



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

(11) PI 0923790-9 B1



* B R F I O 9 2 3 7 9 0 B 1 *

(22) Data do Depósito: 24/12/2009

(45) Data de Concessão: 15/09/2020

(54) Título: MÉTODO IMPLEMENTADO POR COMPUTADOR PARA CÁLCULO DE UM SISTEMA ÓPTICO E MÉTODO DE FABRICAÇÃO DE UM SISTEMA

(51) Int.Cl.: G06F 17/50; G02C 7/02.

(30) Prioridade Unionista: 31/05/2008 EP 08306028.5.

(73) Titular(es): ESSILOR INTERNATIONAL.

(72) Inventor(es): HÉLÈNE DE ROSSI; FABIEN MURADORE.

(86) Pedido PCT: PCT EP2009067924 de 24/12/2009

(87) Publicação PCT: WO 2010/076294 de 08/07/2010

(85) Data do Início da Fase Nacional: 29/06/2011

(57) Resumo: MÉTODO IMPLEMENTADO POR COMPUTADOR PARA CÁLCULO DE UM SISTEMA ÓPTICO E MÉTODO DE FABRICAÇÃO DE UM SISTEMA Um método para o cálculo de um sistema (S) por otimização o método compreendendo as etapas de: i) fornecer um conjunto de parâmetros do sistema (SP), de modo a definir um sistema de partida (SS), cada parâmetro do sistema (SP) a ser criada em um valor inicial ii) definir uma pluralidade de critérios (Ck); iii) associar para cada critério (Ck) uma função de custo (CFK); iv) definir uma pluralidade de funções de custo global (GCF1 ,..., GCFND), associando a cada função de custo global (GCFp) pelo menos uma função de custo (CFK); v) definir um vetor de parâmetros variável (Xp) associado a cada função de custo global (GCFp), selecionando para cada vetor de parâmetros variáveis (Xp) pelo menos um parâmetro do sistema (SP); vi) otimizar a pluralidade de funções de custo global (GCF1 ,..., GCFND), modificando os valores dos parâmetros do sistema de vetores de parâmetros variáveis (X1 ,..., XND) de modo a obter um sistema intermediário (IS); vii) repetir a etapa vi) até que um equilíbrio seja alcançado, de modo a obter um sistema (S).

Relatório Descritivo da Patente de Invenção para: "**MÉTODO IMPLEMENTADO POR COMPUTADOR PARA CÁLCULO DE UM SISTEMA ÓPTICO E MÉTODO DE FABRICAÇÃO DE UM SISTEMA**".

Campo da Invenção

[0001] A invenção refere-se a um método para calcular um sistema, como, por exemplo, um sistema óptico para otimização. A invenção refere-se ainda a um método de fabricar um sistema, como, por exemplo, um sistema óptico, um produto de programa de computador e meio legível por computador.

Antecedentes da Técnica

[0002] Métodos de otimização para cálculo de sistema, como para sistemas ópticos, são conhecidos a partir do estado da técnica. Entretanto, atualmente o número de critérios levado em conta é limitado e não permitem atender às necessidades do projetista de todos os sistemas. No campo de sistemas ópticos, a patente francesa FR 9812109 do requerente descreve um exemplo de um método "clássico" para determinar parâmetros ópticos de um sistema óptico de acordo especialmente com astigmatismo e critérios de potência.

[0003] Além disso, no campo de óptica oftálmica, métodos "clássicos" conhecidos são normalmente desenvolvidos de modo que um conjunto de critérios selecionados possa atingir ou se aproximar de valores alvo. Os valores alvo são predeterminados pelo projetista do sistema óptico. Limitações "clássicas", como por exemplo, espessura local, são levadas em conta durante a otimização, a saber, para atender as exigências de fabricação e estética. Como resultado, métodos "clássicos" limitam os sistemas ópticos em potencial que poderiam atender às necessidades do usuário de lente.

Sumário da Invenção

[0004] A presente invenção melhora a situação e torna possível evitar essas desvantagens.

[0005] De acordo com um aspecto da invenção, é fornecido um método implementado por meio de computador para calcular um sistema (S) por otimização, o método compreendendo as etapas de:

i. Fornecer um conjunto de parâmetros de sistema (*system parameter* - SP) de modo a definir um sistema de partida (*starting system* - SS), cada parâmetro de sistema (*system parameter* - SP) sendo estabelecido em um valor de partida;

ii. Definir uma pluralidade de critérios (C_k);

iii. Associar para cada critério (C_k), uma função de custo (CF_k);

iv. Definir uma pluralidade de funções de custo global ($GCF_{1, \dots, GCF_{ND}}$) por associar a cada função de custo global (GCF_p) pelo menos uma função de custo (CF_k);

v. Definir um vetor de parâmetros variáveis (X_o) associado a cada função de custo global (GCF_p) por selecionar para cada vetor de parâmetros variáveis (X_p) pelo menos um parâmetro de sistema (SP);

vi. Otimizar a pluralidade de funções de custo global (GCF_1, \dots, GCF_{ND}) por modificar os valores dos parâmetros do sistema dos vetores de parâmetros variáveis (X_1, \dots, X_{ND}) de modo a obter um sistema intermediário (IS);

vii. Repetir a etapa vi) até que um equilíbrio seja atingido de modo a obter um sistema (S).

[0006] Parâmetros de sistema são parâmetros apropriados para definir o sistema a ser otimizado e obter informações que tornam possível fabricar o sistema.

[0007] O equilíbrio pode ser, por exemplo, equilíbrio Nash, equilíbrio Stackelberg ou qualquer outro equilíbrio bem conhecido. Equilíbrio Nash é descrito, por exemplo, em "*Non-cooperative games*", John Nash, 1951, e também em "*MOO methods for multidisciplinary Design using parallel evolutionary algorithms, Game Theory and Hierarchical theory*:"

theoretical Background”, Périaux e outros, em *VKI lectures series: introduction to optimization and multidisciplinary design*, Rhode-Saint-Genese, Bélgica. Equilíbrio Stackelberg é descrita, por exemplo, em T. Basar e G.J. Olsder. “*Dynamic non-cooperative game theory*”, SIAM, 1999.

[0008] No sentido da invenção, “otimização” será preferivelmente entendido como “minimizando” uma função real. Evidentemente, a pessoa versada na técnica entenderá que a invenção não é limitada a uma minimização por si. A otimização poderia ser também uma maximização de uma função real. A saber, “maximização” de uma função real é equivalente a “minimizar” seu oposto.

[0009] Graças a presente invenção, pode-se otimizar vantajosamente os sistemas por separar um problema de otimização complexa em vários problemas de otimização menores que são mais simples de resolver. A otimização pode ser feita com menos concessões entre critérios.

[00010] Além disso, por implementar o método de acordo com a invenção, um número maior de critérios pode ser levado em conta enquanto simplifica o problema de otimização.

[00011] De outro com outra vantagem do método de acordo com a invenção, alguns critérios que são levados em conta nas funções de custo podem ser definidos com ou sem alvos. Cada critério pode ser, portanto mais eficientemente otimizado. Como resultado, o método de otimização de acordo com a invenção é menos complexo, menos demorado e mais flexível

[00012] De acordo com uma modalidade da presente invenção, durante a etapa vi), a otimização da pluralidade de funções de custo global (GCF_1, \dots, GCF_{ND}) é efetuada utilizando um método de múltiplos critérios.

[00013] Um exemplo de método de múltiplos critérios é descrito, por exemplo, em “*Algorithmes numériques pour lês equilibres de Nash*”,

Cohen G.; Chaplais F., *Automatique-productique informatique industrielle*, 1986. O uso de um método de múltiplos critérios permite a otimização simultânea de um conjunto de funções de custo global até atingir o equilíbrio.

[00014] De acordo com outra modalidade da presente invenção, durante a etapa vi), a otimização da pluralidade de funções de custo global (GCF_1, \dots, GCF_{ND}) é efetuada por utilizar um método de multi-objetivos.

[00015] A otimização de multi-objetivos é o problema de encontrar um vetor de variáveis de decisão que atenda limitações e otimize uma função de vetor cujos elementos representam as funções de objetivos. Essas funções formam uma descrição matemática de critérios de desempenho que estão normalmente em conflito entre si. Conseqüentemente o termo otimizar significa encontrar tal solução que forneceria os valores de todas as funções de objetivos aceitáveis para o projetista, Coello, 2000.

[00016] De acordo com uma modalidade da presente invenção, durante a etapa v), o pelo menos um parâmetro de sistema é selecionado somente para um vetor de parâmetro variável (X_p).

[00017] De acordo com uma modalidade da presente invenção,

O sistema (S) é um sistema óptico (OS);

Os parâmetros do sistema (SP) são parâmetros de sistema óptico (OSP);

O sistema de partida (SS) é um sistema óptico de partida (SOS), cada parâmetro de sistema óptico sendo estabelecido em um valor de partida.

[00018] Um método de otimização é um processo ainda mais complexo quando um número grande de critérios deve ser levado em conta pelo projetista óptico. Graças à invenção, uma pluralidade de funções de custo global pode ser definida. Cada função de custo global

pode coletar vantajosamente critérios do mesmo tipo. Pode ser, por exemplo, critérios de tipo geométrico ou óptico. O método de otimização pode ser, portanto, separado em vários problemas de otimização menores que são mais simples de resolver. Para cada função de custo global, um vetor de parâmetros variáveis pode ser definido por selecionar pelo menos um parâmetro de sistema óptico. Somente aqueles parâmetros de sistema óptico selecionados serão permitidos variar durante o processo de otimização. Como resultado, as várias funções de custo global podem ser otimizadas separadamente, porém, totalmente até atingir equilíbrio.

[00019] Como mencionado anteriormente, pode-se evitar o uso de alvos graças a presente invenção. Realmente, para alguns critérios, que são diferentes de critérios clássicos, a utilização de alvos acaba sendo menos eficiente. Esse modo de proceder limita o número de soluções em potencial quando o projetista óptico deseja otimizar, por exemplo, a ampliação do sistema óptico. A determinação de valores alvo pode ser também demorada.

[00020] De acordo com uma modalidade o método para calcular por otimização, um sistema óptico da invenção pode vantajosamente levar em conta dados de usuários como, por exemplo, porém não limitado a ângulo pantoscópico, ângulo de envolver, distância de olho da lente.

[00021] De acordo com uma modalidade, onde o sistema (S) é um sistema óptico (OS), o sistema óptico de partida (SOS) compreende uma primeira e uma segunda superfície óptica, e durante a etapa v), um primeiro e um segundo vetor de parâmetros variáveis (X_1 , X_2) são definidos, o primeiro vetor de parâmetros variáveis (X_1) compreendendo parâmetros de sistema óptico relacionados à primeira superfície óptica, o segundo vetor de parâmetros variáveis (X_2) compreendendo parâmetros de sistema óptico relacionados à segunda superfície óptica.

