



República Federativa do Brasil
Ministério da Economia
Instituto Nacional da Propriedade Industrial

(11) PI 1008632-3 B1



(22) Data do Depósito: 11/02/2010

(45) Data de Concessão: 22/10/2019

(54) Título: MECANISMO PARA MUDAR A INTENSIDADE ÓPTICA DE UM APARELHO ÓPTICO DE FOCO VARIÁVEL, E, CONJUNTO DE VIDROS ÓPTICOS

(51) Int.Cl.: G02B 3/12.

(30) Prioridade Unionista: 06/03/2009 US 12/399368; 13/02/2009 US 12/370938.

(73) Titular(es): ADLENS BEACON, INC..

(72) Inventor(es): AMITAVA GUPTA; KARIM HAROUD; URBAN SCHNELL.

(86) Pedido PCT: PCT US2010023835 de 11/02/2010

(87) Publicação PCT: WO 2010/093754 de 19/08/2010

(85) Data do Início da Fase Nacional: 12/08/2011

(57) Resumo: MECANISMO PARA MUDAR A INTENSIDADE ÓPTICA DE UM APARELHO ÓPTICO DE FOCO VARIÁVEL, E, CONJUNTO DE VIDROS ÓPTICOS É descrito um mecanismo que permite mudar a intensidade óptica de uma lente cheia de líquido com uma cavidade cheia com um fluido. Um reservatório contém fluido adicional e está em comunicação fluídica com a cavidade, e o mecanismo extrai fluido do reservatório para a cavidade, ou puxa fluido da cavidade de volta para o reservatório, por meio do que uma mudança na quantidade de fluido dentro da cavidade da lente muda a intensidade óptica da lente. Uma membrana veda o reservatório, e um pistão colide na membrana. Um dispositivo de movimento, tal como um parafuso de tambor ou alavanca, move o pistão de uma maneira controlada em direção à membrana para aumentar a pressão dentro do reservatório e assim forçar fluido para fora do reservatório para dentro da cavidade da lente, e para fora da membrana, para diminuir a pressão dentro do reservatório e assim extrair fluido da cavidade da lente e para dentro do reservatório.

MECANISMO PARA MUDAR A INTENSIDADE ÓPTICA DE UM APARELHO ÓPTICO DE FOCO VARIÁVEL, E, CONJUNTO DE VIDROS ÓPTICOS

CAMPO DA INVENÇÃO

[001] A presente invenção diz respeito ao campo de lentes de foco variável e, mais particularmente, a lentes oftálmicas de consumidor que são pelo menos em parte cheias com fluido ou líquido.

FUNDAMENTOS DA INVENÇÃO

[002] É de conhecimento que a capacidade de o olho humano acomodar, isto é, alterar o comprimento focal da lente natural no olho, é gradualmente diminuída com o aumento da idade. Acomodação em seres humanos é reduzida a 3D (diópteros) ou menos a uma faixa de idade de 33-45 anos. Nesse ponto, óculos de leitura ou alguma outra forma de correção da visão de perto tornam-se necessários para o olho humano poder trazer para perto o foco de objetos (tais como linhas de texto em um livro ou em uma revista). Com a continuidade do envelhecimento, a acomodação cai abaixo de 2D, e nesse ponto, é necessária uma correção visual quando se trabalha em um computador, ou durante realização de alguma tarefa visual a distâncias intermediárias.

[003] Para melhores resultados e para melhor conforto visual, é necessário colocar cada olho no foco no mesmo alvo de visão, por exemplo, uma tela de computador. Um grande segmento de população exige uma correção visual diferente para cada olho. Essas pessoas, conhecidas como anisometropos, exigem diferentes correções visuais para cada olho a fim de conseguir o máximo conforto visual durante leitura ou trabalho em um computador. Sabe-se que, se cada um dos dois olhos de anisometropos não for colocado em foco no mesmo plano de visão, o borrão da imagem anisométrica resultante causa uma perda de estereopsia (percepção de profundidade). Perda de estereopsia é uma das melhores indicações de perda

de função binocular. Perda de binocularidade no plano de leitura pode causar uma queda na velocidade de leitura e taxa de compreensão, e pode acelerar o início de fadiga mediante leitura ou trabalho sustentado em um computador. Óculos de leitura equipados com lentes líquidas ajustáveis individualmente são, portanto, exclusivamente adequadas para a necessidade visual de indivíduos com perda da função binocular.

[004] Lentes de foco variável podem ter a forma de um volume de líquido encerrado entre folhas flexíveis e transparentes. Tipicamente, duas tais folhas, uma formando a superfície dianteira da lente e uma formando a superfície traseira da lente, são afixadas uma na outra nas suas bordas, tanto diretamente quanto a um suporte entre as folhas, para formar uma câmara vedada contendo o fluido. Ambas folhas podem ser flexíveis, ou uma pode ser flexível e uma rígida. Fluido pode ser introduzido ou removido da câmara para variar seu volume e, à medida que o volume de líquido muda, assim ocorre com a curvatura da(s) folha(s) e assim o grau da lente. Lentes líquidas são, portanto, especialmente bem adequadas para uso em óculos de leitura, ou seja, óculos usados por presbíopes para leitura.

[005] Lentes líquidas de foco variável ficaram conhecidas pelo menos desde 1958 (vide, por exemplo, patente U.S. 2.836.101, de Swart). Exemplos mais recentes podem ser encontrados em Tang et al., "Dynamically Reconfigurable Liquid Core Liquid Classing Lens in a Microfluidic Channel", LAB ON a CHIP, Vol. 8; no. 3, pp. 395-401 (2008) e no relatório descritivo do pedido de patente internacional WO 2008/063442, intitulado "Liquid Lenses with Polycyclic Alkanes". Essas lentes líquidas são tipicamente direcionadas para tecnologia fotonics, telefone digital e câmera e microcomponentes eletrônicos.

[006] Lentes líquidas têm também sido propostas para aplicações oftálmicas de consumidor. Vide, por exemplo, patentes U.S. 5.684.637 e 6.715.876 de Floyd, e patente U.S. 7.085.065, de Silver. Essas referências

preceituam bombeamento de líquido para dentro ou para fora da câmara da lente para mudar a curvatura de uma superfície de membrana elástica, ajustando assim o foco da lente líquida. Por exemplo, a patente U.S. 7.085.065 intitulada "Variable Focus Optical Apparatus" preceitua uma lente de foco variável formada de um envelope de fluido compreendendo duas folhas, pelo menos uma das quais é flexível. A folha flexível é retida no lugar entre dois anéis, que são diretamente presos um no outro, tal como por adesivo, soldagem ultrassônica ou qualquer processo similar, e a outra folha rígida pode ser diretamente presa em um dos anéis. Um furo é feito na lente montada para permitir que a cavidade entre a membrana flexível e a folha rígida seja cheia com fluido transparente.

[007] Lentes líquidas têm muitas vantagens, incluindo uma ampla faixa dinâmica, a capacidade de prover correção adaptativa, robustez e baixo custo. Entretanto, em todos os casos, as vantagens de lentes líquidas têm que ser equilibradas com suas desvantagens, tais como limitações no tamanho da abertura, possibilidade de vazamento e inconsistência no desempenho. Em particular, Silver revelou diversas melhorias e modalidades voltadas para a contenção efetiva do fluido na lente líquida a ser usada em aplicações oftálmicas, embora não limitado a elas (por exemplo, patente U.S. 6.618.208 de Silver, e referências nela). Ajustes da intensidade em lentes líquidas têm sido feitos injetando fluido adicional na cavidade da lente, por eletroumidecimento, por aplicação de impulso ultrassônico e utilizando forças de intumescimento em um polímero reticulado mediante introdução de um agente de intumescimento tal como água.

[008] Espera-se que comercialização de lentes líquidas ocorra no futuro próximo, desde que algumas das limitações supranotadas possam ser remediadas. Mesmo assim, a estrutura das lentes líquidas da tecnologia anterior é grande e não é esteticamente adequada para consumidores, que desejam óculos com lentes mais finas e óculos sem armações volumosas. Para

as lentes que operam por injeção ou bombeamento de líquido no corpo da lente, um sistema de controle complicado é normalmente necessário, tornando tais lentes volumosas, caras e sensíveis a vibração.

[009] Além do mais, até hoje, nenhuma das lentes líquidas da tecnologia anterior provê o consumidor com a capacidade de introduzir o líquido ou removê-lo da câmara da lente de maneira que ele próprio mude seu volume a fim de variar a intensidade da lente. Além do mais, nenhuma das lentes líquidas da tecnologia anterior provê um mecanismo para permitir que o consumidor introduza o líquido ou remova-o da câmara da lente de maneira a mudar por si próprio seu volume a fim de variar a intensidade da lente.

SUMÁRIO DA INVENÇÃO

[0010] De acordo com os objetivos da invenção, é provido um mecanismo para mudar a intensidade óptica de uma lente cheia com líquido de foco variável. A lente tem uma cavidade vedada cheia com fluido definida entre uma óptica dianteira rígida e uma membrana distensível transparente afixada a uma periferia da óptica rígida, e uma mudança na quantidade de fluido dentro da cavidade da lente muda a intensidade óptica da lente. Um reservatório contendo fluido adicional e em comunicação fluídica com a cavidade via um canal de comunicação de fluido é operável para prover injeção de fluido na cavidade ou extração de fluido da cavidade por meio do mecanismo como aqui descrito.

