



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

(11) PI 0919112-7 B1



(22) Data do Depósito: 28/09/2009

(45) Data de Concessão: 02/07/2019

(54) Título: MÉTODO PARA FABRICAR UMALENTE DE CONTATO

(51) Int.Cl.: G02C 7/02; G02C 7/04.

(52) CPC: G02C 7/027; G02C 7/04; G02C 7/047; G02C 2202/22.

(30) Prioridade Unionista: 30/09/2008 US 12/242,128.

(73) Titular(es): JOHNSON & JOHNSON VISION CARE , INC.

(72) Inventor(es): BRETT A. DAVIS; ROSS FRANKLIN; MICHAEL J. COLLINS; KHALED A. CHEHAB.

(86) Pedido PCT: PCT US2009058596 de 28/09/2009

(87) Publicação PCT: WO 2010/039648 de 08/04/2010

(85) Data do Início da Fase Nacional: 30/03/2011

(57) Resumo: PROCESSO DE SIMPLIFICAÇÃO DE PROJETO DELENTE. A presente invenção refere-se a um método para a produção de lentes com pelo menos uma superfície simples que é equivalente eticamente a uma lente que tem duas superfícies complexas.

Relatório Descritivo da Patente de Invenção para "**MÉTODO PARA FABRICAR UMA LENTE DE CONTATO**".

ANTECEDENTES DA INVENÇÃO

[001] A presente invenção refere-se um método para projeto e confecção de lentes com superfícies mais simples a partir de lentes com superfícies mais complexas. A fabricação de lentes de contato com duas superfícies complexas é complicada, dispendiosa, e exige tolerâncias mecânicas extremamente precisas. Isso é particularmente verdadeiro no caso de superfícies não-rotacionalmente simétricas. As superfícies simples como as formas esféricas e toroidais reduzem as dificuldades de projeto e fabricação. Portanto, seria benéfica a conversão de superfícies complexas em um projeto de lente opticamente equivalente que tenha uma única superfície complexa e um projeto de superfície simples.

[002] A topografia de superfície de maioria das córneas humanas não é esférica e altera-se tipicamente em taxas exclusivas variáveis e imprevisíveis a partir do centro da córnea para a periferia, de uma maneira que é frequentemente muito complexa. Os projetos de lentes feitos para considerar esses efeitos podem envolver geometrias complexas em ambas as superfícies frontal e posterior. Por exemplo, uma córnea com vários aspectos astigmáticos diferentes ou com várias alterações de ordem mais alta pode forçar um projeto de lente com superfícies muito irregulares tanto na superfície frontal como posterior da lente. Quando essas lentes são lentes de contato gelatinosas, isso complica significativamente sua fabricação. Isso também acrescenta, ironicamente, um grau de imprevisibilidade, visto que uma superfície posterior complexa pode alterar as características sobre o olho de um modo que reduz o efeito ótico ideal que a lente deveria ter.

[003] Essa complexidade é ainda mais provável no projeto de lentes modernas que busca integrar dados da topografia da córnea e

dados de frente de onda ocular com medições de ametropia primárias. À medida que esse tipo de informação é mais usado no projeto e fabricação de lente, a probabilidade de se obter um projeto complexo que pode produzir resultados visuais excelentes, mas que são muito difíceis de serem fabricados. Portanto, é desejável encontrar projetos de lentes simples que sejam opticamente equivalentes ou aproximadamente equivalentes àqueles projetos complexos.

SUMÁRIO DA INVENÇÃO

[004] Em um aspecto da invenção, um método para a produção de lentes inclui escolher um projeto de lente que tenha duas superfícies complexas não-rotacionalmente simétricas e gerar um projeto de lente de contato mais simples e opticamente equivalente. O projeto da lente pode incluir uma zona ótica na superfície frontal ou posterior que seja rotacionalmente simétrica enquanto que a outra superfície é uma superfície complexa não-rotacionalmente simétrica. O projeto da lente pode também incluir uma estabilização rotacional.

[005] Em outro aspecto da invenção, o método incorpora o uso de informação sobre a topografia da córnea como pode ser obtido a partir de um topógrafo de córnea ou videoceratoscópico.

[006] Em ainda outro aspecto da invenção, o método incorpora dados relacionados à soma total da aberração ótica dos olhos como aqueles obtidos com o uso de um sensor de frente de onda. Em ainda um aspecto adicional da invenção, um sistema para o projeto de uma lente de contato inclui um topógrafo de córnea para obter informação sobre a topografia da córnea de uma pessoa, um dispositivo para utilização da informação da topografia da córnea visando definir a superfície frontal e posterior das lentes de contato, e um dispositivo para redefinir as lentes de modo que pelo menos uma delas seja simples e as propriedades refrativas de ambas as superfícies frontal e posterior das lentes originalmente projetadas sejam equivalentes. Em ainda um as-

pecto adicional da invenção, as lentes são confeccionadas com o uso de métodos e sistemas da invenção.

[007] Em ainda um aspecto adicional da invenção, a lente de contato é projetada utilizando um formato de superfície posterior rotacionalmente simétrico e um formato de superfície frontal com fabricação personalizada.

BREVE DESCRIÇÃO DOS DESENHOS

[008] A figura 1 é um fluxograma do método da invenção.

[009] A figura 2 é um gráfico esquemático dos perfis de superfície da lente das duas superfícies originais complexas.

[0010] A figura 3 é uma ilustração gráfica que mostra o poder refrativo da lente no ar e mapas de OPD de dois projetos exemplificadores de superfícies complexas não-rotacionalmente simétricas.

[0011] A figura 4 é um gráfico esquemático do projeto do perfil da superfície complexa única da lente e uma superfície simples.