[00022] De acordo com modalidades da presente invenção que

podem ser combinadas:

[00023] Pelo menos uma função de custo global (GCF_p) é definida por associar somente uma ou várias função(ões) de custo (CF_k) associada(s) a critérios ópticos(C_k) selecionados na lista que consiste em potência em visão central, astigmatismo em visão central, aberração de ordem elevada em visão central, acuidade em visão central, Potência em visão periférica, astigmatismo em visão periférica, aberração de ordem elevada em visão periférica, ou uma variação de critérios precedentes;

[00024] Pelo menos uma função de custo global (GCF_p) é definida por associar somente uma ou várias função(ões) de custo (CF_k) associadas a critérios ópticos (C_k) selecionados na lista que consiste em desvio prismático em visão central, desvio ocular, campo visual de objeto em visão central, campo visual de imagem em visão central, ampliação em desvio de raio de campo de pupila de visão central, campo visual de objeto em visão periférica, campo visual de imagem em visão periférica, desvio prismático em visão periférica, ampliação em visão periférica, ampliação do olho, deslocamento de fonte ou uma variação de critérios anteriores;

[00025] Pelo menos uma função de custo global (GCF_p) é definida por associar somente uma ou várias funções de custo (CF_k) associadas a um critério geométrico (C_k).

[00026] De acordo com uma modalidade da presente invenção, durante a etapa vi) e etapa vii), cada uma da pluralidade de funções e custo global (GCF_p) é otimizada até que se atinja equilíbrio.

[00027] A invenção também se refere a um método de fabricar um sistema (S), o método compreendendo:

Calcular o sistema (S) por otimização e

Fabricar o sistema calculado.

[00028] De acordo com a modalidade anterior, o sistema (S) a ser

fabricado é um sistema óptico (OS), e o método compreende:

Calcular o sistema óptico (OS) por otimização e

Fabricar o sistema óptico calculado.

[00029] A invenção também se refere a um produto de programa de computador compreendendo uma ou mais seqüências armazenadas de instruções que são acessíveis a um processador e que, quando executadas pelo processador, fazem com que o processador realize as etapas de modalidades anteriores.

[00030] A invenção também se refere a um meio legível por computador contendo uma ou mais seqüências de instruções do produto de programa de computador da modalidade anterior.

[00031] A menos que mencionado especificamente de outro modo, como evidente a partir das seguintes discussões, é reconhecido que em todo relatório descritivo discussões que utilizam termos como “computação”, “cálculo”, “geração” ou similar, se referem à ação e/ou processos de um computador ou sistema de computação, ou dispositivo de computação eletrônica similar, que manipulam e/ou transformam dados representados como físicos, como eletrônica, quantidades nos registros e/ou memórias do sistema de computação em outros dados similarmente representados como quantidades físicas nas memórias do sistema de computação, registros ou outros tais dispositivos de armazenagem, transmissão ou exibição de informações.

[00032] As modalidades da presente invenção podem incluir aparelhos para executar as operações da presente invenção. Esse aparelho pode ser especialmente construído para as finalidades desejadas, ou pode compreender um computador de propósito geral ou Processador de Sinais Digitais (“DSP”), seletivamente ativado ou reconfigurado por um programa de computador armazenado no computador. Tal programa de computador pode ser armazenado em um meio de armazenagem legível por computador, como, porém não é

limitado a, qualquer tipo de disk incluindo discos flexíveis, discos ópticos, CD-ROMs, discos magnéticos-ópticos, memórias somente de leitura (ROMs), memórias de acesso aleatório (RAMs) memórias somente de leitura eletricamente programáveis (EPROMs), memórias somente de leitura eletricamente apagáveis e programáveis (EEPROMs), cartões magnéticos ou ópticos, ou qualquer outro tipo de mídia apropriada para armazenar instruções eletrônicas, e capaz de ser acoplada a um barramento de sistema de computador.

[00033] Os processos e displays apresentados aqui não são inerentemente relacionados a qualquer computador específico ou outro aparelho. Vários sistemas de propósito geral podem ser utilizados com programas de acordo com os ensinamentos da presente invenção, ou podem provar ser convenientes para construir um aparelho mais especializado para executar o método desejado. A estrutura desejada para uma variedade desses sistemas aparecerá a partir da descrição abaixo. Além disso, modalidades da presente invenção não são descritas com referência a nenhuma linguagem de programação específica. Será reconhecido que uma variedade de linguagens de programação pode ser utilizada para implementar os ensinamentos das invenções como descrito aqui.

[00034] No quadro da presente invenção, o sistema óptico pode ser, por exemplo, porém não limitado a, uma lente oftálmica compreendendo uma primeira e uma segunda superfície. A primeira e/ou a segunda superfície pode ser superfície de adição progressiva, uma superfície esférica, uma superfície asférica, uma superfície tórica ou uma superfície atórica.

[00035] No escopo da presente invenção, os termos acima mencionados são entendidos de acordo com as seguintes definições:

- um “sistema óptico” (OS) é definido por todas as suas superfícies, principalmente pelos coeficientes das equações das

superfícies, o índice dos vidros e a posição de cada superfície relativamente entre si (deslocamento, rotação e inclinação). Esses elementos são referidos aos parâmetros de sistema óptico (OSP) do sistema óptico (OS). Superfícies de um sistema óptico são normalmente representados de acordo com uma equação paramétrica ou polinomial obtida utilizando um modelo baseado nas ranhuras-B ou polinômios Zernike. Esses modelos fornecem curvatura contínua na lente inteira. Superfícies podem ser também superfícies Fresnel ou pixelizadas. Uma superfície pode ser uma função de várias superfícies (por exemplo, a função pode ser uma soma pesada). O índice de materiais pode ser não homogêneo e pode depender de alguns parâmetros do sistema óptico (OS);

- um “critério óptico” é definido como um critério que tem um impacto sobre o desempenho visual de um usuário e/ou de um observador do usuário. Critérios ópticos são classificados em três grupos:

. grupo de critério óptico de visão central (CVOC) compreendendo: Potência em visão central, astigmatismo em visão central, aberração de ordem elevada em visão central, acuidade em visão central, desvio prismático em visão central, desvio ocular, campo visual de objeto em visão central, campo visual de imagem em visão central, ampliação em visão central ou uma variação de critérios anteriores;

. grupo de critérios ópticos de visão periférica (PVOC) compreendendo: potência em visão periférica, astigmatismo em visão periférica, aberração de ordem elevada em visão periférica, desvio de raio de campo de pupila, campo visual de objeto em visão periférica, campo visual de imagem em visão periférica, desvio prismático em visão periférica, ampliação em visão periférica, ou uma variação de critérios anteriores;

. grupo de critérios ópticos globais (GOC) compreendendo: ampliação do olho, deslocamento de fonte.

[00036] No escopo da presente invenção, um “critério geométrico” se refere a um critério que afeta uma característica física do sistema óptico (OS). Critérios geométricos compreendem, por exemplo, porém não limitado a, espessura que é um critério geométrico local e volume que é um critério geométrico global.

[00037] De acordo com a presente invenção, um “critério local” significará que o critério é avaliado em um domínio de avaliação definido com pelo menos uma direção de olhar fixo ou direção de raio periférico. Em particular, o critério óptico de visão central acima mencionada (CVOC) e critério óptico de visão periférica (PVOC) são critérios locais.

[00038] De acordo com a presente invenção, um “critério global” significará que o critério global é avaliado levando em conta o sistema óptico (OS) como um todo.

[00039] No escopo da presente invenção, os outros termos acima mencionados são entendidos de acordo com as seguintes definições:

[00040] “visão central” (também mencionada como “visão de fóvea”) descreve o trabalho da fóvea, uma pequena área no centro da retina que contém uma rica coleção de cones. Em uma situação de visão central, um observador olha um objeto que permanece em uma direção de olhar fixo e a fóvea do observador é movida para seguir o objeto. A visão central permite que uma pessoa leia, dirija, e execute outras atividades que exigem visão precisa e nítida;

[00041] Uma “direção de olhar fixo” é definida por dois ângulos medidos com relação a eixos geométricos de referência centrados no centro de rotação do olho;

[00042] “visão periférica” descreve a capacidade de ver objetos e movimento fora da linha de visão direta. Em uma situação de visão periférica, um observador olha em uma direção de olhar fixo e um

objeto é visto fora dessa linha de visão direta. A direção de um raio vindo do objeto até o olho é então diferente da direção de olhar fixo e é mencionada como direção de raio periférico. Visão periférica é principalmente o trabalho das miras, células fotorreceptoras localizadas fora da fóvea da retina;

[00043] Uma “direção de raio periférico” é definida por dois ângulos medidos com relação aos eixos geométricos de referência centrados na pupila de entrada do olho e movendo ao longo do eixo geométrico de direção de olhar fixo;

[00044] “critério de potência em visão central” significa que a potência prescrita para o usuário é levada em consideração. Durante a otimização, parâmetros do sistema óptico são calculados para minimizar erros de potência para cada direção de olhar fixo;

[00045] “critério de astigmatismo em visão central” significa que durante a otimização, parâmetros do sistema óptico são calculados para minimizar a diferença entre astigmatismo prescrito para o usuário e astigmatismo gerado pelo sistema óptico intermediário tanto com relação à amplitude como ao eixo geométrico do mesmo nos eixos geométricos de referência associados ao CRE e para cada direção de olhar fixo, essa diferença sendo chamada astigmatismo residual;

[00046] “aberrações de ordem mais elevada em visão central” descrevem aberrações que modificam a falta de clareza da imagem do objeto observado pelo usuário na visão central além da potência comumente residual e astigmatismo residual, por exemplo, aberração esférica e coma. As ordens pelas quais aberrações são mencionadas são genericamente ordens expressas por representação polinomial Zernike;

[00047] “potência periférica” é definida como a potência gerada pelo sistema óptico quando o usuário observa um objeto em visão periférica;

[00048] “astigmatismo periférico” é definido como o astigmatismo

gerado pelo sistema óptico tanto com relação à amplitude como com relação ao eixo geométrico;

[00049] “desvio ocular” é definido em visão central e descreve o fato de que a adição de uma lente faz com que um olho gire para permanecer focalizado no mesmo objeto. O ângulo pode ser medido em diópteros prismáticos;

[00050] “campo visual de objeto em visão central” é definido no espaço do objeto pela porção de espaço que o olho pode observar varrendo uma porção angular da lente determinada por pelo menos duas direções de olhar fixo. Por exemplo, essas direções de olhar fixo podem ser definidas pelo formato da armação dos óculos ou por um nível de aberração que impede a visualização do espaço de objeto com uma nitidez boa o suficiente;

[00051] “campo visual de imagem em visão central no espaço de imagem” é definido para um campo visual de objeto determinado e fixo em visão central no espaço do objeto (espaço do olho), como a porção angular varrida pelo olho para visualizar o campo visual no espaço do objeto;

