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

(21) BR 112020002041-9 A2

(22) Data do Depósito: 26/06/2018

(43) Data da Publicação Nacional: 08/09/2020

(54) Título: DISPOSITIVO ÓPTICO, MÉTODO PARA PRODUZIR UM DISPOSITIVO ÓPTICO E MÉTODO PARA EXPANDIR UMA ABERTURA ÓPTICA EM DUAS DIMENSÕES

(51) Int. Cl.: G02B 6/10; G02F 1/295.

(30) Prioridade Unionista: 13/05/2018 US 15/978,139; 20/03/2018 US 62/645,222; 21/01/2018 US 62/619,830; 21/02/2018 US 62/633,095.

(71) Depositante(es): LUMUS LTD..

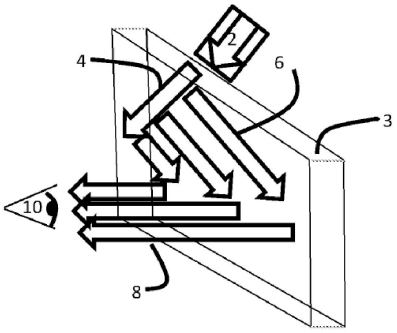
(72) Inventor(es): YOCHAY DANZIGER; ELAD AXEL SHARLIN.

(86) Pedido PCT: PCT IL2018050701 de 26/06/2018

(87) Publicação PCT: WO 2019/142177 de 25/07/2019

(85) Data da Fase Nacional: 30/01/2020

(57) Resumo: Um dispositivo óptico inclui um guia de luz com um primeiro par de superfícies externas paralelas entre si e ao menos dois conjuntos de facetas. Cada um dos conjuntos inclui uma pluralidade de facetas parcialmente refletivas paralelas entre si, e entre o primeiro par de superfícies externas. Em cada um dos conjuntos de facetas, as respectivas facetas estão em um ângulo oblíquo em relação ao primeiro par de superfícies externas e em um ângulo não paralelo em relação a outro dos conjuntos de facetas. O dispositivo óptico é particularmente adequado para expansão de abertura óptica.



“DISPOSITIVO ÓPTICO, MÉTODO PARA PRODUZIR UM DISPOSITIVO ÓPTICO E MÉTODO PARA EXPANDIR UMA ABERTURA ÓPTICA EM DUAS DIMENSÕES”

Campo da invenção

[0001] A presente invenção se relaciona, de modo geral, à expansão de abertura óptica.

Histórico da invenção

[0002] O visor ocular para realidade aumentada é baseado em um projetor com uma pequena abertura e um guia de luz que multiplica (expande) essa pequena abertura para projetar uma abertura maior para iluminar uma caixa ocular desejada. Se a abertura projetada for ampla, a expansão estará em uma dimensão. Se a abertura projetada for pequena (por exemplo, em um guia de luz bidimensional (2D)), então a expansão do guia de luz ocorrerá em duas dimensões.

Sumário

[0003] Certas modalidades da presente invenção fornecem um elemento óptico de guia de luz com expansão de abertura interna em ao menos duas dimensões. Assim, de acordo com uma modalidade da presente invenção, dispõe-se de um dispositivo óptico compreendendo: (a) um guia de luz que possui: (i) um primeiro par de superfícies externas paralelas entre si e (ii) pelo menos dois conjuntos de facetas, cada um dos conjuntos: (A) incluindo uma pluralidade de facetas parcialmente refletidas paralelas entre si, e (B) entre o primeiro par de superfícies externas e (b) sendo que em cada um dos conjuntos de facetas, as respectivas facetas estão: (i) em um ângulo oblíquo em relação ao primeiro par de superfícies externas; e (ii) não paralelas em relação a outro conjunto de facetas.

[0004] De acordo com uma característica adicional de uma modalidade da presente invenção, o guia de luz inclui exatamente dois dos conjuntos de facetas.

[0005] De acordo com uma característica adicional de uma modalidade da presente invenção, o guia de luz inclui exatamente três dos conjuntos de facetas.

[0006] De acordo com uma característica adicional de uma modalidade da presente invenção, pelo menos um primeiro conjunto dos conjuntos de facetas fornece cobertura contínua, conforme visualizada em uma direção de visualização sobre uma área de implantação respectiva do primeiro conjunto de facetas, de modo que ao menos uma porção da luz na direção de visualização passe por ao menos uma faceta de ao menos dois conjuntos de facetas dentro do guia de luz.

[0007] De acordo com uma característica adicional de uma modalidade da presente invenção, cada um dos conjuntos de facetas abrange uma área de cobertura, sendo a extensão uma área sobre a qual cada um dos conjuntos de facetas é implantado e sendo que as áreas de cobertura para dois dos conjuntos de facetas estão pelo menos parcialmente sobrepostas.

[0008] De acordo com uma característica adicional de uma modalidade da presente invenção, o guia de luz é um guia de luz de seção única incluindo: (a) um primeiro conjunto de facetas e (b) um segundo conjunto de facetas, sendo que o primeiro e o segundo conjuntos se sobrepõem no mesmo plano de uma dimensão de espessura do guia de luz, a dimensão de espessura entre o primeiro par de superfícies externas.

[0009] De acordo com uma característica adicional de uma modalidade da presente invenção, (a) o guia de luz tem uma

dimensão de espessura entre o primeiro par de superfícies externas, (b) as facetas de um primeiro conjunto de facetas se estendem através da dimensão de espessura, de modo a abrangem uma primeira faixa de profundidade de uma primeira profundidade a uma segunda profundidade e (c) facetas de um segundo dos conjuntos de facetas se estendem através da dimensão de espessura, de modo a abranger uma segunda faixa de profundidade de uma terceira profundidade a uma quarta profundidade.

[0010] De acordo com uma característica adicional de uma modalidade da presente invenção, a primeira faixa de profundidade e a faixa banda de profundidade abrangem profundidades sobrepostas.

[0011] De acordo com uma característica adicional de uma modalidade da presente invenção, a primeira faixa de profundidade e a faixa banda de profundidade abrangem a mesma faixa de profundidades.

[0012] De acordo com uma característica adicional de uma modalidade da presente invenção, a primeira faixa de profundidade e a segunda faixa de profundidade não são sobrepostas.

[0013] De acordo com uma característica adicional de uma modalidade da presente invenção, uma seção de facetas é limitada por um par de superfícies paralelas ou coincidentes com o primeiro par de superfícies externas, a seção contendo pelo menos um dos conjuntos de facetas.

[0014] De acordo com uma característica adicional de uma modalidade da presente invenção, o guia de luz é um guia de luz de seção única incluindo uma primeira seção de facetas, a primeira seção incluindo dois conjuntos de facetas.

[0015] De acordo com uma característica adicional de uma modalidade da presente invenção, o guia de luz é um guia de luz de duas seções incluindo: (a) uma primeira seção de facetas tendo um primeiro par de superfícies de limite e (b) uma segunda seção de facetas tendo um segundo par de superfícies de limite, sendo que uma superfície do primeiro par de superfícies de limite é adjacente a uma superfície do segundo par de superfícies de limite e o primeiro e o segundo par de superfícies de limite são paralelos.

[0016] De acordo com uma característica adicional de uma modalidade da presente invenção, o guia de luz é um guia de luz de três seções, incluindo ainda uma terceira seção de facetas com um terceiro par de superfícies de limite, sendo que uma superfície do terceiro par de superfícies de limite é adjacente a uma superfície do primeiro par de superfícies de limite ou do segundo par de superfícies de limite e sendo que o terceiro par de superfícies de limite é paralelo aos primeiro e segundo pares de superfícies de limite.

[0017] De acordo com uma característica adicional de uma modalidade da presente invenção, o guia de luz inclui: (a) uma primeira seção de facetas tendo um primeiro par de superfícies de limite e (b) uma segunda seção de facetas tendo uma segundo par de superfícies de limite, (c) sendo que o primeiro e o segundo par de superfícies de limite são paralelos; e (d) pelo menos uma interface, cada interface: (i) estando pelo menos parcialmente entre duas seções e (ii) paralela ao primeiro par de superfícies externas, (e) sendo que a interface é selecionada do grupo consistindo em: (i) uma superfície parcialmente refletora, (ii) um revestimento óptico parcialmente refletivo, (iii) uma transição de um

material de uma das seções para outro material de outra das seções, (iv) um revestimento modificador de polarização, e (v) uma camada intermediária flexível.

[0018] De acordo com uma característica adicional de uma modalidade da presente invenção, um segundo conjunto de facetas é configurado para realizar a transmissão da luz do guia de luz, o segundo conjunto de facetas tendo um número constante de facetas sobrepostas em uma linha de visão em direção a um ponto de observação nominal da transmissão de luz do guia de luz através de um dos primeiros pares de superfícies externas.

[0019] De acordo com uma característica adicional de uma modalidade da presente invenção, também é fornecido: (a) um arranjo de transmissão configurado para guiar a luz para o guia de luz, de modo que a luz se propague através da reflexão interna do primeiro par de superfícies externas ao longo do guia de luz em uma direção de propagação com um primeiro componente no plano; e (b) sendo que em cada um dos conjuntos de facetas, as respectivas facetas sejam orientadas para desviar parte da luz a ser guiada pela reflexão interna do guia de luz para propagar ao longo do guia de luz com uma direção de propagação com um segundo componente no plano não paralelo ao primeiro componente no plano.

[0020] De acordo com uma característica adicional de uma modalidade da presente invenção, o arranjo de transmissão é um segundo guia de luz que inclui: (a) um segundo par de superfícies externas paralelas entre si e (b) um conjunto de facetas.

[0021] De acordo com uma característica adicional de uma modalidade da presente invenção, em ao menos um dos conjuntos

de facetas, um espaçamento entre cada uma das facetas parcialmente refletidas é configurado de modo que, dentro de um campo de visão de uma imagem a ser refletida por um dos conjuntos de facetas, a distância pela qual ocorre uma etapa de propagação de dupla reflexão ao longo do guia de luz não corresponde a um múltiplo exato do espaçamento.

[0022] De acordo com uma característica adicional de uma modalidade da presente invenção, um primeiro ângulo das facetas refletindo parcialmente em um primeiro conjunto de ao menos dois conjuntos de facetas é diferente de um segundo ângulo das facetas refletindo parcialmente em um segundo conjunto de ao menos dois conjuntos de facetas, os ângulos sendo relativos ao primeiro par de superfícies externas.

[0023] De acordo com uma característica adicional de uma modalidade da presente invenção, um primeiro ângulo das facetas refletindo parcialmente em um primeiro conjunto dos pelo menos dois conjuntos de facetas é substancialmente o mesmo que um segundo ângulo das facetas refletindo parcialmente em um segundo conjunto dos pelo menos dois conjuntos de facetas, os ângulos sendo relativos ao primeiro par de superfícies externas e o primeiro conjunto é girado em relação ao segundo conjunto.

[0024] De acordo com uma característica adicional de uma modalidade da presente invenção, também se fornece: (a) uma fonte de luz que fornece iluminação de entrada no guia de luz e (b) um modulador de imagem refletindo a luz de propagação gerada pelo guia de luz a partir da iluminação de entrada, com o reflexo produzindo a imagem da luz refletida que atravessa o guia de luz.

[0025] Também é fornecido, de acordo com os ensinamentos

de uma modalidade da presente invenção, um método de produção de um dispositivo óptico, o dispositivo óptico compreendendo um guia de luz tendo: (i) pelo menos dois conjuntos de facetas entre um primeiro par de superfícies externas (ii) as superfícies externas paralelas entre si, (iii) cada um dos conjuntos de facetas, incluindo uma pluralidade de facetas parcialmente refletidas paralelas entre si, e sendo que em cada um dos conjuntos de facetas, as respectivas facetas estão: em um ângulo oblíquo em relação ao primeiro par de superfícies externas e não paralelas em relação a outro conjunto de facetas, com o método compreendendo: (a) fornecer uma primeira matriz de facetas parcialmente refletivas, (b) fornecer uma segunda matriz de facetas parcialmente refletidas, e (c) fixar opticamente a primeira matriz e a segunda matriz, de modo que as facetas da primeira matriz e as facetas da segunda matriz estejam em um ângulo oblíquo em relação ao primeiro par de superfícies externas e não paralelas entre si.

[0026] De acordo com uma característica adicional de uma modalidade da presente invenção, a fixação óptica é realizada pressionando juntos a primeira e a segunda matriz com um adesivo escoável entre a primeira e a segunda matriz.

[0027] De acordo com uma característica adicional de uma modalidade da presente invenção, um primeiro ângulo das facetas parcialmente refletidas na primeira matriz é diferente de um segundo ângulo das facetas parcialmente refletidas na segunda matriz, os ângulos sendo relativos às respectivas superfícies externas das matrizes.

[0028] De acordo com uma característica adicional de uma modalidade da presente invenção, um primeiro ângulo das

facetas refletindo parcialmente na primeira matriz é substancialmente o mesmo que um segundo ângulo das facetas refletindo parcialmente na segunda matriz, os ângulos sendo relativos às superfícies externas respectivas das matrizes e a primeira matriz é girada em relação à segunda matriz antes de se fixar opticamente as matrizes.