[0011] Em certas modalidades, o mecanismo compreende uma membrana ou diafragma que veda o reservatório e um atuador configurado para causar movimento da membrana em relação ao reservatório em resposta a uma força ou um impulso no atuador de maneira a aumentar ou diminuir a pressão dentro do reservatório. A maior pressão dentro do reservatório força fluido para fora do reservatório e para dentro da cavidade da lente, e a menor pressão dentro do reservatório extraem fluido da cavidade da lente e para dentro do reservatório.

[0012] Em certas modalidades, o atuador tem um pistão que colide na membrana e que é móvel em direções opostas substancialmente transversais ao diafragma. O movimento do pistão em uma direção da membrana aumenta a pressão dentro do reservatório e o movimento do pistão na direção para fora da membrana diminui a pressão dentro do reservatório.

[0013] O canal de comunicação provendo comunicação fluídica entre o reservatório e a cavidade pode ser dentro de um anel, dentro do qual a membrana e a periferia do componente óptico rígido são pelo menos em parte para prover anexação nela.

[0014] Em outras modalidades, a invenção proveria um Conjunto de vidros ópticos para aplicações oftálmicas compreendendo uma armação, pelo menos uma lente de foco variável compreendendo uma cavidade cheia com uma quantidade variável de fluido, um reservatório contendo fluido adicional e estando em comunicação fluídica com a cavidade, e o mecanismo tal como anteriormente descrito para mudar a intensidade óptica da lente de foco variável. Em certas modalidades da lente, o reservatório poderia situar-se na armação e ser operável pelo atuador para ajustar a intensidade óptica de pelo menos uma das lentes.

[0015] Em certas modalidades, o atuador compreende um dispositivo de movimento para prover movimento ao pistão em direções a favor e contra a membrana. Isto poderia ser um parafuso de tambor posicionado ao longo da armação, de maneira tal que, girando o parafuso de tambor em uma primeira direção, o pistão move-se em direção à membrana e, girando o parafuso de tambor em uma segunda direção, o pistão move-se para fora da membrana. O parafuso de tambor move-se coaxialmente ao longo da armação, e o reservatório situa-se adjacente à armação.

[0016] Em certas modalidades da lente, pelo menos uma porção do canal de comunicação poderia situar-se dentro da armação para prover comunicação fluídica entre o reservatório e a cavidade. Em modalidades

adicionais, pelo menos uma porção do canal de comunicação dentro da armação compreende uma série de aberturas para passagem de fluido entre o canal de comunicação e a cavidade da lente.

[0017] A presente invenção será mais bem entendida pela referência à discussão detalhada seguinte de modalidades específicas e das figuras anexas, que ilustram e exemplificam tais modalidades.

DESCRIÇÃO RESUMIDA DOS DESENHOS

[0018] Modalidades da invenção serão entendidas e percebidas mais completamente a partir da descrição detalhada seguinte em conjunto com as figuras, que não estão em escala, em que números de referência iguais indicam elementos correspondentes, análogos ou similares, e em que:

A figura 1A é uma vista seccional transversal esquemática de uma primeira modalidade de uma lente cheia de líquido para uso em óculos ou similares;

A figura 1B é uma vista seccional transversal esquemática de uma segunda modalidade de uma lente cheia com líquido para uso em óculos ou similares;

A figura 2 é uma vista seccional transversal esquemática explodida de uma modalidade do aparelho de óculos utilizando a lente cheia com líquido;

As figuras 3A e 3B mostram vistas em perspectiva traseira e frontal de uma metade de uma modalidade de aparelhos de óculos utilizando a lente cheia com líquido;

A figura 4A é uma vista em perspectiva explodida dos componentes de uma modalidade do aparelho de óculos utilizando o mecanismo de lente de foco variável antes da introdução de fluido no mecanismo;

A figura 4B é uma vista seccional transversal explodida dos componentes de uma modalidade do aparelho de óculos utilizando o

mecanismo de lente de foco variável antes da introdução de fluido no mecanismo;

A figura 5A é uma vista seccional transversal de uma modalidade do mecanismo de lente de foco variável dentro do aparelho de óculos antes da introdução de fluido no mecanismo;

A figura 5B é uma vista seccional transversal de uma modalidade do mecanismo de lente de foco variável dentro do aparelho de óculos depois da introdução de fluido no mecanismo;

As figuras 6A e 6B são análise de software gráfico do desempenho da lente cheia com líquido; e

As figuras 7A e 7B são análise de software gráfico do desempenho da lente cheia com líquido.

DESCRIÇÃO DETALHADA DA INVENÇÃO

[0019] As modalidades preferidas seguintes exemplificadas pelos desenhos são ilustrativas da invenção e não visam limitar a invenção englobada pelas reivindicações deste pedido.

[0020] A figura 1A mostra uma vista seccional transversal de uma primeira modalidade preferida do aparelho óptico, na forma de uma lente de foco variável 10, pela qual um usuário examina na direção da seta A. A lente 10 é composta de dois componentes ópticos, uma óptica anterior 11 (isto é, dianteira, com relação ao usuário) que é substancialmente rígida e uma óptica posterior 15 (isto é, traseira, com relação ao usuário) que é um líquido.

[0021] A óptica anterior 11 é uma lente substancialmente rígida, preferivelmente feita de um substrato rígido transparente, tal como um plástico ou policarbonato claro, chapa de vidro, chapa de cristal transparente, ou um polímero rígido transparente, por exemplo, policarbonato de bisfenol A ou CR-39 (carbonato de bissalila de dietileno glicol). A óptica anterior 11 pode ser feita de um polímero resistente ao impacto e pode ter um revestimento resistente ao risco ou um revestimento antirrefletivo.

[0022] Em uma modalidade preferida, a óptica anterior 11 tem uma forma de menisco, isto é, convexa, no seu lado dianteiro, e côncava, no seu lado traseiro. Assim, tanto a superfície dianteira quanto a traseira da óptica anterior 11 são curvas na mesma direção. Entretanto, como em todas lentes que corrigem presbiopia (incapacidade de acomodar), a óptica anterior 11 é mais espessa no centro e mais fina na borda, isto é, o raio de curvatura da superfície dianteira da óptica anterior 11 é menor que o raio de curvatura da superfície traseira da óptica anterior 11, de maneira tal que os respectivos raios de curvatura das superfícies dianteira e traseira da óptica anterior 11 e, conseqüentemente, as próprias superfícies dianteira e traseira se interceptam. A interseção das superfícies dianteira e traseira da óptica anterior 11 é a borda circunferencial 16 da óptica anterior 11.

[0023] Em certas modalidades, a superfície dianteira da óptica anterior 11 é esférica, significando que ela tem a mesma curva em toda sua superfície, como em lentes de óculos convencionais. Em uma modalidade preferida, a óptica anterior 11 é asférica e tem uma curvatura da superfície dianteira mais complexa que muda gradualmente do centro da lente para a borda, de maneira a prover um perfil mais esbelto e um perfil de aumento desejado em função do ângulo de visão, o ângulo gaze sendo definido aqui como o ângulo formado entre a linha real de visão e o eixo principal da lente.

[0024] A óptica posterior 15 é uma lente líquida composta de um fluido 14. O fluido 14 é confinado em uma cavidade formada entre a superfície traseira da óptica anterior 11 e uma membrana 13 que é afixada nas bordas da óptica anterior 11. A membrana 13 é preferivelmente feita de um material impermeável a água transparente flexível, tais como poliolefinas, policicloalifáticos, poliéteres, poliésteres, poli-imidas e poliuretanos claras e elásticas, por exemplo, filmes de poli(cloreto de vinilideno), incluindo filmes comercialmente disponíveis, tais como aqueles fabricados como Mylar® ou Saran®. Observou-se que um filme transparente claro patenteado feito de

poli(tereftalato de etileno) é uma escolha preferida para a membrana.

[0025] A cavidade entre a superfície traseira da óptica anterior 11 e uma membrana 13 na figura 1A é formada vedando a membrana 13 na periferia ou borda circunferencial 16 da óptica anterior 11. A membrana 13 pode ser vedada na óptica anterior 11 por qualquer método conhecido, tal como vedação a quente, vedação adesiva ou solda laser. A membrana 13 pode ser pelo menos em parte ligada a um elemento de suporte que, por sua vez, é ligado na periferia da óptica anterior 11. A membrana 13 é preferivelmente plana quando vedada, mas pode ser termoformada em uma curvatura ou geometria esférica específica.

[0026] Fluido 14 encapsulado entre a membrana 13 e a superfície traseira da óptica anterior 11 é preferivelmente descolorida. Entretanto, fluido 14 pode ser tingido, dependendo da aplicação, tal como se a aplicação visada fosse para óculos de sol. Fluido 14 com um índice de refração apropriado e viscosidade adequada para uso em lentes cheias com fluido, tais como, por exemplo, produtos de água desgaseificada, óleo mineral, glicerina e silicone, entre outros que são comumente conhecidos ou usados para lentes cheias com fluido. Um fluido preferido 14 é fabricado pela Dow Coming® com o nome de óleo de bomba de difusão 704, também referido no geral como óleo de silicone.

[0027] Em certas modalidades, a membrana 13 por si não tem restrições nas suas propriedades ópticas. Em outras modalidades, a membrana 13 tem restrições nas suas propriedades ópticas, por exemplo, um índice de refração, que casam com as propriedades ópticas do fluido 14.