[00052] “aberrações de ordem mais elevada em visão periférica” descrevem aberrações que modificam a falta de clareza da imagem do objeto observado pelo usuário em visão periférica além da potência periférica residual e astigmatismo periférico residual, por exemplo, aberração esférica periférica e coma periférico. As ordens pelas quais aberrações são mencionadas são genericamente ordens expressas por representação polinomial Zernike;

[00053] “desvio de raio de campo de pupila” descreve que um raio vindo de um objeto localizado no campo de visão periférica é modificado pela adição de uma lente em sua trajetória até a pupila de entrada do olho;

[00054] “campo visual de objeto em visão periférica” é definido no

espaço do objeto. É a porção de espaço que o olho pode observar no campo visual periférico de visão (enquanto o olho está olhando uma direção fixa) definido por pelo menos dois raios emitidos a partir do centro da pupila de entrada do olho. Por exemplo, esses raios podem ser definidos pelo formato da armação dos óculos ou por um nível de aberração que impede visualização do espaço de objeto com uma nitidez boa o bastante;

[00055] “campo visual de imagem em visão periférica” é definido para um campo visual de objeto periférico fixo e determinado como a porção angular correspondente no espaço de imagem visto pela visão periférica do olho;

[00056] “desvio prismático em visão central” é definido no espaço de objeto pelo desvio angular de um raio emitido a partir do centro de rotação do olho introduzido pela quantidade de prisma da lente;

[00057] “desvio prismático em visão periférica” é o desvio angular de um raio emitido a partir do centro da pupila de entrada introduzida pela quantidade de prisma da lente;

[00058] “ampliação em visão periférica/central” é definida como a razão entre o tamanho angular aparente (ou o ângulo sólido) de um objeto visto em visão periférica/central sem lente e o tamanho angular aparente (ou o ângulo sólido) de um objeto visto através da lente em visão periférica/central;

[00059] “ampliação do olho” é definido como a ampliação do olho do usuário avaliado por um observador;

[00060] “deslocamento de fonte” é definido como o deslocamento da fonte de usuário avaliado por um observador;

[00061] “volume de lente” é o volume da lente. Pode ser avaliado através de discretização da lente, por exemplo por um método de trapézio ou por um método de retângulo;

[00062] Uma “zona de avaliação” é associada a um critério local a

ser avaliado; é composta de um ou vários domínios de avaliação. Um domínio de avaliação é composto de uma ou várias direções de olhar fixo para um critério que pertence ao grupo de critérios ópticos de visão central (CVOC) ou ao grupo de critérios locais geométricos e de uma ou várias direções de raios periféricos para um critério que pertencem ao grupo de critérios ópticos de visão periférica (PVOC);

[00063] Um “valor alvo” é um valor a ser atingido por um critério. Quando o critério selecionado é um critério local, um valor alvo é associado a um domínio de avaliação. Quando o critério selecionado é um critério global, um valor alvo é associado ao sistema óptico total (OS);

[00064] Um “critério de parada” é utilizado para encontrar a iteração para parar o algoritmo de otimização; diz-se que o sistema atingiu um “equilíbrio”;

[00065] Uma “função de custo” é uma função real que é utilizada para o cálculo de uma função de custo global (GCF);

[00066] Uma “função de custo global” (GCF) é definida como uma função de pelo menos uma função de custo e provê um nível de desempenho do sistema óptico intermediário (IOS);

[00067] Uma “disciplina” é um conjunto de critérios para o qual o mesmo vetor de parâmetros variáveis é definido;

[00068] Um “equilíbrio” é um estado no qual o sistema considerado não pode ser adicionalmente otimizado de certo modo. Os exemplos de equilíbrio são equilíbrio Nash e equilíbrio Stackelberg.

Breve Descrição dos Desenhos

[00069] As figuras 1 a e b mostram vistas diagramáticas das etapas do método para calcular um sistema óptico (OS) de acordo com modalidades da presente invenção;

[00070] A figura 2 mostra uma vista esquemática de um sistema de lente mais olho.

[00071] A figura 3 mostra um traçado de raio a partir do centro de rotação do olho.

[00072] A figura 4 mostra um traçado de raio a partir do centro da pupila de entrada do olho.

[00073] A figura 5 ilustra desvio prismático em visão periférica.

[00074] A figura 6 ilustra desvio ocular.

[00075] A figura 7 ilustra desvio de campo de raio de pupila.

[00076] A figura 8 ilustra campo visual de objeto em visão central.

[00077] A figura 9 ilustra campo visual de objeto horizontal.

[00078] A figura 10 ilustra desvio prismático horizontal em visão central.

[00079] A figura 11 ilustra campo visual de objeto total.

[00080] A figura 12 ilustra campo visual de imagem em visão central.

[00081] A figura 13 ilustra campo visual de objeto em visão periférica.

[00082] A figura 14 ilustra campo visual de imagem em visão periférica.

[00083] A figura 15 ilustra a ampliação do olho.

[00084] As figuras 16a e b ilustram deslocamento de fonte.

[00085] Técnicos especializados reconhecem que elementos nas figuras são ilustrados para simplicidade e clareza e não foram necessariamente traçados em escala. Por exemplo, as dimensões de alguns dos elementos nas figuras podem ser exageradas em relação a outros elementos para ajudar a melhorar a compreensão das modalidades da presente invenção. A mesma referência em figuras diferentes se refere ao mesmo objeto.

Descrição Detalhada da Invenção

[00086] Com referência à figura 1a, um método para calcular um sistema óptico (OS) por otimização de acordo com a invenção será descrito agora.

[00087] O método compreende uma etapa de provisão, i, na qual um

conjunto de parâmetros de sistema óptico (OSP) é fornecido de modo a definir um sistema óptico de partida (SOS). Cada parâmetro de sistema óptico (OSP) é estabelecido em um valor de partida.

[00088] O método compreende ainda uma etapa de definição de critério, ii, na qual uma pluralidade de critérios (C_1, \dots, C_m) é definida. A seguir, durante uma etapa de associação de critérios, iii, pelo menos uma função de custo (CF_k) é associada a cada critério (C_k). Desse modo, considerando um conjunto de critérios m (C_1, \dots, C_m), m funções de custo (CF_1, \dots, CF_m) são associadas.

[00089] O método compreende ainda uma etapa de definição de função de custo global, iv, na qual uma pluralidade de funções de custo global (GCF_1, \dots, GCF_{ND}) é definida por associar a cada função de custo global (GCF_p) pelo menos uma função de custo (CF_k). Cada função de custo global (GCF_p) é associada a uma disciplina específica (Δ_p). Em outras palavras, as m funções de custo (CF_1, \dots, CF_m) são agrupadas em disciplinas ND ($\Delta_1, \dots, \Delta_{ND}$). Para cada disciplina Δ_p , a função de custo global específica associada (GCF_p) compreende n_p funções de custo de modo que $n_1 + n_2 + \dots + n_{ND} = m$.

[00090] Cada função de custo global (GCF_p) associada a uma disciplina específica (Δ_p) é igual a uma função real das n_p funções de custo (CF_k). A função real pode ser qualquer função, por exemplo, porém não limitada a uma:

- função média, tal como:

$$GCF_p(OSP) = \frac{1}{n_p} \sum_{k=1}^{n_p} CF_k(OSP);$$

Ou

- função mínima; ou
- função máxima; ou
- função L_2 -norm;

[00091] Qualquer outra função conhecida pela pessoa versada na

técnica pode ser utilizada.

[00092] O método compreende ainda uma etapa de definição de vetor de parâmetros variáveis, v , na qual um vetor de parâmetros variáveis (X_p) é definido para cada função de custo global (GCF_p) por seleccionar para cada vetor de parâmetros variáveis (X_p) pelo menos um parâmetro de sistema óptico (OSP). Desse modo, como será explicado posteriormente, um vetor de parâmetros variáveis (X_p) compreende parâmetros de sistema óptico (OSP) que serão permitidos variar durante a etapa de otimização.

[00093] O método compreende ainda uma etapa de otimização, na qual a pluralidade de funções de custo global (GCF_1, \dots, GCF_{ND}) é otimizada por modificar o valor dos parâmetros de sistema óptico (OSP) dos vetores de parâmetros variáveis (X_1, \dots, X_{ND}) de modo a obter um sistema óptico intermediário (IOS). Em outras palavras, a etapa de otimização consiste em resolver os problemas de otimização ND, **$\min_{x_p} GCF_p(X_p)$** .

[00094] A etapa de otimização é então repetida até que equilíbrio seja atingido de modo à finalmente obter um sistema óptico (OS).

[00095] A etapa de otimização pode ser feita utilizando, por exemplo, um método de múltiplos critérios.

[00096] Em uma modalidade não de limitação alternativa, como ilustrado na figura 1b, durante cada etapa de otimização, cada função de custo global (GCF_1, \dots, GCF_{ND}) pode ser, por exemplo, alternativamente otimizada de modo a obter após cada etapa de otimização um novo sistema óptico intermediário (IOS1, IOS2, IOS3...). em outras palavras, durante cada etapa de otimização, somente uma função de custo global (GCF_p) é minimizada de cada vez. As etapas de otimização são então repetidas até que se atinja equilíbrio de modo à finalmente obter um sistema óptico (OS).

[00097] Para ilustrar melhor a invenção, um método de calcular por

otimização um sistema óptico que é uma lente de visão única de -6 diópteros (para pessoa míope) será descrito agora.

[00098] Nesse exemplo, o projetista óptico tem como objetivo otimizar a lente por minimizar a variação da ampliação em visão central (descrito pelo desvio padrão) e por minimizar a função de custo óptica correspondendo a critérios de astigmatismos e potência em visão central sobre um domínio de avaliação que corresponde a um cone angular total de direção de olhar fixo de 70° .

[00099] Duas disciplinas são definidas, uma primeira disciplina e uma segunda disciplina.

[000100] A primeira disciplina reúne ambos os critérios Potência C_1 e Astigmatismo C_2 em visão central. A função de custo global associada a essa disciplina é GCF_1 .

[000101] Valores alvo são associados ao domínio de avaliação D^j para os dois critérios C_1 e C_2 . T_1^j se refere ao valor alvo associado ao domínio de avaliação para C_1 . T_1^j é igual a -6 diópteros para cada direção de olhar fixo D^j . T_2^j se refere ao valor alvo associado ao domínio de avaliação para C_2 . T_2^j é igual a zero para cada direção de olhar fixo D^j .

[000102] Para cada direção de olhar fixo D^j , o residual de potência ΔP^j e o residual de astigmatismo ΔA^j são calculados:

$$\Delta P^j (D^j, OSP) = H_1 (D^j, OSP) - T_1^j$$

$$\Delta A^j (D^j, OSP) = H_2 (D^j, OSP) - T_2^j$$

[000103] H_1 é a função de avaliação que associada a cada direção de olhar fixo D^j e considerando os parâmetros de sistema óptico (OSP) um valor de potência em visão central.

