мембрана, независимо от ее исходной формы, 45

растягивается, и напряжение в мембране возрастает. В некоторых вариантах изобретения, предназначенных для некоторых применений, напряжение активации может достигать приблизительно 57%, что соответствует полушарию, но чаще напряжение активации бывает в диапазоне от 0,05% до 10%, 15%, 20% или 25%. В некоторых вариантах изобретения, когда узел представляет собой линзу, напряжение в мембране может увеличиваться при активации на величину до примерно 1%. Обычно напряжение активации может быть в диапазоне приблизительно 0,1-5%, например, около 0,25%.

[00017] Мембрана может иметь круглую форму или некруглую форму и может быть выполнена из любого подходящего эластичного материала; такие материалы известны специалистам. Мембрана должна иметь модуль упругости до примерно 100 МПа. Удовлетворительно показали себя мембраны с модулем упругости в диапазоне 1-10 или 20 МПа. Например, в одном варианте осуществления изобретения можно использовать мембрану с модулем упругости около 5 МПа. Пригодные для мембран материалы включают полиэтилентерефталат (например, майлар (Mylar®)), полиэфиры, силиконовые эластомеры (например, поли(диметилсилоксан), термопластичные полиуретаны (например, тафтан (Tuftane®)), полимеры винилиденхлорида (например, саран (Saran®)) или стекло соответствующей толщины. В некоторых вариантах мембрана содержит один слой материала, но в других она может представлять собой слоистую структуру из нескольких слоев.

[00018] Опорный элемент для поддержания мембраны удерживает мембрану по окружности ее кромки. Опорный элемент может окружать мембрану. Если узел работает в режиме сжатия или расширения, опорный элемент может держать заполненную текучей средой мембрану во втором положении на оболочке, о котором говорилось выше. Опорный элемент может содержать отдельные секции, расположенные с интервалами по окружности вокруг мембраны, но предпочтительно опорный элемент проходит непрерывно вокруг мембраны в виде замкнутого контура. Опорный элемент для поддержания мембраны может представлять собой опорное кольцо, которое удерживает кромку мембраны. Опорный элемент может быть отдельной деталью, которая свободно движется описанным ниже образом. Под термином «кольцо» понимается замкнутый контур, имеющий ту же форму, что и кромка мембраны; термин «кольцо» в том смысле, в каком он здесь употребляется, не обязательно означает, что опорный элемент имеет круглую форму. Кольцо может иметь внутреннюю сторону, образующую отверстие, в котором расположена мембрана, и внешнюю сторону, которая свободна, за исключением тех периодов, когда на кольцо оказывается воздействие для активации узла. Опорный элемент в неактивированном состоянии может быть плоским, в особенности если мембрана в неактивированном состоянии тоже является плоской.

[00019] Как правило, желательно, чтобы при активировании мембрана принимала заданную форму. На форму мембраны влияет форма и конфигурация кромки мембраны там, где она прикреплена к опорному элементу. Соответственно, как более подробно описывается ниже, опорный элемент может изгибаться, что позволяет профилю кромки мембраны изменяться, когда мембрана растягивается при активации. В некоторых вариантах изобретения опорный элемент может активно регулироваться при активации мембраны таким образом, что он приобретает заданный профиль, соответствующий требуемой заданной форме мембраны. В альтернативном варианте конфигурация опорного элемента может регулироваться пассивно, например, в ответ на увеличение поверхностного натяжения мембраны или в зависимости от присущих опорному элементу свойств при растяжении. В других вариантах может использоваться комбинация

активного и пассивного регулирования, когда положение опорного элемента в одной или нескольких точках регулирования по окружности опорного элемента активно регулируется, а между контрольными точками опорный элемент может изгибаться в пассивном режиме. Независимо от того, каким образом регулируется форма опорного элемента, его форма при активации должна иметь заданный профиль, соответствующий заданной форме мембраны в активированном состоянии.

[00020] Чтобы приобрести заданный профиль, опорный элемент должен изгибаться (отклоняться) по основной оси изгиба, которая по существу параллельна направлению растяжения мембраны. Под «осью изгиба» здесь понимается направление, в котором отклоняется опорный элемент при его изгибании. Если мембрана является плоской в неактивированном состоянии или в каком-либо активированном состоянии, основная ось изгиба может по существу проходить по нормали к плоскости мембраны. Плоскость мембраны в таком плоском состоянии, например, когда она не активирована, может служить плоскостью отсчета, а основная ось изгиба может проходить по нормали или проходить по существу по нормали к этой плоскости отсчета. В некоторых вариантах изобретения узел может быть сконструирован так, что мембрана никогда не может стать плоской. Однако в таких случаях мембрана все же может иметь теоретически плоское состояние, то есть такое состояние, которое получилось бы, если бы мембране дали продолжить движение за пределы ее неактивированного или полностью активированного состояния, и в этих случаях теоретически плоское состояние может аналогичным образом служить плоскостью отсчета для измерения отклонения опорного элемента.

[00021] Для оптических применений заданная форма мембраны обычно имеет оптическую ось, и в таких случаях основная ось изгиба будет, как правило, по существу параллельна оптической оси. Опорный элемент может быть способен изгибаться по основной оси изгиба на всем своем протяжении и может не сдерживаться нигде, кроме выбранных точек регулирования, которые описываются ниже. Опорный элемент может свободно плавать в окружающем пространстве за исключением тех мест, где его движение ограничено точками регулирования.

[00022] Предпочтительно мембрана может быть предварительно натянута на опорном элементе для поддержания мембраны. В случае ламинированной мембраны, содержащей множество слоев, желательно, чтобы по меньшей мере один из слоев в неактивированном состоянии находился под предварительным натяжением. Опорный элемент может держать мембрану в неактивированном состоянии под предварительным натяжением, при этом предварительное натяжение служит для того, чтобы снизить или минимизировать провисание мембраны, когда перепад давлений на мембране минимален. В некоторых вариантах осуществления изобретения мембрана в неактивированном состоянии может быть предварительно натянута до напряжения приблизительно 20%; в некоторых вариантах могут быть целесообразны предварительные напряжения 0,5-10% или 1-5%, например, 2 или 3%.

[00023] В некоторых вариантах осуществления изобретения опорный элемент может быть выполнен упруго изгибающимся. Опорный элемент для поддержания мембраны может иметь постоянную или по существу постоянную жесткость на всем своем протяжении. В альтернативном варианте гибкий опорный элемент для поддержания мембраны может иметь жесткость на изгиб, которая изменяется на его протяжении, так что он изгибается в ответ на увеличение нагрузки на него, которое вызвано увеличением поверхностного натяжения мембраны, когда она растягивается после активации; изгибаясь, опорный элемент приобретает заданный профиль,

соответствующий заданной форме мембраны. Это может быть особенно полезно, когда мембрана имеет некруглую форму и при активации желательна сферическая деформация, но может быть полезно также и тогда, когда мембрана круглая, а желательна несферическая деформация, например, в соответствии с одним или несколькими

5 многочленами Цернике, как описано ниже.

[00024] Форма мембраны при растяжении является функцией размеров и свойств материала мембраны и ее опорного элемента, давления на мембране и профиля кромки мембраны. При использовании опорного элемента с переменным изгибанием на его

10 протяжении в ответ на активное смещение в выбранных точках регулирования или увеличение поверхностных натяжений мембраны, как описано в РСТ/GB2012/051426, профиль кромки мембраны можно регулировать, что позволит мембране при растяжении принимать заданную форму.

[00025] Жесткость на изгиб и изменения жесткости на изгиб опорного элемента на его протяжении можно выбирать таким образом, чтобы изменять по желанию форму

15 кромки мембраны при ее деформации, то есть, чтобы мембрана принимала заданную форму. Опорный элемент для поддержания мембраны может иметь различную жесткость на изгиб в разных местах, выбранную так, чтобы мембрана при активации растягивалась по существу сферически или принимала другую заданную форму, определяемую одним

или более многочленов Цернике общей формулы  $Z_n^{\pm m}$ , что применяется, когда

20 мембранный узел, соответствующий изобретению, представляет собой узел с линзой. Заданная форма может иметь центр, который может находиться на геометрической вершине формы. Например, поверхность линзы или зеркала может иметь оптический центр на оптической оси, и оптический центр обычно будет соответствовать вершине. В офтальмологических применениях главное - добиться коррекции зрения с помощью

25 линейного совмещения  $Z_2^{\pm 2}$  (астигматизм) и  $Z_0^0$  (сфера для коррекции на расстояние).

Оптометристы обычно прописывают линзы на основе этих формул. Объяснение различных многочленов Земике можно найти в «Принципах оптики»<sup>1</sup> (<sup>1</sup> «Принципы оптики» М. Борн и Е. Вольф, 7-е изд., С.У.Р., (1999). ISBN 0-521-64222-1).

[00026] Мембранный узел, соответствующий настоящему изобретению, позволяет получать различные заданные формы, описываемые функциями Цернике или комбинациями более чем одной функции, в том числе, например, линейные совмещения масштабированных многочленов Цернике формы  $Z_n^{\pm m}$ :

35  $Z_2^{\pm 2}, Z_0^0, Z_j^{\pm j}, Z_j^{\pm k} (k \leq j)$

[00027] Можно реализовать и поверхности более высокого порядка с компонентами  $Z_j^{\pm k} (k \leq j)$ , если это позволяет форма кромки мембраны. В принципе, поверхность, которую можно получить при деформировании мембраны давлением (за исключением ее периферии), может иметь, кроме седловых точек, один или более локальных максимумов или один или более локальных минимумов, но не то и другое одновременно. Заданные формы, которые можно получить, неизбежно ограничены формой периферии, которая при использовании стабильна.

40

[00028] В некоторых вариантах осуществления изобретения опорный элемент может представлять собой упруго изгибаемое опорное кольцо. Такое опорное кольцо может быть выполнено из любого материала, который имеет достаточно высокий модуль упругости, чтобы сделать кольцо тонким относительно общих размеров мембранного узла (например, толщиной приблизительно от 0,05 до 0,5 мм), способен соединяться с

45

примыкающими элементами, имеет или обработан так, чтобы иметь низкую ползучесть (не терять работоспособность после многочисленных срабатываний), и способен к упругой деформации. Таким образом, опорное кольцо может быть сделано из металла, например, нержавеющей стали или титана; другие возможные варианты - стекло и сапфир. «Способен соединяться» означает возможность соединения приклеиванием, обжатием, лазерной или ультразвуковой сваркой или другими методами, очевидными для специалистов.

[00029] В некоторых вариантах осуществления изобретения, чтобы обеспечить требуемое изменение жесткости на изгиб по окружности опорного кольца, его размеры могут быть различными на его протяжении. Опорное кольцо может иметь по существу одинаковую глубину и переменную ширину, чтобы регулировать момент инерции площади сечения по окружности кольца и, таким образом, жесткость кольца на изгиб. Опорное кольцо может иметь наименьшую ширину в том месте, где оно должно больше всего изогнуться, чтобы получить заданную форму при растяжении мембраны. Так, в некоторых вариантах изобретения, опорное кольцо может быть вырезано или высечено штампом из листового материала, например, нержавеющей стали, имеющей по существу равномерную толщину, с получением круглого или некруглого кольца переменной ширины в плоскости листа. Опорное кольцо может быть по существу плоским, когда мембранный узел не активирован, чтобы сообщать плоскую форму кромке мембраны.

[00030] Требуемую жесткость при изгибании на всем опорном кольце можно легко определить методом конечно-элементного анализа (КЭА), например, так, как описано в РСТ/GB2012/051426. В частности, КЭА можно использовать для вычисления изменения жесткости на изгиб по окружности опорного кольца, которая необходима для регулирования его изгибания, когда опорное кольцо подвергается все более увеличивающейся нагрузке по мере того, как соединенная с опорным элементом мембрана деформируется вследствие повышения (или снижения) давления текучей среды, чтобы получить заданную форму мембраны при активации узла. Следует понимать, что в некоторых вариантах изобретения, например, когда мембранный узел представляет собой узел линзы или зеркала, мембрана должна деформироваться статически, тогда как в других применениях, например, в акустике, может требоваться, чтобы мембрана изменяла свою форму динамически.

[00031] В некоторых вариантах осуществления изобретения опорное кольцо может содержать один или несколько кольцевых элементов. В некоторых вариантах кольцо может представлять собой стопку гибких кольцевых элементов. Эти элементы могут быть одинаковыми или по существу одинаковыми либо разными. Мембрана может быть зажата между двумя соседними кольцевыми элементами стопки. При таком креплении мембраны между соседними кольцевыми элементами скручивающие усилия, прилагаемые мембраной к кольцевым элементам, могут быть уравновешены, что приводит к полному или по существу полному отсутствию воздействия результирующего скручивающего усилия на опорное кольцо в целом. Желательно избегать воздействия скручивающих усилий на кольцо, так как они могут привести к нежелательному искажению формы кольца и, таким образом, формы мембраны. В некоторых вариантах осуществления изобретения опорный элемент для поддержания мембраны может состоять из двух кольцевых элементов. В других вариантах в опорном элементе может быть больше двух кольцевых элементов. Однако опорный элемент должен быть устроен так, чтобы, когда мембрана, расположенная между двумя соседними кольцевыми элементами, натягивается, скручивающие усилия, воздействующие на кольцевые элементы с каждой стороны мембраны, действовали в противоположных направлениях

и, таким образом, полностью или почти полностью взаимно уничтожились.

[00032] В таких вариантах осуществления изобретения, где мембранный узел работает в режиме сжатия, усилие, необходимое для сжатия или расширения заполненной текучей средой оболочки, может прикладываться непосредственно к опорному кольцу для поддержания мембраны в одной или нескольких выбранных точках регулирования, чтобы отклонять кольцо от неподвижной опоры. Как подробно описано в родственной заявке PCT/GB2012/051426, точки регулирования, в которых к кольцу прикладывается усилие, следует выбирать в зависимости от требуемой формы, которую должна принять мембрана после активации. Как описывалось выше, это объясняется тем, что для получения требуемой заданной формы мембраны кольцо должно приобретать соответствующий заданный профиль, и активное смещение кольца в одном или нескольких местах относительно неподвижной опоры при активации узла должно соответствовать этому заданному профилю. Другими словами, когда к кольцу прикладывается усилие для сжатия или расширения заполненной текучей средой оболочки относительно неподвижной опоры, кольцо не должно смещаться в какой-либо его точке в положение, которое не совпадает (с учетом приемлемого допуска) с заданным профилем кольца, необходимым для получения заданной формы мембраны.

[00033] Активирующее усилие, прикладываемое к кольцу, должно прилагаться, по меньшей мере, в отстоящих друг от друга точках регулирования, расположенных в каждой точке на кольце (или близко к ней), где профиль кольца, который необходим для получения заданной формы мембраны после деформации, имеет точку поворота в направлении силы, прилагаемой в точке регулирования между двумя соседними точками, где профиль кольца имеет точку перегиба или точку поворота в противоположном направлении.

[00034] Усилие, прикладываемое к опорному кольцу в каждой точке регулирования, может прикладываться с помощью одного или более взаимодействующих с кольцом элементов. Одна или более точек регулирования может быть точкой активации, где один или более взаимодействующих с кольцом элементов имеет активную конфигурацию, чтобы смещать опорное кольцо относительно неподвижной опоры. Опорное кольцо может отклоняться взаимодействующим с ним элементом в каждой точке активации в направлении, по существу параллельном основной оси изгиба.

[00035] В некоторых вариантах осуществления изобретения одна или более точек регулирования могут быть точками пассивного регулирования, где взаимодействующие с кольцом элементы соединены посредством тяги, направляющей или другого механизма с неподвижной опорой, так что движение взаимодействующих с кольцом элементов ограничено определенным диапазоном или определенной траекторией.

[00036] Одна или более точек регулирования могут быть шарнирными точками, где единственный взаимодействующий с кольцом элемент или один из взаимодействующих с кольцом элементов выполнен так, чтобы удерживать кольцо неподвижным относительно опоры - снова с учетом приемлемого допуска. Следует понимать, что если имеется одна или более шарнирных точек, кольцо должно оставаться неподвижным в каждой шарнирной точке, чтобы после активации была получена заданная форма мембраны; другими словами, положение кольца в шарнирной точке или в каждой из шарнирных точек в активированном и неактивированном состоянии остается одинаковым или по существу одинаковым. Если мембрана в неактивированном состоянии является плоской, то все шарнирные точки будут располагаться на одном контуре с нулевым отклонением от опорного элемента.

[00037] При условии соблюдения требования, чтобы была точка регулирования в

каждой точке на кольце, где профиль кольца, который необходим для получения заданной формы мембраны после деформации, имеет точку поворота в направлении силы, прилагаемой в точке регулирования между двумя соседними точками, где профиль кольца имеет точку перегиба или точку поворота в противоположном направлении, можно сделать столько дополнительных точек регулирования в других местах кольца, сколько желательно, однако для формирования плоскости мембраны всегда должно быть не менее трех точек регулирования, независимо от количества точек перегиба или поворотных точек.

[00038] В некоторых вариантах осуществления изобретения точки регулирования могут включать по меньшей мере две шарнирные точки и по меньшей мере одну точку активации, где взаимодействующий с кольцом элемент выполнен таким образом, что он активно смещает кольцо относительно неподвижной опоры для регулирования объема оболочки, заполненной текучей средой.

[00039] Между соседними точками регулирования, по меньшей мере там, где профиль кромки мембраны не соответствует контуру поверхности формы мембраны во всех выбранных степенях активации узла, опорное кольцо должно быть свободным и пассивно отклоняться по основной оси изгиба относительно неподвижной опоры.

[00040] В соответствии с изобретением, один или более регулирующих изгиб элементов регулируют изгиб или другую деформацию изгибаемого опорного элемента для поддержания мембраны в ответ на поверхностное натяжение мембраны. В частности, один или более регулирующих изгиб элементов могут служить для стабилизации опорного элемента, препятствуя его нежелательному изгибу или деформации в неактивированном и активированном состоянии и в то же время позволяя опорному элементу изгибаться так, как это необходимо, при активации, так что мембрана может принимать заданную форму. В принципе один или более регулирующих изгиб элементов должны действовать только для предотвращения нежелательного или нерегулируемого изгиба опорного элемента. На практике один или более регулирующих изгиб элементов в некоторых вариантах изобретения могут определенным образом немного увеличивать общую жесткость на изгиб опорного элемента, что следует учитывать при расчете необходимой жесткости на изгиб опорного элемента, но один или более регулирующих изгиб элементов не должны ухудшать требуемое изгибание опорного элемента.

[00041] Как описывалось выше, гибкий опорный элемент для поддержания мембраны подвергается возрастающей нагрузке при активации узла и может быть подвергнут существенно большей нагрузке, если было проведено предварительное натяжение мембраны на опорном элементе. Один или более регулирующих изгиб элементов служат для стабилизации опорного элемента для поддержания мембраны, когда он подвергается таким нагрузкам.

[00042] Один или более регулирующих изгиб элементов могут изменять жесткость на изгиб опорного элемента анизотропным образом. Один или более регулирующих изгиб элементов могут придавать опорному элементу большую жесткость в плоскости, чем по оси, перпендикулярной плоскости. Один или более регулирующих изгиб элементов может служить для снижения или предотвращения отклонения опорного элемента для поддержания мембраны в плоскости, проходящей по нормали к основной оси изгиба («внутриплоскостная» жесткость) без существенного влияния на отклонение опорного элемента по основной оси изгиба («внеплоскостная» жесткость). Когда мембрана является плоской, регулирующий изгиб элемент(ы) служит для регулирования опорного элемента в пределах плоскости. Как правило, один или

более регулирующих изгиб элементов служат для того, чтобы препятствовать сплющиванию опорного элемента по направлению внутрь или вообще для сохранения формы мембраны под действием боковых сил, внутренних или внешних по отношению к мембранному узлу.

5 [00043] В некоторых вариантах изобретения один или более регулирующих изгиб элементов могут также действовать для регулирования деформации мембраны при активации узла. То есть, в некоторых вариантах один или более регулирующих изгиб элементов позволяют опорному элементу при активации узла изгибаться регулируемым образом в направлении, проходящем по нормали к основной оси изгиба. Это может  
10 быть полезно для поддержания по существу изотропного поверхностного натяжения в мембране или для того, чтобы опорный элемент сужался управляемым образом для изменения площади, охватываемой опорным элементом мембраны.

[00044] Даже в тех вариантах изобретения, где мембрана при активации должна деформироваться сферически, может быть желательным наличие некоторой управляемой  
15 внутриплоскостной деформации опорного элемента для поддержания мембраны. Например, один или более регулирующих изгиб элементов может регулировать жесткость к изгибу опорного элемента в пределах плоскости, чтобы при деформации мембраны была возможна некоторая степень сжатия опорного элемента в направлении  
20 внутрь, что увеличит кривизну мембраны при данном напряжении. Это может быть особенно выгодно в ситуациях, когда желательно избегать слишком высоких нагрузок на границу между опорным элементом мембраны и мембраной.

[00045] Один или более регулирующих изгиб элементов можно использовать с опорным мембранным кольцом описанного выше типа, но их можно использовать и с другими формами опорных элементов мембраны, соответствующими настоящему  
25 изобретению.

[00046] В некоторых вариантах осуществления изобретения один или более регулирующих изгиб элементов может содержать усиливающую диафрагму. Усиливающая диафрагма может включать пластину по существу той же формы, что и  
30 кромка мембраны, и может быть прикреплена к опорному элементу для поддержания мембраны таким образом, чтобы была возможна передача сил между ними. Пластина может быть прикреплена к опорному элементу для поддержания мембраны равномерно по его протяженности, например, приклеена, так что поверхностное натяжение мембраны передается по существу равномерно на диафрагму. Пластина может быть  
35 прикреплена к опорному элементу непрерывно по всей его протяженности. В другом варианте пластина может быть прикреплена к опорному элементу в отстоящих друг от друга местах при условии, что отсутствует искажение опорного элемента в области точек крепления. Пластина должна быть прикреплена к опорному элементу со стороны, противоположной той стороне, в которую растягивается мембрана при активации.

[00047] Предпочтительно, чтобы пластина имела внутриплоскостную жесткость в направлении, ортогональном к основной оси изгиба, большую, чем внеплоскостная жесткость по оси изгиба. Таким образом, пластина может усиливать жесткость опорного элемента в плоскости, проходящей по нормали к основной оси изгиба, препятствуя поверхностному натяжению, прилагаемому к опорному элементу мембраной, и в то же время позволяя опорному элементу изгибаться определенным  
45 образом по основной оси изгиба в ответ на поверхностное натяжение, что контролирует профиль опорного элемента.

[00048] В некоторых вариантах осуществления изобретения опорный элемент для поддержания мембраны может содержать один или более первых кольцевых элементов,

и мембрана может быть зажата между первым кольцевым элементом (элементами) и усиливающей пластиной. Один или более дополнительных вторых кольцевых элементов может быть расположен между мембраной и пластиной, чтобы отделять мембрану от пластины. Целесообразно, чтобы опорный элемент для поддержания мембраны  
5 содержал один первый кольцевой элемент и один второй кольцевой элемент. Жесткость на изгиб пластины и второго кольцевого элемента (элементов) по основной оси изгиба может уравнивать скручивающие усилия, прикладываемые мембраной к первому кольцевому элементу.

[00049] Первый кольцевой элемент может иметь толщину в диапазоне 0,2-0,75 мм, предпочтительно от 0,3 или 0,4 мм до 0,5 мм. Второй кольцевой элемент может иметь  
10 толщину в диапазоне 0,01-0,25 мм, предпочтительно 0,025-0,1 мм, например, около 0,05 мм.

[00050] Пластина может иметь толщину по основной оси изгиба около 0,1-1,0 мм, предпочтительно 0,3-0,7 мм, например, около 0,5 мм, и может быть выполнена из  
15 поликарбоната, нейлона или стекла в случае линзового узла, или из различных пластиков, металла, керамики или композитных материалов в случае акустического или не пропускающего свет мембранного узла.

