



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

(11) PI 0920136-0 B1



(22) Data do Depósito: 16/10/2009

(45) Data de Concessão: 02/07/2019

(54) Título: DETERMINAÇÃO DE SISTEMA ÓPTICO DE ACORDO COM CRITÉRIOS AVANÇADOS

(51) Int.Cl.: G02C 7/02; G02C 7/06.

(52) CPC: G02C 7/02; G02C 7/024; G02C 7/028; G02C 7/061.

(30) Prioridade Unionista: 16/10/2008 EP 08305693.7.

(73) Titular(es): ESSILOR INTERNATIONAL.

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

(86) Pedido PCT: PCT EP2009063569 de 16/10/2009

(87) Publicação PCT: WO 2010/043704 de 22/04/2010

(85) Data do Início da Fase Nacional: 14/04/2011

(57) Resumo: DETERMINAÇÃO DE SISTEMA ÓPTICO DE ACORDO COM CRITÉRIOS AVANÇADOS. A presente invenção se refere a um método implementado por meio de computador para calcular por otimização um sistema óptico, por exemplo, uma lente oftálmica de acordo com pelo menos um critério dentre a lista a seguir que consiste em: desvio ocular, campo angular visual de objeto em visão central, campo angular visual de imagem em visão central, desvio de raio de campo de pupila, campo visual angular de objeto em visão periférica, campo angular visual de imagem em visão periférica, desvio prismático em visão periférica, ampliação em visão periférica, volume de lente, ampliação dos olhos, deslocamento de têmpora ou uma variação dos critérios anteriores .

“DETERMINAÇÃO DE SISTEMA ÓPTICO DE ACORDO COM CRITÉRIOS AVANÇADOS”

A invenção se refere a um método para calcular por otimização um sistema óptico, por exemplo, e não de maneira limitada, o sistema óptico representa uma lente oftálmica.

5 Mais especificamente, a invenção se refere a um método para determinar parâmetros de um sistema óptico implementando uma otimização de critérios.

Métodos de otimização para cálculo de sistema óptico são bem conhecidos; entretanto, atualmente o número de critérios levados em conta é limitado e não possibilita atender todas as necessidades de usuários de lentes. A patente francesa FR 9812109 da Depositante descreve, por exemplo, um método para determinar parâmetros ótimos para um sistema óptico, especialmente de acordo com critérios de astigmatismo e potência.

Métodos conhecidos apresentam desvantagens decorrentes do fato de que critérios clássicos com o objetivo de melhorar apenas a qualidade óptica da imagem causada por aberrações ópticas como erros de potência e astigmatismo. Essas aberrações incluem indefinição na imagem e uma queda de contraste, causando, portanto, visão obscura.

15 Critérios clássicos não possibilitam melhorar outro tipo de desempenho como deformações e localização da de imagem, que são tecidos principais para melhorar a adaptação do usuário e atender a necessidades específicas de usuários em geral.

A presente invenção torna possível considerar um grande número de critérios a fim de alcançar um melhor cálculo de sistema óptico, próximo às necessidades do usuário.

Desse modo, a invenção descreve um método para calcular por otimização um sistema óptico, por exemplo, uma lente oftálmica de acordo com pelo um critério compreendendo as etapas de:

25 i. Selecionar pelo menos um critério dentre um ou diversos dos três grupos de critérios que consistem em:

- grupo de critérios de visão central consistindo em: desvio ocular, campo angular visual de objeto em visão central, campo angular visual de imagem em visão central ou variação dos critérios anteriores;

30 - grupo de critérios de visão periférica consistindo em: desvio de raio de campo de pupila, campo angular visual de objeto em visão periférica, campo angular visual de imagem em visão periférica, desvio prismático em visão periférica, ampliação em visão periférica ou uma variação dos critérios anteriores;

- grupo de critérios gerais consistindo em: volume de lente, ampliação do olho, deslocamento de têmpera;

35 ii. Para cada critério selecionado, definindo:

- uma zona de avaliação compreendendo um ou diversos domínios de avaliação e um conjunto de valores alvo associados aos ditos domínios de avaliação, se o dito critério

pertence aos grupos de critérios de visão central ou periférica, ou

- um valor alvo associado ao dito critério, se o dito critério pertence ao grupo de critérios gerais;

5 iii. Selecionar um sistema óptico de partida e definir um sistema óptico de trabalho que seja igual ao sistema óptico de partida, onde o sistema óptico de partida e o sistema óptico de trabalho compreendem, cada um, pelo menos duas superfícies ópticas;

iv. Avaliar para o sistema óptico de trabalho e cada critério selecionado:

10 - um conjunto de valores de critérios associados aos ditos domínios de avaliação, se o dito critério selecionado pertence aos grupos de critérios de visão central ou periférica, ou

- um valor de critério, se o dito critério pertence ao grupo de critérios gerais;

v. Modificar pelo menos um parâmetro do sistema óptico de trabalho, a fim de minimizar uma função de custo considerando valores alvo e valores de critério repetindo a etapa iv até que um critério de parada esteja satisfeito.

15 Os critérios descritos na presente invenção possibilitam ao designer óptico melhor atender as necessidades do usuário de lente. Por exemplo, campo angular visual de imagem em visão central deve ser otimizado de acordo com necessidades específicas e ametropia a fim de, por exemplo, limitar a rolagem de espaço. Uma outra vantagem do método é a possibilidade de otimizar o campo angular visual de objeto em visão central a fim de adaptar o último ao usuário ou à estrutura de suas lentes; por exemplo, graças ao método, o designer óptico irá tentar ampliar o campo angular visual de objeto para usuários que sofrem de hipermetropia, visto que usuários hipermetrópicos sempre se queixam de um campo de visão estreito.

20

A escolha de critérios mencionados acima escolhidos dentro um ou diversos dos grupos de critérios tratar administrar deformações de forma da imagem e desvios (oculares e / ou prismáticos), ao passo que critérios comumente usados para determinar sistemas ópticos são direcionados a tratamento de aberrações ópticas.

25

Aberrações ópticas causam indefinição da imagem e reduzem o contraste e/ou causam visão obscura, ao passo que deformações de forma da imagem e desvios (oculares e / ou prismáticos) modificam a aparência do objeto a ser visto, e a imagem do objeto a ser visto pode ser menor ou maior, retorcida, deslocalizada em comparação ao objeto real a ser visto.

30

De acordo com uma modalidade, o método é implementado por meio técnico, como por exemplo, por meio de computador.

35 De acordo com modalidades diferentes, que podem ser combinadas, o pelo menos um critério selecionado dentre o grupo de critérios é:

- um ou diversos critérios de visão central,

- um ou diversos critérios de visão periférica,
- um ou diversos critérios gerais.

De acordo com modalidades diferentes que podem ser combinadas, o pelo menos um critério selecionado dentre os grupos de critérios é selecionado dentre um ou uma pluralidade dos subgrupos a seguir:

5 - subgrupo 1 de critérios de visão central consistindo em desvio ocular, ou uma variação do mesmo;

10 - subgrupo 2 de critérios de visão ocular consistindo em campo angular visual de objeto em visão central, campo angular visual de imagem em visão central ou uma variação dos mesmos;

- subgrupo 1 de critérios de visão periférica consistindo em desvio de raio de campo de pupila, desvio prismático em visão periférica ou uma variação dos mesmos;

15 - subgrupo 2 de critérios de visão periférica consistindo em campo angular visual de objeto em visão periférica, campo angular de visão de imagem em visão periférica ou uma variação dos mesmos;

- subgrupo 3 de critérios de visão periférica consistindo em ampliação em visão periférica ou uma variação dos mesmos;

- subgrupo 1 de critérios gerais consistindo em volume de lente ou uma variação dos mesmos;

20 - subgrupo 2 de critérios gerais consistindo em ampliação do olho, deslocamento de têmpera ou uma variação dos mesmos.

No escopo da presente invenção, os termos acima mencionados são entendidos de acordo com as definições a seguir:

25 - Um sistema óptico é definido pelos coeficientes das equações de todas suas superfícies, o índice dos vidros e a posição de cada superfície em relação entre si (deslocamento, rotação e inclinação). Esses elementos são referidos como os parâmetros do sistema óptico. Superfícies de um sistema óptico são usualmente representadas de acordo com uma equação polinomial ou paramétrica obtida usando-se um modelo à base dos polinômiais B-splines ou de Zernike. Esses modelos dão curvatura contínua em toda a lente. Superfícies também podem ser superfícies Fresnel ou pixelizadas. O índice de materiais pode ser

30 não homogêneo e depende de alguns parâmetros do sistema óptico.

- Visão central (também referida como visão foveal) 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 para um objeto que fica em uma direção do

35 olhar e a fóvea do observador se move para seguir o objeto. A visão central permite que uma pessoa leia, dirija e realize outras atividades que requerem visão fina e apurada.

- Uma direção do olhar é definida por dois ângulos medidos com relação a eixos de

referência centralizados no centro de rotação do olho.

- Visão periférica descreve a capacidade de ver objetos e movimento fora da linha de direção de visão. Em uma situação de visão periférica, um observador olha em uma direção do olhar fixa e um objeto é visto fora desta linha direta de visão. A direção de um raio proveniente do objeto para o olho é então diferente da direção do olhar e é referida como direção de raio periférico. A visão periférica é o trabalho das varas, células nervosas localizadas fora da fóvea da retina.

- Uma direção de raio periférico é definida por dois ângulos medidos com relação a eixos de referência centralizados na pupila de entrada do olho e que se movem ao longo ao longo do eixo de direção do olhar.

- Desvio ocular é definido em visão central e descreve o fato de que adicionar uma lente faz com que um olho gire a fim de continuar focalizado no mesmo objeto. O ângulo pode ser medido em dioptrias prismáticas.

- Campo angular visual de objeto em visão central é definido no espaço do objeto pela porção angular de espaço que o olho pode observar varrendo uma porção angular da lente determinada por pelo menos duas direções do olhar. Por exemplo, essas direções do olhar podem ser definidas pela forma da armação de óculos ou por um nível de aberraçã que impede a visualização do espaço do objeto com uma nitidez boa o suficiente.

- Campo angular visual de imagem em visão central no espaço de imagem (espaço do olho) é definido para um campo angular visual de objeto determinado e fixo em visão central no espaço do objeto, como a porção angular varrida pelo olho para visualizar o campo angular visual no espaço do objeto.

- Variação de um critério avaliado graças a uma função de avaliação em uma direção do olhar particular (α_1, β_1) de acordo com um componente da direção do olhar é entendida como o derivado da dita função de avaliação do dito critério com relação ao dito componente. Considerando uma função de avaliação H_k , é possível considerar o derivado parcial de H_k com relação a

$\alpha : \frac{\partial H_k}{\partial \alpha}(\alpha_1, \beta_1)$. É possível considerar o derivado parcial de H_k com

relação a $\beta : \frac{\partial H_k}{\partial \beta}(\alpha_1, \beta_1)$. A variação de um critério pode ser avaliada como a composição dos derivados parciais da função de avaliação com relação a α e β , como por exemplo:

$$\sqrt{\left(\frac{\partial H_k}{\partial \alpha}(\alpha_1, \beta_1)\right)^2 + \left(\frac{\partial H_k}{\partial \beta}(\alpha_1, \beta_1)\right)^2}$$

- Desvio de raio de campo de pupila descreve que um raio proveniente de um objeto localizado no campo periférico da vista é modificado adicionando-se uma lente sobre seu

caminho para a pupila de entrada do olho.

