



República Federativa do Brasil
Ministério do Desenvolvimento, Indústria
e do Comércio Exterior
Instituto Nacional da Propriedade Industrial.

(21) **PI0706503-5 A2**



* B R P I 0 7 0 6 5 0 3 A 2 *

(22) Data de Depósito: 10/01/2007
(43) Data da Publicação: 29/03/2011
(RPI 2099)

(51) *Int.Cl.:*
G02C 7/06

(54) Título: **DISPOSITIVO E MÉTODO APERFEIÇADOS PARA FABRICAÇÃO DE UMA LENTE OCULAR ELETROATIVA ENVOLVENDO UMA INSERÇÃO DE INTEGRAÇÃO MECANICAMENTE FLEXÍVEL**

(30) Prioridade Unionista: 10/01/2006 US 60/757,382,
19/01/2006 US 60/759,814

(73) Titular(es): E-Vision, LLC.

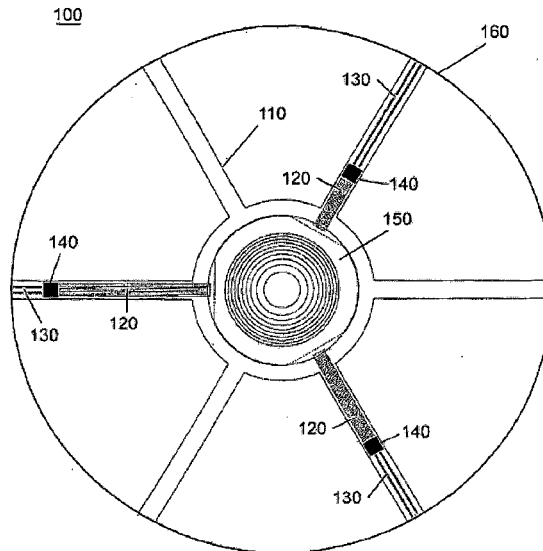
(72) Inventor(es): Dwight P. Duston, Joshua N. Haddock, Ronald D. Blum, Venkatramani S. Iyer, William Kokonaski

(74) Procurador(es): Orlando de Souza

(86) Pedido Internacional: PCT US2007000549 de 10/01/2007

(87) Publicação Internacional: WO 2007/081959 de 19/07/2007

(57) **Resumo:** DISPOSITIVO E MÉTODO APERFEIÇADOS PARA FABRICAÇÃO DE UMA LENTE OCULAR ELETROATIVA ENVOLVENDO UMA INSERÇÃO DE INTEGRAÇÃO MECANICAMENTE FLEXÍVEL. Um dispositivo e método aperfeiçoados para fabricação de lentes oculares eletroativas compreendendo elementos eletrônicos, eletroativos visuais, e elementos óticos refrativos integrados são apresentados. Neste método os elementos eletrônicos e eletroativos óticos são instalados junto a uma inserção de integração mecanicamente flexível e visualmente transparente que apresenta-se separado de quaisquer outros elementos óticos refrativos. Este método é vantajoso para a fabricação de tais lentes oculares no sentido que permite a produção em massa de muitos dos elementos avulsos e viabiliza a integração da inserção com os elementos óticos refrativos no todo via múltiplos mecanismos. Um tipo de abordagem envolve a fixação da inserção com um adesivo transparente ao substrato ótico rígido e então encapsulando o mesmo por meio de uma superfície de fundição. Alternativamente, a inserção pode ser posicionada entre as superfícies de um molde preenchido com uma resina ática e encapsulada no interior do elemento refrativo integrado conforme a resina vá sendo curada.



DISPOSITIVO E MÉTODO APERFEIÇADOS PARA FABRICAÇÃO DE UMA
LENTE OCULAR ELETROATIVA ENVOLVENDO UMA INSERÇÃO DE
INTEGRAÇÃO MECANICAMENTE FLEXÍVEL

REFERÊNCIA CORRELATA A PEDIDOS RELACIONADOS

5 A partir dos pedidos provisórios listados a seguir,
este pedido reivindica prioridade e incorpora como
referência os mesmos em sua integridade:

Pedido U.S. Série No. 60/757.382 depositado em 10 de
Janeiro de 2006 e intitulado "Improved method for
10 manufacturing an electro-active spectacle lens involving a
mechanically flixible integration insert"; e

Pedido U.S. No. 60/759.814 depositado em 19 de Janeiro
de 2006 e intitulado "Improved method for manufacturing an
electro-active spectacle lens involving a mechanically
15 flixible integration insert",

FUNDAMENTOS DA INVENÇÃO

Campo da Invenção

A presente invenção refere-se a uma lente ocular
eletroativa e métodos para a fabricação de lentes oculares
20 eletroativas.

Descrição da Técnica Relacionada

Presbiopia é a perda de acomodação do cristalino do
olho humano, uma condição que resulta na impossibilidade de
se focar objetos próximos. As ferramentas padrões para a
25 correção da presbiopia são lentes oculares multifocais. Uma
lente multifocal é uma lente que tem mais de um comprimento
focal (isto é, capacidade ótica) com a finalidade de
corrigir problemas de foco para uma gama de distâncias. As
lentes oculares multifocais funcionam através de uma
30 divisão de área onde uma porção relativamente ampla da

lente corrige os erros de visão de distância (se algum) e uma pequena parte, localizada próxima a borda de fundo da lente, proporciona capacidade ótica adicional para correção dos efeitos da presbiopia. A transição entre as regiões, de
5 correção da visão para perto e longe pode ser tanto abrupta, como é o caso para lentes bifocais e trifocais, ou suave e contínua, como é o caso com lentes progressivas. Existem questões associadas com essas duas abordagens que podem ser questionáveis por alguns pacientes. A linha
10 visível de demarcação associada com as bifocais pode ser esteticamente desagradável e as regiões de transição associadas com as lentes progressivas podem levar a uma visão embaçada e distorcida, o que, para alguns pacientes, pode levar a um desconforto físico. Além do mais, o
15 posicionamento da área de correção da visão para perto próxima a borda de fundo das lentes requer que os pacientes adotem um olhar fixo para o chão de certa forma artificial para tarefas que requeiram visão para perto.

Para resolver essas questões, uma lente ocular
20 multifocal teria de ser desenvolvida onde, para se evitar distorção, a área para correção de visão para perto é mais ampla, localizada mais próxima do centro da lente, e não apresenta bordas visíveis. O que se propõe aqui é se embutir um elemento ótico dentro de uma lente ocular
25 convencional que possa ser acionado e desativado de modo que o elemento não adicionaria substancialmente nenhuma capacidade ótica no estado desativado e forneceria a necessária capacidade ótica quando acionado. Enquanto que múltiplas tecnologias podem ser abordadas como uma solução
30 ao problema, o formato é bastante restritivo para as lentes

e a necessidade para um baixo consumo de energia elétrica limita sua aplicabilidade.

Lentes com base em cristais líquidos são uma atraente solução uma vez que o índice de refração de um cristal líquido pode ser alterado gerando-se um campo elétrico através do cristal líquido. Tal campo elétrico é gerado pela aplicação de uma ou mais voltagens para os eletrodos localizados em ambos lados do cristal líquido. O cristal líquido pode também proporcionar a faixa necessária para o aumento da capacidade ótica (plana a +3.00D) necessária para se corrigir a presbiopia. Finalmente, o cristal líquido pode ser utilizado para se conceber uma lente de diâmetro largo (maior do que 10 mm) que é o tamanho mínimo necessário para se evitar desconforto ao usuário.

Uma camada delgada do cristal líquido (menor do que 10 μm) pode ser usada para construção da lente multifocal eletroativa. Quando é aplicada uma camada delgada, o formato e tamanho do(s) eletrodo(s) pode ser usado para indução de certos efeitos óticos no interior da lente. Por exemplo, uma gradação difrativa pode ser dinamicamente produzida no interior do cristal líquido pela utilização de eletrodos padronizados em anéis concêntricos. Tal gradação pode produzir uma capacidade ótica aumentada em função do raio dos anéis, as larguras dos anéis, e a gama de voltagens aplicadas separadamente aos diferentes anéis. Alternativamente, os eletrodos podem ser "pixilados", em que os eletrodos são padronizados para formação de um arranjo (isto é, pixels) onde qualquer padrão arbitrário de voltagens pode ser aplicado. Tal arranjo de pixels pode ser, como forma de exemplo tão somente, disposto em um

arranjo Cartesiano ou um arranjo hexagonal. Enquanto tal arranjo de pixels pode ser utilizada para se gerar capacidade ótica aumentada pela emulação de uma estrutura de eletrodos difrativa em anéis concêntricos, pode ser usada também para corrigir aberrações de ordem elevada do olho em uma maneira semelhante aquela usada para correção de efeitos de turbulência atmosférica como na astronomia. Esta técnica, referida como ótica adaptativa, pode ser tanto refrativa ou difrativa e é bem conhecida na técnica.

Em ambos casos acima, as voltagens operacionais necessárias para tais camadas delgadas do cristal líquido são bastante baixas, tipicamente menores do que 5 volts. Alternativamente, um eletrodo único contínuo pode ser usado com uma estrutura ocular especializada conhecida como uma superfície de compensação ótica. Aplicando-se voltagem ao cristal líquido através do eletrodo, a correção da capacidade/aberração pode ser comutada ligando-se e desligando-se por meio de um índice de refração combinado e descombinado, respectivamente.

Uma camada mais espessa de cristal líquido (tipicamente $> 50 \mu\text{m}$) pode ser também utilizada para se construir a lente multifocal eletroativa. Por exemplo, uma lente modal pode ser empregada para se criar uma lente refrativa. De conhecimento na técnica, as lentes modais incorporam um único eletrodo circular de baixa condutividade contínuo envolto por, ou em contato elétrico com, um eletrodo em formato de anel único de alta condutividade. Mediante aplicação de uma única voltagem ao eletrodo em anel de alta condutividade, o eletrodo de baixa condutividade, essencialmente uma rede radialmente

simétrica, eletricamente resistente, produz um gradiente de voltagens através da camada de cristal líquido, que induz subsequentemente um gradiente de índices de refração no cristal líquido. Uma camada de cristal líquido com um
5 gradiente de índices de refração irá funcionar como uma lente eletroativa e irá focar a luz incidente sobre ela. Apesar da espessura da camada de cristal líquido, a geometria do eletrodo ou os erros do olho que são corrigidos por conta do elemento eletroativo, tais lentes
10 oculares eletroativas poderiam ser fabricadas em uma maneira bastante semelhante aos visores de cristal líquido e ao assim se proceder haveria um benefício da tecnologia precursora madura.

A comercialização das lentes oculares eletroativas irá
15 necessitar de um processo de fabricação altamente especializado. Como em qualquer processo de fabricação, é desejável ter-se uns poucos componentes individuais tanto quanto possível e ter-se tanto quanto o possível desses componentes sendo fabricados em massa. Isto é desejável
20 tanto para simplificar o processo de montagem e reduzir-se o número de unidades de manutenção de estoque (SKU`s) necessário de componentes individuais. A questão de SKUs reduzidos é especialmente importante quando se lidando com lentes oculares uma vez que precisa-se que levar em conta
25 uma ampla gama de variáveis tais como capacidades esferocilíndricas aumentadas, capacidade prismática aumentada, eixos astigmáticos, e distâncias interpupilares. Ainda, o processo de fabricação deve ser tolerante a variadas configurações de produtos (isto é, receitas a
30 pacientes, estilos de armações, e tamanhos das armações) de

forma a se reduzir o custo global e a quantidade de equipamento requerida para se processar as lentes satisfazendo as receitas a pacientes individuais. O processo de fabricação descrito abaixo endereça essas 5 questões para fornecer uma abordagem de fabricação que é tanto insensível às correções de visão não-presbiópicas do paciente e reduzindo-se o número de SKUs necessárias pela utilização de um menor número de componentes sendo produzidos em massa.

10 A invenção aqui contida irá possibilitar a fabricação eficiente de lentes de alta qualidade em uma maneira bastante viável. A invenção aqui descrita proporciona lentes eletroativas que em uma modalidade corrige o erro de refração convencional conhecendo-se a capacidade ótica da 15 esfera, do cilindro ou uma combinação de ambos. Em outra modalidade da invenção as lentes eletroativas corrigem aberrações de ordem mais elevada, em acréscimo ao erro refrativo convencional tendo capacidades óticas de esfera, cilindro, ou uma combinação de ambos com alterações 20 localizadas da capacidade ótica, corrigindo aberrações de ordem mais elevada. Em cada caso as modalidades da invenção podem corrigir a presbiopia ou unicamente a visão à distância. Deve-se salientar que as modalidades da invenção aqui descritas utilizam o componente eletroativo para 25 corrigir a presbiopia por meio de se gerar uma capacidade ótica aumentada positiva, esférica enquanto o componente de lente não-eletroativo é utilizado para correção do erro refrativo convencional por meio de uma capacidade ótica aumentada estática, refrativa de esfera, cilindro ou uma 30 combinação de ambos. Ainda, a modalidade da invenção aqui

contida pode corrigir aberrações de ordem mais elevada tanto via programação de arranjo de pixels eletroativos contidos no interior do elemento eletroativo ou via alterações localizadas no componente não-eletroativo da
5 lente em forma bruta.