[00051] В некоторых вариантах осуществления изобретения пластина может быть отделена от мембраны, например, вторым кольцевым элементом (элементами) опорного  
20 элемента. В альтернативном варианте опорный элемент может содержать один или более первых кольцевых элементов, расположенных по одну сторону от мембраны, как описано выше, и пластина может быть прикреплена непосредственно к другой стороне мембраны. В таких вариантах одна поверхность пластины, обращенная к мембране, может быть ступенчатой, создавая по окружности террасу, находящуюся в  
25 одной плоскости с первым кольцевым элементом (элементами), чтобы отделить остальную часть пластины от мембраны. Таким образом, терраса по сути образует второй кольцевой элемент, составляющий одно целое с пластиной.

[00052] Пластина может быть расположена в слое текучей среды и поэтому может иметь одно или несколько проходящих сквозь нее отверстий, чтобы текучая среда  
30 могла свободно двигаться с одной стороны мембраны. Точное количество, размер и расположение таких отверстий может определить специалист, обеспечив свободное движение текучей среды, в пределах требуемого времени реакции или отклика на продольные колебания, с одной стороны пластины на другую без ухудшения способности пластины ограничивать внутривоскостную деформацию опорного  
35 элемента для поддержания мембраны. В некоторых вариантах осуществления изобретения такие отверстия могут практически не оказывать влияния на изгибные свойства пластины. Однако в других вариантах в пластине может быть сформировано одно или более отверстий, размер, количество и расположение которых позволяют контролировать изгибные свойства пластины, что позволяет лучше управлять  
40 изгибанием опорного элемента для поддержания мембраны в ответ на поверхностное натяжение мембраны.

[00053] Мембрана может иметь многоугольную форму - например, прямоугольную, как бывает в линзах для очков - и отверстие в пластине может быть образовано возле  
45 каждого угла. Предпочтительно, чтобы каждое отверстие имело форму модифицированного арбелоса («сапожного ножа») с удлиненной рукояткой, которая ориентирована по оси, являющейся биссектрисой соответствующего угла пластины. Например, в линзовом узле такая «рукоятка» может быть наклонена по направлению к оптическому центру поверхности линзы, образованной мембраной. В случае

прямоугольной пластины отверстия могут быть такой формы и расположены таким образом, что пластина вокруг отверстий имеет приблизительную форму «клеверного листа». Такое расположение особенно выгодно, так как оно позволяет пластине изгибаться в двух направлениях по основной оси изгиба (другими словами, оно позволяет пластине изгибаться по основной оси изгиба по двум взаимно перпендикулярным осям, которые проходят по нормали к оси изгиба), тогда как в отсутствие таких отверстий изгибание пластины по основной оси изгиба по одной оси в плоскости пластины имеет тенденцию делать пластину более жесткой к сгибанию по основной оси изгиба по оси, перпендикулярной к этой одной оси в плоскости пластины, что может быть нежелательно, если требуется, чтобы опорный элемент при активации сгибался по перпендикулярной оси для получения заданного профиля. Вообще желательно, чтобы пластина изгибалась по основной оси изгиба по взаимно ортогональным осям в пределах плоскости пластины.

[00054] В других вариантах осуществления изобретения пластина может иметь одно большое отверстие в центре, так что она практически имеет кольцевую форму. Используемый здесь термин «кольцевая» не означает, что пластина круглая, просто она имеет форму замкнутого контура, повторяющего абрис опорного элемента для поддержания мембраны и периферии мембраны. Наличие центрального отверстия в пластине также позволяет ей изгибаться по основной оси изгиба по двум взаимно ортогональным осям в плоскости пластины. Если опорный элемент для поддержания мембраны представляет собой кольцо, как описывалось выше, то внутриплоскостная ширина кольцевой пластины может быть в 2-15 раз больше средней ширины опорного кольца.

[00055] В некоторых вариантах осуществления изобретения усиливающая пластина может включать одно или несколько отходящих от нее ребер, которые служат для усиления пластины, предупреждая нежелательную деформацию, когда пластина находится в плоском состоянии, или для увеличения энергии, необходимой для достижения нежелательных режимов деформации. Когда опорный элемент имеет плоскую форму, будучи в неактивированном или каком-либо активированном состоянии, и подвергается нагрузке от предварительного натяжения мембраны, он может находиться в нестабильном состоянии, в котором любое отклонение от плоскости высвобождает какое-то количество энергии, хранящейся в поверхностном натяжении в мембране, и поэтому желательно. Опорный элемент при этом склонен к короблению, которое заставляет его и установленную на нем мембрану принимать нежелательную, энергетически более стабильную, седлообразную форму. До некоторой степени эта тенденция к короблению может сохраняться, даже когда мембрана надувается при активации, хотя эта тенденция ослабляется по мере того, как мембрана все более растягивается.

[00056] Одно или более ребер могут находиться на стороне пластины, противоположной мембране. Ребро или ребра могут быть прикреплены к пластине в точках, где опорный элемент не смещается при активации узла, или вблизи таких точек. Предпочтительно ребра могут идти по контурам, где мембрана при активации не смещается по оси изгиба. В альтернативном варианте может быть предусмотрено одно или более прямолинейных ребер, которые проходят поперек пластины. В некоторых вариантах одно или более ребер могут взаимодействовать с одной или более неподвижной частью узла, чтобы усиливать пластину и противодействовать ее короблению. Например, одно или более ребер могут взаимодействовать с неподвижной опорой, которая служит для облегчения сжатия или расширения оболочки, заполненной

текучей средой. В некоторых вариантах одно или более ребер могут иметь такие размеры и расположение, чтобы взаимодействовать с другой стенкой оболочки. Предпочтительно одно или более ребер могут быть приклеены или иным образом соединены с указанной неподвижной частью или частями.

5 [00057] В некоторых вариантах осуществления изобретения один или более регулирующих изгиб элементов могут включать распорки, проходящие между противоположными секциями или областями опорного элемента для поддержания мембраны и служащие для противодействия деформации опорного элемента в пределах плоскости, не мешая его отклонению из плоскости по основной оси изгиба. Распорки  
10 могут быть выполнены из поликарбоната или любого другого пригодного для этого материала, известного специалистам. Распорки могут быть на каждом своем конце жестко прикреплены к опорному элементу для поддержания мембраны, например, приклеены; можно сделать достаточное количество распорок, чтобы предотвратить деформацию опорного элемента для поддержания мембраны между ними. Распорки  
15 могут крепиться непосредственно к опорному элементу для поддержания мембраны. В альтернативном варианте концы распорок могут быть установлены в замкнутых периферийных круговых деталях, непрерывно соединенных с опорным элементом. Предпочтительно могут быть два или более набора распорок, причем распорки в каждом наборе ориентированы поперек друг друга. Предпочтительно распорки в двух  
20 или более наборах не соединены друг с другом в местах пересечений. Это особенно выгодно в случае некруглых мембранных узлов, где поверхностное натяжение мембраны при активации может меняться анизотропно. В таких случаях жесткость усиливающего элемента можно настраивать независимо в каждом наборе распорок, чтобы достичь требуемой анизотропной реакции на активацию мембраны, гармонизированной с  
25 анизотропией мембраны, или чтобы провести коррекцию на нее.

[00058] В другом варианте один или более регулирующих изгиб элементов могут включать рычаги, каждый из которых прикреплен одним концом к мембране или опорному элементу для поддержания мембраны, а другим концом прикреплен к одной или более неподвижных частей мембранного узла, причем каждый рычаг обеспечивает  
30 возможность свободного изгиба опорного элемента по основной оси изгиба, в то же время предотвращая, сопротивляясь или ограничивая деформацию опорного элемента в плоскости. Рычаги могут быть прикреплены к мембране/опорному элементу для поддержания мембраны и к неподвижной части или частям узла с помощью клея.

[00059] В некоторых вариантах осуществления изобретения каждый рычаг может  
35 быть прикреплен другим концом к неподвижной опоре, которая служит для облегчения сжатия или расширения оболочки, заполненной текучей средой. Когда другая стенка оболочки жесткая или примыкает к жесткой пластине, каждый рычаг может быть соединен другим концом с этой стенкой. В альтернативном варианте рычаги могут быть прикреплены другими концами к жесткой покрывающей пластине, которая в  
40 некоторых вариантах изобретения лежит поверх мембраны. Эта передняя покрывающая пластина может быть прозрачной и представлять собой линзу с постоянным фокусным расстоянием. Преимущество прикрепления рычагов к такой покрывающей пластине состоит в том, что позволяет избежать необходимости устанавливать объемистую пластину или линзу позади другой стенки оболочки. Еще в одном варианте каждый  
45 рычаг может быть соединен другим концом с жестким или по существу жестким кожухом, в который заключен узел, соответствующий изобретению.

[00060] Рычаги могут проходить наклонно относительно опорного элемента, так что каждый рычаг ограничивает движение опорного элемента дугой, образуемой

рычагом, при активации узла. Предпочтительно каждый рычаг образует минимальный угол больше  $45^\circ$  с основной осью изгиба. В некоторых вариантах угол, образуемый главной осью изгиба и каждым рычагом, может увеличиваться; в других вариантах этот угол может уменьшаться. В зависимости от конфигурации узла и положения рычагов в некоторых вариантах может быть так, что угол, образуемый некоторыми рычагами, при активации увеличивается, а угол, образуемый другими рычагами, при активации уменьшается.

[00061] Таким образом, при растяжении узла и его отклонении от плоскости смещение опорного элемента для поддержания мембраны в пределах плоскости управляется рычагами. Конкретнее, когда узел активируется, так что области опорного элемента для поддержания мембраны смещаются по оси изгиба, движение этих областей по нормали к оси изгиба ограничивается рычагами, так что ограничивается линейное поверхностное натяжение мембраны.

[00062] Обычно рычаги располагаются внутри замкнутого контура опорного элемента для поддержания мембраны, в зоне, покрываемой мембраной («внутри»), но в некоторых вариантах концы некоторых или всех рычагов могут быть соединены не с опорным элементом мембраны, а с мембраной снаружи опорного элемента. Рычаги могут быть направлены одинаково или в различных направлениях. Предпочтительно имеется два набора рычагов, причем рычаги одного набора ориентированы в первом направлении, а рычаги другого набора ориентированы во втором направлении. Первое и второе направление могут быть поперечны друг к другу, так что рычаги первого и второго наборов пересекаются.

[00063] В другом варианте осуществления изобретения один или более регулирующих изгиб элементов могут включать рычажные механизмы, расположенные вокруг периферии мембраны, причем каждый рычажный механизм соединен с мембраной или с опорным элементом мембраны и с одной или более других неподвижных частей узла, например, каждый рычажный механизм может быть соединен одним концом с опорным элементом мембраны, а другим концом с неподвижной опорой, которая служит для облегчения сжатия или расширения оболочки, заполненной текучей средой. В вариантах, где другая стенка оболочки жесткая или примыкает к жесткой пластине, каждый рычажный механизм может быть соединен другим концом с этой стенкой. Рычажные механизмы могут быть также соединены с нижней стороной передней покрывающей пластиной описанного выше типа. Еще в одном варианте рычажные механизмы могут быть соединены другим концом с жестким или по существу жестким кожухом, в который заключен узел, соответствующий изобретению.

[00064] Рычажные механизмы могут быть расположены снаружи мембраны («наружные»). В другом варианте они могут быть расположены на одной линии с опорным элементом мембраны. Еще в одном варианте рычажные механизмы могут иметь внутреннее расположение, внутри замкнутого контура опорного элемента для поддержания мембраны. Первое расположение имеет то преимущество, что оно минимизирует ограничение потока текучей среды к мембране. Преимущество второго расположения в том, что оно требует меньше места.

[00065] Каждый рычажный механизм может иметь такую конфигурацию, что допускает изгибание опорного элемента для поддержания мембраны по основной оси изгиба, но препятствует движению опорного элемента для поддержания мембраны в плоскости, проходящей по нормали к основной оси изгиба. Например, в некоторых вариантах осуществления изобретения каждый рычажный механизм может состоять из двух рычагов, один из которых соединен с возможностью скользящего перемещения

одним концом с опорным элементом мембраны (или через соответствующий промежуточный элемент с мембраной), а другим концом шарнирно соединен с неподвижной частью узла, например, с другой стенкой оболочки, тогда как другой рычаг соединен с возможностью скользящего перемещения одним концом с неподвижной частью узла, а другим концом шарнирно соединен с мембраной или опорным элементом мембраны. Оба рычага могут быть шарнирно соединены друг с другом между их одним и другим концами.

[00066] Кроме того, один или более регулирующих изгиб элементов могут представлять собой расположенные с интервалами по окружности рычажные механизмы, которые выполнены так, чтобы обеспечивать контролируемое смещение опорных элементов мембраны в пределах плоскости в дополнение к изгибанию опорных элементов мембраны по основной оси изгиба. Таким образом, в данном варианте каждый рычажный механизм может представлять собой 4-элементный рычажный механизм, имеющий один рычаг, шарнирно прикрепленный одним концом к мембране или опорному элементу для поддержания мембраны, и еще два рычага, которые шарнирно прикреплены одним концом к неподвижной части (частям) узла, такой, например, как противоположная стенка оболочки, если она жесткая или установлена на жесткой пластине. Другие концы еще двух рычагов шарнирно прикреплены в отстоящих друг от друга точках к первому рычагу, образуя 4-элементный механизм, что позволяет опорному элементу для поддержания мембраны изгибаться по основной оси изгиба и управлять движением опорного элемента для поддержания мембраны таким образом, что смещение по основной оси изгиба вызывает одновременное движение опорного элемента для поддержания мембраны в пределах плоскости. Как упоминалось выше, благодаря допущению небольшого внутрисекторного смещения опорного элемента для поддержания мембраны, можно контролировать деформацию и напряжение мембраны при ее растяжении.

[00067] Предпочтительно рычаги или тяги могут быть выполнены так, что допускают различные величины смещения в плоскости на протяжении окружности опорного элемента для поддержания мембраны. Когда мембрана при активации растягивается, ее поперечное сечение меняется от фактически хорды окружности к дуге, при большем расстоянии между противоположными сторонами опорного элемента. Для мембраны, которая в одном измерении внутри плоскости больше, чем в другом, или для мембраны, которая должна деформироваться не сферически, напряжение в мембране при растяжении увеличивается не изотропно, оно в одном измерении больше, чем в другом.

Регулирующие изгиб элементы могут быть выполнены так, что допускают большее внутрисекторное смещение опорного элемента на более длинной оси мембраны, чем на короткой поперечной оси, для компенсации не изотропного изменения напряжения и сохранения изотропного поверхностного натяжения мембраны или, по меньшей мере, для уменьшения различия в поверхностном натяжении в двух разных измерениях.

[00068] В еще одном альтернативном варианте один или более регулирующих изгиб элементов могут содержать пружинные элементы, каждый из которых соединен одним концом с опорным элементом мембраны, а другим концом - с соответствующим ограничителем, например, с одной или более жестких или по существу жестких, неподвижных частей узла. В некоторых вариантах ограничитель может представлять собой жесткое или по существу жесткое кольцо, расположенное вокруг опорного элемента для поддержания мембраны. Жесткое кольцо может иметь по существу ту же форму, что и опорный элемент для поддержания мембраны (но быть больше по размеру), или иметь другую форму. В альтернативном варианте ограничитель может представлять

собой кожух или аналогичный элемент, в который помещен узел.

[00069] Пружинные элементы могут представлять собой любые пригодные пружины, известные специалистам. В некоторых вариантах каждый пружинный элемент может представлять собой спиральную пружину. Пружинные элементы должны соединяться с опорным элементом мембраны таким образом, чтобы прикладывать восстанавливающую силу главным образом в направлении, по существу проходящем по нормали к основной оси изгиба, так что опорный элемент для поддержания мембраны может свободно изгибаться по основной оси изгиба, в то время как пружинные элементы ограничивают деформацию опорного элемента для поддержания мембраны в направлении, проходящем по нормали к основной оси изгиба, в пределах плоскости. Модули упругости каждой пружины могут быть одинаковыми или различными по периферии опорного элемента для поддержания мембраны, чтобы регулировать поверхностное натяжение мембраны по желанию.

[00070] Еще в одном варианте один или более регулирующих изгиб элементов могут представлять собой направляющие скольжения, которые взаимодействуют с опорным элементом мембраны, ограничивая движение опорного элемента после активации определенным местом на направляющих. Так, в некоторых вариантах направляющие скольжения могут представлять собой штифты, расположенные по периферии мембраны и продетые в соответствующие отверстия, сформированные в опорном элементе для поддержания мембраны, так что опорный элемент может совершать скользящее перемещение по штифтам. Кроме того, направляющие скольжения могут представлять собой канавки, а опорный элемент для поддержания мембраны может быть снабжен соответствующими ползунками, которые вставлены в канавки и совершают в них скользящее перемещение. Штифты или канавки могут проходить главным образом вдоль основной оси изгиба. В некоторых вариантах штифты или канавки могут быть ориентированы по существу параллельно основной оси изгиба, так что опорный элемент для поддержания мембраны может двигаться только в направлении основной оси изгиба. Однако в некоторых вариантах штифты или канавки могут быть ориентированы наклонно по отношению к основной оси изгиба, допуская некоторую степень движения опорного элемента для поддержания мембраны внутри плоскости при активации узла, чтобы ограничить напряжение в мембране, как описывалось выше. В типичном случае штифты или канавки ориентированы таким образом, чтобы при активации кольцевой опорный элемент там, где он соединен со штифтом или канавкой, двигался внутрь, чтобы уменьшить напряжение в мембране.

[00071] В одном из вариантов один или более регулирующих изгиб элементов могут представлять собой сгибаемые соединительные стержни, которые прикреплены одним концом к опорному элементу для поддержания мембраны на его протяжении и ориентированы по существу в направлении основной оси изгиба. Каждый соединительный элемент может взаимодействовать, с возможностью скользящего перемещения, с установочным элементом, который постоянно прикреплен к неподвижной части узла. Взаимодействие каждого соединительного стержня с соответствующим установочным элементом позволяет соединительному стержню совершать скользящее перемещение по основной оси изгиба, и каждый установочный элемент имеет фланцевую часть, которая расположена так, что предупреждает сгибание соединительного стержня, когда узел не активирован. При активации узла соединительный стержень совершает скользящее перемещение относительно своего соответствующего установочного элемента, так что один конец соединительного стержня постепенно выступает за пределы фланца, и часть соединительного стержня, которая

таким образом смещается, сгибается в пределах плоскости поперечно к основной оси изгиба. Взаимодействие соединительного стержня и установочного элемента, таким образом, позволяет опорному элементу для поддержания мембраны свободно двигаться по основной оси изгиба, насколько это требуется, и делает возможным управляемое смещение опорного элемента для поддержания мембраны в плоскости по мере дальнейшей активации узла.

[00072] Мембранный узел, соответствующий изобретению, можно использовать в различных областях применения, когда желательно деформировать мембрану постепенно и управляемым образом, чтобы получить поверхность заданной формы.

Мембранный узел можно использовать как для статических, так и для динамических применений. Например, его можно использовать для создания акустической поверхности, например, диафрагмы для громкоговорителя или другого акустического преобразователя. Особой областью применения мембранного узла является оптика, где мембрану можно использовать для получения поверхности линзы или зеркала, или того и другого одновременно.

[00073] В оптических применениях, особенно когда узел содержит линзу или другое устройство, пропускающее свет, желательно, чтобы все детали узла, лежащие в поле зрения, были согласованы друг с другом по показателю преломления в представляющей интерес области спектра. Так, если один или более управляющих изгибом элементов включают одну или более деталей (таких как распорки, рычаги, рычажные механизмы, диски и т.д.), расположенных в области, охватываемой мембраной, то эти детали должны быть согласованы по показателю преломления с текучей средой, так что они будут невидимы или почти невидимы.

[00074] Предпочтительно, как описывалось выше, чтобы мембрана была покрыта первой защитной покрывающей пластиной, которая лежит поверх мембраны. В оптических применениях передняя покрывающая пластина может быть прозрачной и в некоторых случаях может представлять собой линзу с постоянным фокусным расстоянием.

[00075] Узел может включать вторую покрывающую пластину, наложенную на другую, противоположную, стенку оболочки, заполненной текучей средой. В некоторых вариантах эта другая стенка может представлять собой вторую деформируемую мембрану. В других случаях эта другая стенка может иметь постоянную форму, например, плоскую. Если другая стенка оболочки гибкая, на нее может быть наложена вторая покрывающая пластинка, чтобы защитить ее и создать твердый или по существу твердый кожух для узла. В некоторых вариантах вторая пластина также может представлять собой линзу с постоянным фокусным расстоянием. Еще в одном варианте вторая покрывающая пластина может создавать вторую стенку оболочки.

[00076] Еще в одном аспекте изобретения предлагаются очки, включающие деформируемую мембрану, соответствующую изобретению.

[00077] Такие очки могут включать оправу с ободками; мембранный узел с деформируемой мембраной может быть установлен в ободок.

[00078] Ниже приводится в качестве примеров описание вариантов осуществления настоящего изобретения со ссылками на прилагаемые чертежи.

[00079] На чертежах:

[00080] Фиг. 1 - перспективный вид сверху очков, включающих оправу, в которой установлены два узла заполненных жидкой средой линз, соответствующих первому варианту осуществления изобретения;

[00081] фиг. 2 - перспективный вид сверху и слева левой части очков, показанных на

фиг. 1, где показано, как один из линзовых узлов первого варианта изобретения крепится к оправе;

[00082] фиг. 3 - вид спереди одного из линзовых узлов, показанных на фиг. 2, в неактивированном состоянии;

5 [00083] фиг. 4 - поперечный разрез одного линзового узла по линии IV-IV на фиг. 3;

[00084] фиг. 5 - поперечный разрез одного линзового узла по линии V-V на фиг. 3;

[00085] фиг. 6 - поперечный разрез одного линзового узла по линии VI-VI на фиг. 3;

[00086] фиг. 7 - перспективный вид снизу и слева передней части линзового узла, который показан в разрезе по линии VI-VI на фиг. 3;

10 [00087] фиг. 8 - изображение в разобранном виде одного линзового узла первого варианта изобретения, где показаны части узла;

[00088] фиг. 9 - вид спереди гибкой мембраны и опорных колец для поддержания мембраны одного линзового узла в активированном состоянии, где показано, как меняется ширина колец по периферии мембраны для управления моментом инерции сечения колец; контурные линии показывают кривизну мембраны при активации;

15 [00089] фиг. 10 - мембрана и кольца, показанные на фиг. 9, в активированном состоянии в проекции на условную сферу радиуса R;

[00090] фиг. 11 - поперечный разрез одного линзового узла, соответствующий фиг. 4, но показывающий узел в активированном состоянии; и

20 [00091] фиг. 12 - поперечный разрез одного линзового узла, соответствующий фиг. 5, но показывающий узел в активированном состоянии.