[0012] A figura 5 mostra o poder refrativo da lente no ar e mapas de OPD do projeto de superfície rotacionalmente simétrico de uma lente exemplificadora.

[0013] A figura 6 mostra a diferença de OPD e a espessura axial usadas para mudar a superfície frontal de rotacionalmente simétrica para assimétrica em uma lente exemplificadora.

[0014] A figura 7 mostra mapas de diferença de OPD após uma iteração da etapa iterativa do processo.

[0015] A figura 8 mostra o poder refrativo da lente no ar e o OPD do projeto final da superfície complexa única após a segunda iteração de uma lente exemplificadora.

[0016] A figura 9 é um gráfico esquemático dos perfis da superfície de lente do projeto final de superfície complexa única.

DESCRIÇÃO DETALHADA

[0017] A invenção envolve a transformação de um projeto de lente

que inclui características de superfícies frontal e posterior complexas visando alterar a refração da luz para corrigir a visão em um projeto que inclui apenas um projeto complexo na superfície frontal ou na superfície posterior e um projeto simples na outra superfície com propriedades refrativas equivalentes. Alternativamente, o projeto transformado inclui características das superfícies frontal e posterior para corrigir a visão, mas com um projeto menos complexo do que o projeto a partir do qual ela foi transformada.

[0018] As lentes como uma lente de contato que são tratáveis pelo processo da invenção são aquelas que incluem geometrias complexas. Uma lente com um projeto complexo é aquela que não é rotacionalmente ou bilateralmente simétrica, como seria usado para corrigir aberrações de alta ordem. Os projetos simples são aqueles que são rotacionalmente ou bilateralmente simétricos como projetos esféricos ou tóricos. Os projetos complexos de interesse podem ser os projetos que resultam da aplicação de técnicas de projeto conhecidas para correções refrativas obtidas pela análise de frente de onda ocular, análise de topografia da córnea, em adição à análise prescritiva básica esferocilíndrica. Na modalidade de máxima preferência, as superfícies complexas que são redefinidas são não-rotacionalmente assimétricas em ambas as superfícies, mas são esféricas ou esferocilíndricas na superfície posterior depois que o processo seja terminado. Essas lentes (chamadas de lente 1 neste relatório descritivo) são as lentes a partir das quais são derivadas novas lentes tendo uma ou mais superfícies simples.

[0019] De acordo com um aspecto da presente invenção, a aquisição de informação arbitrária sobre a elevação topográfica da córnea do olho de um indivíduo inicia o processo. Esse dado é incluído no projeto da lente 1 com o uso de técnicas de projeto usuais. Métodos variados para aquisição de dados topográficos podem ser usados, en-

tretanto, a informação topográfica é em geral transformada em uma forma adequada para uso no projeto de lentes de contato personalizadas. Os dados topográficos originais são adquiridos com o uso de um topógrafo, videocerastocópio, e dispositivos similares ou equivalentes.

[0020] Os dados de elevação de córnea podem ser transformados em um padrão de grade, que pode ter formato retilinear, polar concêntrico, ou de espiral para corresponder facilmente ao mecanismo pelo qual a superfície de uma lente ou molde de lente pode ser modelada com o uso de CNC (comando numérico computadorizado), torno, ou sistema de fabricação similar. Exemplos desses sistemas incluem usinagem direta ou botão de polímero, moagem, ablação/usinagem a laser, inserto para moldagem por injeção, ou um aparelho de moldagem deformável.

[0021] Inicialmente, os dados de elevação de córnea são aplicados ao modelo de lente de contato gelatinosa em um estado não flexionado. Além disso, os dados de elevação podem ser usados para indicar variações menores apenas na superfície posterior, apenas na superfície frontal, ou em uma combinação de superfícies frontais e superiores, em relação à superfície média da córnea. A seguir, os dados são transformados considerando-se a flexão das lentes gelatinosas (recobrimento), quando a lente é colocada sobre o olho. Tipicamente, a curvatura da superfície posterior de lentes de contato é mais achata-da, por exemplo, por volta de 1 a 1,5 mm, do que a curvatura da superfície frontal da córnea sobre a qual elas são colocadas. Portanto, quando da utilização de dados topográficos originais, os efeitos da elevação da córnea do indivíduo e do recobrimento são considerados no projeto de lentes de contato gelatinosas ou inserto de moldagem.

[0022] Os dados de elevação transformados considerando a flexão podem ser então mapeados sobre o padrão de grade de CNC e utilizados para confeccionar uma lente de contato gelatinosa ou superfície

de ferramenta de moldagem. A vantagem de se utilizar os dados transformados é a capacidade de se produzir uma lente, ou inserto de moldagem, que exiba flutuações de espessura no padrão de rede que podem ou não ser rotacionalmente simétricos próximo ao centro da lente.

[0023] Se uma lente gelatinosa fabricada apropriadamente recobrir a córnea subjacente, as flutuações na elevação de superfície (acima e abaixo da superfície esférica média da córnea) serão significativamente neutralizadas. Desse modo, as aberrações e irregularidades de córnea serão neutralizadas, e como resultado, as aberrações óticas devido à topografia irregular da córnea serão eliminadas.

[0024] Embora o conhecimento da topografia geral da córnea do olho produza uma boa quantidade de informação a respeito do ajuste ótimo de uma lente de contato gelatinosa e das aberrações oculares devido à topografia irregular da córnea, isso não fornece dados suficientes para corrigir eficientemente as aberrações oculares totais do olho. Em particular, a esfericidade, a estrutura do índice de gradiente, e descentração (desalinhamento) da lente do cristalino, estão além da capacidade de medição topográfica.