- Um campo angular visual de objeto em visão periférica é definido no espaço do objeto. É a porção angular de espaço que o olho pode observar no campo angular visual periférico da vista (enquanto o olho está olhando em uma direção fixa) definido por pelo menos dois raios emitidos do centro da pupila de entrada do olho. Por exemplo, esses raios podem ser definidos pela forma da armação de óculos ou por um nível de aberração que impede a visualização do espaço do objeto com uma nitidez boa o suficiente.

- Campo angular visual de imagem em visão periférica é definido para um campo angular visual de objeto periférico determinado e fixo como a porção angular correspondente no espaço da imagem vista pela visão periférica do olho.

- Desvio prismático em visão periférica é definido no espaço do objeto pelo desvio angular de um raio emitido do centro da pupila de entrada introduzido pela quantidade de prisma da lente.

- Ampliação em visão periférica é definida como a razão entre o tamanho angular aparente (ou o ângulo sólido) de um objeto visto em visão periférica sem lente e o tamanho angular aparente (ou o ângulo sólido) de um objeto visto através da lente em visão periférica.

- Variação de um critério avaliado graças a uma função de avaliação em uma direção de raio particular (α'_1, β'_1) de acordo com um componente da direção do raio é entendida como o derivado da dita função de avaliação do dito critério com relação ao dito componente. Considerando uma função de avaliação H_k , é possível considerar o derivado parcial

de H_k com relação a α' : $\frac{\partial H_k}{\partial \alpha'}(\alpha'_1, \beta'_1)$

$$\beta' : \frac{\partial H_k}{\partial \beta'}(\alpha'_1, \beta'_1)$$

É possível considerar o derivado parcial de H_k com relação a α' e β' . A Variação de um critério pode ser avaliada como a composição dos derivados parciais da função de avaliação com relação a α' e β' , como por exemplo:

$$\sqrt{\left(\frac{\partial H_k}{\partial \alpha'}(\alpha'_1, \beta'_1)\right)^2 + \left(\frac{\partial H_k}{\partial \beta'}(\alpha'_1, \beta'_1)\right)^2}$$

- Ampliação do olho é definida como a ampliação do olho do usuário avaliada por um observador.

- Deslocamento de têmpora   definido como o deslocamento da têmpora do usuário avaliado por um observador.

- Volume de lente   o volume da lente. Ele pode ser avaliado através de discretiza o da lente, por exemplo, por um método de trapézio ou por um método de retângulo.

- Uma zona de avalia o está associada com um critério pertencente aos grupos de critérios de visão central ou periférica a serem avaliados;   composta de um ou diversos

domínios de avaliação. Um domínio de avaliação é composto de uma ou mais direções do olhar para um critério pertencente ao grupo de critérios de visão central e de uma ou diversas direções de raio periférico para um critério pertencente ao grupo de critérios de visão periférica.

- 5 - Um conjunto é definido como uma ou diversas individualidades.
 - Um valor alvo é um valor a ser alcançado por um critério. Quando o critério selecionado pertence aos grupos de critérios de visão central ou periférica, um valor alvo está associado a um domínio de avaliação.

10 - O sistema óptico de partida é definido como um conjunto de parâmetros iniciais do sistema óptico a ser otimizado.

 - O sistema óptico de trabalho é definido como um conjunto de parâmetros que representam um sistema óptico. No começo do processo de otimização, os parâmetros do sistema óptico de trabalho são iguais aos parâmetros do sistema óptico de partida. Os parâmetros do sistema óptico de trabalho são então modificados através do processo de otimização.

15 - Um critério de parada é usado para identificar a melhor interação para interromper o algoritmo de otimização. Ele pode ser, por exemplo, um limite da função de custo: $\|J(v)\| < \epsilon_1$ que identifica que a lente v está próxima o suficiente da solução. Ele também pode ser um critério com relação à variação relativa da função de custo entre duas interações k e $k+1$:

20
$$\|J(v^{k+1}) - J(v^k)\| < \epsilon_2 \|J(v^k)\|$$
 que indica uma estagnação do algoritmo.

Valores de critério podem ser avaliados considerando os parâmetros de sistema óptico de trabalho. De acordo com uma modalidade, critérios são avaliados através de traçado de raio.

25 De acordo com uma modalidade, uma função de avaliação associa um valor de critério a um critério pertencente aos grupos de critérios, um domínio de avaliação para critérios escolhidos dentre grupos de critérios de visão central e periférica, e um sistema óptico.

A função de custo proporciona um nível de desempenho do sistema óptico de trabalho de acordo com os valores alvo e os valores de critério avaliados para os parâmetros de sistema óptico de trabalho.

30 Em uma modalidade, a função de custo é uma soma em relação aos critérios selecionados de:

 - somas, em relação aos domínios de avaliação, de diferenças entre um valor de critério associado a um domínio de avaliação e o valor alvo associado ao dito domínio de avaliação à potência de dois, para critérios pertencentes aos grupos de critérios de visão central e visão periférica, e

35 - diferenças entre um valor de critério e um valor alvo à potência de dois, para critérios pertencentes ao grupo de critérios gerais.

Em uma modalidade, o sistema óptico de trabalho a ser otimizado compreende pelo menos duas superfícies ópticas e o parâmetro que é modificado é pelo menos o coeficiente da equação de uma superfície óptica do sistema óptico de trabalho.

5 Em uma modalidade em que um critério selecionado pertence ao grupo de critérios de visão central, os domínios de avaliação associados compreendem pelo menos uma direção do olhar, a dita direção sendo considerada com relação a eixos de traçado de raio do centro de rotação do olho para a avaliação do critério.

10 Em uma modalidade em que um critério selecionado pertence ao grupo de critérios de visão periférica, o domínio de avaliação associado compreende de pelo menos uma direção de raio periférico, a dita direção sendo considerada com relação a eixos de referência associados com o centro da pupila de entrada que se move ao longo de uma determinada direção do olhar e sendo usada para realizar traçado de raio do centro da pupila de entrada para a avaliação do critério.

15 Em uma modalidade em que um critério selecionado pertence a qualquer de: desvio ocular, desvio de raio de campo de pupila, desvio prismático em visão periférica, ampliação em visão periférica, os domínios de avaliação associados consistem em uma direção.

Esta direção se refere a uma direção de raio periférico para um critério pertencente ao grupo de critérios periféricos e a uma direção do olhar para um critério pertencente ao grupo de critérios de visão central.

20 Em uma modalidade em que um critério selecionado pertence a qualquer de campo angular visual de objeto em visão central, campo angular visual de imagem em visão central, campo angular visual de objeto em visão periférica e campo angular visual de imagem em visão periférica, os domínios de avaliação associados consistem em pelo menos duas direções.

25 - Em uma modalidade, o critério selecionado é definido ou por uma variação de um critério pertencente ao grupo de critérios de visão central ou por uma variação de um critério pertencente ao grupo de critérios de visão periférica.

30 - Em uma modalidade, o sistema óptico de trabalho a ser otimizado compreende pelo menos duas superfícies ópticas e os parâmetros que são modificados são pelo menos os coeficientes das equações de duas superfícies ópticas do sistema óptico de trabalho.

35 É em geral difícil otimizar uma lente considerando muitos critérios que são de diferentes naturezas se apenas a equação de uma superfície é considerada como variável. Esta modalidade possibilita que designers ópticos levem em um número maior de critérios no processo de otimização e está pavimentado o caminho para melhora do desempenho geométrico do sistema óptico e melhor resposta a necessidades fisiológicas de usuários de lentes. O benefício para o usuário é aumentado quando diversas superfícies do sistema óptico são otimizadas de maneira simultânea.

Em uma modalidade em que o sistema óptico a ser otimizado compreende pelo menos duas superfícies ópticas, a modificação do sistema óptico de trabalho é operada modificando pelo menos o índice do sistema óptico de trabalho. É possível fazer uma lente de algum material não homogêneo, um onde existe um Gradiente no Índice de refração (conhecido como lente GRIN). Por exemplo, a distribuição do índice que é otimizada pode ser axial ou radial e/ou pode depender do comprimento de onda.

Em uma modalidade, o método para calcular um sistema óptico também compreende critério de astigmatismo em visão central e/ou critério de potência em visão central. Critério de potência em visão central significa que a potência prescrita para o usuário seja levada em conta. Durante a otimização, parâmetros do sistema óptico são calculados a fim de minimizar erros de potência para cada direção do olhar.

Critério de astigmatismo em visão central significa que, durante a otimização, parâmetros do sistema óptico são calculados a fim de minimizar a diferença entre astigmatismo prescrito para o usuário e astigmatismo gerado pelo sistema óptico de trabalho tanto com relação à amplitude quanto ao eixo do mesmo nos eixos de referência associados ao CRE e para cada direção do olhar, esta diferença sendo chamada astigmatismo residual.

A patente francesa FR 9812109 da Depositante descreve como levar em conta tais critérios clássicos durante um método de otimização de sistema óptico.

Em uma modalidade, o sistema óptico é uma lente de adição progressiva e o método para calcular um sistema óptico também compreende adicionar critério de potência em visão central.

Em uma modalidade, a função de custo J é matematicamente expressa de acordo com:

$$J(v) = \sum_{k=1}^{N_1} \sum_{i=1}^{M_k} w_{k,i}^i * (H_x(D_{k,i}^i, v) - T_{k,i}^i)^2 + \sum_{k=1}^{N_2} w_{k,i}^i * (H'_k(v) - T'_{k,i})^2,$$

em que:

k e i são variáveis inteiras,

N_1 é um número inteiro superior ou igual a 1 e representa o número de critérios selecionados pertencentes aos grupos de critérios de visão central e visão periférica;

N_2 é um número inteiro superior ou igual a 1 e representa o número de critérios selecionados pertencentes ao grupo de critérios gerais;

M_k é um número inteiro superior ou igual a 1 e representa o número de domínios de avaliação para um critério pertencente aos grupos de critérios de visão central ou visão periférica de índice k;

v define os parâmetros de sistema óptico de trabalho;

$w_{k,i}^i$ são os pesos associados a um critério pertencente aos grupos de critérios de visão central ou visão periférica de índice k e a um domínio de avaliação associado de índice i;

w'_k é o peso associado a um critério pertencente ao grupo de critérios gerais de índice k ;

D_k^i é um domínio de avaliação de índice i de uma zona de avaliação associada a um critério pertencente aos grupos de critérios de visão central ou visão periférica de índice k ;

H_k é uma função de avaliação que associa um valor de critério a um critério pertencente aos grupos de critérios de visão central ou visão periférica de índice k , um domínio de avaliação D_k^i e um sistema óptico definido por seus parâmetros v ;

H'_k é uma função de avaliação que associa um valor de critério a um critério pertencente ao grupo de critérios gerais de índice k e um sistema óptico definido por seus parâmetros v ;

T_k^i é um valor alvo de índice i do conjunto de valores alvo associados a um domínio de avaliação D_k^i de um critério pertencente aos grupos de critérios de visão central ou visão periférica de índice k ;

T'_k é o valor alvo associado a um critério pertencente ao grupo de critérios gerais de índice k .

Em uma modalidade, a invenção também se refere a um método de fabricar uma lente de acordo com um sistema óptico, o método compreendendo as etapas de:

- calcular por otimização o sistema óptico de acordo com o método descrito aqui acima,
- usinagem de superfície de pelo menos uma superfície ótica de acordo com o dito sistema óptico.

Quando ambas superfícies de uma lente são otimizadas durante o processo, o método de fabricação se refere a usinagem de ambas superfícies.