SUMÁRIO DA INVENÇÃO

Em uma primeira modalidade da invenção uma lente ocular eletroativa é compreendida de um elemento ótico que fornece uma primeira capacidade ótica. A lente ocular
10 eletroativa compreende ainda uma inserção que é disposta no interior do elemento ótico. Por fim, a lente ocular eletroativa compreende ainda um elemento eletroativo em comunicação ótica com o elemento ótico e está posicionado no interior da inserção para fornecimento de uma segunda
15 capacidade ótica quando ativado e substancialmente sem capacidade ótica quando desativado.

Em uma segunda modalidade da invenção, tem-se um método para a fabricação de uma lente ocular eletroativa para posicionamento de um elemento eletroativo no interior
20 de uma inserção para formação de uma inserção instalada. Tem-se ainda o método para a fabricação de uma lente ocular eletroativa compreendendo laminação de uma lente bruta junto a uma primeira face da inserção instalada com um adesivo oticamente transparente para a produção de uma
25 primeira superfície ótica da lente ocular eletroativa. O método para a fabricação de uma lente ocular eletroativa compreende ainda posicionamento de um molde sobre a segunda face da inserção instalada oposta a primeira face para formação de uma cavidade entre o molde e a lente bruta. O
30 método para fabricação de uma lente ocular eletroativa

compreende ainda preenchimento da cavidade com uma resina ótica. O método para a fabricação de uma lente ocular eletroativa ainda compreende cura da resina ótica para a produção de uma segunda superfície ótica da lente ocular
5 eletroativa.

Em uma terceira modalidade da invenção, um método para a fabricação de uma lente ocular eletroativa caracteriza-se pelo posicionamento de um elemento eletroativo no interior de uma inserção para formação de uma inserção instalada. O
10 método para fabricação de uma lente ocular eletroativa compreende ainda a montagem da inserção no interior da vedação de molde. O método para a fabricação de uma lente ocular eletroativa compreende ainda o posicionamento de um primeiro molde e um segundo molde na vedação de molde, em
15 que o primeiro molde está oposto ao segundo molde para a formação de uma cavidade entre o primeiro e o segundo moldes. O método para a fabricação de uma lente ocular eletroativa compreende ainda o preenchimento da cavidade com uma resina ótica. O método para a fabricação de uma
20 lente ocular eletroativa compreende ainda a cura da resina ótica para a produção de uma primeira e segunda superfícies óticas da lente ocular eletroativa.

DESCRIÇÃO DOS DESENHOS

A Figura 1 é um desenho da vista de topo da lente ocular eletroativa completa que inclui os elementos óticos eletrônicos, eletroativos, e refrativos no todo;
25

A Figura 2 é um desenho da vista de topo da inserção de integração mecanicamente flexível e óticamente transparente;

30 A Figura 3 é um desenho da vista de topo da inserção

de integração com a adição dos condutores elétricos transparentes;

A Figura 4 é um desenho da vista de topo da inserção de integração com a adição dos condutores elétricos transparentes e eletrônicos de transmissão em circuito integrado;

A Figura 5 é uma vista em close de um braço da inserção de integração apresentando 2 condutores para fonte de alimentação e 9 condutores para sinal de acionamento que são conectados ao circuito integrado;

A Figura 6a é uma vista de topo de um elemento eletroativo completo construído a partir de dois substratos com eletrodos padronizados em anéis concêntricos e um substrato com um eletrodo único contínuo;

A Figura 6b é uma vista de topo de um substrato com eletrodos padronizados em anéis concêntricos;

A Figura 6c é uma vista de topo de um substrato com um único eletrodo contínuo;

A Figura 6d é uma vista explodida ao longo do eixo A-A do elemento eletroativo completo da Figura 6a;

A Figura 6e é uma vista do topo de um elemento eletroativo completo alternativo construído a partir de dois substratos com estruturas difrativas de superfície liberada revestido com um único eletrodo contínuo e um substrato com um único eletrodo contínuo;

A Figura 6f é uma vista de topo de um substrato para o elemento eletroativo alternativo com uma estrutura difrativa de superfície liberada revestido com um único eletrodo contínuo;

A Figura 6g é uma vista de topo de um substrato com um

único eletrodo contínuo;

A Figura 6h é uma vista explodida ao longo do eixo A-A do elemento eletroativo completo alternativo da Figura 6e;

A Figura 6i é uma vista de topo de um elemento
5 eletroativo completo alternativo construído a partir de dois substratos com eletrodos modais para lentes e um substrato com um único eletrodo contínuo;

A Figura 6j é uma vista de topo de um substrato para o elemento eletroativo alternativo com eletrodos modais para
10 lentes;

A Figura 6k é uma vista de topo de um substrato com um único eletrodo contínuo;

A Figura 6l é uma vista explodida ao longo do eixo A-A do elemento eletroativo completo alternativo da Figura 6i;

15 A Figura 7a mostra uma vista de topo de uma inserção de integração instalada.

A Figura 7b apresenta uma vista explodida ao longo do eixo A-A da Figura 7a do arranjo físico do elemento eletroativo no interior da inserção de integração de forma
20 a proceder a conexão elétrica entre o elemento eletroativo e a inserção de integração;

A Figura 8a é uma vista de topo de uma inserção de integração plenamente instalada incluindo todos os condutores elétricos, eletrônica de acionamento, e um
25 elemento eletroativo apresentando eletrodos padronizados em anéis concêntricos dispostos em uma maneira a gerarem uma lente difrativa para fornecimento de uma capacidade ótica aumentada;

A Figura 8b é uma vista de topo de uma inserção de
30 integração plenamente instalado incluindo todos os

condutores elétricos, eletrônica de acionamento, e um elemento eletroativo apresentando eletrodos padronizados pixalados dispostos de forma a corrigirem qualquer erro ótico arbitrário da vista humana;

5 A Figura 9a mostra uma inserção plenamente instalada e uma lente em forma bruta polida como uma primeira etapa em um primeiro método de fabricação de uma lente ocular eletroativa;

10 A Figura 9b mostra a inserção plenamente instalado laminado junto a lente em forma bruta polida como uma segunda etapa em um primeiro método de fabricação de uma lente ocular eletroativa;

15 A Figura 9c mostra uma resina preenchendo um molde fixado junto à inserção invertida, combinada plenamente instalado e uma lente em forma bruta polida como uma terceira etapa em um primeiro método de fabricação de uma lente ocular eletroativa;

20 A Figura 9d mostra a inserção combinada plenamente instalada e uma lente em forma bruta polida após a resina ter sido curada e o molde removido como uma quarta etapa em um primeiro método de fabricação de uma lente ocular eletroativa;

25 A Figura 9e mostra uma inserção combinado plenamente instalado e uma lente em forma bruta semipolida após a resina ter sido curada e o molde removido em uma primeira etapa alternativa em um primeiro método de fabricação de uma lente ocular eletroativa onde a inserção plenamente instalada é laminada junto a uma lente em forma bruta semipolida;

30 A Figura 10a mostra uma inserção plenamente instalada

posicionado no interior de uma vedação de molde numa primeira etapa em um segundo método de fabricação de uma lente ocular eletroativa;

5 A Figura 10b mostra um primeiro molde cuja superfície define uma lente em forma bruta polida fixada junto à vedação de molde como uma segunda etapa em um segundo método de fabricação de uma lente ocular eletroativa;

10 A Figura 10c mostra um segundo molde fixado junto à vedação de molde após que os moldes são preenchidos com resina como uma terceira etapa em um segundo método de fabricação de uma lente ocular eletroativa;

15 A Figura 10d mostra a inserção plenamente instalada combinada e uma lente em forma bruta polida após a resina ser curada e os moldes e a vedação de molde serem removidos numa quarta etapa em uma segunda modalidade do método de fabricação de uma lente ocular eletroativa; e

20 A Figura 10e mostra uma inserção combinado plenamente instalado e uma lente em forma bruta semipolida após a resina ter sido curada e os moldes e a vedação de molde serem removidas em uma segunda etapa alternativa em um segundo método de fabricação de uma lente ocular eletroativa onde a lente ocular eletroativa é fundida na forma de uma lente em forma bruta semipolida.

DESCRIÇÃO DA MODALIDADE PREFERIDA

25 Apresenta-se na Figura 1, um desenho da vista de topo de uma lente ocular 100 eletroativa (EA) através dos métodos propostos. Esta lente inclui uma inserção de integração 110 possuindo os condutores 120 elétricos de sinal de película delgada, transparente e condutores
30 elétricos de bateria 130, aos quais um elemento ótico

eletroativo (EA) 150 e circuitos integrados 140 são fixados. A Figura 2 mostra a inserção de integração sem quaisquer dos condutores elétricos da película delgada ou circuitos integrados aplicados. O anel central 180 e "braços" 190 da inserção de integração 110 atuam fornecendo suporte físico quando incorporando o elemento EA 150 no interior do elemento ótico refrativo total 160 e provêm uma plataforma para a fixação dos condutores elétricos 120 e 130 transparentes e circuitos integrados 140 que são necessários para operarem o elemento EA. O elemento EA pode apresentar superfícies planas, curvas ou pode ser projetado de modo que uma superfície seja plana e a outra curva. Não em todas as situações, mas na maior parte delas, estas superfícies são eqüidistantes entre si. A inserção de integração 110 contém bordas alinhadas 170 localizadas no interior do anel central 180 para auxiliar no alinhamento da inserção com o elemento EA 150. A inserção pode ser óticamente transparente (por óbvias razões cosméticas) e apresentar a possibilidade de conformar-se a vários raios de curvatura de uma lente existentes para diferentes prescrições de visão à distância. Caso a inserção não se conforme ao raio de curvatura de uma distância prescrita, uma lente mais espessa irá resultar o que poderia ser inaceitável ao usuário. Para tanto, a inserção pode tanto ser cortado ou estampado a partir de folhas de vidro ou de plástico flexíveis cujas espessuras variem de 50 μm a 150 μm . A folha de vidro encontra-se comercialmente disponível com espessura abaixo de 30 μm (Schott? D 263 T e AF 45) e muitos diferentes tipos de plásticos encontram-se disponíveis de espessuras comparáveis. Enquanto a inserção

de integração é aqui apresentada compreendendo de um anel central 180 com uma abertura e braços separados 190 estendendo-se radialmente a partir do referido anel, a inserção não precisa ser deste formato. Em certas outras 5 modalidades, a inserção pode tomar qualquer formato que inclua uma abertura para um elemento EA e material periférico junto à abertura para suporte dos condutores elétricos de sinal da película delgada, condutores elétricos da bateria da película delgada, e circuitos 10 integrados. Como forma de exemplo somente, a inserção pode apresentar um formato toroidal plano, com uma abertura central e bordas alinhadas.

Os condutores elétricos 120 e 130 podem ser feitos a partir de películas delgadas de óxidos condutivos 15 transparentes (isto é, ITO, ZnO, SnO₂) ou polímeros condutores (isto é, polianilina, PEDOT:PSS) e são aplicados junto a(s) superfície(s) da inserção 110 conforme mostrado na Figura 3. Os condutores elétricos podem ser adicionados junto à inserção por meio tanto de processos aditivos como 20 de processos subtrativos. Os processos aditivos incluiriam (por exemplo) impressão em tela ou depósito em película delgada através de uma máscara de sombra do material de condutor elétrico. Os processos subtrativos incluiriam (por exemplo) tanto revestimento parcial ou completo da inserção 25 com o material desejado e então remoção do excesso por meio tanto de um processo de resistência de cauterização padronizado ou um processo de ablação em registro direto a laser. Nas modalidades da invenção, a espessura do material a partir de onde os condutores são construídos pode ser de 30 1 μ m ou menos e nas modalidades preferidas, a espessura é

100 nm ou menor. Em outras modalidades da invenção os condutores podem ser dispostos em ambas faces da inserção.