[000104] H_2 é a função de avaliação que associa a cada direção de olhar fixo D^j e considerando os parâmetros de sistema óptico (OSP) um valor de astigmatismo em visão central.

[000105] A função de custo CF_1 associada a C_1 é definida por:

$$CF_1 = \sum_{j=1}^N [\Delta P^j (D^j, OSP)]^2 \quad \text{com } N = 70$$

[000106] A função de custo CF_2 associada a C_2 é definida por:

$$CF_2 = \sum_{j=1}^N [\Delta A^j (D^j, OSP)]^2 \quad \text{com } N = 70$$

[000107] A função de custo global GCF_1 associada à primeira disciplina é:

$$GCF_1 = CF_1 + CF_2$$

[000108] A segunda disciplina é representada pelo desvio padrão da ampliação C_3 em visão central. A função de custo global associada a essa disciplina é GCF_2 .

$$GCF_2 = \frac{1}{N-1} \sum_{j=1}^N \left[H_3(D^j, OSP) - \frac{1}{N} \sum_{j=1}^N H_3(D^j, OSP) \right]^2,$$

Com $N = 70$

[000109] Em que H_3 é a função de avaliação que associa a cada direção de olhar fixo D^j e considerando os parâmetros de sistema óptico (OSP) um valor de ampliação em visão central.

[000110] Todos os parâmetros de sistema óptico descrevendo a superfície traseira do sistema óptico são considerados como variáveis e são associados a GCF_1 . X_1 representa o vetor dos parâmetros variáveis.

[000111] Todos os parâmetros de sistema óptico descrevendo a superfície frontal do sistema óptico são considerados como variáveis e são associados a GCF_2 . X_2 representa o vetor dos parâmetros variáveis.

[000112] Até que o equilíbrio Nash seja atingido, $GCF_1(X_1)$ e $GCF_2(X_2)$ como explicado na figura 1B são otimizados alternativamente.

[000113] No equilíbrio, as funções de custo global são ambas minimizadas:

$$\begin{aligned} GCF_1(X_1) &= 75.08 \\ GCF_2(X_2) &= 0.010 \end{aligned}$$

[000114] Para comparar, uma lente tradicional obtida por uma otimização padrão onde somente critérios de astigmatismo e potência são otimizados e somente uma superfície está variando leva a uma função de custo global óptica final igual a 65.01. O desvio padrão da ampliação em visão central é então igual a 0.021.

[000115] Esse exemplo destaca uma das vantagens do método uma vez que critérios de tipos diferentes são bem otimizados. Realmente, o desvio padrão da ampliação é otimizado além de critérios de potência e astigmatismo. Além disso, a coleta de critérios em disciplinas diferentes permite gerenciar critérios que têm ordens de tamanho diferentes e permite definir variáveis diferentes entre os parâmetros de sistema óptico para cada disciplina.

[000116] A figura 2 ilustra uma vista esquemática de um sistema de lente-mais-olho. Com referência à figura 2, uma posição de olho pode ser definida pelo centro de rotação do olho CRE e o ponto central de pupila de entrada P. PS é o tamanho de pupila (não traçada em escala). A distância q' entre o CRE e a lente 20 é genericamente, porém não limitada a, ajustada em 25,5 mm, e p' define a posição da pupila de entrada de olho com relação a CRE.

[000117] A figura 3 ilustra um modelo para visão central com a finalidade de avaliar um critério em uma situação de visão central por traçado de raio. Em uma situação de visão central, o olho gira em torno de seu centro de rotação bem como a pupila de entrada do olho. Uma direção de olhar fixo é definida por dois ângulos (α, β) medidos com relação aos eixos geométricos de referência $R = (X, Y, Z)$ centrados no CRE. Para avaliar um critério de visão central em uma direção de olhar fixo (α, β) , um raio de olhar fixo 1 é construído a partir do CRE na direção de olhar fixo (α, β) . 11 é o raio incidente após passar através da lente 20.

[000118] A figura 4 ilustra um modelo para visão periférica com a

finalidade de avaliar um critério em uma situação de visão periférica através do traçado de raio. Em uma situação de visão periférica, uma direção de olhar fixo (α , β) (não representada aqui) é fixa, e um objeto é visto em uma direção de raio periférico diferente da direção de olhar fixo. Uma direção de raio periférico é definida por dois ângulos (α' , β') medidos com relação aos eixos geométricos de referência $R' = (X', Y', Z')$ centrados na pupila de entrada do olho e movendo ao longo do eixo geométrico de direção de olhar fixo dado pela direção fixa (α , β) e representado pelo eixo geométrico X' na figura 4. Para avaliar um critério de visão periférica em uma direção de raio periférico (α' , β'), um raio periférico 2 é construído a partir do centro da pupila P em uma direção de raio periférico (α' , β'). 22 é o raio incidente após passar através da lente 20.

[000119] De acordo com o raio de olhar fixo 1 (na visão central) ou com o raio periférico 2 (na visão periférica), o software de traçado de raio computa o raio incidente correspondente, alternativamente sob referência 11 e 22 nas figuras 3 e 4. A seguir, um ponto de objeto é escolhido no raio no espaço de objeto e a partir desse objeto um lápis de raios é construído para calcular a imagem final. Traçado de raio permite então computar os critérios selecionados.

[000120] As figuras 5 a 13 estão agora ilustrando método de avaliação de critério de critérios de acordo com a presente invenção.

[000121] A figura 5 ilustra traçado de raio para estimar desvio prismático PD em visão periférica. Desvio prismático em visão periférica é estimado através de traçado de raio de um raio periférico associado a uma direção de raio periférico (α' , β') dada com relação aos eixos geométricos de referência centrados no centro da pupila de entrada e movendo ao longo da direção de olhar fixo, como discutido acima. Um raio 2 emitido a partir do centro da pupila de entrada na direção de raio periférico (α' , β') com o eixo geométrico de direção de olhar fixo X' é

traçada. Raio incidente 22 correspondendo a raio 2 é então construído. Desvio prismático representa o ângulo entre raio incidente 22 e um raio virtual 3 emitido a partir do centro da pupila na direção de raio 2 e não desvio pelo prisma da lente 20.

[000122] A figura 6 descreve desvio ocular OCD. Mostra um primeiro raio 33 vindo de um objeto 10 quando nenhuma lente é colocada em sua trajetória até o CRE, e um segundo raio 120 vindo do mesmo objeto cuja trajetória é modificada pela adição de uma lente 20. O raio 12 corresponde ao raio 120 no espaço de imagem após passar através da lente 20. O desvio ocular OCD em uma direção (α , β) é estimado em visão central e é definido como o ângulo entre:

- A direção do olho alvejando um objeto sem lente (representado pelo raio 33) e
- A direção do olho alvejando o mesmo objeto quando a lente é colocada na frente do olho da pessoa que vê (representado pelo raio 12).

[000123] A figura 7 representa desvio de campo de raio de pupila PRFD, mostra um primeiro raio 34 vindo de um objeto 10 localizado no campo de visão periférica quando nenhuma lente é colocada em sua trajetória até a pupila de entrada do olho, e um segundo raio incidente 230 vindo do mesmo objeto cuja trajetória é modificada pela introdução de uma lente 20. O raio 23 corresponde no campo de imagem ao raio incidente 230.

[000124] O desvio de raio de campo de pupila PRFD é estimado em visão periférica e é definido como o ângulo medido no espaço de imagem, entre

[000125] Um raio reto 34 vindo de um objeto localizado no campo de visão periférica de um olho e entrando no centro da pupila, e

[000126] Um raio 23 vindo do mesmo objeto e entrando no centro da pupila quando a lente é colocada nos olhos do usuário.

[000127] A figura 8 ilustra campo visual de objeto em visão central em um plano e para dois raios arbitrariamente escolhidos 4 e 5 emitidos a partir do CRE. O campo visual de objeto representa a porção de espaço que o olho pode observar varrendo uma porção angular da lente determinada pelo raio 4 e raio 5 no espaço de objeto. A parte tracejada 60 representa o campo visual de objeto em visão central.

[000128] A figura 9 ilustra um exemplo de campo visual VF em visão central para dois raios 41 e 51 emitidos a partir do CRE. A lente 20 é representada como uma superfície com linhas de isoastigmatismo 201-206. Os raios 41 e 51 são definidos como a interseção entre um eixo geométrico horizontal predeterminado dado por uma direção α e duas linhas de isoastigmatismo predeterminadas 201 e 204. Essas interseções permitem traçar o raio 41 ao longo da direção (α, β_1) e raio 51 ao longo da direção (α, β_2) . O campo visual de objeto VF em visão central é uma função de desvio prismático e pode ser expresso matematicamente por dois raios como:

$$VF(\alpha) = | \beta_1 + Dp_H(\alpha, \beta_1) | + | \beta_2 + Dp_H(\alpha, \beta_2) |$$

- $Dp_H(\alpha, \beta_1)$ representa desvio prismático horizontal na direção de olhar fixo (α, β_1) . Desvio prismático horizontal é o componente do desvio prismático em um plano horizontal referenciado P na figura 8.

- $Dp_H(\alpha, \beta_2)$ representa desvio prismático horizontal na direção de olhar fixo (α, β_2) .

[000129] A figura 10 ilustra desvio prismático horizontal HPD em visão central. Desvio prismático é definido como a diferença angular entre raio 130 e raio 35. O raio 130 é a imagem do raio 13 no espaço de objeto. O raio 13 é emitido a partir do centro de rotação de olho de acordo com a direção (α, β) nos eixos geométricos de referência fixos (X, Y, Z) centrados no centro de rotação do olho como representado na figura 10.

O raio 35 é um raio virtual emitido a partir do centro de rotação de olho de acordo com a direção (α, β) e não desviado pelo prisma da lente. Desvio prismático horizontal HPD é o componente do desvio prismático no plano (XOZ) e pode ser calculado através de:

$$\text{HPD} = \left(\text{Arc sin} \left(\left(\frac{\mathbf{V}_{ini}^h \wedge \mathbf{V}_{fin}^h}{\|\mathbf{V}_{ini}^h\| \|\mathbf{V}_{fin}^h\|} \right) \cdot \vec{y} \right) \right),$$

em que

$$\mathbf{V}^h = \mathbf{V} - \vec{y}(\mathbf{V} \cdot \vec{y}),$$

e

\mathbf{V}_{ini} e \mathbf{V}_{fin} são vetores de direção alternativamente de raio 13 e 130.

[000130] A figura 11 ilustra outra modalidade do campo visual de objeto em visão central definido por um conjunto de direções de olhar fixo representando o formato da armação de óculos 210. A lente 20 é representada como uma superfície com linhas de isoastigmatismo 201-208. Para cada (α_i, β_i) das direções de olhar fixo, os requerentes definem P_i o plano contendo:

- O vetor definido pela direção de olhar fixo (α_i, β_i)
- O vetor definido pela direção de olhar fixo $(0, 0)$
- O centro de rotação do olho.