[0028] Em uso, pelo menos uma lente 10 se encaixa em um conjunto de armações de lente ou óculos para uso por um usuário. Como mostrado na figura 1A, no perfil, a lente 10 permite que o usuário veja através tanto da óptica interior 11 quanto da óptica posterior 15, que juntas provêm um perfil mais espesso no centro da lente 10, e correção visual presbiópica mais forte

do que apenas a óptica anterior 11. O usuário é provido com a capacidade de ajustar a quantidade de fluido 14 dentro da óptica posterior 15 e assim ajustar a intensidade refrativa da lente 10. Em certas modalidades, como será discutido a seguir, a armação é equipada com um reservatório de fluido em excesso 14 e uma linha de fluido que comunica o reservatório com a óptica posterior 15 da lente 10. A armação dos óculos também preferivelmente tem um mecanismo de ajuste para permitir que o usuário ajuste pessoalmente a quantidade de fluido 14 dentro da óptica posterior 15 de forma que fluido 14 possa mover-se para dentro do reservatório, ou ser expelido dele para a óptica posterior 15 para dessa forma ajustar o grau refrativo da lente 10 de acordo com a necessidade.

[0029] A figura 1B mostra uma vista seccional transversal de uma segunda modalidade preferida do aparelho óptico, na forma de uma lente de foco variável 20, pelo qual um usuário vê na direção da seta A. Oposto à lente 10 na figura 1A, que é um compósito de dois componentes ópticos, a lente 20 na figura 1B é um compósito de três componentes ópticos, a saber, uma óptica anterior 21 que é substancialmente rígida, uma óptica intermediária 25 que é um líquido e uma óptica posterior 35 que é um líquido.

[0030] A óptica anterior 21 é uma lente substancialmente rígida, similar em estrutura e desenho à óptica anterior 11 da modalidade mostrada na figura 1A. Como na óptica anterior 11 da figura 1A, a óptica anterior 21 também tem uma forma de menisco, isto é, tanto a superfície dianteira quanto a traseira da óptica anterior 11 são curvas na mesma direção, e o raio de curvatura da superfície dianteira da óptica anterior 21 é menor que o raio de curvatura da superfície traseira da óptica anterior 21, de maneira tal que a interseção das superfícies dianteira e traseira da óptica anterior 21 seja a borda circunferencial 26 da óptica anterior 21. Entretanto, o raio de curvatura da superfície traseira da óptica anterior 21 é maior que o raio de curvatura da superfície traseira da óptica anterior 11 da figura 1A. Similarmente,

comparada com a óptica anterior 11 da figura 1A, a óptica anterior 21 pode ser um pouco mais fina que a óptica anterior 11 da figura 1A, de maneira a manter a mesma espessura total geral da lente 20, comparada com a lente 10 da figura 1A.

[0031] A óptica intermediária 25 é uma lente líquida composta de um fluido 24, similar ao fluido 13 descrito com relação à figura 1A, que é confinado em uma cavidade formada entre a superfície traseira da óptica anterior 21 e uma membrana 23 que é afixada nas bordas 26 da óptica anterior 21 e é similar em estrutura e desenho à membrana 13 da modalidade mostrada na figura 1A. Fluido 24 tem um índice refrativo selecionado (η_{23}).

[0032] É preferível que a óptica intermediária 25 também tenha uma forma de menisco, de maneira tal que ambas suas superfícies dianteira e traseira sejam curvas na mesma direção. Naturalmente, a superfície traseira da óptica anterior rígida 21 pode ser formada com uma curvatura durante a fabricação. Entretanto, a curvatura côncava da membrana 23 pode ser conseguida termoformando-a em uma curvatura ou geometria esférica específica quando estiver sendo vedada nas bordas 26 da óptica anterior 21. Isto pode ser conseguido por uma redução na pressão dentro da cavidade vedada formada entre a membrana 23 e a superfície traseira da óptica anterior 21. Assim, o raio de curvatura da superfície traseira da óptica anterior 21 é menor que o raio de curvatura da membrana 23, e a interseção da superfície traseira da óptica anterior 21 e da membrana 23 é a borda circunferencial 26 da óptica anterior 21.

[0033] A óptica posterior 35 é uma lente líquida composta de um fluido 34, similar ao fluido 13 descrito com relação à figura 1A, que é confinado em uma cavidade formada entre a membrana 23 e uma membrana 33. O fluido 34 tem um índice refrativo selecionado (η_{34}).

[0034] A membrana 33 é similar em estrutura e desenho à membrana 13 descrita com relação à modalidade mostrada na figura 1A. A membrana 33

pode também ser afixada nas bordas 26 da óptica anterior 21, mas posterior ou sobre as bordas da membrana anexas 23. Alternativamente, um ou mais anéis, ou meios anéis, podem ser usados para prover uma sede para vedar a membrana 23 e a membrana 33.

[0035] A membrana 33 é preferivelmente plana quando vedada, mas pode ser termoformada em uma curvatura ou geometria esférica específica. Em modalidades preferidas, a pressão positiva dentro da óptica intermediária 25 é menor que a pressão positiva dentro da óptica posterior 35. A maior pressão positiva dentro da óptica posterior 35 controla a forma da membrana 23 e os respectivos graus refrativos da óptica intermediária 25 dentro da cavidade entre a superfície traseira da óptica anterior 21 e a membrana 23 e da óptica posterior 35 dentro da cavidade entre a membrana 23 e a membrana 33.

[0036] Em uso, pelo menos uma lente 20 é montada em um conjunto de armações de lente ou óculos para aplicações oftálmicas para uso por um usuário. Como mostrado na figura 1B, em perfil, a lente 20 permite que o usuário veja através de toda a óptica anterior 21, óptica intermediária 25 e óptica posterior 35, que juntas provêm um perfil mais espesso no centro da lente 20, e correção visual presbiópica mais forte, do que apenas a óptica anterior 21. Em certas modalidades, o usuário é provido com a capacidade de ajustar a quantidade de fluido 24 dentro da óptica intermediária 25 ou a quantidade de fluido 34 dentro da óptica posterior 35, ou dentro de ambas, e dessa forma ajustar o grau refrativo da lente 20. Em certas modalidades, como será discutido a seguir, a armação é equipada com um reservatório de fluido 24 ou um reservatório de fluido 34, ou de ambos, em uma linha de fluido conectando o respectivo reservatório na óptica intermediária 25 ou na óptica posterior 35 da lente 20. A armação dos óculos também preferivelmente tem um ou mais atuadores ou mecanismos de ajuste para permitir que o usuário ajuste pessoalmente a quantidade de fluido 24 e fluido 34 dentro da óptica intermediária 25 e óptica posterior 35, respectivamente, de forma que fluido

24 e fluido 34 que podem mover-se para dentro do respectivo reservatório para a óptica intermediária 25 e a óptica posterior 35, ou ser expelido dela, e assim ajustar o grau refrativo da lente 20 de acordo com a necessidade.

[0037] Outras modalidades do aparelho óptico com ainda mais componentes ópticos são também possíveis. Além da lente 10 na figura 1A, que é um compósito de uma óptica rígida e uma óptica líquida, e lente 20 na figura 1B, que é um compósito de uma óptica rígida e duas ópticas líquidas, o aparelho óptico pode também ser um compósito de uma óptica rígida e mais de duas ópticas líquidas. Tais modalidades, que não estão mostradas aqui, podem prover vantagens ao usuário e podem permitir ajuste oftálmico mais refinado e sofisticado do que as modalidades descritas nas figuras 1A e 1b.

[0038] Correspondentemente, em modalidades preferidas, as lentes 10 ou 20 podem ser usadas para aplicações em lentes. Preferivelmente, as lentes 10 ou 20 para o olho esquerdo e o direito são desenhadas independentemente e são capazes de ajuste de cada lente de óculos separadamente pelo usuário. Em um caso desses, é preferível que um reservatório de líquido separado fique em comunicação fluídica com cada lente, isto é, conectado nele por sua própria linha de líquido. Na modalidade mais preferida, o conjunto de vidros ópticos líquida, compreendendo a lente líquida, o reservatório e o dito líquido juntos constituem um sistema vedado, minimizando assim a incursão de água ou evaporação ou vazamento do líquido. O fluido é acionado por alguma força gerada pelo usuário quando um ajuste do grau é desejado, e tem que ser assim movimentado ou expelido d respectivo reservatório para a óptica de fluido. O mecanismo de ajuste da intensidade da lente líquida é por meio de transferência de líquido entre a cavidade e um reservatório.

[0039] A figura 2 mostra uma vista seccional transversal esquemática explodida de uma modalidade de lentes ou óculos 1 utilizando a lente cheia com líquido. Os óculos 1 têm uma armação ou suporte 5, dentro do qual a lente de foco variável é assentada. Por questão de simplificação, a figura 2

mostra somente um lado (o esquerdo) de um conjunto de vidros ópticos com duas lentes, isto é, uma para cada olho. Além do mais, a figura 2 mostra uma lente de foco variável com apenas uma óptica fluida, por exemplo, como na lente 10 da figura 1A. Por questão de simplificação, várias modalidades dos óculos são aqui descritas com relação à modalidade de lente 10 com uma óptica fluida. A óptica anterior 1 e a membrana 13 são vistas na vista explodida da figura 2, e está mostrado um reservatório 6, que está em comunicação fluídica com a cavidade formada entre a óptica superior 1 e a membrana 13.