Os condutores elétricos possibilitam que um circuito integrado (IC) 140, que contém a eletrônica de acionamento do elemento EA, seja instalado diretamente junto à inserção conforme ilustrado na Figura 4. Uma vista em close de uma das armações é mostrada na Figura 5, onde, como forma de exemplo somente, dois condutores elétricos 130 da fonte de alimentação (isto é, bateria) (1 voltagem e 1 base) e 9 condutores elétricos de sinal 120 (8 sinais de acionamento para nível de fase e 1 de base) são apresentados conectados ao IC. O IC é capaz de fornecer voltagens separadas para cada condutor elétrico de sinal com base no nível de fase desejado. O número de condutores elétricos de sinal depende da configuração do elemento EA (discutido abaixo) e podem ser, somente como forma de exemplo, tão poucos como 3 ou tantos quanto 34. A largura dos condutores depende do espaço disponível, o número de condutores necessários, e a largura do espaço entre os condutores requeridos para isolamento elétrico. Somente como forma de exemplo, os condutores 100 μ m de largura com espaços 100 μ m podem ser usados como os condutores elétricos de sinal, e os condutores com largura 300 μ m com espaços 100 μ m podem ser utilizados como os condutores elétricos da bateria. Os condutores elétricos de sinal conectam-se aos elementos EA de eletrodos padronizados por meio de um contato elétrico. Nas modalidades da invenção onde o elemento EA é uma lente difrativa com eletrodos padronizados em anéis concêntricos, é o tamanho relativo (raio e largura) dos eletrodos padronizados no interior do elemento que define a

capacidade ótica aumentada da estrutura de rede difrativa. As amplitudes separadas das voltagens aplicadas pelo IC aos condutores de sinal elétrico separados (e assim aos eletrodos padronizados) determinam o perfil da fase produzida na camada do cristal líquido e daí, determinam a eficiência de difração (fração da luz incidente que é focalizada) do elemento EA. Para tanto, um único modelo IC com um único número SKU designado ao mesmo pode ser utilizado para acionar qualquer elemento EA a despeito do aumento da capacidade ótica que forneça. Nas modalidades da invenção onde o elemento EA é um dispositivo de eletrodo padronizado pixalado, a correção da aberração e/ou a capacidade ótica apresentam-se completamente dinâmicas e determinadas pelo padrão de voltagens endereçado ao arranjo de pixels. Nas modalidades da invenção onde o elemento EA é uma lente modal, é a amplitude da voltagem aplicada ao eletrodo de anel de alta condutividade que define a capacidade ótica aumentada, onde, em geral, quanto maior a voltagem aplicada mais ampla a quantidade de capacidade ótica aumentada. Nas modalidades da invenção onde o elemento EA é uma superfície de compensação ótica, a correção da aberração/capacidade ótica é fixada pela transferência de padrão ao substrato, mas a visualização é feita dinâmica por intermédio da voltagem aplicada para se criar a combinação e descombinação do índice de refração.

Para se facilitar a conexão da inserção 110 junto a fonte de alimentação externa, um pequeno conector elétrico (não mostrado) pode também ser fixado a inserção. Em comparação a ligar-se aos condutores elétricos 130 da bateria de película delgada após a lente ter sido

plenamente instalada, tal conector seria fisicamente bem mais robusto e auxiliaria em reduzir as etapas de fabricação. Tal conector, se construído a partir de uma combinação de materiais suficientemente macios, eletricamente isolantes e condutores, poderia ser projetado para ser mecanicamente embutido com a borda das lentes utilizando-se os equipamentos existentes e ainda fornecer uma conexão elétrica aceitável. Como forma de exemplo somente, o conector poderia ser um pequeno bloco de plástico com um índice de refração proximamente combinado com o material global da lente que contém a fiação feita a partir do cobre (um metal macio) que é aglutinada aos condutores da bateria utilizando-se meios adequados, tais como um adesivo condutor. Após a maior parte da lente (também feita de plástico) ser formada em torno da inserção e conector, a etapa de usinagem tipicamente empregada para formar-se a borda periférica externa de uma lente acabada seria capaz de facilmente cortar o pequeno bloco de plástico e os fios de cobre, revelando os fios para uma posterior conexão junto à fonte de alimentação.

Projetou-se a inserção de integração 110 com múltiplas posições de encaixe de modo que o IC 140 possa ser posicionado em várias distâncias radiais a partir do centro do elemento EA 150 para acomodar-se os vários tamanhos das armações de lentes oculares disponíveis. Assim, haverá sempre uma distância radial adequada a partir do centro do elemento EA onde o IC possa ser instalado de maneira que não será eliminado quando a lente for conformada ao tamanho apropriado. São apresentados três ICs instalados junto à inserção para finalidades somente ilustrativas; na prática

é necessário somente um IC. Além do mais, fabricando-se uma única inserção com posições múltiplas de acoplagem do IC reduz-se o número de unidades de manutenção de estoque (SKUs).

5 Apresenta-se nas Figuras 6a-6c o elemento EA 150 e seus componentes constitutivos. O elemento EA constitui-se de substratos que, como forma de exemplo somente, podem ser feitos a partir de materiais inorgânicos tal como, os acrilatos, uma classe de materiais tipicamente utilizados
10 para formação de lentes oftálmicas. Em uma modalidade da invenção, podem ser utilizados um total de três substratos utilizados para construção do elemento EA. Em tal modalidade, dois substratos 200 apresentam eletrodos 220 padronizados fotolitograficamente transparentes em uma
15 superfície (Figura 6b) e um substrato 210 apresenta um eletrodo único contínuo transparente (Figura 6c) em ambas superfícies, atuando como a referência (base). Em outra modalidade da invenção são utilizados somente dois substratos. Em tal modalidade, um substrato 200 apresenta
20 eletrodos 220 padronizados fotolitograficamente transparentes em uma superfície (Figura 6b) e um substrato 210 apresenta um eletrodo único contínuo transparente (Figura 6c) em uma superfície, que funciona como a referência (base). Conforme previamente discutido, os
25 eletrodos podem ser padronizados na forma de anéis concêntricos para geração de capacidade ótica aumentada (para correção da presbiopia) ou em um campo de pixels para correção de qualquer erro arbitrário da vista, incluindo, somente como forma de exemplo, a presbiopia e aberrações de
30 alta ordem.

Nas modalidades da invenção com eletrodos 220 em anéis concêntricos padronizados, o elemento EA fornece capacidade ótica aumentada em que os eletrodos 220 padronizados atuam para definição de uma estrutura de lentes difrativa em múltiplos níveis em uma fina camada de cristal líquido. Quando utiliza-se uma ótica difrativa em níveis múltiplos, utiliza-se cada condutor elétrico de sinal é usado para acionar os múltiplos eletrodos padronizados em anéis concêntricos de forma a produzirem o perfil correto da fase na camada de cristal líquido. Enquanto são mostrados somente 10 eletrodos padronizados por simplicidade (Figura 6a), uma típica lente pode conter, como forma de exemplo somente, até 3000 eletrodos individuais de larguras variando de 1 μ m a 100 μ m, como forma de exemplo somente.

Nas modalidades da invenção com um elemento EA pixelado (Figura 8b), o número de pixels pode ser, como forma de exemplo somente, tão reduzido quanto 100 ou tantos quanto 1.000.000. O tamanho de cada pixel varia e pode inserir-se numa faixa de 1 μ m a 1 mm, como forma de exemplo somente.

Em outra modalidade da invenção um elemento 151 EA alternativo é mostrado (Figura 6e) onde são utilizados dois substratos 400 com superfície de compensação ótica e (aqui apresentada, como forma de exemplo somente, como lentes difrativas) 420 revestida com um eletrodo único contínuo (não mostrado) ao invés de substratos 200 planos com eletrodos 220 padronizados. Nesta modalidade alternativa, superfícies de compensação ótica, que são bem conhecidas na técnica, geram a quantidade desejada de capacidade ótica e a camada de cristal líquido é usada como um material de combinação dinâmico ao índice de refração. Sob a aplicação

de uma voltagem inicial, o índice de refração do cristal líquido é substancialmente idêntico (combinado) do índice de refração do substrato 400 e não ocorre substancialmente nenhuma difração. Ao contrário, a luz incidente experimenta
5 somente um índice de refração único como se o elemento EA estivesse em uma camada plana do material homogêneo. Sob a aplicação de uma segunda voltagem, o índice de refração do cristal líquido é diferente (descombinado) do índice de refração do substrato 400 e ocorre a difração da luz
10 incidente devido a diferença de fase resultante gerada pela descombinação do índice. Em uma modalidade preferida da invenção a combinação do índice de refração é alcançada quando aplica-se uma voltagem zero ao elemento EA assegurando assim uma segurança a falha (capacidade ótica
15 aumentada nula para aplicação de voltagem nula). Uma lente sem segurança a falhas é indesejável uma vez que uma repentina introdução de capacidade ótica em uma situação inadequada (por exemplo, enquanto dirigindo) pode ser perigoso ao usuário. As superfícies de compensação ótica
20 que geram a capacidade ótica aumentada são apresentadas somente como formas de exemplos apenas, nas outras modalidades elas podem ser usadas para geração de perfis de fase similares aqueles que podem ser gerados pelo elemento pixelado EA com eletrodos padronizados.

25 O elemento 151 EA alternativo é construído a partir de dois substratos 400 com superfícies 420 de compensação ótica revestidas com um eletrodo único contínuo (Figura 6f) e um substrato 210 com um eletrodo único contínuo transparente (Figura 6g) em ambas superfícies, que age como
30 a referência (base). Aquele substrato com um eletrodo único

contínuo transparente em ambas superfícies (Figura 6g) é idêntico ao substrato 210 que é utilizado para o elemento EA com eletrodos padronizados. Uma vista explodida da Figura 6e ao longo do eixo A-A é mostrado na Figura 6h, onde a estrutura difrativa da superfície de compensação é claramente visível. Um benefício desta modalidade é que a superfície interna de cada substrato contém agora somente um eletrodo único contínuo, o número de pontos 230 de contato elétrico é reduzido para quatro, dois para fazerem as conexões de base elétricas e dois para fazerem o acionamento das conexões de voltagem. Em outra modalidade da invenção somente são usados dois substratos. Em tal modalidade, um substrato 400 apresenta a superfície de compensação ótica 420 em uma superfície (Figura 6f) e um substrato 210 apresenta um eletrodo único contínuo transparente (Figura 6g) em uma superfície, que age como referência (base).

Em ainda outra modalidade da invenção, o elemento EA alternativo é construído a partir de dois substratos 500 com eletrodos de lentes modais (Figura 6j) e um substrato 210 com um eletrodo único contínuo em ambas superfícies, que atua como a referência(base), (Figura 6k). Os eletrodos de lentes modais consistem de um eletrodo 520 único, circular contínuo compreendendo de um material de baixa condutividade e um eletrodo em anel 521 único, contínuo compreendendo um material de alta condutividade. O substrato com o eletrodo único contínuo transparente em ambas superfícies (Figura 6k) é idêntico ao substrato 210 que é utilizado para o elemento EA com eletrodos padronizados. Uma vista explodida da Figura 6i ao longo do

eixo A-A é mostrada na Figura 6l, onde é mostrada a conexão elétrica entre o eletrodo de baixa condutividade 520 e o eletrodo de alta-condutividade 521. Um benefício desta modalidade é que como a superfície interna de cada substrato necessita agora de somente um contato elétrico 5 único para o eletrodo em anel de alta condutividade, o número de pontos de contato elétrico 230 é reduzido para quatro, sendo dois para proceder as conexões elétricas de base e dois para feitura das conexões de acionamento de 10 voltagem. A conexão elétrica entre os pontos de contato 230 e o eletrodo em anel de alta condutividade 521 é feita, somente como forma de exemplo, por intermédio de um eletrodo transparente de película delgada ou um condutor adesivo condutor (não mostrado). Em outra modalidade da 15 invenção somente dois substratos são utilizados. Em tal modalidade, um substrato 500 apresenta eletrodos 520 e 521 de lentes modais em uma superfície (Figura 6j) e um substrato 210 apresenta um eletrodo único contínuo transparente (Figura 6k) em uma superfície, que age como 20 referência (base).

Os substratos 200, 400 e 500 apresentam pontos 230 de contatos elétricos próximos a periferia que faz conexão aos eletrodos padronizados 220, 420 e 521, respectivamente, utilizando um sistema de condutores condutivos de película 25 delgada (não mostrados) e os quais são projetados para alinhamento com os condutores elétricos de sinal 120 colocados na inserção de integração 110. Nas modalidades da invenção onde dois substratos 200, 400 ou 500 sejam incluídos no elemento EA, a inserção pode apresentar 30 condutores elétricos de sinal colocados em ambas

superfícies que podem ser utilizados para se efetuar contato com os pontos de contato elétrico 230 nas superfícies de ambos substratos 200, 400 ou 500. Em tal modalidade, um circuito integrado 140 pode ser posicionado em cada lado da inserção de integração 110 ou uma conexão elétrica pode ser feita a partir de um circuito integrado em ambos lados da inserção por meio das vias elétricas na inserção. As vias elétricas são bem conhecidas na técnica e consistem de aberturas físicas em uma camada de material eletricamente isolado que contenha materiais eletricamente condutivos para viabilizar as conexões elétricas através da espessura do material eletricamente isolante. A conexão elétrica entre o substrato de referência (base) e a inserção de integração é feita, somente como forma de exemplo, via uma ligação por fio ou uma camada condutora epóxi 231 conforme mostrado nas Figuras 7a-7b. A orientação adequada do elemento EA no interior da inserção de integração é facilitada pelas bordas de alinhamento 171 ao longo da periferia do substrato 210 de referência, o qual comunica-se junto às estruturas 170 correspondentes na inserção de integração 110. Preferencialmente, a inserção de integração e o elemento EA são projetados para apresentarem simetria rotacional com respeito as suas bordas de alinhamento. Assim, a conexão elétrica entre o elemento EA e a inserção de integração pode ser feita ao longo de quaisquer das bordas de alinhamento 170 da inserção de integração o que leva a que os condutores elétricos de sinal terminem próximos e em quaisquer das bordas de alinhamento 171 do elemento EA que apresente os pontos de contato elétricos.