[000131] Os requerentes calculam o desvio prismático projetado em P_i para a direção de olhar fixo dada por $(\alpha, \beta) = (0, 0)$: $D_{p_i}(0, 0)$.

[000132] Os requerentes calculam o desvio prismático projetado em P_i para a direção de olhar fixo dada por (α_i, β_i) : $D_{p_i}(\alpha_i, \beta_i)$.

[000133] Esse campo visual é denominado campo visual de objeto total e pode ser matematicamente expresso como

$$VF = \sum_i |D_{p_i}(0, 0) + \beta_i + D_{p_i}(\alpha_i, \beta_i)|$$

Onde:

[000134] Dp_i (α_i , β_i) representa o desvio prismático na direção de olhar fixo (α_i , β_i) projetada no plano P_i .

[000135] A figura 12 ilustra campo visual de imagem em visão central, raios 4 e 5 são utilizados para definir o campo visual de objeto em visão central e parte pontilhada 70 representa o campo visual de imagem em visão central considerando um campo visual de objeto em visão central representada na parte tracejada 60.

[000136] A figura 13 ilustra campo visual de objeto em visão periférica em um plano e para dois raios arbitrariamente escolhidos 6 e 7 emitidos a partir da pupila de entrada do olho P. A parte tracejada 80 representa o campo visual de objeto em visão periférica.

[000137] A figura 14 ilustra campo visual de imagem em visão periférica, raios 6 e 7 são utilizados para definir o campo visual de objeto em visão periférica 80 e parte pontilhada 90 representa o campo visual de imagem em visão periférica considerando um campo visual de objeto em visão periférica representada na parte tracejada 80.

[000138] A figura 15 ilustra a ampliação do olho de um usuário. Ω e Ω' são alternadamente os ângulos sólidos sob os quais um observador vê o olho de um usuário com e sem uma lente 20. O observador está localizado a uma distância d do usuário cujo olho é mencionado como 21, o centro da pupila de entrada de observador é mencionada como OP e a distância de vértice entre o olho do usuário 21 e a lente 20 é mencionada como q' . Por exemplo, a distância d pode ser, por exemplo, igual a um metro.

[000139] As figuras 16a e b ilustram deslocamento de fonte TS. O deslocamento de fonte é devido ao desvio prismático induzido por uma lente 20 quando um usuário é visto por um observador. OP é o ponto de centro de pupila de um observador olhando a cabeça do usuário 25. O olho do usuário é referido como 21, o nariz do usuário é referido como 27, a fonte do usuário é referido como 26. O usuário está usando lentes

de óculos. O deslocamento de fonte é definido como um ângulo TS entre um raio 100 originado da fonte 26 quando o observador está olhando a fonte do usuário sem a lente e um raio 101 originado da fonte 26 quando o observador está olhando a fonte do usuário através da lente 20. Por exemplo, a distância entre o usuário e o observador pode ser igual a um metro.

[000140] Modalidades não limitadoras de função de custo são agora descritas para ilustrar melhor a invenção.

[000141] As modalidades de funções de custo são descritas primeiramente para um critério local C_k e então para um critério global C_k .

[000142] Para um critério local C_k , as seguintes etapas são implementadas:

- definir uma zona de avaliação D_k associada a um critério C_k . A zona de avaliação compreende um ou vários domínios de avaliação $D_k^i (i \in [1 \dots M_k], M_k$ inteiro superior ou igual a 1 representa o número de domínios de avaliação associados a um critério), o domínio de avaliação sendo definido como pelo menos uma direção de olhar fixo (α, β) se o critério pertencer ao grupo de critérios de visão central, ou pelo menos uma direção de raio periférico (α', β') se o critério pertencer ao grupo de critérios de visão periférica;

- definir uma função de avaliação H_k : para um par $[C_k, D_k]$ compreendendo um critério C_k e uma zona de avaliação D_k , uma função de avaliação H_2 associa a um domínio de avaliação D_k^i de D_k um valor de critério numérico $H_k(D_k^i, OSP)$ para um sistema óptico (OS) definido por seus parâmetros de sistema óptico (OSP);

- fornecendo um triplete $\{C_k, D_k, H_k\}$ compreendendo um critério C_k , uma zona de avaliação D_k , uma função de avaliação H_k e parâmetros de sistema óptico OSP, definir uma função de custo $CF_k(OSP)$. A função de custo CF_k associa um valor numérico ao critério

C_k na zona D_k .

- um critério dado C_k pode ser utilizado várias vezes com zonas de avaliação eventualmente diferentes; por exemplo, CF_1 e CF_2 podem ser associados a esse dado critério C_k .

- valores alvo podem ser associados aos domínios de avaliação. Valores alvo podem ser determinados pelo projetista óptico por vários modos:

. utilizando uma “lente alvo”: para um critério selecionado, valores alvos são computados a partir da lente alvo e são adicionalmente utilizados como valores alvo.

. utilizando um banco de dados onde valores alvo são predeterminados para um critério e um conjunto correspondente de domínios de avaliação.

. utilizando uma função analítica.

[000143] Dados valores de critério e conjunto correspondente de alvos, uma função de custo pode ser matematicamente definida por:

$$CF_k(OSP) = \sum_{i=1}^{MK} w_k^i * (H_k(D_k^i, OSP) - T_k^i)^2,$$

[000144] Onde T_k^i é um valor alvo associado a um domínio de avaliação D_k^i e w_k^i são pesos predeterminados.

[000145] Vantajosamente valores alvo não necessitam ser predeterminados.

[000146] Por exemplo, uma função de custo pode ser definida como:

* Um valor máximo sobre a zona de avaliação D_k associada ao critério C_k :

$$CF_k(OSP) = \max_{i=1..MK} (H_k(D_k^i, OSP)^2),$$

Ou

$$CF_k(OSP) = \left[\max_{i=1 \dots M_k} H_k(D_k^i, OSP) \right]^2,$$

[000147] Em que \max_i retorna o valor máximo de H_k sobre os domínios de avaliação da zona de avaliação D_k associada à C_k .

[000148] * uma soma pesada:

$$CF_k(OSP) = \left[\sum_{i=1}^{M_k} w_k^i * H_k(D_k^i, OSP) \right]^2,$$

[000149] Em que w_k^i são pesos predeterminados.

[000150] * um valor médio para todo o domínio de avaliação D_k^i da função de avaliação H_k :

$$CF_k(OSP) = \frac{1}{M_k} \sum_{i=1}^{M_k} H_k(D_k^i, OSP)$$

[000151] Para um critério global C_k , as seguintes etapas são implementadas:

- definir uma função de avaliação H_k : para um critério C_k , uma função de avaliação H_k associada um valor de critério numérico $H_k(OSP)$ para um sistema óptico (OS) definido por seus parâmetros de sistema óptico (OSP);

- dando uma função de avaliação H_k e parâmetros de sistema óptico OSP, definir uma função de custo $CF_k(OSP)$. A função de custo CF_k associa um valor numérico ao critério C_k .

- valores alvo podem ser associados ao critério. Valores alvo são determinados pelo projetista óptico por vários modos:

- . utilizando uma “lente alvo”: para um critério selecionado, valores alvo são computados a partir da lente alvo e são adicionalmente utilizados como valores alvo;

. utilizando um banco de dados onde valores alvo são predeterminados para um critério;

. utilizando uma função analítica.

[000152] Dado o valor de critério e alvo correspondente, uma função de custo pode ser matematicamente definida por:

$$CF_k(OSP) = W_k * (H_k(OSP) - T_k)^2$$

[000153] Onde T_k é um valor alvo e W_k é um peso predeterminado.

[000154] Vantajosamente, valores alvo não necessitam ser predeterminados.

[000155] Por exemplo, uma função de custo pode ser definida como a função de avaliação H_k :

$$CF_k(OSP) = H_k(OSP)$$

Pode ser qualquer outra função real como, por exemplo,

$$CF_k(OSP) = (H_k(OSP))^2$$

[000156] A presente invenção provê, desse modo, um método para calcular por otimização um sistema óptico que pode ser utilizado para todos os tipos de lentes ópticas, particularmente lentes oftálmicas, por exemplo, visão única (esférica, tórica), bifocal, progressiva, lentes esféricas (etc.).

[000157] A invenção foi descrita acima, a saber, com o auxílio de modalidades dirigidas a sistemas ópticos. Deve ser dito que essas modalidades não limitam o conceito inventivo geral e que a presente invenção provê um método para calcular por otimização um sistema para todos os tipos de campos técnicos.

[000158] O método da invenção é de interesse específico ao lidar com sistemas complexos. Como por exemplo, a otimização em conjunto de um limpador e superfície de pára-brisa é tal problema complexo a ser resolvido.

REIVINDICAÇÕES

1. Método implementado por computador para cálculo de um sistema óptico (S) por otimização, o método **caracterizado pelo** fato de que compreende:

i. fornecer um conjunto de parâmetros do sistema óptico (SP), de modo a definir um sistema óptico de partida (SS), cada parâmetro do sistema óptico (SP) a ser criada em um valor inicial;

ii. definir uma pluralidade de critérios (C_k);

iii. associar uma função de custo (CF_k) para cada critério (C_k);

iv. definir uma pluralidade de funções de custo global (GCF_1, \dots, GCF_{ND}), associando pelo menos uma função de custo (CF_k) a cada função de custo global (GCF_p);

v. definir um vetor de parâmetros variável (X_p) associado a cada função de custo global (GCF_p), selecionando pelo menos um dentre o conjunto de parâmetros do sistema óptico (SP) para cada vetor de parâmetros variáveis (X_p);

vi. otimizar a pluralidade de funções de custo global (GCF_1, \dots, GCF_{ND}) utilizando o computador, modificando pelo menos um dos valores dos parâmetros do sistema óptico dos vetores de parâmetros variáveis (X_1, \dots, X_{ND}) para obter um sistema óptico intermediário (IS), em que obter o sistema óptico intermediário (IS) inclui alternativamente otimizar cada função de custo global (GCF_p) minimizando uma das funções de custo global (GCF_p) de cada vez para obter um novo sistema óptico intermediário (IS) após cada etapa de otimização;

vii) repetir a etapa vi) até que um equilíbrio seja alcançado, para obter um sistema óptico (S) definido por sistema óptico que inclui superfícies, um índice dos vidros, e uma posição de cada superfície em relação a outra.

2. Método, de acordo com a reivindicação 1, **caracterizado**

pelo fato de que, durante a etapa vi), a otimização da pluralidade de funções de custo global (GCF_1, \dots, GCF_{ND}) é efetuada usando um método de múltiplos critérios.

3. Método, de acordo com a reivindicação 1 ou 2, **caracterizado pelo** fato de que, durante a etapa vi), a otimização da pluralidade de funções de custo global (GCF_1, \dots, GCF_{ND}) é efetuada utilizando um método múltiplos objetivos.