A invenção também se refere a um produto de programa de computador compreendendo uma ou mais seqüências armazenadas de instruções que é acessível a um processador e que, quando executado pelo processador, faz com que o processador realize as etapas das diferentes modalidades dos métodos anteriores.

A invenção também se refere a um meio que pode ser lido por computador portando uma ou mais seqüências de instruções do produto de programa de computador anterior.

A menos que especificamente estabelecido de outra forma, conforme aparente a partir das discussões a seguir, é apreciado que por todo o relatório descritivo, discussões que utilizam termos como "avaliando", "computando", "calculando", "gerando" ou similares se referem à ação e/ou processos de um computador ou sistema de computador ou dispositivo de computação eletrônico similar, que manipula e/ou transforma dados representados como quantidades físicas, como eletrônicas, dentro dos registros e/ou memórias de sistema de computador em outros dados representados de maneira similar como quantidades físicas

dentro das memórias do sistema de computador, registros ou outros tais dispositivos de informação, armazenamento, transmissão ou exibição.

Modalidades da presente invenção podem incluir aparelhos para desempenhar as operações aqui. Este aparelho pode ser especialmente construído para os fins desejados, ou ele pode compreender um computador para fim geral ou Processador de Sinal Digital ("DSP") seletivamente ativado ou reconfigurado por um programa de computador armazenado no computador. Tal programa de computador pode ser armazenado em um meio de armazenamento que pode ser lido por computador, tal como, porém não limitado a, qualquer tipo de disco incluindo disquetes, discos ópticos, CD-ROMs, discos magnéticos óticos, memórias somente de leitura (ROMs), memórias de acesso aleatório (RAMs), memórias somente de leitura eletricamente apagáveis e programáveis (EEPROMs), memórias somente de leitura eletricamente programáveis (TFR), cartões magnéticos ou ópticos ou qualquer outro tipo de meios adequados para armazenar instruções eletrônicas e capazes de serem acoplados a um barramento de sistema de computador.

Os processos e exibições apresentados aqui não estão inerentemente relacionados a qualquer computador particular ou outro aparelho. Diversos sistemas para fins gerais podem ser usados com programas de acordo com os ensinamentos aqui, ou pode se mostrar conveniente para construir um aparelho mais especializado para realizar o método desejado. A estrutura desejada para uma variedade desses sistemas será aparente a partir da descrição abaixo. Em adição, modalidades da presente invenção não são descritas com referência a qualquer linguagem de programação particular. Será apreciado que uma variedade de linguagens de programação pode ser usada para implementar os ensinamentos das invenções conforme descrito aqui.

Modalidades não limitadas da invenção serão agora descritas com referência aos desenhos anexos, em que as figuras 1 a 12 descrevem exemplos de avaliação de critérios de acordo com modalidades da presente invenção. Essas figuras descrevem exemplos não limitantes, mesma referência em diferentes figuras se relaciona ao mesmo objeto.

A figura 1 mostra uma vista esquemática de uma lente mais sistema ocular.

A figura 2 mostra um traçado de raio a partir do centro de rotação do olho.

A figura 3 mostra um traçado de raio a partir do centro da pupila de entrada do olho.

A figura 4 ilustra desvio prismático em visão periférica.

A figura 5 ilustra desvio ocular.

A figura 6 ilustra desvio de campo de raio de pupila.

A figura 7 ilustra campo angular visual de objeto em visão central.

A figura 8 ilustra campo angular visual de objeto horizontal.

A figura 9 ilustra desvio prismático horizontal em visão central.

A figura 10 ilustra campo angular visual de objeto total.

A figura 11 ilustra campo angular visual de imagem em visão central.

A figura 12 ilustra campo angular visual de objeto em visão periférica.

A figura 13 ilustra campo angular visual de imagem em visão periférica.

A figura 14 ilustra a ampliação do olho em uma modalidade da invenção.

5 A figura 15 a e b ilustra deslocamento de têmpora em uma modalidade da presente inven o.

Versados na técnica apreciam que elementos nas figuras são ilustrados para fins de simplicidade e clareza e não necessariamente foram desenhados em escala. Por exemplo, as dimensões de alguns dos elementos nas figuras podem estar exageradas em rela o
10 a outros elementos para ajudar a melhorar o entendimento das modalidades da presente inven o.

Primeiro, focou-se no método de avalia o de critério de acordo com a situa o visual (central ou periférica). A fim de avaliar um critério, software de traçado de raio pode ser usado. O traçado de raio tem características especiais de acordo com o modelo do sistema
15 lente-mais-olho.

A figura 1 ilustra uma vista esquemática de um sistema lente-mais-olho. Com referência   figura 1, uma posi o do olho pode ser definida pelo centro de rota o do CRE do olho e o ponto P central da pupila de entrada. PS   o tamanho da pupila (não desenhado em escala). A distância q' entre o CRE e a lente 20   em geral, porém não limitada a, ajustada a 25,5 mm, e p' define a posi o da pupila de entrada do olho com rela o ao CRE.
20

A figura 2 ilustra um modelo para visão central com a finalidade de avaliar um critério em uma situa o de visão central por traçado de raio. Em uma situa o de visão central, o olho gira ao redor de seu centro de rota o assim como a pupila de entrada do olho. Uma dire o do olhar   definida por dois ângulos (α , β) medidos com rela o a eixos de referência $R = (X, Y, Z)$ centralizados no CRE. Para avaliar um critério de visão central em uma dire o do olhar (α , β), um raio do olhar 1   construído a partir do CRE na dire o do olhar (α , β). 11   o raio incidente após passar através da lente 20.
25

A figura 3 ilustra um modelo para visão periférica com a finalidade de avaliar um critério em uma situa o de visão periférica através de traçado de raio. Em uma situa o de
30 visão periférica, uma dire o do olhar (α , β) (não representada aqui)   fixa, e um objeto   visto em uma dire o de raio periférico diferente da dire o do olhar. Uma dire o de raio periférico   definida por dois ângulos (α' , β') medidos com rela o a eixos de referência $R' = (X', Y', Z')$ centralizados na pupila de entrada do olho e se movendo ao longo do eixo de dire o do olhar dado pela dire o fixa (α , β) e representado pelo eixo X' na figura 3. Para avaliar um critério de visão periférica em uma dire o de raio periférico (α' , β'), um raio periférico
35 2   construído a partir do centro da pupila P em uma dire o de raio periférico (α' , β'). 22   o raio incidente após passar através da lente 20.

De acordo com o raio do olhar 1 (em visão central) ou ao raio periférico 2 (em visão periférica), o software de traçado de raio computa o raio incidente correspondente, alternativamente sob as referências 11 e 22 nas figuras 2 e 3. Então, uma ponta de objeto é escolhida sobre o raio no espaço do objeto e deste objeto um feixe luminoso de raios é construído para calcular a imagem final. O traçado de raio possibilita então computar os critérios selecionados.

As figuras 4 a 12 estão agora ilustrando o método de avaliação de critério de critérios de acordo com a presente invenção.

A figura 4 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 a eixos de referência centralizados no centro da pupila de entrada e se movendo ao longo da direção do olhar, conforme discutido anteriormente. Um raio 2 emitido a partir do centro da pupila de entrada em direção de raio periférico (α' , β') com o eixo de direção do olhar X' é traçado. O raio incidente 22 correspondente ao raio 2 é então construído. Desvio prismático representa o ângulo entre o raio incidente 22 e um raio virtual 3 emitido do centro da pupila na direção de raio 2 e não desviado pelo prisma de lente 20.

A figura 5 descreve desvio ocular OCD. Ela mostra um primeiro raio 33 proveniente de um objeto 10 quando nenhuma lente é colocada em seu caminho para o CRE, e um segundo raio 120 proveniente do mesmo objeto cujo caminho é modificado 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 que visa um objeto sem lente (representada pelo raio 33) e
- a direção do olho que visa o mesmo objeto quando a dita lente é colocada em frente aos olhos do espectador (representado pelo raio 12).

Como um exemplo, uma função de avaliação é programada para avaliar o critério OCD.

$$|\text{OCD}| = |\mathbf{H}(\mathbf{D}, \mathbf{v})| = \text{Arcsin} \left(\frac{\|\mathbf{V}_{\text{ini}} \wedge \mathbf{V}_{\text{fin}}\|}{\|\mathbf{V}_{\text{ini}}\| \cdot \|\mathbf{V}_{\text{fin}}\|} \right)$$

onde

\mathbf{V}_{ini} e \mathbf{V}_{fin} são vetores de direção de raio 33 e raio 12 de maneira alternativa.

O domínio de avaliação é composto de duas direções do olhar $\mathbf{D} = \{(\alpha_i, \beta_i), i=1,2\}$ (α_1, β_1) correspondendo a raio 33, e (α_2, β_2) correspondendo a raio 12.

A figura 6 ilustra desvio de campo de raio de pupila PRFD, ela mostra um primeiro raio 34 proveniente de um objeto 10 localizado no campo periférico de vista quando nenhuma lente é colocada em seu caminho para a pupila de entrada do olho, e

um segundo raio incidente 230 proveniente do mesmo objeto, cujo caminho é modificado pela introdução de uma lente 20. O raio 23 corresponde no campo de imagem ao raio incidente 230.

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:

- um raio em linha reta 34 proveniente de um objeto localizado no campo periférico de vista de um olho e entrando no centro da pupila, e

- um raio 23 proveniente do mesmo objeto e entrando no centro da pupila quando a dita lente é colocada nos olhos do usuário.

Como exemplo, uma função de avaliação é programada para avaliar o critério PRFD.

$$PRFD = H(D, v) = \text{Arc sin} \left(\frac{\|V_{ini} \wedge V_{fin}\|}{\|V_{ini}\| \cdot \|V_{fin}\|} \right)$$

onde:

V_{ini} e V_{fin} são vetores de direção de, respectivamente, raio 34 e raio 23.

O domínio de avaliação é composto de duas direções do olhar $D = \{(\alpha_i, \beta_i), i=1,2\}$ (α_1, β_1) correspondendo ao raio 34 e (α_2, β_2) correspondendo ao raio 23.

A figura 7 ilustra campo angular 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 angular visual de objeto representa a porção angular de espaço que o olho pode observar varrendo uma porção angular da lente determinada pelo raio 4 e raio 5 no espaço do objeto. A parte tracejada 60 representa o campo angular visual de objeto em visão central.

A figura 8 ilustra um exemplo de campo angular visual VF em visão central para dois raios 41 e 51 emitidos a partir do CRE. A lente 20 está representada como uma superfície com linhas de isoastigmatismo 201-206. Os raios 41 e 51 são definidos como a interseção entre um eixo horizontal predeterminado dado por uma direção α e duas linhas predeterminadas de isoastigmatismo 201 e 204. Essas interseções possibilitam traçar o raio 41 ao longo da direção (α, β_1) e o raio 51 ao longo da direção (α, β_2). O campo angular visual de objeto VF em visão central é uma função de desvio prismático e pode ser matematicamente expresso para dois raios como:

$$VF(\alpha) = | \beta_1 + D_{p_H}(\alpha, \beta_1) | + | \beta_2 + D_{p_H}(\alpha, \beta_2) |$$

- $D_{p_H}(\alpha, \beta_1)$ representa desvio prismático horizontal na direção do olhar (α, β_1).

Desvio prismático horizontal é o componente do desvio prismático em um plano horizontal referido P na figura 8.

- $D_{p_H}(\alpha, \beta_2)$ representa desvio prismático horizontal na direção do olhar (α, β_2).

$D = \{(\alpha, \beta_1), (\alpha, \beta_2)\}$ é um domínio de avaliação. Uma função de avaliação associada com o critério campo visual angular é dada por $H(D,v)=VF(\alpha)$ para dados parâmetros de

sistema óptico v.