[0029] Também é fornecido, de acordo com os ensinamentos de uma modalidade da presente invenção, um método de produção de um dispositivo óptico, o dispositivo óptico compreendendo um guia de luz tendo: (i) pelo menos dois conjuntos de facetas entre um primeiro par de superfícies externas (ii) as superfícies externas paralelas entre si, (iii) cada um dos conjuntos de facetas, incluindo uma pluralidade de facetas parcialmente refletidas e paralelas entre si, e sendo que em cada um dos conjuntos de facetas, as respectivas facetas estão: em um ângulo oblíquo em relação ao primeiro par de superfícies externas e não paralelas em relação ao outro conjunto de facetas, com o método compreendendo: (a) fornecer uma pluralidade de janelas planas transparentes com superfícies parcialmente refletivas; (b) unir opticamente as janelas para criar uma primeira pilha; (c) fatiar a primeira pilha para criar uma pluralidade de primeiras matrizes planas, cortando através de uma pluralidade de janelas e a um ângulo oblíquo em relação a pelo menos dois pares de lados opostos da primeira pilha, (d) unindo opticamente uma pluralidade das primeiras matrizes planas, de modo a criar uma pilha de matrizes, e (e) fatiar a pilha de matrizes para criar pelo menos um guia de luz, cortando através de uma pluralidade das primeiras matrizes planas e em um ângulo oblíquo em relação a pelo menos dois pares de lados opostos

da pilha de matrizes.

[0030] De acordo com uma característica adicional de uma modalidade da presente invenção, as primeiras matrizes planas são polidas e revestidas antes de serem fixadas opticamente para criar a pilha de matrizes.

[0031] Também é fornecido, de acordo com os ensinamentos de uma modalidade da presente invenção, um método para expandir uma abertura óptica em duas dimensões, fornecendo uma imagem como uma entrada de luz para o dispositivo óptico acima mencionado.

Breve descrição dos desenhos

[0032] A modalidade é aqui descrita, apenas a título de exemplo, com referência aos desenhos anexos, sendo que:

[0033] FIG. 1 é um esboço esquemático de alto nível que mostra o efeito de expansão de feixe de um guia de luz com dois conjuntos sobrepostos de facetas internas parcialmente refletoras.

[0034] FIG. 2 é um esboço esquemático de uma configuração exemplar do guia de luz.

[0035] FIG. 3 é um esboço esquemático de vista lateral da propagação de luz no guia de luz.

[0036] FIG. 4 é um gráfico de refletância versus ângulo para refletividades de vários revestimentos com amplitude de refletividade diferente.

[0037] FIG. 5 representa as propriedades ópticas geométricas do guia de luz no espaço angular.

[0038] FIG. 6 é uma orientação angular espacial das facetas do guia de luz.

[0039] FIG. 7 são as propriedades ópticas geométricas do segundo conjunto de facetas.

[0040] FIG. 8 é um diagrama de espaço angular de uma implementação alternativa de facetas e margens de revestimento.

[0041] FIG. 9 é outra modalidade de um guia de luz, sendo que as seções da primeira seção e da segunda seção se sobrepõem na dimensão de espessura do guia de luz para gerar um guia de luz de seção única com facetas em interseção.

[0042] FIG. 10 é um método para produzir o guia de luz de duas seções.

[0043] FIG. 11 é um método exemplar para produzir um guia de luz de seção única.

[0044] FIG. 12A representa a iluminação dos lados.

[0045] FIG. 12B mostra iluminação dos lados superiores; essa configuração reduz o obscurecimento da visão periférica lateral.

[0046] FIG. 12C mostra a iluminação do centro (entre dois guias de luz), onde o hardware do projetor (direito e esquerdo) pode ser combinado para reduzir tamanho e peso.

[0047] FIG. 12D mostra a iluminação superior que permite uma visão periférica praticamente não obstruída.

[0048] FIG. 12E mostra a iluminação em um ângulo abaixo da orientação dos olhos.

[0049] FIG. 13 é uma variação das arquiteturas descritas acima.

[0050] FIG. 14A e FIG. 14B são esboços esquemáticos da disposição do guia de luz usando as arquiteturas da FIG. 13.

[0051] FIG. 15 é um esboço esquemático de propagação de luz dentro do guia de luz.

[0052] FIG. 16A é um gráfico de uma refletividade (perfil refletivo) de um revestimento de faceta projetado para

refletir feixes de luz de incidência de ângulos elevados.

[0053] FIG. 16B mostra a arquitetura angular de um exemplo da abordagem atual.

[0054] FIG. 17 mostra um esboço esquemático da propagação da luz da imagem invertida.

[0055] FIG. 18A é um esboço esquemático das direções das reflexões conforme os raios de luz se propagam no guia de luz 173.

[0056] FIG. 18B é um esboço esquemático de uma vista frontal do guia de luz combinado 173 onde três seções de faceta são combinadas.

[0057] FIG. 18C é um esboço esquemático das direções das reflexões conforme os raios de luz se propagam no guia de luz 173 em outra configuração de três seções de faceta.

[0058] FIG. 19A é um diagrama angular de uma direção alternativa de injeção de luz no guia de luz.

[0059] FIG. 19B é um diagrama esquemático de um guia de luz usando o diagrama angular da FIG. 19A.

[0060] FIG. 19C é um diagrama de propagação de raios no guia de luz atual.

[0061] FIG. 20 é um diagrama angular de uma modalidade alternativa com facetas do outro lado da imagem.

[0062] FIG. 21 é um sistema híbrido onde facetas refrativas são combinadas com grades difrativas.

[0063] FIG. 22A representa seções separadas por um revestimento parcialmente refletivo.

[0064] FIG. 22B é um arranjo óptico alternativo menor.

[0065] FIG. 22C é uma modalidade alternativa com um refletor parcial.

[0066] FIG. 23 é um esboço esquemático da propagação da

luz dentro de um guia de luz com expansão não ideal.

[0067] FIG. 24A é um exemplo de duas seções transversais semelhantes com um prisma de transmissão usado para transmitir o feixe de entrada ao guia de luz.

[0068] FIG. 24B mostra uma configuração sendo que o guia de luz foi polido em um ângulo e um prisma foi adicionado ao topo do ângulo polido.

[0069] FIG. 24C mostra uma configuração com uma adição de um prisma na extremidade vertical do guia de luz.

[0070] FIG. 24D mostra uma combinação de um prisma com um gerador de imagem baseado no divisor de feixe polarizador.

[0071] FIG. 25 é um elemento de ligação de segurança entre as seções.

[0072] FIG. 26A e FIG. 26B são, respectivamente, vistas lateral e frontal de um guia de luz 2D que alimenta um guia de luz de duas seções.

[0073] FIG. 27A e FIG. 27B são, respectivamente, vistas lateral e frontal de um guia de luz 1D que alimenta um guia de luz de duas seções.

[0074] FIG. 28 é um diagrama angular de uma imagem indesejada que se sobrepõe à imagem virtual.

[0075] FIG. 29A é uma sombra para impedir que a luz de ângulo elevado alcance o guia de luz.

[0076] FIG. 29B é um revestimento sensível angular para impedir que a luz de ângulo elevado alcance o guia de luz.

[0077] FIG. 30 representa uma combinação alternativa de seções.

[0078] FIG. 31 é uma vista lateral de um elemento óptico de guia de luz (LOE) exemplar configurado para uso com a modalidade atual.

[0079] FIG. 32A é um esboço esquemático de vista lateral de um sistema de iluminação exemplar.

[0080] FIG. 32B mostra um esboço esquemático de vista frontal de um sistema de iluminação exemplar.

Descrição detalhada – primeira modalidade – figs. 1 a 32b

[0081] Os princípios e o funcionamento do sistema de acordo com a presente modalidade podem ser melhor compreendidos com referência aos desenhos e à descrição anexa. A presente invenção é um sistema para expansão de abertura óptica. Em geral, um projetor de imagem com uma pequena abertura projeta um feixe de entrada que é multiplicado por um guia de luz com mais de um conjunto de superfícies ou "facetas" paralelas parcialmente refletoras, de preferência com revestimentos otimizados. Modalidades alternativas empregam uma combinação de facetas e elementos difrativos. Isso reduz a necessidade de expansão da abertura fora do guia de luz transparente, reduzindo o tamanho e o peso do sistema.

[0082] Um dispositivo óptico inclui um guia de luz com um primeiro par de superfícies externas paralelas entre si e ao menos dois conjuntos de facetas. Cada um dos conjuntos, incluindo uma pluralidade de facetas parcialmente refletoras e paralelas entre si, e entre o primeiro par de superfícies externas. Em cada um dos conjuntos de facetas, as respectivas facetas estão em um ângulo oblíquo em relação ao primeiro par de superfícies externas e em um ângulo não paralelo em relação a outro conjunto de facetas.

[0083] A FIG. 31 mostra uma vista lateral de um elemento óptico de guia de luz (LOE) 903 exemplar configurado para uso com a modalidade atual. Uma primeira superfície refletora 916

é iluminada por um raio de luz de exibição colimado por entrada (feixe de entrada) 4 que emana de uma fonte de luz 2. No contexto deste documento, a fonte de luz 2 também é chamada de "projetor". Nas figuras atuais, apenas um raio de luz é geralmente representado, o raio de luz recebido, o feixe de entrada 4, também chamado de "feixe" ou "raio de entrada". Geralmente, sempre que uma imagem é aqui representada por um feixe de luz, deve-se notar que o feixe é um feixe de imagem de amostra, que normalmente é formado por múltiplos feixes em ângulos ligeiramente diferentes, cada um correspondente a um ponto ou pixel da imagem. Exceto quando especificamente referido como uma extremidade da imagem, os feixes ilustrados são tipicamente um centroide da imagem. Ou seja, a luz corresponde a uma imagem e o raio central é um raio central de um centro da imagem ou um pixel central da imagem.

[0084] Uma primeira região 954 é proximal ao feixe de entrada 4, onde uma iluminação de imagem é transmitida a um guia de luz 920. A superfície refletora 916 reflete pelo menos parcialmente a luz incidente do feixe de entrada 4 da fonte 2, de modo que a luz fique presa dentro do guia de luz 920 por reflexão interna, normalmente por reflexão interna total (TIR). O guia de luz 920 é tipicamente um substrato transparente e também é referido como "substrato plano", "substrato transmissor de luz" e guia de ondas. O guia de luz 920 inclui pelo menos duas superfícies (principais, externas), tipicamente paralelas entre si, mostradas na figura atual como uma superfície traseira (principal) 926 e uma superfície frontal (principal) 926A. Observe que a designação de "frontal" e "traseira" em relação às principais

superfícies (926, 926A) serve para conveniência de referência. A transmissão ao guia de luz 920 pode vir de várias superfícies, como a frente, a traseira, a borda lateral ou qualquer outra geometria de transmissão desejada.

[0085] O feixe de entrada 4 entra no substrato do guia de luz na extremidade proximal do substrato (lado direito da figura). A luz se propaga através do guia de luz 920 e de uma ou mais facetas, normalmente pelo menos uma pluralidade de facetas, e tipicamente várias facetas, em direção a uma extremidade distal do guia de luz 920 (lado esquerdo da figura). O guia de luz 920 tipicamente guia raios de luz de propagação no substrato por reflexão interna das superfícies externas.

[0086] Depois de refletir opcionalmente a partir das superfícies internas do substrato 920, as ondas capturadas atingem um conjunto de superfícies (facetas) refletivas seletivamente 922, que transmitem a luz do substrato ao olho 10 de um espectador. Na figura exemplar atual, o raio aprisionado é gradualmente transmitido a partir do substrato 920 pelas outras duas superfícies parcialmente refletivas 922 nos pontos 944.

[0087] Superfícies internas que refletem parcialmente, como o conjunto de superfícies que refletem seletivamente 922 são geralmente referidas no contexto deste documento como “facetas”. Para aplicações de realidade aumentada, as facetas refletem parcialmente, permitindo que a luz do mundo real entre através de a superfície frontal 926A, atravesse o substrato incluindo facetas e saia do substrato via superfície traseira 926 para o olho 10 do espectador. O exemplo de raio 942 mostra a luz do feixe de entrada 4

refletido parcialmente a partir da superfície refletora 916 e o exemplo de raio 941 mostra a luz do feixe de entrada 4 transmitido parcialmente através da superfície refletora 916.

[0088] As superfícies parcialmente refletivas internas 922 geralmente atravessam pelo menos parcialmente o guia de luz 920 em um ângulo oblíquo (isto é, não paralelo, nem paralelo nem perpendicular) em relação à direção de alongamento do guia de luz 920. A reflexão parcial pode ser implementada por uma variedade de técnicas, incluindo, entre outros, transmissão de uma porcentagem de luz ou uso de polarização.

[0089] O guia de luz 920 possui opcionalmente um segundo par de superfícies externas (não mostradas na vista lateral da figura atual) paralelas uma à outra e não paralelas ao primeiro par de superfícies externas. Em algumas implementações, o segundo par de superfícies externas é perpendicular ao primeiro par de superfícies externas. Normalmente, cada uma das facetas está em um ângulo oblíquo em relação ao segundo par de superfícies externas. Em outros casos, onde não são desejados reflexos das superfícies periféricas do guia de luz, essas superfícies periféricas são tipicamente deixadas sem polimento e/ou revestidas com material absorvente de luz (por exemplo, preto) para minimizar reflexos indesejados.