4. Método, de acordo com qualquer uma das reivindicações precedentes, **caracterizado pelo** fato de que, durante a etapa v), o pelo menos um parâmetro do sistema óptico é selecionado para apenas um vetor de parâmetro variável (X_p).

5. Método, de acordo com a reivindicação 1, **caracterizado pelo** fato de que o sistema de início óptico (SOS) compreende uma primeira e uma segunda superfície óptica, e no qual, durante a etapa v), um primeiro e um segundo vetor de parâmetros variáveis (X_1, X_2) são definidos, o primeiro vetor de parâmetros variáveis (X_1) compreendendo os parâmetros do sistema óptico relacionados com a primeira superfície óptica, o segundo vetor de parâmetros variáveis (X_2) compreendendo os parâmetros do sistema óptico relacionados com a segunda superfície óptica.

6. Método, de acordo com a reivindicação 1 ou 5, **caracterizado pelo** fato de que pelo menos uma função de custo global (GCF_p) é definida pela associação de apenas uma ou várias função de custo (s) (CF_k), associada a critérios ópticos (C_k) selecionados na lista composta por poder na visão central, astigmatismo na visão central, aberração de alta ordem na visão central, acuidade da visão central, poder na visão periférica, astigmatismo na visão periférica, aberração de alta ordem na visão periférica, ou uma variação dos critérios anteriores.

7. Método, de acordo com qualquer uma das reivindicações

1 a 6, **caracterizado pelo** fato de que pelo menos uma função de custo global (GCF_P) é definida pela associação apenas uma ou várias(s) função(ões) de custo (CF_K), associada(s) a critérios ópticos (C_k) selecionados na lista composta por desvio prismáticos na visão central, desvio ocular, campo visual de objeto na visão central, campo visual de imagem na visão central, ampliação na visão central, desvio de raio de campo da pupila, campo visual de objeto em visão periférica, campo visual de imagem na visão periférica, desvio prismático na visão periférica, ampliação na visão periférica, a ampliação do olho, mudança de templo ou uma variação de critérios anteriores.

8. Método, de acordo com qualquer uma das reivindicações 1 a 7, **caracterizado pelo** fato de que pelo menos uma função de custo global (GCF_P) é definida pela associação de apenas uma ou várias função(ões) de custo (CF_K) associada a um critério geométrico (C_k).

9. Método, de acordo com qualquer uma das reivindicações precedentes, **caracterizado pelo** fato de que, durante a etapa vi) e a etapa vii), cada uma da pluralidade de funções de custo global (GCF_P) é otimizada até que um equilíbrio seja alcançado.

10. Método de fabricação de um sistema (S), o método **caracterizado pelo** fato de que compreende:

- calcular o sistema (S) através da otimização como definida em qualquer uma das reivindicações precedentes; e
- produzir o sistema óptico calculado.