A figura 9 ilustra desvio prismático horizontal HPD em visão central. Desvio prismático é definido como a diferença angular entre o raio 130 e o 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 do olho de acordo com a direção (α, β) nos eixos de referência fixos (X, Y, Z) centralizados no centro de rotação do olho conforme representado na figura 9. O raio 35 é um raio virtual emitido a partir do centro de rotação do 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 por:

$$HPD = \left(\text{Arcsin} \left(\left(\frac{V_{ini}^b \wedge V_{fin}^b}{\|V_{ini}^b\| \|V_{fin}^b\|} \right) \cdot \frac{\beta}{y} \right) \right), \text{ em que } V^a = V - \frac{\beta}{y}(V \cdot \frac{\beta}{y}), e$$

10 V_{ini} e V_{fin} são vetores de direção dos raios 13 e 130 alternativamente.

Um domínio de avaliação é composto de uma direção do olhar $D = \{(\alpha, \beta)\}$, (α, β) correspondendo ao raio 13 e uma função de avaliação é dada por $H(D, v) = HPD$.

A figura 10 ilustra uma outra modalidade de campo angular visual de objeto em visão central definido por um conjunto de direções do olhar representando a forma de armação de óculos 210. A lente 20 está representada como uma superfície com linhas de isoastigmatismo 201-208. Para cada (α_i, β_i) das ditas direções do olhar, define-se P_i o plano contendo:

- o vetor definido pela direção do olhar (α_i, β_i)
- o vetor definido pela direção do olhar $(0, 0)$
- 20 - o Centro de Rotação do Olho

Calcula-se o desvio prismático projetado em P_i para a direção do olhar dada por $(\alpha, \beta) = (0, 0)$: $Dp_i(0,0)$.

Calcula-se o desvio prismático projetado em P_i para a direção do olhar dado por (α_i, β_i) : $Dp_i(\alpha_i, \beta_i)$.

25 Este campo angular visual é denominado campo angular visual de objeto total e pode ser matematicamente expresso como

$$VF = \sum_i |Dp_i(0,0) + \beta_i + Dp_i(\alpha_i, \beta_i)|$$

onde:

- $Dp_i(\alpha_i, \beta_i)$ representa o desvio prismático na direção do olhar (α_i, β_i) projetado sobre o plano P_i .

30 Deixar D ser o domínio de avaliação composto pelas ditas direções do olhar $D = \{(\alpha_i, \beta_i)\}$. Uma função de avaliação associada ao critério campo angular visual de objeto e o domínio de avaliação $D1$ é dado por $H(D1, v) = VF$

A figura 11 ilustra campo angular visual de imagem em visão central, os raios 4 e 5

são usados para definir o campo angular visual de objeto em visão central e a parte pontilhada 70 representa o campo angular visual de imagem em visão central considerando um campo angular visual de objeto em visão central representado na parte tracejada 60.

A figura 12 ilustra campo angular 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 angular visual de objeto em visão periférica.

A figura 13 ilustra campo angular visual de imagem em visão periférica, os raios 6 e 7 são usados para definir o campo angular visual de objeto em visão periférica 80 e a parte pontilhada 90 representa o campo angular visual de imagem em visão periférica considerando um campo angular visual de objeto em visão periférica representado na parte tracejada 80.

A figura 14 ilustra a ampliação do olho ME de um usuário. Ω e Ω' são alternativamente 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 referido como 21, o centro da pupila de entrada do observador é referido como OP e a distância do vértice entre o olho do usuário 21 e a lente 20 é referida como q' . Por exemplo, a distância d pode ser igual a um metro.

Este critério pode ser matematicamente expresso como

$$ME = \frac{\Omega}{\Omega'}$$

Uma função de avaliação pode ser o valor médio de valores de critério ME calculado para n posições do observador:

$$H(v) = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \frac{\Omega_i}{\Omega'_i}$$

As figuras 15 a e b ilustram o deslocamento de têmpora TS. O deslocamento de têmpora é devido ao desvio prismático induzido por uma lente 20 onde um usuário é visto por um observador. OP é o ponto central da 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 têmpora do usuário é referida como 26. O usuário está usando lentes para óculos. O deslocamento de têmpora é definido como um ângulo TS entre um raio 100 originado da têmpora 26 quando o observador está olhando a têmpora do usuário sem a lente e um raio 101 originado da têmpora 26 quando o observador está olhando a têmpora do usuário através da lente 20. Por exemplo, a distância entre o usuário e o observador pode ser igual a um metro.

Modalidades não limitantes da função de custo são agora descritas.

Faz-se referência a uma modalidade da invenção em que os critérios selecionados pertencem aos grupos de critérios centrais e periféricos e a função de custo pode ser defini-

da como uma soma, em relação a um conjunto de critérios selecionados (C_1, \dots, C_{N_1}), de cada critério função de custo selecionado.

Para um critério selecionado C_k ($k \in \{1 \dots N_1\}$, N_1 número inteiro superior ou igual a 1), a fim de definir um critério função de custo, também se desenvolveu a expressão dos valores de critério.

Uma zona de avaliação D_k está associada a um critério C_k . A zona de avaliação compreende um ou diversos domínios de avaliação D_k^i , ($i \in \{1 \dots M_k\}$, M_k número inteiro superior ou igual a 1 representa o número de domínios de avaliação associados a um critério, o dito domínio de avaliação sendo definido como pelo menos uma direção do olhar (α, β) se o dito critério pertence ao grupo de critérios de visão central, ou pelo menos uma direção de raio periférico (α', β') se o dito critério pertence ao grupo de critérios de visão periférica.

Para um critério C_k e uma zona de avaliação D_k , uma função de avaliação H_k se associa a um domínio de avaliação D_k^i de um valor de critério $H_k(D_k^i, v)$ para uma lente definida por seu parâmetro v . Diversas funções de avaliação estão definidas no presente documento para avaliar diretamente alguns critérios, porém deve ser entendido que uma função de avaliação pode ser mais complexa. Como um primeiro exemplo, a função de avaliação pode ser uma média ou uma soma de valores de critério em relação a um domínio de avaliação para critérios pertencentes a grupos de critérios de visão central e periférica. Um outro exemplo de uma função de avaliação complexa também é dado para critérios pertencentes ao grupo de critérios gerais na figura 14.

Valores alvo também estão associados aos domínios de avaliação. Valores alvo são determinados pelo designer óptico de diferentes modos:

- Usando-se uma "lente alvo": para um critério selecionado, valores alvo são computados a partir das lentes alvo e são adicionalmente usados como valores alvo.
- Usando-se um banco de dados onde valores alvo são predeterminados para um critério e um conjunto correspondente de domínios de avaliação.
- Usando-se uma função analítica.

Valores de critério dados e conjunto correspondente de alvos, a função de custo de critério pode ser matematicamente definida por:

$$J_k(v) = \sum_{i=1}^{M_k} w_k^i * (H_k(D_k^i, v) - T_k^i)^2,$$

em que T_k^i é um valor alvo associado a um domínio de avaliação D_k^i e w_k^i são pesos predeterminados.

É possível notar que critérios relacionados a campo angular visual são computados a partir de pelo menos duas direções (periférica e do olhar). Para esses critérios, um domínio de avaliação D_k^i é composto de diversas direções (direções de raio periférico para um campo angular visual em visão periférica ou direções do olhar para um campo angular visual

em visão central).

Então, a função de custo pode ser matematicamente expressa por:

$$J(v) = \sum_{k=1}^M J_k(v)$$

5 Em uma modalidade, critérios selecionados anteriores (C_1, \dots, C_{N_1}) também compreendem critérios (C'_1, \dots, C'_{N_2}) pertencentes ao grupo de critérios gerais.

Para um critério C'_k ($k \in [1 \dots N_2]$, N_2 número inteiro superior ou igual a 1) pertencente a (C'_1, \dots, C'_{N_2}), H'_k associa um único valor de critério a um sistema ótico de parâmetros v . A expressão matemática de um critério função de custo para um critério pertencente ao grupo de critérios gerais é então:

$$J'_k(v) = w'_k * (H'_k(v) - T'_k)^2,$$

10 em que T'_k é o valor alvo associado a C'_k e w'_k é um peso predeterminado.

A função de custo relacionada a todos os critérios selecionados pode então ser expressa por:

$$J(v) = \sum_{k=1}^M J_k(v) + \sum_{k=1}^{N_2} J'_k(v)$$

De acordo com um exemplo não limitante da presente invenção, etapas do método para calcular um sistema ótico estão ilustradas.

15 No exemplo, um designer ótico visa aumentar o campo angular visual de objeto de visão próxima de uma lente progressiva adaptada a uma prescrição específica (hipermetropia +4 e presbiopia +2) sem alterar as distribuições de astigmatismo e potência da lente.

O designer ótico opera de acordo com o método que compreende as etapas a seguir:

20 (i) Escolha de critérios:

Os critérios selecionados são potência em visão central (C_1), astigmatismo em visão central (C_2) e campo angular visual de objeto em visão central (C_3).

(ii) Definição dos domínios de avaliação e conjuntos correspondentes de valores alvo:

25 Para potência e astigmatismo, cada domínio de avaliação é composto de uma direção do olhar. Todas as direções (α_i, β_j) que possibilitam traçar um raio entrando na lente são consideradas: $D_1=D_2=\{(\alpha_i, \beta_j), i \in [1 \dots n], j \in [1 \dots m]\}$. As zonas de avaliação compreendem $n*m$ domínios de avaliação. O conjunto associado de valores alvo são $T_1 = (T^{i,j}_1)$ e $T_2 = (T^{i,j}_2)$.

30 Para campo angular visual de objeto, a zona de avaliação consiste em um domínio de avaliação que é composto de duas direções do olhar: $D_3 = \{[(\alpha, \beta_1), (\alpha, \beta_2)]\}$, em que alfa = 31° corresponde a um valor escolhido para o campo angular de visão próxima, $\beta_1 = -5^\circ$ e $\beta_2 = 13^\circ$ sendo determinados de acordo com uma linha de isoastigmatismo escolhida e na

direção α . O conjunto associado de valor alvo T_3 consiste na escolha de um valor $T_3 = 14^\circ$.

(iii) Escolha de uma lente inicial:

Uma lente inicial V_{ini} é então determinada por seus parâmetros (coeficientes da equações de todas suas superfícies, índice dos vidros e posição de cada superfície em relação entre si). Esta lente é escolhida para se ajustar à distribuição de astigmatismo e potência prescrita. O índice do vidro é 1,5; sua curva de base é igual a 7 e a adição na superfície frontal é 2 dioptrias.

(iv) Avaliação da função de custo:

Cada critério função de custo é computado de acordo com o conjunto correspondente de domínios de avaliação e alvos para os ditos parâmetros de lente V_{ini} .

$$J_1(V_{ini}) = \sum_{i,j} (H_1(D^{i,j}_1, V_{ini}) - T^{i,j}_1)^2$$

$$J_2(V_{ini}) = \sum_{i,j} (H_2(D^{i,j}_2, V_{ini}) - T^{i,j}_2)^2$$

$$J_3(V_{ini}) = (H_3(D_3, V_{ini}) - T_3)^2 \\ = (|\beta_1 + Dp_H(\alpha, \beta_1)| + |\beta_2 + Dp_H(\alpha, \beta_2)| - T_3)^2$$

onde

$H_1(D^{ij}_1, V_{ini})$ é o valor de critério avaliado para a direção do olhar particular $D^{ij}_1 = (\alpha_i, \beta_j)$ com a função de avaliação H_1 que é a função de potência clássica.