Para se instalar o elemento EA 150, cada superfície de substrato contendo um eletrodo é tratada com camadas de alinhamento de cristal líquido (não mostrado, mas bem conhecidas na técnica) para indução de uma dada direção de alinhamento do cristal líquido. Assim, o substrato 200 irá apresentar a superfície contendo os eletrodos padronizados tratados com uma camada de alinhamento de cristal líquido e o substrato 210 irá apresentar ambas superfícies contendo o eletrodo único, contínuo tratado com uma camada de alinhamento de cristal líquido. As camadas de alinhamento de cristal líquido são películas delgadas (tipicamente menores do que 100nm de espessura) de um material de poliimida que são aplicados naquelas superfícies que entram em contato direto com o cristal líquido. As superfícies dessas películas são, antes da montagem do elemento EA, friccionadas ou polidas em uma direção com um pano tal como veludo (uma técnica bem conhecida na técnica). Quando as moléculas do cristal líquido entram em contato com tal superfície, elas preferencialmente distribuem-se no plano do substrato e são alinhadas na direção em que a camada de poliimida foi polida. Este processo é idêntico para todos os elementos EA a despeito se são utilizados eletrodos em anel concêntricos, ou eletrodos pixelados, eletrodos de lentes modais, ou estruturas de superfície de compensação.

Nas modalidades da invenção onde é utilizado o cristal líquido nemático, três substratos devem ser usados de forma a superar-se o fato de que os cristais líquidos nemáticos são sensitivos a polarização (ou seja, a luz de diferentes polarizações experimentam diferentes índices de refração conforme estes desloquem-se através do material).

Subsequentemente, ao preparo das camadas de alinhamento, os três substratos são então empilhados para permitirem a formação de duas células líquidas (uma célula sendo tanto uma camada de cristal líquido e duas superfícies de substrato entre as quais apresenta-se confinada). Por questão de clareza, as camadas do cristal líquido não são mostradas no desenho. Os dois substratos com eletrodos padronizados 200 são posicionados em cada lado do substrato contendo o eletrodo único contínuo 210, de modo que as superfícies do substrato com os eletrodos padronizados estejam voltadas para as superfícies do substrato com o eletrodo contínuo. Assim, as superfícies internas de cada uma das duas células possua um eletrodo de referência e um eletrodo padronizado. Os substratos são empilhados de tal maneira que no interior de uma dada célula, as direções do alinhamento do cristal líquido induzidas pelas duas camadas de alinhamento sejam antiparalelas (as direções diferem por 180?), mas que as direções de alinhamento de uma célula sejam ortogonais as da segunda célula. Este arranjo antiparalelo e ortogonal das camadas de alinhamento viabiliza a operação de um elemento EA com cristal líquido nemático na luz ambiente não-polarizada. Um elemento EA instalado de acordo com esta modalidade da invenção pode ser visto na Figura 6a. A Figura 6d mostra uma vista explodida da Figura 6a ao longo do eixo A-A. A sensibilidade de polarização dos cristais líquidos nemáticos é independente de todas as configurações anteriormente mencionadas do elemento EA e a utilização de duas camadas alinhadas ortogonalmente é necessária para todos os elementos EA a despeito se são utilizados eletrodos em

anéis concêntricos, eletrodos pixalados, eletrodos de lentes modais, ou estruturas de superfície de compensação.

Em outra modalidade da invenção a utilização de cristal líquido colestérico insensível a polarização eliminaria a necessidade de uma segunda camada de cristal líquido e, se fosse o caso, seriam necessárias somente dois substratos, um com eletrodos padronizados e um outro com um eletrodo de referência contínua(base). Os cristais de líquido colestéricos representam uma classe de materiais semelhantes aos cristais líquidos no sentido que suas moléculas constituintes tendem a orientar-se em uma direção único, mas diferem no sentido que a direção preferida de orientação desvia-se ao longo de um dado eixo no interior do material. Caso a faixa de desvio (distância ao longo do referido eixo em função do que a direção preferida de orientação gira por 360?) seja da ordem de, ou menor do que, o comprimento de onda da luz, então a luz pode observar um índice de refração que é proximamente independente de sua polarização. Tal como quanto ao elemento EA com cristal líquido nemático, as camadas de alinhamento são dispostas nas superfícies de substrato contendo eletrodos. Contudo, não se faz mais necessário se alinhar os substratos de modo que as camadas de alinhamento sejam antiparalelas. Adicionalmente, devido a que existe somente uma única célula, uma relação ortogonal entre as células não é necessária ou possível. Em uma modalidade preferida da invenção, são utilizados os cristais líquidos colestéricos insensíveis a polarização em arranjo com o elemento EA alternativo mostrado nas Figuras 6e-6h que utilizam lentes difrativas com superfície de compensação.

Esta modalidade torna-se preferida, pois necessita de dois substratos somente (um substrato 400 e um substrato 210), uma camada único do material eletroativo, e dois pontos de contato elétricos, simplificando grandemente a fabricação do elemento EA. Este processo é o mesmo para todos elementos EA a despeito se são utilizados eletrodos em anéis concêntricos, eletrodos pixalados, eletrodos de lentes modais ou estruturas de compensação de superfície.

A espessura total do elemento EA plenamente instalado deve ser menor do que 200 μm (e deve ser comparável a espessura da inserção de integração) de forma a reduzir a espessura da lente ocular EA final. Por exemplo, quando se constrói um elemento EA insensível a polarização com duas camadas de 5 μm de cristal líquido nemático, a espessura dos três substratos individuais deve ser menor do que 60 μm ($3 \times 60 \mu\text{m} + 2 \times 5 \mu\text{m} = 190 \mu\text{m}$). Em uma modalidade mais preferida da invenção a espessura total do elemento EA deve ser de 600 μm ou menos para permitir uma fabricação mais fácil. Por exemplo, quando construindo-se um elemento EA insensível a polarização com duas camadas de 5 μm de cristal líquido nemático, as espessuras de 3 substratos individuais devem ser menores do que 196 μm ($3 \times 196 \mu\text{m} + 2 \times 5 \mu\text{m} = 598 \mu\text{m}$). A fabricação de elementos EA individuais com várias distâncias focais (capacidade ótica aumentada) auxilia também para alinhar o processo de fabricação. A fabricação do elemento EA em separado da inserção de integração reduz o número de SKUs uma vez que agora não existe a necessidade de se criar um número SKU para cada combinação de capacidade ótica aumentada e localização IC; existe somente a necessidade de haver um número SKU para a

inserção, o IC, e a cada valor de capacidade ótica aumentada, uma adição ao invés de um cálculo multiplicativo.

O elemento EA instalado é posicionado no centro da
5 inserção de integração 110 de modo que os pontos de contato elétrico 230 nos substratos alinhem-se com os condutores elétricos 120 correspondentes na inserção de integração 110 (figuras 7a-7b), um processo que é facilitado pelas bordas de alinhamento 171 no substrato de referência 210 e as
10 bordas de alinhamento 170 na inserção de integração. As conexões elétricas entre o elemento EA e a inserção podem ser feitas por um número de métodos incluindo (mas sem estar limitado a) adesivos condutores, ligação intermediária por metal e aglutinação de fios. A
15 incorporação do elemento EA na inserção pode ser efetuada de várias maneiras. Um exemplo de um elemento EA instalado com eletrodos em anéis concêntricos, padronizados incluídos na inserção de integração é apresentado na Figura 8a. Um exemplo de um elemento EA instalado com eletrodos
20 pixalados, padronizados incluídos na inserção de integração é mostrado na Figura 8b. Este processo é igual para todos os elementos EA a despeito se são utilizados eletrodos em anéis concêntricos, eletrodos pixalados, eletrodos de lentes modais, ou estruturas de superfícies de compensação.

25 Em uma modalidade da invenção com três substratos, o substrato de referência 210 é posicionado no centro da inserção e o contato elétrico é feito entre o substrato de referência e o condutor elétrico de sinal de base. Então, os substratos com eletrodos padronizados 200 são fixados,
30 por meio de um adesivo visualmente transparente tal como o

NOA65 (Produtos Norland) em cada lado do substrato de referência 210 de modo que as superfícies dos eletrodos estejam voltadas entre si. Antes de se fixar os substratos, são aplicadas as camadas de alinhamento de cristal líquido e as células são orientadas conforme explicado. As células 5 poderiam ser preenchidas, sem qualquer ordem em particular, com o cristal líquido e conectadas, via os pontos de contato 230, aos condutores elétricos de sinal na inserção. Este processo é idêntico para todos os elementos EA a despeito se são utilizados eletrodos em anéis concêntricos, 10 eletrodos pixalados, ou eletrodos de lentes modais, ou estruturas de superfície de compensação.

Em outra modalidade da invenção com três substratos, somente uma das duas células (compreendendo o substrato de referência 210 e um substrato com eletrodos padronizados 15 200) é instalada (conforme explicado acima) e conectada eletricamente junto a inserção. Subsequentemente, o segundo substrato com eletrodos padronizados 200 é devidamente orientado e fixado ao lado oposto do substrato de referência e onde as conexões elétricas são fitas. Nesta 20 modalidade as células podem ser preenchidas com cristal líquido conforme elas são instaladas ou após ambas terem sido instaladas. Este processo é idêntico para todos os elementos EA a despeito se são utilizados eletrodos em 25 anéis concêntricos, eletrodos em lentes modais, ou estruturas de superfície de compensação.

Em outra modalidade menos preferida da invenção com três substratos, o elemento EA, a despeito de sua configuração, é completamente instalado e incorporado no 30 interior da inserção de integração flexível por meio de

curvatura ou outra forma de deformação física temporária da inserção de modo que o elemento EA irá ajustar-se no interior da abertura.

Nas modalidades da invenção utilizando-se um elemento EA incorporando um cristal líquido colestérico insensível a polarização, são necessários somente dois substratos, um com um eletrodo de referência e um com eletrodos padronizados. Em tal modalidade, a incorporação de dois elementos EA no substrato é grandemente simplificada uma vez que o elemento EA pode ser plenamente instalado antecipadamente, sendo a feitura das conexões elétricas junto a inserção a única etapa de processamento restante. Este processo é o mesmo para qualquer elemento EA a despeito se são utilizados eletrodos em anéis concêntricos, eletrodos de lentes modais ou estruturas de superfície de compensação.

A utilização de múltiplos componentes na montagem da inserção de integração irá necessitar a utilização de um adesivo ou resina de encapsulação para tanto estabilizar fisicamente a inserção plenamente instalada (o que inclui o elemento EA) e para formar pelo menos uma das superfícies finalizadas da lente final. Deve-se salientar que o emprego do termo lente em forma bruta polida representa uma ótica finalizada em ambos lados e apresenta uma capacidade ótica definida. Uma lente em forma bruta semipolida é finalizada em um lado carecendo de uma capacidade ótica definida. Uma lente em forma bruta não-finalizada pode tanto compreender uma lente semipolida ou não ter nenhum lado finalizado. O termo cristal semiconductor pode significar tanto uma lente delgada semipolida em forma bruta ou uma lente em forma

bruta polida. Finalmente, o termo em forma bruta representa que o aparelho ocular não foi configurado ao seu estágio final da estrutura das lentes oculares.

Deve-se enfatizar ainda que a lente polida é fabricada em tal maneira de modo a corrigir os erros óticos convencionais da esfera e cilindro ou em uma abordagem inventiva, corrigir aberrações de altas ordens. A fabricação das lentes que corrigem os erros refrativos convencionais da esfera e cilindro é bem conhecida na técnica. Para se corrigir as aberrações de alta-ordem da vista humana, a capacidade ótica das lentes será fabricada incorporando as mudanças de capacidade ótica que irão corrigir a aberração ou aberrações de alta-ordem especificadas em termos de tipo, capacidade, e posição. Na maioria dos casos, a correção da aberração de alta-ordem é determinada na forma de uma análise da frente-de-onda da vista do usuário das referidas lentes oculares eletroativas polidas. A correção da aberração de alta-ordem pode ser efetuada através da produção de mudanças localizadas na capacidade ótica das referidas lentes em forma bruta e podem ser processadas em forma de usinagem de uma superfície exposta, externa a qual a camada eletroativa não encontra-se fixada. Deve-se compreender que a usinagem pode incluir o processo de polimento e acabamento das lentes. Alternativamente, as mudanças locais podem ser imputadas através de cura de uma camada delgada de resina que esteja contida no interior da referida lente em forma bruta de maneira a efetuar mudanças localizadas no índice na lente em forma bruta. As mudanças locais podem também serem processadas quando se acrescenta a camada eletroativa à

lente em forma bruta processando as mudanças locais sob forma de cura da camada de resina fundindo a superfície entre a referida lente em forma bruta e no entorno da camada eletroativa. A correção da aberração de alta-ordem
5 pode também ser realizada com a utilização de uma ótica pixilada conforme apresentado na Figura 8b.

Duas abordagens para inclusão na inserção de integração 110 com o elemento refrativo no todo 160 são apresentadas nas Figuras 9a-9e e Figuras 10a-10e. A
10 primeira abordagem utiliza uma lente em forma bruta 300 polida de plástico com uma região plana 310 próxima ao centro (Figura 9a) onde a inserção 110 instalado é laminado com um adesivo oticamente transparente (Figura 9b). A região plana 310 próxima ao centro irá auxiliar na limitação de
15 qualquer curvatura possível do elemento EA 150, que pode distorcer a camada de cristal líquido e levar a um desempenho inferior. Esta submontagem é então invertida e disposta em um molde 330 que define a outra superfície polida da lente. O molde 330 é então preenchido com um UV
20 ou resina 320 sensível ao calor e curado (Figura 9c). Após a cura da resina 320, a lente é removida do molde 330 (Figura 9d) e encontra-se pronta para qualquer processamento adicional necessário para se ajustar a uma armação de lente ocular adequada. São bem conhecidas na
25 técnica técnicas para "fundição de superfície" para superfícies óticas de qualidade. Deve-se notar que enquanto o material de onde a lente em forma bruta 300 polida ou semipolida 340 é fabricada pode não ser o mesmo material utilizado na camada 320 de superfície fundida, os dois
30 materiais devem apresentar substancialmente o mesmo índice

de refração.