[0090] A FIG. 1 mostra um esboço esquemático de alto nível que mostra o efeito de expansão de feixe de um guia de luz 3 apresentando dois conjuntos sobrepostos de facetas internas parcialmente refletidas em orientações diferentes, tendo dois processos de espalhamento de feixe pelas facetas dentro do guia de luz 3. O projetor 2 projeta uma imagem no guia de luz 3 como o feixe de entrada 4. Um conjunto de facetas (um

primeiro conjunto de facetas, mostrado nas figuras abaixo) desvia continuamente uma proporção do feixe de entrada (imagem projetada) 4 nos primeiros feixes guiados (imagem projetada) 6. Distintamente, de acordo com certas implementações particularmente preferidas, esse conjunto de primeiras facetas é inclinado de modo que os raios de imagem incidente do feixe de entrada 4 e os raios de imagem refletida dos primeiros feixes guiados 6 estejam dentro de faixas angulares que são presos pela reflexão interna nas principais superfícies do substrato (superfícies externas) do guia de luz 3 e, portanto, são guiados pelo guia de luz (também conhecido como "substrato" ou "guia de ondas") do guia de luz 3. Integrado no mesmo guia de luz, mais preferencialmente em relação à sobreposição com o primeiro conjunto de facetas, há um segundo conjunto de facetas a um ângulo diferente do ângulo do primeiro conjunto de facetas. O segundo conjunto de facetas desvia uma proporção dos primeiros feixes guiados (imagem projetada) 6 para os segundos feixes guiados (imagem projetada) 8. Os segundos feixes guiados 8 são transmitidos para fora do guia de luz 3, tipicamente no olho 10 do observador.

[0091] Fazendo referência à FIG. 2, é mostrado um esboço esquemático de uma configuração exemplar do guia de luz 3. Em um primeiro conjunto de implementações não limitativas, o guia de luz 3 é composto de duas camadas com orientações diferentes das facetas internas. Cada um dos elementos entre uma primeira seção 14 e uma segunda seção 12 pode ser LOEs 903, como descrito acima. Como tal, a primeira e a segunda seção são referidas no contexto deste documento como primeiro e segundo LOEs respectivos, ou primeira e segunda camadas, ou

primeira e segunda seções de faceta. Cada seção contém um respectivo conjunto de facetas. A primeira seção 14 inclui um primeiro conjunto de facetas 32 e a segunda seção 12 inclui um segundo conjunto de facetas 36. A primeira e a segunda seção (14, 12) são implantadas em uma relação de sobreposição em relação à direção de visualização do usuário (o olho do usuário 10). Neste exemplo, a segunda camada 12 se sobrepõe à parte superior da primeira camada 14 para gerar um padrão de faceta sobreposto de um guia de luz final 16. Observe que as orientações representadas na figura atual são mostradas de maneira simples e grosseira para maior clareza da descrição. Como o guia de luz 16 tem ao menos dois conjuntos de facetas que se sobrepõem pelo menos parcialmente na direção de visualização de um usuário, o guia de luz 16 também é referido como um "guia de luz sobreposto".

[0092] Cada conjunto de facetas fornece cobertura sobre uma determinada área de implantação da seção que contém o conjunto de facetas. Pelo menos um primeiro conjunto de facetas fornece cobertura contínua, conforme visualizada em uma direção de visualização, sobre uma área de implantação respectiva do primeiro conjunto de facetas. A área de implantação de um conjunto de facetas inclui a área (espaço) entre as facetas. Uma configuração preferida das facetas pode ser descrita extrapolando linhas de interseção das facetas para a superfície do guia de luz. Dado um primeiro conjunto de linhas de interseção entre os planos de um primeiro conjunto de facetas e o plano de uma superfície externa e dado um segundo conjunto de linhas de interseção entre os planos de um segundo conjunto de facetas e o mesmo plano (de uma superfície externa do guia de luz), o primeiro e o

segundo conjuntos de linhas não são paralelos.

[0093] Considerações para determinar as orientações das facetas nessas camadas serão descritas abaixo. Note que na FIG. 1 o guia de luz 3 é mostrado inicialmente em um nível elevado, enquanto na FIG. 2 o guia de luz 16 é mostrado com detalhes da estrutura interna (primeira e segunda seções). O guia de luz 16 com dois conjuntos de facetas (paralelas) pode ser descrito como tendo "dois eixos", enquanto um guia de luz com um número arbitrário de conjuntos de facetas (mais de um) pode ser descrito como um guia de luz com "poucos eixos". Nesse contexto, cada "eixo" é uma direção de expansão do feixe do guia de luz 3, a direção no guia de luz 3 na qual as facetas são dispostas.

[0094] Com referência à FIG. 3, é possível ver um esboço esquemático de vista lateral que se propaga no guia de luz 16. A primeira camada 14 inclui o primeiro conjunto de facetas 32 (também referidas como facetas de primeira seção ou primeiras facetas). Da mesma forma, a segunda camada 12 inclui o segundo conjunto de facetas 36 (também referidas como facetas da segunda seção, ou segundas facetas). O guia de luz 16 tem uma espessura 16T entre uma primeira face externa 22 e uma segunda face externa 24 (respectivamente semelhantes à superfície traseira 926 e uma superfície frontal 926A). Tipicamente, a primeira camada 14 e a segunda camada 12 são acopladas opticamente para que a luz passe entre essas camadas sem reflexão. A orientação da luz interna para cada camada é alcançada por reflexão interna, tipicamente pelo mecanismo de reflexão interna total (TIR), a partir das faces externas do guia de luz 16. Na figura atual, o projetor 2 é implementado por um arranjo óptico 20. Um

prisma 16P é parte de um arranjo de transmissão ao guia de luz 16. O arranjo óptico 20 ilumina o guia de luz 16 com uma imagem acoplada (o feixe de entrada 4) colimado ao infinito (por exemplo, como descrito na patente WO 2015/162611 da Lumus LTD). À medida que a luz se propaga 5 dentro do guia de luz 3, a luz de propagação 5 é refletida pela reflexão interna da primeira superfície externa 22 e da segunda superfície externa 24 do guia de luz 16. A primeira face externa da figura atual 22 e a segunda superfície externa 24 para o guia de luz 16 são respectivamente semelhantes à superfície frontal 926A e a superfície traseira 926 do LOE 903 da FIG. 31.

[0095] A primeira seção 14 do guia de luz 16 inclui facetas internas que refletem a luz de propagação 5 lateralmente (uma mudança na direção que não é discernível na vista lateral da figura atual) como os primeiros feixes guiados 6. A segunda seção 12 inclui facetas que refletem a propagação luz 4A como o segundo feixe guiado 8 em direção à caixa ocular 10 do observador. As facetas em cada seção são de preferência sobrepostas (em um sentido definido no pedido de patente PCT/IL2018/050025 de Lumus LTD, que é incorporado a este instrumento em sua totalidade), onde a luz na direção do olho 10 do observador passa por mais uma faceta em cada sequência de facetas), a fim de melhorar a uniformidade da iluminação da imagem.

[0096] A luz é guiada para o guia de luz 16, tipicamente por um arranjo de transmissão, por exemplo, o arranjo óptico 20 e o prisma 16P. O arranjo de transmissão e/ou o projetor de imagem são configurados para guiar a luz para o guia de luz 16, de modo que a luz de propagação 5 se propague através

da reflexão interna das superfícies externas (22, 24) ao longo do guia de luz 16 em uma direção de propagação com uma primeira componente do plano. (O componente fora do plano reverte a cada reflexão interna das principais superfícies externas do guia de luz.) Pelo menos o primeiro conjunto de facetas 32 é orientado para desviar parte da luz a ser guiada pela reflexão interna do guia de luz 16 para propagar ao longo do guia de luz 16 com uma direção de propagação com um segundo componente no plano não paralelo ao primeiro componente no plano. Esse redirecionamento da imagem através da reflexão parcial em uma sequência de facetas atinge a multiplicação da abertura em uma primeira dimensão dentro do guia de luz. Uma disposição de transmissão para fora é tipicamente configurada para transmitir para fora pelo menos parte da luz que se propaga com o segundo componente no plano. O arranjo de transmissão é tipicamente o segundo (ou um terceiro) conjunto de facetas parcialmente refletivas 36, que alcançam uma multiplicação de abertura adicional na segunda direção no plano.

[0097] A segunda seção 12 (com as facetas de transmissão) é preferencialmente mais próxima do olho 10 do observador, de modo que a luz transmissão (os segundos feixes guiados 8) não seja perturbada, embora a configuração reversa também caia dentro do escopo da presente invenção e possa ser preferível em certas aplicações.

[0098] Agora será descrita uma implementação exemplar do guia de luz 16 usando vidro com um índice de refração de 1,5955 e acoplando (transmitindo) uma imagem retangular de diagonal de 40 graus.

[0099] Com referência à FIG. 4, é possível ver um gráfico

de refletância versus ângulo de refletividade de vários revestimentos com amplitude de refletividade diferente. De preferência, o revestimento das facetas deve ser projetado para obter eficiência máxima e energia mínima transmitida às imagens fantasmas. Em modalidades preferidas, a refletividade da imagem existe em ângulos de incidência de 0 a 55 graus do normal à superfície, enquanto o revestimento é praticamente transparente de 55 a 87 graus (exceto pelo revestimento de alta refletividade que é transparente até 72 graus) do normal à superfície. Essas características dos revestimentos determinam o design da faceta angular. Essa característica dos revestimentos é quase a mesma para todo o espectro visível; portanto, um único guia de luz transmitirá todas as cores (geralmente chamadas de RGB, ou vermelho, verde e azul). Facetas mais distantes (em direção à extremidade distal do guia de luz) da entrada de luz no guia de luz (extremidade proximal do guia de luz) são preferencialmente providas de revestimentos com maior refletividade.

[00100] Com referência à FIG. 5, as propriedades ópticas geométricas do guia de luz 16 são ilustradas no espaço angular. Os limites de ângulo crítico TIR de ambas as faces externas (primeira face externa 22 e segunda face externa 24) são apresentados como círculos A30, onde os raios direcionados dentro desses círculos escapam do substrato e os raios direcionados para fora desses círculos permanecem presos no substrato. A luz da imagem injetada no guia de luz 16, feixe de entrada 4, tem distribuição angular retangular. O feixe de entrada 4 salta para frente e para trás entre as faces externas (primeira face externa 22 e segunda face externa 24) e é mostrado como quadrados 4L e 4R (imagens

conjugadas refletidas nas superfícies principais do substrato, equivalentes ao feixe de entrada 4 na FIG 1).

[00101] Com referência à FIG. 6, é mostrada uma orientação angular do espaço das facetas do guia de luz 16. O feixe de entrada de luz da imagem 4 encontra o primeiro conjunto de facetas 32 na primeira seção 14 do guia de luz 16. A orientação angular do espaço do primeiro conjunto de facetas 32 é mostrado como um plano indicado pelo círculo A32. Estas facetas da primeira seção 32 são revestidas com um revestimento que possui refletividade angular, como mostrado na FIG. 4. O ângulo a partir do qual o revestimento é transparente (55 graus neste exemplo) é mostrado na forma dos círculos A34. Portanto, qualquer imagem mostrada entre (fora) esses círculos (ou seja, com ângulos inclinados ao normal para as facetas em mais de 55 graus, como 4L na figura atual) passará pela faceta revestida com refletividade mínima. As imagens que caem dentro desses círculos (ou seja, com ângulos inclinados ao normal para essas facetas em ângulo inferior a 55 graus, como 4R nesta figura) serão parcialmente refletidas. A reflexão ocorrerá em um ângulo oposto em relação ao ângulo de faceta A32. Portanto, a imagem 4R é refletida (como mostrado pela seta 600) para gerar uma imagem conjugada 6L (que corresponde aos primeiros feixes guiados 6). À medida que a imagem se propaga dentro do guia de luz 16, uma parte da luz é refletida entre 4R e 6L, melhorando assim a uniformidade da iluminação final da imagem.

[00102] Com referência à FIG. 7, pode-se ver as propriedades ópticas geométricas do segundo conjunto de facetas 36. A imagem de luz 6L reflete a partir das faces externas (22, 24) do guia de luz 16 para gerar a imagem

conjugada 6R. As imagens 6L e 6R propagam enquanto são refletidas a partir das faces (22, 24) e encontram facetas (facetas da segunda seção 36) da segunda seção 12, para as quais a orientação é aqui apresentada como A36. O revestimento nas facetas da segunda seção 36 também possui faixa transparente (como A34 na FIG. 6) e as margens da faixa transparente são mostradas como círculos A38.

[00103] As imagens 6L, 4L e 4R estão dentro da faixa transparente (entre os círculos 38) e, portanto, não serão refletidas significativamente pelas segundas facetas 36 da segunda seção 12. No entanto, a imagem 6R está dentro do limite de 55 graus e, portanto, será parcialmente refletida pelas segundas facetas 36, terminando em uma faixa de ângulos que escapam da reflexão interna das superfícies principais do substrato, sendo entregues (como mostrado pela seta 700) fora do guia de luz 16 como imagem 8 (os segundos feixes guiados 8) em direção à caixa ocular 10 do observador.

[00104] Com referência à FIG. 8, é mostrado um diagrama de espaço angular de uma implementação alternativa de facetas e margens de revestimento. As imagens 4L e 4R não são refletidas pelas segundas facetas 36 da segunda seção 12 (dentro da margem A38 representando ângulo >55 graus). Além disso, as imagens 4L e 6R não são refletidas pelas primeiras facetas 32 da primeira seção 14 (dentro das margens A34).

[00105] Em um caso exemplar, assumindo que a primeira imagem transmitida ao guia de luz 16 seja a imagem 4L, as imagens são transmitidas na seguinte ordem:

1. A imagem 4L: transmitida ao guia de luz 16 pela óptica do projetor 20.
2. A imagem 4R: gerada como conjugada à imagem 4L por

reflexão interna no guia de luz 16.