[00092] фиг. 13А - вид спереди опорного диска одного линзового узла, соответствующего первому варианту осуществления изобретения, который используется для управления изгибанием опорных колец для поддержания мембраны под действием

25 поверхностного натяжения в мембране;

[00093] фиг. 13В - вид спереди первого варианта опорного диска, который может использоваться в узле, соответствующем первому варианту изобретения;

[00094] фиг. 13С - вид спереди второго варианта опорного диска, который может использоваться в узле, соответствующем первому варианту изобретения;

30 [00095] фиг. 13D - вид спереди третьего варианта опорного диска, который может использоваться в узле, соответствующем первому варианту изобретения;

[00096] фиг. 13Е - перспективный вид снизу и справа передней части третьего варианта диска, показанного на фиг. 13D;

35 [00097] фиг. 13F - вид спереди четвертого варианта опорного диска, который может использоваться в узле, соответствующем первому варианту изобретения;

[00098] фиг. 13G - перспективный вид снизу и справа передней части четвертого варианта диска, показанного на фиг. 13F;

[00099] фиг. 14 - схематический вид в разрезе, аналогичный фиг. 4 и 11, другого мембранного узла, соответствующего второму варианту осуществления, который

40 включает второй вариант опорного диска, показанный на фиг. 13С;

[000100] фиг. 15 - схематический вид спереди опорного мембранного кольца, снабженный ограничивающими изгибание распорками в соответствии с третьим вариантом осуществления изобретения;

[000101] фиг. 16 - вид спереди мембранного узла, соответствующего четвертому

45 варианту осуществления изобретения;

[000102] фиг. 17А - схематический вид сбоку в разрезе мембранного узла, показанного на фиг. 16, в неактивированном состоянии;

[000103] фиг. 17В - схематический вид сбоку в разрезе мембранного узла, показанного

на фиг. 16, в активированном состоянии;

[000104] фиг. 18А - схематический вид сбоку в разрезе части мембранного узла, соответствующего пятому варианту осуществления изобретения, в неактивированном состоянии;

5 [000105] фиг. 18В - схематический вид сбоку в разрезе части мембранного узла, соответствующего пятому варианту осуществления изобретения, в активированном состоянии;

[000106] фиг. 19 - схематический вид спереди еще одного мембранного узла, соответствующего шестому варианту осуществления изобретения и содержащего  
10 «наружные» рычажные механизмы регулирования изгиба;

[000107] фиг. 20А - схематический вид сбоку в разрезе мембранного узла, показанного на фиг. 19, в неактивированном состоянии;

[000108] фиг. 20В - схематический вид сбоку в разрезе мембранного узла, показанного на фиг. 19, в активированном состоянии;

15 [000109] фиг. 21 - схематический вид сбоку в разрезе мембранного узла, соответствующего седьмому варианту осуществления изобретения и содержащего «внутренние» рычажные механизмы регулирования изгиба;

[000110] фиг. 22А - схематический вид сбоку в разрезе еще одного мембранного узла, соответствующего восьмому варианту осуществления изобретения и содержащего  
20 «внутренние» рычажные механизмы регулирования изгиба, в неактивированном состоянии;

[000111] фиг. 22В - схематический вид сбоку в разрезе еще одного мембранного узла, соответствующего восьмому варианту осуществления, в активированном состоянии;

[000112] фиг. 23 - схематический вид сбоку в разрезе мембранного узла, соответствующего седьмому варианту осуществления изобретения и содержащего  
25 «наружные» рычажные механизмы регулирования изгиба;

[000113] фиг. 24 - схематический вид спереди мембранного узла, соответствующего десятому варианту осуществления изобретения и содержащего «наружные» пружины регулирования изгиба;

30 [000114] фиг. 25 - схематический вид спереди еще одного линзового узла, соответствующего одиннадцатому варианту осуществления изобретения, в котором опорные мембранные кольца совершают скользящее перемещение по разнесенным по окружности штифтам, противодействуя изгибанию колец в пределах плоскости под действием поверхностного натяжения в мембране;

35 [000115] фиг. 26 - схематический вид сбоку линзового узла, показанного на фиг. 25, в неактивированном состоянии;

[000116] фиг. 27 - увеличенный вид сбоку, где показано крепление опорных колец для поддержания мембраны к одному из штифтов узла, показанного на фиг. 25 и 26;

[000117] фиг. 28 - увеличенный вид сбоку одного из вариантов одиннадцатого  
40 варианта осуществления изобретения, в котором один или более штифтов расположены под углом, чтобы ограничивать внутриплоскостное изгибание опорных колец для поддержания мембраны;

[000118] фиг. 29 - схематический вид спереди части мембранного узла, соответствующего двенадцатому варианту осуществления изобретения, в котором  
45 опорные мембранные кольца установлены на разнесенных по окружности стержнях для ограничения изгибания колец в пределах плоскости под действием поверхностного натяжения в мембране;

[000119] фиг. 30 - схематический вид сбоку в разрезе узла, соответствующего

двенадцатому варианту осуществления изобретения, в неактивированном состоянии;  
и

[000120] фиг. 31А и 31В - увеличенные виды сбоку, соответственно в неактивированном и активированном состоянии, где показано крепление опорных колец для поддержания мембраны к одному из стержней узла, показанного на фиг. 29 и 30.

[000121] Как показано на фиг. 1, пара очков 90 включает оправу 92, имеющую два ободка 93 и два заушника 94. Ободки 93 соединены переносицей 95, и каждый ободок 93 имеет такую форму и размеры, чтобы в него можно было установить линзовый узел 1, 1', соответствующий первому варианту осуществления настоящего изобретения. Один из линзовых узлов 1 используется для левой стороны очков, а второй 1' - для правой стороны. Каждый ободок 93 включает переднюю часть 93а, сформированную за одно целое с переносицей 95 и соединенную с заушниками 94, и отдельную заднюю часть 93б. Передняя и задняя части ободка 93а, 93б соединяются вместе, как показано на фиг. 2, захватывая и прочно удерживая соответственный линзовый узел 1, 1' между собой. Передняя и задняя части ободка 93а, 93б могут скрепляться любыми пригодными для этого средствами, имеющимися в распоряжении специалистов. Например, передняя и задняя части ободка могут иметь резьбовые отверстия 97, в которые входят небольшие крепежные винты, надежно скрепляя две части ободка между собой и закрепляя между ними линзовые узлы 1, 1'.

[000122] Как можно видеть на фиг. 1, правый и левый линзовые узлы 1, 1' являются зеркальными отражениями друг друга, в других отношениях их конструкции идентичны. Ниже подробно описан только левый линзовый узел 1, однако понятно, что конструкция и действие правого линзового узла 1' точно такие же.

[000123] Как лучше всего видно на фиг. 3 и 9, в данном варианте осуществления изобретения левый линзовый узел 1 имеет в целом прямоугольную форму с двумя противоположными длинными сторонами 3, 5 и двумя короткими сторонами 7, 9 и соответствует по форме и размерам оправе 92, как описывалось выше, но следует понимать, что эта форма линзового узла является лишь одним из примеров возможных форм, и деформируемый мембранный узел, такой как линзовый узел, может иметь самые разнообразные формы. Изобретение особенно пригодно для некруглых форм, таких, как форма, показанная на фиг. 3 и 9, но идеи настоящего изобретения применимы также к круглым линзам и другим устройствам, включающим деформируемую мембрану для создания поверхности, имеющей заданную форму.

[000124] Как показано на фиг. 5-8, линзовый узел 1 первого варианта осуществления изобретения включает прозрачную переднюю покрывающую пластину 4, прозрачную заднюю покрывающую пластину 16 и удерживающее кольцо 6, которое служит для удержания частей линзового узла 1 вместе, причем передняя и задняя покрывающие пластины 4, 16 расположены на некотором расстоянии друг от друга по передне-задней оси - оси z, показанной на фиг. 8.

[000125] Передняя покрывающая пластина 4 может быть выполнена из стекла или пригодного для этого прозрачного полимерного материала. В линзовом узле 1 данного варианта изобретения передняя покрывающая пластина имеет толщину около 1,5 мм, но ее толщина может быть различной. В некоторых вариантах передняя покрывающая пластина 4 может представлять собой линзу с фиксированной фокусной силой (силами), например, она может быть монофокальной (одна фокусная сила), многофокальной (две или более фокусных сил), прогрессивной (ступенчатая сила) или даже регулируемым элементом. Как показано на фиг. 4, например, передняя покрывающая пластина 4

является плоско-выпуклой.

[000126] Задняя покрывающая пластина 16 имеет переднюю поверхность 17 и заднюю поверхность 14 и может быть выполнена из стекла или прозрачного полимерного материала. В данном варианте осуществления изобретения задняя покрывающая пластина 16 имеет толщину около 1,5 мм, но ее толщина может варьироваться по желанию. Как и передняя покрывающая пластина 4, в некоторых вариантах задняя покрывающая пластина 16 может представлять собой линзу с фиксированной фокальной силой. В данном варианте, например, задняя покрывающая пластина 16 является вогнуто-выпуклой линзой, что лучше всего видно на фиг. 4.

[000127] Как показано на фиг. 8, удерживающее кольцо 6 включает направленную вперед боковую стенку 13, имеющую внутреннюю поверхность 23; боковая стенка 13 заканчивается в передней поверхности 15. На короткой стороне 7 линзового узла 1 в удерживающем кольце 6 сформирован паз 25, показанный на фиг. 7 и 8, который проходит в передне-заднем направлении. Как лучше всего видно на фиг. 6, внутренняя поверхность 23 удерживающего кольца 6 имеет круговой, направленный внутрь задний фланец 34, а также имеет выступающую наружу ступеньку, промежуточную по отношению к передней поверхности 15, так что образуется круговое плечо 36, форма которого подробнее описана ниже. Задний фланец 34 расположен вблизи задней поверхности удерживающего кольца 6; задняя покрывающая пластина 16 опирается на задний фланец 34, а передняя покрывающая пластина 4 плотно прикреплена к передней поверхности 15 удерживающего кольца 6, так что линзовый узел 1 образует герметичный блок, полый внутри.

[000128] Как лучше всего видно на фиг. 6, удерживающее кольцо 6 имеет такую форму и размеры, что плотно прилегает к задней части ободка 93b, так что когда линзовый узел 1 установлен между передней и задней частями ободка 93a, 93b, он стабильно удерживается между ними и не может двигаться. Таким образом, удерживающее кольцо 6 образует стабильную неподвижную опору для подвижных частей линзового узла 1, как описывается ниже.

[000129] В двух отстоящих друг от друга местах ①1, ②2 на другой короткой стороне 9 линзового узла 1 внутренняя поверхность 23 удерживающего кольца 6 сформирована за одно целое с небольшими взаимодействующими с кольцом выступами 39, которые расположены спереди от промежуточного плеча 36 - см. фиг. 4. В другом варианте один или несколько таких выступов могут располагаться на длинных сторонах 3, 5 вблизи другой короткой стороны 9.

[000130] Внутри полости линзовый узел 1 содержит тарелкообразную деталь 12, имеющую гибкую боковую стенку 18, заднюю стенку 19 и передний уплотняющий фланец 20. В данном варианте осуществления изобретения тарелкообразная деталь 12 выполнена из прозрачного материала boPET (двуосно ориентированный полиэтилентерефталат) фирмы DuPont® и имеет толщину около 6 мкм; однако для тарелкообразной части можно использовать и другие материалы и подбирать толщину соответственно. Задняя стенка 19 тарелкообразной детали 12 плотно соединена с передней поверхностью 17 задней покрывающей пластины 16. Для такого соединения можно использовать прозрачный склеивающий под давлением клей, такой, например, как клей 3M® 8211, В данном варианте толщина клеевого слоя составляет около 25 мкм, но она может быть различной, в зависимости от обстоятельств.

[000131] Боковая стенка 18 тарелкообразной детали 12 направлена вперед от задней стенки 19, а промежуточное плечо 36 на внутренней поверхности 23 боковой стенки 13 удерживающего кольца 6 и боковая стенка 18 тарелкообразной детали 12 имеют

такую конфигурацию и размеры, что вблизи выступов 39 передний уплотняющий фланец 20 тарелкообразной детали локально опирается на плечо 39, тогда как в других местах боковая стенка 18 отстоит от плеча 36, оставляя свободное пространство между плечом 36 и уплотняющим фланцем 20. В данном варианте осуществления изобретения боковая стенка 18 тарелкообразной детали 12 имеет по существу одинаковую высоту в передне-заднем направлении, а плечо 36 на внутренней поверхности 23 боковой стенки 13 удерживающего кольца 6 наклонено назад от другой короткой стороны 9 к первой короткой стороне 7 узла.

Такое расположение позволяет зажимать тарелкообразную деталь в области первой короткой стороны 7 при активации узла, как подробнее описано ниже.

[000132] Передний уплотняющий фланец 20 тарелкообразной детали 12 приклеен к задней поверхности прозрачной диафрагмы, представляющей собой диск 24, который служит регулирующим изгиб элементом, как более подробно описывается ниже. В данном варианте осуществления изобретения, как лучше всего видно на фиг. 13А, диск 24 представляет собой плоскую пластинку из поликарбоната толщиной около 0,5 мм, но можно использовать и другие пригодные материалы, обеспечивающие необходимые свойства, которые будут описаны ниже. Совмещенный с одной короткой стороной 7 линзового узла 1 прозрачный диск 24 имеет выступающий язычок 26, который входит в паз 25 в боковой стенке 13 удерживающего кольца 6. Как лучше всего видно на фиг. 13А, прозрачный диск 24 имеет отверстия 32а, 32b; в данном варианте осуществления изобретения таких отверстий два - одно возле одной короткой стороны 7 линзового узла 1, а второе возле другой короткой стороны 9. Назначение этих отверстий 32а, 32b более подробно описывается ниже. Точное количество, размеры и расположение отверстий 32а, 32b при желании могут быть различными; например, можно сделать более мелкие отверстия, разнесенные по диску 24. В данном варианте тарелкообразная деталь 12 герметично приклеена к задней поверхности диска 24 клеем Loctite® 3555, но для специалиста очевидно, что могут быть и другие альтернативы.

[000133] Передняя поверхность прозрачного диска 24 плотно прикреплена к мембранному подузлу, включающему прозрачную, непористую, эластичную мембрану 8, которая зажата между парой упруго сгибаемых опорных мембранных колец, включающих переднее кольцо 2 и заднее кольцо 10. Как показано на фиг. 6 и 7, кольца 2, 10 имеют по существу одинаковую геометрию и такие размеры, что они входят во внутреннюю полость удерживающего кольца впереди плеча 36. В данном варианте осуществления изобретения кольца 2, 10 вырезаны из листовой нержавеющей стали и имеют толщину около 0,3 мм, но могут использоваться и другие материалы, и толщина должна быть такой, чтобы обеспечить нужную жесткость.

[000134] Форма колец 2, 10 более детально показана на фиг. 9. Как можно видеть, ширина колец 2, 10 в плоскости x-y неодинакова вокруг периферии узла 1, так что кольца 2, 10 имеют жесткость на изгиб, которая изменяется заданным образом на их протяжении. Это сделано для того, чтобы обеспечить изгибание опорных колец 2, 10 при активации узла 1 для управления деформацией гибкой мембраны 8 и, следовательно, оптической силой линзы, как более подробно описывается ниже.

[000135] В данном варианте осуществления изобретения переднее и заднее кольца 2, 10 имеют одинаковую толщину, но в других вариантах их толщина может быть различной. Например, переднее опорное кольцо 2 может иметь толщину около 0,4-0,5 мм, тогда как толщина заднего кольца 10 может быть около 0,025-0,05 мм. Заднее кольцо 8 служит также для отделения мембраны 8 от диска 24. Независимо от того, имеют ли опорные кольца 2, 10 одинаковую или разную толщину, желательно, чтобы

они действовали вместе для уравнивания скручивающих усилий, прилагаемых к кольцам 2, 10, возможно, с участием прозрачного диска 24, когда мембрана 8 натягивается, как будет подробнее описано ниже. В некоторых вариантах жесткость на изгиб диска 24 может быть достаточна для уравнивания скручивающих усилий, и в этом случае заднее кольцо 10 можно сделать тоньше переднего кольца 2 или даже обойтись без него. В последнем случае диск может на своей передней поверхности иметь по периферии ступеньку или аналогичный элемент, чтобы отделить диск 24 от мембраны 8.

[000136] Каждое из колец 2, 10 имеет выступающий язычок, который совмещается с соответствующим язычком 26 на прозрачном диске 24.

[000137] В данном варианте осуществления изобретения мембрана 8 выполнена из полиэтилентерефталата (например, майлара) и имеет толщину около 0,5, но при желании можно использовать и другие материалы с соответствующим модулем упругости. Например, мембрана 8 может быть выполнена из других полиэфиров, силиконовых эластомеров (например, поли(диметилсилоксан)), термопластичных полиуретанов (например, тафтан (Tuftane)), полимеров винилиденхлорида (например, Saran®) или из стекла соответствующей толщины.

[000138] Мембрана 8 предварительно натянута с напряжением до 5% и приклеена к кольцам так, что она стабильно закреплена по кромке, как показано на фиг. 4-7, 9 и 10. В данном варианте осуществления изобретения мембрана 8 приклеена к переднему и заднему кольцам 2, 10 клеем Loctite® 3555. Мембрана 8 должна иметь непроницаемое для текучей среды соединение, по меньшей мере с задним кольцом 10.

[000139] Как показано на фиг. 4, 6 и 7, переднее кольцо 2 склеено вдоль его коротких сторон 7, 9, соответственно, с двумя придающими жесткость ребрами 3a, 3b, которые служат для изменения жесткости на изгиб мембранного подузла в этих областях. Придающее жесткость ребро 3a на одной короткой стороне 7 линзового узла 1 имеет выступающий язычок 26, который совмещается с соответствующими язычками 26, сформированными на переднем и заднем кольцах 2, 10 и на прозрачном диске 24.

[000140] Расстояние между плечом 36 и выступами 39 на внутренней поверхности 23 удерживающего кольца 6 таково, что слоистый диск 24, переднее и заднее кольца 2, 10, мембрана 8 и придающее жесткость ребро 3b на другой короткой стороне 9 узла 1 плотно садятся под взаимодействующие с кольцом выступы 39 на внутренней поверхности 23 удерживающего кольца 6, и, таким образом, выступы 39 служат для ограничения движения мембранного подузла вперед и назад в этих местах, обозначенных **01, 02**. Как указывалось выше, на одной короткой стороне 7 узла и вдоль его длинных сторон 3, 5, по меньшей мере, вблизи одной короткой стороны, диск 24 и кольца 2, 10 с мембраной 8, зажатой между ними, могут свободно перемещаться по оси Z в свободном пространстве между плечом 36 и передней покрывающей пластиной 4.

[000141] Взаимодействующие с кольцом выступы 39, таким образом, служат для шарнирного крепления мембранного подузла к удерживающему кольцу, совмещенному с другой короткой стороной 9. Совмещенные язычки 26, сформированные на придающем жесткость ребре 3a, переднем и заднем кольцах 2, 10 и прозрачной диафрагме 24, имеют расположенные близко друг к другу отверстия 28a, 28b для соединения с избирательно приводимым в действие активирующим устройством (не показано), которое соединено с очками 90 для перемещения мембранного подузла в направлении вперед-назад на одной короткой стороне 7 относительно удерживающего кольца 6; паз 25 в удерживающем кольце 6 допускает такое движение. Отверстия 28a, 28b, таким образом, определяют точку активации А, как показано на фиг. 10. Смещение мембранного

подузла по оси z в точке активации А заставляет часть мембранного подузла, примыкающую к одной короткой стороне 7 узла 1, двигаться к или от задней стенки 19 тарелкообразной детали 12, которая удерживается в неподвижности удерживающим кольцом 12 б, тогда как подузел также сохраняет неподвижность относительно мест Н1, Н2 на задней стенке 19, которые служат шарнирными точками. Кольца 2, 10 свободно «плавают в свободном пространстве» между плечом 3б на передней крышке 4, кроме тех мест, где они зажаты между взаимодействующими с кольцом выступами 39 и плечом 3б и где их движение управляется в точке активации А активирующим устройством.

10 [000142] Для избирательного смещения мембранного подузла в точке активации А относительно удерживающего кольца б между неактивированным положением, показанным на фиг. 4-7, в котором переднее и заднее кольца 2, 10 и мембрана 8 по существу плоские, расположенные в плоскости x-y, и полностью активированным положением, может применяться любое пригодное активирующее устройство, известное 15 специалистам. Активирующее устройство может управляться вручную или автоматически и должно содержать соответствующую взаимодействующую с кольцом тягу для соединения активирующего устройства с мембранным подузлом через язычки 2б, чтобы перемещать мембранный подузел в направлении вперед-назад в точке активации А. Устройство активации может обеспечивать непрерывное перемещение 20 мембранного подузла между неактивированным и полностью активированным положениями, или же может быть настроен так, чтобы обеспечивать перемещение мембранного подузла только в некоторое количество заданных отстоящих друг от друга положений. Устройство активации удобно разместить в переносице 94 очков 90 или в одном из заушников 93. Можно также установить в каждом из заушников 93 25 отдельное активирующее устройство для каждого линзового узла 1, 1', и эти устройства можно соединить, чтобы обеспечить одновременную активацию обоих узлов 1, 1'. Следует понимать, что сила, прилагаемая активирующим устройством, действует на мембранный подузел и противодействует удерживающему кольцу б через выступы 39 (причем удерживающее кольцо б установлено неподвижно в оправе 92 очков 90), так 30 что она избирательно перемещает мембранную опору и мембранный узел относительно удерживающего кольца б. Активирующее устройство здесь подробно не описывается, но в принципе оно может быть механическим, электрическим или магнитным и/или в нем может использоваться материал с изменяемым фазовым состоянием, например, сплав с памятью формы (СПФ), воск или электроактивный полимер.

35 [000143] Боковая стенка 13 удерживающего кольца б имеет такие размеры, что когда узел собран, покрывающая пластина 4 отстоит в направлении вперед от переднего опорного кольца 2 для поддержания мембраны и придающих жесткость ребер 3а, 3б, как показано на фиг. 4, 5, 11 и 12, так что мембрана 8 при активации может растягиваться вперед, как описано ниже, не упираясь в переднюю покрывающую пластину 4.

40 [000144] Тарелкообразная деталь 12, мембрана 8, заднее опорное кольцо 10 и диафрагма 24 образуют герметичную внутреннюю полость 22, наполненную прозрачной текучей средой. В данном варианте осуществления изобретения полость 22 заполнена прозрачным маслом 11. В этом варианте применяется силиконовое масло фирмы Dow Corning® DC 705 (1,3,5-триметил-1,1,3,5,5-пентафенилтрисилоксан с молекулярным 45 весом 546.88), но существует множество других пригодных бесцветных масел, особенно в семействе силоксановых масел с высоким показателем преломления, выпускаемых различными производителями. Масло 11 следует выбирать так, чтобы в случае утечки оно не причинило вреда глазу человека, который носит такие очки. Для неоптических

применений этот аспект менее важен.

[000145] Полость 22 в нормальном состоянии не должна быть переполнена, так что в неактивированном положении мембрана 8 остается плоской, как описано выше, образуя плоскость отсчета для мембраны D, показанную фиг. 10; предварительное натяжение мембраны 8 служит для ее растяжения, чтобы снизить риск образования морщин или провисания вследствие изменения температуры, гравитационных эффектов или инерции в масле 11 при движении узла 1. Как указывалось выше, прозрачная диафрагма 24 имеет отверстия 32a, 32b, что позволяет текучей среде перетекать между пространствами впереди и сзади прозрачной диафрагмы 24 при заполнении и во время эксплуатации, как описывается ниже.

[000146] Хотя мембрана 8 в данном варианте изобретения в неактивированном состоянии является плоской, в других вариантах она может в неактивированном состоянии быть выпуклой (или вогнутой), а при активировании может приобретать плоскую конфигурацию. В таком случае плоскость мембраны после активации можно использовать в качестве плоскости отсчета D для измерения смещения колец 2, 10 или других опорных элементов по оси z. Еще в одном варианте узел может быть выполнен таким образом, что на практике он никогда не бывает плоским, и все же может иметь теоретическую плоскую конфигурацию, которая является экстраполяцией допустимого для него движения - в направлении активирования или обратном. Специалистам понятно, что даже такое теоретическое плоское состояние можно использовать для определения плоскости отсчета для мембраны, даже если в реальном неактивированном состоянии мембрана уже имеет некоторую степень кривизны.

[000147] Масло 11 поддерживает тарелкообразную деталь 12 изнутри, в частности, оно усиливает гибкую боковую стенку 18, не давая ей опускаться под собственным весом или под действием эффектов инерции внутри узла. Таким образом, заполненная текучей средой полость 22 образует похожую на подушку, упруго сжимаемую оболочку.

[000148] В данном варианте осуществления изобретения прозрачное масло 11 и материалы, использованные для изготовления задней покрывающей пластины 16, тарелкообразной детали 12, склеивающий под давлением клей для прикрепления задней стенки 19 тарелкообразной детали 12 к передней поверхности 17 задней покрывающей пластины 16, материалы прозрачной диафрагмы 24 и мембраны 8 подобраны так, чтобы их показатели преломления были как можно ближе друг к другу. Когда внутренняя полость 22 заполнена прозрачным маслом 11, мембрана 8 и задняя поверхность 14 задней покрывающей пластины 16 образуют противоположные оптические поверхности регулируемой линзы. Как указывалось выше, в данном варианте изобретения задняя покрывающая пластина 16 представляет собой вогнуто-выпуклую линзу.