A lente em forma bruta empregada no método acima pode tanto ser polida ou semipolida. A inclusão da inserção com uma peça em forma bruta 300 polida elimina a necessidade para qualquer laminação posterior mecânica de esmerilhamento/polimento das superfícies óticas, mas requer o conhecimento da receita do paciente e o formato da armação (ou seja, um produto personalizado). A utilização de formas brutas semipolidas 340 (Figura 9e) irá necessitar de uma etapa mecânica de laminação posterior de esmerilhamento/polimento, mas não irá necessitar de qualquer conhecimento da receita do paciente. Esta deve ser a abordagem preferida uma vez que as lentes semipolidas podem ser diretamente vendidas em laboratórios e em assim se procedendo, não se interromper o fluxo de produtos e informação técnica do fabricante das lentes ao paciente.

Como uma alternativa ao método de laminação, a inserção de integração 110 pode ser fundida no interior em volume de uma resina curada que constitui o campo de visão da lente. As técnicas para fundição do todo das lentes a partir de resinas líquidas são bem conhecidas na técnica. A fundição de uma lente EA pode ser efetuada pela primeira montagem dos braços 190 da inserção 110 junto a uma vedação de molde/anel em montagem rígida 400 conforme mostrado na Figura 10a. O anel rígido 400 é então instalado (temporariamente) ao molde 420, cuja superfície define uma das superfícies acabadas da lente EA (Figura 10b). Um segundo molde 430 é então instalado ao anel rígido 400 em uma maneira semelhante de modo que uma cavidade seja formada, com a inserção de integração 110 suspenso entre as

duas superfícies de molde (Figura 10c). A cavidade é então preenchida com uma resina 410 adequada e curada. Após a resina 410 ter sido curada os moldes 420 e 430 e o anel rígido 400 são removidos e a lente resultante encontra-se pronta para qualquer processamento adicional necessário para ajustá-la em uma armação adequada de lente ocular (figura 10d). Para facilitar o processo de fabricação, a vedação de molde/anel em montagem rígida 400 pode ser feita a partir de um material barato, moldável por injeção, de modo a ser descartável. Como no caso do método de laminação, uma forma bruta 440 moldada semipolida (figura 10e) pode ser utilizada ao invés de uma forma bruta em molde polida. Tanto uma lente EA polida ou semipolida pode ser produzida a partir deste método; com a produção de uma lente semipolida preferida pelas razões mencionadas anteriormente.

Um benefício dessas duas abordagens é que os parâmetros do componente EA plenamente instalado são ambos independentes e insensíveis a quaisquer requisitos da correção quanto a visão a distância /ou astigmatismo do paciente. Embora seja necessária a receita do paciente para se fabricar a lente polida (tanto por laminação ou fundição) a simetria rotacional da inserção possibilita sua orientação de tal maneira que o IC é posicionado em uma localidade esteticamente aceitável sendo independente do eixo astigmático do paciente. A fabricação das lentes semipolidas (tanto por laminação ou fundição, Figura 9e e Figura 10e) é ainda mais dispensável uma vez que a correção do astigmatismo/distância é adicionada após a fabricação das lentes. A falta de correlação entre as correções de

visão a distância e próxima e a simetria rotacional da inserção de integração permite a utilização de tecnologias de fabricação e processamento de lentes bem já conhecidas sendo utilizadas com somente pequenas modificações para a
5 inclusão da tecnologia EA. A fabricação da forma bruta semipolida através de quaisquer dos métodos mencionados anteriormente permite o uso de uma técnica conhecida como de formação arbitrária para gerar as lentes polidas a partir de uma forma bruta semipolida. A formação arbitrária
10 compreende uma forma de usinagem via controle numérico por computador (CNC) utilizado para esmerilhar e polir o aparelho prescrito ao paciente em uma superfície da lente em forma bruta semipolida e é do conhecimento da técnica. A formação arbitrária apresenta a vantagem que enquanto se é
15 habitual utilizar-se geração de superfícies para a correção da visão à distância, em certas modalidades da presente invenção pode ser usada também para geração de superfícies para a correção de aberrações de alta-ordem.

Enquanto esses dois métodos oferecem muitos benefícios
20 para a fabricação de lentes oculares EA, o sucesso dos mesmos depende da habilidade de se conjugar os índices de refração de todos os materiais óticos e os componentes envolvidos. Caso os índices de refração não sejam todos iguais (dentro de uma margem de erro de $\pm 0,02$) então as
25 bordas da inserção de integração e o elemento EA poderão ser visíveis e o produto não será aceitável para o paciente. Felizmente, existem muitos materiais óticos que podem exibir uma ampla gama de valores para o índice de refração e que são compatíveis com as diferentes
30 tecnologias de processamento. Uma limitação, contudo, é que

o uso da fotolitografia convencional (e seus solventes orgânicos associados) para a definição dos eletrodos EA padronizados tornam os materiais inorgânicos melhores candidatos para serem materiais do substrato. Somente como
5 forma de exemplo, os materiais inorgânicos aceitáveis incluem vidro e safira, onde o vidro seria preferível em relação à safira dado ao elevado custo da safira. Ainda, com o devido cuidado na seleção do solvente utilizado no processamento dos eletrodos, os materiais orgânicos tais
10 como películas formadas a partir de acrilatos podem ser usados para feitura dos elementos EA. Os fabricantes de vidro para a indústria ótica tal como a Schott, Hoya e Ohara oferecem vidros com índices de refração que variam de ligeiramente abaixo de 1,50 a ligeiramente acima de 2,00,
15 valores os quais ultrapassam bem as necessidades da indústria oftálmica. Os índices de refração de vários monômeros (resinas) e polímeros (plásticos) cobrem também uma ampla gama de valores, mas não atingem, presentemente, valores tão elevados como aqueles dos vidros óticos.
20 Típicos índices de refração "amplos" para resinas e plásticos óticos comerciais são da ordem de 1,60 a 1,70 - valores que são basicamente gerados pela indústria oftálmica. Dada a ampla margem de sobra dos valores dos índices de refração para os vários materiais, o requisito
25 de combinação de índice não parece apresentar maiores desafios. Existem, não obstante, faixas preferenciais para o índice de refração. Muitos materiais óticos tendem a apresentar índices de refração próximos a 1,50 e em uma modalidade da invenção; o índice de refração dos
30 componentes individuais é combinado para apresentar um

valor próximo a 1,50. Caso sejam utilizados cristais líquidos colestéricos insensíveis a polarização, que apresentam um índice de refração de aproximadamente 1,66, então em outra modalidade da invenção, o índice de refração dos componentes individuais é combinado junto a um valor próximo a 1,66. Em um esforço para se reduzir o número de componentes individuais que necessitem serem combinados por índice, em certas modalidades da invenção, um dos substratos utilizados para a construção do elemento EA pode ser substituído tanto por uma lente em forma bruta polida ou uma lente em forma bruta semipolida quando o método de laminação da construção da lente é empregado. Em tal modalidade, a construção da inserção de integração completo irá incluir as lentes em forma bruta polida e semipolida.

O exposto acentua um método para a fabricação de lentes oculares EA que corrigem a presbiopia via utilização de uma lente eletroativa, dinamicamente baseada num cristal líquido embutida no interior de uma lente ocular convencional que proporciona correção para visão à distância. Enquanto esta invenção é direcionada para a correção da presbiopia, os métodos apresentados podem ser utilizados para a construção de lentes oculares que corrijam outros erros visuais, tais como aberrações oculares de alta-ordem.

REIVINDICAÇÕES

1. Lente ocular eletroativa, caracterizada pelo fato de compreender:

um elemento ótico para fornecimento de uma primeira
5 capacidade ótica;

uma inserção, disposta no interior do referido elemento ótico; e

um elemento eletroativo em comunicação ótica com o referido elemento ótico e posicionado em contato com a referida inserção para fornecimento de uma segunda
10 capacidade ótica quando ativada e substancialmente sem capacidade ótica quando desativado.

2. Lente, de acordo com a reivindicação 1, caracterizada pelo fato de compreender:

15 uma lente em forma bruta semipolida para a formação de uma primeira superfície do referido elemento ótico; e uma resina oticamente configurada para formação de uma segunda superfície do referido elemento ótico oposto a referida primeira superfície.

20 3. Lente, de acordo com a reivindicação 1, caracterizada pelo fato de que o referido elemento ótico compreende:

uma resina oticamente configurada para formação de uma primeira e segunda superfícies do referido elemento ótico,
25 em que a referida segunda superfície encontra-se oposta a referida primeira superfície.

4. Lente, de acordo com a reivindicação 1, caracterizada pelo fato de que a referida primeira capacidade ótica é selecionada de um grupo consistindo de:

30 capacidade ótica plana, capacidade ótica esférica,

capacidade ótica cilíndrica, e capacidade ótica esfero-cilíndrica;

e em que a referida segunda capacidade ótica é selecionada a partir do grupo consistindo de:

5 capacidade ótica plana e capacidade ótica esférica.

5. Lente, de acordo com a reivindicação 1, caracterizada pelo fato de que a primeira capacidade ótica corrige os problemas de visão selecionados a partir de um grupo consistindo de:

10 miopia, hipermetropia, presbiopia, e astigmatismo;

e em que em que a referida segunda capacidade ótica corrige os problemas de visão selecionados a partir de um grupo consistindo de:

miopia, hipermetropia e presbiopia.

15 6. Lente, de acordo com a reivindicação 1, caracterizada pelo fato de que o referido elemento eletroativo ser adaptado para correção de aberração da vista de ordem elevada.

20 7. Lente, de acordo com a reivindicação 1, caracterizada pelo fato de que a referida inserção compreende:

um anel central para referido posicionamento do referido elemento eletroativo;

25 um material periférico disposto radialmente em torno do referido anel central; e

um trajeto de percurso elétrico posicionado no referido material periférico para proporcionamento de comunicação elétrica ao longo do referido material periférico ao referido anel central.

30 8. Lente, de acordo com a reivindicação 7,

caracterizada pelo fato de que o referido material periférico compreende uma pluralidade de braços dispostos radialmente em torno do referido anel central.

9. Lente, de acordo com a reivindicação 7,
5 caracterizada pelo fato de que o trajeto de percurso elétrico compreende:

uma pluralidade de condutores elétricos de sinal dispostos no referido anel central e estendendo-se ao longo do referido material periférico;

10 um circuito integrado eletricamente conectado aos referidos condutores elétricos de sinal para fornecimento de energia elétrica ao referido elemento eletroativo; e

um par de condutores de sinal de bateria eletricamente conectados ao referido circuito integrado e
15 equidistantemente dispostos a partir da referida pluralidade de condutores elétricos de sinal ao longo do referido material periférico.

10. Lente, de acordo com a reivindicação 1,
caracterizada pelo fato de que o elemento eletroativo
20 compreender:

um primeiro substrato;

uma pluralidade de eletrodos padronizados dispostos diante de uma superfície do referido primeiro substrato;

um segundo substrato disposto diante do referido
25 primeiro substrato;

um eletrodo disposto diante de uma superfície do referido segundo substrato; e

um cristal líquido disposto entre os referidos eletrodos padronizados e referido eletrodo.

30 11. Lente, de acordo com a reivindicação 1,

caracterizada pelo fato de que o elemento eletroativo compreender:

um primeiro substrato;

5 uma primeira pluralidade de eletrodos padronizados dispostos diante de uma superfície do referido primeiro substrato;

um segundo substrato disposto diante do referido primeiro substrato;

10 um primeiro eletrodo disposto diante de uma primeira superfície do referido segundo substrato;

um segundo eletrodo disposto diante de uma segunda superfície do referido segundo substrato, em que a referida segunda superfície encontra-se oposta a referida primeira superfície;

15 um terceiro substrato disposto diante do referido segundo substrato;

uma segunda pluralidade de eletrodos padronizados dispostos diante de uma superfície do referido terceiro substrato;

20 um primeiro cristal líquido disposto entre a referida primeira pluralidade de eletrodos padronizados e referido primeiro eletrodo; e

25 um segundo cristal líquido disposto entre a referida segunda pluralidade de eletrodos padronizados e referido segundo eletrodo.

12. Lente, de acordo com a reivindicação 1, caracterizada pelo fato de o elemento eletroativo ser um elemento eletroativo em anel concêntrico difrativo.

30 13. Lente, de acordo com a reivindicação 1, caracterizada pelo fato de que o elemento eletroativo é um

elemento eletroativo pixalado.

14. Lente, de acordo com a reivindicação 1, caracterizada pelo fato de que o elemento eletroativo é um elemento eletroativo de superfície de compensação.

5 15. Lente, de acordo com a reivindicação 1, caracterizada pelo fato de que o elemento eletroativo é um elemento eletroativo de lente modal.