3. A imagem 6L: gerada pela reflexão da imagem 4R pelas primeiras facetas 32.

4. A imagem 6R: gerada como conjugada à imagem 6L por reflexão interna dentro do guia de luz 16.

5. A imagem 8: gerada pela reflexão da imagem 6R pelas segundas facetas 36.

[00106] Diferentes configurações angulares podem ser usadas com as mesmas propriedades básicas de acoplamento na mesma ordem de imagens, conforme descrito acima. Deve-se notar que tanto as imagens incidentes 4R que incidem nas primeiras facetas 32 quanto as imagens refletidas 6L provenientes das segundas facetas 36 estão dentro dos intervalos de ângulos que são refletidos internamente pelas principais superfícies [faces externas (22, 24)] do substrato e, portanto, são guiadas pelo substrato. A reflexão interna através das faces externas (22, 24) do guia de luz 16 é semelhante à reflexão interna através das superfícies principais (926, 926A) do substrato 920 do LOE 903.

[00107] Embora as implementações preferidas ilustradas aqui sejam projetadas para otimizar os ângulos de cada imagem em relação a cada faceta, de modo que as imagens sejam refletidas parcialmente seletivamente ou sejam transmitidas com reflexão mínima de acordo com as propriedades angularmente seletivas dos revestimentos de faceta, deve-se notar que essa otimização não é essencial. Em alguns casos, pode ser aceitável empregar ângulos não otimizados e/ou revestimentos não otimizados, resultando na geração de vários modos indesejados (correspondentes a imagens fantasmas), desde que os fantasmas sejam modos de energia relativamente

baixa ou caiam fora do campo de visão da imagem de saída desejada.

[00108] Fazendo referência à FIG. 9, é possível ver outra modalidade de um guia de luz 16, sendo que as seções da primeira seção 14 e da segunda seção 12 estão sobrepostas na dimensão de espessura do guia de luz para gerar um guia de luz de seção única 40 tendo facetas em interseção. Por outras palavras, os conjuntos de facetas, neste caso o primeiro conjunto de facetas 32 e o segundo conjunto de facetas 36, são sobrepostos e dispostos (construídos) no mesmo plano do guia de luz. O guia de luz de seção única 40 tem uma espessura 40T entre a primeira face externa 22 e a segunda face externa 24. Um método para produzir esse guia de luz é descrito abaixo. Os ângulos das facetas no guia de luz de seção única 40 são semelhantes às facetas descritas acima para um guia de luz de duas seções 16, com referência à FIG. 4 e FIG. 8).

[00109] FIG. 10 mostra um método para produzir o guia de luz de duas seções 16. Consulte também a FIG. 2 e FIG. 3. Um primeiro conjunto de janelas 50 é revestido e cimentado (empilhado) em conjunto para criar uma primeira pilha 51. Nesse contexto, o termo “janela” refere-se a uma placa plana e transparente. A primeira pilha 51 é cortada em ângulo para gerar uma primeira matriz de superfícies refletivas 52. Da mesma forma, um segundo conjunto de janelas 54 (outro conjunto, diferente do primeiro conjunto de janelas 50) é revestido e cimentado (empilhado) para criar uma segunda pilha 55. A segunda pilha 55 é cortada em um segundo ângulo (outro ângulo, diferente do ângulo usado para cortar a primeira pilha 51) para gerar uma segunda matriz de

superfícies refletivas 56. As duas matrizes (a primeira matriz 52 e a segunda matriz 56) é fixada em conjunto 60 no ângulo relativo apropriado (por exemplo, cimentada ou colada em um ângulo desejado em relação ao outro). As matrizes sobrepostas são aparadas 61 para produzir uma forma desejada para o guia de luz 16. Em algumas modalidades, capas opcionais 62 são coladas como faces externas do guia de luz final de duas seções 64. Cada etapa pode incluir corte, retificação e polimento opcionais de um ou mais superfícies. Mais de uma matriz pode ser fabricada a partir de cada pilha, de acordo com o tamanho real das janelas e o tamanho desejado do guia de luz 64.

[00110] Uma redução substancial de custo pode ser alcançada usando as mesmas matrizes (placas de faceta) para ambas as seções do guia de luz 16. Por exemplo, o vidro BK7 é usado para produzir duas matrizes (primeira matriz 52), cada matriz tendo facetas a 26 graus. Isto difere da descrição acima de produzir duas matrizes (primeira matriz 52 e segunda matriz 56, cada uma tendo facetas em ângulos diferentes). Em seguida, as duas matrizes são conectadas juntas 60 em um ângulo de 115 graus de torção em relação uma à outra. Esta configuração exemplar permite a transmissão de uma imagem com 38 graus na proporção de campo 16:9.

[00111] Fazendo referência à FIG. 11, é possível ver um método exemplar para a produção de um guia de luz de seção única 40. Semelhante à descrição em referência à FIG. 10 da produção de um guia de luz de duas seções 16, um primeiro conjunto de janelas 50 é revestido e empilhado para criar uma primeira pilha 51. A pilha é cortada em múltiplos da primeira matriz 52. As fatias da primeira matriz 52 são polidas,

revestidas e empilhadas juntas para gerar uma pilha de matriz 70. Esta pilha de matriz 70 pode ser semelhante à primeira pilha 51, no entanto, neste caso, existem camadas revestidas extras na pilha de matriz 70. A pilha de matriz 70 agora é cortada para gerar uma matriz cortada 71 tendo dois conjuntos de facetas paralelas com a mesma espessura do guia de luz. Opcionalmente, janelas externas 62 podem ser adicionadas para gerar o guia de luz de seção única 72 completo (guia de luz de seção única 40 da FIG. 9). Os ângulos de cada fatia e os ângulos de cada empilhamento podem ser iguais ou diferentes um do outro e são determinados pelos requisitos do guia de luz final 16.

[00112] Com referência às FIGs. 12A a 12E, são mostradas várias arquiteturas de iluminação exemplares usando os projetores 2 para iluminar uma implementação do guia de luz 16. Na FIG. 12A a iluminação vem dos lados. A propagação de iluminação mostrada pelas setas 800A1 e 800A2 mostra a maior parte da expansão para baixo, enquanto parte da expansão é causada por transmissão inversa cruzada de 6L de volta a 4R (consulte a FIG. 6).

[00113] FIG. 12B mostra iluminação dos lados superiores; essa configuração reduz o obscurecimento da visão periférica lateral.

[00114] FIG. 12C mostra a iluminação do centro (entre dois guias de luz), onde o hardware do projetor (direito e esquerdo) pode ser combinado para reduzir tamanho e peso.

[00115] FIG. 12D mostra a iluminação superior que permite uma visão periférica praticamente não obstruída.

[00116] FIG. 12E mostra a iluminação em um ângulo abaixo da orientação dos olhos. Dessa forma, o projetor de imagem está

localizado convenientemente fora do campo de visão periférico do observador.

[00117] Com referência à FIG. 13, é possível ver uma variação nas arquiteturas descritas acima. As variações incluem diferentes ângulos das facetas e imagens. Considere a figura atual como uma variação da FIG. 8. Na figura atual, o ângulo A32 do primeiro conjunto de facetas 32 é tal que o ângulo A32 está no lado oposto dos ângulos da imagem 6R, permitindo assim a transmissão de imagens maiores. Os círculos A39 descrevem os ângulos de reflexão internos das duas faces externas, onde uma imagem projetada dentro desses círculos é acoplada ao guia de luz. Por exemplo, a imagem 8 gera imagens fora dos círculos e será refletida no guia de luz como uma imagem conjugada, onde um conjugado de uma imagem é a imagem refletida a partir de uma face externa do guia de luz. Reflexões repetidas de faces externas ao longo do guia de luz geram duas imagens que são conjugadas uma da outra.

[00118] Com referência à FIG. 14A e FIG. 14B, são mostrados esboços esquemáticos da disposição do guia de luz usando as arquiteturas da FIG. 13. Na FIG. 14A, o projetor 2 injeta a imagem da luz no guia 16. A largura da luz injetada é determinada pela abertura do projetor. As duas setas mostram a largura dos feixes de luz projetados 100 (4L e/ou 4R na FIG. 13) para um ponto específico no campo de visão (isto é, uma direção específica). De preferência, esta descrição refere-se ao campo central da imagem projetada. As facetas 102 (representadas como orientação A32 na FIG. 13) refletem a luz nas direções verticais 104 e 106. A reflexão vertical 104 e a reflexão vertical 106 têm a mesma direção (6R e/ou 6L na

FIG. 13), mas localizações diferentes ao longo do feixe 100. Fica aparente que os feixes da reflexão vertical 104 são refletidos por três das facetas 102, enquanto os feixes da reflexão vertical 106 são refletidos por apenas duas das facetas 102. Consequentemente, a imagem refletida não terá distribuição uniforme de intensidade.

[00119] Na FIG. 14B, as facetas 109 são dispostas de modo que, ao longo das direções refletidas (direção refletida 108 e direção refletida 110), haja um número constante de reflexões (neste caso duas) do feixe injetado 100. O número de facetas nas facetas 109 configuradas para refletir pode ser uma, duas ou mais facetas. Os critérios geométricos para alcançar um determinado número de facetas que contribuem para um raio refletido são definidos pelo espaçamento entre facetas, pelo ângulo das facetas em relação ao raio da imagem projetada e pela largura da abertura, usando trigonometria simples.

[00120] O segundo conjunto de facetas 36 da segunda seção 12 (consulte a FIG. 3 e o ângulo A36 na FIG. 13) são preferencialmente sobrepostos, a fim de melhorar a uniformidade da imagem.

[00121] Com referência à FIG. 15, é possível ver um esboço esquemático da propagação da luz dentro do guia de luz 16. O tamanho exigido do guia de luz combinado é determinado pela direção de propagação da luz dentro do guia de luz e no espaço livre em direção ao olho do observador. Na figura atual, a propagação guiada é representada como linhas tracejadas e a propagação de espaço livre como linhas sólidas. As duas propagações não estão no mesmo plano, mas são mostradas na figura atual esquematicamente no mesmo plano

para maior clareza. A mudança de ângulo por refração também não é descrita para maior clareza.

[00122] O projetor 2 injeta uma imagem com uma largura de campo (diferentes ângulos de raios). As arestas da largura deste campo são representadas pelos raios 115 e 116 (o tamanho de 4R na FIG. 13). Os raios 115 e 116 são refletidos nos pontos 118 pelas primeiras facetas 32 (ângulo A32 na FIG. 13) em relação aos raios 117A e 117B em uma direção diferente (abaixo na figura atual, 6L na FIG. 13).

[00123] Os dois raios 117A e 117B propagam comprimentos diferentes na nova direção antes de serem refletidos nos pontos 120 pelas segundas facetas 36 (ângulo A36 na FIG. 13) nas direções 122 (originadas por 116) e 124 (originadas por 115) no olho observador 10.

[00124] Fica aparente que uma altura 126 do guia de luz 16 não pode ser menor que a expansão de 115 com 116 e 122 com 124.

[00125] Na configuração atual, as segundas facetas 36 para o acoplamento externo (ângulo A36 na FIG. 13) começarão apenas na parte superior dos pontos 120 (conforme desenhado na página da figura atual). As segundas facetas 36 não são necessárias acima da parte superior dos pontos 120, uma vez que o observador (olho do observador 10) não verá todo o campo projetado.

[00126] Com referência à FIG. 16A, a FIG. 16B e FIG. 17, é mostrada uma abordagsendo que permite uma redução adicional da altura do guia de luz, em comparação com as implementações acima descritas.

[00127] FIG. 16A é um gráfico de uma refletividade (perfil refletivo) de um revestimento de faceta projetado para

refletir feixes de luz de incidência de ângulo elevado (em comparação com as refletividades mostradas na FIG. 4). Este perfil refletivo é usado para reverter o ângulo de propagação do feixe de luz quando a luz de propagação é transmitida para fora do guia de luz.

[00128] FIG. 16B mostra a arquitetura angular de um exemplo da abordagem atual. A imagem é injetada como 130L, transmitida 1600 pela face externa a 130R, então as facetas angulares A132 (de um conjunto de facetas A132, descrito abaixo), tendo o revestimento da FIG. 16 transmitem 1602 a imagem para 134R. Então a face externa reflete 1604 a luz de propagação como imagem 134L que é refletida 1606 por revestimento semelhante pelas facetas angulares A136 (de um conjunto de facetas 136, descrito abaixo) fora do guia de luz para o observador como imagem invertida 138. Fica aparente que a parte inferior da imagem 130L e 130R se torna a parte superior da imagem invertida 138, isto é, que a imagem está invertida.

[00129] FIG. 17 mostra um esboço esquemático da propagação da luz da imagem invertida 138. O projetor 2 injeta uma imagem tendo um campo de visão limitado pelos raios 140 e 142 (ângulos 130L e/ou 130R). A reflexão nos pontos 144 ocorre pelo conjunto de facetas 132 nos respectivos raios 146 e 148 (imagens 134L e/ou 134R). Os pontos de reflexão 150 representam a reflexão do conjunto de facetas 136 sobre os respectivos raios 152 e 154. É evidente que a direção vertical dos raios 152 e 154 é oposta à direção dos raios 140 e 142. Consequentemente, a altura vertical total 156 do guia de luz é menor, em comparação com a altura 126 da FIG. 15

[00130] Com referência à FIG. 18A, à FIG. 18B e à FIG. 18C,

há outra modalidade sendo que três conjuntos de facetas são combinados para gerar o guia de luz 16. A FIG. 18A é um esboço esquemático das direções das reflexões à medida que os raios de luz se propagam no guia de luz 173. A FIG. 18B é um esboço esquemático de uma vista frontal do guia de luz combinado 173 onde três seções de faceta são combinadas. Um conjunto de facetas 174 tem uma orientação predefinida que é diferente das facetas 176 e diferente das facetas de acoplamento externo 178. O projetor 2 injeta o raio 180 no guia de luz 173. No ponto 182, o conjunto de facetas 174 reflete parcialmente o raio 180 na direção 184. Observe que todos os pontos representam processos (por meio de conjuntos correspondentes de facetas) distribuídos pelo guia de luz. Em algum ponto 186, o raio de propagação 184 é refletido por um dos conjuntos de facetas 174 na direção do raio original 180. No ponto 191, o raio é acoplado pelo conjunto de facetas 178 como raio 193 em direção ao olho do observador 10. Outro caminho de expansão é gerado pelas facetas 176. O raio do projetor 2 é refletido no ponto 187 pelo conjunto de facetas 176 na direção 188. Em algum ponto 190, o raio 188 é refletido novamente na direção 180 e no ponto 192, sendo transmitido pelo conjunto de facetas 178 como raio 195 em direção ao olho do observador 10.

