



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

(21) PI 0821202-3 A2



(22) Data do Depósito: 21/11/2008

(43) Data da Publicação Nacional: 04/08/2020

(54) **Título:** UNIDADE DE LASER PARA REALIZAR CIRURGIA A LASER OFTÁLMICA INTRAESTROMAL

(51) **Int. Cl.:** A61F 9/01.

(30) **Prioridade Unionista:** 17/04/2008 US 12/105195; 17/12/2007 US 11/958202.

(71) **Depositante(es):** TECHNOLAS PERFECT VISION GMBH.

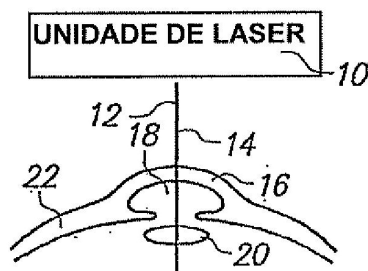
(72) **Inventor(es):** LUIS ANTONIO RUIZ; JOSEF F. BILLE.

(86) **Pedido PCT:** PCT IB2008003177 de 21/11/2008

(87) **Publicação PCT:** WO 2009/077826 de 25/06/2009

(85) **Data da Fase Nacional:** 17/06/2010

(57) **Resumo:** UNIDADE DE LASER PARA REALIZAR CIRURGIA A LASER OFTÁLMICA INTRAESTROMAL É descrito um método para realizar cirurgia a laser oftálmica intraestromal que exige Ruptura Ótica Induzida por Laser (LIOB) de tecido estromal sem comprometer a cápsula (membrana) de Bowman. Com detalhes, o método cria cortes no estroma ao longo de planos que irradiam do eixo visual do olho. Essencialmente, esses cortes são todos distanciados do eixo visual. A real localização e número de cortes na cirurgia dependerão do grau de aberração visual que está sendo corrigida. Adicionalmente, o método pode incluir a etapa adicional de criar cortes cilíndricos no estroma. Os cortes radiais e cortes cilíndricos podem ser intersectantes ou não intersectantes dependendo da aberração visual que está sendo tratada.



“UNIDADE DE LASER PARA REALIZAR CIRURGIA A LASER  
OFTÁLMICA INTRAESTROMAL”

Este pedido é uma continuação em parte do pedido número de  
série 11/958.202 depositado em 17 de dezembro de 2007, que está atualmente  
5 pendente. Os conteúdos do pedido número de série 11/958.202 estão aqui  
incorporados pela referência.

CAMPO DA INVENÇÃO

A presente invenção diz respeito no geral a métodos para  
realizar cirurgia a laser oftálmica intraestromal. Mais particularmente, a  
10 presente invenção diz respeito a cirurgia a laser em que tecido estromal é  
cortado em superfícies cilíndricas concêntricas, com as superfícies sendo  
orientadas paralelas e centralizadas com o eixo visual de um olho. A presente  
invenção é particularmente, mas não exclusivamente, útil como um método  
para realizar cirurgia a laser oftálmica intraestromal em que remodelamento  
15 da córnea é realizado induzindo-se uma redistribuição de forças biomecânicas  
na córnea.

FUNDAMENTOS DA INVENÇÃO

A córnea de um olho tem cinco (5) diferentes camadas  
identificáveis de tecido. Indo em uma direção posterior a partir da superfície  
20 anterior da córnea, essas camadas são: o epitélio; cápsula (membrana) de  
Bowman; o estroma; membrana de Descemet; e o endotélio. Detrás da córnea  
existe um espaço contendo humor aquoso denominado a câmara anterior.  
Essencialmente, pressão do humor aquoso na câmara anterior age na córnea  
com consequências biomecânicas. Especificamente, o humor aquoso na  
25 câmara anterior do olho exerce uma pressão intraocular contra a córnea. Isto  
cria tensões e deformações que colocam a córnea sob tensão.

Estruturalmente, a córnea do olho tem uma espessura (T), que  
se estende entre o epitélio e o endotélio. Tipicamente, "T" é de  
aproximadamente quinhentos microns ( $T = 500 \mu\text{m}$ ). De uma perspectiva

biomecânica, cápsula de Bowman e o estroma são as camadas mais importantes da córnea. Dentro da córnea, a cápsula de Bowman é uma camada relativamente fina (por exemplo, 20 a 30  $\mu\text{m}$ ) que fica localizada abaixo do epitélio, nos cem microns anteriores da córnea. O estroma então  
5 compreende praticamente todos os quatrocentos microns restantes na córnea. Adicionalmente, o tecido da cápsula de Bowman cria uma membrana elástica relativamente forte que efetivamente resiste a forças em tensão. Por outro lado, o estroma compreende tecido conectivo relativamente fraco.

Biomecanicamente, cápsula de Bowman e o estroma são  
10 ambos significativamente influenciados pela pressão intraocular que é exercida contra a córnea pelo humor aquoso na câmara anterior. Em particular, esta pressão é transferida da câmara anterior, e através do estroma, para a membrana de Bowman. É de conhecimento que a maneira na qual essas forças são transmitidas através do estroma afetará a forma da córnea.  
15 Assim, interrompendo-se as forças entre tecido interconectivo no estroma, a distribuição de força geral na córnea pode ser alterada. Consequentemente, esta distribuição de força alterada então agirá contra cápsula de Bowman. Em resposta, a forma da cápsula de Bowman é alterada e, por causa da elasticidade e resistência da cápsula de Bowman, esta alteração afetará  
20 diretamente a forma da córnea. Com isto em mente, e como pretendido pela presente invenção, cirurgia refrativa é realizada fazendo cortes em superfícies predeterminadas no estroma para induzir a uma redistribuição de forças biomecânicas que remodelará a córnea.

É bem sabido que os diferentes tecidos da córnea são  
25 suscetíveis a Ruptura Ótica Induzida por Laser (LIOB). Adicionalmente, é de conhecimento que diferentes tecidos responderão diferentemente a um feixe de laser, e que a orientação do tecido que está sendo submetido a LIOB pode também afetar como o tecido reage a LIOB. Com isto em mente, o estroma precisa ser especificamente considerado.

O estroma compreende essencialmente muitas lamelas que se estendem substancialmente paralelas à superfície anterior do olho. No estroma, as lamelas são ligadas entre si por um tecido tipo cola que é inerentemente mais fraco que as lamelas propriamente ditas.

5 Conseqüentemente, LIOB sobre camadas paralelas à lamelas pode ser realizada com menos energia (por exemplo, 0,8  $\mu\text{J}$ ) do que a energia necessária para os sobrecortes da LIOB que são orientados perpendiculares às lamelas (por exemplo, 1,2  $\mu\text{J}$ ). Entretanto, versados na técnica percebem que esses níveis de energia são apenas exemplares. Se ótica de focalização mais  
10 restrita puder ser usada, os níveis exigidos de energia serão devidamente menores. De qualquer maneira, dependendo do resultado desejado, pode ser desejável fazer somente cortes no estroma. Por outro lado, para alguns procedimentos, pode ser mais desejável fazer uma combinação de cortes e camadas.

15 Sob a luz do exposto, é um objetivo da presente invenção prover métodos para realizar cirurgia a laser oftálmica que resultem em remodelamento da córnea para obter correções refrativas para melhoria da visão de um paciente. Um outro objetivo da presente invenção é prover métodos para realizar cirurgia a laser oftálmica que exigem mínima LIOB de  
20 tecido estromal. Ainda um outro objetivo da presente invenção é prover métodos para realizar cirurgia a laser oftálmica que evitam comprometer a cápsula de Bowman e, em vez disso, mantêm-na intacta para uso na provisão de suporte estrutural para uma córnea remodelada. Também um outro objetivo da presente invenção é prover métodos para realizar cirurgia a laser  
25 oftálmica que são relativamente fáceis de implementar e de custo comparativamente baixo.