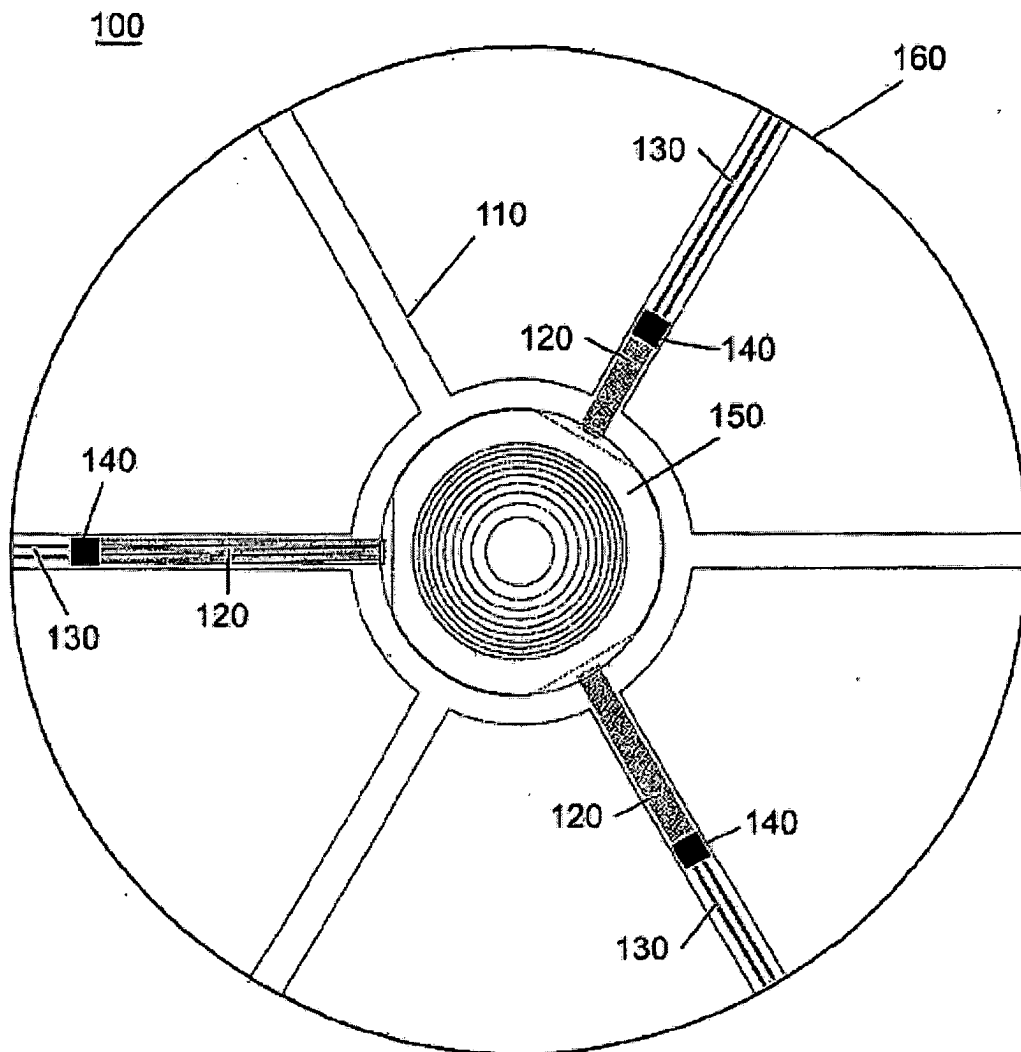


FIG. 1

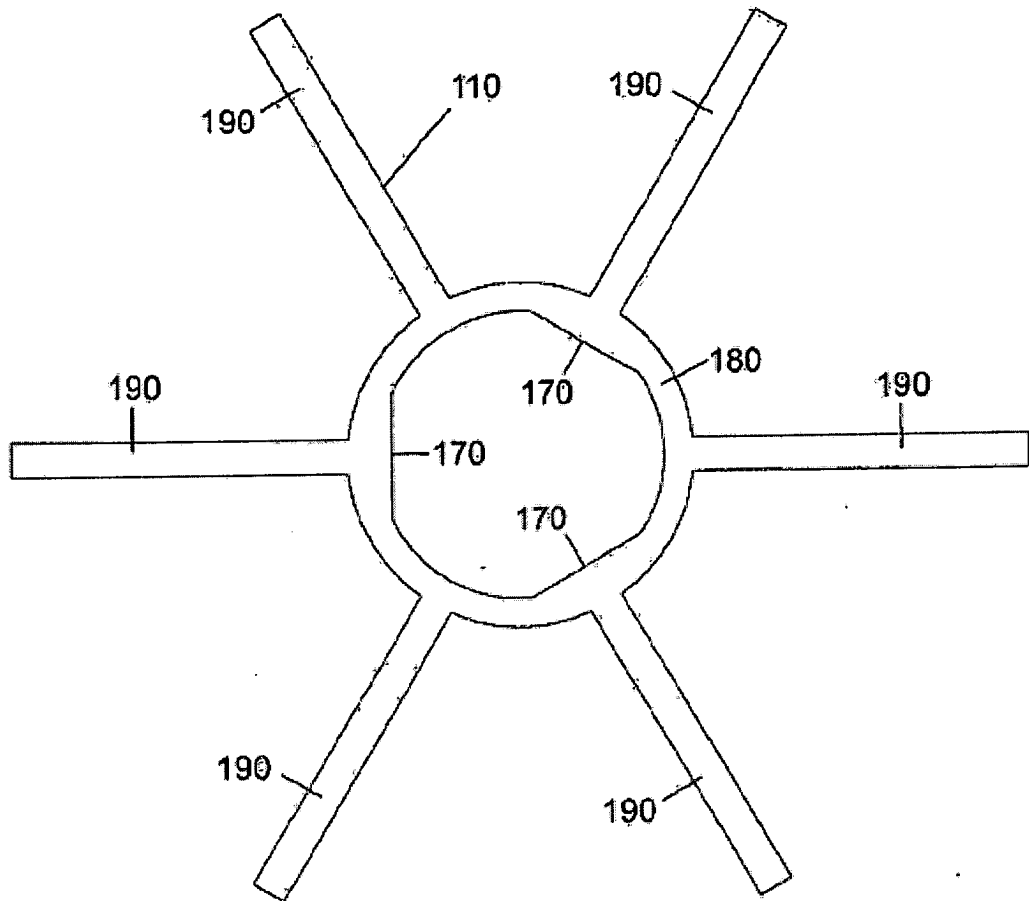


FIG. 2

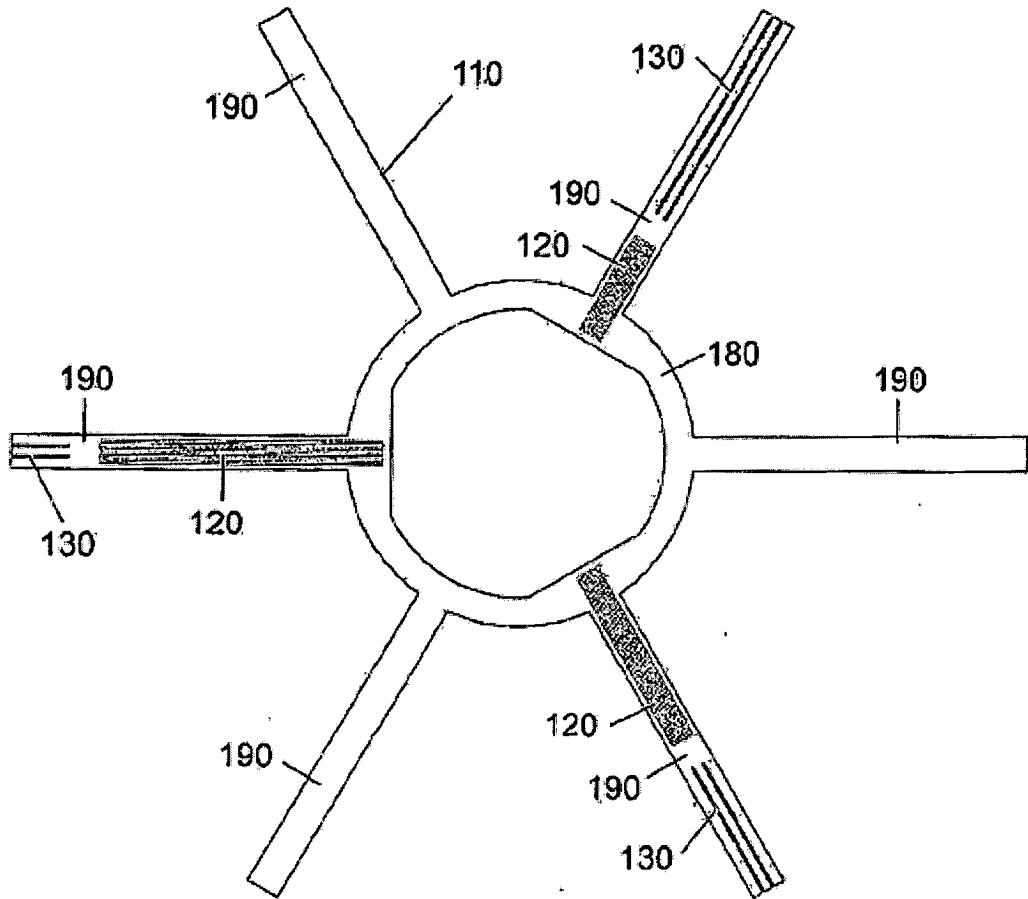


FIG. 3

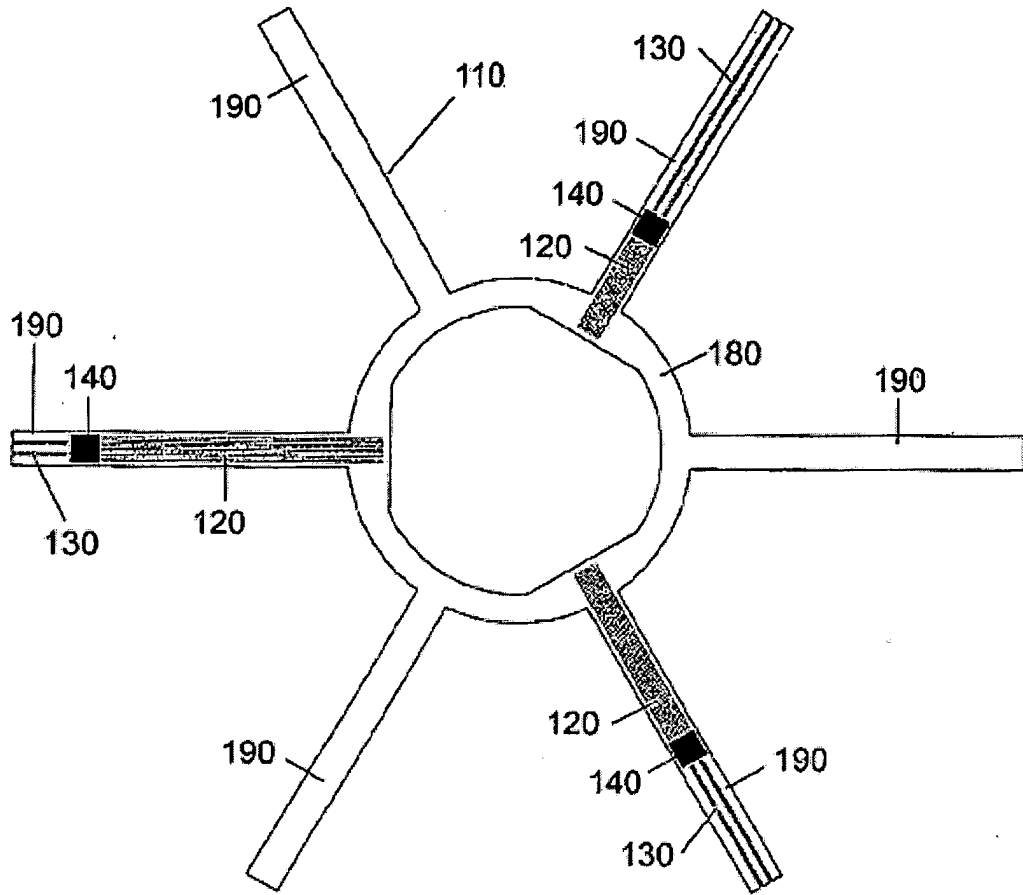


FIG. 4

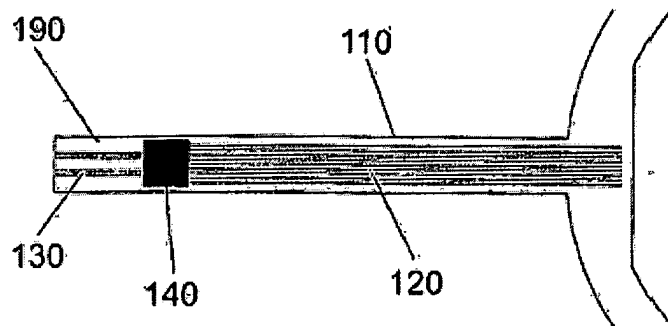


FIG. 5

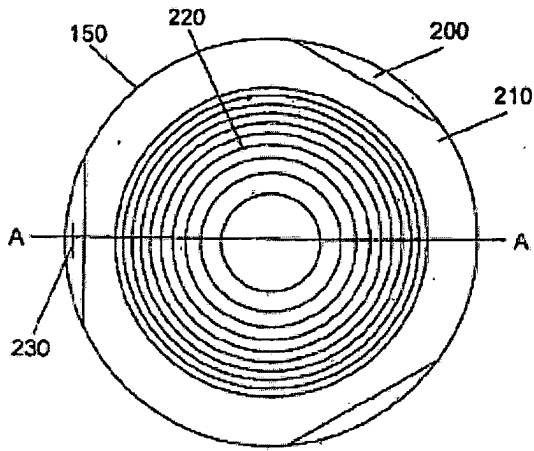


FIG. 6a

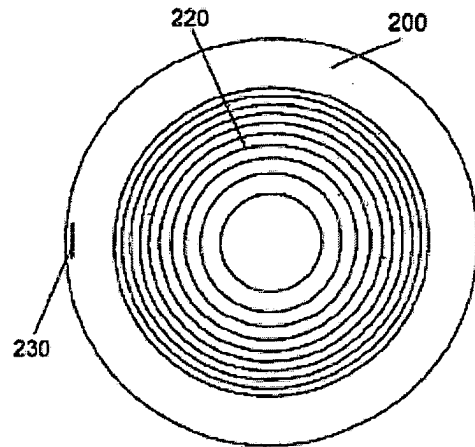


FIG. 6b

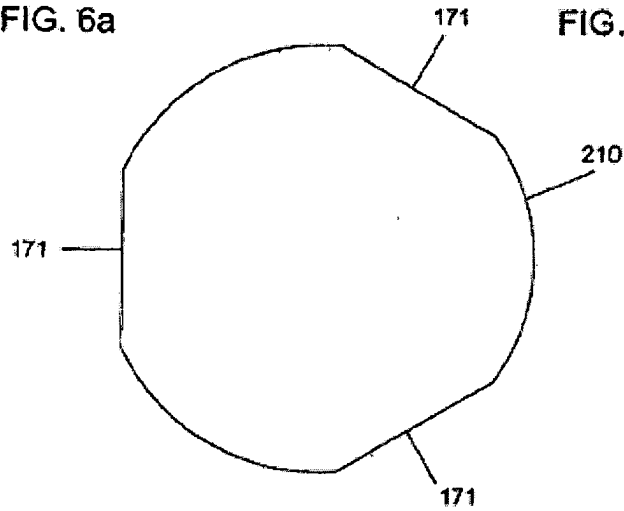


FIG. 6c

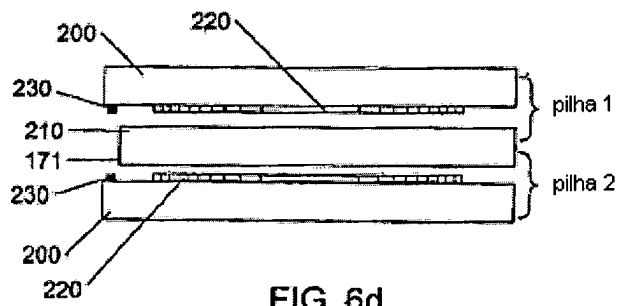


FIG. 6d

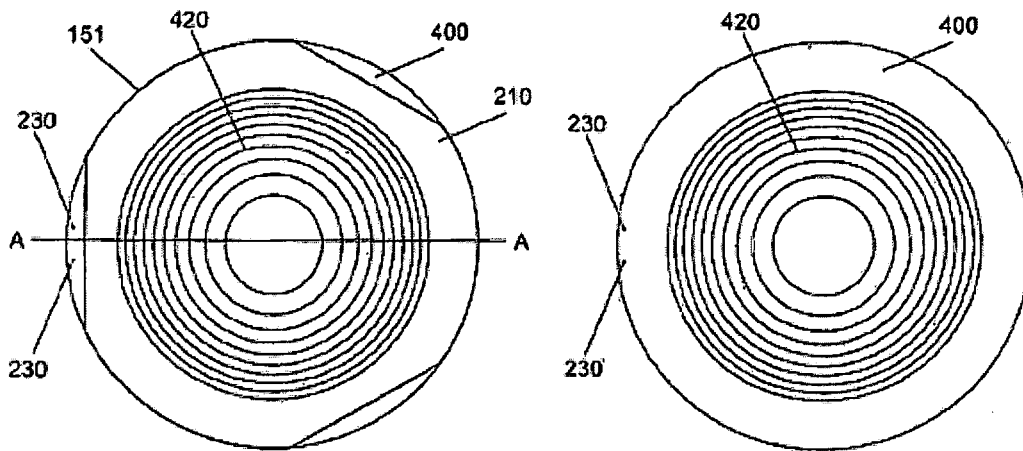


FIG. 6e

FIG. 6f

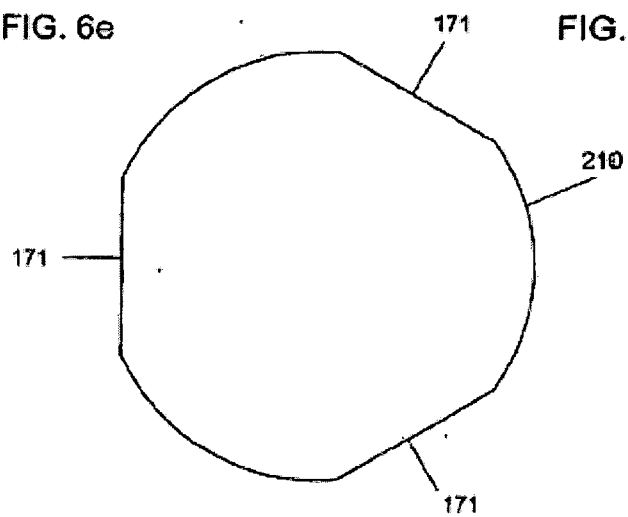


FIG. 6g

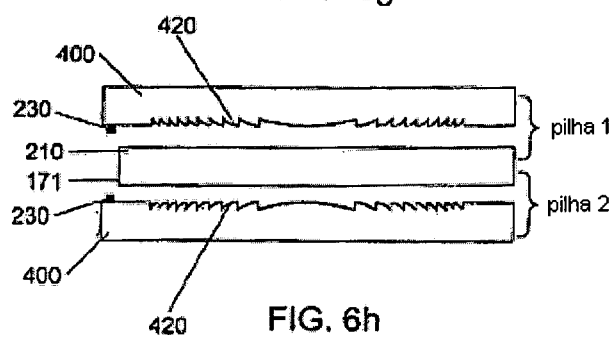


FIG. 6h

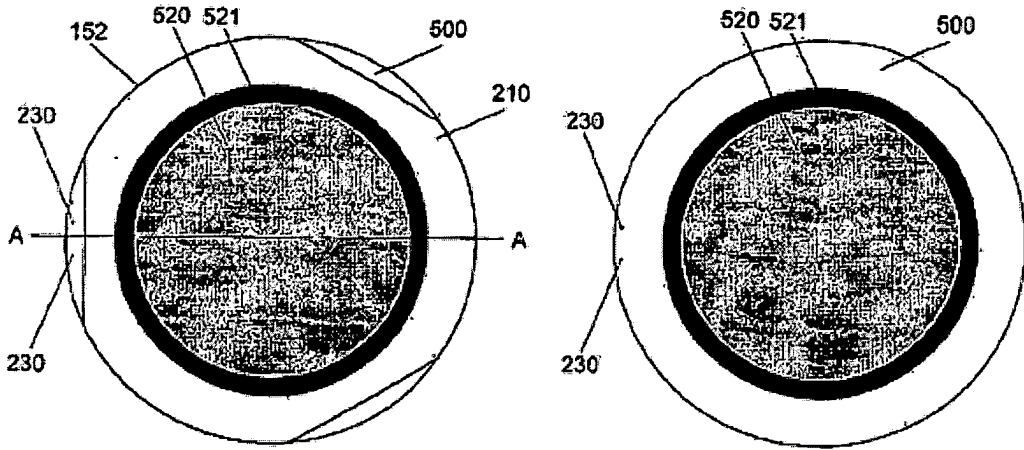


FIG. 6i

FIG. 6j

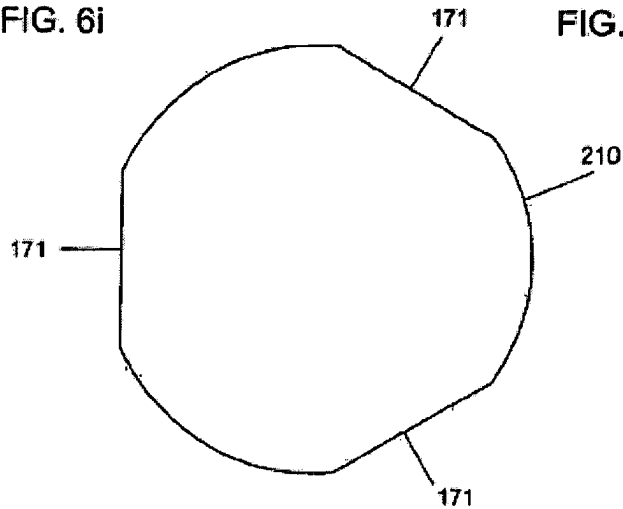


FIG. 6k

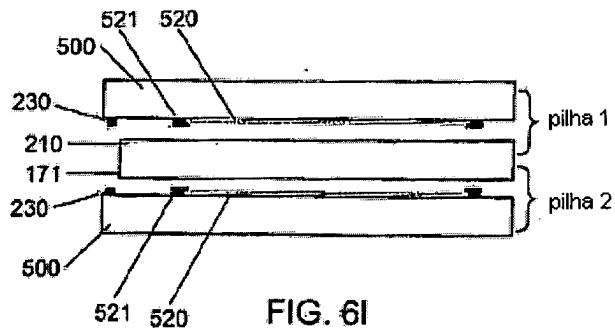


FIG. 6l

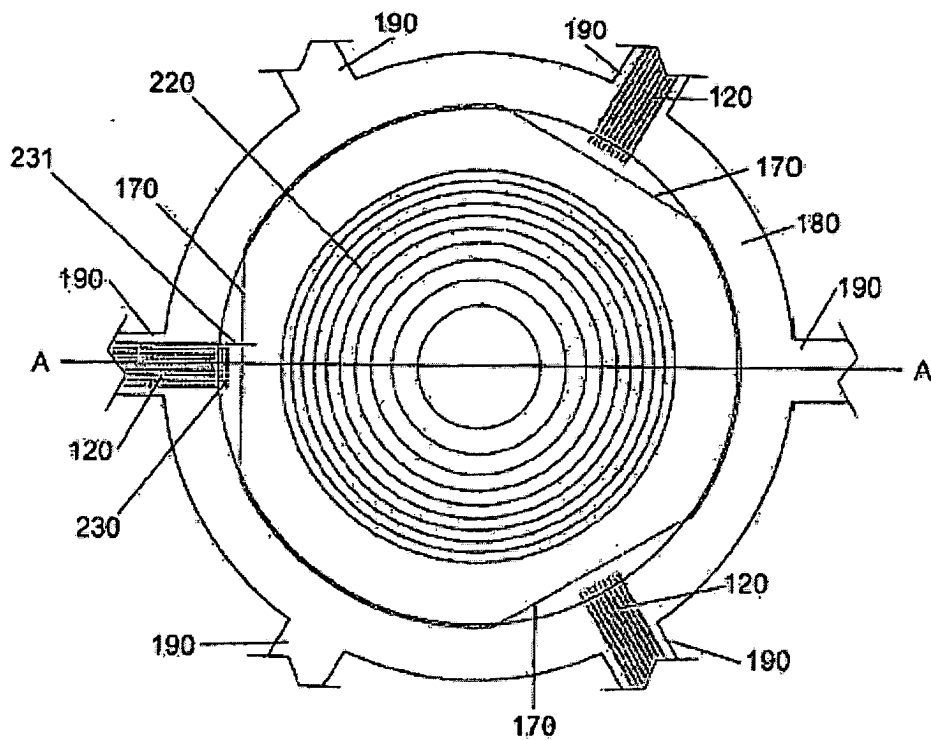


FIG. 7a

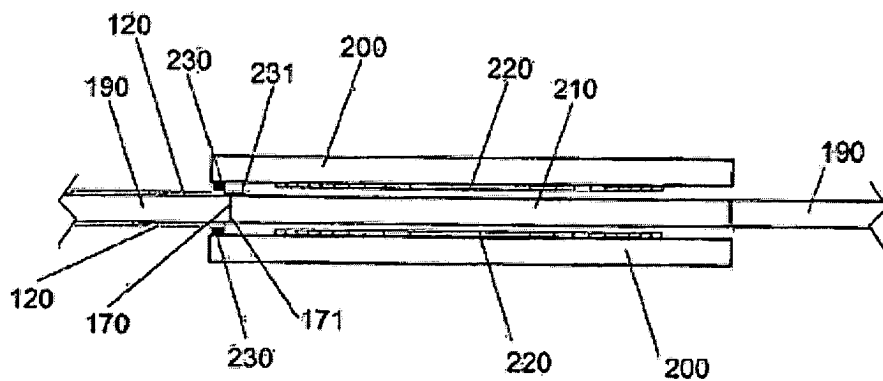


FIG. 7b