[00131] FIG. 18C é um esboço esquemático das direções das reflexões conforme os raios de luz se propagam no guia de luz 173 em outra configuração de três seções de faceta. A figura atual é outra configuração para combinar três seções de faceta em um único guia de luz para gerar expansão de abertura.

[00132] Com referência à FIG. 19A, é mostrado um diagrama

angular de uma direção alternativa de injeção de luz no guia de luz. Em geral, é possível injetar os raios de luz da imagem de entrada em qualquer uma das imagens de propagação transmitidas para alcançar a expansão da abertura. Por exemplo, o diagrama angular da FIG. 8 pode ser modificado na figura atual para injetar 1900 uma iluminação de imagem em 6L ou 6R (onde as imagens refletem 1902 como imagens conjugadas). A luz também reflete para frente e para trás 1908 a 4L que é conjugada 1906 à 4R. Essas imagens se propagam em direções diferentes (expandindo assim a distribuição de raios no guia de luz) antes de retornar 1908 à direção original e, finalmente, serem transmitidas 1904 a 8, conforme descrito na figura atual.

[00133] Com referência à FIG. 19B, é mostrado um diagrama esquemático de um guia de luz usando o diagrama angular da FIG. 19A. O projetor de imagem 2 introduz uma imagem em uma combinação de facetas diagonais 202 (desenhadas na figura atual na diagonal, funcionando de maneira semelhante ao primeiro conjunto de facetas 32) e facetas de acoplamento de saída 203 (desenhadas na figura atual verticalmente, funcionando de maneira semelhante ao segundo conjunto de facetas 36).

[00134] Com referência à FIG. 19C, é mostrado um diagrama de propagação de raios no guia de luz atual. Na figura atual, as linhas tracejadas 1920 representam o raio injetado (equivalente a 6R e 6L) do projetor de imagens 2. As linhas tracejadas 1922 representam raios à medida que se propagam lateralmente para expandir a abertura (equivalente a 4R e 4L). As setas sólidas 1924 representam o raio transmitido (equivalente a 8). Observe que, usando a configuração atual,

a injeção de imagem no guia de luz como imagens 6R ou 6L está em um ângulo mais acentuado (o que é aparente conforme essas imagens angulam em relação ao plano de reflexão interno A39) em relação às imagens 4R e 4L. Portanto, uma abertura menor do projetor é suficiente para obter o preenchimento da dimensão de espessura do guia de luz.

[00135] Com referência à FIG. 20, é mostrado um diagrama angular de uma modalidade alternativa com facetas do outro lado da imagem. No diagrama atual, o segundo conjunto de facetas 36 está do outro lado da imagem 6L (isto é, 6L e 6R estão do mesmo lado em relação ao segundo conjunto de facetas 36). As linhas duplas (1930A, 1930B) são alternativas para a transmissão da imagem ao guia de luz. A imagem é transmitida como 6L, 6R, 4L ou 4R. Semelhante às modalidades anteriores, as imagens 4R e 4L são imagens do conjugado de 1936 que transmitem 1938 para frente e para trás a 6L, que conjuga 1932 com 6R. A imagem 6R também é refletida em 1934 como imagem 8 em relação ao observador.

[00136] Em modalidades alternativas, várias configurações podem ser usadas para a reflexão de facetas, incluindo:

A imagem e o conjugado da imagem em diferentes lados da faceta (FIG. 13)

A imagem e o conjugado da imagem no mesmo lado da faceta (FIG. 19D)

Em modalidades alternativas, vários revestimentos podem ser usados, incluindo:

Refletir a angularidade da imagem perto do ângulo da faceta (FIG. 16)

Refletir a imagem mais longe do ângulo da faceta (FIG. 4)

Em modalidades alternativas, várias maneiras de injetar a

imagem no guia de luz podem ser usadas, incluindo:
Direção para transmissão de saída direta (6R, 6L em FIG. 19C)
Direção a ser alterada antes da transmissão de saída (4L, 4R FIG. 19D).

[00137] Com referência à FIG. 21, é mostrado um sistema híbrido sendo que as facetas de refração são combinadas com grades difrativas para alcançar a funcionalidade da expansão de abertura da mesma maneira que a descrita com referência à FIG. 1 e FIG. 2)

[00138] A aplicação de grades difrativas requer o uso de ao menos duas grades com potência óptica oposta, para que a dispersão cromática seja cancelada. Na modalidade da figura atual, um padrão difrativo 210 é usado para transmitir a luz de entrada para o guia de luz, enquanto o padrão difrativo 212 é usado para transmitir a luz a partir do guia de luz. A expansão da abertura lateral é alcançada sobrepondo facetas diagonais 214 que transmitem a luz de propagação para frente e para trás lateralmente, sem introduzir uma aberração cromática. Aqui, novamente, o conjunto de facetas diagonais sobrepostas 214 é implantado para redirecionar um primeiro modo guiado (refletido internamente nas principais superfícies do substrato) para um segundo modo guiado (refletido internamente nas principais superfícies do substrato).

[00139] Com referência às FIGs. 22A–C, são mostradas várias modalidades para misturar raios durante a propagação. A mistura dos raios de propagação dentro do guia de luz 16 pode ser conseguida por uma variedade de implementações. Por exemplo, introduzindo a reflexão parcial entre o primeiro conjunto de facetas 32 na primeira seção 14 e o segundo

conjunto de facetas 36 na segunda seção 12.

[00140] Fazendo referência à FIG. 22A, são mostradas seções separadas por um revestimento parcialmente refletivo. A primeira seção 14 e a segunda seção 12 são separadas em uma interface 250 por um revestimento parcialmente refletivo. O arranjo óptico de entrada 20 fornece o feixe de entrada 4 ao guia de luz 16. A interface 250 e, portanto, o revestimento refletivo parcial, é paralela às faces externas (a primeira face externa 22 e a segunda face externa 24). Esta implementação manterá todos os raios nas direções originais dos raios de luz 5 (mostrados como setas escuras), apesar da divisão e reflexos múltiplos dos raios de propagação 5. Na figura atual, para maior clareza, a divisão de apenas um raio é mostrada. Um especialista na técnica perceberá, a partir da descrição atual, que ocorrem múltiplas divisões, melhorando ainda mais a uniformidade da imagem de saída.

[00141] Alternativamente, a primeira seção 14 e a segunda seção 12 podem ser feitas de materiais diferentes (por exemplo, vidro e plástico ou diferentes tipos de vidro), causando reflexos de Fresnel na interface 250. A interface 250 pode alternativamente e/ou adicionalmente gerar rotação de polarização (variação dielétrica na interface causará esse efeito), melhorando ainda mais a uniformidade da imagem de saída.

[00142] Com referência à FIG. 22B, é mostrado um arranjo óptico 20B alternativo, menor. O custo do sistema pode ser reduzido, reduzindo o tamanho do projetor de imagem (o arranjo óptico 20 da FIG. 22A). No entanto, a iluminação uniforme da imagem exige que o projetor de imagem ilumine toda a entrada do guia de luz 16. Na figura atual, o aumento

da transmissão causado pela interface refletora 250 permite que um projetor de imagem menor 252 tenha um arranjo óptico menor 20B, em comparação com o arranjo óptico 20.

[00143] Com referência à FIG. 22C, é mostrada uma modalidade alternativa com um refletor parcial. Manter o paralelismo do plano da interface 250 com as faces externas (a primeira face externa 22 e a segunda face externa 24), pode ser tecnicamente problemático. Na figura atual, um pequeno refletor paralelo 254 é usado. O refletor pequeno paralelo 254 é implementado como a interface 250 em apenas uma parte da interface entre a primeira seção 14 e a segunda seção 12. Esse refletor pequeno 254 gera a divisão dos raios de acoplamento de entrada (o feixe de entrada 4), de modo que todo o guia de luz 16 seja iluminado uniformemente. De preferência, a refletividade do pequeno refletor 254 (interface 250) está diminuindo gradualmente ao longo do guia de luz (das extremidades proximal à distal), melhorando assim a uniformidade da imagem de saída. Essa diminuição gradual da refletividade da seção superior (primeira seção 14) pode ser usada para compensar o aumento da refletividade das facetas (as facetas mais distantes do projetor têm maior refletividade para manter a energia da imagem constante), gerando aparência de transparência constante no guia de luz.

[00144] Com referência à FIG. 23, é mostrado um esboço esquemático da propagação da luz dentro de um guia de luz com expansão não ideal. A expansão da abertura transversal pode ser realizada gerando raios não ideais (também chamados de ‘fantasmas’) e transmitindo-os a partir desses fantasmas. No entanto, esse processo é menos eficiente e pode causar degradação da imagem, em comparação com as técnicas ideais de

propagação de raios descritas acima. Este processo é gerado usando facetas cruzadas (como na FIG.2), mas sem a otimização do revestimento (como na FIG.8). Consequentemente, 4L e 4R também são refletidos pelo segundo conjunto de facetas 36, gerando imagens indesejadas. No entanto, com a seleção adequada dos ângulos das facetas (design iterativo no espaço angular como na FIG. 8), esses fantasmas estarão fora do campo de interesse do observador.

[00145] A figura atual mostra como esses 'fantasmas' são usados para expandir a imagem em outra direção transversal. O projetor 2 injeta raios na direção 260. Após a reflexão pelo primeiro conjunto de facetas 32 da primeira seção 14, a luz de propagação é desviada para a direção 262. Após a reflexão pelo segundo conjunto de facetas 36 da segunda seção 12, a propagação a luz é desviada do guia de luz na direção 264. A expansão anterior foi em uma direção transversal. Os raios de entrada na direção 260 também podem ser refletidos pelas facetas da segunda seção 12 para a direção 266 que é guiada, mas em uma direção oposta à direção 264. Uma interação secundária pelo segundo conjunto de facetas 36 da segunda seção 12 reflete os raios de propagação da direção 266 de volta para a direção original 260, mas deslocados posteriormente. Semelhante à descrição acima da direção 260, o raio de propagação 260 é refletido pelo primeiro conjunto de facetas 32 na direção 262 e pelo segundo conjunto de facetas 36 fora do guia de luz na direção 264.

[00146] Com referência à FIG. 24A, é possível ver um exemplo de duas seções transversais semelhantes com um prisma de acoplamento 270 usado para acoplar o feixe de entrada 4 ao guia de luz 16. Um único raio principal 2400 (centro de campo

e centro de abertura) é mostrado quando o raio é dividido pelas facetas das seções. Esse acoplamento no guia de luz pode ser realizado de várias maneiras.

[00147] Com referência à FIG. 24B e FIG. 24C, são mostrados esboços esquemáticos de seções transversais de arranjos de acoplamento. A seção transversal está ao longo do plano do raio principal 2400 mostrado na FIG. 24A.

[00148] FIG. 24B mostra uma configuração sendo que o guia de luz 16 foi polido em um ângulo e um prisma 2410 adicionado no topo do ângulo polido. Esta configuração permite uma reflexão suave a partir do fundo (como mostrado na figura) do guia de luz 16.

[00149] FIG. 24C mostra uma configuração com a adição de um prisma 2420 na extremidade vertical do guia de luz 16. Essa configuração permite uma seção de acoplamento mais longa (que se estende da forma retangular do guia de luz 16. Esta configuração também permite o uso de um índice de refração diferente para o prisma 2420 e para o guia de luz 16.

[00150] FIG. 24D mostra uma combinação de um prisma com um gerador de imagem baseado no divisor de feixe polarizador. Essa combinação economiza volume e espaço.

[00151] As várias orientações das facetas nas duas seções causarão variação de polarização dos raios no guia de luz 16. Portanto, a introdução de luz não polarizada pode ser preferida. A luz não polarizada pode se originar de um projetor inerentemente não polarizado (por exemplo, com base em um TI DLP, Texas Instruments Digital Light Processing) ou após colocar um despolarizador na frente de um projetor polarizado (janela de cristal de quartzo).

[00152] FIG. 25 mostra um aglutinante de segurança entre as

seções. No caso de ruptura do guia de luz 16 (o vidro ou o plástico do guia de luz), os fragmentos quebrados devem ser unidos e manter a integridade estrutural, a fim de evitar lesões ao observador. Essa manutenção da integridade do guia de luz pode ser alcançada por várias técnicas, como a introdução de uma cola ou folha de plástico apropriada entre as duas seções (entre a primeira seção 14 e a segunda seção 12), mostrada na figura atual como uma camada intermediária 280. Consequentemente, em caso de dano estrutural em uma ou mais seções, os fragmentos resultantes permanecerão presos ao guia de luz 16 e não se espalharão, reduzindo assim a possibilidade de ferimentos ao usuário. As propriedades ópticas da camada intermediária 280 podem variar, incluindo, mas não se limitando, às propriedades discutidas acima com relação à interface 250. A camada intermediária 280 pode ser correspondida por índice ao índice das seções, ou o índice da camada intermediária 280 pode diferir do índice das seções para permitir reflexões como descrito em relação à FIG. 22.