[0025] A medição da frente de onda ocular ótica pode ser realizada com o uso de, por exemplo, dados de saída de um aberroscópico de cilindro cruzado, um dispositivo que mede a Função de Transferência de Modulação (FTM) ocular por meio da dispersão de ponto ou dispersão de linha, um dispositivo de grade de Shack-Hartmann, ou qualquer dispositivo similar que meça, estime, interpole ou calcule a frente de onda ocular ótica.

[0026] A informação sobre a frente de onda ocular ótica diz respeito aos componentes óticos do olho, incluindo a córnea, lente do cristalino, comprimento do sistema, inclinações, descentrações dos elementos do olho, irregularidades assimétricas, e esfericidades. As medições de frente de onda ótica também são incluídas no projeto da lente 1

com o uso de técnicas de projeto usuais. Embora o conhecimento de aberrações de frente de onda do olho total produza uma grande quantidade de informações, isso, contudo, não fornece qualquer dado que possa ser usado para ajustar uma lente de contato de maneira ótima.

[0027] As alterações necessárias na elevação ou inclinação da superfície da lente para se obter a correção da aberração de frente de onda ocular total podem ser implementadas sobre a superfície posterior apenas, a superfície frontal apenas, ou sobre alguma combinação das superfícies frontal e posterior. As alterações necessárias para a elevação ou inclinação da superfície levam em consideração as alterações necessárias para o ajuste e correção das irregularidades da topografia da córnea. Devido ao recobrimento da lente gelatinosa sobre o formato subjacente da córnea, as alterações de elevação combinadas determinadas pela topografia da córnea e a aberração de frente de onda ocular podem ser aplicadas à superfície posterior apenas, à superfície frontal apenas, ou a alguma combinação das superfícies posterior e frontal. A presente invenção também utiliza informação prescritiva esférica convencional. Essa informação inclui a distância de esfera, eixo e potência de distância de cilindro astigmático, e potência de adição próxima, se necessário. Em uma modalidade da presente invenção, essa informação é determinada com o uso de técnicas de refração subjetiva convencionais. Alternativamente, a esfera, o cilindro e o eixo são determinados com base em uma análise de frente de onda. Isso pode ser realizado, por exemplo, através de representação dos dados de frente de onda de Shack Hartmann em termos dos coeficientes de Zernike, e o uso dos termos relevantes para derivar a informação da esfera, cilindro e eixo. Esses termos de Zernike podem então ser reduzidos a dados de elevação e aplicados a uma superfície de lente.

[0028] Com referência à figura 1, é ilustrada uma modalidade do

método de acordo com a presente invenção. Nessa modalidade preferencial, um topógrafo de córnea é usado para gerar dados topográficos que são então usados para definir a superfície posterior da lente de contato. A superfície posterior da lente de contato é formatada para complementar a superfície da córnea sobre a qual ela deve ser colocada. Desse modo, a superfície posterior da lente de contato e a superfície da córnea cooperam de modo similar a uma "mão em luva", quando a lente está sobre o olho. Esse ajuste topograficamente definido também elimina a maioria das aberrações óticas de córnea. Também nessa modalidade, um sensor de frente de onda é usado para medir a soma total da aberração ótica do olho. As aberrações óticas devido à córnea que são neutralizadas pela superfície posterior da lente são subtraídas da soma total da aberração ótica para produzir uma aberração ótica residual líquida. A aberração ótica residual líquida é compensada por um projeto apropriado da superfície frontal da lente de contato. A superfície frontal da lente de contato é também projetada para compensar os componentes prescritivos de primeira ordem convencionais, incluindo esfera, cilindro, eixo e prisma. Esse processo define o projeto de lente 1.

[0029] Quando o projeto 1 é alcançado, a diferença de caminho ótico (ou uma medição equivalente como a frente de onda) é obtida (chamada de OPD1 neste relatório descritivo). Isso é melhor alcançado por traçado de raios a partir de uma esfera de referência predeterminada. Programas de software computacional disponíveis comercialmente como o Zemax (Zemax Development Corporation, Bellevue, Washington, EUA) e o programa CodeV (Optical Research Associates, Pasadena, Califórnia, EUA) são úteis para esse propósito, mas os versados na técnica podem também usar o traçado de raios manual empregando as leis bem- conhecidas de refração e lentes para obter esses valores.

[0030] Um projeto de lente nominal (chamado de lente 2 neste relatório descritivo) é selecionado tendo uma superfície simples que é, de preferência, uma superfície rotacionalmente simétrica. Para essa lente são feitas modificações em pelo menos uma superfície com o uso da OPD1 para derivar as propriedades óticas apropriadas. Adicionalmente, a lente nominal é escolhida para ter uma espessura central ou axial conveniente. A lente 2 terá um valor de partida de OPD próprio (chamado neste relatório descritivo de OPD2). Mediante o traçado de raios da lente 2, um processo iterativo é conduzido no qual a diferença entre a OPD1 e a OPD2 é calculada para determinar se essa diferença está dentro da tolerância necessária para fazer a correção apropriada às propriedades óticas da luz que passa pela lente 2. A espessura axial da lente 2 é ajustada de modo que a superfície da lente 2 que não permanece necessariamente simples seja alterada em características de elevação para alcançar a OPD1 para a lente total. Esse processo é repetido até que a diferença de OPD (OPD2-OPD1) aproxime-se de zero ou, em todo caso, seja menor que um vigésimo de onda. Esse processo resulta em uma lente remodelada 2, de modo que em cada iteração subsequente as propriedades óticas se aproximem da lente 1, embora retenha pelo menos uma superfície simples.