$H_2(D^{ij}_2, V_{ini})$ é o valor de critério avaliado para a direção do olhar particular $D^{ij}_2 = (\alpha_i, \beta_j)$ com a função de avaliação H_2 que é a função de astigmatismo clássica.

De acordo com um conjunto predeterminado de pesos (por exemplo: $w_1 = 1$, $w_2 = 1$, $w_3 = 2$), a função de custo é então computada:

$$J(V_{ini}) = J_1(V_{ini}) + J_2(V_{ini}) + 2 * J_3(V_{ini})$$

(v) Otimização:

Os parâmetros da lente são então modificados a fim de minimizar a função de custo.

A otimização leva a uma lente v_f cuja função de custo satisfaz o critério de convergência. A lente v_f tem exatamente a mesma distribuição de astigmatismo e potência que a lente v_{ini} . Entretanto, o campo angular visual de objeto obtido para v_f é igual a 14° .

Fica claro que as etapas anteriores não precisam ser obrigatoriamente implementadas de acordo com a ordem descrita anteriormente. É possível empregar outros métodos de otimização e outros modos de representação de superfícies diferente do método proposto.

A invenção foi descrita acima com o auxílio de modalidades sem limitação do conceito inventivo geral. Em particular, a presente invenção proporciona um método para calcular por otimização um sistema óptico, o sistema óptico sendo todos os tipos de lentes ópticas, particularmente lentes oftálmicas, por exemplo, lentes de visão única (esférica, tórica), bifocais, progressivas, esféricas (etc).

REIVINDICAÇÕES

1. Método para produzir um sistema oftálmico, o método **CARACTERIZADO** pelo fato de que compreende as etapas de:

i. selecionar pelo menos um critério dentre os grupos de critérios que consistem em:

5 - um grupo de critérios de visão central consistindo em: desvio ocular, campo angular visual de objeto em visão central, campo angular visual de imagem em visão central e uma variação dos critérios anteriores;

10 - um grupo de critérios de visão periférica consistindo em: desvio de raio de campo de pupila, campo angular visual de objeto em visão periférica, campo angular visual de imagem em visão periférica, desvio prismático em visão periférica, ampliação em visão periférica e uma variação dos critérios anteriores;

- um grupo de critérios gerais consistindo em: volume de lente, ampliação dos olhos e deslocamento de têmpora;

ii. para cada critério selecionado na etapa i.), definir:

15 - uma zona de avaliação compreendendo um ou diversos domínios de avaliação e um conjunto de valores alvo associados aos ditos domínios de avaliação, se o dito critério selecionado na etapa i.) pertence aos grupos de critérios de visão central ou periférica, ou

- um valor alvo associado ao dito critério selecionado na etapa i.), se o dito critério pertence ao grupo de critérios gerais;

20 iii. selecionar um sistema óptico de partida e definir um sistema óptico de trabalho que seja igual ao sistema óptico de partida, sendo que o sistema óptico de partida e o sistema óptico de trabalho são, cada um, definidos por coeficientes das equações de duas superfícies, um índice de vidros dos mesmos e posições de cada superfície em relação uma à outra, sendo que cada sistema óptico compreende pelo menos duas superfícies ópticas de
25 uma mesma lente;

iv. avaliar para o sistema óptico de trabalho e para cada critério selecionado na etapa i.):

30 - um conjunto de valores de critério associados aos ditos domínios de avaliação selecionado na etapa ii.), se o dito critério selecionado na etapa i.) pertence aos grupos de critérios de visão central ou periférica,

- um valor de critério, se o dito critério selecionado na etapa i.) pertence ao grupo de critérios gerais;

35 v. modificar pelo menos coeficientes das equações das pelo menos duas superfícies ópticas do sistema óptico de trabalho, para minimizar uma função de custo considerando valores alvo e valores de critério repetindo-se a etapa iv.) até que um critério de parada esteja satisfeito,

vi. calcular por otimização o sistema óptico, e

vii. usinar a superfície de pelo menos uma superfície ótica de acordo com o dito sistema óptico calculado.

2. Método, de acordo com a reivindicação 1, **CHARACTERIZADO** pelo fato de que a função de custo é uma soma em relação aos critérios selecionados da etapa i.) de:

5 - somas, em relação aos domínios de avaliação da etapa ii.) ou diferenças entre um valor de critério associado a um domínio de avaliação da etapa ii.) e o valor alvo associado ao dito domínio de avaliação à potência de dois, para critérios selecionados na etapa i.) pertencentes aos grupos de critérios de visão central e visão periférica, e

10 - diferenças entre um valor de critério e um valor alvo da etapa ii.) à potência de dois, para critérios selecionados na etapa i.) pertencentes ao grupo de critérios gerais.

3. Método, de acordo com a reivindicação 1, **CHARACTERIZADO** pelo fato de que o critério selecionado na etapa i.) pertence ao grupo de critérios de visão central e em que os domínios de avaliação associados da etapa ii.) compreendem pelo menos uma direção do olhar, a dita direção sendo considerada com relação a eixos de referência associados com o centro de rotação do olho e usados para realizar traçado de raio a partir do centro de rotação do olho para a avaliação de critério.

15

4. Método, de acordo com a reivindicação 3, **CHARACTERIZADO** pelo fato de que o critério selecionado na etapa i.) pertence a qualquer de: desvio ocular, desvio de raio de campo de pupila, desvio prismático em visão periférica, ampliação em visão periférica, e em que os domínios de avaliação associados consistem em uma direção.

20

5. Método, de acordo com a reivindicação 3, **CHARACTERIZADO** pelo fato de que o critério selecionado na etapa i.) pertence a qualquer de campo angular visual de objeto em visão central, campo angular visual de imagem em visão central, campo angular visual de objeto em visão periférica e campo angular visual de imagem em visão periférica, e em que os domínios de avaliação associados consistem pelo menos em duas direções.

25

6. Método, de acordo com a reivindicação 3, **CHARACTERIZADO** pelo fato de que o critério selecionado na etapa i.) é definido ou por uma variação do critério selecionado na etapa i.) pertencente ao grupo de critérios de visão central ou por uma variação do critério selecionado na etapa i.) pertencente ao grupo de critérios de visão periférica.

7. Método, de acordo com a reivindicação 1, **CHARACTERIZADO** pelo fato de que um critério selecionado da etapa i.) pertence ao grupo de critérios de visão periférica e os domínios de avaliação associados da etapa ii.) compreendem pelo menos uma direção de raio periférico, a dita direção sendo considerada com relação a eixos de referência associados com o centro da pupila de entrada que se movem ao longo de uma direção do olhar determinada e usados para realizar traçado de raio a partir do centro da pupila de entrada para a avaliação de critério.

30

35

8. Método, de acordo com a reivindicação 7, **CHARACTERIZADO** pelo fato de que

um critério selecionado na etapa i.) pertence a qualquer dentre: desvio ocular, desvio de raio de campo de pupila, desvio prismático em visão periférica, ampliação em visão periférica, e em que os domínios de avaliação associados consistem em uma direção.

5 9. Método, de acordo com a reivindicação 7, **CHARACTERIZADO** pelo fato de que um critério selecionado na etapa i.) pertence a qualquer de campo angular visual de objeto em visão central, campo angular visual de imagem em visão central, campo angular visual de objeto em visão periférica e campo angular visual de imagem em visão periférica, e em que os domínios de avaliação associados consistem pelo menos em duas direções.

10 10. Método, de acordo com a reivindicação 7, **CHARACTERIZADO** pelo fato de que um critério selecionado na etapa i.) é definido ou por uma variação do critério selecionado na etapa i.) pertencente ao grupo de critérios de visão central ou por uma variação do critério selecionado na etapa i.) pertencente ao grupo de critérios de visão periférica.

11. Método, de acordo com a reivindicação 1, **CHARACTERIZADO** pelo fato de que a função de custo J é matematicamente expressa de acordo com:

$$J(v) = \sum_{k=1}^{N_1} \sum_{i=1}^{M_k} w_{k,i} * (H_k(D_{k,i}^i, v) - T_{k,i})^2 + \sum_{k=1}^{N_2} w'_{k,i} * (H'_{k,i}(v) - T'_{k,i})^2,$$

15 em que:

k e i são variáveis inteiras,

N₁ é um número inteiro superior ou igual a 1 e representa o número de critérios selecionados na etapa i.) pertencentes aos grupos de critérios de visão central e visão periférica;

20 N₂ é um número inteiro superior ou igual a 1 e representa o número de critérios selecionados na etapa i.) pertencentes ao grupo de critérios gerais;

M_k é um número inteiro superior ou igual a 1 e representa o número de domínios de avaliação da etapa ii.) para o critério selecionado na etapa i.) pertencente aos grupos de critérios de visão central ou visão periférica de índice k;

25 v está definindo os parâmetros de sistema óptico de trabalho;

w_{k,i} são os pesos associados a um critério selecionado na etapa i.) pertencente aos grupos de critérios de visão central ou visão periférica de índice k e a um domínio de avaliação da etapa ii.) de índice i;

30 w'_{k,i} é o peso associado o critério selecionado na etapa i.) pertencente ao grupo de critérios gerais de índice k;

D_{k,i}ⁱ é um domínio de avaliação da etapa ii.) de índice i de uma zona de avaliação associada a um critério pertencente aos grupos de critérios de visão central ou visão periférica de índice k;

35 H_k associa um valor de critério ao critério selecionado na etapa i.) pertencente aos grupos de critérios de visão central ou visão periférica de índice k, um domínio de avaliação da etapa ii.) D_{k,i}ⁱ e um sistema óptico definido por seus parâmetros v;

H'_k associa um valor de critério ao critério selecionado na etapa i.) pertencente ao grupo de critérios gerais de índice k e um sistema óptico definido por seus parâmetros v ;

T^i_k é um valor alvo de índice i do conjunto de valores alvo associados a um domínio de avaliação da etapa ii.) D^i_k , de um critério pertencente aos grupos de critérios de visão

5 central ou visão periférica de índice k; e

T'_k é o valor alvo associado a um critério pertencente ao grupo de critérios gerais de índice k.

10 12. Método, de acordo com a reivindicação 1, **CHARACTERIZADO** pelo fato de que o grupo de critério em visão central compreende ainda critério de astigmatismo e/ou critério de potência.

13. Método, de acordo com a reivindicação 1, **CHARACTERIZADO** pelo fato de que o sistema óptico é uma lente de adição progressiva e o grupo de critério em visão central também compreende critério de adição de potência.