[00153] Com referência à FIG. 26A e FIG. 26B, são mostradas as respectivas vistas lateral e frontal de um guia de luz 2D que alimenta um guia de luz de duas seções 16. A expansão da abertura lateral pode ser realizada por um guia de luz 1D em cima de outro guia de luz 1D, por um guia de luz 2D em cima de um guia de luz 1D ou pelo guia de luz 1D sobreposto (poucos eixos) descrito acima. A combinação dessas técnicas pode obter um guia de luz gerado por intensidade uniforme da imagem e um projetor de imagem com tamanho mínimo.

[00154] FIG. 26A mostra uma vista lateral de um guia de luz 2D 310 que expande a abertura posteriormente, seguido pelo guia de luz 320 (uma versão do guia de ondas sobreposto 16).

Como mostrado na figura atual, o guia de luz 320 é um guia de luz de dois eixos que expande a abertura verticalmente, e como mostrado na FIG. 26B expande a abertura posteriormente.

[00155] A expansão da abertura lateral por um guia de luz 2D pode ser realizada por várias alternativas, conforme descrito em PCT/IL2017/051028 arquivado em 12 de setembro de 2017 e PCT/IL2005/000637 (US 7.643.214), ambos da Lumus Ltd. O guia de luz de dois eixos pode ter qualquer uma das configurações acima. Preferencialmente, a média e a mistura adicionais são realizadas incluindo facetas sobrepostas, como descrito em PCT/IL2018/050025 da Lumus Ltd., arquivado em 8 de janeiro de 2018.

[00156] Com referência à FIG. 27A e FIG. 27B, são mostradas vistas respectivas laterais e dianteiras de um guia de luz 1D que alimenta um guia de luz de duas seções 16. A FIG. 27A mostra uma vista lateral de um guia de luz 1D 410 que expande a abertura posteriormente, seguido pelo guia de luz 320.

[00157] Um guia de luz de visor ocular transmite a luz de uma imagem “virtual” do projetor 2 para o olho observador 10 enquanto multiplica a abertura projetada. A transmissão através do guia de luz 16 inclui reflexos por refletores embutidos (facetas) ou difração por grades.

[00158] O guia de luz 16 é transparente para o “mundo” e não deve, preferencialmente, introduzir reflexos do “mundo” em direção ao olho do observador 10.

[00159] Muitas configurações de guia de luz introduzem algumas reflexões de ângulos elevados em direção ao olho 10. O revestimento das facetas (ou difração eficiente de grades) pode ser otimizado para reduzir a eficiência das reflexões em ângulos tão elevados. No entanto, fontes de luz de alta

intensidade, como uma lâmpada (em um ambiente escuro) ou o sol, podem refletir uma intensidade de luz substancial para o observador.

[00160] A FIG. 28 mostra um diagrama angular de uma imagem indesejada que se sobrepõe à imagem virtual. A figura atual é baseada na FIG. 13, no entanto, na figura atual, apenas um ponto no campo é representado. Uma fonte de luz de fora do sistema é acoplada ao guia de luz e gera uma imagem indesejada sobrepondo-se à imagem virtual.

[00161] A fonte externa é marcada como 8Is (por exemplo, o sol em ângulo elevado acima do observador). A fonte externa 8Is é transmitida para o guia de luz 16 a ser refletido pelo segundo conjunto de facetas 36 no ângulo 4Rs (sobreposição de 4R na FIG. 13) a partir deste ponto a imagem indesejada segue o caminho da imagem: 4Rs, 6Ls, 6Rs e para o observador 8s.

[00162] É evidente que 4Rs é guiado, portanto, a imagem será transmitida ao observador. No entanto, em diferentes ângulos de 8Is, a fonte externa será acoplada a 4Rs que não é guiada pela reflexão interna, portanto, nenhuma imagem indesejada será gerada.

[00163] A luz desorganizada também pode acoplar-se ao guia de luz através da imagem 4Rs quando esta está fora de TIR (dentro de um dos círculos). Essa luz (desordem) penetra do outro lado do guia de luz (o lado do observador). A fim de impedir que a luz desorganizada 8Is ou 4Rs seja guiada, uma sombra pode ser colocada no topo do guia de luz, como mostrado na FIG. 29A.

[00164] Com referência à FIG. 29A é mostrada uma sombra para impedir que a luz de ângulo elevado alcance o guia de luz. Uma máscara 1009 é introduzida, de preferência,

bloqueando a luz desorganizada de ângulo elevado frontal e traseira (do guia de luz 16) 2900. A luz incidente de ângulo inferior 1007A não iluminará 1007B a caixa dos olhos e, portanto, não será visível.

[00165] A FIG. 29B mostra um revestimento sensível angular para impedir que a luz de ângulo elevado alcance o guia de luz. Um revestimento angularmente sensível 1011 é introduzido. Este revestimento 1011 reflete os raios de luz de incidência de ângulo elevado (em relação ao vértice) 2900 enquanto transmite a luz de ângulo de ângulo baixo 1007A, como representado.

[00166] A FIG. 30 mostra uma combinação alternativa de seções. Na figura atual, as duas seções (a primeira seção 14 e a segunda seção 12) são combinadas em um único guia de luz 1D 1020. Este guia de luz 1020 possui as duas seções adjacentes usando uma aresta diferente, em comparação com as arestas adjacentes do guia de luz sobreposto 16 mostrado na FIG. 2. As seções do guia de luz 1020 são combinadas como uma continuação, onde a luz de propagação que é guiada (FIG. 13, as duas imagens 4L e 4R) é refletida primeiro pelo primeiro conjunto de facetas 32 na primeira seção 14 (4R pelo primeiro conjunto de facetas 32 na FIG 13) e depois pelo segundo conjunto de facetas 36 na segunda seção 12 (6R pelo segundo conjunto de facetas 36 na FIG. 13). Observe que, de acordo com esta implementação, as facetas não são perpendiculares às faces do guia de luz. Portanto, apenas uma imagem é refletida no caminho crítico em direção ao olho 10. Por exemplo, apenas 4R é refletida em 6L e não 4R a 6R simultaneamente com 4L a 6L. Esse único caminho crítico flexibiliza os requisitos de precisão de alinhamento existentes nas arquiteturas de vários

caminhos.

[00167] Com referência à FIG. 32A, é mostrado um esboço esquemático de vista lateral de um sistema de iluminação exemplar. O guia de luz 16 pode ser usado para um sistema de iluminação que fornece iluminação sem imagem transparente de projetores de imagem. Uma fonte de luz 3200 fornece iluminação de entrada que ilumina o guia de luz 16. À medida que a luz 3202 se propaga no guia de luz 16, a luz 3202 é refletida 3204 pelas facetas do guia de luz 16 em um modulador de imagem 3215. Por exemplo, o modulador de imagem 3215 pode ser um LCOS. A luz de imagem refletida 3206 passa através do guia de ondas e é então tipicamente fotografada pela óptica 3220. De preferência, as facetas são sensíveis à polarização, portanto, o guia de luz 16 atua como um divisor de feixe de polarização. Para maior clareza na descrição e figura atuais, os polarizadores e os rotadores de polarização são omitidos.

[00168] Com referência à FIG. 32BA, é mostrado um esboço esquemático de vista frontal de um sistema de iluminação exemplar, mostrando uma vista frontal do guia de luz 16. A fonte de luz 3200 projeta a luz 3202 diretamente (ou através de um tubo de luz) no guia de luz 16 onde as orientações sobrepostas das facetas causam expansão lateral da abertura da fonte dentro do guia de luz 16 e projetam a luz para fora do guia de luz 16.

[00169] Observe que os exemplos, números usados e cálculos exemplares descritos acima devem ajudar na descrição desta modalidade. Erros tipográficos inadvertidos, erros matemáticos e/ou o uso de cálculos simplificados não prejudicam a utilidade e as vantagens básicas da invenção.

[00170] Na medida sendo que as reivindicações anexas foram elaboradas sem várias reivindicações dependentes, isso foi feito apenas para acomodar requisitos formais em jurisdições que não permitem essas múltiplas reivindicações dependentes. Observe que todas as combinações possíveis de recursos que seriam implícitas ao tornar as reivindicações multiplamente dependentes são explicitamente previstas e devem ser consideradas parte da invenção.

[00171] Deve-se apreciar que as descrições acima se destinam apenas a servir como exemplos, e que muitas outras modalidades são possíveis dentro do escopo da presente invenção, conforme definido nas reivindicações anexas.

REIVINDICAÇÕES

1. Dispositivo óptico, caracterizado pelo fato de compreender:

(a) um guia de luz com:

(i) um primeiro par de superfícies externas paralelas entre si, e

(ii) ao menos dois conjuntos de facetas, sendo que cada conjunto:

(A) inclui uma pluralidade de facetas parcialmente refletivas paralelas entre si, e

(B) entre tal primeiro par de superfícies externas e

(b) sendo que, em cada um dos tais conjuntos de facetas, as facetas respectivas estão:

(i) a um ângulo oblíquo em relação ao primeiro par de superfícies externas, e

(ii) não paralelas em relação a outro conjunto de facetas.

2. Dispositivo, de acordo com a reivindicação 1, caracterizado pelo fato de o referido guia de luz incluir exatamente dois dos referidos conjuntos de facetas.

3. Dispositivo, de acordo com a reivindicação 1, caracterizado pelo fato de o referido guia de luz incluir exatamente três dos referidos conjuntos de facetas.

4. Dispositivo, de acordo com a reivindicação 1 caracterizado pelo fato de ao menos um primeiro conjunto dos referidos conjuntos de facetas fornecer cobertura contínua, conforme visualizada em uma direção de visualização sobre uma área de implantação respectiva do referido primeiro conjunto de facetas, de modo que ao menos uma porção da luz na referida direção de visualização passa através pelo menos uma faceta de ao menos dois conjuntos de facetas dentro do

referido guia de luz.

5. Dispositivo, de acordo com a reivindicação 1, caracterizado pelo fato de cada um dos referidos conjuntos de facetas abranger uma área de cobertura, sendo o referido espaço uma área sobre a qual cada um dos referidos conjuntos de facetas é implantado e sendo que as referidas áreas de cobertura para dois dos referidos conjuntos de facetas são pelo menos parcialmente sobreposto.

6. Dispositivo, de acordo com a reivindicação 1, caracterizado pelo fato de o referido guia de luz ser um guia de luz de seção única que inclui:

(a) um primeiro conjunto de facetas e

(b) um segundo conjunto de facetas

sendo que os referidos primeiro e segundo conjuntos estão sobrepostos no mesmo plano de uma dimensão de espessura do referido guia de luz, estando referida dimensão de espessura entre o referido primeiro par de superfícies externas.

7. Dispositivo, de acordo com a reivindicação 1, caracterizado pelo fato de

(a) o referido guia de luz ter uma dimensão de espessura entre o referido primeiro par de superfícies externas,

(b) facetas de um primeiro dos referidos conjuntos de facetas se estenderem através da referida dimensão de espessura, de modo a abranger uma primeira faixa de profundidade de uma primeira profundidade a uma segunda profundidade e

(c) facetas de um segundo dos referidos conjuntos de facetas se estenderem através da referida dimensão de espessura, de modo a abranger uma segunda faixa de profundidade de uma terceira profundidade a uma quarta profundidade.

8. Dispositivo, de acordo com a reivindicação 7, caracterizado pelo fato de a referida primeira faixa de profundidade e a referida segunda faixa de profundidade abrangerem profundidades sobrepostas.

9. Dispositivo, de acordo com a reivindicação 7, caracterizado pelo fato de a referida primeira faixa de profundidade e a referida segunda faixa de profundidade abrangerem a mesma faixa de profundidades.

10. Dispositivo, de acordo com a reivindicação 7, caracterizado pelo fato de a referida primeira faixa de profundidade e a referida segunda faixa de profundidade não serem sobrepostas.

11. Dispositivo, de acordo com a reivindicação 1, caracterizado pelo fato de uma seção de facetas ser delimitada por um par de superfícies paralelas ou coincidentes com o referido primeiro par de superfícies externas, a referida seção contendo pelo menos um dos referidos conjuntos de facetas.

12. Dispositivo, de acordo com a reivindicação 11, caracterizado pelo fato de o referido guia de luz ser um guia de luz de seção única incluindo:

(a) uma primeira seção da referida seção de facetas, a referida primeira seção incluindo dois dos referidos conjuntos de facetas.

13. Dispositivo, de acordo com a reivindicação 11, caracterizado pelo fato de o referido guia de luz ser um guia de luz de duas seções incluindo:

(a) uma primeira seção da referida seção de facetas tendo um primeiro par de superfícies de limite e

(b) uma segunda seção da referida seção de facetas tendo um

segundo par de superfícies de limite,
sendo que uma superfície do referido primeiro par de superfícies de limite é adjacente a uma superfície do referido segundo par de superfícies de limite e os referidos primeiro e segundo pares de superfícies de limite são paralelos.

14. Dispositivo, de acordo com a reivindicação 13, caracterizado pelo fato de o referido guia de luz ser um guia de luz de três seções incluindo ainda:

(a) uma terceira seção de tal seção de facetas com um terceiro par de superfícies de limite,
sendo que uma superfície do referido terceiro par de superfícies de limite é adjacente a uma superfície do referido primeiro par de superfícies de limite ou do referido segundo par de superfícies de limite, e
sendo que o referido terceiro par de superfícies de limite é paralelo aos referidos primeiro e segundo pares de superfícies de limite.