[0040] Similarmente, as figuras 3A e 3B mostram vistas em perspectiva traseira e dianteira da porção da lente esquerda de uma modalidade do aparelho de óculos 1 desenhado para aplicação oftálmica utilizando a lente cheia com líquido. A porção da lente nas figuras 3A e 3B consiste em uma armação 5 para suportar a lente 10 e uma peça da têmpora 4. Se a lente direita do usuário também precisar de ajuste oftálmico, então a lente direita seria substancialmente uma imagem especular do lado esquerdo. As lentes 10 ou 20 para o olho esquerdo e o direito são projetadas independentemente, uma vez que os pontos de anexação das lentes líquidas no(s) reservatório(s) podem ser imagens especulares um do outro.

[0041] A óptica anterior 11 e a membrana 13 são vistas na vista explodida da figura 2, e um reservatório 6, que está em comunicação fluídica com a cavidade formada entre a óptica anterior 1 e a membrana 13, está mostrado. Como mostrado com mais detalhes nas figuras 3A, 3B, 4A e 4B, os componentes da lente cheia com líquido 10, a saber, a óptica anterior 11 e a membrana 13, bem como o anel 8 no qual elas são montadas, estão mostrados. O reservatório 6, situado em algumas modalidades anexado na armação 5, ou embutido nela, tem uma cavidade oca contendo fluido extra 14 que pode ser injetado na lente 10 através do canal de comunicação fluídica. O fluido extra 14 dentro do reservatório 6 preferivelmente não enche

completamente o reservatório 6 de maneira a permitir que fluido adicional 14 da lente 10 seja extraído para o reservatório 6.

[0042] Como mostrado nas figuras 3A e 3B, o reservatório 6 tem um mecanismo ou atuador 7 para injetar fluido 14 ou extrair fluido 14 da óptica da lente líquida 15. Em uma modalidade, o reservatório 6 é feito de um material rígido e é equipado com um pistão que é mecanicamente acoplado a um mecanismo de ajuste ou atuador 7, de maneira tais como uma roda de controle manual, um grampo ou uma alavanca, que pode ser anexado na armação de suporte da lente 5 ou na peça da têmpera da lente 4. Na modalidade em que o atuador 7 é um cilindro que situa-se coaxialmente com a peça da têmpera 4, como mostrado nas figuras 4A e 4B, fluido pode ser forçado para fora do reservatório 6, através do canal de fluido e para dentro da lente 10 girando o atuador do cilindro 7. Em certas modalidades, uma vez que o intensidade óptica da lente 10 seja ajustado pelo atuador 7, o atuador 7 pode ser alterado ou desabilitado para impedir ajuste adicional das propriedades ópticas da lente 10 pelo usuário.

[0043] As figuras 4A e 4B são vistas em perspectiva explodida e seção transversal que mostram com mais detalhes os componentes da lente esquerda e da armação de uma modalidade do conjunto de vidros ópticos utilizando o mecanismo de lente de foco variável, antes da introdução de fluido no mecanismo. A lente 10 é formada, como mostrado na figura 1A, pela óptica anterior 11 e a membrana 13, e a óptica posterior 15 da lente 10 está em comunicação fluídica com o reservatório 6, que está mostrado como um poço oco que pode reter fluido 14.

[0044] O reservatório 6 fica em comunicação fluídica com a cavidade da lente 10, isto é, a óptica posterior 15, e injeta fluido 14 na óptica posterior 15 através de um canal de fluido 31, que pode ser qualquer tubo ou caminho de passagem que conecta o reservatório 6 na cavidade da lente 10. Um canal de fluido 31 como este pode ser um tubo curto que estende-se na menor

distância possível do reservatório 6 até a óptica posterior 15. Entretanto, por causa da viscosidade do fluido 14, um canal de fluido com apenas um ponto de entrada na óptica posterior 15 provavelmente restringirá o fluxo de fluido 14 do reservatório 6 para a óptica posterior 15 e assim o tempo para realizar a mudança oftálmica desejada. Mesmo se um canal de fluido 31 como este fosse suficientemente largo de maneira tal que o fluido 14 escoasse de forma suficientemente rápida, apenas um ponto de entrada na óptica posterior 15 pode não permitir que fluido 14 seja uniformemente distribuído dentro da óptica posterior 15 de forma suficientemente rápida de maneira a realizar a mudança oftálmica desejada com a velocidade desejada.

[0045] Em uma modalidade preferida, o canal de fluido 31, o canal de fluido 31 tem mais de um ponto de injeção de fluido 14 na óptica posterior 15. Em uma modalidade, o canal de fluido 31 que provê a comunicação fluídica entre o reservatório 6 e a óptica posterior 15 pode ser na forma de um anel oco 8, como previamente descrito. O anel 8 pode definir um canal de fluido, na forma de um espaço oco dentro do anel 8. Em uma modalidade, o anel 8, que pode ser montado dentro do suporte da lente ou armação 5, como mostrado na figura 4B, pode ser provido com uma série de furos ou aberturas radiais arranjadas ao longo da superfície interna do anel 8 e através dos quais o líquido é injetado na lente posterior 15. Os furos radiais são preferivelmente espaçados em intervalos regulares ou, mais preferivelmente, nas distâncias mais ideais uns dos outros, de maneira a entregar fluido 15 a uma taxa controlada. Em certas modalidades, o anel 8 não estende-se completamente em torno da lente 10, mas somente, por exemplo, em torno da porção superior da lente 10. Isto pode ser feito por motivos estilísticos, por exemplo, de maneira a não precisar que o usuário use uma armação muito pesada. Em uma modalidade como esta, os furos radiais são arranjados ao longo da superfície interna dessa porção do anel 8 de maneira a injetar fluido 14 na lente 10 somente pela sua borda superior.

[0046] Como mostrado na figura 4B, o anel 8 pode ficar em comunicação fluídica com o reservatório 6 por meio de um canal de comunicação de líquido curto 31. Em algumas modalidades, em que os óculos 1 têm mais que uma óptica líquida, tal como na lente 20 da figura 1B, cada cavidade da lente líquida poderia ser provida com um reservatório exclusivo 6, cada qual em comunicação fluídica com uma respectiva cavidade de lente 20. Cada cavidade da lente líquida poderia também ser provida com um anel exclusivo 8, de forma que os canais de líquido permanecessem separados para cada cavidade.

[0047] Além de prover uma comunicação fluídica com a óptica posterior 15, o anel 8, como a sede da membrana flexível vedada, desempenha a função adicional de prover uma plataforma de largura e inclinação definidas na qual a membrana 13 é ligada. Em uma modalidade, a superfície do anel 8 é elipsoidal a fim de prover uma sede planar estável para vedar a óptica anterior 11 em um lado e a membrana flexível 13 no outro. Em uma modalidade como esta, a fim de evitar vazamento de fluido 14 da lente 10, o anel 8 tem que ser vedado na óptica anterior 11 e na membrana flexível 13. O processo de vedar o anel 8 na óptica anterior 11 e na membrana flexível 13 pode envolver o uso de um adesivo tal como um adesivo de epóxi ou pode envolver um processo de soldagem, incluindo um processo de soldagem laser. Um método preferido de vedação por soldagem laser envolve a utilização de uma solução de corante de absorção laser que é aplicado na interface para realizar absorção preferencial de energia laser na interface. A largura preferida da soldagem laser é entre 0,5 e 2,0 mm, mais preferivelmente 1,0 mm.

[0048] Em uma modalidade de óculos 1, do diâmetro da lente 10 é cerca de 39 mm. Entretanto, em virtude de a borda da lente 10 poder ser utilizada para formar a ligação entre a óptica anterior 11 e a membrana 13, ou entre o conjunto de vidros ópticos 10 e a armação 5, a área oticamente clara

será geralmente um pouco menor, por exemplo, cerca de 35 mm. O anel 8 tem 2,0 mm de diâmetro externo, e 1,0 mm de diâmetro interno. A superfície interna do anel 8, isto é, voltada para a cavidade, é provida com aberturas, por exemplo, de 1 mm de diâmetro, dispostas radialmente.

[0049] Como mostrado na figura 4B, o reservatório 6 é preferivelmente coberto e vedado com uma membrana termoplástica flexível 27. A membrana 27 pode ser feita de Mylar®, uma poli-imida ou um elastômero termoplástico (TPE), preferivelmente TPE. A membrana 27 pode ser do mesmo material da membrana 13. Entretanto, em certas modalidades, a membrana 27 preferivelmente não é do mesmo material da membrana 13, já que a membrana 27 não precisa ser transparente.

[0050] Em uma modalidade, a membrana 27 pode ser moldada por injeção ou termoformada para preencher o espaço dentro do reservatório 6. A membrana 27 pode ser unida ou ligada na superfície interna do reservatório 6, de maneira tal que a membrana 27 estufe sobre o topo do reservatório 6, como uma almofada ou um balão, da forma de um diafragma. Os detalhes desta submontagem estão mostrados mais claramente nas figuras 5A e 5B. Em uma outra modalidade, a membrana 27 pode ser unida o ligada ou encaixada sobre as bordas externas do reservatório 6.

[0051] A membrana 27 forma uma vedação hermética a ar e hermética a fluido no reservatório 6. Em certas modalidades, a membrana 27 projeta-se para cima para formar uma bolha sobre o topo do reservatório 6. Tipicamente, o volume interno total de todo o reservatório 6, canal de comunicação de líquido 31, anel 8 e óptica posterior 15 da lente 10 junto forma um único espaço vedado, substancialmente cheio com fluido a todo momento. À medida que a porção estufada da membrana 27 é empurrada para dentro do reservatório 6, o volume dentro do reservatório 6 é aumentado, de maneira tal que a membrana 27 crie pressão positiva no reservatório 6, empurrando fluido 14 para fora do reservatório 6, através do canal de

comunicação de líquido 31 e do anel 8, e para a óptica posterior 15 da lente 10. Similarmente, à medida que a porção estufada da membrana 27 é empurrada para fora do reservatório 6, o volume dentro do reservatório 6 é aumentado, de maneira tal que a membrana 27 crie pressão negativa no reservatório 6, empurrando fluido 14 para dentro do reservatório 6, através do canal de comunicação de líquido 31 e do anel 8, a partir da óptica posterior 15 da lente 10.