[0031] A figura 4 mostra o perfil de superfície da lente em que foi usado um projeto de lente de contato predefinido que tem uma superfície final rotacionalmente simétrica (a superfície simples nesse caso). Esse projeto também inclui o uso de outra superfície nominal, sendo que as superfícies são separadas pela espessura central desejada da lente de contato. As superfícies óticas podem ser simétricas nesse estágio, desde que as OPDs sejam calculadas e consideradas nos estágios de correção a seguir.

[0032] A figura 2 compara o projeto da lente que é criado a partir de superfícies complexas frontal e posterior transformadas em um pro-

jeto em que pelo menos uma das superfícies da lente é uma superfície simples. Nesse exemplo, as zonas óticas das superfícies frontal e posterior são não-rotacionalmente simétricas. Múltiplos meridianos são mostrados sobrepostos, e os desvios arqueados são visíveis em ambas as porções frontal (fundo, convexa) e posterior (topo, côncava) da figura. A assimetria é maior na porção externa da superfície frontal, visto que essa é a parte das lentes usada para a estabilização rotacional. Portanto, é mais difícil ver a assimetria na superfície côncava da lente.

[0033] A figura 3 mostra o resultado do processo de realização de um traçado de raios em 3D através da lente de contato do projeto de lente 1 e expressa o resultado como a diferença de caminho ótico (OPD1). Isso resulta em uma ilustração no formato 'lente no ar' como uma representação do poder refrativo e mapas de OPD (diferença de caminho ótico) mostrados aqui para os dois projetos de superfície complexa não-rotacionalmente simétricos mencionados acima. Os dados de poder refrativo mostrados à esquerda são comparativamente mais fáceis para se visualizar as variações óticas do que os dados de OPD equivalentes usados no algoritmo, mostrado à direita.

[0034] A figura 5 é uma representação gráfica do resultado de um traçado de raios óticos com o uso do projeto de lente predeterminado usado na figura 4, antes da alteração da superfície nominal da lente. A diferença de caminho ótico é expressa graficamente como dados de OPD2 para a "lente no ar". A lente nesse estágio é rotacionalmente simétrica, mas acomodará todas as correções visuais e de aberração quando o processo iterativo for terminado. A figura 6 ilustra graficamente os resultados da modificação da superfície da lente com base no uso da diferença entre OPD1 e OPD2 para calcular os ajustes de espessura conforme descrito acima.

[0035] As figuras 7 e 8 ilustram graficamente a geometria da lente

à medida que as etapas iterativas são conduzidas, até que a diferença de dados entre OPD1 e OPD2 aproxime-se de zero. Na figura 7, a diferença de OPD entre o projeto corrigido da superfície não-rotacionalmente simétrica única (segunda lente corrigida) e o projeto de superfície não-rotacionalmente simétrica original 2 (primeira lente) é mostrada para os loops 1 e 2 por meio das etapas de correção iterativas. Na figura 8, o poder refrativo na 'lente no ar' e os mapas de OPD para a lente 2 é mostrado após 2 iterações das etapas de correção iterativa. Comparando o poder refrativo da 'lente ao ar' e os mapas de OPD para a lente 1 (figura 2) pode-se ver que eles são virtualmente idênticos e o projeto ótico foi transferido para a lente 2. A figura 9 mostra o projeto final da lente de contato 2 com a superfície posterior não-rotacionalmente simétrica e a superfície frontal não-rotacionalmente simétrica. Nesse caso a superfície frontal foi alterada para conferir a correção desejada.

[0036] A modalidade preferencial deve converter as duas superfícies complexas em uma superfície frontal complexa mais uma superfície posterior simples. O uso desse processo pode resultar em superfícies frontal e posterior com o projeto projetado para refratar a luz de modo que corrija a visão e em uma lente que seja de fácil fabricação.

[0037] As lentes da presente invenção podem ser produzidas a partir de qualquer material de formação de lente adequado para a fabricação de lentes de contato rígidas ou gelatinosas. Os materiais ilustrativos para a formação de lentes de contato gelatinosas incluem, sem limitação, elastômeros de silicone, macrômeros contendo silicone incluindo, sem limitação, aqueles apresentados nas patentes U.S. n.ºs 5.371.147, 5.314.960, e 5.057.578 incorporadas por referência e na íntegra, como hidrogéis, hidrogéis contendo silicone, e similares de combinações dos mesmos. Com mais preferência, a superfície é um siloxano, ou contém uma funcionalidade de siloxano incluindo, sem li-

mitação, macrômeros de polidimetil siloxano, metacrilóxi propil siloxanos, e misturas dos mesmos, hidrogel de silicone ou um hidrogel. Materiais ilustrativos incluem, sem limitação, acquafilcona, etafilcona, genfilcona, lenefilcona, senefilcona, balafilcona, lotrafilcona, ou galifilcona.

[0038] A cura do material da lente pode ser feita por qualquer método conveniente. Por exemplo, o material pode ser depositado dentro de um molde e curado por meio de cura térmica, por irradiação, cura química, por radiação eletromagnética e similares, bem como combinações dos mesmos. De preferência, a moldagem é realizada com o uso de luz ultravioleta ou usando-se todo o espectro da luz visível. Mais especificamente, as condições precisas adequadas à cura do material para lente dependerá do material selecionado e da lente a ser formada. Os processos adequados são apresentados em U.S. n°s 4.495.313, 4.680.336, 4.889.664, 5.039.459, e 5.540.410 incorporadas aqui por referência, na íntegra.