### SUMÁRIO DA INVENÇÃO

De acordo com a presente invenção, são providos métodos para realizar cirurgia a laser oftálmica intraestromal que fazem com que a

córnea seja remodelada pela influência de forças biomecânicas. Essencialmente, para esses métodos, é definido um volume de tecido para operação que fica localizado somente no estroma da córnea. Especificamente, este volume operacional estende-se posteriormente de ligeiramente abaixo da cápsula (membrana) de Bowman até uma profundidade substancial no estroma que é igual a aproximadamente nove décimos da espessura da córnea. Assim, com a córnea tendo uma espessura "T" (por exemplo, aproximadamente 500  $\mu\text{m}$ ), o volume operacional estende-se de baixo da cápsula de Bowman (por exemplo, 100  $\mu\text{m}$ ) até uma profundidade na córnea que é igual a aproximadamente 0,9 T (por exemplo, aproximadamente 450  $\mu\text{m}$ ). Adicionalmente, o volume operacional estende-se radialmente do eixo visual do olho por uma distância de cerca de 5,0 mm (isto é, o volume operacional tem um diâmetro de cerca de 10,0 mm).

Em geral, cada método da presente invenção exige o uso de uma unidade de laser que é capaz de gerar um assim denominado feixe de laser de fentossegundo. Posto de forma diferente, a duração de cada pulso no feixe será aproximadamente menor que um picossegundo. Quando gerado, este feixe é direcionado e focalizado para uma série de pontos focais no estroma. O resultado bem conhecido disto é uma Ruptura Ótica Induzida por Laser (LIOB) de tecido estromal em cada ponto focal. Em particular, e como pretendido pela presente invenção, movimento do ponto focal no estroma cria uma pluralidade de cortes. Tais cortes podem incluir um padrão de cortes radiais, ou um padrão de cortes radiais e cortes cilíndricos. Especificamente, os cortes radiais ficarão localizados em um ângulo azimutal predeterminado  $\theta$  e serão substancialmente coplanares com o eixo visual do olho. Cada corte radial será no volume operacional supradescrito e estenderá para fora do eixo visual de um raio interno " $r_i$ " até um raio externo " $r_o$ ". Adicionalmente, pode haver tantos "cortes radiais" quanto desejado, com cada "corte radial" tendo seu próprio ângulo azimutal específico  $\theta$ .

Geometricamente, os cortes cilíndricos são feitos em porções de uma respectiva superfície cilíndrica. Essas respectivas superfícies cilíndricas nas quais cortes cilíndricos são feitos são concêntricas, e elas são centralizadas no eixo visual do olho. E elas podem ser cilindros circulares ou cilindros ovais (elípticos). Adicionalmente cada superfície cilíndrica tem uma extremidade anterior e uma extremidade posterior. Para manter a localização da superfície cilíndrica dentro do volume operacional, a extremidade posterior do corte cilíndrico fica localizada não mais profunda no estroma do que aproximadamente  $0,9 T$  da superfície anterior do olho. Por outro lado, a extremidade anterior do corte cilíndrico fica localizada no estroma mais que pelo menos oito microns em uma direção posterior da cápsula de Bowman. Esses cortes terão cada qual uma espessura de cerca de dois microns.

Em um procedimento preferido, cada corte cilíndrico fica a aproximadamente duzentos microns de um corte adjacente, e o corte mais interno cilíndrico (isto é, corte central cilíndrico) pode ficar localizado cerca de 1,0 milímetro do eixo visual. Certamente pode haver muitos tais cortes cilíndricos (preferivelmente cinco), e eles podem definir cada qual uma parede de forma cilíndrica substancialmente completa. Um arranjo como este pode ser particularmente bem adequado para o tratamento de presbiopia. Em uma variante deste procedimento que seria mais apropriada para o tratamento de astigmatismo, porções das superfícies cilíndricas submetidas a LIOB podem definir segmentos de arco diametralmente opostos. Neste caso, cada segmento de arco preferivelmente estende-se através de um arco que fica em uma faixa entre cinco graus e cento e sessenta graus. No que diz respeito aos cortes, cada pulso do feixe de laser que é usado para fazer o corte tem uma energia de aproximadamente 1,2 microJoule ou talvez menos (por exemplo, 1,0 microJoule).

Para variações adicionais nos métodos da presente invenção, em adição ou em substituição aos cortes supramencionados, camadas

configuradas diferentemente de LIOB podem ser criadas no tecido estromal do volume operacional. Para criar essas camadas, LIOB é realizada em toda a área formada anular, ou em porções desta. Adicionalmente, cada camada ficará disposta em um plano que é substancialmente perpendicular ao eixo visual do olho. Com propósitos da presente invenção, as camadas são 5 distanciadas aproximadamente dez microns de cada camada adjacente, e cada camada terá um diâmetro interno "di", e um diâmetro externo "do". Essas "camadas" terão uma espessura de cerca de um micron. Como anteriormente indicado, a presente invenção prevê a criação de uma pluralidade de tais 10 camadas adjacentes umas às outras, dentro do volume operacional.

Como pretendido pela presente invenção, todos "cortes" e "camadas" (isto é, os cortes radiais, cortes cilíndricos, e as camadas anulares) enfraquecerão o tecido estromal, e assim causarão uma redistribuição de forças biomecânicas no estroma. Especificamente, fraquezas no estroma que 15 resultam da LIOB de "cortes" e "camadas" farão respectivamente com que o estroma "inche" ou "esvazie" em resposta à pressão intraocular da câmara anterior. Como anteriormente notado, entretanto, essas alterações serão um pouco limitadas pela cápsula de Bowman.

O benefício desta limitação é que a integridade da córnea é 20 mantida. Note: em áreas onde são criadas camadas, pode haver um rechaço da córnea que eventualmente faz com que um ligeiro inchaço seja formado. Independente disto, com a planificação anterior adequada, toda a córnea pode ser biomecanicamente remodelada, quanto desejado.

Com o exposto em mente, fica claro que as consequências 25 físicas de fazer "cortes" ou "camadas" no estroma são um pouco diferentes. Embora ambos enfraqueçam o estroma, para permitir assim que a pressão intraocular de humor aquoso na câmara anterior reforme a córnea, "cortes" (isto é, LIOB paralela e radial ao eixo visual) farão com que a córnea inche. Por outro lado, "camadas" (isto é, LIOB perpendicular ao eixo visual)

tenderão esvaziar a córnea. De qualquer maneira, "cortes," sozinhos, ou uma combinação de "cortes" com "camadas", podem ser usados para remodelar a córnea com apenas uma quantidade insignificante de remoção de tecido.

De acordo com a presente invenção, vários procedimentos  
 5 podem ser customizados para tratar imperfeições refrativas identificáveis. Especificamente, além dos cortes sozinhos, a presente invenção contempla o uso de várias combinações de cortes e camadas. De qualquer maneira, a seleção de cortes, ou cortes e camadas, dependerá de como a córnea precisa ser remodelada. Também, em cada caso, é de suma importância que os cortes  
 10 e camadas sejam centralizados no eixo visual (isto é, tem que haver centralização). Alguns exemplos são:

Presbiopia: Precisam ser usados apenas cortes cilíndricos para este procedimento.