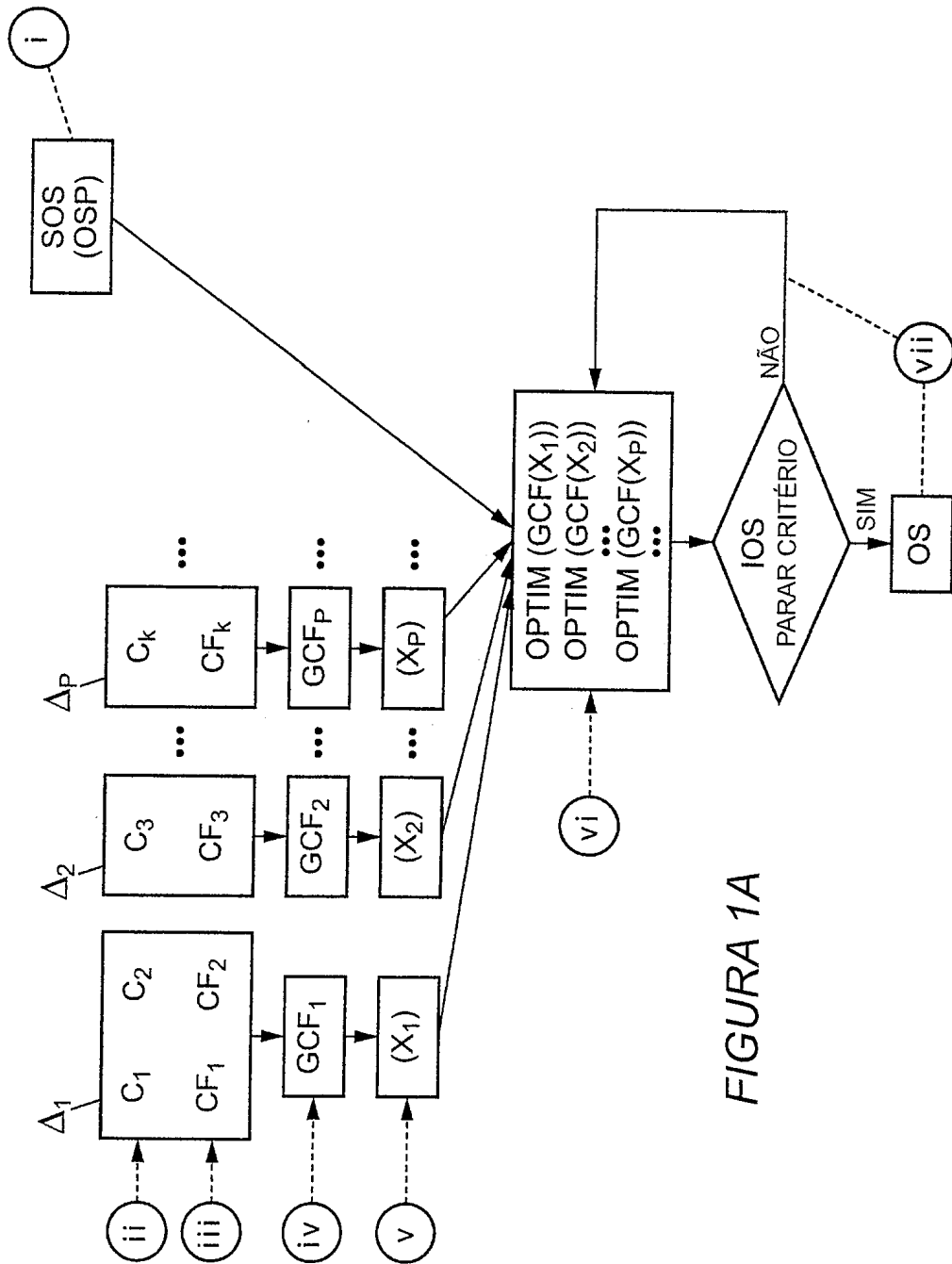


FIGURA 1A

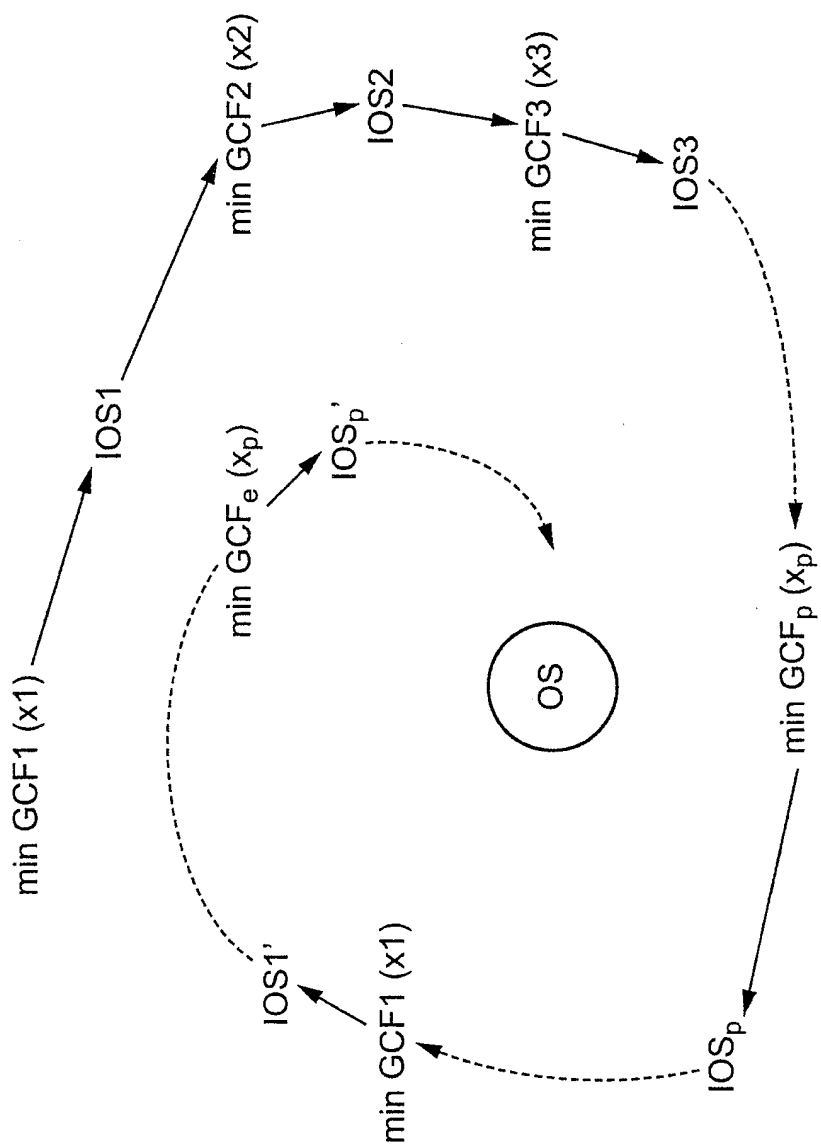


FIGURA 1B

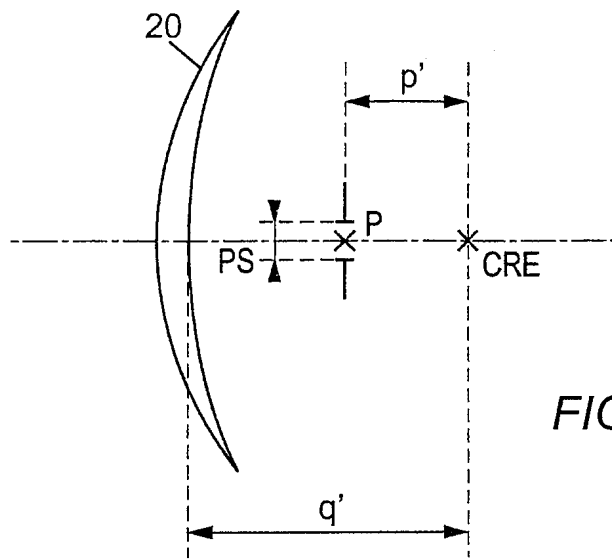


FIGURA 2

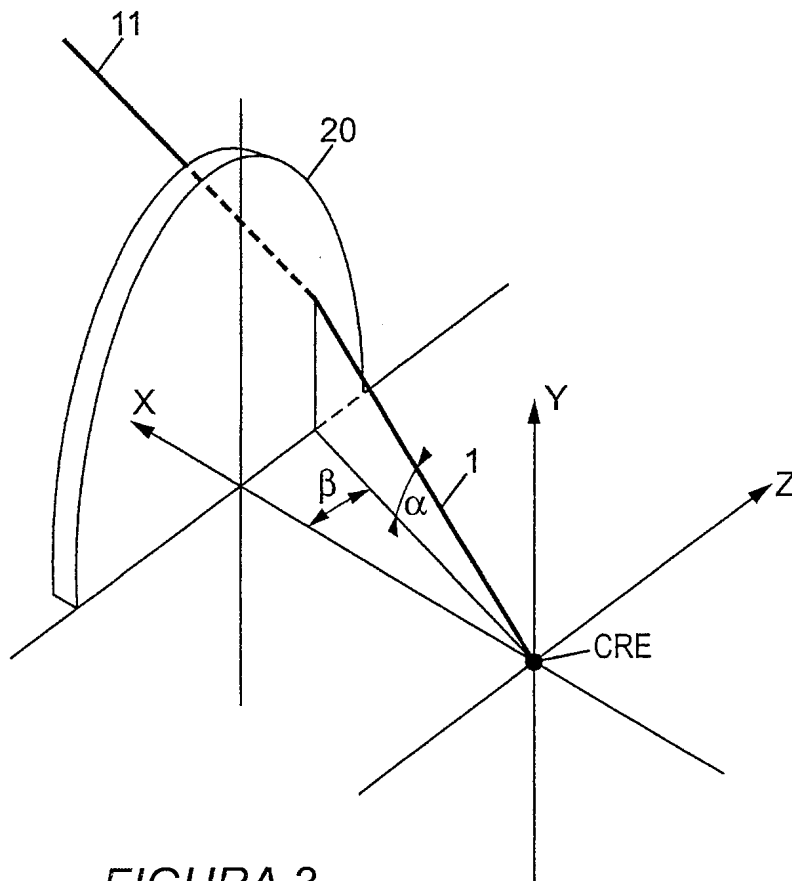


FIGURA 3

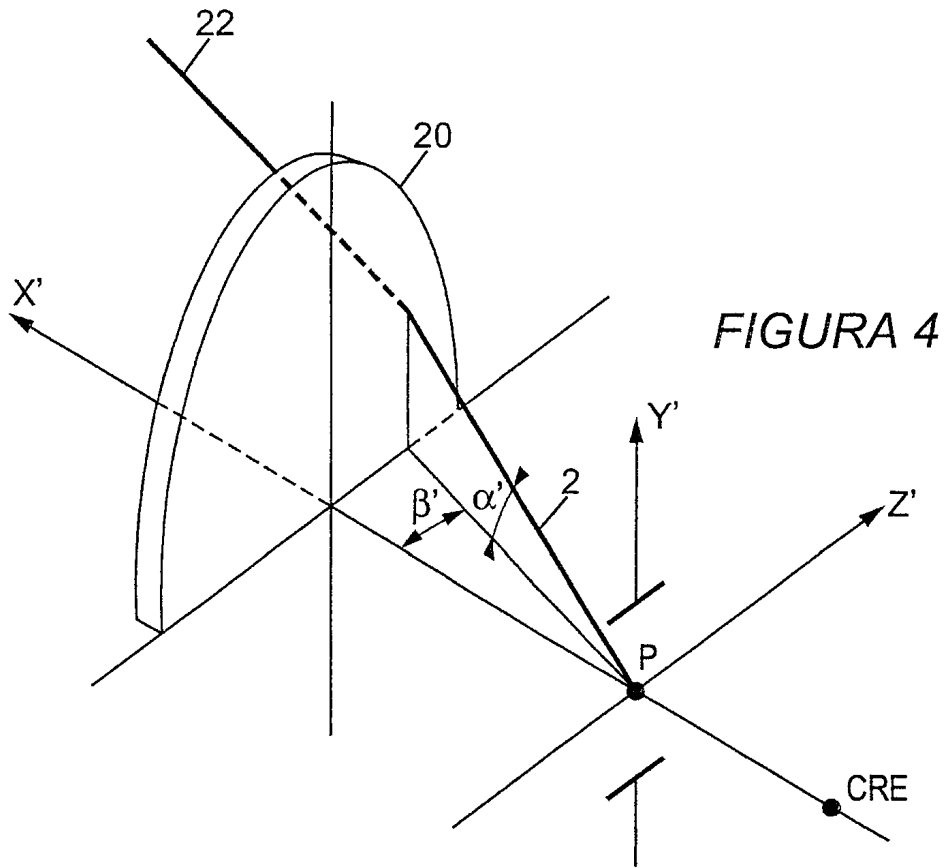


FIGURA 4

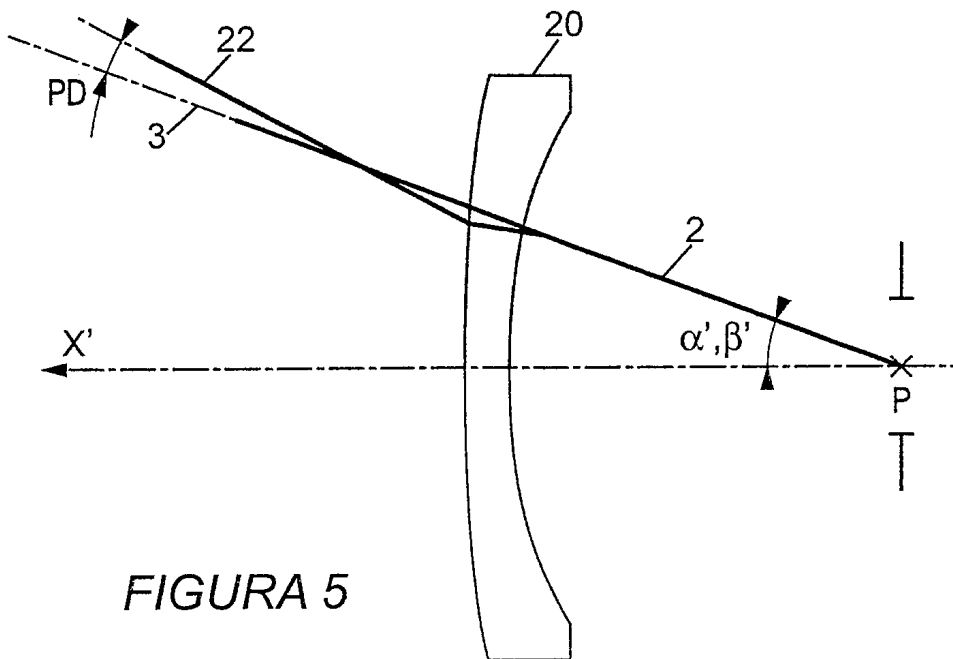
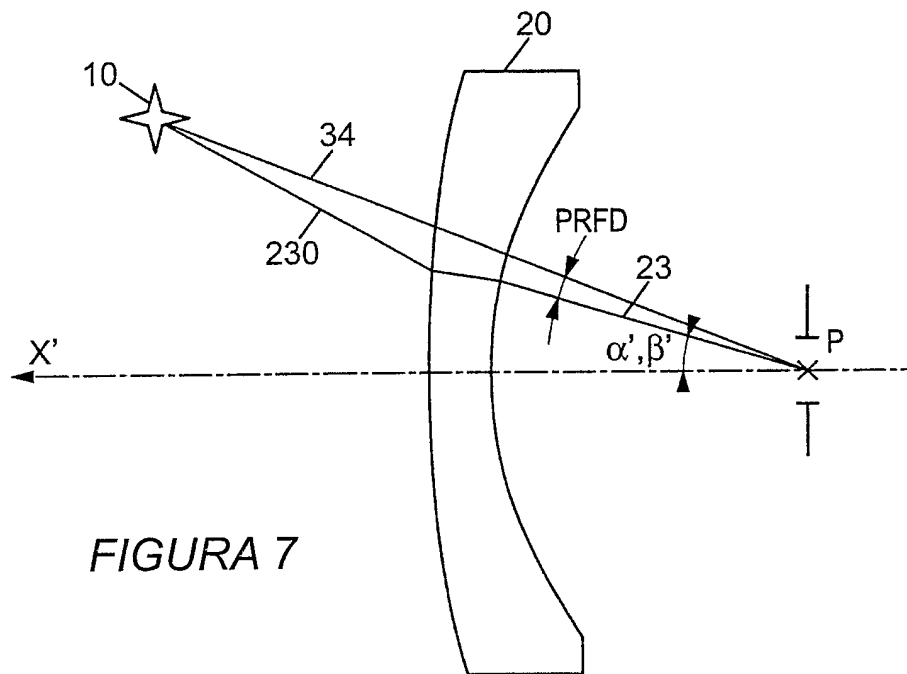
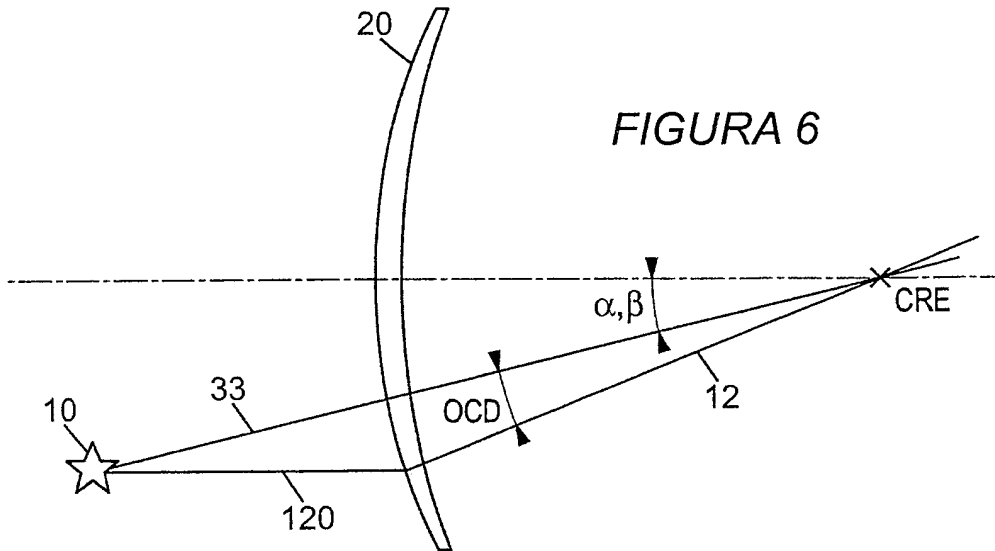