[0052] A membrana 27 pode ser empurrada para baixo para dentro do reservatório 6 ou puxada para cima para fora do reservatório 6 por qualquer meio conhecido usando um atuador 7. Por meio de tal movimento da membrana 27, fluido 14 é dessa forma expelido do reservatório 6 ou puxado para dentro do reservatório 6. Uma vez que a mudança da quantidade de fluido dentro do reservatório 6 também mudará a quantidade de fluido 14 dentro da lente 10, as propriedades ópticas da lente 10 podem ser alteradas.

[0053] Na modalidade mostrada nas figuras 4A e 4B, o atuador 7 tem um pistão 28 situado imediatamente fora da membrana 27, e colidindo nesta, e um dispositivo de movimento que provê movimento ao pistão 28. O movimento do pistão 28 na direção da membrana 27 aumenta a pressão na membrana 27 e dentro do reservatório 6, e o movimento do pistão 28 na direção para fora da membrana 27 diminui a pressão na membrana 27 e dentro do reservatório 6. O pistão é móvel em direções opostas substancialmente transversais à membrana 27, e o pistão 28 exerce pressão no reservatório 6 pelo movimento relativo à membrana 27 por causa de uma força ou impulso exercido em um dispositivo de movimento. O dispositivo de movimento pode ser qualquer dispositivo, tal como um parafuso, alavanca, mecanismo deslizante, etc., que provê movimento controlado, ajustável e incremental ao pistão 28.

[0054] Na modalidade mostrada na figura 4B, o dispositivo de movimento do atuador 7 é na forma de um parafuso de tambor 29, que é

rosqueado coaxialmente com a peça da têmpora 4 na armação 5 e coaxialmente com o pistão 28 de maneira a prover movimento ao pistão 28 em direções a favor e contra a membrana 27. A atuação do dispositivo de movimento do atuador 7, a saber, a rotação do parafuso de tambor 29 ao longo de suas roscas, em uma primeira direção, move o pistão 28 para dentro em direção à membrana 27, empurrando a membrana 27 para dentro do reservatório 6 e criando pressão positiva dentro do reservatório 6. Esta pressão positiva no reservatório 6 espreme líquido 14 para fora do reservatório 6, através do canal de comunicação de líquido 31 e do anel 8, e para dentro da lente 10. Em certas modalidades, o pistão 28 força a membrana 27 ainda mais para trás dentro do reservatório 6 de maneira tal que a membrana 27 praticamente toca o fundo do reservatório 6.

[0055] Ao contrário, a atuação do dispositivo de movimento do atuador 7, a saber, a rotação do parafuso de tambor 29 ao longo de suas roscas, em uma direção oposta à primeira direção, move o pistão 28 para fora da membrana 27, permitindo que a membrana 27 mova para fora do reservatório 6 e criando pressão negativa dentro do reservatório 6. Esta pressão negativa no reservatório 6 empurra líquido 14 da lente 10 para dentro do reservatório 6, através do canal de comunicação de líquido 31 e do anel 8. Pela rotação do parafuso de tambor 29 em uma primeira direção ou em uma direção oposta à primeira direção, fluido 14 pode ser expelido do reservatório 6 para dentro da lente 10, ou pode ser succionado da lente 10 para dentro do reservatório 6 para dessa forma mudar as propriedades ópticas da lente 10.

[0056] A transferência de líquido entre o reservatório 6 e a cavidade cheia de líquido, isto é, óptica posterior 15 da lente 10, ocorre através da aplicação de uma força por meio do atuador 7. Não existe necessidade universal de impedir refluxo do fluido 14 da cavidade para o reservatório 6, uma vez que todo o compartimento de fluido compreendendo a cavidade 15, o reservatório 6 e o canal 31 / anel 8 é vedado e em comunicação com uma

outra equalização de pressão interna. Entretanto, pode haver uma necessidade de aplicar uma correção de intensidade unidirecional para certas necessidades ópticas ou visuais. Em um caso desses, o atuador 7 pode ser feito unidirecional, isto é, ele funciona para mover o pistão 28 somente em uma direção, tanto para forçar o líquido 14 para dentro da lente 10 quanto para puxar o líquido 14 para fora da lente 10. Em uma modalidade como esta, engrenagens (não mostradas) podem ser empregadas para impedir que o atuador 7 inverta sua ação. O atuador 7 é tipicamente ajustado manualmente de acordo com a necessidade do usuário para emergências de intensidade oftálmica adicional. Alternativamente, o atuador 7 pode ser ajustado automaticamente pela aplicação de uma força elétrica, magnética, acústica ou térmica, disparada em resposta ao sinal de um sensor que reconhece a necessidade de intensidade adicional e envia um sinal para esse efeito.

[0057] O volume interno vedado do único espaço vedado consistindo em reservatório 6, canal de comunicação de líquido 31, anel 8 e óptica posterior 15 da lente 10 tem que ser cheio antes da operação dos óculos 1. Em uma modalidade, o volume interno é inicialmente cheio antes da vedação dos óculos 1 pela injeção de fluido 14 a uma temperatura elevada (faixa preferida de 45-90 °C, preferivelmente 65-80 °C). O enchimento do volume inicial pode ser feito por meio de uma ou mais entradas, tal como a entrada 30A, abaixo do reservatório 6, ou a entrada 30B na borda remota do anel 8, ou ambos, como mostrado nas figuras 4B e 4A. O enchimento do volume interno é preferivelmente feito sob vácuo, usando fluido recém-desaerado, de maneira tal que um mínimo de ar seja incluído no volume interno vedado. De fato, é preferível que nenhum ar fique dentro do volume interno vedado, isto é, um que haja vácuo, de maneira tal que a operação do atuador 7 mova somente fluido 14 para dentro e para fora da lente 10. Uma vez que o conjunto de vidros ópticos 1 esteja vedado, as entradas 30A e 30B podem ser desvedadas ou removidas, não deixando saída para fluido 14 ou ar nos locais das entradas

30A e 30B. A figura 5A mostra o conjunto de vidros ópticos antes da introdução de fluido no mecanismo, com as entradas 30A e 30B intactas, e a figura 5B mostra o conjunto de vidros ópticos depois do enchimento com fluido e vedação, com as entradas 30A e 30B vedadas.

[0058] O desenho óptico e mecânico da lente líquida permite sua função principal, a saber, prover capacidade de ajustar o intensidade óptica em uma ampla faixa de possibilidades sem impactar significativamente a aparência cosmética, durabilidade ou desempenho óptico. Uma meta do desenho é minimizar o volume da lente líquida 10, preferivelmente pela redução de sua espessura. A espessura da lente líquida depende da curva da superfície traseira da óptica anterior 11 e do diâmetro do sistema de lente. As dimensões da lente líquida foram projetadas usando um Modelo de Elementos Finitos (FEM) que aceita como entrada a geometria superficial da superfície traseira da óptica anterior 11, a faixa de intensidade ajustável exigida e a espessura da camada de fluido 14 quando a membrana 13 está plana.

[0059] Por exemplo, em uma modalidade, um sistema de lente líquida cobrindo a faixa de intensidades de 1,25 D a 3,25 D consiste na óptica anterior 11 que é de grau zero esférico. A faixa preferida do raio de curvatura da óptica anterior 11 é entre 100 e 700 mm, dependendo do índice refrativo do material usado para fabricar a óptica anterior 11, mais preferivelmente entre 500 e 600 mm. A faixa preferida de espessura da óptica anterior 11 é 0,7 a 2,5 mm, mais preferivelmente entre 1,0 e 1,5 mm, e acima de tudo preferivelmente cerca de 1,3 mm. É bem sabido que aberração esférica que afeta o grau efetivo provido por uma óptica afastada do seu centro depende do ângulo de visão e do grau no centro. Para uma óptica de 30-40 mm de diâmetro (que controla o ângulo de visão máximo) e para uma faixa de grau paraxial de 1,0 D a 5,0 D, o desvio fora do eixo no grau esperado é cerca de 0,25 - 0,50 D.

[0060] A modalidade preferida de lente 10 (óptica anterior 11 e óptica

posterior 15) tem um grau igual a 1,21 D no centro, a camada de líquido da óptica posterior 15 com uma espessura variando de 0,7 a 1,5 mm no centro, preferivelmente 1,3 mm. O diâmetro da lente 10 é 35 mm, enquanto o raio de curvatura da membrana 13 é infinito, uma vez que a membrana 13 é plana ligada. O volume total de fluido na lente líquida é aproximadamente 1,35 mL, enquanto um volume adicional de 0,350 mL reside no reservatório.

[0061] A intensidade da lente 10 aumenta quando a pressão de líquido 14 na óptica posterior 15 é aumentado pela injeção de mais líquido 14 do reservatório 6 na cavidade. O raio de curvatura da membrana 13 é 274 mm quando o grau da lente atinge 3,25 D. 300 microlitros (0,30 mL) de fluido 14 são necessários para atingir o nível de pressão positiva exigido para causar o nível exigido de deformação (estufamento) da membrana 13.