[0039] As lentes de contato da presente invenção podem ser formadas por qualquer método conveniente. Um dos referidos métodos usa um torno para produzir as inserções de molde. As inserções de molde por sua vez são usadas pra formar os moldes. Subseqüentemente, um material de lente adequado é disposto entre os moldes seguidos por compressão e a cura da resina para formar as lentes da presente invenção. Aqueles versados na técnica reconhecerão que qualquer outro número de métodos conhecidos pode ser usado para produzir as lentes da presente invenção.

[0040] Após a descrição de várias modalidades preferenciais da presente invenção, os versados na técnica entenderão que as disposições e variações descritas são meramente ilustrativas dos princípios da presente invenção, e as outras disposições e variações podem ser concebidas sem que se desvie do espírito e escopo da invenção, con-

forme reivindicado abaixo.

REIVINDICAÇÕES

1. Método para fabricar uma lente de contato **caracterizado pelo fato de que** compreende as etapas de:

a) adquirir dados topográficos de uma córnea de um olho para definir uma primeira superfície posterior da lente de contato com base na informação de aberração da córnea;

b) medir a aberração óptica total do olho;

c) calcular uma aberração óptica residual líquida ao subtrair a informação de aberração da córnea da aberração óptica total do olho;

d) projetar uma primeira superfície frontal de lente de contato que compense a aberração óptica residual líquida e os componentes prescritivos convencionais de primeira ordem;

e) determinar uma diferença do trajeto ótico da primeira lente de contato;

f) selecionar um segundo projeto de lente de contato tendo uma superfície frontal, uma superfície posterior e uma diferença de percurso óptico predeterminada, em que pelo menos uma das superfícies frontal e posterior compreende uma geometria simples;

g) calcular a diferença entre a diferença do percurso óptico do primeiro projeto da lente de contato e a diferença do percurso óptico predeterminada do segundo projeto da lente de contato;

h) remodelar apenas uma das superfícies frontal e posterior do segundo projeto de lente de contato para criar um projeto de lente final em um processo iterativo até a diferença entre a diferença do percurso óptico do primeiro projeto da lente de contato e a diferença do percurso óptico predeterminado do segundo projeto da lente de contato é menor do que uma tolerância predeterminada; e

i) fabricar uma lente de contato a partir do projeto final da lente.

2. Método para fabricar uma lente de contato, de acordo com a reivindicação 1, **caracterizado pelo fato de que a tolerância predeterminada é inferior a um vigésimo de uma onda.**