[000149] В неактивированном состоянии мембрана имеет плоскую форму, так что линза имеет постоянную оптическую силу, обеспечиваемую задней покрывающей пластиной, к которой ничего не добавляет мембрана 8. Следует понимать, что для неоптических применений текучая среда, а также другие части узла не обязательно должны быть прозрачными, они могут быть полупрозрачными или непрозрачными, по желанию.

[000150] Следует иметь в виду, что изобретение не ограничивается конкретными материалами и размерами, использованными в данном варианте его осуществления и приведенными лишь для примера. Для тарелкообразной части 12 можно использовать различные типы материалов, которые оптически прозрачны, имеют низкую общую жесткость по сравнению с опорными кольцами 2, 10 и могут прикрепляться к диафрагме

24.

Можно использовать различные клеи, которые способны прочно соединять детали узла, устойчивы к ползучести, имеют практически целесообразную вязкость и остаются инертными в присутствии текучей среды 11. Конкретные клеи выбираются в зависимости

5 от материалов, выбранных для различных частей узла.

[000151] При срабатывании активирующего устройства к язычкам 26 на мембранном подузле прикладывается сила, что заставляет мембранный подузел на одной короткой стороне 7 узла 1 двигаться вперед или назад из своего неактивированного положения относительно удерживающего кольца 6, причем, чтобы допустить такое движение,

10 язычки 26 совершают скользящее перемещение в пазу 25, образованном на короткой стороне 7 удерживающего кольца 6, и полость 22 при этом расширяется или сжимается, соответственно уменьшая или увеличивая давление текучей среды в полости 22. Боковая стенка 18 тарелкообразной детали 12 является гибкой и потому допускает это движение. В данном варианте осуществления изобретения линзовый узел 1 сконструирован так,

15 что мембранный подузел при активировании движется назад вблизи одной короткой стороны 7, сжимая полость 22 и увеличивая давление текучей среды в ней. Вследствие повышенного давления текучей среды эластичная мембрана 8 раздувается и выступает вперед в виде выпуклости, как показано на фиг. 11 и 12, что увеличивает кривизну мембраны и оптическую толщину линзы между мембраной 8 и задней поверхностью

20 14 задней покрывающей пластины 16 и повышает положительную оптическую силу вогнуто-выпуклой линзы с постоянным фокусным расстоянием, которой является задняя покрывающая пластина 16.

[000152] Следует понимать, что в других вариантах осуществления изобретения, например, в описанном ниже четвертом варианте, который показан на фиг. 16-17,

25 активирующее устройство может быть настроено так, чтобы подузел двигался вперед от неактивированного положения, что уменьшает давление текучей среды в полости 22, заставляя мембрану 8 растягиваться внутрь, приобретая вогнутую форму, так что, в комбинации с задней поверхностью 14 задней покрывающей пластины 16, составная линза станет двояковогнутой, хотя в данном варианте максимальная кривизна в

30 направлении назад ограничивается зазором между мембраной 8 и прозрачной диафрагмой 24. Чем больше кривизна мембраны 8, тем больше дополнительная оптическая сила (положительная или отрицательная), придаваемая мембраной 8. В таком варианте гибкая боковая стенка 18 тарелкообразной детали 12 будет сжатой в неактивированном положении и будет расширяться при активации.

[000153] Для использования узла в качестве линзы нужно, чтобы мембрана 8 при активации деформировалась сферически или в соответствии с другой заданной формой, как описывается ниже. Для оптических и неоптических применений мембранного узла с деформируемой мембраной, соответствующего настоящему изобретению, могут быть желательны другие заданные формы. Поскольку мембрана 8 имеет некруглую форму,

40 опорные кольца 2, 10 должны изгибаться так, чтобы при активации узла они отклонялись по оси z, проходящей по нормали к плоскости отсчета, чтобы управлять формой мембраны 8, когда она растягивается до заданной формы. В частности, опорные кольца 2, 10 должны изгибаться так, чтобы соответствовать профилю кромки мембраны, когда мембрана 8 приобретает заданную форму. Если опорные кольца 2, 10 недостаточно

45 гибки или изогнулись неправильно, то при активации узла 1 кромка мембраны 8 не будет соответствовать заданной форме мембраны 8 и в результате общая форма мембраны 8 будет искажена.

[000154] На фиг. 10 показан профиль кромки мембраны 8, соответствующей

настоящему варианту осуществления изобретения, который требуется после активации линзового узла 1, чтобы придать мембране 8 по существу неискаженную сферическую форму, контуры и оптический центр ОС которой на ее вершине показаны на фиг. 9 и 10 штриховыми линиями. В нижней половине фиг. 10 мембрана показана сплошными линиями, а ее проекция на условную сферу показана пунктиром. Для сравнения, мембрана в ее плоском, неактивированном состоянии также показана в нижней половине этого чертежа штрих-пунктиром. Плоскость мембраны в ее неактивированном состоянии является плоскостью отсчета D для описания активации узла 1 в данном варианте осуществления изобретения. Если бы мембрана 8 была круглой, а при активации требовалась бы сферическая деформация мембраны 8, то опорные кольца 2, 10 могли бы быть жесткими, поскольку кромка мембраны 8 обставалась бы круглой и плоской во всех положениях между неактивированным и полностью активированным положениями. Однако для сферической деформации мембраны 8 линзового узла 1, соответствующего данному варианту осуществления изобретения, опорные кольца 2, 10 должны при активации изгибаться так, как показано на фиг. 10, чтобы не допустить искажения формы мембраны. Требуемое изгибание особенно выражено на длинных сторонах 3, 5.

[000155] Чтобы получить требуемое изгибание опорных колец 2, 10, эти кольца должны быть гибкими, чтобы они могли приобретать требуемый профиль, причем их жесткость на изгиб изменяется на их протяжении, так что под влиянием повышения поверхностного натяжения в мембране 8 при активации мембранного узла 1 кольца 2, 10 реагируют неравномерно на своем протяжении, что заставляет их или позволяет им изгибаться заданным образом. В данном варианте осуществления изобретения изменения жесткости на изгиб достигаются путем изменения ширины колец 2, 10 на их протяжении, как описано выше на примере фиг. 9.

[000156] Фактическое изменение ширины опорных колец 2, 10, которое требуется для изменения жесткости на изгиб по окружности колец, как описано выше, рассчитывается методом конечно-элементного анализа (КЭА), как описано в РСТ/GB2012/051426. Для квазистатических или низкочастотных оптических и других применений статический КЭА может быть вполне адекватным. Однако в других вариантах осуществления изобретения, например, когда поверхность предназначена для акустических применений, может быть уместен динамический КЭА. Как понятно специалистам, КЭА - статический или динамический - предполагает множество итераций, выполняемых на компьютере с вводом выбранных параметров для расчета формы мембраны, которая получится на практике при увеличении силы F, прикладываемой в точке активации А, как показано на фиг. 10. Форму элемента можно выбирать так, чтобы она подходила к выполняемому вычислению. Для конструирования колец 2, 10 в данном варианте осуществления изобретения была выбрана четырехгранная форма элемента. Выбираемые для ввода параметры включают геометрию опорных колец 2, 10, геометрию мембраны 8, модуль упругости мембраны 8, модуль упругости колец 2, 10, в том числе данные о том, как модуль упругости изменяется по окружности колец (что можно определить эмпирически с помощью соответствующей формулы), модуль упругости диска 24, величину предварительного натяжения каждой из деталей, температуру и другие факторы окружающей среды. Программа КЭА определяет, как увеличивается давление, прилагаемое к мембране 8, по мере приложения к кольцам нагрузки в точке активации А.

[000157] Для точного проектирования колец 2, 10 для оптического применения результат анализа КЭА аппроксимируется к требуемой форме мембраны, определяемой

одной или более многочленных функций Цернике общей формулы  $Z_{nm}^m$ . В данном варианте осуществления изобретения используется сферическая функция Цернике, но при желании можно использовать также функции более высокого сферического порядка, создавая форму, которая является суммой нескольких многочленов Цернике.

5 [000158] Результат КЭА коррелируется с выбранной функцией Цернике по мембране 8, чтобы посмотреть, насколько результат КЭА приближается к требуемой форме, определяемой выбранной функцией. В зависимости от того, насколько хорошо результат КЭА и выбранная функция коррелируют друг с другом, можно регулировать  
10 соответствующие параметры линзы, чтобы получить большее соответствие при следующей итерации. Увидев, насколько хорошо смоделированная деформация мембраны 8, рассчитанная методом КЭА, приближается к требуемой форме поверхности, описываемой выбранной многочленной функцией Цернике, специалист поймет, насколько хорошо будут работать выбранные параметры опорных колец 2, 10. Можно  
15 определить, какие области опорных колец 2, 10 необходимо отрегулировать (или какие другие параметры нужно настроить), чтобы улучшить корреляцию между результатом КЭА и выбранной функцией, которая приблизительно отражает заданную форму.

[000159] Описанный выше процесс итерации проводится на ряде различных оптических сил линзы, так что можно спроектировать линзу, оптическая сила которой  
20 плавно изменяется с деформацией опорных колец 2, 10 (и силой F, прилагаемой в точке активации 6).

Опорные кольца 2, 10 сконструированы так, что изгибаются неравномерно на их протяжении с отклонением по оси z с учетом необходимой регулировки оптической  
25 силы линзы. Изменение ширины опорных колец 2, 10 на их протяжении в плоскости x-y, перпендикулярной оси z узла 1, также можно регулировать, получая различные формы линзы, с учетом месторасположения шарнирных точек 11, 12 и точки активации 6 относительно требуемого оптического центра ОС.

[000160] Когда рассчитана форма мембраны 8 методом КЭА, как описывалось выше, можно определить оптические свойства мембраны 8 как поверхности оптической линзы  
30 с помощью соответствующей компьютерной программы прослеживания оптического луча (например, оптической программы «Zemax™» компании «Radiant Zemax, LLC», Редмонд, штат Вашингтон), используя вычисленную форму мембраны.

[000161] Поскольку профиль опорных колец 2, 10 при активации должен соответствовать профилю кромки мембраны 8 в ее заданной форме, шарнирные точки  
35 11, 12, где опорные кольца 2, 10 удерживаются неподвижно, выбираются так, чтобы соответствовать точкам, где кольца 2, 10 при активации узла 1 не смещаются относительно плоскости отсчета D при активации узла 1. Во избежание искажения формы мембраны при активации, шарнирные точки 11, 12 должны в идеале быть  
40 расположены на одном круговом контуре относительно оптического центра ОС, как показано на фиг. 10, но на практике положения шарнирных точек 11, 12 могут слегка отклоняться от этого контура без чрезмерного искажения конечной формы мембраны. В данном варианте осуществления изобретения имеются две шарнирные точки 11, 12, но в других вариантах их может быть больше при условии, что они расположены на  
45 одном контуре относительно оптического центра или близко к нему. Еще в одном варианте может вовсе не быть шарнирных точек при условии, что имеется не менее трех точек активации, как описано ниже.

[000162] Аналогичным образом, точка активации 6, где кольца 2, 10 активно

смещаются по оси z активирующим устройством для сжатия полости 22, выбираются так, чтобы фактическое смещение колец 2, 10 в точке активации **A** в каждом положении между неактивированным и полностью активированным было равно или существенно равно смещению колец 2, 10 в точке активации **A**, которое необходимо, чтобы кромка мембраны 8 имела тот же профиль, что и кромка мембраны 8 в ее заданной форме. В данном варианте осуществления изобретения имеется только одна точка активации **A**, но в некоторых вариантах может быть множество точек активации, в зависимости от сложности профиля кромки мембраны, который необходим для получения заданной формы.

[000163] Правила проектирования положения точек регулирования - т.е. точек активации и шарнирных точек, - в которых к кольцам 2, 10 прикладывается сила, раскрыты в родственной заявке РСТ/GB2012/051426, содержание которой включено в данный документ путем отсылки. В принципе, должно быть не менее трех точек регулирования, определяющих плоскость мембраны 8, и, кроме того, должна быть точка регулирования в каждой точке или вблизи каждой точки на кольцах 2, 10, где профиль колец 2, 10, необходимый для получения заданной формы при деформации мембраны 8, имеет точку поворота в направлении силы F, прилагаемой в точке регулирования между двумя соседними точками, где профиль кольца имеет точку перегиба или точку поворота в противоположном направлении.

[000164] В данном варианте осуществления изобретения одна короткая сторона 7 колец 2, 10 по существу повторяет круговые контуры мембраны 8 и потому едва ли нуждается в изгибании по ее длине, а возможно, и вовсе не должна изгибаться. Фактически в данном варианте усиливающее ребро 3 служит для придания жесткости одной короткой стороне 7 опорных колец 2, 10, так что точка активации **A** может располагаться в принципе в любом удобном месте на одной короткой стороне 7 с допустимо небольшим искажением формы мембраны 8 при активации.

[000165] Как описывалось выше, опорные мембранные кольца 2, 10 при активации линзового узла 1 должны изгибаться по оси z. Опорные кольца 2, 10 достаточно гибки, чтобы так изгибаться в ответ на увеличение поверхностного натяжения в мембране 8 при активации узла, но помимо требуемого сгибания определенным образом для регулирования формы мембраны 8 при активации, опорные кольца 2, 10 уязвимы также для неконтролируемого изгибания, которого следует избегать, чтобы сохранить правильность формы мембраны. В частности, хотя опорные кольца выполнены так, чтобы при активации изгибаться относительно плоскости отсчета D, они склонны также сгибаться в пределах плоскости отсчета, даже когда узел не активирован. Это внутриплоскостное изгибание ограничивается в соответствии с настоящим изобретением.

[000166] Как описывалось выше, мембрана 8 в данном варианте осуществления изобретения в неактивированном состоянии предварительно натянута на опорных кольцах 2, 10 до напряжения около 5%, чтобы уменьшить или исключить появление морщин или провисание мембраны. В некоторых вариантах при необходимости можно использовать еще большее предварительное натяжение, например, до 10% или даже 15% или 20%. Это предварительное натяжение действует на опорные кольца 2, 10, и без опоры кольца были бы склонны к неконтролируемому внутриплоскостному изгибанию. Кроме того, при активации узла 1 давление текучей среды 11 внутри полости 22 изменяется, что приводит к растягиванию мембраны 8. Таким образом, поверхностное натяжение в мембране 8 увеличивается, и на опорные кольца 2, 10 действует дополнительное напряжение, повышая риск нежелательного искажения требуемой

формы опорных колец 2, 10.

[000167] В описываемом здесь линзовом узле первого варианта осуществления изобретения прозрачный диск 24 служит в качестве опоры мембранного подузла. При активации узла 1 опорный диск 24 проявляет достаточную гибкость для того, чтобы изгибаться вместе с опорными кольцами 2, 10 для поддержания мембраны по оси z относительно плоскости отсчета D, но служит для усиления колец 2, 10 против нежелательного изгиба внутри плоскости по осям x или y. Диск 24 служит для придания жесткости опорным кольцам 2, 10 в плоскости x-y, но не увеличивает существенно внеплоскостную жесткость колец по оси z, что обеспечивает возможность отклонения колец по оси z относительно плоскости отсчета и приобретения ими требуемого профиля, который нужен для получения заданной формы мембраны 8 после активации. Благодаря увеличению жесткости опорных колец 2, 10 в плоскости x-y, они становятся более стойкими в отношении изгиба или другой деформации в плоскости x-y под влиянием поверхностного натяжения в мембране 8, которое действует на кольца в неактивированном и активированном состоянии.

[000168] В данном варианте осуществления изобретения опорный диск 24 выполнен из поликарбоната, но в других вариантах диафрагма может быть выполнена из волокнистого материала, имеющего соответствующую жесткость в плоскости x-y, но низкую жесткость в направлении z благодаря направлению волокон.

[000169] Диск 24, соответствующий данному варианту осуществления изобретения, имеет по существу равномерную жесткость в пределах плоскости, но в некоторых вариантах можно использовать диафрагму, более жесткую в направлении N-S, чем в направлении E-W, и такая направленная жесткость можно служить для дополнительной компенсации неравномерности напряжений в мембране 8 при активировании.

[000170] Чтобы добиться удовлетворительной деформации мембраны 8, желательно поддерживать в ней по существу равномерное поверхностное натяжение. Для оптических применений, таких как линзовый узел 1 в данном варианте осуществления изобретения, это фактор обеспечения хорошего оптического качества линзы. В случае узла, в котором мембрана в одном направлении в плоскости x-y длиннее, чем в другом направлении, как, например, приблизительно прямоугольный линзовый узел 1, соответствующий настоящему варианту осуществления изобретения, обычно требуется, чтобы опорные кольца 2, 10 изгибались сильнее по более длинной оси, чем по более короткой, чтобы после активации можно было получить требуемую форму мембраны. В данном варианте осуществления изобретения опорные кольца 2, 10 при активации отклоняются по оси z больше по оси E-W, как показано на фиг. 9, чем по оси N-S. Это различие в изгибании опорных колец 2, 10 может вводить небольшую степень анизотропии в поверхностное натяжение в мембране 8, поскольку мембрана 8 напряжена больше в направлении E-W, чем в направлении N-S. Однако опорный диск 24 сгибается в направлении z главным образом по одной оси - в направлении E-W - и это увеличивает внеплоскостную жесткость опорных колец 2, 10 по другой оси N-S. Сгибание опорных колец 2, 10 по направлению E-W сводит короткие стороны 7, 9 опорных колец 2, 10 ближе друг к другу, одновременно увеличивая жесткость опорных колец 2, 10 и их аналогичное сопротивление сгибанию внутрь, в направлении N-S, что ослабляет напряжение на мембране 8 в направлении E-W, в то же время сохраняя напряжение на мембране 8 в направлении N-S и тем самым стремясь снова уравновесить поверхностные натяжения в мембране 8 в направлениях E-W и N-S. Однако этот эффект мал, особенно потому, что напряжение предварительного натяжения существенно больше, чем увеличение напряжения при активации, и в некоторых вариантах может оказаться желательным

выдерживать равномерную внеплоскостную жесткость опорного диска в направлениях E-W и N-S.

[000171] Заполненная текучей средой тарелкообразная часть 12 с ее гибкой боковой стенкой 18 и мембранный подузел 2, 8, 10 образуют упругую, похожую на подушку оболочку. При сжатии полости 22 с помощью активирующего устройства, давление текучей среды 11 в полости 22 постепенно увеличивается по сравнению с окружающим давлением, что заставляет эластичную мембрану 8 растягиваться. Аналогичным образом, в других вариантах осуществления изобретения полость 22 может растягиваться, вызывая снижение давления текучей среды по сравнению с окружающим давлением. После снятия силы, прикладываемой активирующим устройством в точке активации А, узел автоматически упруго возвращается в неактивированное состояние.

[000172] На фиг. 13В показана первая модификация опорного диска 124, которую можно использовать вместо опорного диска 24, описанного выше в связи с линзовым узлом 1 первого варианта осуществления изобретения. Первая модификация опорного диска 124 имеет тот же абрис, что и опорный диск 24, так что она может заменить опорный диск 24 во внутренней полости узла 1, которая образована удерживающим кольцом 6 и передней и задней покрывающими пластинами 4, 16. Первая модификация опорного диска 124 включает выступающий язычок 126, взаимодействующий с активирующим устройством описанным выше образом. Однако вместо двух небольших отверстий 32а, 32б первая модификация опорного диска 124 имеет четыре больших отверстия 132а, 132б, 132с, 132д, каждая из которых имеет форму, аналогичную форме арбелоса («сапожного ножа»), с приблизительно треугольным вырезом Т возле края опорного диска 124 и продолговатой «рукояткой» S, проходящей в направлении центра диска 124. Как видно на фиг. 13В, каждое отверстие 132а, 132б, 132с, 132д расположено вблизи соответственного угла опорного диска 124 между соответственной одной из длинных сторон 3, 5 и примыкающей к ней короткой стороной 7, 9. Общий рисунок расположения 132а, 132б, 132с, 132д таков, что опорный диск первой модификации 124 имеет в целом форму «листка клевера».

[000173] Опорный диск первой модификации 124 может быть выполнен из тех же материалов и иметь ту же толщину, что и опорный диск 24, показанный на фиг. 13А, но эффект более крупных отверстий 132а, 132б, 132с, 132д описанной выше конфигурации заключается в том, чтобы «отключить» сгибание опорного диска первой модификации 124 по осям х и у, так что, в отличие от описанного выше диска 24, внеплоскостное сгибание первой модификации опорного диска 124 по направлению E-W не оказывает существенного влияния на жесткость к изгибу опорного диска 124 в направлении N-W. В некоторых вариантах изобретения это может быть желательным, чтобы опорный диск оставался способным к свободному изгибанию вне плоскости вместе с опорными кольцами 2, 10.

[000174] Вторая модификация опорного диска 224 показана на фиг. 13С. Вторая модификация опорного диска 224 имеет такую форму и размеры, что может заменить в описанном выше линзовом узле 1 первого варианта осуществления изобретения опорный диск 24, и включает выступающий язычок 226. Вторая модификация опорного диска 224 имеет в центре большое отверстие 232, так что опорный диск 224 имеет в целом кольцевую форму. В данном варианте осуществления изобретения вторая модификация опорного диска 224 имеет по существу равномерную ширину  $w_s$  на всем протяжении, как показано на фиг. 13С. Влияние большого центрального отверстия 232 на опорный диск второй модификации 224 такое же, как и четырех больших отверстий 132а, 132б, 132с, 132д в первой модификации опорного диска 124, а именно, уменьшение

сгибания опорного диска второй модификации 224 в направлениях E-W и N-S и поддержание по существу равномерной жесткости опорного диска 224 к внеплоскостному изгибу по оси z при активации узла 1.

5 [000175] На фиг. 14 показан схематически в поперечном сечении еще один мембранный узел 201, соответствующий второму варианту осуществления изобретения и имеющий опорный диск второй модификации 224. Линзовый узел 201 включает удерживающее кольцо 206, состоящее из двух частей - передней части 207 и задней части 208, переднюю покрывающую пластину 204 и заднюю покрывающую пластину 216. Конструкция линзового узла 201 в целом аналогична конструкции описанного выше  
10 линзового узла 1 в первом варианте осуществления изобретения, в нем могут использоваться те же материалы для изготовления соответствующих деталей, поэтому подробно он здесь не описывается.

[000176] Задняя покрывающая пластина 216 приклеена к задней поверхности задней части 207 удерживающего кольца 206. Передняя и задняя части 207, 208 склеены вместе,  
15 а передняя покрывающая пластина 204 приклеена к передней части 207, так что образуется герметичный блок. Узел вставлен в часть оправы 293, которая, вместе с передней частью 207 удерживающего кольца 206, образует гнездо для передней покрывающей пластины 204.

[000177] Передняя и задняя покрывающая пластины 204, 216 и удерживающее кольцо  
20 206 мембранного узла 201 образуют внутреннее пространство, где находится гибкая тарелкообразная деталь 212, имеющая гибкую боковую стенку 218 и заднюю стенку 219. Задняя стенка 219 тарелкообразной детали 12 приклеена к передней поверхности 217 задней покрывающей пластины 216, а боковая стенка 218 тарелкообразной детали 212 имеет передний уплотняющий фланец 220, к которому приклеен опорный диск 224  
25 второй модификации. Две части удерживающего кольца 206 образуют внутреннее плечо 236, а передний уплотняющий фланец 220 находится на некотором расстоянии впереди от плеча 236.