Miopia: Um padrão de cortes radiais com qualquer corte  
 15 cilíndrico pode ser usado. Se usados, cada um dos cortes radiais é feito com seus respectivos ângulo azimutal  $\theta$ , raio interno " $r_i$ " e raio externo " $r_o$ ", todos predeterminados. Adicionalmente, pode-se usar uma combinação de cortes cilíndricos (circular ou oval) e camadas anulares sem cortes radiais. Neste caso, uma pluralidade de cortes é distanciada do eixo visual começando a uma  
 20 distância radial " $r_c$ ", e uma pluralidade de camadas fica localizada dentro dos cortes. Especificamente, " $d_i$ " da pluralidade de camadas pode ser zero (ou demasiadamente pequena), e " $d_o$ " da pluralidade de camadas pode ser menor que  $2r_c$  ( $d_o < 2r_c$ ). Em um procedimento alternativo, cortes radiais podem ser empregados sozinhos, ou em combinação com cortes cilíndricos e camadas  
 25 anulares.

Hiperopia: Pode-se usar uma combinação de cortes cilíndricos e camadas anulares. Neste caso, a pluralidade de cortes é distanciada do eixo visual em uma faixa entre o raio interno " $r_{c-}$ ," e um raio externo " $r_{co}$ ", em que  $r_{co} > r_{c-}$ , e adicionalmente em que " $d$ " da pluralidade de camadas é maior que

$2r_{co} (d_o > d_i, > 2r_{co})$ .

Astigmatismo: Cortes cilíndricos podem ser usados sozinhos, ou em combinação com camadas anulares. Especificamente, segmentos de arcos de cortes cilíndricos são orientados em uma linha predeterminada que é perpendicular ao eixo visual. Camadas podem então ser criadas entre os segmentos de arco.

Astigmatismo miópico: Cortes cilíndricos formados ao longo de um segmento de arco podem ser usados com um padrão de cortes radiais. Dependendo da correção exigida, os cortes radiais e cilíndricos podem ser intersectantes ou não intersectantes.

Sempre que for necessária uma combinação de cortes e camadas, a energia para cada pulso que é usado para criar os cortes cilíndricos será aproximadamente 1,2 microJoule. Por outro lado, como anteriormente notado, a energia para cada pulso usada para criar uma camada anular será aproximadamente 0,8 microJoule.

### DESCRIÇÃO RESUMIDA DOS DESENHOS

Os recursos inéditos desta invenção, bem como a invenção em si, tanto no que diz respeito à sua estrutura quanto sua operação, serão mais bem entendidos a partir dos desenhos anexos, considerados em conjunto com a descrição anexa, em que caracteres de referência similares referem-se a partes similares, e em que:

A figura 1 é uma vista seccional transversal da córnea de um olho mostrado em relacionamento com uma unidade de laser representada esquematicamente;

A figura 2 é uma vista seccional transversal da córnea mostrando um volume operacional definido de acordo com a presente invenção;

A figura 3 é uma vista em perspectiva de uma pluralidade de superfícies cilíndricas onde cortes laser podem ser feitos por LIOB;

A figura 4 é uma vista seccional transversal de cortes na pluralidade de superfícies cilíndricas, vistas ao longo da linha 4-4 na figura 3, com os cortes mostrados para um tratamento típico de presbiopia;

5 A figura 5A é uma vista seccional transversal da pluralidade de superfícies cilíndricas vistas ao longo da linha 5-5 na figura 3 quando cortes completos foram feitos nas superfícies cilíndricas;

10 A figura 5B é uma vista seccional transversal da pluralidade de superfícies cilíndricas vistas ao longo da linha 5-5 na figura 3 quando cortes parciais foram feitos ao longo de segmentos de arco nas superfícies cilíndricas para o tratamento de astigmatismo;

A figura 5C é uma vista seccional transversal de uma modalidade alternativa para cortes feitos similares aos mostrados na figura 5B e com o mesmo propósito;

15 A figura 6 é uma vista seccional transversal de uma córnea mostrando a consequência biomecânica de fazer cortes na córnea de acordo com a presente invenção;

A figura 7 é uma vista em perspectiva de uma pluralidade de camadas produzida por LIOB de acordo com a presente invenção;

20 A figura 8 é uma vista seccional transversal das camadas vistas ao longo da linha 8-8 na figura 7;

A figura 9A é uma vista seccional transversal de uma combinação de cortes e camadas vista em um plano contendo o eixo visual do olho, com a combinação arranjada para um tratamento de hiperopia;

25 A figura 9B é uma vista seccional transversal de uma combinação de cortes e camadas vista em um plano contendo o eixo visual do olho, com a combinação arranjada para um tratamento de miopia; A figura 9C é uma vista seccional transversal de uma combinação de cortes e camadas vista em um plano contendo o eixo visual do olho, com a combinação arranjada para um tratamento de astigmatismo;

A figura 9D é uma vista plana de topo de cortes radiais que são coplanares com o eixo visual; A figura 10 é uma vista em perspectiva de uma pluralidade de cortes cilíndricos e um padrão de cortes radiais feitos por LIOB;

5 A figura 11 A é uma vista seccional transversal da pluralidade de cortes cilíndricos e padrão de cortes radiais vistas ao longo da linha 11-11 na figura 10;

A figura 11 B é uma vista seccional transversal de uma pluralidade de cortes cilíndricos e padrão de cortes radiais para uma modalidade alternativa da presente invenção;

10 A figura 11C é uma vista seccional transversal de um padrão de cortes radiais para uma outra modalidade alternativa da presente invenção;

A figura 11D é uma vista seccional transversal de um padrão de cortes radiais para uma outra modalidade alternativa da presente invenção; e

15 A figura 11E é uma vista seccional transversal de um padrão de cortes radiais para uma outra modalidade alternativa da presente invenção.

### DESCRIÇÃO DAS MODALIDADES PREFERIDAS

Referindo-se inicialmente à figura 1, percebe-se que a presente invenção inclui uma unidade de laser 10 para gerar um feixe de laser 12. Mais especificamente, o feixe de laser 12 é preferivelmente um feixe de laser  
20 pulsado, e a unidade de laser 10 gera pulsos para o feixe 12 que têm uma duração menor que um picossegundo (isto é, eles são pulsos de fentossegundo). Na figura 1, o feixe de laser 12 está mostrado sendo direcionado ao longo do eixo visual 14 e para a córnea 16 do olho. Também mostrada na figura 1 está a câmara anterior 18 do olho que fica localizada  
25 imediatamente posterior à córnea 16. Existe também uma lente 20 que fica localizada posterior tanto à câmara anterior 18 quanto ao esclera 22.

Na figura 2, cinco (5) diferentes tecidos anatómicos da córnea 16 estão mostrados. O primeiro destes, o epitélio 24, define a superfície anterior da córnea 16. Detrás do epitélio 24, e ordenados em uma direção

posterior ao longo do eixo visual 14, estão a cápsula (membrana) de Bowman 26, o estroma 28, membrana de Descemet 30 e o endotélio 32. Destes tecidos, a cápsula de Bowman 26 e o estroma 28 são os mais importantes para a presente invenção. Especificamente, cápsula de Bowman 26 é importante em  
5 virtude de ela ser muito elástica e ter limite de resistência superior. Portanto, ela contribui significativamente para manter a integridade geral da córnea 16.

Para os métodos da presente invenção, a cápsula de Bowman 26 não deve ser comprometida (isto é, enfraquecida). Por outro lado, o estroma 28 é intencionalmente enfraquecido. Neste caso, o estroma 28 é  
10 importante em virtude de ele transferir pressão intraocular do humor aquoso na câmara anterior 18 para a membrana de Bowman 26. Qualquer enfraquecimento seletivo do estroma 28, portanto, alterará a distribuição de força no estroma 28. Assim, como previsto pela presente invenção, LIOB no estroma 28 pode ser efetivamente usada para alterar a distribuição de força  
15 que é transferida através do estroma 28, com um consequente remodelamento da córnea 16. A cápsula de Bowman 26 então proverá estrutura para manter uma córnea remodelada 16 que efetivamente corrigirá imperfeições refrativas.