[0062] Um modelo de elementos finitos mecânico (FEM) foi desenvolvido para prever a pressão exigida para aumentar a intensidade de toda a lente e o deslocamento resultante da membrana 13. O modelo foi criado para duas espessuras de membrana 13, 23 e 46 microns (1 e 2 mil) e para três diferentes valores de módulo de tração da membrana 13, a saber 2,0 GPa, 3,0 GPa e 4,0 GPa. As figuras 6A e 6B mostram o resultado do modelo FEM mostrando o acúmulo de pressão em decorrência da injeção de fluido na lente líquida das três configurações preferidas.

[0063] As figuras 6A e 6B mostram que a membrana 13 sobre deformação elástica levando ao deslocamento de seu centro para fora à medida que fluido é bombeado e a pressão aumenta. Fica claro que 2,0 D de melhoria da intensidade podem ser conseguidos bem dentro da faixa elástica de deformação deste material. De fato, uma vez que o aumento na intensidade é aproximadamente linear com o deslocamento do centro da membrana nesta faixa, o modelo FEM prevê que menos que 1 mm de deslocamento do centro levará a um 4D de aumento da intensidade na óptica de 38 mm, enquanto o limite elástico é atingido somente quando o deslocamento atinge 3 mm. Além

disso, a forma da membrana deformada permanece razoavelmente esférica em toda a faixa elástica.

[0064] Uma deficiência bem conhecida de lentes líquidas ou lentes compostas incorporando um componente de lente líquida é que o volume de fluido necessário para um aumento particular no grau aumenta drasticamente com o diâmetro da óptica. Este fenômeno tem limitado a aplicação de lentes líquidas apenas as ópticas de pequenas aberturas, prevenindo assim seu uso difundido em aplicações de lente oftálmica. Isto é apoiado pela previsão feita pelo modelo FEM (figura 7A), mostrando que existe uma duplicação do volume de fluido exigido para aumentar a intensidade óptica em 2,0 D de um grau linha de base de 1,21 D se o diâmetro da óptica aumentar de 32 mm para 38 mm. Entretanto, o volume é reduzido por um fator de 2 à medida que o raio da óptica dianteira é aumentado de 260 mm para 500 mm. Usamos o modelo FEM para obter a curvatura ideal da curva dianteira da óptica rígida para o diâmetro da óptica exigido para uma armação particular.

[0065] É necessário também que a membrana 13 seja sob uma pressão positiva mínima a fim de garantir um desempenho óptico estável de uma lente líquida. Esta pressão positiva impede o desenvolvimento de rugas e impede que agrupamento de líquido 14 induzido por gravidade 14 no fundo da cavidade afete a intensidade óptica. Um modelo FEM foi usado para estimar a quantidade mínima de pressão positiva necessária para operação estável, mesmo quando a intensidade óptica não for melhorada pela injeção de fluido adicional do reservatório. As figuras 7A e 7B mostram os resultados do modelo FEM, mostrando o aumento no volume de fluido exigido a fim de conseguir um aumento particular no grau, dependendo do diâmetro da óptica e do raio da curva dianteira na modalidade preferida.

[0066] Determinamos por meio de testes que a pressão mínima exigida para impedir rugas é cerca de 3 milibar (mbar) para uma óptica de 38 mm coberta com uma membrana Mylar de 23 microns de espessura com um

módulo de 3 GPa. O modelamento dos efeitos de agrupamento induzido por gravidade mostrou que cerca de 2 mbar de pressão positiva contrabalançará a força gravitacional. Além do mais, as variações de temperatura também alterarão a pressão positiva acumulada na lente líquida, e afetará o desempenho óptico da lente líquida. Com base nessas considerações, incluindo previsões de modelo e resultados de teste, decidiu-se que uma pressão positiva de 10 mbar será suficiente para garantir que a membrana permaneça estirada em todas condições de uso. Esta quantidade de pressão positiva pode ser induzida reduzindo-se o grau da linha de base abaixo da faixa exigida de variações de grau, ou também mudando a espessura da membrana. Foi determinado que a membrana de espessura 200 microns e módulo 3GPa exigirá uma pressão positiva de aproximadamente 10 mbar para um diâmetro de óptica de 38 mm a fim de manter um aumento de grau de 0,25 D. A maior espessura da membrana flexível melhora sua durabilidade e robustez, sem aumentar significativamente a espessura geral da lente.

[0067] Assim, foi provido um mecanismo para operar uma lente cheia com líquido. Versados na técnica perceberão que a presente invenção pode ser praticada por outras modalidades além das descritas, que são apresentadas com propósitos de ilustração, e não de limitação, e que a invenção não está limitada somente pelas reivindicações seguintes.

REIVINDICAÇÕES

1. Mecanismo para mudar a intensidade óptica de um aparelho óptico de foco variável, o dito aparelho óptico de foco variável compreendendo um componente óptico compreendendo uma cavidade cheia com uma quantidade variável de fluido e um reservatório contendo fluido adicional e estando em comunicação fluídica com a dita cavidade do componente óptico, caracterizado pelo fato de que o mecanismo compreende:

um diafragma, em que o diafragma é unido ou ligado ao dito reservatório de modo a vedar o dito reservatório;

um atuador configurado para causar movimento do dito diafragma em relação ao dito reservatório em resposta a uma força ou um impulso no dito atuador de maneira a aumentar ou diminuir a pressão dentro do dito reservatório;

por meio do que a maior pressão dentro do dito reservatório força fluido para fora do dito reservatório e para dentro da dita cavidade do componente óptico, e menor pressão dentro do dito reservatório extrai fluido da dita cavidade do componente óptico e para dentro do dito reservatório;

por meio do que uma alteração na quantidade de fluido dentro da dita cavidade do componente óptico muda a intensidade óptica do dito aparelho óptico;

em que o dito atuador compreende um pistão que colide no dito diafragma e móvel em direções opostas transversais ao dito diafragma, por meio do que o movimento do dito pistão na direção do dito diafragma aumenta a pressão dentro do dito reservatório, e o movimento do dito pistão em uma direção afastada do dito diafragma diminui a pressão dentro do dito reservatório;

em que o dito atuador compreende adicionalmente um dispositivo de movimento para prover movimento ao dito pistão em direções a favor e contra o dito diafragma; e

em que o dito dispositivo de movimento move coaxialmente ao longo de uma armação do dito aparelho óptico de foco variável, o dito reservatório situando-se adjacente à armação.

2. Mecanismo, de acordo com a reivindicação 1, caracterizado pelo fato de que o dito dispositivo de movimento fica posicionado ao longo da dita armação, de maneira tal que a rotação do dito dispositivo de movimento em uma primeira direção move o dito pistão na direção do dito diafragma, e rotacionando o dito dispositivo de movimento em uma segunda direção move o dito pistão em uma direção para fora do dito diafragma.

3. Mecanismo, de acordo com a reivindicação 1, caracterizado pelo fato de que o atuador pode ser desabilitado para impedir movimento adicional do dito diafragma uma vez que a intensidade óptica do dito aparelho óptico tenha atingido uma quantidade desejada.

4. Mecanismo, de acordo com a reivindicação 1, caracterizado pelo fato de que o dito diafragma compreende uma membrana distensível ajustada sobre a borda externa do dito reservatório, dessa forma provendo uma vedação.

5. Mecanismo, de acordo com a reivindicação 1, caracterizado pelo fato de que o dito diafragma compreende uma membrana distensível ajustada ligada na superfície interna do dito reservatório, provendo assim uma vedação.

6. Mecanismo, de acordo com a reivindicação 1, caracterizado pelo fato de que o dito diafragma é selado sob pressão positiva para impedir desenvolvimento de rugas e impedir agrupamento de líquido induzido por gravidade do dito fluido no fundo da dita cavidade.

7. Conjunto de vidros ópticos projetado para aplicações oftálmicas, caracterizado pelo fato de que compreende:

uma armação;

pelo menos um aparelho óptico de foco variável

compreendendo um componente óptico compreendendo uma cavidade cheia com uma quantidade variável de fluido;

um reservatório contendo fluido adicional, o dito reservatório estando em comunicação fluídica com a dita cavidade do componente óptico;

e

um mecanismo para mudar a intensidade óptica do dito aparelho óptico de foco variável como definido na reivindicação 1.

8. Conjunto de vidros ópticos, de acordo com a reivindicação 7, caracterizado pelo fato de que o dito aparelho óptico de foco variável compreende adicionalmente um canal de comunicação provendo comunicação fluídica entre o dito reservatório e a dita cavidade do componente óptico.

9. Conjunto de vidros ópticos, de acordo com a reivindicação 8, caracterizado pelo fato de que pelo menos uma porção do dito canal de comunicação situa-se dentro da dita armação.

10. Conjunto de vidros ópticos, de acordo com a reivindicação 9, caracterizado pelo fato de que a dita porção de canal de comunicação dentro da dita armação compreende uma série de aberturas para passagem do dito fluido entre o dito canal de comunicação e a dita cavidade do componente óptico.

11. Conjunto de vidros ópticos, de acordo com a reivindicação 7, caracterizado pelo fato de que o dito reservatório situa-se dentro da dita armação ou dentro da dita porção da tampa.

12. Conjunto de vidros ópticos, de acordo com a reivindicação 9, caracterizado pelo fato de que o dito pelo menos um aparelho óptico de foco variável compreende adicionalmente um componente óptico rígido, e em que a dita cavidade do componente óptico é definida por pelo menos uma membrana distensível transparente afixada na periferia do dito componente óptico rígido.