[000178] Опорный диск 224 второй модификации приклеен своей внешней кромкой к задней поверхности эластичной мембраны 208, которая образует герметичную полость  
30 222 с тарелкообразной деталью 212; полость 222 заполнена текучей средой 211. Передняя поверхность мембраны 208 приклеена к сгибаемому опорному кольцу 202 для поддержания мембраны. Мембранный узел 201 второго варианта осуществления изобретения имеет только одно опорное мембранное кольцо 202, причем задняя поверхность мембраны 208 приклеена непосредственно к опорному диску второй модификации 224, как описывалось выше. В некоторых вариантах (не показаны) диск  
35 224 может быть отодвинут от мембраны с помощью разделительного кольца, что позволяет текучей среде находиться между диском 224 и мембраной 208 почти на всем его протяжении, тем самым предупреждая «отслоение» мембраны от диска 224. Однако следует понимать, что второй вариант осуществления изобретения может также  
40 включать переднее и заднее опорные кольца аналогично линзовому узлу 1 первого варианта. Мембрана 208 предварительно натянута на опорном кольце 202, как описывалось выше.

[000179] Для активации мембранного узла 201 второго варианта осуществления изобретения соответствующее активирующее устройство (не показано) сжимает  
45 тарелкообразную деталь 212, чтобы уменьшить объем полости 222, тем самым увеличивая давление текучей среды 211 в полости и заставляя мембрану 208 вытягиваться вперед, как описано выше в отношении первого варианта изобретения. Активирующее устройство устроено так, что оно прилагает силу к опорному кольцу 202 для

поддержания мембраны и опорному диску 224 (через язычок 226), как описано в связи с первым вариантом изобретения. Опорное кольцо 202 шарнирно соединено с удерживающим кольцом в одном или более мест, где это кольцо при активации не смещается из плоскости. Точка активации и шарнирные точки на фиг. 14 не показаны для простоты.

[000180] Хотя фиг. 14 вычерчен не в масштабе, ширина  $w_s$  опорного диска второй модификации 224 может превышать в 2-10 раз ширину опорного мембранного кольца 202, чтобы обеспечить достаточное усиление опорного мембранного кольца 202 против искажения в пределах плоскости вследствие поверхностного натяжения в мембране 208. Следует понимать, что точное отношение ширины опорного кольца 202 к ширине  $w_s$  опорного диска 224 может быть различным по окружности опорного кольца 202 вследствие колебаний ширины опорного кольца 202, чтобы при активации обеспечивалось заданное изменение внеплоскостного изгиба.

[000181] Опорный диск 24 линзового узла 1 и опорные диски первой и второй модификаций 124, 224 усиливают опорное кольцо или опорные кольца 2, 10, 202 для поддержания мембраны против внутривсплоскостной деформации, в то же время допуская внеплоскостное изгибание колец заданным образом, чтобы получить заданную форму мембраны 8, 208. Однако в некоторых вариантах осуществления изобретения мембранный подузел может страдать от еще одной проблемы - коробления. Вследствие поверхностного натяжения в мембране некоторые конфигурации мембраны и опорного кольца могут проявлять какую-то степень нестабильности, тенденцию к короблению с выходом за пределы плоскости, с образованием гиперболической параболоидной формы, несмотря на дополнительную внутривсплоскостную жесткость, обеспечиваемую опорным диском. Эта проблема может быть особенно очевидной при плоской мембране, например в неактивированном состоянии, когда любое отклонение от плоскости несколько ослабляет поверхностное натяжение и поэтому благоприятно. Однако коробление может иметь место также при активации узла, например, в вариантах, где мембрана при активации имеет плоскую форму, хотя этот эффект имеет тенденцию уменьшаться по мере того, как мембрана постепенно растягивается. В то время как коробление такого рода может не составлять проблемы или, по меньшей мере, значительной проблемы в некоторых вариантах осуществления изобретения, в других вариантах можно модифицировать опорный диск, чтобы придать ему некоторую степень стойкости к короблению, как описывается ниже.

[000182] Так, на фиг. 13D и 13E показана третья модификация опорного диска 324, которым можно заменить опорный диск 24 в мембранном узле 1 первого варианта осуществления изобретения или вторую модификацию опорного диска 224 в мембранном узле 201 второго варианта, причем опорный диск третьей модификации 324 аналогичен опорному диску второй модификации 224 с добавлением выступающего назад поперечного фланца 330, который проходит поперек опорного диска 324 от одной длинной стороны 3 до другой длинной стороны 5. В данном варианте осуществления изобретения фланец 330 сформирован за одно целое с опорным диском 324, но в других вариантах он может быть изготовлен отдельно и приклеен к задней стороне опорного диска 324 перед сборкой мембранного узла. Фланец 330 проходит назад от опорного диска 324 и заканчивается на задней поверхности 332. Фланец 330 имеет такую форму и размеры, чтобы взаимодействовать с неподвижной частью мембранного узла 1; 201, придавая мембранному подузлу устойчивость к короблению описанного выше рода. В частности, в данном варианте осуществления изобретения задняя сторона 332 фланца 330 может взаимодействовать с задней стенкой 19; 219 тарелкообразной детали 12; 212.

В вариантах, где задняя стенка тарелкообразной детали 12; 212 отсутствует, а боковая стенка тарелкообразной детали приклеена непосредственно к задней покрывающей пластине 16; 216, задняя сторона 332 фланца 330 может взаимодействовать непосредственно с передней поверхностью 17 задней покрывающей пластины 16; 216.

5 [000183] Фланец 330 соединен с опорным диском 324 на длинных сторонах 3, 5 узла в местах, где мембранный подузел при активации не смещается (или существенно не смещается) из плоскости.

[000184] Четвертая модификация опорного диска 424 показана на фиг. 13F и 13G. Четвертая модификация опорного диска 424 аналогична третьей модификации опорного  
10 диска 324 с тем исключением, что вместо одного по существу прямолинейного фланца 330 опорный диск четвертой модификации 424 включает два отдельных дугообразных фланца 430a и 430b, каждый из которых отходит от соответственной длинной стороны 3, 5 опорного диска 424 и заканчивается на задней поверхности 432. В этом варианте фланцы 430a, 430b изогнуты в плоскости x-y и по существу повторяют контур, где  
15 опорное мембранное кольцо 2, 10; 210 при активации не смещается за пределы плоскости - см. линии контура, показанные на фиг. 9.

[000185] В первом и втором вариантах осуществления изобретения опорное мембранное кольцо или кольца 2, 10; 210 усилены для противодействия  
внутриплоскостному изгибанию или искажению с помощью опорного диска 24; 124;  
20 224; 324; 424. Однако в других вариантах изобретения предусмотрены другие ограничители внутриплоскостного изгиба. Например, в некоторых вариантах усиливающая диафрагма может включать решетчатый лист, или сетку, или аналогичный элемент, который соединен с опорным кольцом или кольцами 2, 10; 202 по всей их  
окружности, обеспечивая необходимую внутриплоскостную жесткость. Диафрагма  
25 может быть соединена с кольцами 2, 10; 202 непрерывно или в отстоящих друг от друга местах на ее периферии при условии, что нагрузка распределяется равномерно, не вызывая каких-либо существенных локальных искажений колец или мембраны 8; 208.

[000186] На фиг. 15 показано заднее опорное мембранное кольцо 510, соответствующее третьему варианту осуществления изобретения. Опорное мембранное  
30 кольцо 510 имеет такую же форму, как и заднее опорное мембранное кольцо 10 линзового узла 1 первого варианта, показанное, например, на фиг. 9, и заднее кольцо 510 третьего варианта может быть использовано в линзовом узле 1 вместо описанных выше кольца 10 и опорного диска 24. Заднее опорное кольцо 510 третьего варианта соединено с передним опорным кольцом (не показано), типа, применявшегося в первом  
35 варианте, а мембрана (также не показана) зажата между ними.

[000187] Заднее опорное мембранное кольцо 510 в третьем варианте осуществления изобретения снабжено неупругими распорками 524, приклеенными к кольцу 510 на  
всем его протяжении. Каждая распорка 524 проходит поперек опорного кольца 510 от одной его стороны до другой. Имеется два набора распорок: один набор проходит  
40 вертикально поперек опорного кольца 510 от одной длинной стороны узла 3 до другой длинной стороны 5, тогда как другой набор проходит горизонтально поперек опорного кольца 510 от одной короткой стороны 7 до другой короткой стороны 9. Каждая распорка 524 приклеена или иным образом неподвижно прикреплена каждым своим  
концом к опорному кольцу 510, но отдельные распорки 524 не соединены друг с другом,  
45 так что при активации распорки 524 могут совершать скользящее перемещение друг по другу, насколько это нужно. Распорки 524 служат для придания жесткости опорному кольцу 510 для поддержания мембраны в плоскости x-y, не влияя существенно на ее жесткость вне этой плоскости, по оси z.

[000188] В случаях оптического применения неупругие распорки должны быть прозрачными и предпочтительно выполнены из материала, имеющего тот же показатель преломления, что и текучая среда в узле, мембрана и задняя покрывающая пластина, так что они невидимы для пользователя.

5 [000189] Опорные диски 24; 124; 224; 324; 424 и распорки 524, описанные выше, противодействуют изгибанию опорных колец 2, 10; 202 для поддержания мембраны в плоскости x-y, допуская при этом внеплоскостное изгибание опорных колец; но в некоторых вариантах осуществления изобретения может быть желательно, чтобы до некоторой степени опорное кольцо или кольца до некоторой степени контролируемо  
10 «подавались» в пределах плоскости. На конструкцию мембранного узла влияет ряд ограничивающих факторов, в том числе предварительное натяжение в мембране, напряжение активации и прочность соединения между опорными кольцами для поддержания мембраны и мембраной. В некоторых вариантах осуществления изобретения регулятор изгибания кольца можно использовать для ограничения отклика  
15 опорных колец на увеличение поверхностного натяжения в мембране, чтобы при активации опорные кольца сгибались в плоскости x-y только в определенной степени, тем самым допуская большую степень кривизны мембраны 8 при данном напряжении активации. Следует понимать, что такое устройство полезно в узлах с круглыми мембранами, а также в таких, как в данном варианте осуществления изобретения, то  
20 есть с некруглой мембраной.

[000190] На фиг. 16, 17А и 17В показана часть еще одного мембранного узла 601, соответствующего четвертому варианту осуществления изобретения и включающему такие регуляторы изгиба колец, которые допускают некоторую степень  
25 внутриплоскостного смещения опорных колец для поддержания мембраны при активации. Как лучше всего видно на фиг. 17А, узел 601 четвертого варианта имеет мембранный подузел, включающий переднее и заднее опорные мембранные кольца 602, 610, между которыми зажата мембрана 608. Мембрана 608 предварительно натянута на кольцах 602, 610 во избежание провисания, появления морщин и т.д. Заднее опорное мембранное кольцо 610 приклеено по окружности к переднему уплотняющему фланцу  
30 620 тарелкообразной детали 612, имеющей заднюю стенку 619 и направленную вперед гибкую боковую стенку 618. Задняя стенка 619 тарелкообразной детали 612 может быть жесткой или почти жесткой, или же может быть гибкой и опираться на жесткую заднюю покрывающую пластину (не показана). Базовая конструкция мембранного узла 601 аналогична конструкции узлов 1; 201 описанных выше первого и второго  
35 вариантов осуществления изобретения и здесь подробно не описывается. Как и в первом и втором вариантах, тарелкообразная деталь 612 и мембрана 608 образуют герметичную полость 622, заполненную текучей средой 611.

[000191] Действие мембранного узла 601 четвертого варианта осуществления изобретения аналогично действию мембранных узлов 1; 201 первого и второго  
40 вариантов с тем исключением, что мембранный узел 601 четвертого варианта действует расширением, а не сжатием. На фиг. 17А показан мембранный узел 601 в неактивированном состоянии; при этом мембрана 608 является плоской; боковая стенка 618 тарелкообразной детали частично сплюснута. При активации гибкая боковая стенка 618 расправляется и выпрямляется, увеличивая объем полости 622. Этого можно достичь  
45 приложением усилия к опорным кольцам 602, 610 для поддержания мембраны в направлении стрелок, показанных на фиг. 17В, в то время как задняя стенка 619 удерживается в фиксированном положении. В результате давление текучей среды 611 в полости 622 снижается, и мембрана 608 растягивается внутрь (назад), становясь

вогнутой.

[000192] Для достижения заданной формы мембраны 608 при активации опорные кольца 602, 610 сделаны изгибаемыми и имеют жесткость на изгиб, которая неодинакова на их протяжении, как описывалось выше. Однако изгибаемый характер опорных колец 602, 610 означает, что они склонны к неконтролируемому внутриплоскостному изгибанию; это также описывалось выше.

Соответственно, в данном четвертом варианте осуществления изобретения мембранный подузел соединен с жесткими, неупругими регулирующими изгиб рычагами 624. На фиг. 16, который представляет собой вид спереди узла 601, показаны четыре регулирующих изгиб рычага 624, но это только для иллюстрации, а на практике можно использовать столько рычагов 624, сколько нужно для адекватного ограничения внутриплоскостного изгибания опорных колец 602, 610 на их протяжении.

[000193] Каждый рычаг регулирования изгиба 624 шарнирно соединен одним концом с задним опорным мембранным кольцом 610 или, в альтернативном варианте, с самой мембраной 608, которая совмещена с опорным кольцом 610, а другим концом шарнирно соединен с задней стенкой 619 тарелкообразной детали 612. Каждый рычаг регулирования изгиба 624 выполнен и расположен таким образом, что он образует острый угол с плоскостью мембраны 608 в неактивированном состоянии (плоскостью отсчета, описанной выше в связи с первым вариантом осуществления изобретения). Предпочтительно каждый рычаг регулирования изгиба 624 образует с плоскостью отсчета угол меньше  $45^\circ$  даже в полностью активированном состоянии. Таким образом, рычаги регулирования изгиба 624 служат для ограничения внутриплоскостного изгибания или другой деформации опорных колец 602, 610 для поддержания мембраны, не оказывая существенного влияния на внеплоскостное смещение колец 602, 610.

[000194] Следует понимать, что поскольку рычаги регулирования изгиба 624 являются жесткими, конец каждого рычага 624, который соединен с подузлом мембраны, при активации движется по траектории, которая представляет собой дугу окружности. Таким образом, при активации опорные мембранные кольца 602, 610 смещаются внутрь в плоскости x-y, тем самым снижая напряжение, воздействующее на мембрану 608.

[000195] В модификации четвертого варианта осуществления изобретения узел 601 может быть выполнен таким образом, что мембрана в неактивированном состоянии является вогнутой, как показано на фиг. 17B, и при активации узел сжимается и мембрана приобретает плоскую форму, показанную на фиг. 17A. В этой модификации плоскость мембраны в активированном состоянии можно использовать как плоскость отсчета для измерения смещения опорных колец для поддержания мембраны.

[000196] В соответствии с пятым вариантом осуществления изобретения, на фиг. 18A и 18B показана часть еще одной модификации мембранного узла 601, показанного на фиг. 16, 17A, 17B, в которой между мембранным подузлом, конкретнее, передним опорным мембранным кольцом 702, и задней поверхностью покрывающей пластины 706 расположены регулирующие изгиб рычаги 724. Узел пятого варианта устроен так, что полость с текучей средой (не показана) при активации сжимается, и соединение рычагов регулирования изгиба 724 с передней покрывающей пластиной 706 позволяет обойтись без задней покрывающей пластины, что в некоторых применениях бывает выгодно, особенно в плане экономии места. Например, при использовании в линзах может быть желательно исключить заднюю линзу, чтобы сделать весь узел как можно более тонким. Узел пятого варианта действует аналогично узлу четвертого варианта, то есть регулирующие изгиб рычаги 724 образуют острый угол с плоскостью отсчета мембраны 708 и поэтому не оказывают существенного влияния на внеплоскостное

изгибание опорных колец 702, 710 для поддержания мембраны, в то же время регулируя внутриплоскостное смещение колец 702, 710, вызывая или допуская небольшую степень ее контролируемого смещения при активации.

[000197] В соответствии с настоящим изобретением, предусмотрен один или более регуляторов изгиба, которые противодействуют внутриплоскостному смещению опорного кольца или опорных колец для поддержания мембраны или регулируют такое смещение. Они противодействуют деформации кольца или колец в пределах плоскости вследствие предварительного натяжения мембраны, по меньшей мере, когда узел не активирован. При активации, когда поверхностное натяжение в мембране постепенно увеличивается, один или более регуляторов изгиба могут противодействовать внутриплоскостному смещению опорного кольца или опорных колец для поддержания мембраны или же могут допускать управляемую степень внутриплоскостного смещения, как описано выше в связи с четвертым и пятым вариантами осуществления изобретения. В первом и втором вариантах осуществления изобретения предусмотрена усиливающая диафрагма или опорный диск 24; 224 для регулирования изгиба опорного кольца или колец, а в третьем варианте регуляторы изгиба представляют собой распорки 524, которые проходят поперек опорных колец для поддержания мембраны. В четвертом и пятом вариантах имеются рычаги 624; 724, которые допускают некоторую степень контролируемого смещения опорного кольца или опорных колец для поддержания мембраны в плоскости x-y. Возможны другие виды регуляторов изгиба, которые входят в объем настоящего изобретения, как будет более подробно описано ниже.

[000198] Так, на фиг. 19, 20А и 20В показан мембранный узел 801, соответствующий шестому варианту осуществления изобретения, в котором регуляторы изгиба представляют собой состоящие из двух стержней рычажные механизмы 824, которые расположены вокруг периферии мембранного подузла. Как показано на фиг. 19, мембранный узел 801 включает неподвижную опорную конструкцию, схематически показанную в позиции 806. В некоторых вариантах изобретения опорная конструкция 806 может представлять собой корпус, кожух, удерживающее кольцо или аналогичный элемент, который включает в себя и поддерживает подвижные части мембранного узла 801. Внутри опорной конструкции 806 узел 801 содержит мембранный подузел, включающий переднее и задние изгибаемые опорные мембранные кольца 802, 810, между которыми зажата мембрана 808. Каждое из опорных колец 802, 810 для поддержания мембраны имеет выступающий язычок 826 типа, описанного выше в связи с первым вариантом осуществления изобретения, для прикрепления к соответствующему активирующему устройству (не показано). Мембранный подузел приклеен к переднему уплотняющему фланцу 820 тарелкообразной детали 812, имеющей гибкую боковую стенку 818 и заднюю стенку 819 и установленную на жесткой задней покрывающей пластине 816. Эта жесткая покрывающая пластина 816 может быть частью опорной конструкции 806. Мембранный подузел и тарелкообразная часть 812 образуют герметичную оболочку 822, заполненную текучей средой 811.

[000199] В неактивированном состоянии, показанном на фиг. 20А, мембрана 808 является плоской, но при активации боковая стенка 818 тарелкообразной детали 812 сжимается, уменьшая объем оболочки 822 и тем самым заставляя мембрану 808 надуваться и растягиваться вперед, как показано на фиг. 20В. Конструкция и действие узла, соответствующего шестому варианту осуществления изобретения, во многих отношениях аналогичны конструкции и действию четвертого варианта (с тем исключением, что он работает путем сжатия, а не расширения), поэтому здесь они подробно не описываются, но регулирование внутриплоскостного изгиба опорных

колец 802, 810 для поддержания мембраны обеспечивается двухэлементными рычажными механизмами 824 вместо рычагов 624 четвертого варианта.

5 [000200] Каждый рычажный механизм 824 включает два рычага: один рычаг 825 шарнирно установлен на задней покрывающей пластине 816 или другой детали неподвижной опорной конструкции 806, а другим концом соединен с возможностью скользящего перемещения с мембранным подузлом, тогда как другой рычаг 826 одним концом шарнирно соединен с мембранным подузлом, а другим концом соединен с возможностью скользящего перемещения с задней покрывающей пластиной 816 или другой деталью неподвижной опорной конструкции 806. Двухэлементные рычажные механизмы 824 устроены так, что допускают смещение опорных колец 802, 810 для поддержания мембраны по основной оси изгиба для сжатия оболочки 622 и допускают изгибание колец 802, 810 для регулирования профиля кромки мембраны, как описано выше, но при этом двухэлементные рычажные механизмы 124 предотвращают внутриплоскостное движение колец 802, 810.

15 [000201] В шестом варианте осуществления изобретения, показанном на фиг. 19, 20А и 20В, двухэлементные рычажные механизмы 824 расположены снаружи опорных колец 802, 810 для поддержания мембраны, «внешним» образом. Альтернативное устройство, соответствующее седьмому варианту осуществления изобретения, показано на фиг. 21, где в текучей среде 911 в оболочке 922, «внутри» опорных колец 902, 910 для поддержания мембраны расположены двухэлементные рычажные механизмы 924. Кроме двухэлементных рычажных механизмов 924 конструкция и действие седьмого варианта осуществления изобретения, показанного на фиг. 21, аналогичны конструкции и действию второго варианта, описанного выше и показанного на фиг. 14. Как и в случае регулирующих изгиб распорок 524 и рычагов 624; 724 в описанных выше третьем и четвертом вариантах осуществления изобретения, в оптических применениях 25 двухэлементные рычажные механизмы 924, расположенные внутри оболочки 922 седьмого варианта, должны быть согласованы по показателю преломления с текучей средой 911.

[000202] Двухэлементные рычажные механизмы 824; 924 шестого и седьмого вариантов осуществления изобретения выполнены таким образом, что они позволяют отклонение мембранного подузла от плоскости, но противодействуют 30 внутриплоскостному отклонению опорных колец 802, 810; 902, 910 для поддержания мембраны. На фиг. 22А, 22В и 23 показаны два варианта осуществления изобретения, включающие четырехэлементные рычажные механизмы 1024; 1124, которые так же расположены с интервалами вокруг подузла мембраны, но имеют такую конфигурацию и так устроены, что допускают внеплоскостное отклонение при изгибании подузла мембраны, а также контролируемое внутриплоскостное отклонение так же, как и регулирующие изгиб рычаги 624; 724 четвертого и пятого вариантов осуществления изобретения, описанных выше.

40 [000203] Так, на фиг. 22А и 22В схематически показан мембранный узел 1001, соответствующий восьмому варианту осуществления настоящего изобретения, в неактивированном и активированном состоянии, соответственно. Мембранный узел 1001 восьмого варианта осуществления изобретения включает переднее и заднее опорные мембранные кольца 1002, 1010, соответственно, между которыми зажата предварительно 45 натянутая мембрана 1008. Этот подузел приклеен по окружности к обращенному вперед фланцу 1020 тарелкообразной детали 1012, имеющей гибкую боковую стенку 1018 и заднюю стенку 1019, которая неподвижно установлена на задней покрывающей пластине 1016. Тарелкообразная деталь 1012 и мембрана 1008 образуют полость 1022, которая

заполнена текучей средой 1011, такой как силиконовое масло описанного выше типа. В неактивированном состоянии, показанном на фиг. 22А, мембрана 1008 является плоской. Чтобы активировать узел 1001, используется соответствующее активирующее устройство (не показано), которое смещает кольца 1002, 1010 в соответствующих точках регулирования, как описано выше, сжимая полость 1022 и увеличивая давление текучей среды 1011 в ней, вследствие чего мембрана 1008 раздувается и растягивается вперед, как показано на фиг. 22В. Как описывалось выше, кольца 1002, 1010 имеют переменную жесткость на изгиб по их окружности, так что они регулируют форму кромки мембраны 1008, и при активации получается заданная форма мембраны.

[000204] Каждый четырехэлементный рычажный механизм 1024 включает первый рычаг 1025, одним концом шарнирно соединенный с задним опорным мембранным кольцом 1010 (или непосредственно с мембраной 1008, совмещенной с кольцами 1002, 1010), и два других рычага 1026, 1027, каждый из которых одним концом шарнирно соединен с первым рычагом 1025, а другим концом с отстоящими друг от друга местами на задней стенке 1019 тарелкообразной детали 1012 с образованием четырехэлементного рычажного механизма, который при активации узла допускает внеплоскостное смещение и изгибание колец 1002, 1010 по основной оси изгиба, а также регулируемое смещение колец 1002, 1010. Таким образом, четырехэлементные рычажные механизмы 1024 можно использовать для регулирования напряжения, которое прилагается к мембране 1008 при активации узла 1001. Четырехэлементные рычажные механизмы 1024 расположены «внутри» опорных колец 1002, 1010 для поддержания мембраны, в текучей среде 1011. Мембранный узел 1001 восьмого варианта осуществления изобретения пригоден для использования в линзовой системе, и в этом случае, как и в других вариантах изобретения, мембрана 1008, текучая среда 1011 и задняя покрывающая пластина 1016 должны быть прозрачны и предпочтительно согласованы по показателю преломления. В таких оптических применениях четырехэлементные рычажные механизмы 1024 также должны быть согласованы по показателю преломления с текучей средой 1011, чтобы они были не видны пользователю.