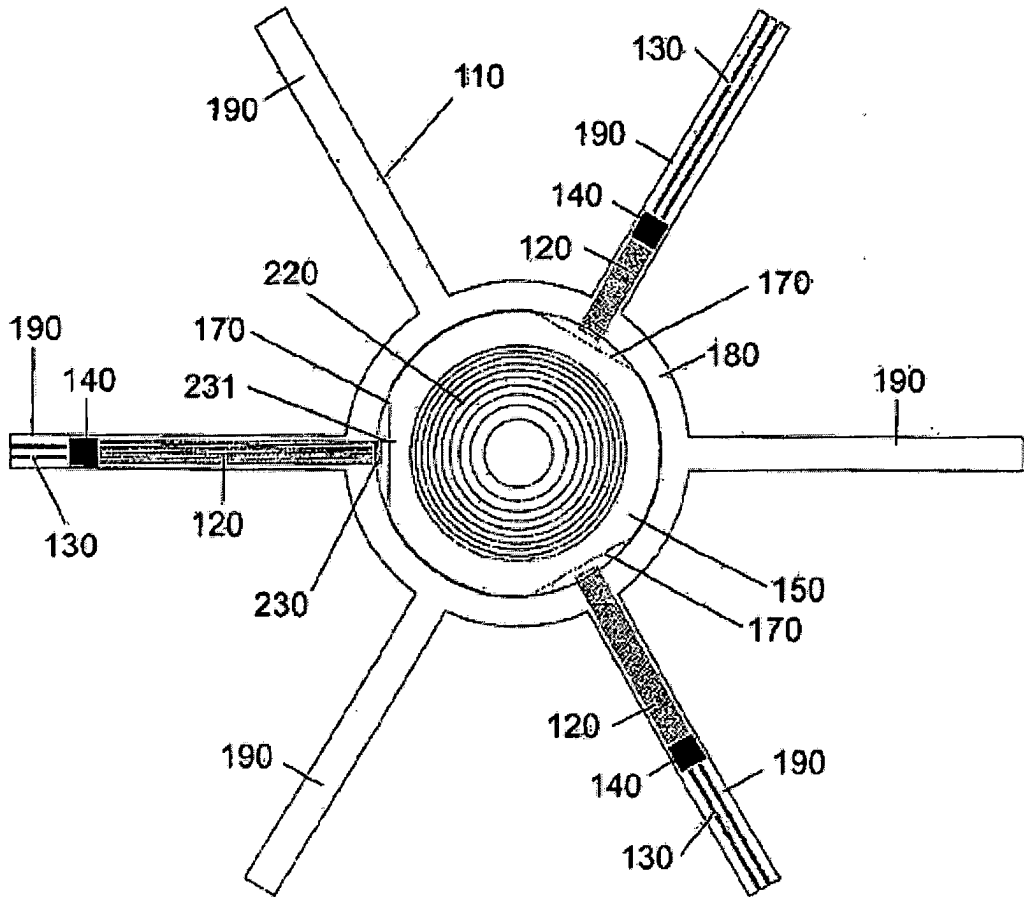


FIG. 8a

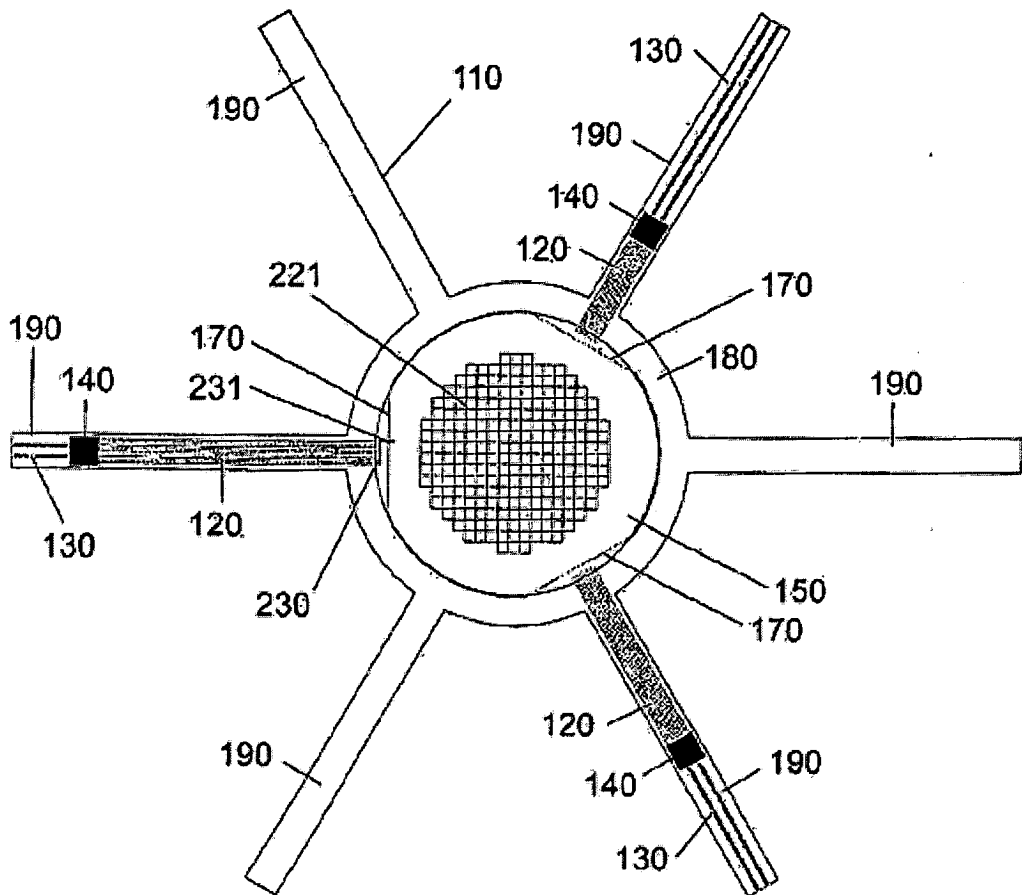


FIG. 8b

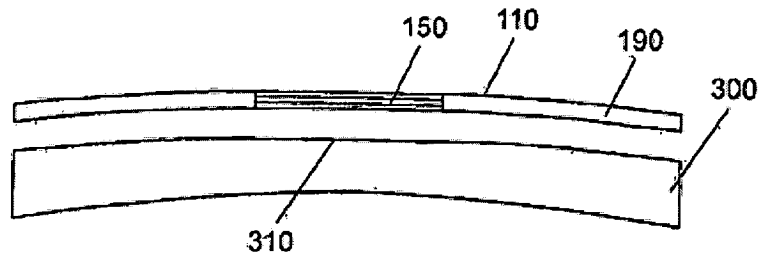


FIG. 9a

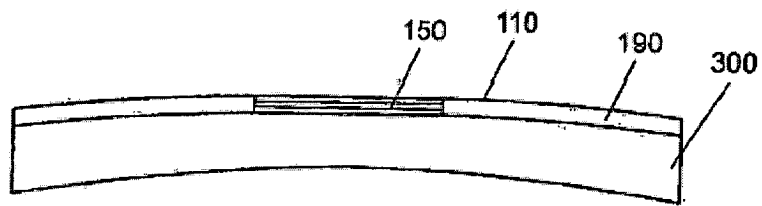


FIG. 9b

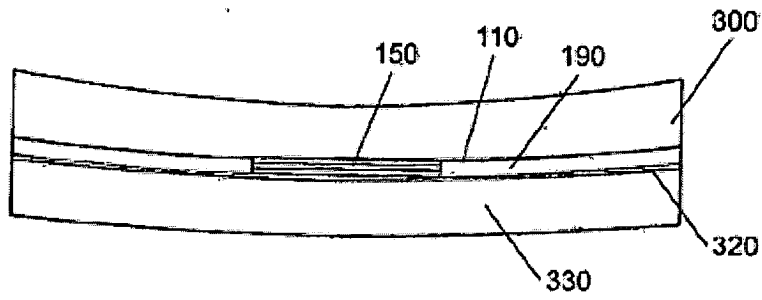


FIG. 9c

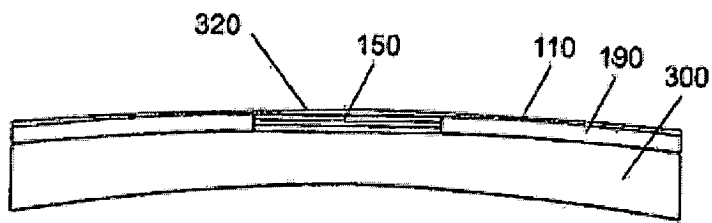


FIG. 9d

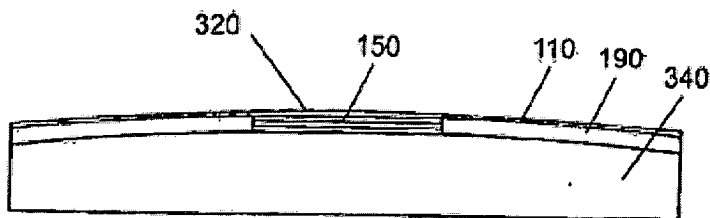


FIG. 9e

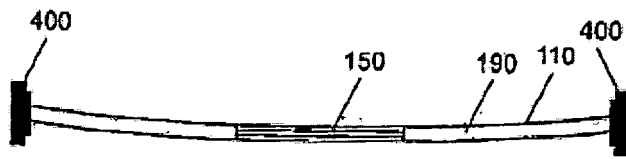


FIG. 10a

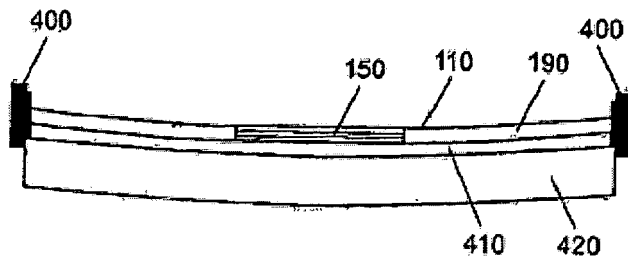


FIG. 10b

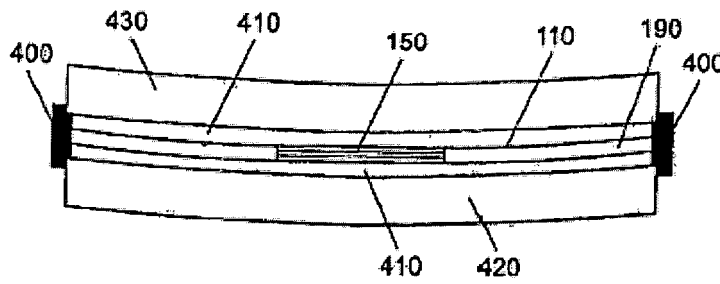


FIG. 10c

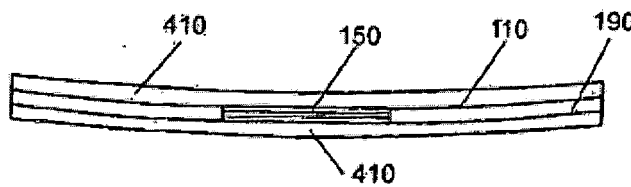


FIG. 10d

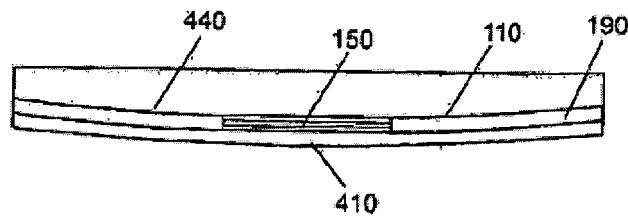


FIG. 10e

DISPOSITIVO E MÉTODO APERFEIÇADOS PARA FABRICAÇÃO DE UMA
LENTE OCULAR ELETROATIVA ENVOLVENDO UMA INSERÇÃO DE
INTEGRAÇÃO MECANICAMENTE FLEXÍVEL

Um dispositivo e método aperfeiçoados para fabricação
5 de lentes oculares eletroativas compreendendo elementos
eletrônicos, eletroativos visuais, e elementos óticos
refrativos integrados são apresentados. Neste método os
elementos eletrônicos e eletroativos óticos são instalados
junto a uma inserção de integração mecanicamente flexível e
10 visualmente transparente que apresenta-se separado de
quaisquer outros elementos óticos refrativos. Este método é
vantajoso para a fabricação de tais lentes oculares no
sentido que permite a produção em massa de muitos dos
elementos avulsos e viabiliza a integração da inserção com
15 os elementos óticos refrativos no todo via múltiplos
mecanismos. Um tipo de abordagem envolve a fixação da
inserção com um adesivo transparente ao substrato ótico
rígido e então encapsulando o mesmo por meio de uma
superfície de fundição. Alternativamente, a inserção pode
20 ser posicionada entre as superfícies de um molde preenchido
com uma resina ótica e encapsulada no interior do elemento
refrativo integrado conforme a resina vá sendo curada.