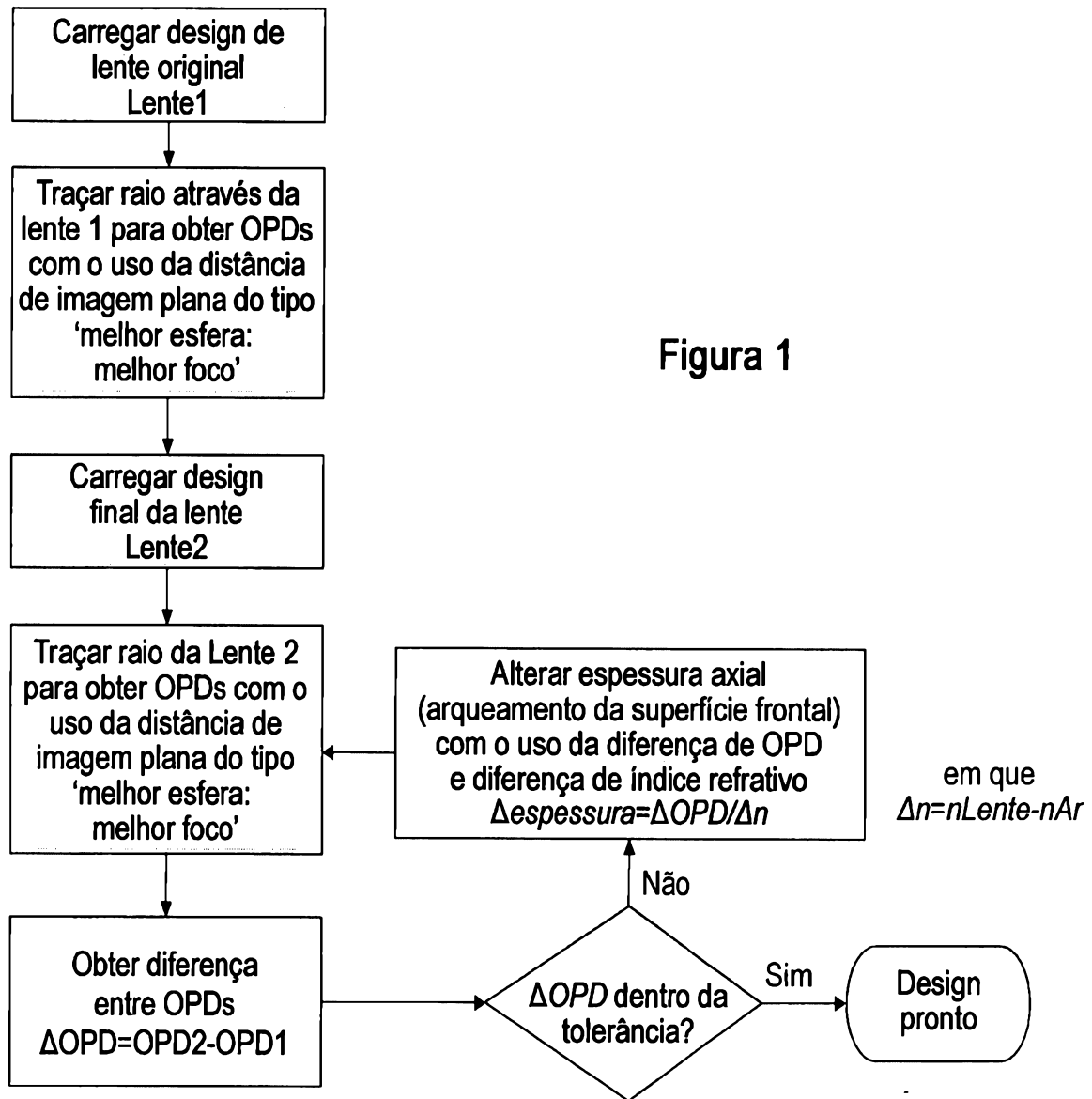


Figura 2

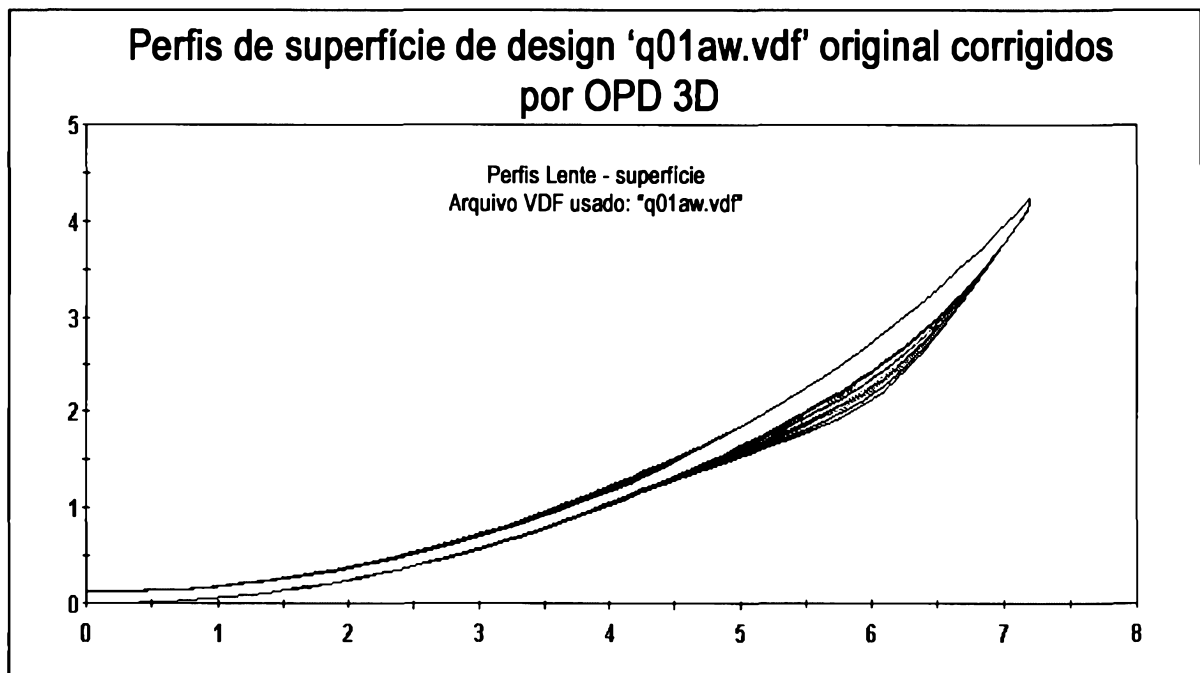


Figura 3

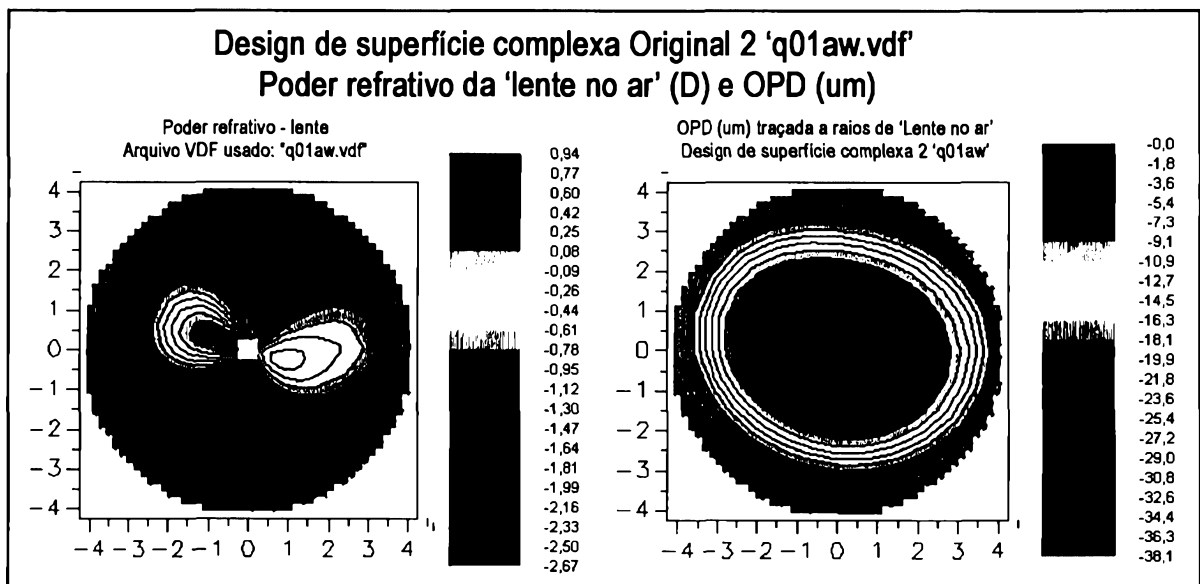