15. Dispositivo, de acordo com a reivindicação 11, caracterizado pelo fato de o referido guia de luz incluir:

(a) uma primeira seção da referida seção de facetas tendo um primeiro par de superfícies de limite, e

(b) uma segunda seção da referida seção de facetas tendo um segundo par de superfícies de limite,

(c) sendo que os referidos primeiro e segundo pares de superfícies de limite são paralelos; e

(d) pelo menos uma interface, cada uma dessas interfaces:

(i) estando pelo menos parcialmente entre duas seções, e

(ii) sendo paralelas ao referido primeiro par de superfícies externas,

(e) sendo que a referida interface é pelo menos uma selecionada do grupo que consiste em:

(i) uma superfície parcialmente refletora,

(ii) um revestimento óptico parcialmente refletor,

(iii) uma transição de um material de uma das referidas seções para outro material de outra das referidas seções,

(iv) um revestimento modificador de polarização, e

(v) uma camada intermediária flexível.

16. Dispositivo, de acordo com a reivindicação 1, caracterizado pelo fato de um segundo dos referidos conjuntos de facetas ser configurado para realizar a transmissão da luz a partir do referido guia de luz, tendo o referido segundo conjunto de facetas um número constante de facetas sobrepostas em uma linha de visão em direção a um ponto de observação nominal de acoplamento de luz do referido guia de luz através de um do primeiro par de superfícies externas.

17. Dispositivo, de acordo com a reivindicação 1, caracterizado pelo fato de compreender ainda:

(a) um arranjo de transmissão configurado para guiar a luz para o referido guia de luz de modo que a referida luz se propague através da reflexão interna do referido primeiro par de superfícies externas ao longo do guia de luz em uma direção de propagação com um primeiro componente no plano, e

(b) sendo que, para cada um dos referidos conjuntos de facetas, as respectivas facetas são orientadas para desviar parte da luz a ser guiada pela reflexão interna do referido guia de luz para se propagar ao longo do referido guia de luz com uma direção de propagação com um segundo componente no plano não paralelo ao referido primeiro componente no plano.

18. Dispositivo, de acordo com a reivindicação 17,

caracterizado pelo fato de o referido arranjo de transmissão ser um segundo guia de luz incluindo:

(a) um segundo par de superfícies externas paralelas entre si, e

(b) um conjunto de facetas.

19. Dispositivo, de acordo com a reivindicação 1, caracterizado pelo fato de em pelo menos um dos referidos conjuntos de facetas, um espaçamento entre cada uma das facetas parcialmente refletidas ser configurado de modo que: dentro de um campo de visão de uma imagem a ser refletida pelo referido conjunto de facetas, uma distância sobre a qual ocorre uma etapa de propagação de dupla reflexão ao longo do guia de luz não corresponde a um múltiplo exato do referido espaçamento.

20. Dispositivo, de acordo com a reivindicação 1, caracterizado pelo fato de um primeiro ângulo das referidas facetas parcialmente refletidas em um primeiro conjunto dos referidos conjuntos de facetas ser diferente de um segundo ângulo das referidas facetas parcialmente refletidas em um segundo conjunto dos referidos pelo menos dois conjuntos de facetas, sendo os referidos ângulos relativos ao referido primeiro par de superfícies externas.

21. Dispositivo, de acordo com a reivindicação 1, caracterizado pelo fato de um primeiro ângulo das referidas facetas parcialmente refletidas em um primeiro conjunto dos referidos conjuntos de facetas ser substancialmente o mesmo que um segundo ângulo das referidas facetas parcialmente refletidas em um segundo conjunto dos referidos conjuntos de facetas, sendo os referidos ângulos relativos ao referido primeiro par de superfícies externas e o referido primeiro

conjunto sendo girado em relação ao referido segundo conjunto.

22. Dispositivo, de acordo com a reivindicação 1, caracterizado pelo fato de incluir ainda:

(a) uma fonte de luz (3200) fornecendo iluminação de entrada (3202) para o referido guia de luz (16), e

(b) um modulador de imagem (3215) refletindo a luz de propagação (3204) gerada pelo referido guia de luz a partir da referida iluminação de entrada, o referido reflexo produzindo luz de imagem refletida (3206) que atravessa o referido guia de luz.

23. Método para produzir um dispositivo óptico, o dispositivo óptico compreendendo um guia de luz (16) tendo:

(i) pelo menos dois conjuntos de facetas (32, 36) entre um primeiro par de superfícies externas (22, 24),

(ii) as referidas superfícies externas (22, 24) paralelas entre si,

(iii) cada um dos referidos conjuntos de facetas (32, 36) incluindo uma pluralidade de facetas parcialmente refletivas paralelas uma à outra, e

sendo que cada um dos referidos conjuntos de facetas (32, 36), as respectivas facetas estão em um ângulo oblíquo em relação ao referido primeiro par de superfícies externas (22, 24) e não paralelas a outro dos referidos conjuntos de facetas (32, 36),

o método sendo caracterizado pelo fato de compreender:

(a) fornecer uma primeira matriz (52) de facetas parcialmente refletivas,

(b) fornecer uma segunda matriz (56) de facetas parcialmente refletidas, e

(c) fixar opticamente a referida primeira matriz (52) e a referida segunda matriz (56) de modo que as referidas facetas da referida primeira matriz (32) e as referidas facetas da referida segunda matriz (36) estejam em um ângulo oblíquo em relação ao referido primeiro par de superfícies externas (22, 24) e não paralelas entre si.

24. Método, de acordo com a reivindicação 23, caracterizado pelo fato de o referido acoplamento óptico ser realizado pressionando os referidos primeiro e segundo arranjos com um adesivo escoável entre os referidos primeiro e segundo arranjos.

25. Método, de acordo com a reivindicação 23, caracterizado pelo fato de um primeiro ângulo das referidas facetas parcialmente refletidas na referida primeira matriz ser diferente de um segundo ângulo das referidas facetas parcialmente refletidas na referida segunda matriz, os referidos ângulos sendo relativos às superfícies externas respectivas das referidas matrizes.

26. Método, de acordo com a reivindicação 23, caracterizado pelo fato de um primeiro ângulo das referidas facetas parcialmente refletidas na referida primeira matriz ser substancialmente o mesmo que um segundo ângulo das referidas facetas parcialmente refletidas na referida segunda matriz, os referidos ângulos sendo relativos às superfícies externas respectivas das referidas matrizes, e o referido a primeira matriz sendo girada em relação à referida segunda matriz antes de fixar opticamente as referidas matrizes.

27. Método para produzir um dispositivo óptico, o dispositivo óptico compreendendo um guia de luz (16) tendo:

(i) pelo menos dois conjuntos de facetas (32, 36) entre um

primeiro par de superfícies externas (22, 24),
(ii) as referidas superfícies externas (22, 24) paralelas entre si,
(iii) cada um dos referidos conjuntos de facetas (32, 36), incluindo uma pluralidade de facetas parcialmente refletivas paralelas uma à outra, e
sendo que em cada um dos referidos conjuntos de facetas (32, 36), as respectivas facetas estão em um ângulo oblíquo em relação ao referido primeiro par de superfícies externas (22, 24) e não paralelas a outro dos referidos conjuntos de facetas (32, 36),
o método sendo caracterizado pelo fato de compreender:
(a) proporcionar uma pluralidade de janelas planas transparentes (50) com superfícies parcialmente refletivas;
(b) fixar opticamente as ditas janelas (50) de modo a criar uma primeira pilha (51),
(c) fatiar a referida primeira pilha (51) para criar uma pluralidade de primeiras matrizes planas (52), fatiando através de uma pluralidade das referidas janelas (50) e em um ângulo oblíquo em relação a pelo menos dois pares de lados opostos da referida primeira pilha (70),
(d) fixar opticamente uma pluralidade das referidas primeiras matrizes planas (52), de modo a criar uma pilha de matrizes (70), e
(e) cortar a referida pilha de conjuntos (70) para criar pelo menos um dito guia de luz (71, 16), cortando através de uma pluralidade das referidas matrizes planas (52) e em um ângulo oblíquo em relação a pelo menos dois pares de lados opostos do referido arranjo de pilha (70).
28. Método, de acordo com a reivindicação 27, caracterizado

pelo fato de as referidas primeiras matrizes planas serem polidas e revestidas antes de serem acopladas opticamente para criar a referida pilha de matrizes.

29. Método para expandir uma abertura óptica em duas dimensões, caracterizado pelo fato de fornecer uma imagem como uma entrada de luz para o dispositivo óptico, conforme definido na reivindicação 1.

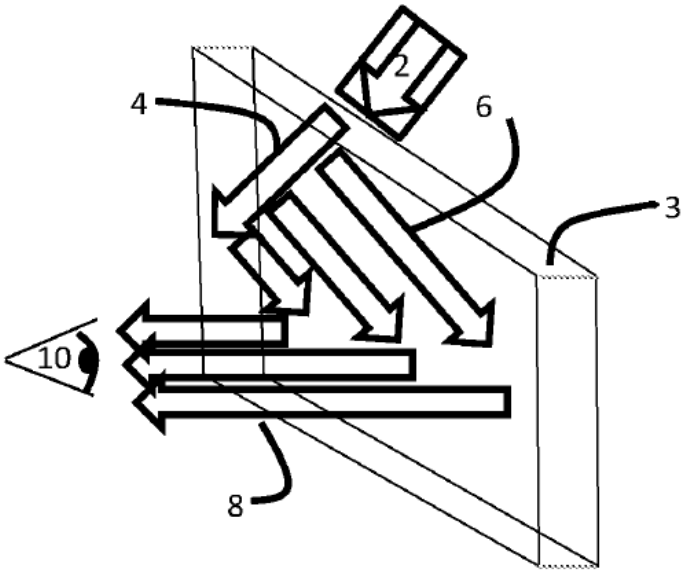


FIG.1

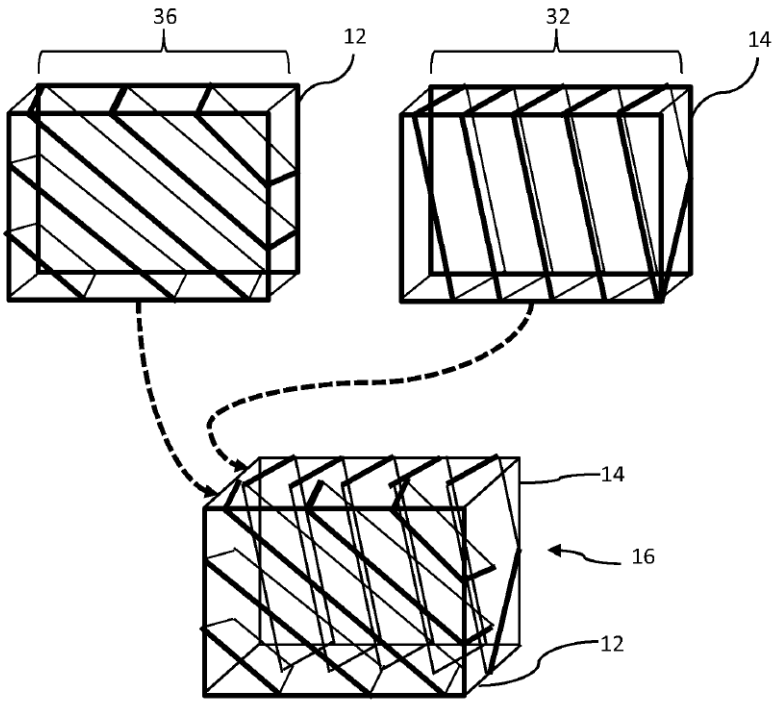


FIG.2

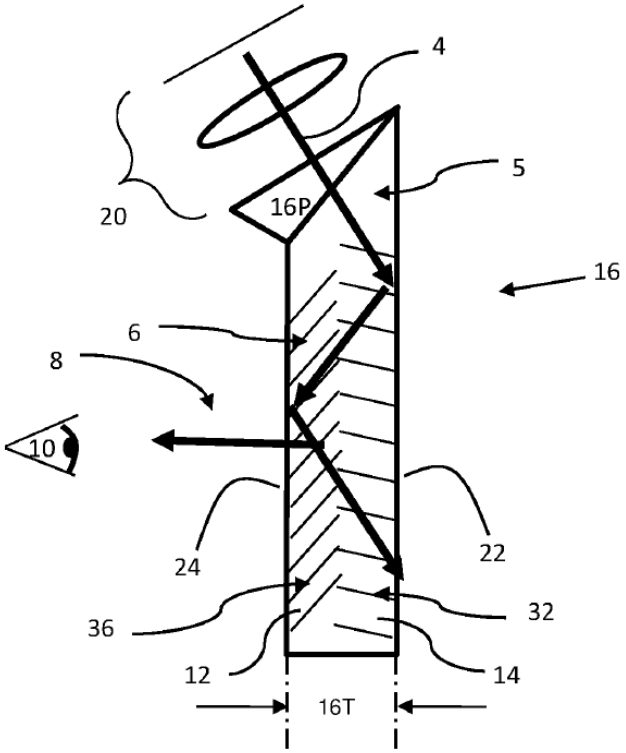

4
5
20
16P
16
6
8
10
24
22
36
32
12
14
16T

FIG.3

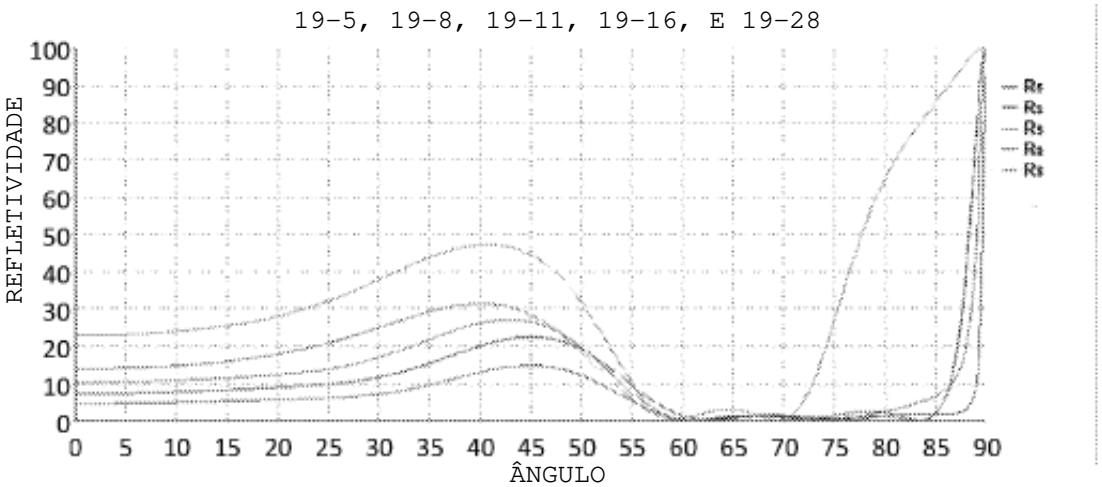

19-5, 19-8, 19-11, 19-16, E 19-28
REFLETIVIDADE
ÂNGULO
100
90
80
70
60
50
40
30
20
10
0
0 5 10 15 20 25 30 35 40 45 50 55 60 65 70 75 80 85 90