Referindo-se agora à figura 2, deve-se perceber que um aspecto importante da presente invenção é um volume operacional 34 que é  
20 definido no estroma 28. Embora o volume operacional 34 esteja mostrado em seção transversal na figura 2, este volume operacional 34 é realmente tridimensional, e estende-se de uma superfície anterior 36 que fica localizada a uma distância 38 abaixo da cápsula de Bowman 26, até uma superfície posterior 40 que fica localizada a uma profundidade  $0,9 T$  na córnea 16. Tanto  
25 a superfície anterior 36 quanto a superfície posterior 40 essencialmente conformam-se à curvatura do estroma 28. Adicionalmente, o volume operacional 34 estende-se entre as superfícies 36 e 40 através de uma distância radial 42. Para uma localização mais exata da superfície anterior 36 do volume operacional, a distância 38 será maior que cerca de oito microns.

Assim, o volume operacional 34 estenderá de uma profundidade de cerca de cem microns na córnea 16 (isto é, uma distância 38 abaixo da cápsula de Bowman 26) até uma profundidade de cerca de quatrocentos e cinquenta microns (isto é, 0,9 T). Adicionalmente, a distância radial 42 será  
5 aproximadamente 5,0 milímetros.

A figura 3 ilustra uma pluralidade de cortes 44 prevista para a presente invenção. Como mostrado, os cortes 44a, 44b e 44c são apenas exemplares, já que pode haver uma quantidade maior ou menor de cortes 44, dependendo das necessidades do procedimento particular. Com isto em  
10 mente, e com propósitos desta revelação, a pluralidade algumas vezes será referida coletivamente como cortes 44.

Como mostrado na figura 3, os cortes 44 são feitos nas respectivas superfícies cilíndricas. Embora os cortes 44 estejam mostrados como superfícies cilíndricas circulares, essas superfícies podem ser ovais.  
15 Quando os cortes 44 são feitos no estroma 28, é estritamente essencial que eles fiquem confinados no volume operacional 34. Com isto em mente, prevê-se que cortes 44 serão feitos por um processo laser usando a unidade de laser 10, e que este processo resultará em Ruptura Ótica Induzida por Laser (LIOB). Adicionalmente, é importante que essas superfícies cilíndricas sejam  
20 concêntricas, e que elas sejam centralizadas em um eixo (por exemplo, o eixo visual 14). Adicionalmente, cada corte 44 tem uma extremidade anterior 46 e uma extremidade posterior 48. Como será mais bem percebido pela referência cruzada à figura 3 com a figura 4, os cortes 44 (isto é, as superfícies cilíndricas circular ou oval) têm um espaçamento 50 entre cortes adjacentes  
25 44. Preferivelmente, este espaçamento 50 é igual a aproximadamente duzentos microns. A figura 4 também mostra que as extremidades anteriores 46 dos respectivos cortes individuais 44 podem ser deslocadas axialmente uma da outra por uma distância 52. Tipicamente, esta distância 52 será cerca de dez microns. Adicionalmente, o corte mais interno 44 (por exemplo, corte

44a mostrado na figura 4) estará a uma distância radial " $r_c$ " que estará cerca de 1 milímetro do eixo visual 14. De uma outra perspectiva, A figura 5A mostra os cortes 44 centralizados no eixo visual 14 para formar uma pluralidade de anéis. Nesta outra perspectiva, os cortes 44 estabelecem coletivamente um raio interno " $r_{ci}$ " e um raio externo " $r_{co}$ ". Preferivelmente, cada corte 44 terá uma espessura de cerca de dois microns, e a energia necessária para fazer o corte 44 será aproximadamente 1,2 microJoule.

Como uma alternativa para os cortes 44 anteriormente revelados, a figura 3 indica que podem ser usados somente segmentos de arco 54, se desejado. Especificamente, em todos aspectos essenciais, os segmentos de arco 54 são idênticos aos cortes 44. A exceção, entretanto, é que eles são confinados em arcos diametralmente opostos identificados nas figuras 3 e 5B pelo ângulo " $\alpha$ ". Mais especificamente, o resultado são dois conjuntos de segmentos de arco diametralmente opostos 54. Preferivelmente, " $\alpha$ " fica em uma faixa entre cinco graus e cento e sessenta graus. Uma modalidade alternativa para os segmentos de arco 54 são os segmentos de arco 54' mostrados na figura 5C. Percebe-se que os segmentos de arco 54' como os segmentos de arco 54 estão em conjuntos diametralmente opostos. Os segmentos de arco 54', entretanto, são centralizados nos respectivos eixos (não mostrados) que são paralelos entre si, e equidistantes do eixo visual 14.

A figura 6 provê uma visão geral da reação biomecânica da córnea 16 quando cortes 44 foram feitos no volume operacional 34 do estroma 28. Como declarado anteriormente, os cortes 44 são destinados a enfraquecer o estroma 28. Conseqüentemente, uma vez que os cortes 44 tenham sido feitos, a pressão intraocular (representada pela seta 56) causa uma mudança na distribuição de força no estroma 28. Isto causa inchaços 58a e 58b que resultam em uma mudança na forma da córnea original 16 para uma nova configuração para córnea 16', representada pelas linhas tracejadas. Como pretendido pela presente invenção, isto resulta em correções refrativas

para a córnea 16 que melhoram a visão.

Além dos cortes 44 supradiscutidos, a presente invenção também considera a criação de uma pluralidade de camadas 60 que, em conjunto com os cortes 44, proverá correções de visão adequadas. Mais especificamente, no que diz respeito às camadas 60, A figura 7 mostra que elas são criadas em superfícies modeladas anulares substancialmente planas que coletivamente têm um mesmo diâmetro interno " $d_i$ " e um mesmo diâmetro externo " $d_o$ ". Entretanto, percebe-se que variações das configurações mostradas na figura 7 são possíveis. Por exemplo, o diâmetro interno " $d_i$ " pode ser zero. Nesse caso, as camadas são em forma de disco. Por outro lado, o diâmetro externo " $d_o$ " pode ser de até 8,0 milímetros. Adicionalmente, o diâmetro externo " $d_o$ " pode variar da camada 60a, para a camada 60b, para a camada 60c, etc.

De uma perspectiva diferente, A figura 8 mostra que as camadas 60 podem ser empilhadas com uma distância de separação 62 entre camadas adjacentes 60 igual a cerca de dez microns. Como os cortes 44 anteriormente revelados, cada camada 60 é de aproximadamente um micron de espessura. Como anteriormente mencionado, a energia para LIOB das camadas 60 tipicamente será menor que a energia laser necessária para criar os cortes 44. No caso das camadas 60, a energia laser para LIOB dos cortes 44 será aproximadamente 0,8 microJoule.