FIG. 1

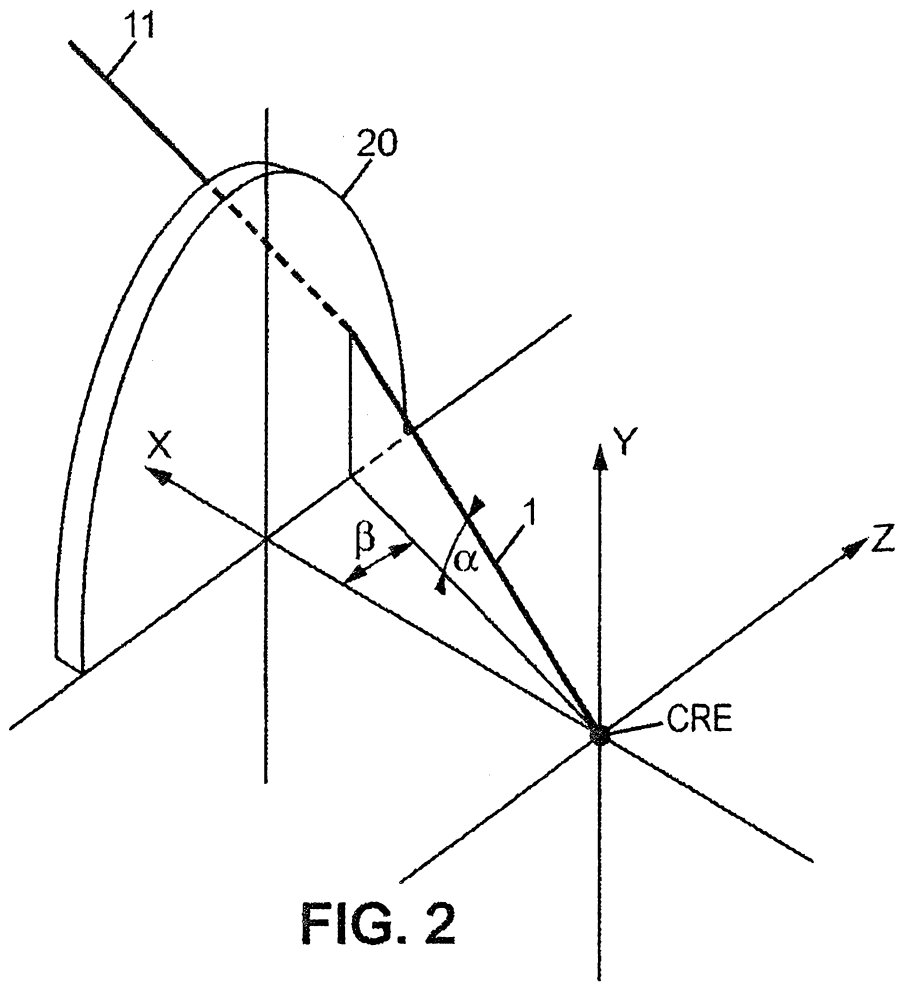
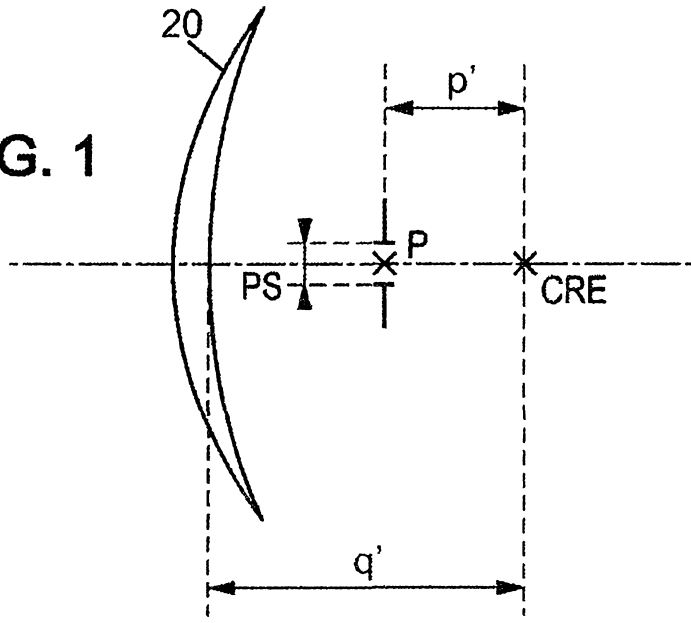
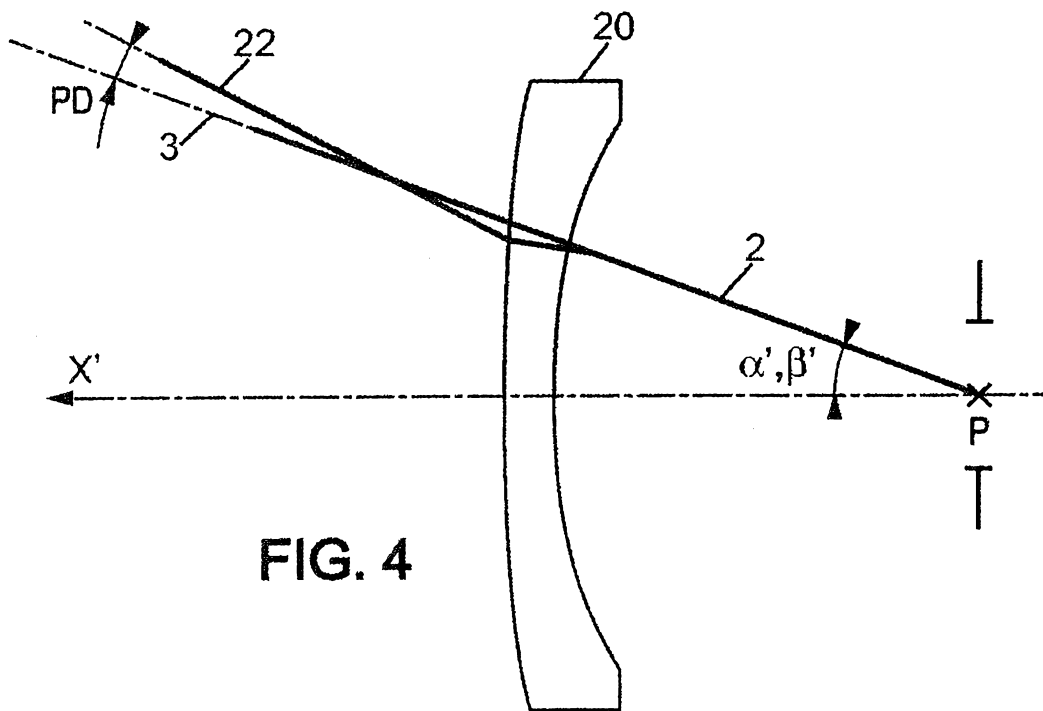
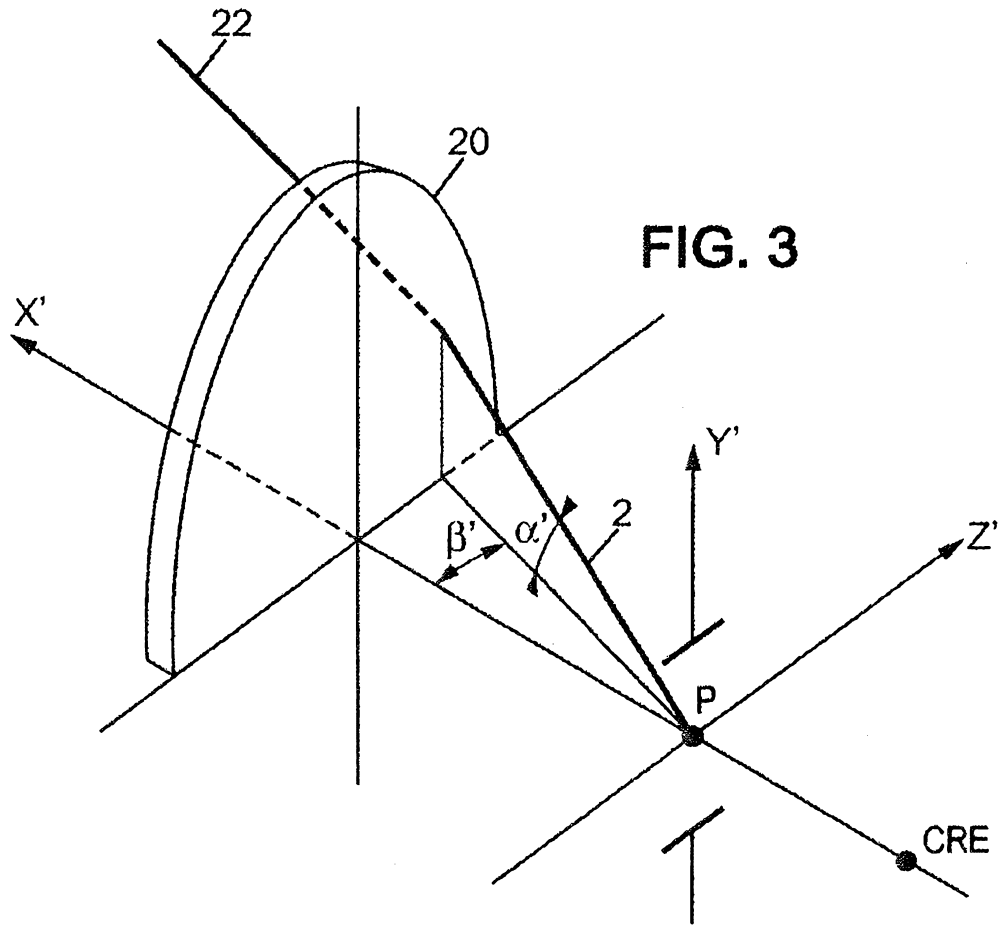
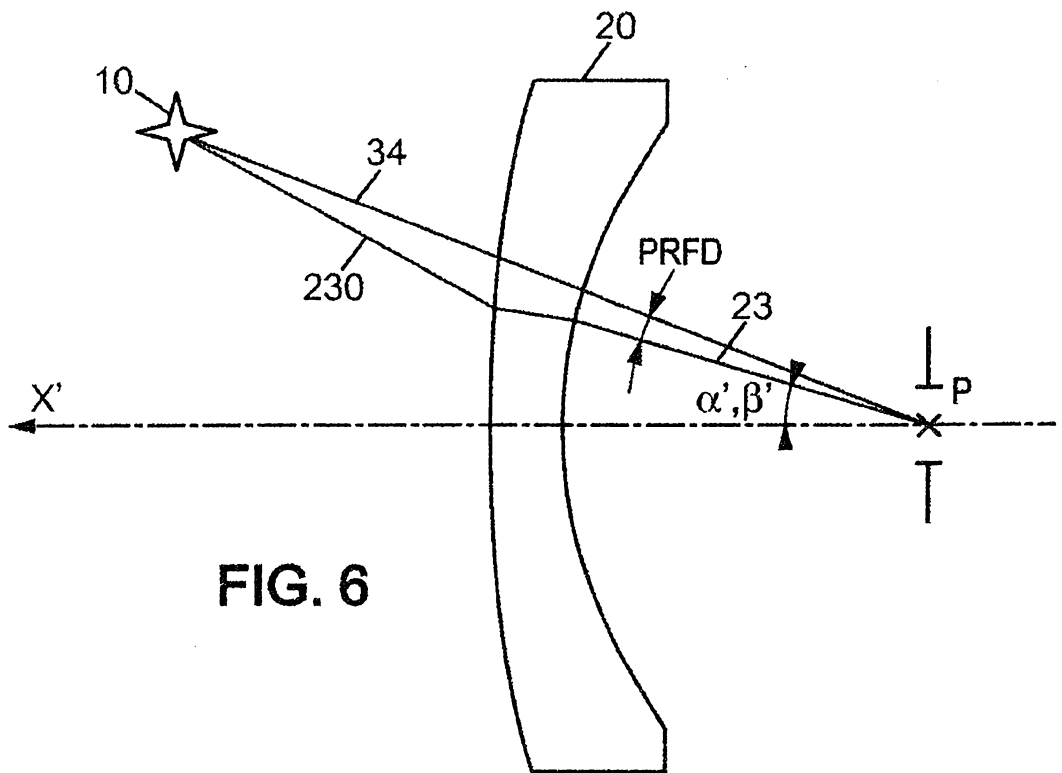
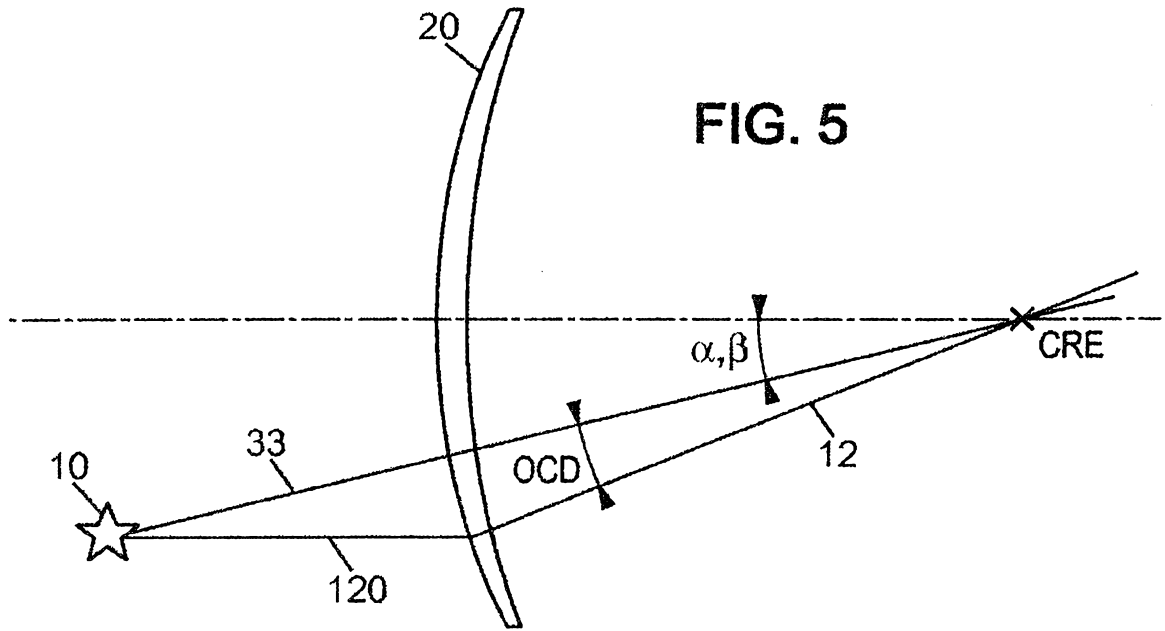
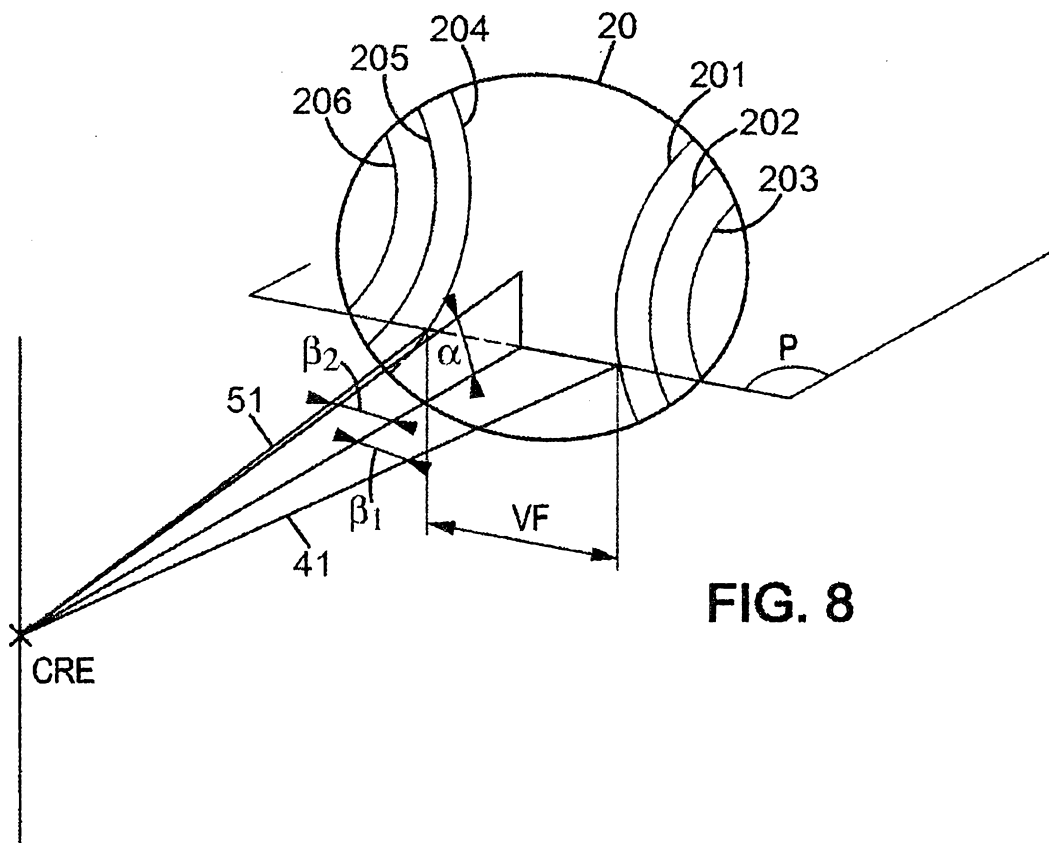
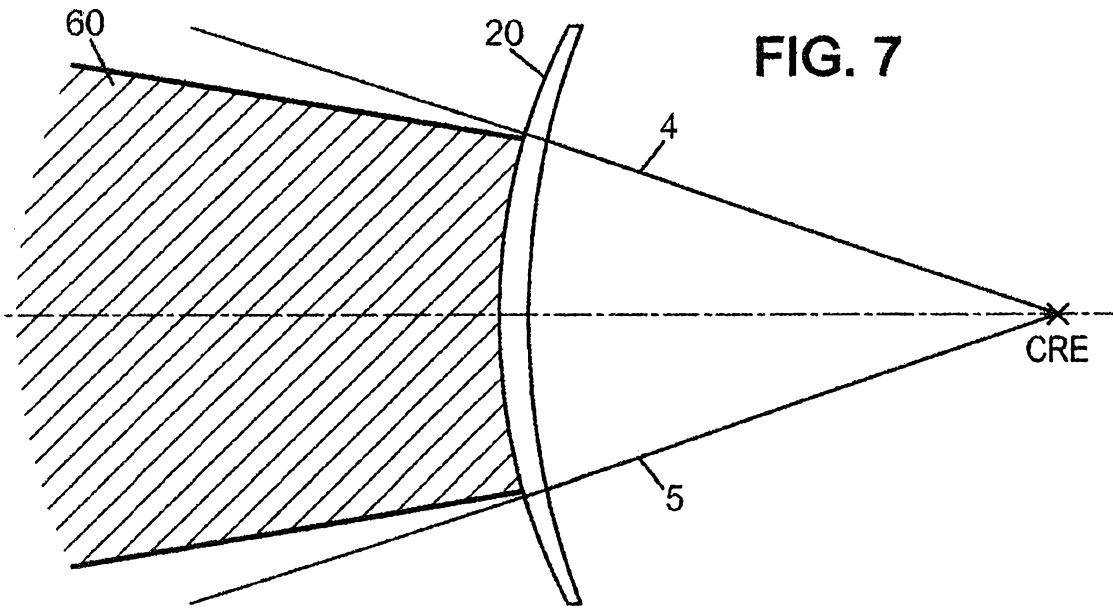
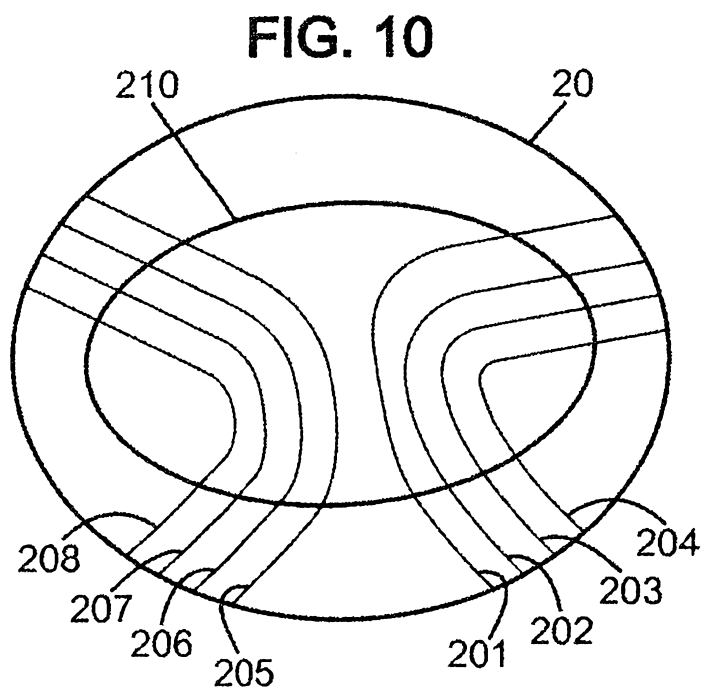
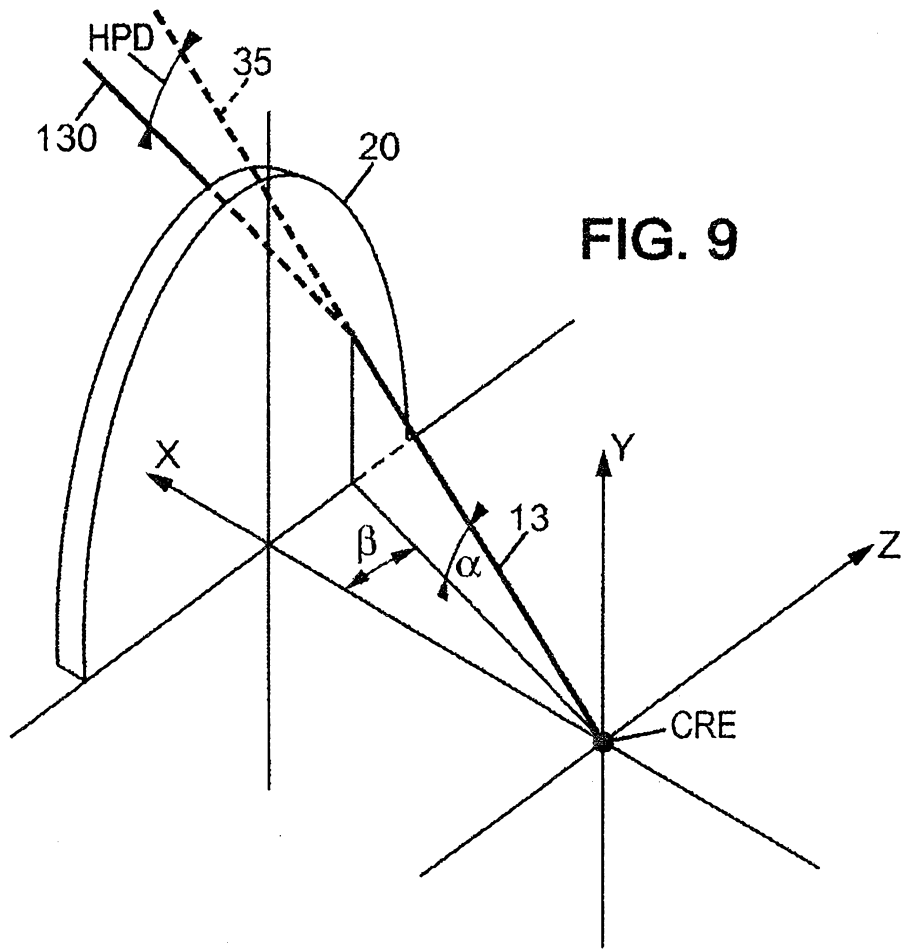