13. Conjunto de vidros ópticos, de acordo com a reivindicação 7, caracterizado pelo fato de que compreende dois aparelhos ópticos de foco variável e dois mecanismos, em que cada mecanismo é separadamente ajustável pelo usuário.

14. Conjunto de vidros ópticos, de acordo com a reivindicação 10, caracterizado pelo fato de que a dita série de aberturas para passagem do fluido entre o dito canal de comunicação e a dita cavidade de componente óptico são espaçadas em intervalos regulares.

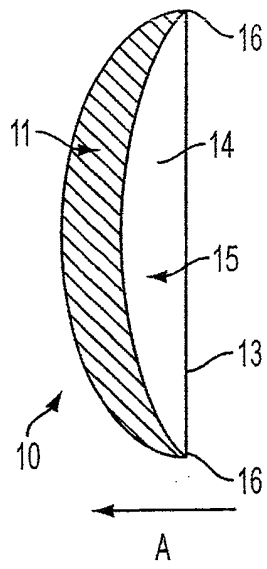


FIG. 1A

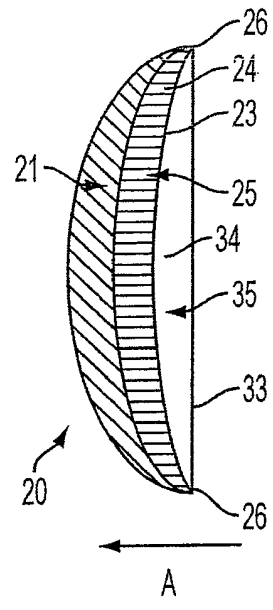