Com propósitos da presente invenção, várias combinações de cortes 44 e camadas 60, ou cortes 44 somente, são previstas. Especificamente, exemplos podem ser dados para o uso de cortes 44 e camadas 60 para tratar situações específicas tais como presbiopia, miopia, hiperopia e astigmatismo. Com detalhes, para presbiopia, precisa ser usada somente uma pluralidade de cortes 44 para este procedimento. Preferivelmente, os cortes 44 são no geral arranjados como mostrado nas figuras 4 e 5A. Adicionalmente, para presbiopia, é típico ter cinco cortes individuais 44 que se estendem de um raio interno de cerca de 1 mm até um raio externo de cerca de 1,8 mm, com um

200 microns de separação entre cortes adjacentes 44. Quando hiperopia/presbiopia precisam ser corrigidas juntas, os cortes 44 então preferivelmente estenderão ainda mais até um raio externo de cerca de 2,3 mm. Para hiperopia, uma combinação de cortes cilíndricos 44 e camadas anulares 60 pode ser usada como mostrado na figura 9A. Neste caso, a pluralidade de cortes 44 é distanciada do eixo visual 14 em uma faixa entre o raio interno " $r_{ci}$ " (por exemplo,  $r_{ci} = 1$  mm) e um raio externo " $r_{co}$ " (por exemplo,  $r_{co} = 3$  mm), em que  $r_{co} > r_{ci}$ , e adicionalmente em que " $d$ " da pluralidade de camadas 60 é maior que  $2r_{co}$  ( $d_o > d_i > 2r_{co}$ ). Para miopia, uma combinação de cortes cilíndricos 44 e camadas anulares 60 pode ser usada como mostrado no geral na figura 9B. Neste caso, uma pluralidade de cortes 44 é distanciada do eixo visual 14 começando a uma distância radial " $r_c$ ", e uma pluralidade de camadas 60, com diâmetro externo decrescente " $d_o$ " em uma direção posterior, fica localizada dentro dos cortes 44. Mais especificamente, para este caso, " $d_i$ " da pluralidade de camadas 60 pode ser zero (ou demasiadamente pequena), e " $d_o$ " de cada camada 60 na pluralidade de camadas 60 pode ser menor que  $2r_c$  ( $d_o < 2r_c$ ). E finalmente, para astigmatismo, as porções de cortes cilíndricos 44 que formam segmentos de arco 54 podem ser usadas sozinhas (ver as figuras 5B e 5C), ou em combinação com camadas anulares 60 (ver figura 9C). Especificamente, segmentos de arcos 54 de cortes cilíndricos 44 são orientados em uma linha predeterminada 64 que é perpendicular ao eixo visual 14. Camadas 60 podem então ser criadas entre os segmentos de arco 54, se desejado (ver figura 9C).

Em uma variação das metodologias supranotadas, a presente invenção também considera a criação de cortes radiais 66. Os cortes radiais 66a e 66b mostrados na figura 9D são apenas exemplares, e são aqui algumas vezes referidos individualmente ou coletivamente como corte(s) radial(s) 66. Essencialmente, os cortes radiais 66 são coplanares com o eixo visual 14, e eles são sempre localizados no volume operacional 34.

Como mostrado na figura 9D, cada corte radial 66 é efetivamente definido pelos parâmetros seguintes: uma distância mais profunda no estroma 28,  $Z_{\text{distal}}$ ), uma distância abaixo da cápsula de Bowman 26,  $Z_{\text{proximal}}$ ), um raio interno, " $r_i$ ", um raio externo " $r_o$ ", e um ângulo azimutal " $\theta$ " que é medido de uma linha de base 68. Ajustando-se valores para esses parâmetros, cada corte radial 66 pode ser precisamente definido. Por exemplo, como mostrado na figura 9D, o corte radial 66a é estabelecido pelo ângulo azimutal  $\theta_1$ , ao passo que o corte radial 66b tem um ângulo azimutal  $\theta_2$ . Ambos os cortes radiais 66a e 66b têm o mesmo raio interno " $r$ " e o mesmo raio externo " $r_o$ ". O  $Z_{\text{(distal)}}$  e  $Z_{\text{(proximal)}}$  serão estabelecidos para os cortes radiais 66a e 66b de uma maneira similar à supradescrita para os cortes cilíndricos 44.

Referindo-se agora à figura 10, é ilustrada uma pluralidade de cortes 70 para uma modalidade alternativa da presente invenção. Especificamente, a pluralidade de cortes 70 mostrada visa corrigir um astigmatismo miópico. Como mostrado, a pluralidade de cortes 70 inclui os cortes cilíndricos 72a, 72b, e 72c e os cortes radiais 74a, 74b, e 74c. Os cortes cilíndricos 72a, 72b, e 72c e os cortes radiais 74a, 74b, e 74c são apenas exemplares, já que pode haver uma quantidade maior ou menor de cortes 72, 74, dependendo das necessidades do procedimento particular. Como mostrado na figura 10, os cortes cilíndricos 72 são feitos nas respectivas superfícies cilíndricas. Embora os cortes cilíndricos 72 estejam mostrados como superfícies cilíndricas circulares, essas superfícies podem ser ovais. É importante que essas superfícies cilíndricas sejam concêntricas, e que elas sejam centralizadas em um eixo (por exemplo, o eixo visual 14).

Com referência cruzada à figura 10 com a figura 11 A, pode-se ver que os cortes cilíndricos 72 são segmentos de arco 76. Especificamente, os cortes cilíndricos 72 são confinados em arcos diametralmente opostos identificados na figura 11A pelo ângulo " $\alpha$ ". Mais especificamente, o

resultado são dois conjuntos 75 de segmentos de arco diametralmente opostos 76. Preferivelmente, " $\alpha$ " fica em uma faixa entre cinco graus e cento e sessenta graus. Adicionalmente, A figura 11A mostra os cortes 72 centralizados no eixo visual 14. Preferivelmente, cada corte 72 terá uma  
5 espessura de cerca de dois microns, e a energia necessária para fazer o corte 72 será aproximadamente 1,2 microJoule.

Como visto adicionalmente na figura 11 A, os cortes radiais 74 são coplanares com o eixo visual 14, e eles são sempre localizados no volume operacional 34 (mostrado na figura 2). Adicionalmente, cada corte radial 74 é  
10 efetivamente definida pelos parâmetros seguintes: um raio interno, " $r_i$ ", um raio externo " $r_o$ ", e um ângulo azimutal " $\theta$ " que é medido de uma linha de base 78. Ajustando-se valores para esses parâmetros, cada corte radial 74 pode ser precisamente definido. Por exemplo, como mostrado na figura 11 UM, o corte radial 74a é estabelecido pelo ângulo azimutal  $\theta_1$ . Cada corte  
15 radial 74 tem o mesmo raio interno " $r_i$ " e o mesmo raio externo " $r_o$ ".

Embora as figuras 10 e 11A ilustrem uma pluralidade de cortes cilíndricos 72 e um padrão de cortes radiais 74 que não se intersectam, a presente invenção também prevê cortes intersectantes 70. Como mostrado na  
figura 11 B, a pluralidade de cortes cilíndricos 72 e o padrão de cortes radiais  
20 74 se intersectam. Em cada uma das modalidades mostradas nas figuras 11A e 11 B, os cortes radiais 74 podem ser vistos compreendidos de dois conjuntos 80 que são diametralmente opostos um ao outro. Em cada conjunto 80, os cortes radiais 74 são distanciados um do outro em ângulos  $\beta$  iguais. Similarmente, os cortes cilíndricos 72 também compreendem dois conjuntos  
25 diametralmente opostos 75.

Referindo-se agora às figuras 11C, 11 D, e 11 E, está ilustrada uma pluralidade de cortes radiais 74 para modalidades alternativas da presente invenção. Na figura 11 C, oito cortes radiais 74 são posicionados a cerca do eixo visual 14. Este padrão de cortes radiais 74 é destinado a uma correção

miópica de  $-0.75$  graus. Na figura 11 D, doze cortes radiais 74 são posicionados a cerca do eixo visual 14. Este padrão de cortes radiais 74 é destinado a uma correção miópica de  $-1.25$  graus. Na figura 11 E, dezesseis cortes radiais 74 são posicionados a cerca do eixo visual 14. Este padrão de cortes radiais 74 é destinado a uma correção miópica de  $-2.0$  graus.

Como mostrado nas figuras 11 C, 11 D, e 11 E, cada corte radial 74 é coplanar com o eixo visual 14, e localizada no volume operacional 34 (mostrado na figura 2). Adicionalmente, cada corte radial 74 é efetivamente definida pelos parâmetros seguintes: um raio interno, " $r_i$ ", um raio externo " $r_o$ " e um ângulo azimutal " $\theta$ " que é medido de uma linha de base 78. Ajustando-se valores para esses parâmetros, cada corte radial 74 pode ser precisamente definido. Por exemplo, como mostrado na figura 11 C, o corte radial 74d é estabelecido pelo ângulo azimutal  $\theta$ . Na figura 11 D, o corte radial 74e é estabelecido pelo ângulo azimutal  $\theta$ . Adicionalmente, na figura, 11 E, o corte radial 74f é estabelecido pelo ângulo azimutal  $\theta$ .