[000205] На фиг. 23 показан мембранный узел 1101, соответствующий девятому варианту осуществления изобретения, который аналогичен мембранному узлу 1001 восьмого варианта, описанному в предыдущих абзацах, с тем исключением, что мембранный узел 1101 девятого варианта включает рычажные механизмы регулирования изгиба 1124, которые расположены снаружи опорных колец 1102, 1110 для поддержания мембраны. На фиг. 23 мембранный узел 1101 показан в активированном состоянии.

[000206] Мембранные узлы 1001; 1101 восьмого и девятого вариантов осуществления изобретения могут использоваться как для оптических применений, таких как линзовые системы, так и для неоптических. Термины «передний», «задний» и т.д. используются в описании деталей узлов 1001; 1101 для ясности и соответствия описаниям предыдущих вариантов осуществления изобретения. Эти термины уместны для линзовых систем, где они описывают детали в контексте очков типа, показанного на фиг. 1 и 2. В иных применениях (оптических и неоптических), нежели линзовые системы для очков, детали, описываемые как «передние» или «задние», не обязательно должны быть расположены в передней или задней части описываемого узла. Например, в некоторых случаях мембрана может быть обращена вверх, так что «переднее опорное мембранное кольцо» фактически расположено над «задним опорным мембранным кольцом», и аналогичные термины следует толковать соответственно. Действительно, из настоящего описания изобретения ясно, что мембранные узлы, соответствующие изобретению, можно использовать для широкого круга разнообразных применений, и даже описанные выше

узлы с первого по седьмой вариант можно адаптировать для использования в других областях, где термины «передний» и «задний» могут не описывать фактическое положение соответствующих деталей при использовании, но, тем не менее, эти термины полезны для описания пространственного взаимоположения деталей в узлах различных вариантов осуществления изобретения.

[000207] На фиг. 24 схематически показан мембранный узел 1201, соответствующий 10-му варианту осуществления изобретения, в котором регуляторы изгиба кольца представляют собой пружины 1224, расположенные по периферии - «снаружи» - опорного мембранного кольца 1202. Каждая пружина 1224 жестко прикреплена одним концом к опорному кольцу 1202 для поддержания мембраны, а другим концом - к неподвижной опоре 1206, которая показана на фиг. 24 лишь схематически. Как описано выше, опора 1206 может представлять собой удерживающее кольцо типа, описанного в связи с первым и вторым вариантами осуществления изобретения, или кожу, корпус и т.п., в зависимости от назначения мембранного узла 1201. Эластичная мембрана 1208 предварительно растянута в опорном мембранном кольце 1202.

[000208] Мембрана 1208 находится в контакте со слоем текучей среды (не показан), и имеется регулятор для регулирования давления текучей среды, чтобы мембрана 1208 избирательно раздувалась, как это описано в предыдущих вариантах осуществления изобретения. Опорное мембранное кольцо 1202 может изгибаться, причем его жесткость на изгиб различна в разных его местах, что позволяет управлять формой мембраны 1208 при активации в соответствии с принципами настоящего изобретения.

[000209] Регулирующие изгиб пружины 1224 допускают внеплоскостное смещение опорного мембранного кольца 1202, например, для активации узла 1201 и для возможности изгиба кольца 1202 по основной оси изгиба для изменения профиля кольца и тем самым управления формой мембраны. Регулирующие изгиб пружины 1224 допускают также контролируемую степень внутриплоскостного изгиба или деформации опорного мембранного кольца 1202, что позволяет ограничивать напряжение в мембране 1208 при активации. Модуль упругости пружин 1224 выбирается так, чтобы противодействовать внутриплоскостному смещению опорного мембранного кольца 1202 в неактивированном состоянии под действием одного лишь предварительного натяжения мембраны 1208, но допускать контролируемое смещение кольца 1202 при увеличении натяжения мембраны 1208 после активации узла.

[000210] На фиг. 25-27 схематически показан мембранный узел 1301, соответствующий 11-му варианту осуществления изобретения, в котором регуляторы изгиба кольца представляют собой направленные вперед штифты 1324, расположенные с интервалами по окружности переднего и заднего опорных колец 1302, 1310 для поддержания мембраны. Как лучше всего видно на фиг. 27, каждый штифт 1324 жестко прикреплен к задней покрывающей пластине 1316, выступает вперед от нее и проходит через соответствующее отверстие 1325, образованное в кольцах 1302, 1310, так что кольца могут совершать скользящее перемещение по штифтам 1324. Конструкция и действие мембранного узла 1301 11-го варианта осуществления изобретения аналогичны конструкции и действию узлов 201; 901 описанных выше второго и седьмого вариантов, за исключением регуляторов изгиба 1324, которые допускают внеплоскостное смещение опорных колец 1302, 1310 для поддержания мембраны по оси z для активации узла 1301 и для регулирования профиля колец 1302, 1310 описанным выше образом, но с предупреждением внутриплоскостного изгиба или другой деформации колец 1302, 1310.

[000211] Штифты 1324 могут быть приклеены к задней покрывающей пластине 1316

или прикреплены к ней другими средствами, известными специалистам в данной области. Узел 1301 включает заполненную текучей средой полость 1322, образованную мембраной 1308 и тарелкообразной деталью 1312, имеющей гибкую боковую стенку 1318, а штифты расположены возле боковой стенки 1318, снаружи полости, и проходят  
5 сквозь обращенный вперед фланец 1320 на боковой стенке 1318, которая по своей периферии герметично соединена с подузлом 1302, 1308, 1310 мембраны с внутренней стороны по отношению к штырям 1324.

[000212] В модификации 11-го варианта осуществления изобретения один или более штифтов 1324 могут быть установлены на задней покрывающей пластине 1316 под  
10 наклонным углом. Предпочтительно каждый штифт 1324 направлен вперед от задней покрывающей пластины 1316 и в сторону от нее, по существу под прямым углом к плоскости x-y, к соседней области колец 1302, 1310 для поддержания мембраны. Узел 1301 активируется путем сжатия боковой стенки 1318 аналогично тому, как описано выше в связи с предыдущими вариантами осуществления изобретения. В одной или  
15 более точек активации кольца 1302, 1310 активно смещаются по основной оси изгиба соответствующим активирующим устройством (не показано); в других местах кольца 1302, 1310 сгибаются по основной оси изгиба с выходом из плоскости вследствие переменной жесткости на изгиб колец 1302, 1310 на их протяжении. Там, где кольца смещаются с выходом из плоскости в точках, где они установлены на расположенных  
20 под углом штифтах 1324, кольца 1302, 1310 также движутся в пределах плоскости, как показано на фиг. 28, и это может быть использовано для ограничения напряжения, действующего на мембрану 1308 при активации узла.

[000213] Следует также понимать, что в некоторых местах, где кромка мембраны 1308 не должна смещаться за пределы плоскости для получения заданного профиля,  
25 кольца 1302, 1310 могут быть прикреплены к штифтам 1324 таким образом, чтобы исключить скользящее перемещение. Специалист сможет определить количество штифтов и их конфигурацию, необходимые для получения требуемого внутриплоскостного и внеплоскостного движения кромки мембраны 1308 на всем ее протяжении.

[000214] На фиг. 29-31 схематически показан мембранный узел 1401, соответствующий  
30 12-му варианту осуществления изобретения. Как показано на фиг. 30, узел 1401 12-го варианта осуществления изобретения включает подузел колец, содержащий переднее и заднее способные изгибаться опорные мембранные кольца 1408, которая удерживается кольцами в состоянии предварительного натяжения. Подузел мембраны установлен  
35 на обращенном вперед фланце 1420 тарелкообразной детали 1412, имеющей гибкую боковую стенку 1418 и заднюю стенку 1419, которая установлена на жесткой задней покрывающей пластине 1416. Мембрана 1408 и деталь 1412 образуют оболочку, которая заполнена текучей средой 1411 описанного выше типа.

[000215] Подузел прикреплен также в отстоящих друг от друга местах по его  
40 окружности, как показано на фиг. 29, к регулирующим изгиб креплениям 1424. Каждое крепление 1424 включает шип 1426 с фланцем, который жестко прикреплен к неподвижной детали 1406 узла 1401; эта деталь 1406 схематически показана на фиг. 29-31. Как и в предыдущих вариантах осуществления изобретения, деталь 1406 может быть частью кожуха, корпуса, удерживающего кольца, оправы и т.п., где размещены  
45 подвижные части узла. В некоторых вариантах шипы 1426 могут быть сформированы за одно целое с деталью 1406.

[000216] В узле 12-го варианта осуществления изобретения каждый из шипов 1426 расположен спереди мембранного подузла и имеет направленный назад фланец 1428,

который заканчивается задним концом 1429, находящийся на некотором расстоянии впереди от переднего кольца 1402. На каждом шипе установлен с возможностью скользящего перемещения сгибаемый стержень 1430, который проходит в передне-заднем направлении по оси z. Сгибаемый стержень 1430 имеет задний конец 1431, который прикреплен к переднему концу опорного мембранного кольца 1402, как лучше всего видно на фиг. 31А and 31В. Стержень расположен снаружи и близко к фланцу 1428 шипа 1426 относительно мембраны 1408.

[000217] В неактивированном состоянии, показанном на фиг. 31А, задний конец 1431 стержня 1430 выступает на небольшое расстояние за задний конец 1429 фланца 1428, причем фланец 1429 не позволяет стержню существенно загибаться внутрь под действием поверхностного натяжения в мембране 1408.

[000218] Однако при активации боковая стенка 1418 детали 1412 сжимается аналогично тому, как это описано в связи с предыдущими вариантами осуществления изобретения, с помощью соответствующего активирующего устройства (не показано). Крепления 1424 допускают внеплоскостное смещение колец 1402, 1410 для сжатия боковой стенки 1418 и для изгиба с целью регулирования профиля кромки мембраны, чтобы мембрана достигла заданной формы. Когда кольца смещаются по оси z, стержень 1430 совершает скользящее перемещение в продольном направлении относительно шипа 1426. Это приводит к тому, что задний конец 1431 стержня 1430 выступает дальше за задний конец 1429 фланца 1428, так что теперь задний конец стержня не ограничивается фланцем. Таким образом, задний конец 1431 стержня 1430 может сгибаться внутрь относительно мембраны 1408 под действием поверхностного натяжения в мембране 1408. Жесткость стержня 1430 выбирается так, чтобы регулировать сгибание стержня при активации узла 1401 и ограничивать напряжение в мембране 1408.

[000219] Следует понимать, что стержни 1430 вокруг опорных колец 1402, 1410 для поддержания мембраны могут иметь одинаковую или различную жесткость. Там, где кольца 1402, 1410 соединены со стержнем в области вокруг колец, где они при активации не должны смещаться за пределы плоскости, можно предотвратить скользящее перемещение стержня 1430 относительно соответственного шипа 1426.

[000220] Таким образом, в настоящем изобретении предлагается мембранный узел 1; 201; 601; 801; 901; 1001; 1201; 1301; 1401, включающий наполненную текучей средой оболочку, ограниченную, по меньшей мере, на одной стороне эластичной мембраной 8; 208; 608; 708; 808; 1008; 1208; 1308; 1408, которая удерживается под натяжением одним или более изгибаемыми периферийными опорными кольцами 2, 10; 202; 510; 602, 610; 702, 710; 802, 810; 902, 910; 1002, 1010; 1102, 1110; 1202, 1210; 1302, 1310; 1402, 1410 для поддержания мембраны. Давление текучей среды в оболочке может быть увеличено, например, путем сжатия оболочки, или уменьшено, например, путем расширения оболочки, что изменяет перепад давлений на мембране и тем самым заставляет ее растягиваться, так что она принимает выпуклую или вогнутую форму, соответственно. Жесткость на изгиб опорного кольца или опорных колец 2, 10 для поддержания мембраны; и т.д. изменяется на их протяжении, что позволяет регулировать профиль кромки мембраны 8; и т.д. при активации. В соответствии с изобретением, предлагаются разнообразные типы регуляторов изгиба колец 24; 124; 324; 424; 524; 624; 724; 824; 924; 1024; 1124; 1224; 1324; 1424, которые допускают внеплоскостное изгибание кольца или колец 2, 10; и т.д. путем отклонения, но противодействуют внутриплоскостному изгибанию кольца или колец 2, 10; и т.д. или ограничивают его. В некоторых вариантах осуществления изобретения регуляторы изгиба колец 624; 724; 1024; 1124; 1224;

1324; 1424 допускают ограниченную степень внутривоскостного изгибания кольца или колец 2, 10; и т.д., чтобы ограничивать напряжение в мембране 8; и т.д. при активации. Регуляторы изгибания колец могут представлять собой опорный диск 24; 124; 224; 324; 424 для поддержания мембраны, который предотвращает или по существу предотвращает внутривоскостное изгибание кольца или колец 2, 10; и т.д., распорки 524; рычаги 624; 724, рычажные механизмы 824; 924; 1024; 1124, пружины 1224 или другие регуляторы изгибания, такие как штифты 1324 в 11-м варианте осуществления изобретения, по которым кольцо или кольца 2, 10 совершают скользящее перемещение; и т.д., или сгибаемые стержни 1430 12-го варианта, которые сконструированы так, что допускают контролируемую степень внутривоскостного изгибания при активации узла.

[000221] Другие способы регулирования изгибания опорного кольца или опорных колец 2, 10 для поддержания мембраны; и т.д. будут понятны специалистам из идей, заложенных в данном изобретении. Настоящее изобретение позволяет использовать изгибаемые опорные мембранные кольца 2, 10; и т.д. для регулирования профиля кромки мембраны при активации, при этом предотвращая нежелательное или неконтролируемое изгибание опорных колец 2, 10; и т.д. в результате поверхностного натяжения в мембране 8; и т.д.

[000222] Как указывалось выше, варианты осуществления изобретения описаны здесь по существу на примере линзовых узлов, конкретнее, линзовых узлов, применяемых в очках. Однако линзовые узлы, соответствующие изобретению, могут также использоваться в других системах линз, например, в защитных очках, шлемах, научных и оптических приборах разных типов. В линзовом узле оптические части прозрачны, но изобретение охватывает также и другие виды узлов с деформируемыми мембранами, которые сконструированы и действуют аналогичным образом, создавая управляемо регулирующую поверхность. В области оптики, например, изобретение можно использовать для создания управляемо регулируемой зеркальной поверхности; кроме того, мембранные узлы, соответствующие изобретению, могут найти применение в неоптических областях, например, в акустике, где может требоваться поверхность с избирательно и управляемо регулируемой динамической формой.

[000223] Соответствующие изобретению линзовые узлы 1; 201; 601; 701; 801; 901; 1201; 1301; 1401 особенно пригодны для коррекции дальновзоркости. При использовании линзовый узел 1; и т.д. можно регулировать, активируя его, чтобы видеть в фокусе объекты, находящиеся на разных расстояниях, от дальних до близких.

#### (57) Формула изобретения

1. Мембранный узел с деформируемой мембраной, включающий:

эластичную мембрану, которая прикреплена под натяжением по окружности ее кромки к гибкому опорному элементу для поддержания мембраны;

слой текучей среды, который находится в контакте с одной из сторон мембраны и давление которого регулируется для регулирования формы мембраны, вызывая растяжение мембраны;

при этом опорный элемент выполнен с возможностью сгибания путем локализованного отклонения по основной оси изгибания, параллельной направлению растяжения мембраны, для изменения профиля кромки мембраны при ее растяжении; а мембранный узел также включает

один или более регуляторов изгибания, воздействующих на опорный элемент для регулирования его изгибания в плоскости, проходящей по нормали к основной оси

изгибания, в ответ на нагрузку, вызываемую натяжением мембраны.

2. Мембранный узел по п. 1, в котором слой текучей среды заключен в оболочку регулируемого объема, при этом мембранный узел включает избирательно приводимое в действие управляющее устройство для регулирования объема оболочки с целью регулирования давления слоя текучей среды.

3. Мембранный узел по п. 2, в котором оболочка установлена на неподвижной опоре, а управляющее устройство выполнено с возможностью приведения в действие для сжатия или расширения оболочки относительно неподвижной опоры.

4. Мембранный узел по п. 1, в котором текучая среда заключена в оболочку, по существу, постоянного объема, при этом мембранный узел включает избирательно приводимое в действие устройство для ввода текучей среды в оболочку или отвода ее из оболочки, что обеспечивает регулировку давления слоя текучей среды.

5. Мембранный узел по п. 1, в котором мембрана имеет некруглую форму.

6. Мембранный узел по п. 1, в котором указанные один или более регуляторов изгибания придают опорному элементу жесткость в большей степени в плоскости, проходящей по нормали к основной оси изгибания, чем по основной оси изгибания.

7. Мембранный узел по п. 1, в котором указанные один или более регуляторов изгибания противодействуют деформации опорного элемента мембраны в плоскости, проходящей по нормали к основной оси изгибания, без существенного влияния на отклонение опорного элемента по основной оси изгибания.

8. Мембранный узел по п. 1, в котором указанные один или более регуляторов изгибания при активации узла обеспечивают возможность управляемого сгибания опорного элемента в направлении, проходящем по нормали к основной оси изгибания.

9. Мембранный узел по п. 1, в котором указанные один или более регуляторов изгибания содержат усиливающую диафрагму.

10. Мембранный узел по п. 9, в котором усиливающая диафрагма включает пластину, расположенную в слое текучей среды и имеющую одно или более сквозных отверстий, при этом пластина имеет, по существу, ту же форму, что и кромка мембраны, и жестко прикреплена к опорному элементу.

11. Мембранный узел по п. 10, в котором указанная пластина выполнена с возможностью отклонения в направлении основной оси изгибания по двум взаимно перпендикулярным осям.

12. Мембранный узел по п. 10, в котором указанная пластина имеет одно или более отходящих от нее ребер, которые служат для увеличения стойкости пластины к деформации при плоской мембране.

13. Мембранный узел по п. 12, в котором указанные ребра присоединены к пластине в точках, в которых опорный элемент не оказывается смещенным при активации мембранного узла, или вблизи таких точек.

14. Мембранный узел по п. 13, в котором указанные ребра идут по контурам, где мембрана не оказывается смещенной при активации.

15. Мембранный узел по п. 13, в котором имеется одно или более прямолинейных ребер, проходящих поперек пластины.

16. Мембранный узел по п. 12, содержащий одну или более неподвижных деталей, при этом указанные одно или более ребер соединены с указанными одной или более неподвижными деталями для усиления стойкости пластины кораблению.

17. Мембранный узел по п. 1, в котором указанные один или более регуляторов изгибания включают распорки, проходящие между противоположными секциями или областями опорного элемента.

18. Мембранный узел по п. 1, в котором указанные один или более регуляторов изгибают рычаги, каждый из которых прикреплен одним концом к мембране или опорному элементу, а другим концом прикреплен к одной или более неподвижных частей мембранного узла, причем каждый рычаг обеспечивает возможность свободного изгиба опорного элемента путем отклонения по основной оси изгиба и возможность управляемой деформации опорного элемента в плоскости, проходящей по нормали к оси изгиба.

19. Мембранный узел по п. 1, в котором указанные один или более регуляторов изгибают рычажные механизмы, расположенные с интервалами по периферии мембраны, причем каждый рычажный механизм присоединен между мембраной или опорным элементом и одной или более неподвижными деталями мембранного узла.

20. Мембранный узел по п. 19, в котором каждый рычажный механизм выполнен таким образом, что он допускает изгибание опорного элемента путем отклонения по основной оси изгиба, но и противодействует деформации опорного элемента в плоскости, проходящей по нормали к основной оси изгиба.

21. Мембранный узел по п. 19, в котором каждый рычажный механизм выполнен таким образом, что он допускает изгибание опорного элемента путем отклонения по основной оси изгиба и возможность управляемой деформации опорного элемента в плоскости, проходящей по нормали к основной оси изгиба.

22. Мембранный узел по п. 17, в котором распорки выполнены таким образом, что они допускают различные величины внутриплоскостного смещения на протяжении окружности опорного элемента мембраны.

23. Мембранный узел по п. 19, в котором указанные рычажные механизмы выполнены таким образом, что они допускают различные величины внутриплоскостного смещения на протяжении окружности опорного элемента.

24. Мембранный узел по п. 1, в котором указанные один или более регуляторов изгибают представляют собой пружинные элементы, каждый из которых соединен одним концом с опорным элементом, а другим концом соединен с соответствующей ограничительной границей.

25. Мембранный узел по п. 1, в котором указанные один или более регуляторов изгибают включают направляющие скольжения, которые взаимодействуют с опорным элементом для ограничения движения опорного элемента заданной траекторией вдоль направляющих скольжения при активации мембранного узла.

26. Мембранный узел по п. 1, в котором указанные один или более регуляторов изгибают включают изгибаемые стержни, расположенные с интервалами вокруг опорного элемента, при этом

каждый стержень находится на одной линии с основной осью изгиба, соединен одним концом с опорным элементом и установлен во взаимодействии с возможностью скользящего перемещения с установочным элементом, который жестко прикреплен к неподвижной детали мембранного узла с обеспечением возможности скользящего перемещения стержня по основной оси скользящего перемещения,

каждый установочный элемент включает фланец, который не дает стержню сгибаться в поперечном направлении при неактивированном мембранном узле; причем установочные элементы имеют такое расположение, что при активации мембранного узла сгибание опорного элемента путем отклонения по основной оси изгиба вызывает скользящее перемещение одного или более стержней относительно их соответствующих установочных элементов, так что указанный один конец каждого соединительного стержня выступает за пределы фланца, а эта часть стержня сгибается в плоскости,

поперечной по отношению к основной оси изгиба, под действием поверхностного натяжения мембраны.

27. Очки, включающие мембранный узел с деформируемой мембраной по п. 1.