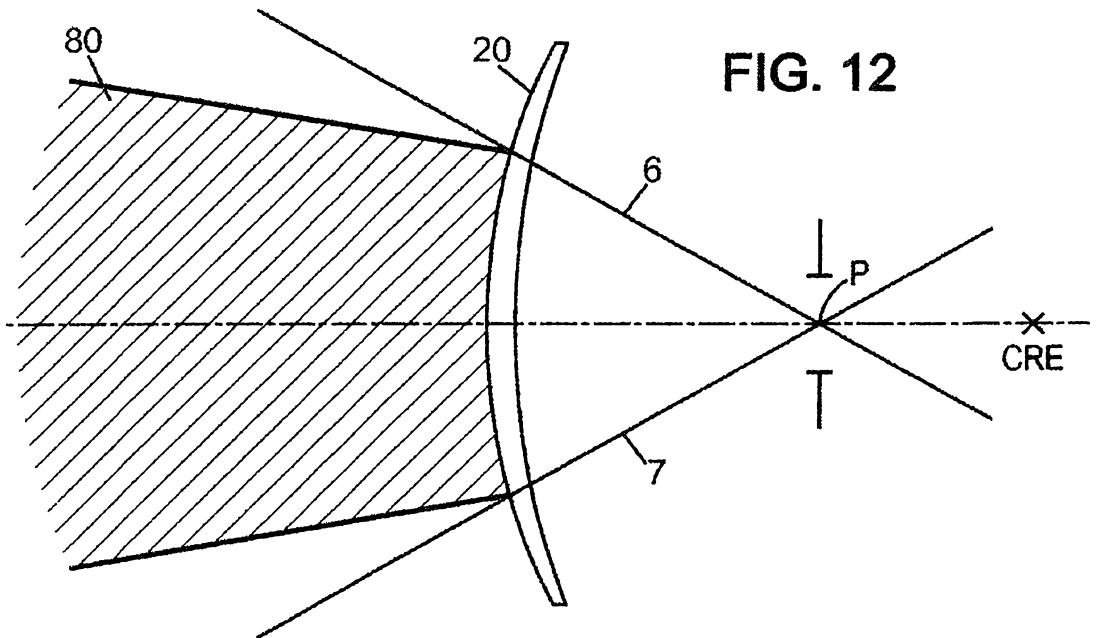
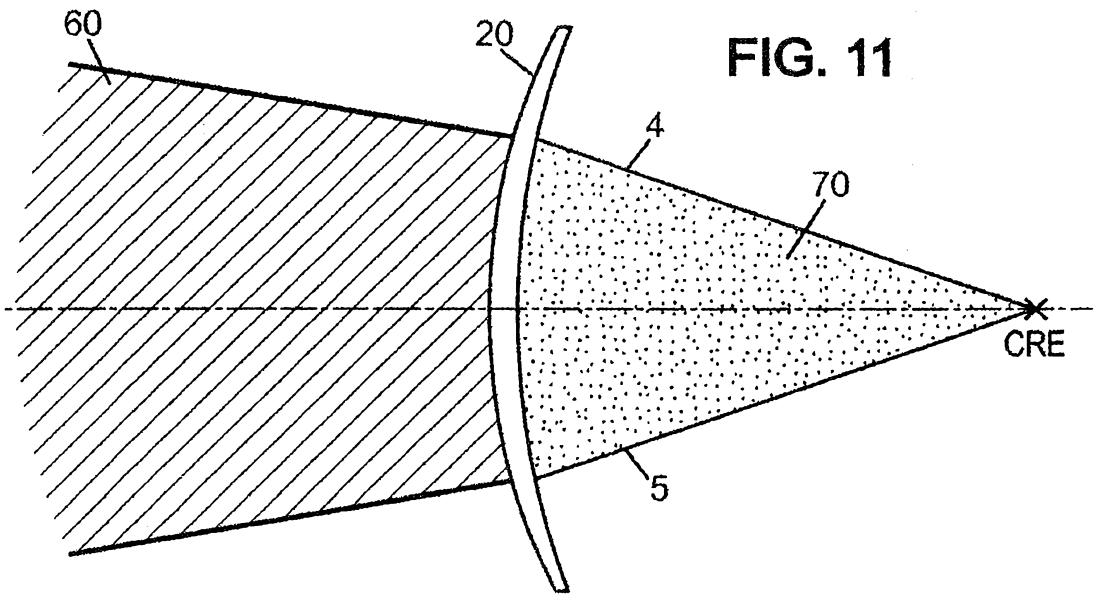
FIG. 2