Nas figuras 11C, 11 D, e 11 E, cada corte radial 74 tem o mesmo raio interno " $r$ " e o mesmo raio externo " $r_o$ ". Na figura 11 C, cada corte radial 74 é distanciado do corte radial adjacente 74 em um ângulo  $\beta$  igual a 45 graus. Adicionalmente, na figura 11 D, cada corte radial é distanciado do corte radial adjacente 74 em um ângulo  $\beta$  igual a 30 graus. Na figura 11 E, cada corte radial é distanciado do corte radial adjacente 74 em um ângulo  $\beta$  igual a 22,5 graus.

Embora os Métodos Padrões particulares para Cirurgia Refrativa Intraestromal aqui mostrados e revelados com detalhes sejam totalmente capazes de alcançar os objetivos e prover as vantagens aqui anteriormente declaradas, deve-se entender que eles são meramente ilustrativos das modalidades atualmente preferidas da invenção e que não se pretende nenhuma limitação aos detalhes de construção ou projeto aqui mostrados a não ser os descritos nas reivindicações anexas.

## REIVINDICAÇÕES

1. Método para realizar cirurgia a laser oftálmica intraestromal, em que uma córnea define um eixo visual e tem uma espessura "T", caracterizado pelo fato de que compreende as etapas de:

5 gerar um feixe de laser pulsado, em que a duração de cada pulso no feixe é menor que aproximadamente um picossegundo;

direcionar e focalizar o feixe para uma série de pontos focais no estroma para Ruptura Ótica Induzida por Laser (LIOB) de tecido estromal em cada ponto focal; e

10 mover o ponto focal no estroma para criar um padrão de cortes radiais, em que cada corte radial é feito coplanar com o eixo visual e é definido por um ângulo azimutal  $\theta$ , em que cada corte radial tem uma extremidade anterior e uma extremidade posterior que se estende de um raio interno " $r_1$ " até um raio externo " $r_o$ ", com tanto " $r_i$ " quanto " $r_o$ " sendo medidos em relação ao eixo visual, com a extremidade posterior de cada corte radial sendo localizada no estroma em aproximadamente  $0,9 T$  de uma superfície anterior do olho, e a extremidade anterior do corte radial fica localizada no estroma mais que pelo menos oito microns em uma direção posterior da cápsula de Bowman, e adicionalmente em que cada corte radial tem uma  
15  
20 espessura de aproximadamente dois microns.

2. Método de acordo com a reivindicação 1, caracterizado pelo fato de que o padrão de cortes radiais é formado de oito cortes situados a cerca do eixo visual, em que cada corte fica 45 graus de um corte adjacente.

3. Método de acordo com a reivindicação 1, caracterizado pelo  
25 fato de que o padrão de cortes radiais é formado de doze cortes situados a cerca do eixo visual, em que cada corte fica 30 graus de um corte adjacente.

4. Método de acordo com a reivindicação 1, caracterizado pelo fato de que o padrão de cortes radiais é formado de dezesseis cortes situados a cerca do eixo visual, em que cada corte fica 22,5 graus de um corte adjacente.

5. Método de acordo com a reivindicação 1, caracterizado pelo fato de que o padrão de cortes radiais é formado de dois conjuntos de pelo menos três cortes, e em que os conjuntos são diametralmente opostos um ao outro.

5 6. Método de acordo com a reivindicação 5, caracterizado pelo fato de que compreende adicionalmente a etapa de mover o ponto focal no estroma para criar uma pluralidade de cortes cilíndricos, em que cada corte cilíndrico é feito em porções de uma respectiva superfície cilíndrica, em que as respectivas superfícies cilíndricas são concêntricas e são centralizadas no  
10 eixo visual da córnea, e adicionalmente em que cada superfície cilíndrica tem uma extremidade anterior e uma extremidade posterior, com a extremidade posterior de cada corte cilíndrico sendo localizada no estroma aproximadamente  $0,9 T$  de uma superfície anterior do olho, e com a extremidade anterior de cada corte cilíndrico sendo localizada no estroma  
15 mais que pelo menos oito microns em uma direção posterior da cápsula de Bowman na córnea.

7. Método de acordo com a reivindicação 6, caracterizado pelo fato de que os cortes radiais intersectam os cortes cilíndricos.

20 8. Método de acordo com a reivindicação 6, caracterizado pelo fato de que os cortes radiais e os cortes cilíndricos são não intersectantes.

9. Método de acordo com a reivindicação 6, caracterizado pelo fato de que as porções das superfícies cilíndricas submetidas a LIOB definem segmentos de arco diametralmente opostos, em que cada segmento de arco estende-se através de um arco em uma faixa entre cinco graus e cento e  
25 sessenta graus.

10. Método de acordo com a reivindicação 5, caracterizado pelo fato de que compreende adicionalmente as etapas de:

realizar LIOB em porções de uma camada anular, em que a camada tem um diâmetro interno " $d_i$ " e um diâmetro externo " $d_o$ ", e tem uma

espessura de cerca de um micron;

criar uma pluralidade de camadas adjacentes umas às outras; e

localizar a pluralidade de camadas no estroma entre aproximadamente  $0,9 T$  da superfície anterior do olho e pelo menos oito microns em uma direção posterior da cápsula de Bowman.

11. Método para realizar cirurgia a laser oftálmica intraestromal em que uma córnea define um eixo visual e tem uma espessura " $T$ ", caracterizado pelo fato de que compreende as etapas de:

identificar um volume operacional no estroma, em que o volume operacional é centralizados no eixo visual e estende-se radialmente a ele por uma distância " $r_v$ ", e adicionalmente em que o volume operacional tem uma superfície anterior localizada pelo menos oito microns em uma direção posterior da cápsula (membrana) de Bowman da córnea e uma superfície posterior localizada a aproximadamente  $0,9 T$  do epitélio da córnea;

focalizar um feixe de laser pulsado em um ponto focal no volume operacional para LIOB de tecido estromal, em que cada pulso do feixe de laser tem uma duração menor que um picossegundo; e

mover o ponto focal dentro do volume operacional para criar um padrão de cortes radiais, em que cada corte radial é feito coplanar com o eixo visual e é definido por um ângulo azimutal  $\theta$ , em que cada corte radial tem uma extremidade anterior e uma extremidade posterior que se estende de um raio interno " $r_i$ " até um raio externo " $r_o$ ", com tanto " $r_i$ " quanto " $r_o$ " sendo medidos a partir do eixo visual.

12. Método de acordo com a reivindicação 11, caracterizado pelo fato de que o padrão de cortes radiais é formado de oito cortes situados a cerca do eixo visual, em que cada corte fica 45 graus de um corte adjacente.

13. Método de acordo com a reivindicação 11, caracterizado pelo fato de que o padrão de cortes radiais é formado de doze cortes situados a cerca do eixo visual, em que cada corte fica 30 graus de um corte adjacente.

14. Método de acordo com a reivindicação 11, caracterizado pelo fato de que o padrão de cortes radiais é formado de dezesseis cortes situados a cerca do eixo visual, em que cada corte fica 22,5 graus de um corte adjacente.

5 15. Método de acordo com a reivindicação 11, caracterizado pelo fato de que o padrão de cortes radiais é formado de dois conjuntos de pelo menos três cortes, e em que os conjuntos são diametralmente opostos um ao outro.