Figura 4

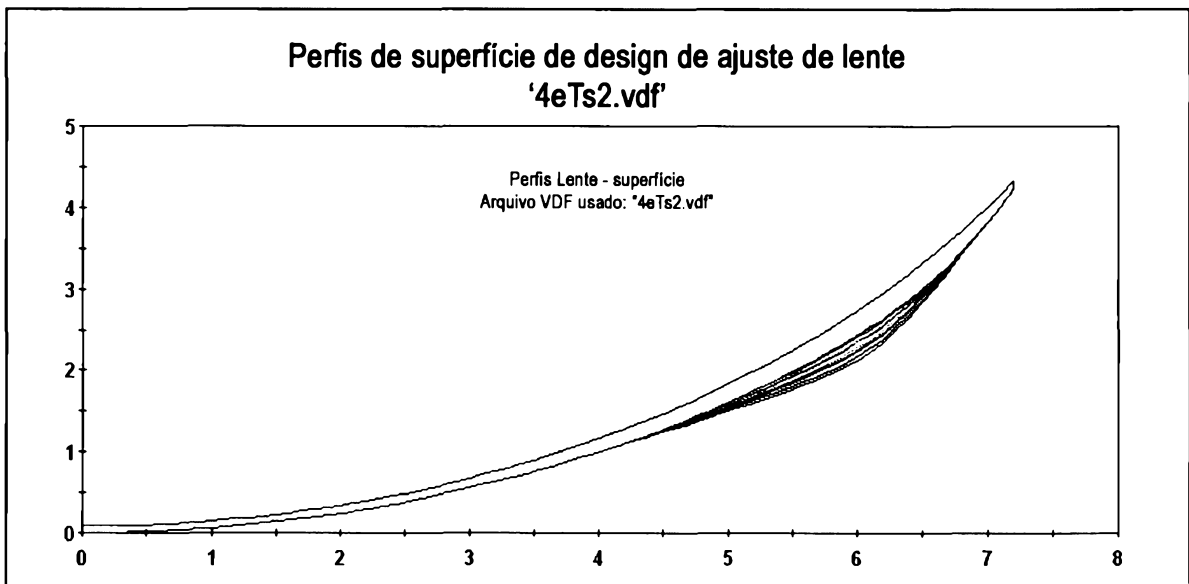


Figura 5

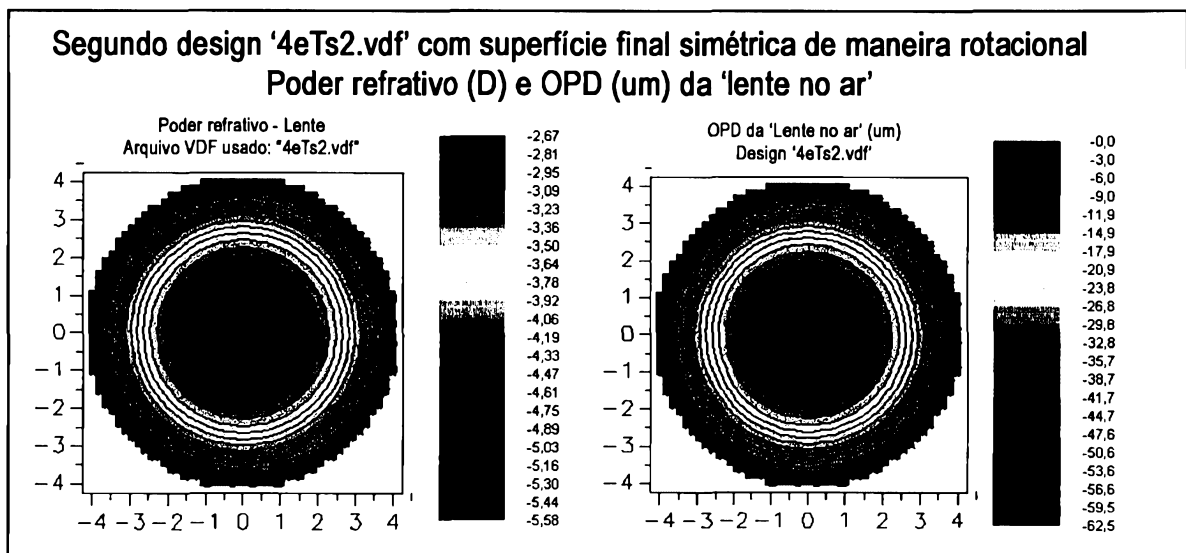


Figura 6