FIG. 1B

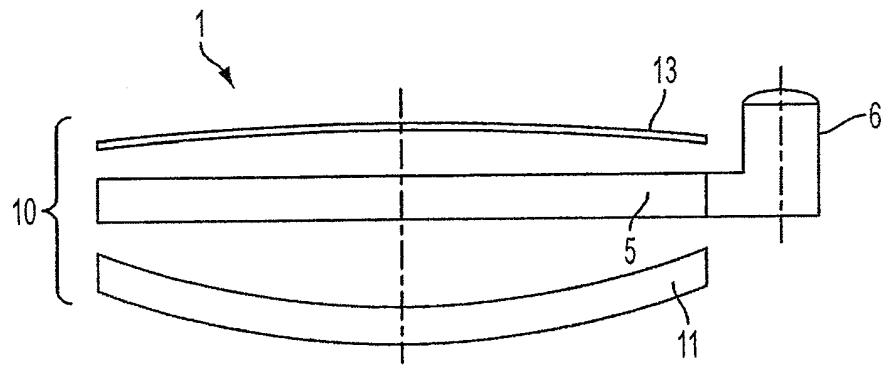


FIG. 2

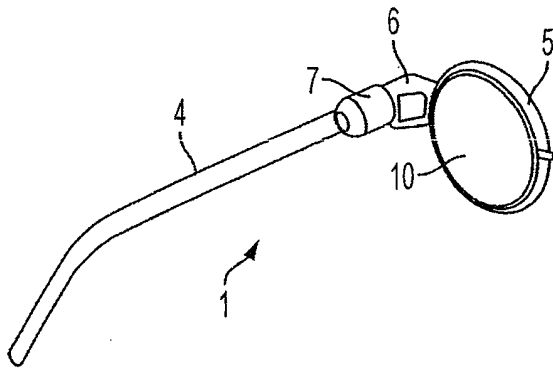


FIG. 3A

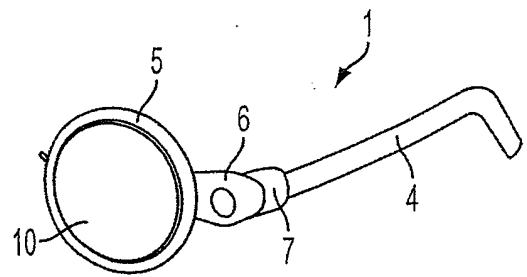


FIG. 3B

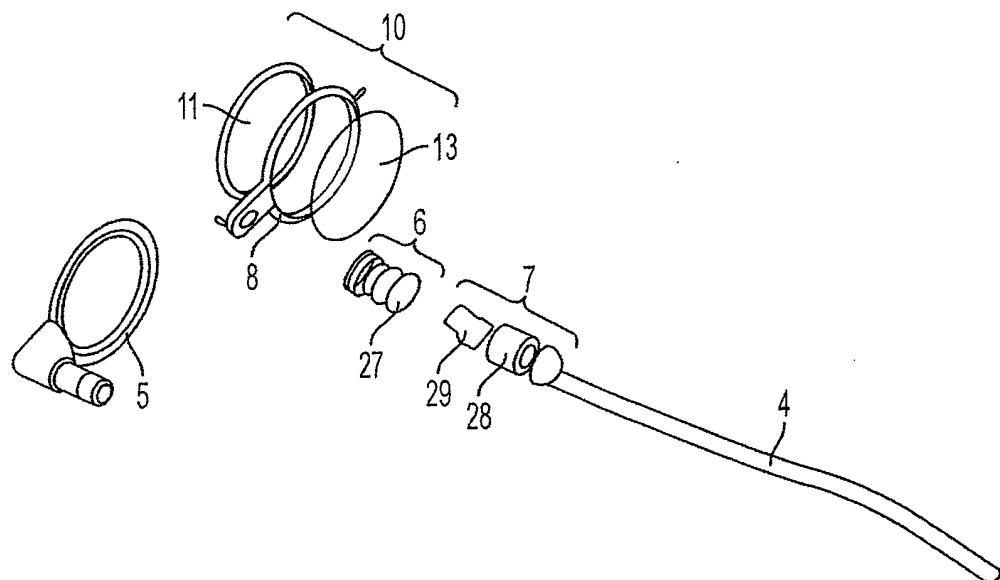


FIG. 4A

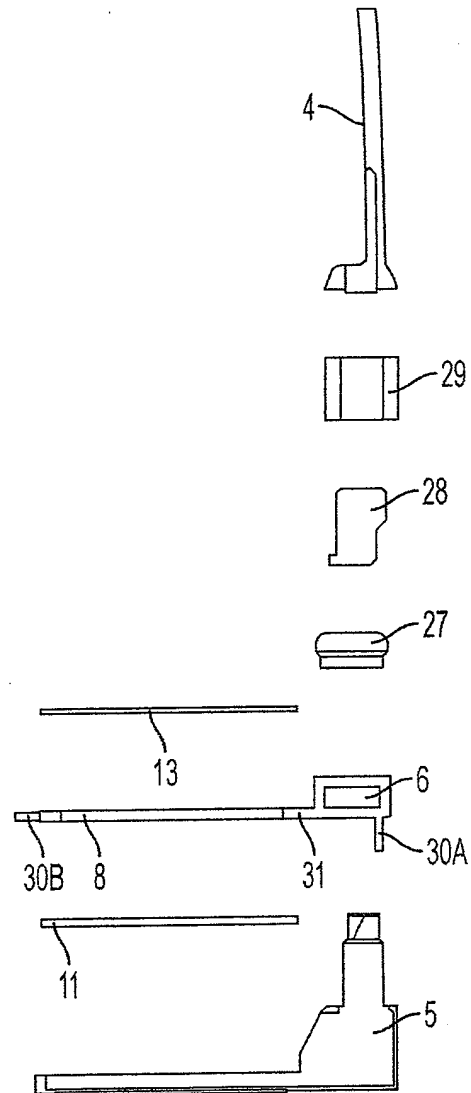


FIG. 4B

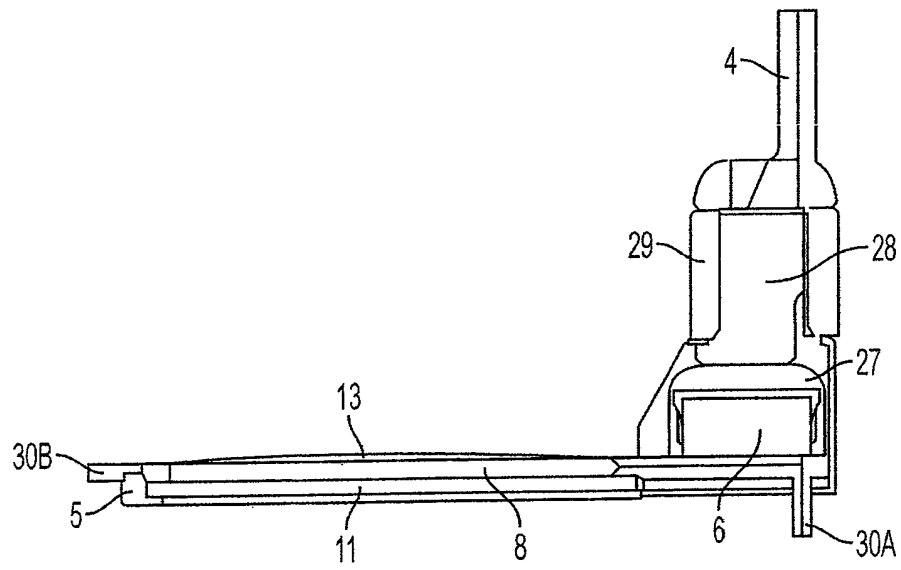


FIG. 5A

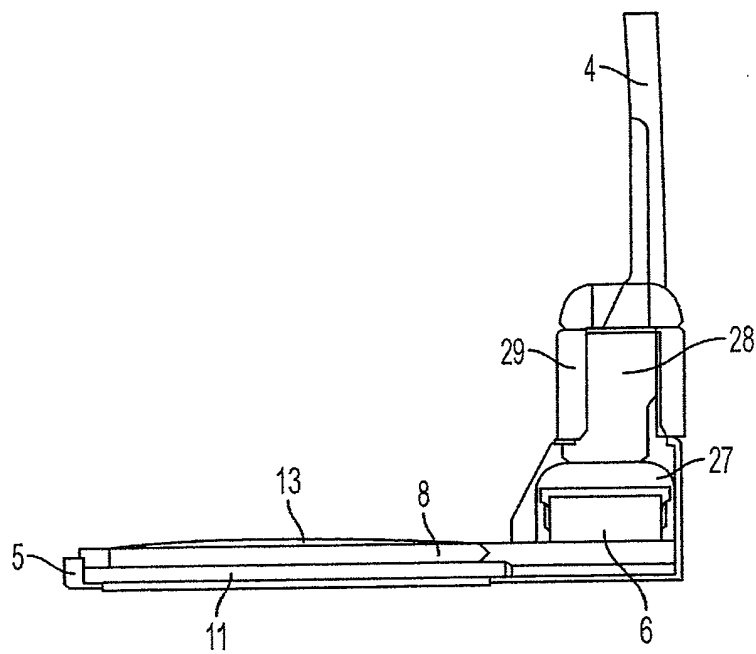


FIG. 5B

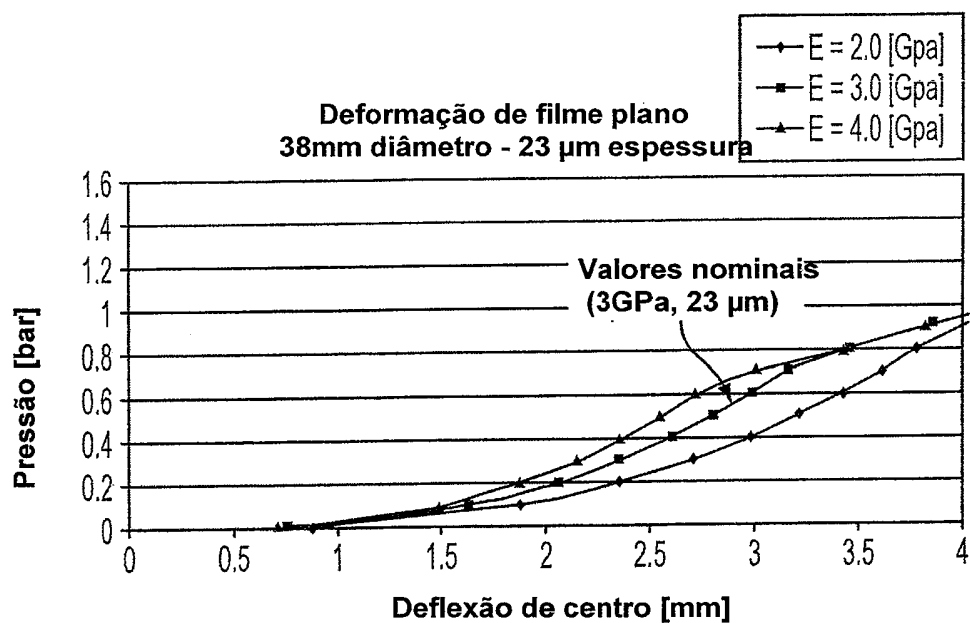


FIG. 6A

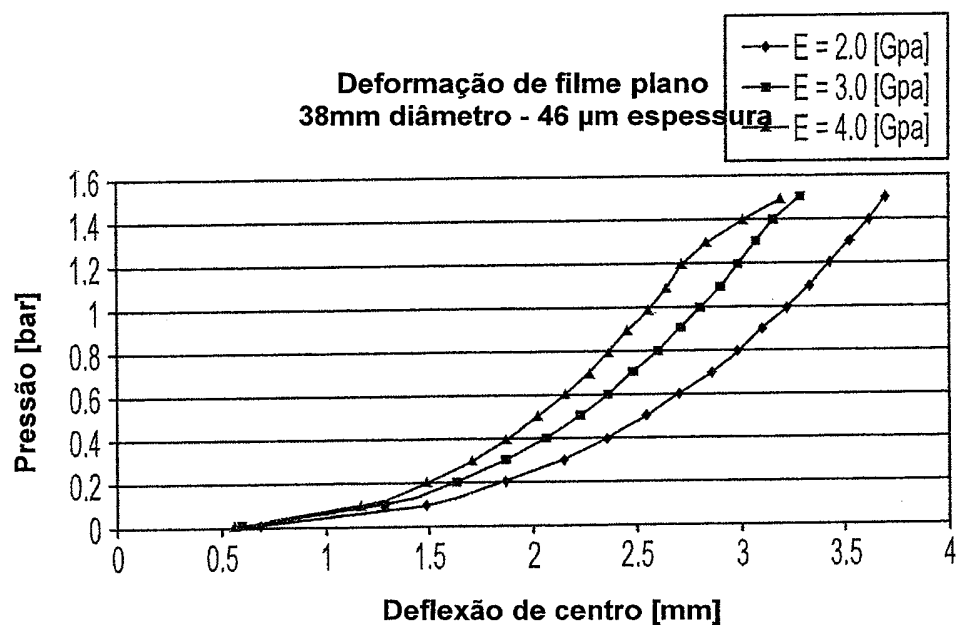


FIG. 6B

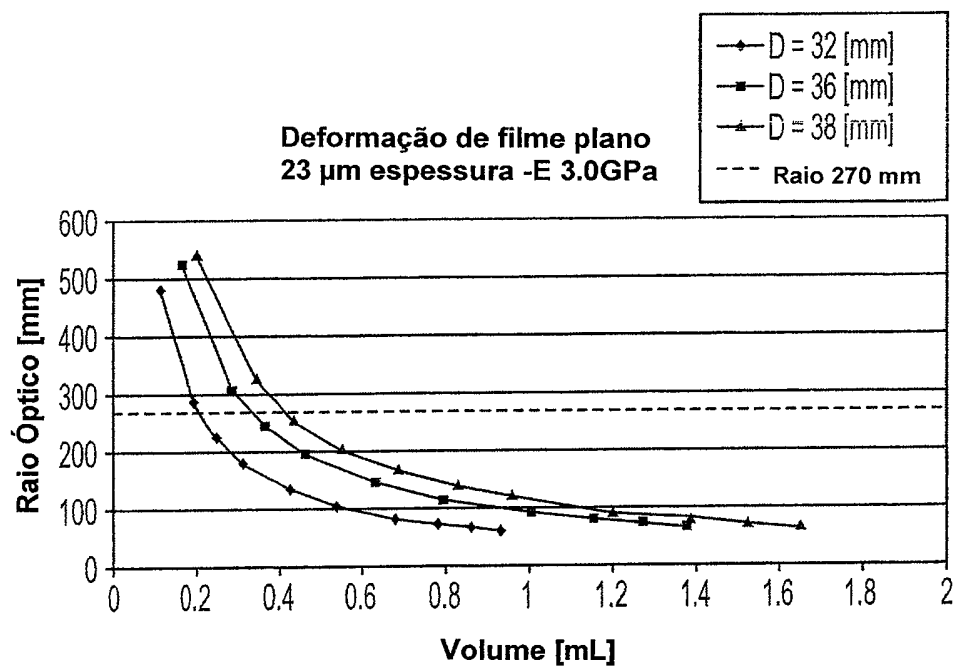


FIG. 7A

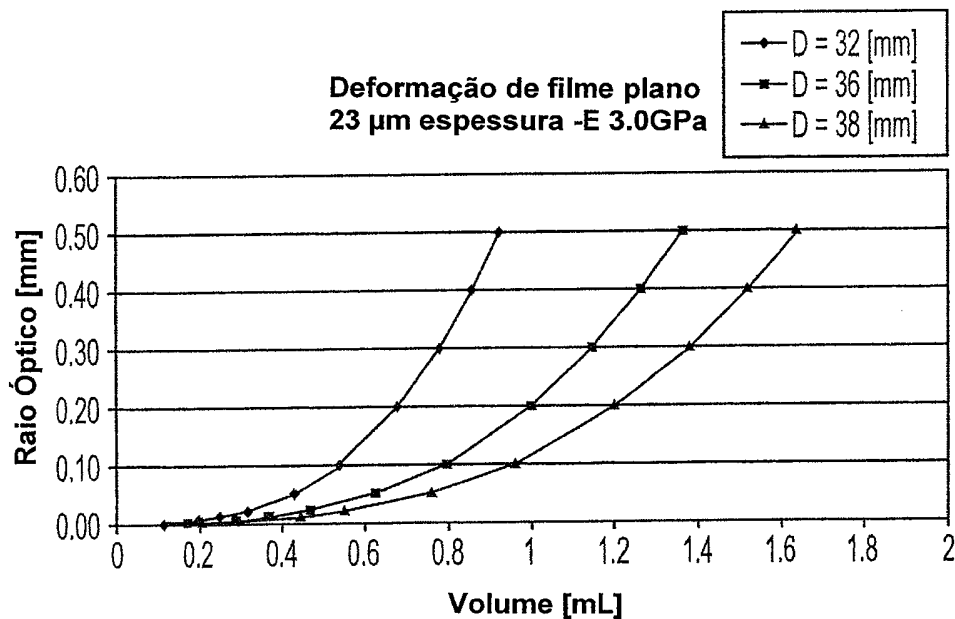


FIG. 7B