10 16. Método de acordo com a reivindicação 15, caracterizado pelo fato de que compreende adicionalmente a etapa de mover o ponto focal dentro do volume operacional para criar uma pluralidade de cortes cilíndricos, em que cada corte cilíndrico é feito em porções de uma respectiva superfície cilíndrica, em que as respectivas superfícies cilíndricas são concêntricas e são centralizadas no eixo visual da córnea, e adicionalmente em que cada  
15 superfície cilíndrica tem uma extremidade anterior e uma extremidade posterior.

17. Método de acordo com a reivindicação 16, caracterizado pelo fato de que as porções das superfícies cilíndricas submetidas a LIOB definem segmentos de arco diametralmente opostos, em que cada segmento  
20 de arco estende-se através de um arco em uma faixa entre cinco graus e cento e sessenta graus.

18. Método de acordo com a reivindicação 17, caracterizado pelo fato de que os cortes radiais intersectam os cortes cilíndricos.

19. Método de acordo com a reivindicação 16, caracterizado  
25 pelo fato de que os cortes radiais e os cortes cilíndricos são não intersectantes.

20. Método para realizar cirurgia a laser oftálmica intraestromal, caracterizado pelo fato de que uma córnea define um eixo visual e tem uma espessura "T", e caracterizado pelo fato de que método compreende as etapas de:

gerar um feixe de laser pulsado, em que a duração de cada pulso no feixe é menor que aproximadamente um picossegundo;

5 direcionar e focalizar o feixe para uma série de pontos focais no estroma para Ruptura Ótica Induzida por Laser (LIOB) de tecido estromal em cada ponto focal; e

selecionar uma pluralidade de cortes do grupo que consiste em (a) uma primeira pluralidade de cortes cilíndricos feita em porções de superfícies cilíndricas concêntricas em um primeiro eixo paralelo ao eixo visual e uma segunda pluralidade de cortes cilíndricos feita em porções de  
10 superfícies cilíndricas concêntricas em um segundo eixo paralelas à eixo visual e opostas ao primeiro eixo, (b) uma pluralidade centralizada de cortes cilíndricos concêntricos no eixo visual, e (c) uma pluralidade de cortes radiais, em que cada pluralidade de cortes tem uma extremidade posterior e uma extremidade anterior, com a extremidade posterior de cada corte  
15 cilíndrico sendo localizada no estroma aproximadamente  $0,9 T$  de uma superfície anterior do olho, com a extremidade anterior de cada corte cilíndrico sendo localizada no estroma mais que pelo menos oito microns em uma direção posterior da cápsula de Bowman na córnea, com a extremidade posterior de cada corte radial sendo localizada no estroma em  
20 aproximadamente  $0,9 T$  da superfície anterior do olho, e com a extremidade anterior do corte radial sendo localizada no estroma mais que pelo menos oito microns em uma direção posterior da cápsula de Bowman, em que cada corte radial estende-se de um raio interno " $r_i$ " até um raio externo " $r_o$ ", com tanto " $r_i$ " quanto " $r_o$ " sendo medidos a partir do eixo visual, e em que cada corte  
25 radial tem uma espessura de aproximadamente dois microns, é feito coplanar com o eixo visual, e é definido por um ângulo azimutal  $\theta$ ; e

mover o ponto focal no estroma para criar a pluralidade de cortes selecionada.