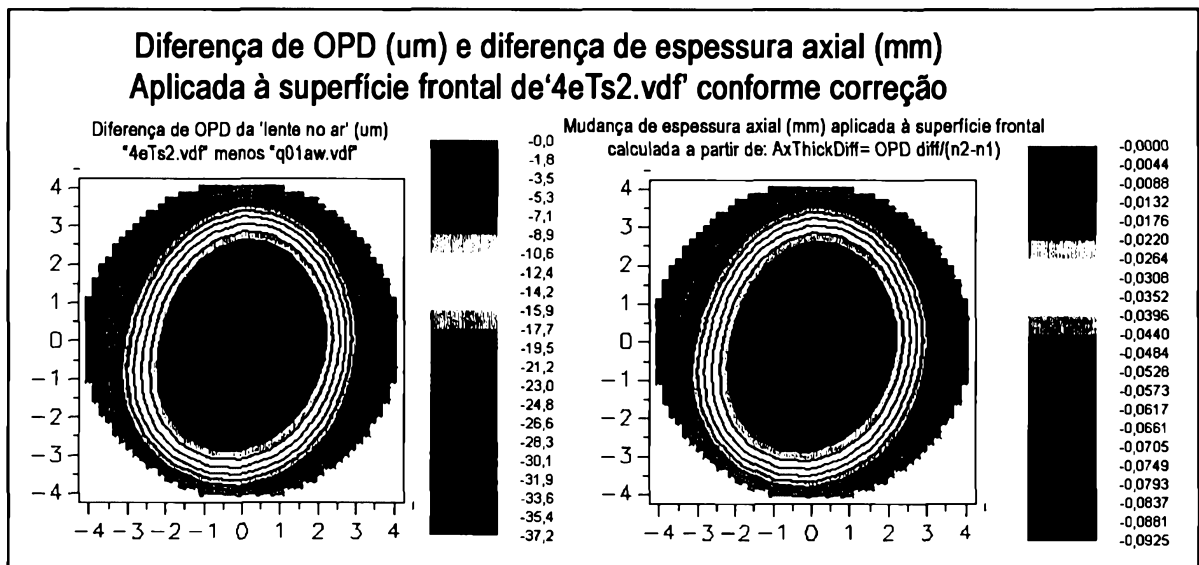


Figura 7

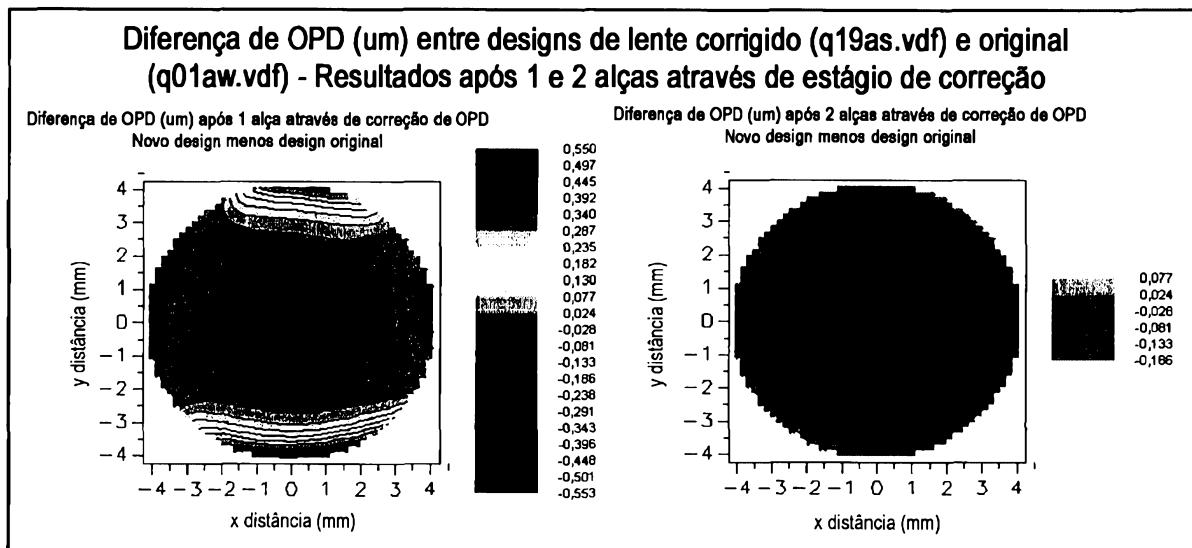


Figura 8

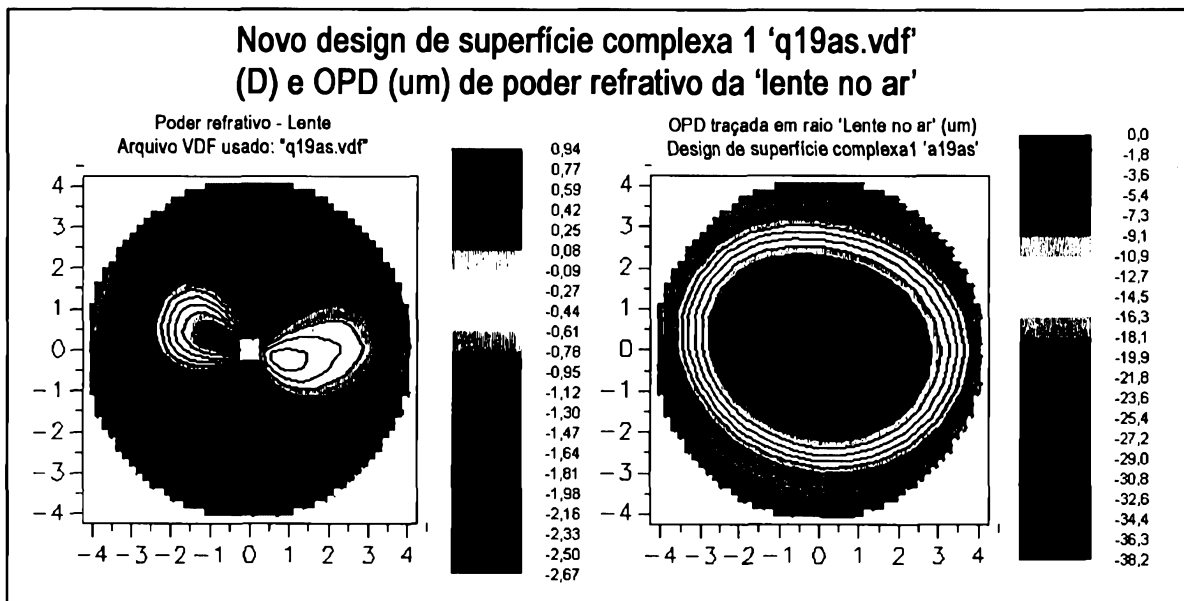


Figura 9