FIGURA 5



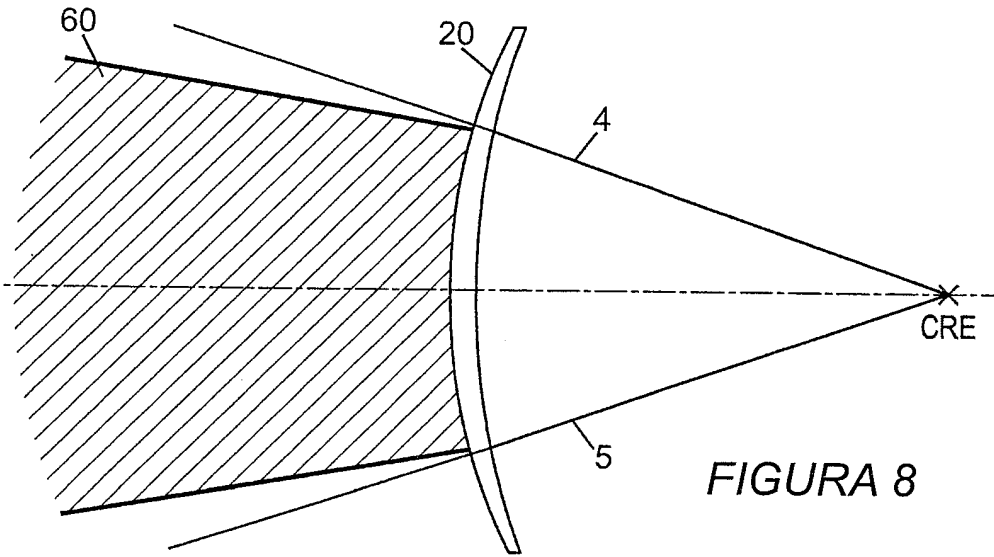


FIGURA 8

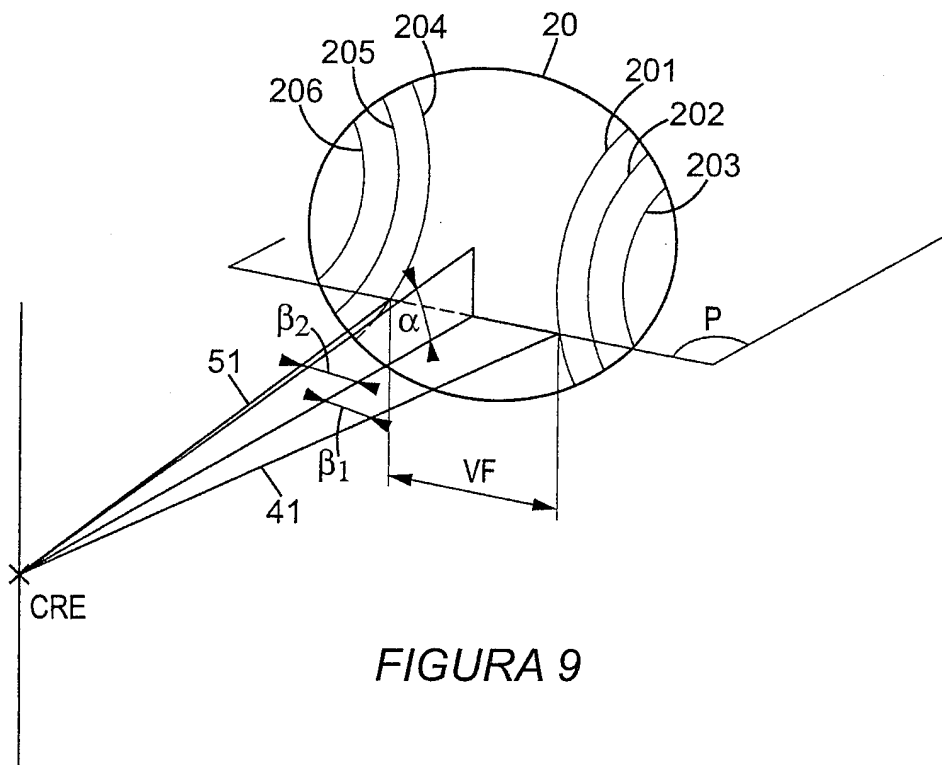


FIGURA 9

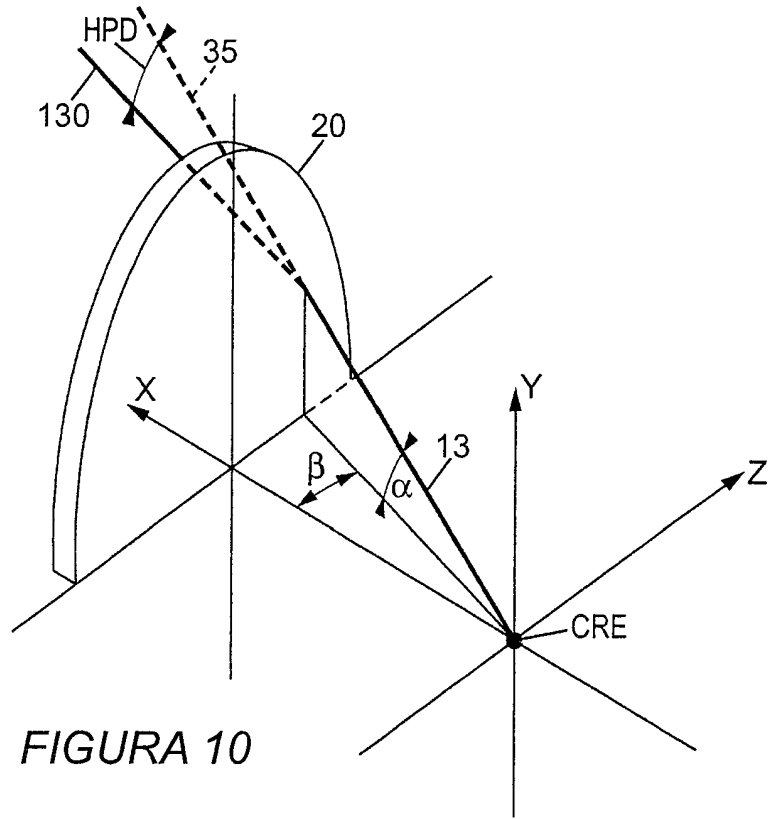


FIGURA 10

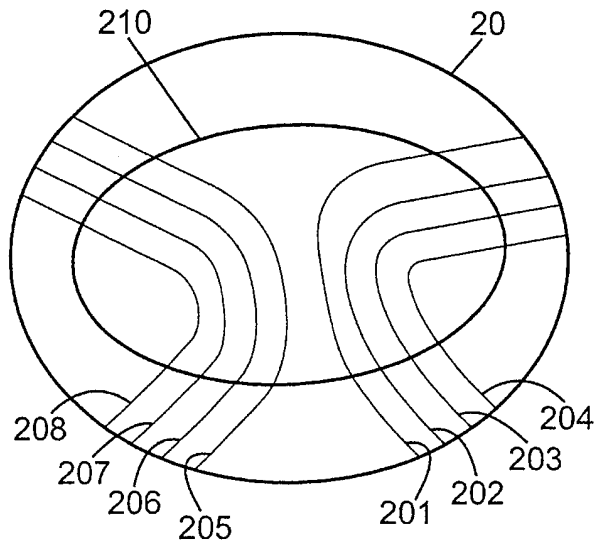


FIGURA 11

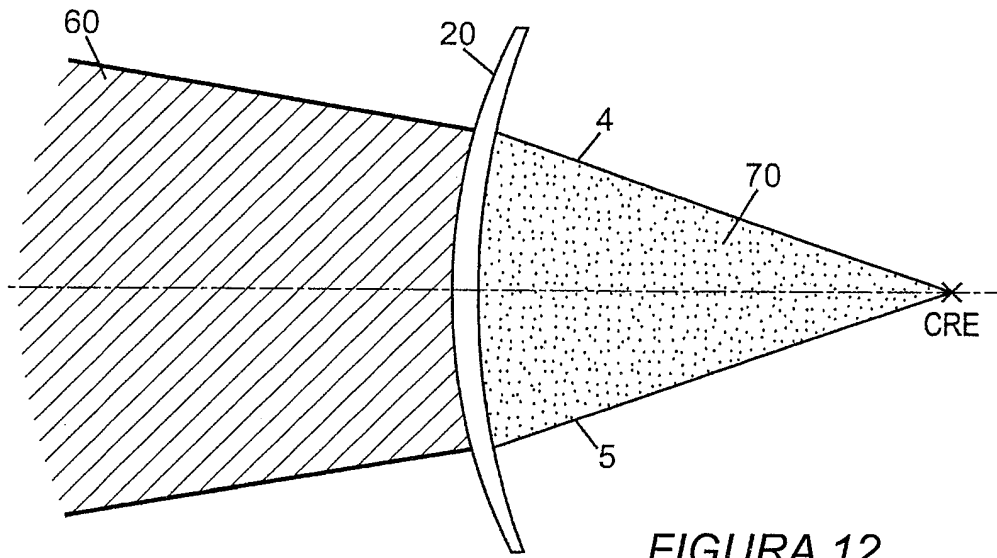


FIGURA 12

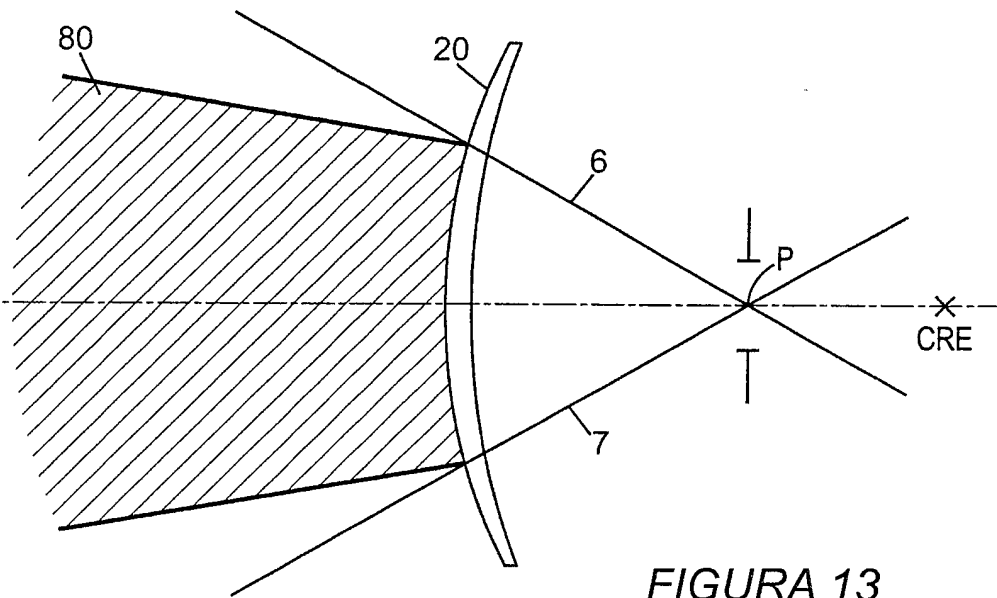


FIGURA 13