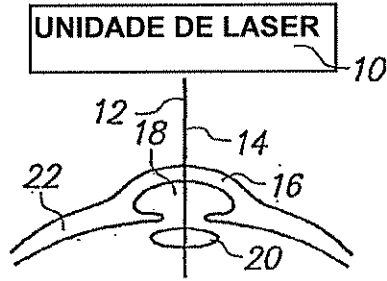


FIG. 1

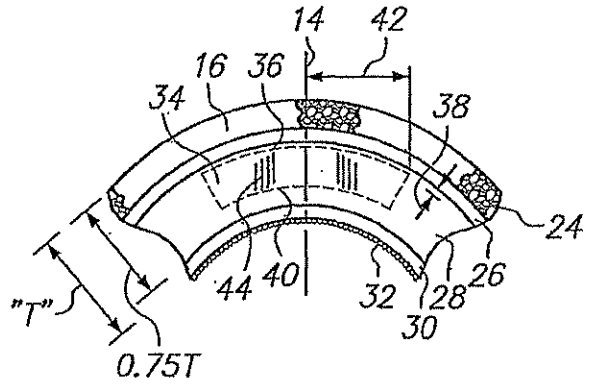


FIG. 2

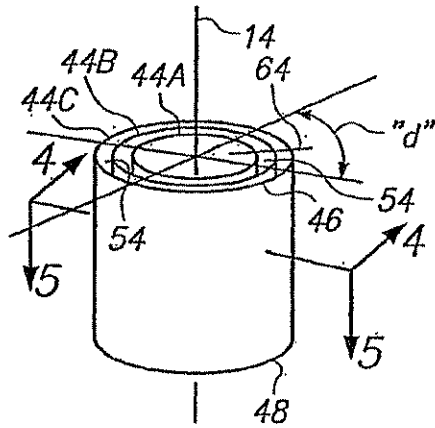


FIG. 3

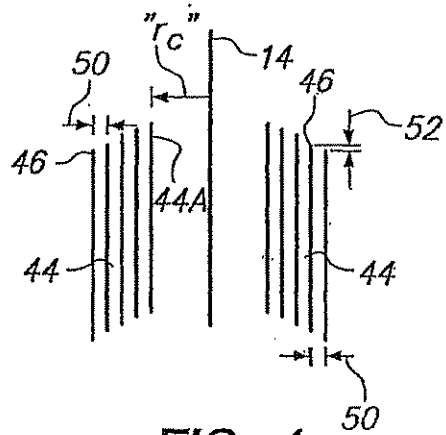


FIG. 4

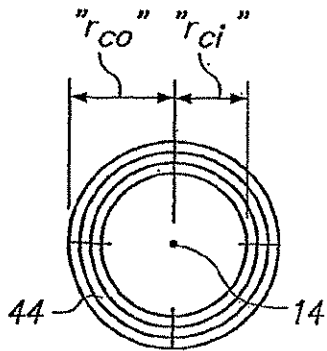


FIG. 5A

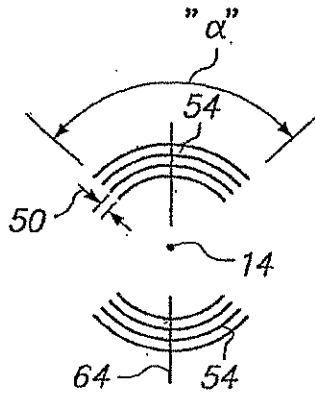


FIG. 5B

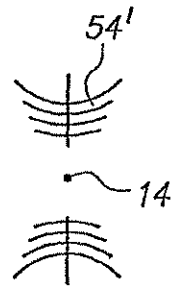


FIG. 5C

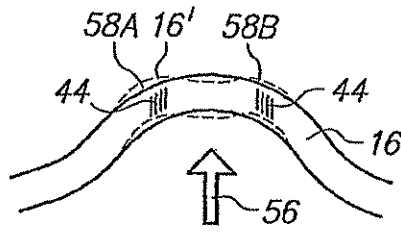


FIG. 6

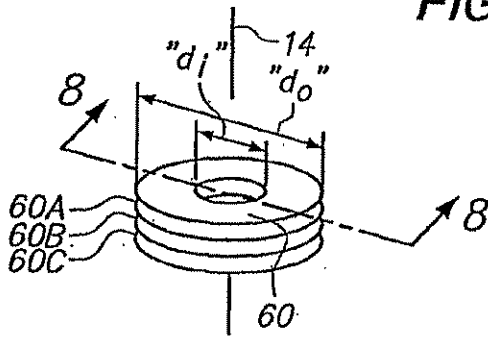


FIG. 7

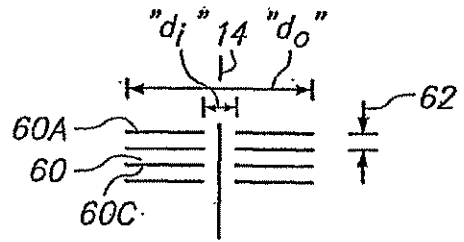


FIG. 8

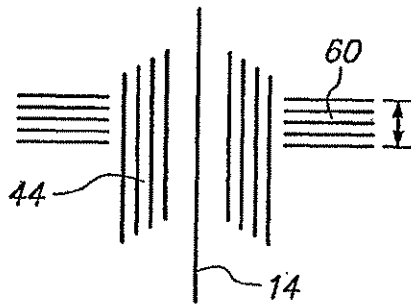


FIG. 9A

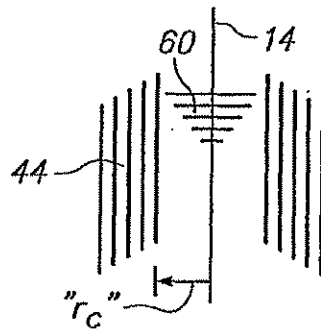


FIG. 9B

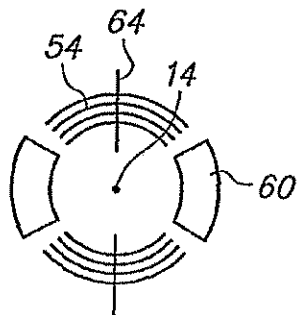


FIG. 9C

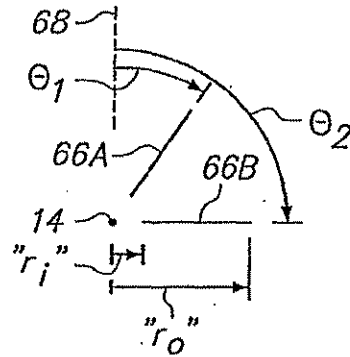


FIG. 9D

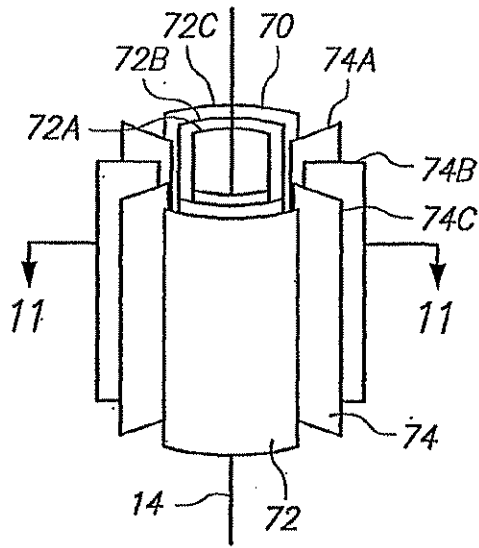


FIG. 10

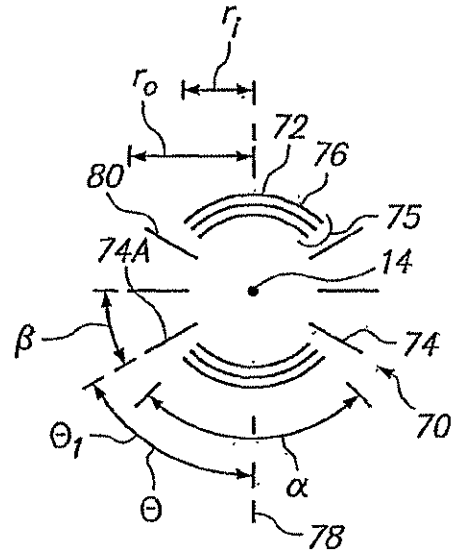


FIG. 11A

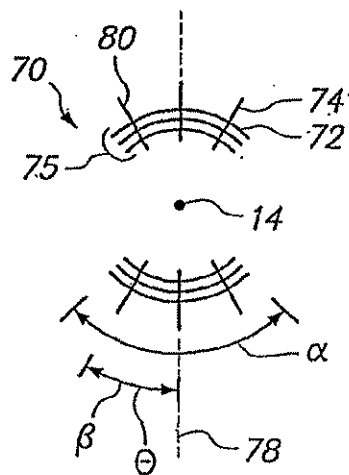


FIG. 11B

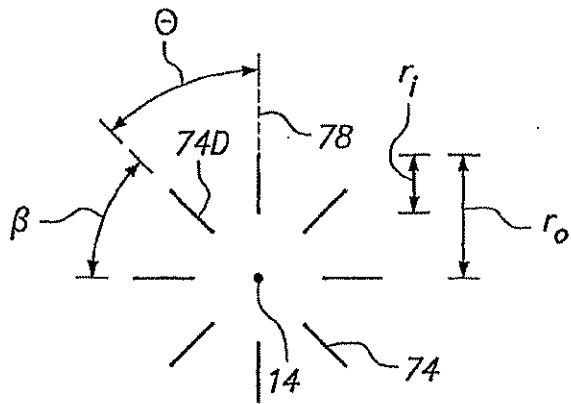


FIG. 11C

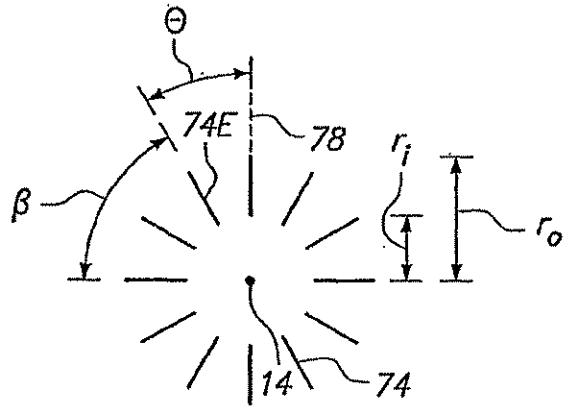


FIG. 11D

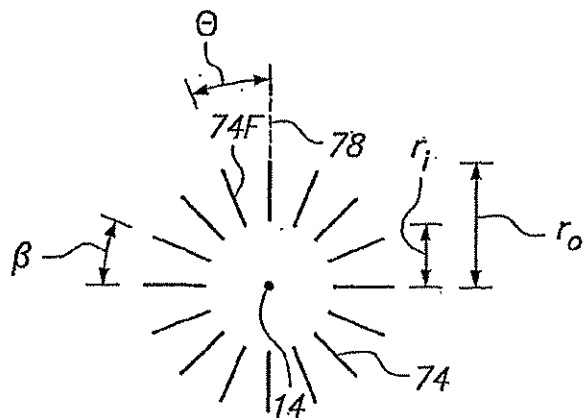


FIG. 11E

RESUMO**“UNIDADE DE LASER PARA REALIZAR CIRURGIA A LASER OFTÁLMICA INTRAESTROMAL”**

É descrito um método para realizar cirurgia a laser oftálmica intraestromal que exige Ruptura Ótica Induzida por Laser (LIOB) de tecido estromal sem comprometer a cápsula (membrana) de Bowman. Com detalhes, o método cria cortes no estroma ao longo de planos que irradiam do eixo visual do olho. Essencialmente, esses cortes são todos distanciados do eixo visual. A real localização e número de cortes na cirurgia dependerão do grau de aberração visual que está sendo corrigida. Adicionalmente, o método pode incluir a etapa adicional de criar cortes cilíndricos no estroma. Os cortes radiais e cortes cilíndricos podem ser intersectantes ou não intersectantes dependendo da aberração visual que está sendo tratada.