5

10

15

20

25

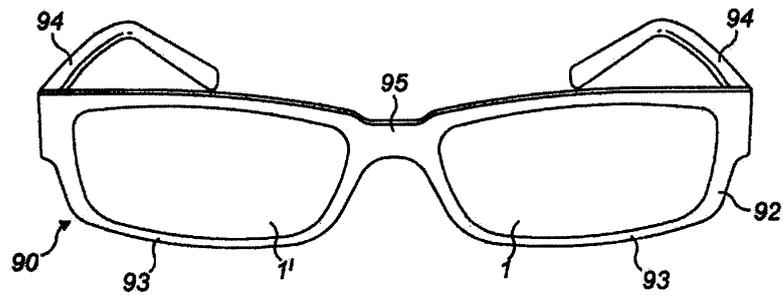
30

35

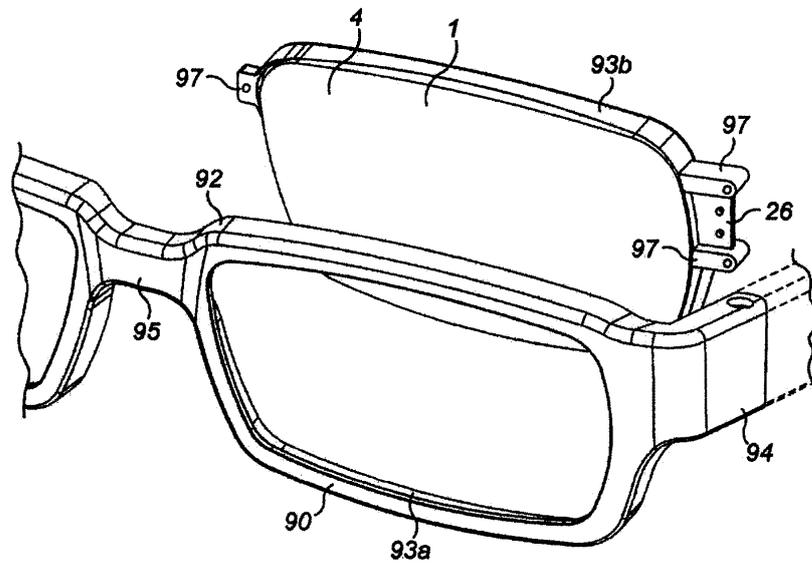
40

45

1

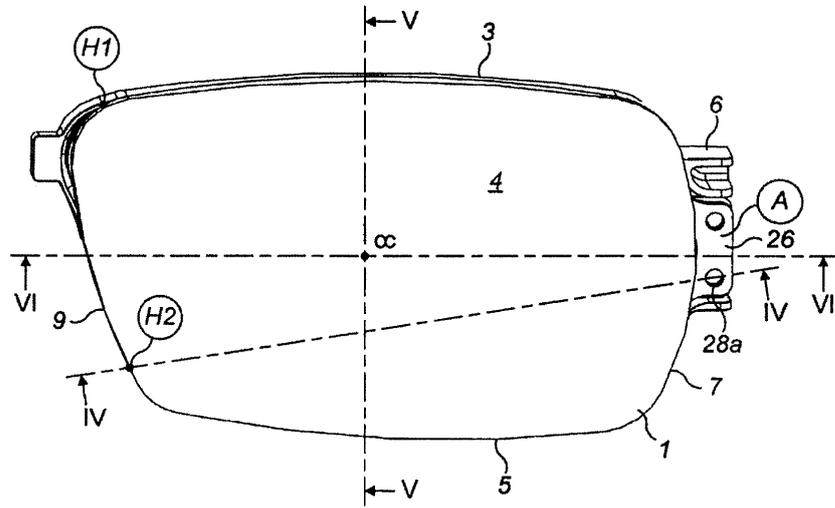


Фиг. 1

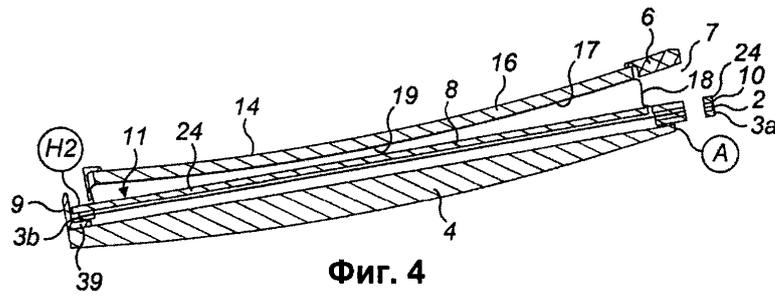


Фиг. 2

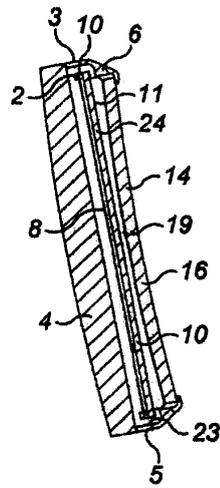
2



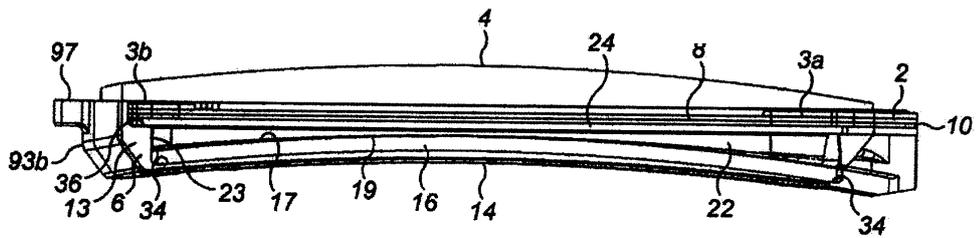
Фиг. 3



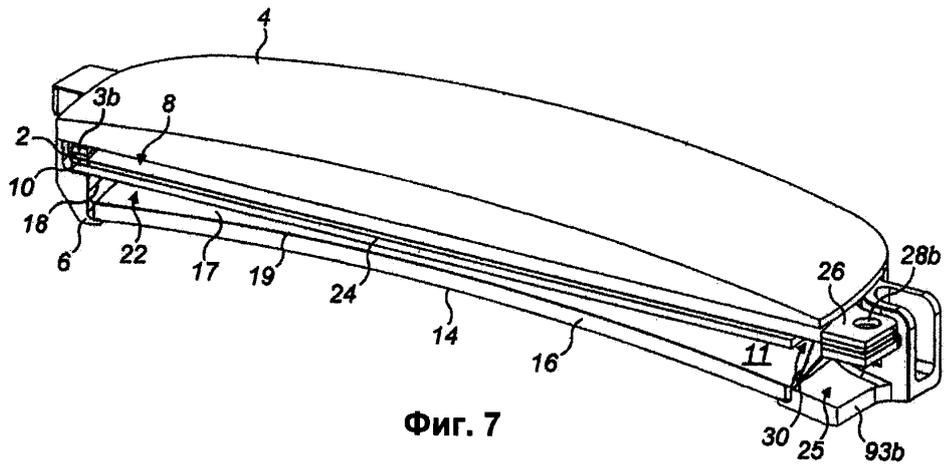
Фиг. 4



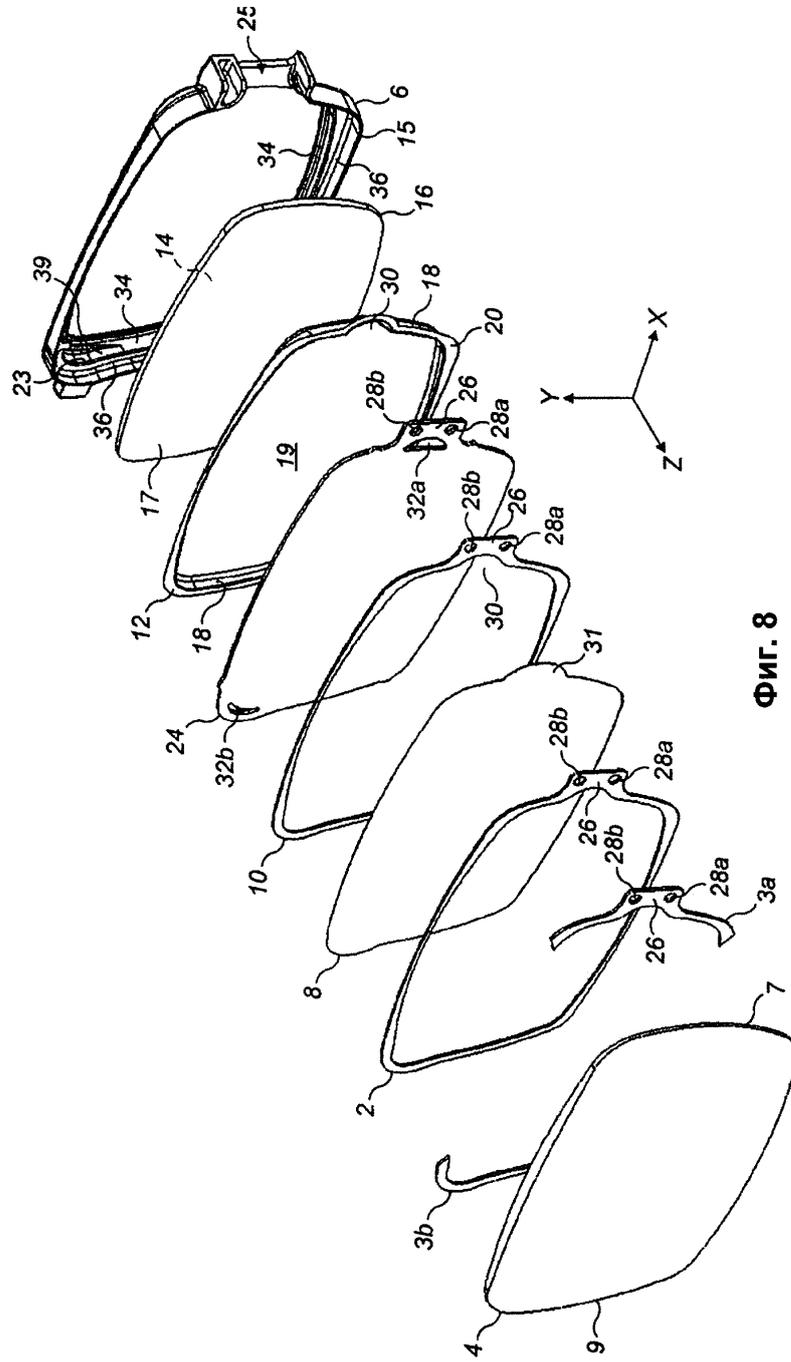
Фиг. 5



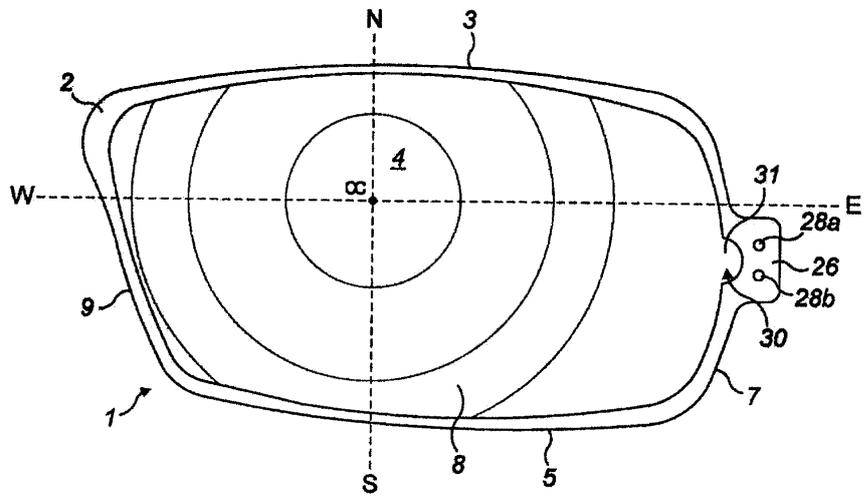
Фиг. 6



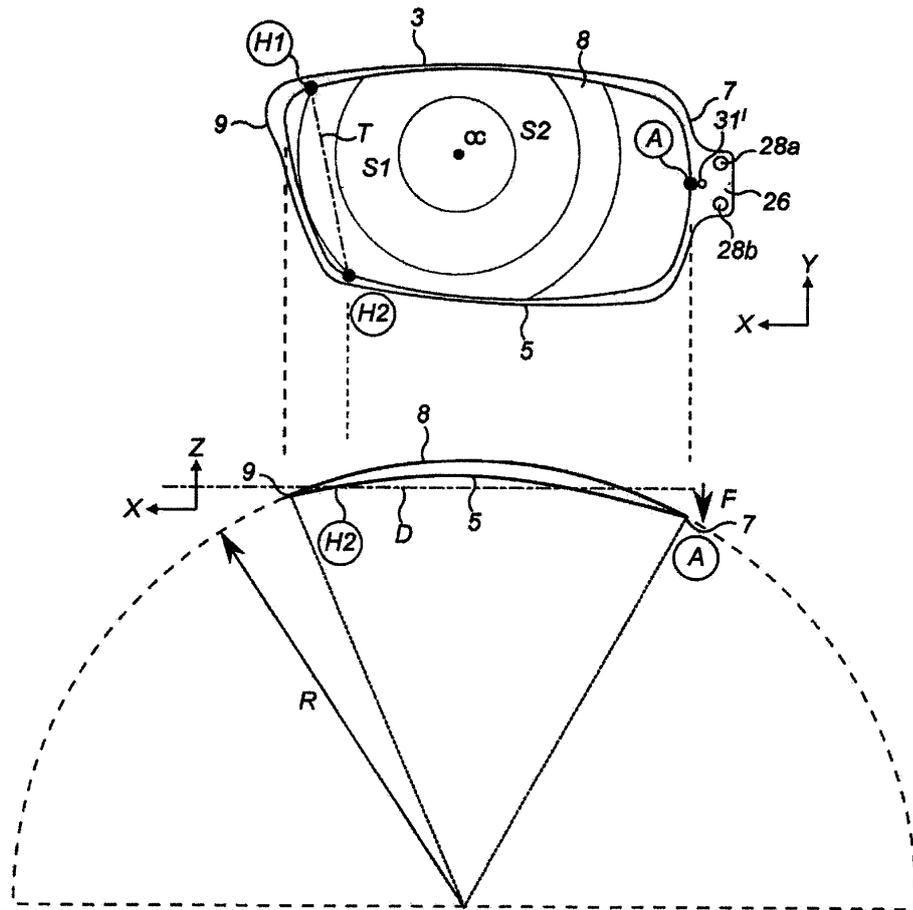
Фиг. 7



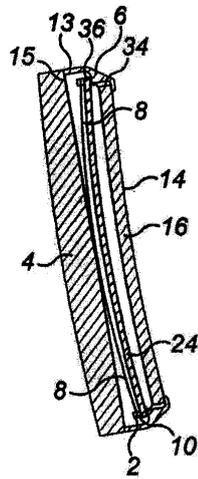
ФИГ. 8



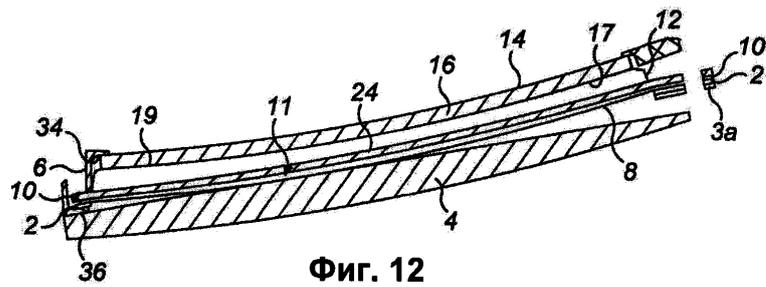
Фиг. 9



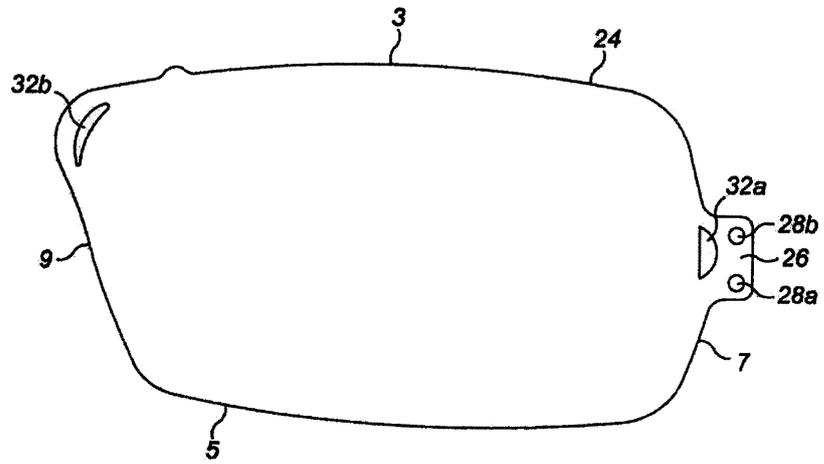
ФИГ. 10



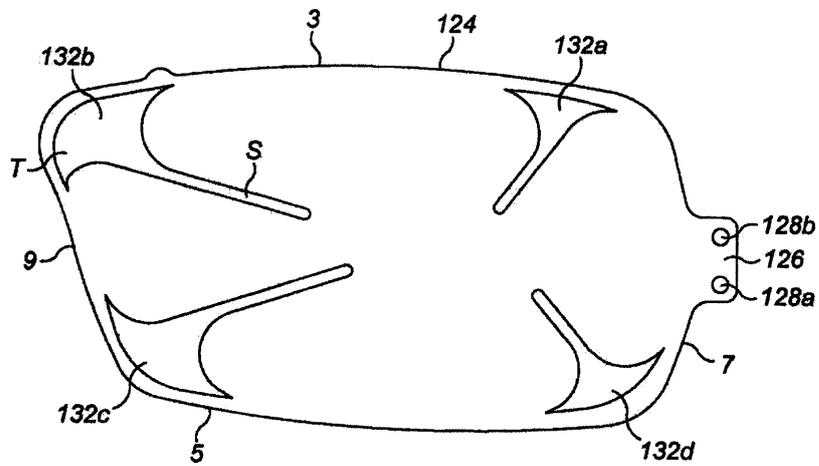
Фиг. 11



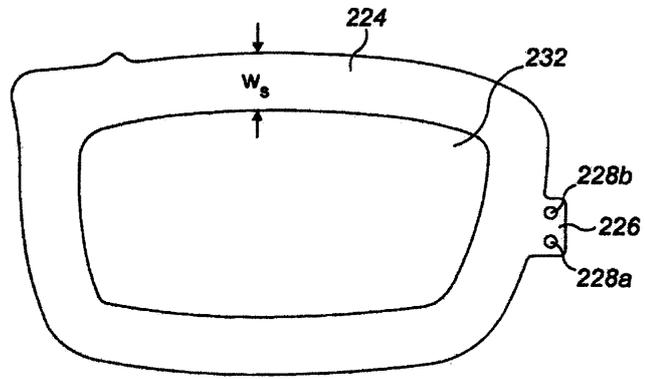
Фиг. 12



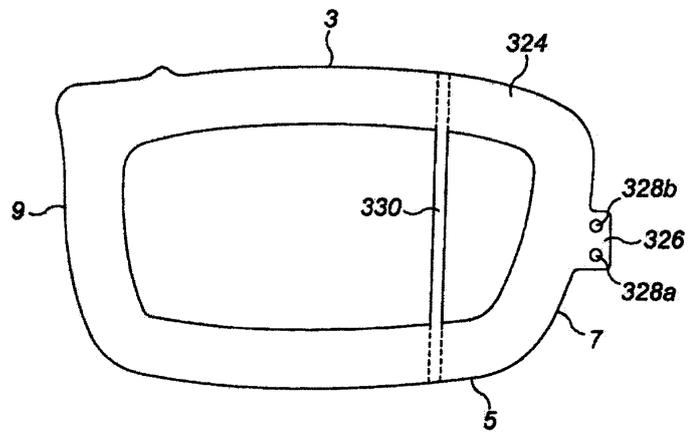
Фиг. 13А



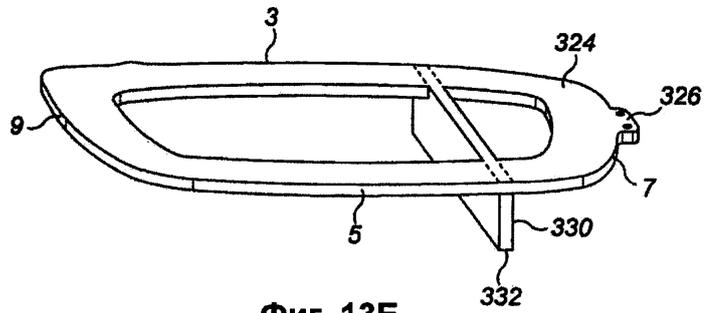
Фиг. 13В



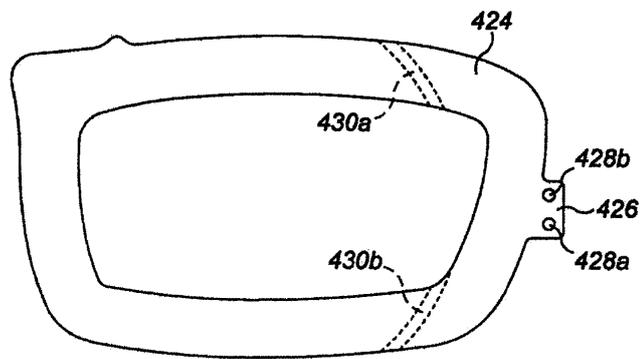
Фиг. 13С



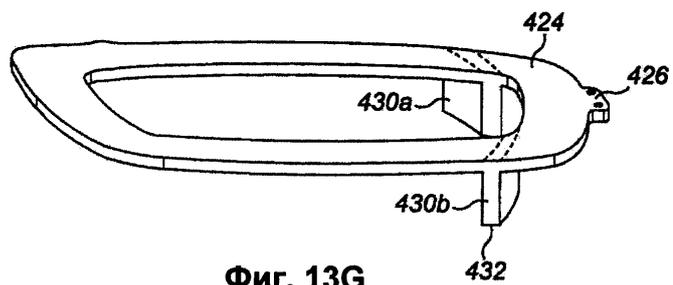
Фиг. 13D



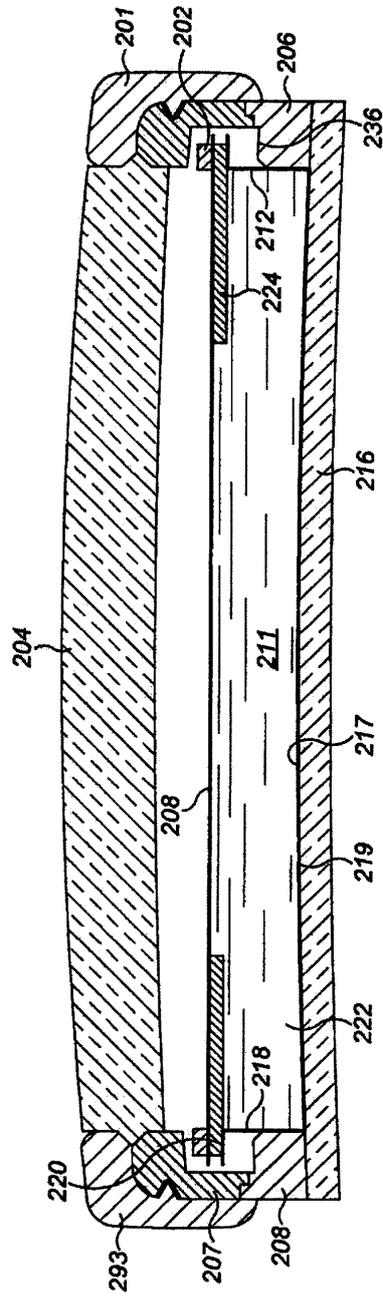
Фиг. 13Е



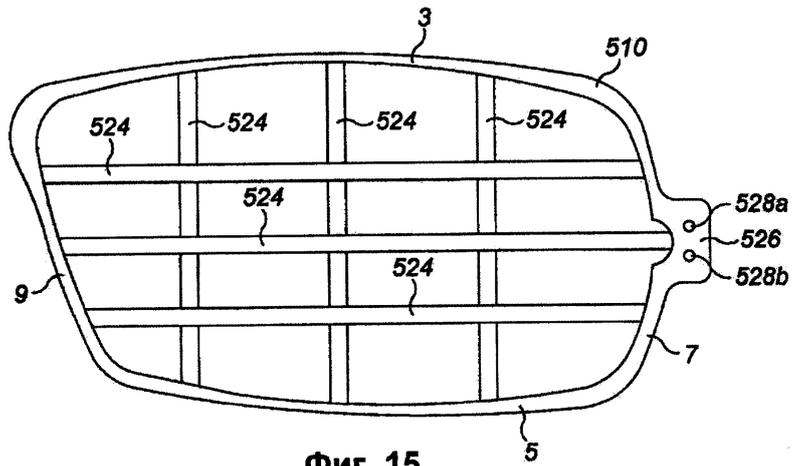
Фиг. 13F