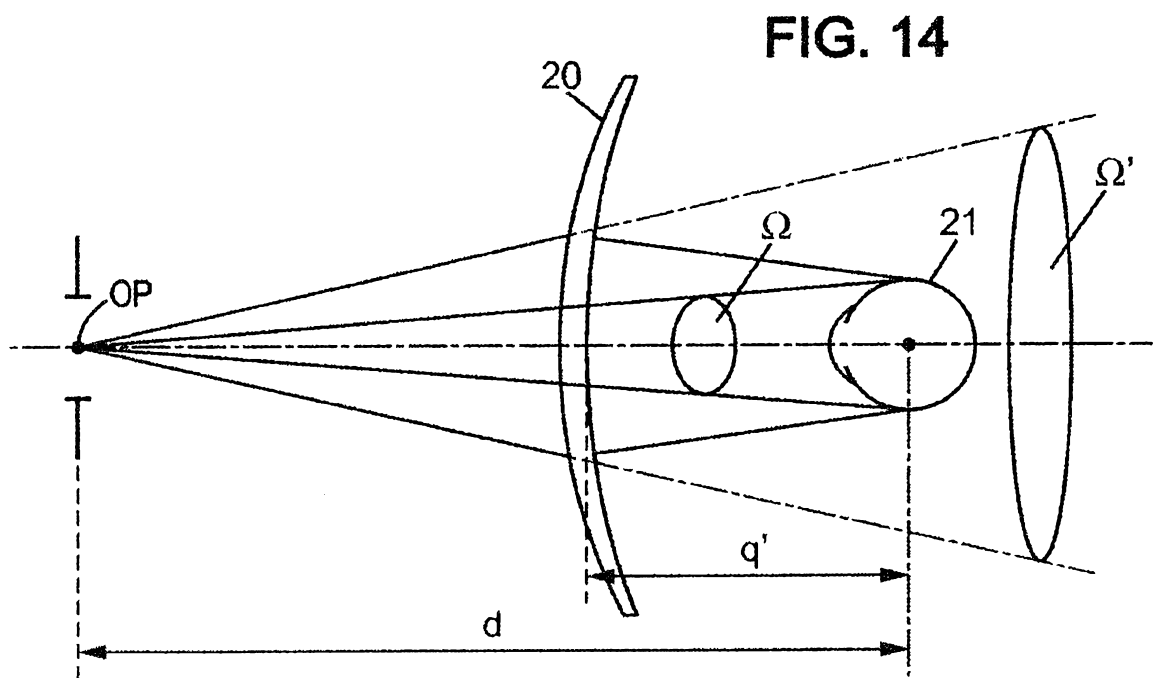
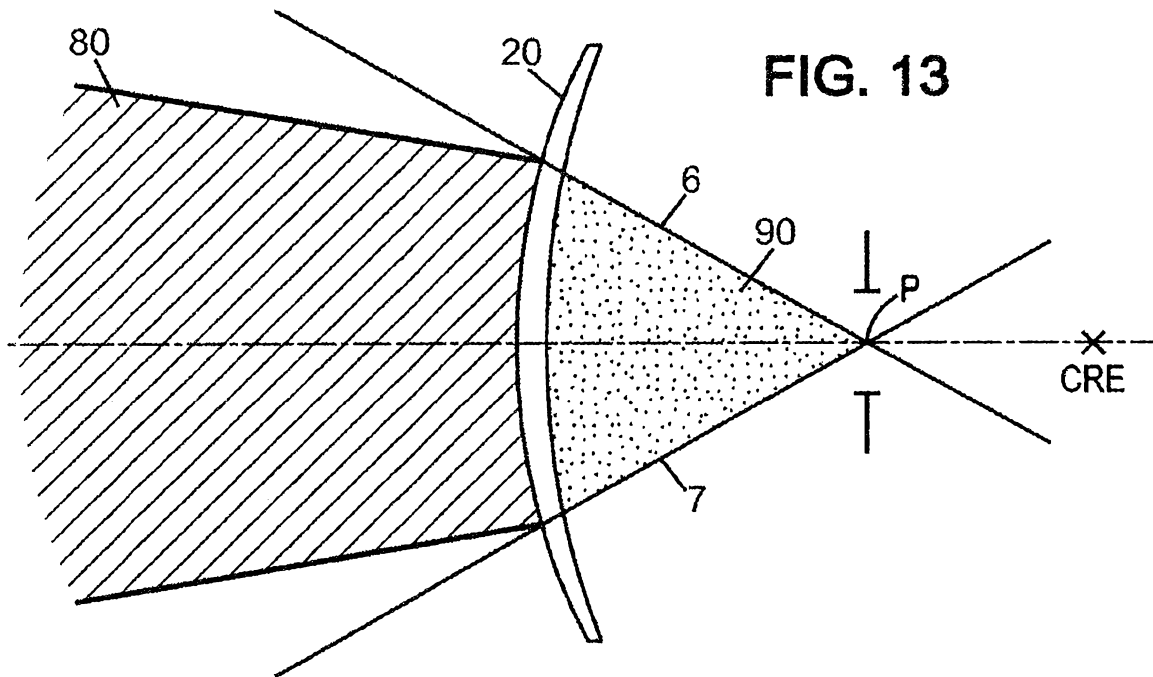












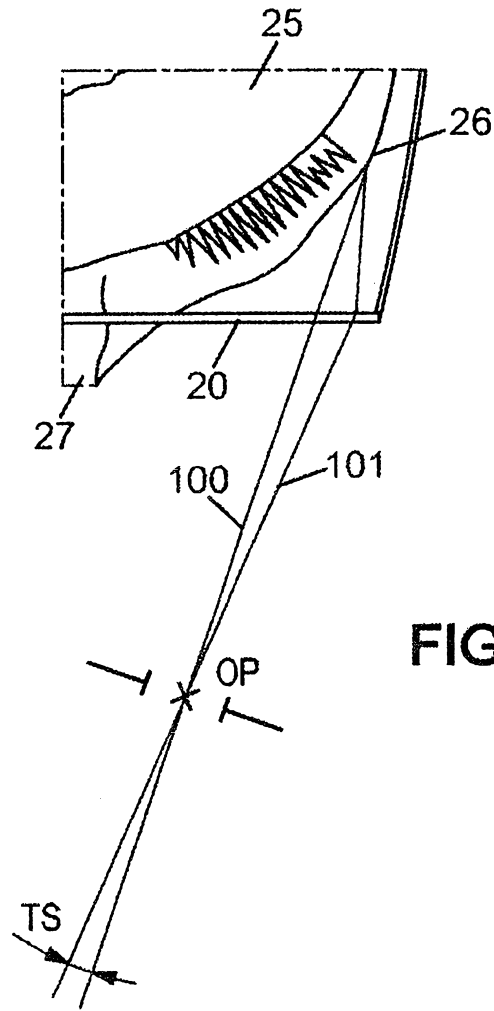


FIG. 15a

FIG. 15b