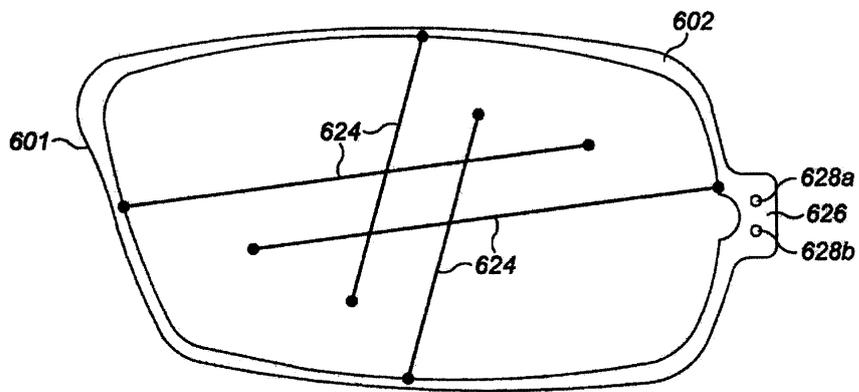
Фиг. 13G



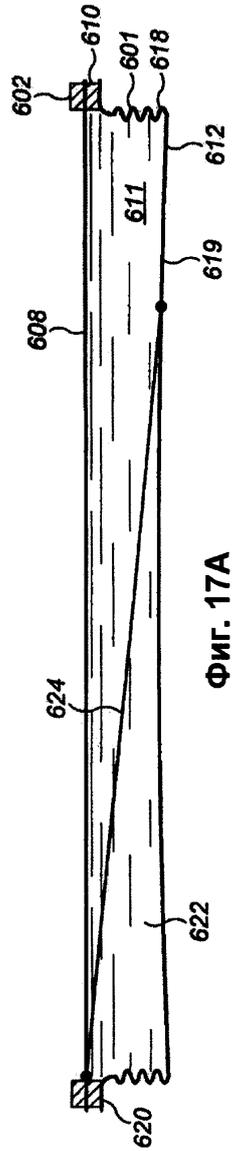
ФИГ. 14



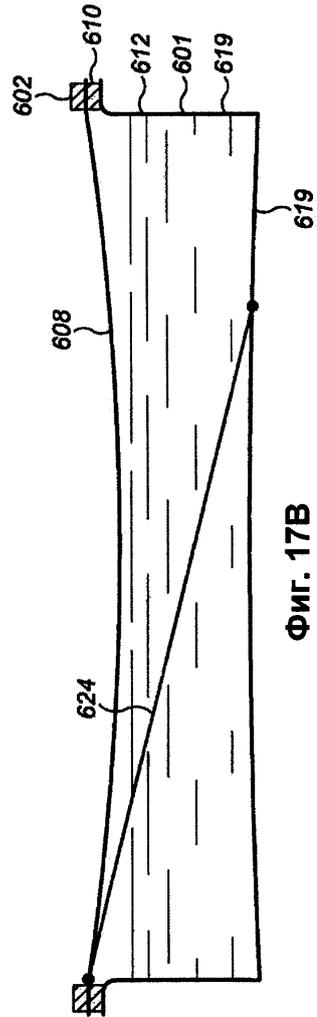
Фиг. 15



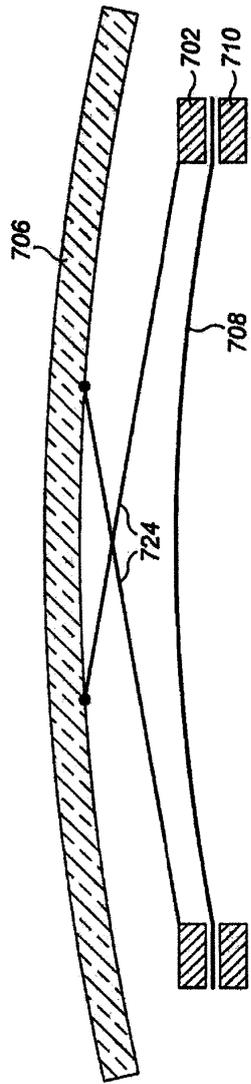
Фиг. 16



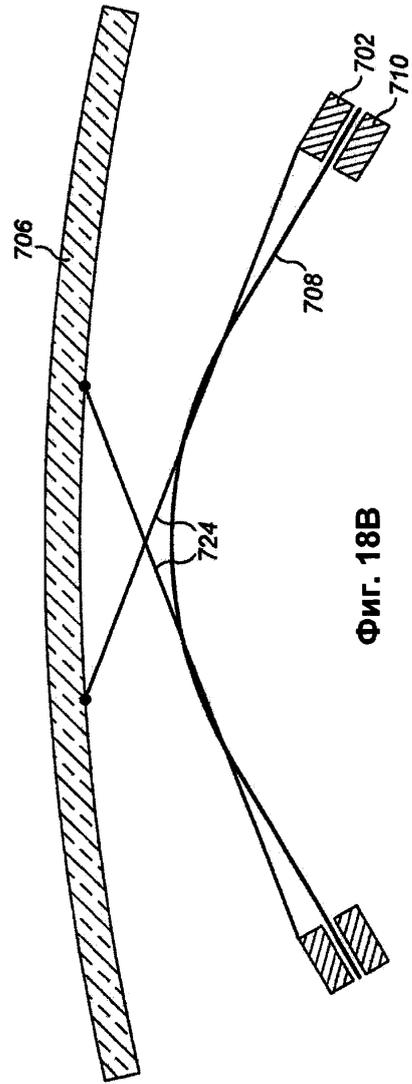
ФИГ. 17А



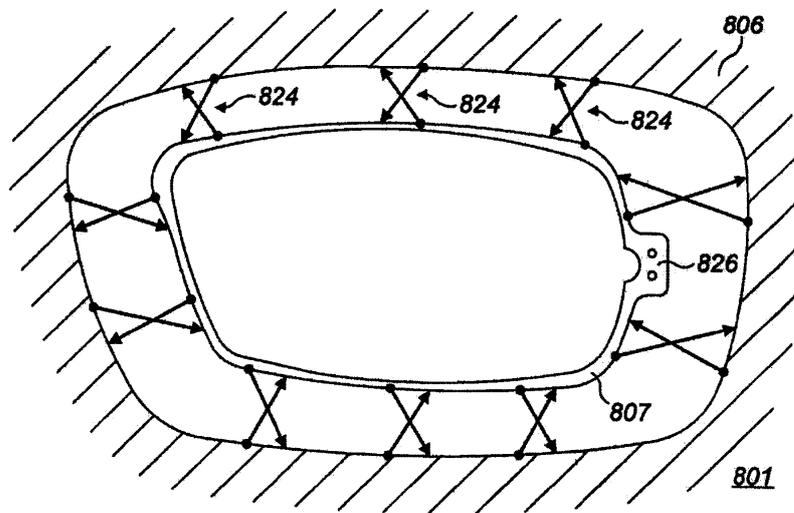
ФИГ. 17В



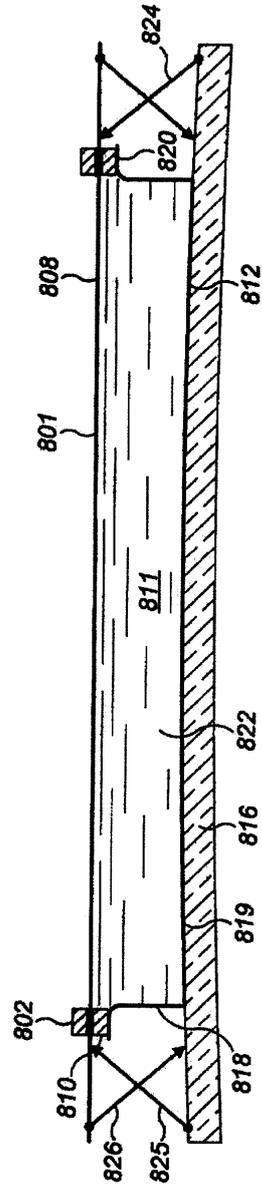
ФИГ. 18А



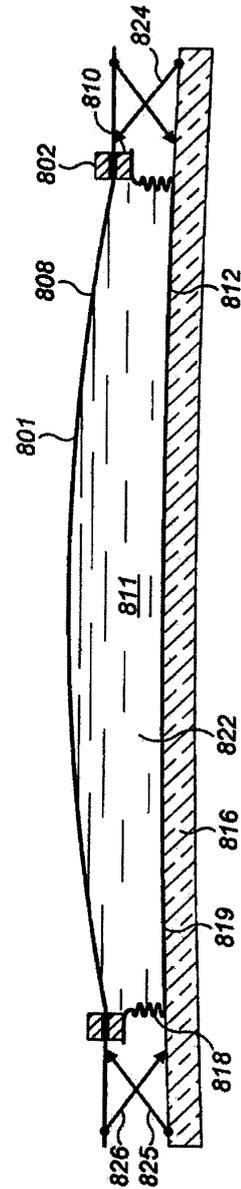
ФИГ. 18В



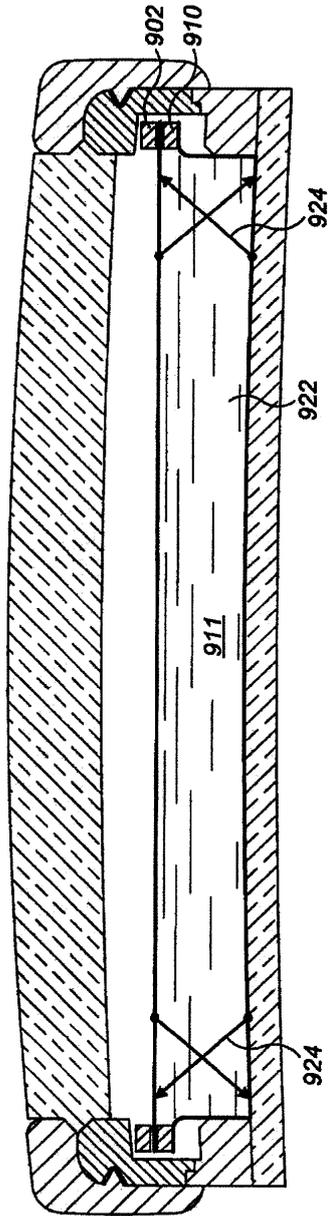
ФИГ. 19



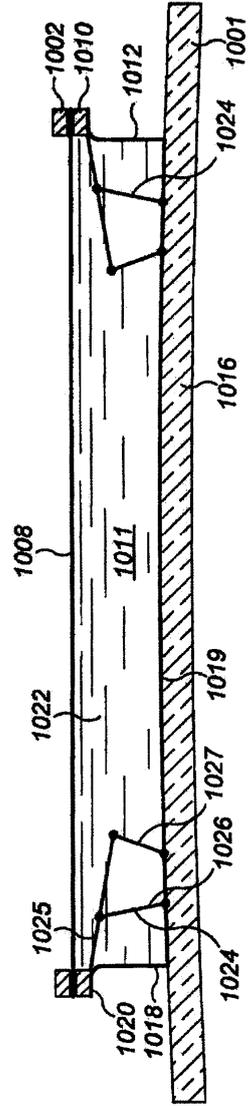
Фиг. 20А



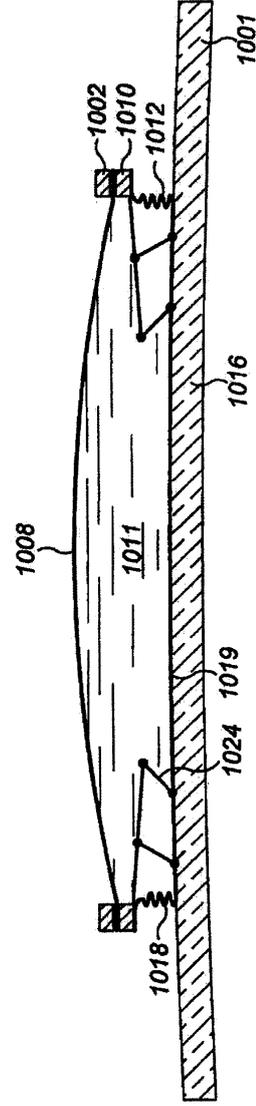
Фиг. 20В



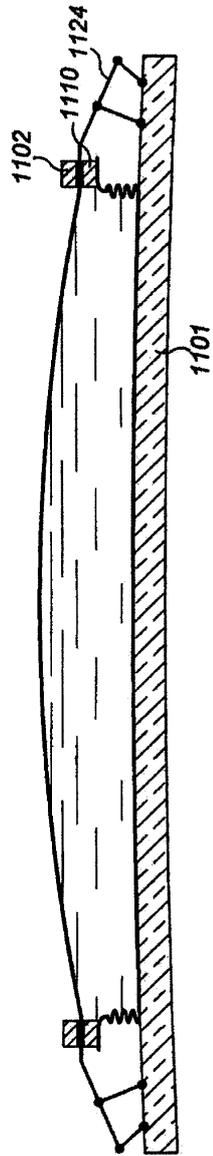
Фиг. 21



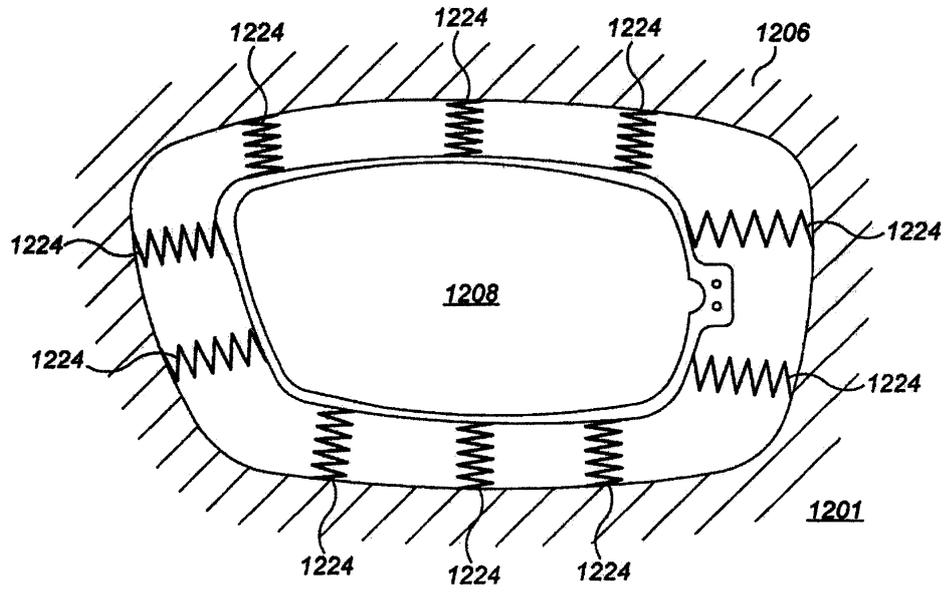
ФИГ. 22А



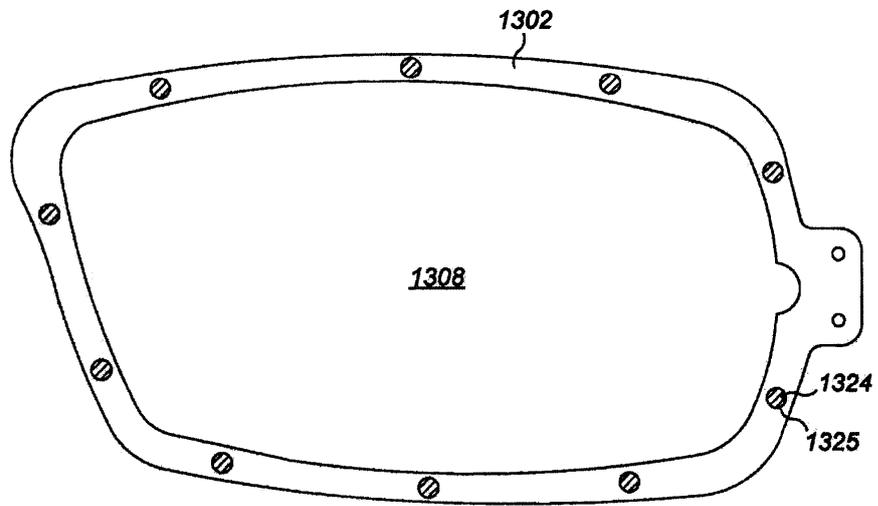
ФИГ. 22В



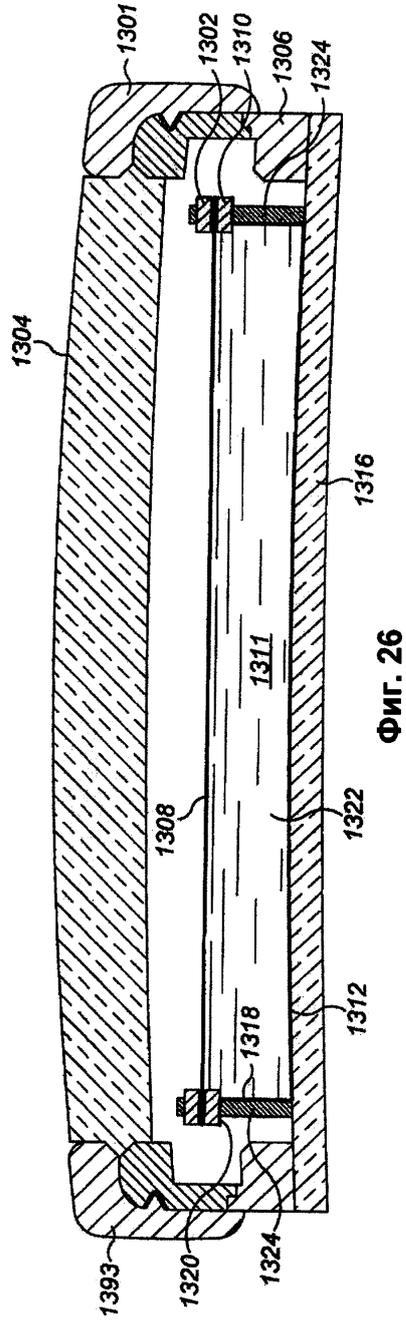
Фиг. 23

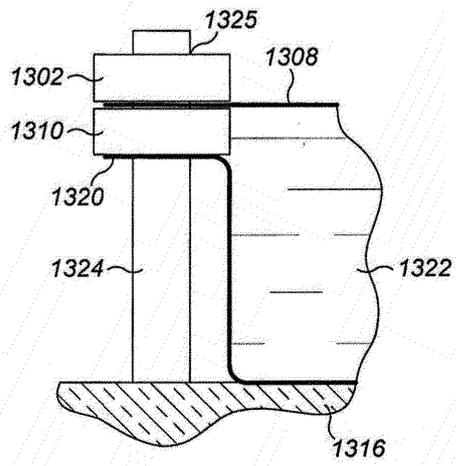


Фиг. 24

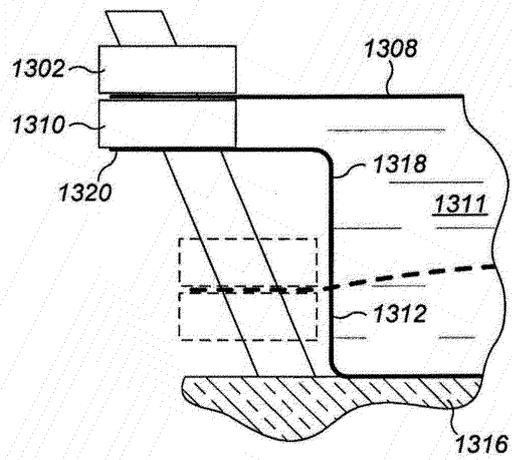


Фиг. 25

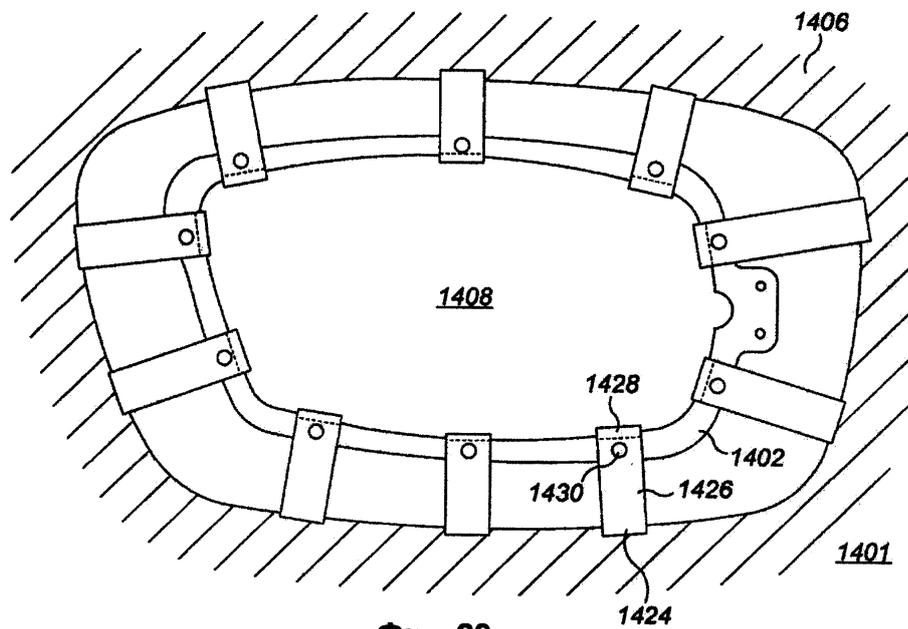




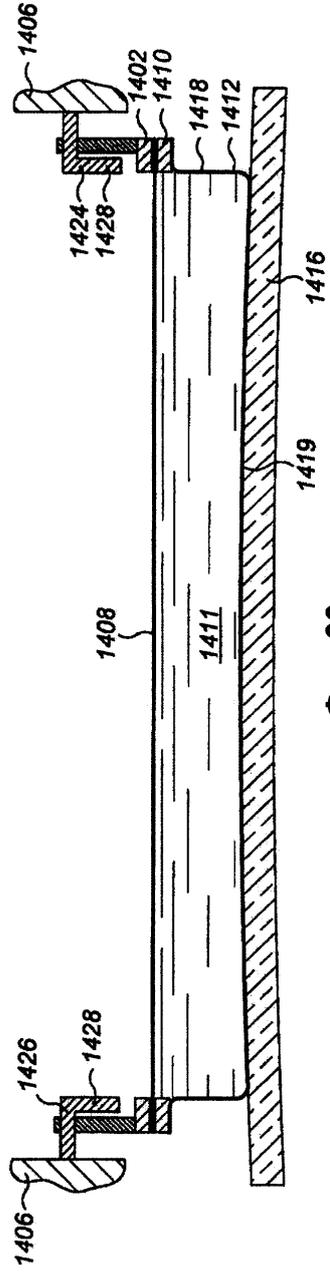
Фиг. 27



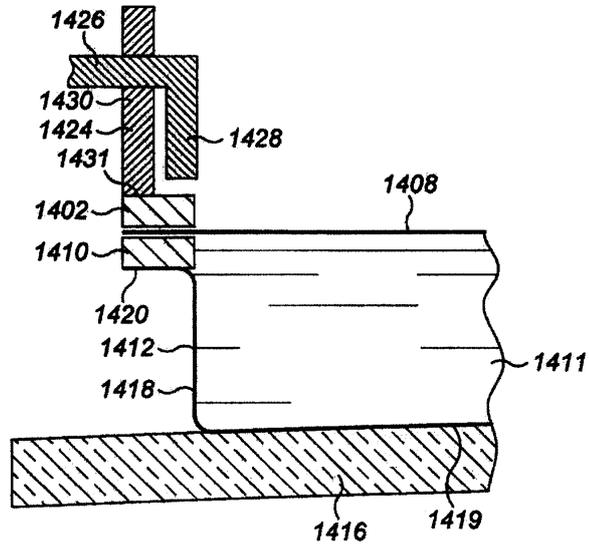
Фиг. 28



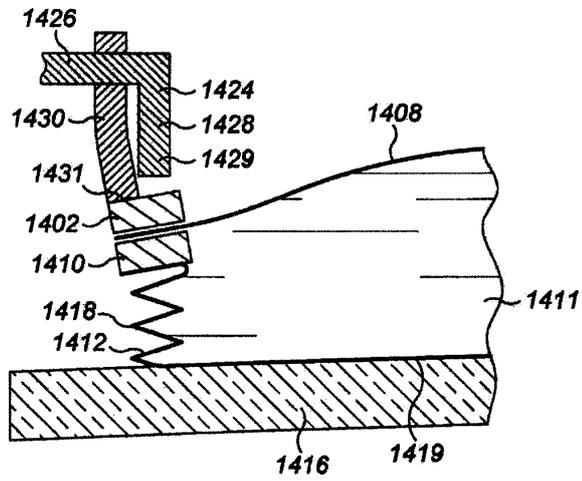
Фиг. 29



ФИГ. 30



Фиг. 31А



Фиг. 31В