FIG.4

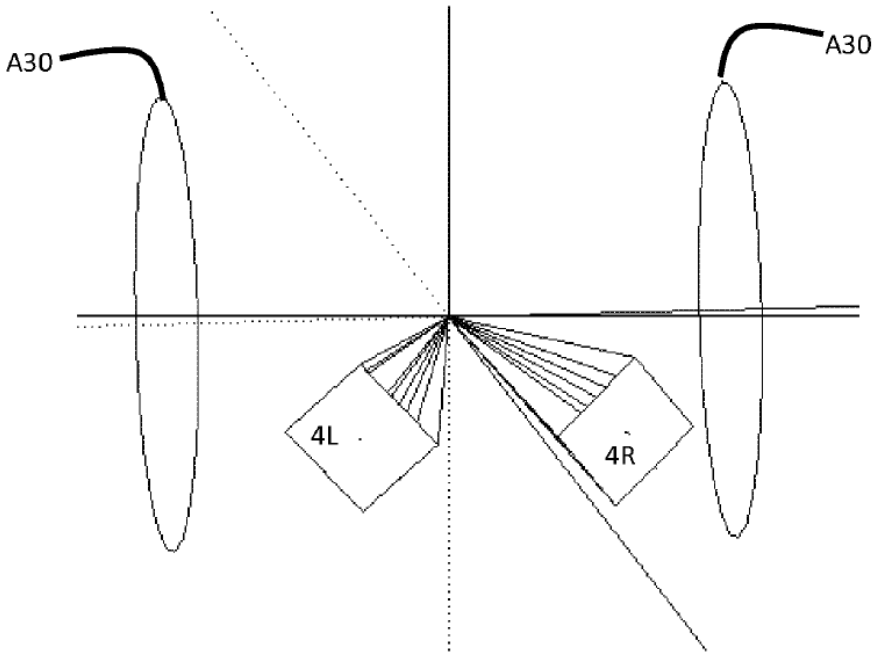


FIG.5

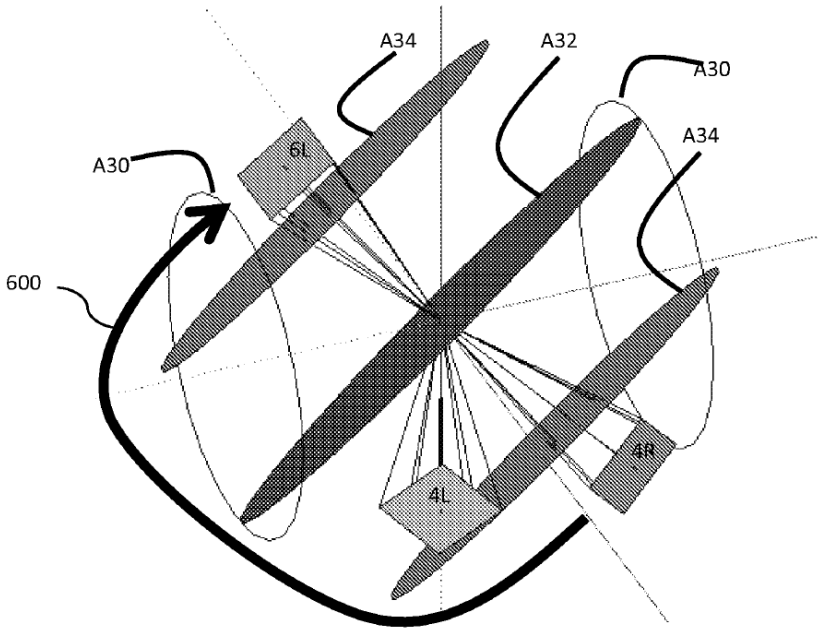


FIG.6

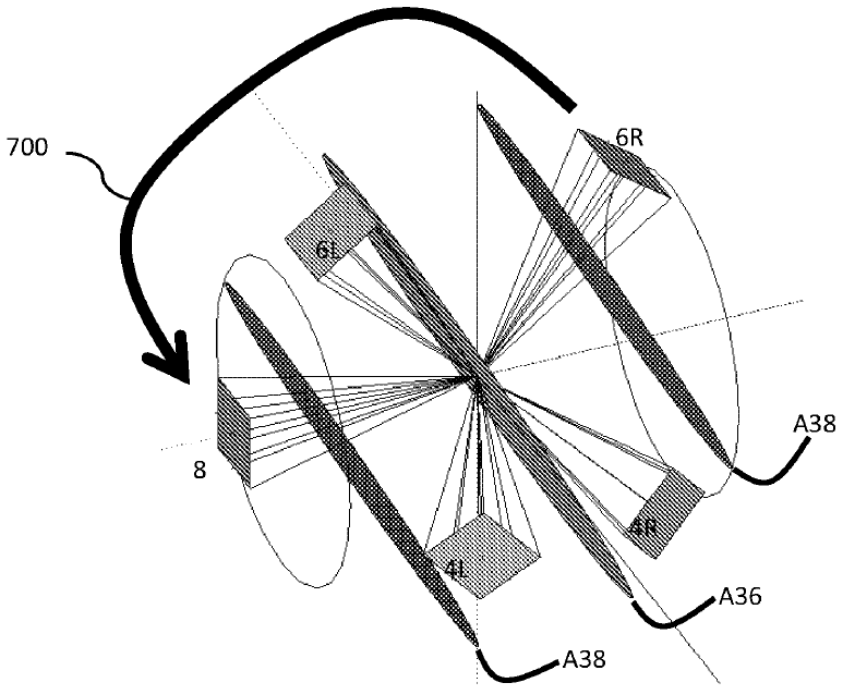


FIG.7

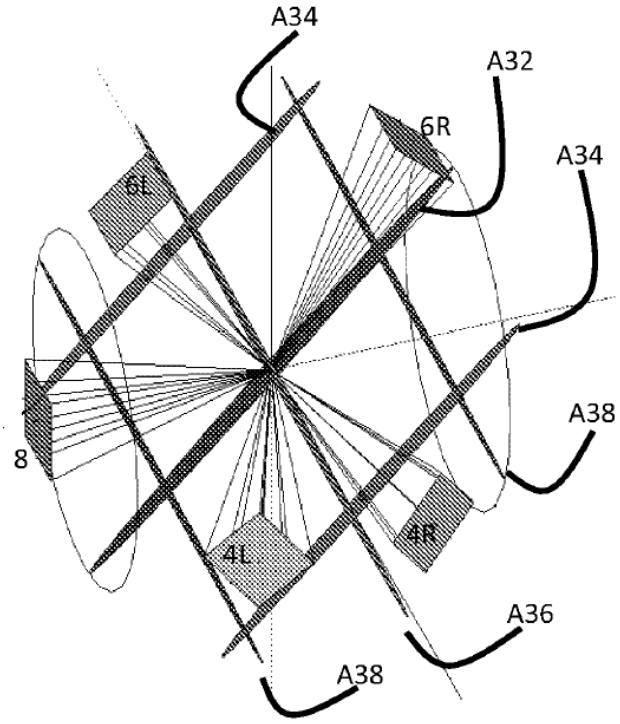


FIG.8

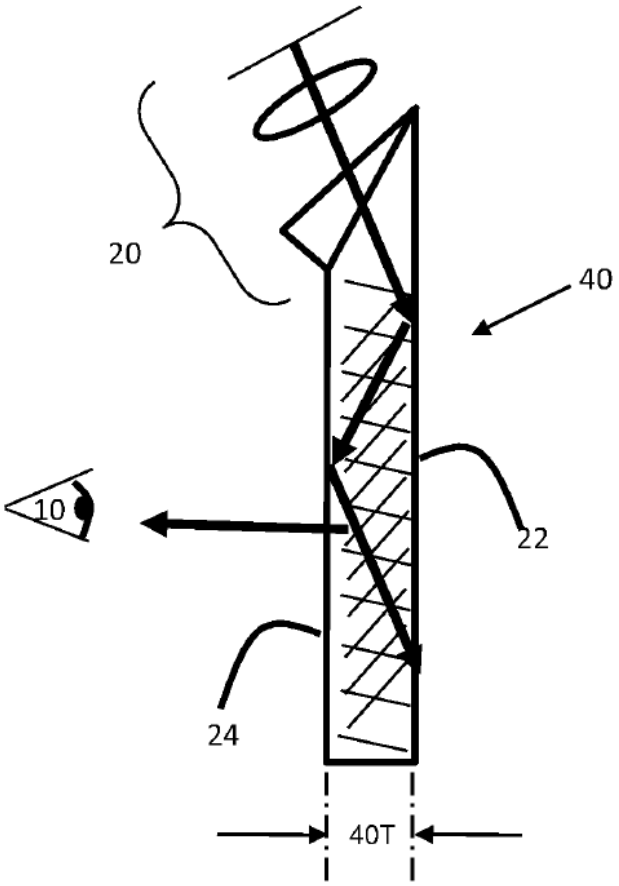


FIG.9

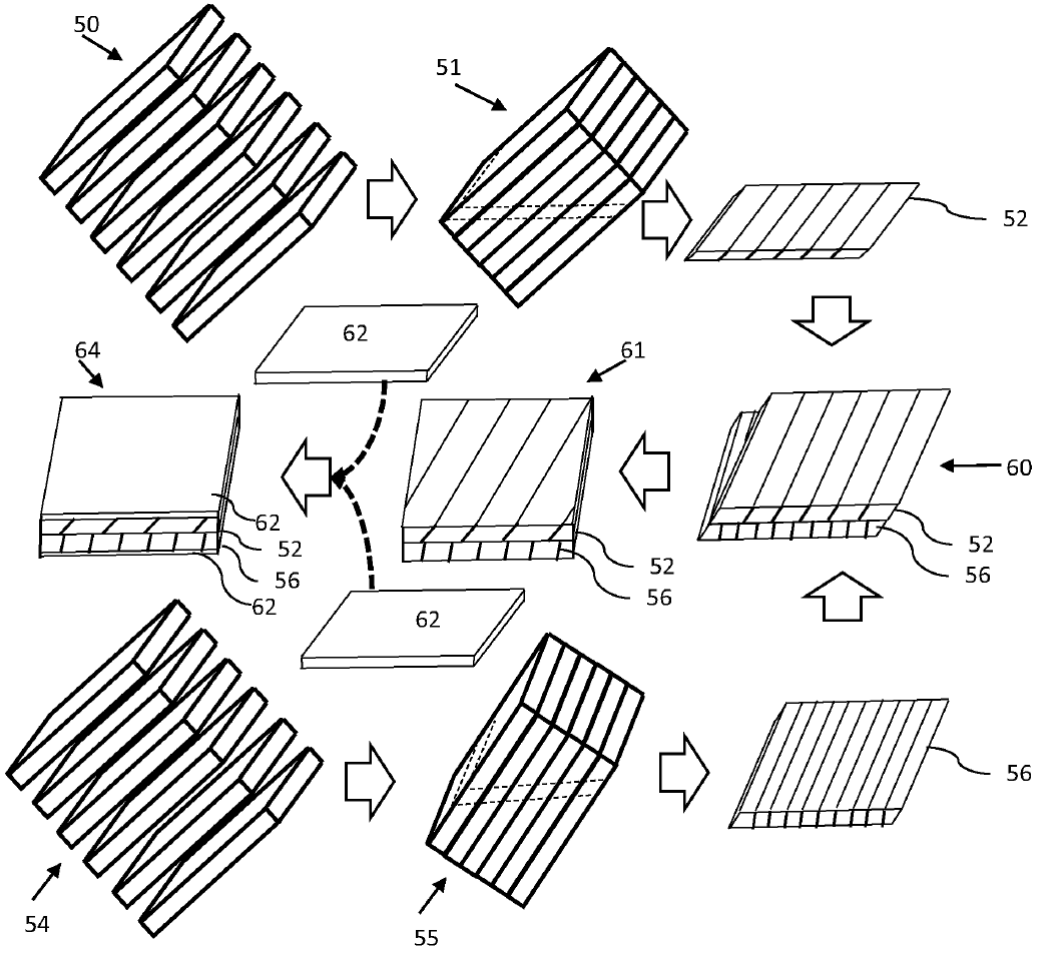


FIG.10

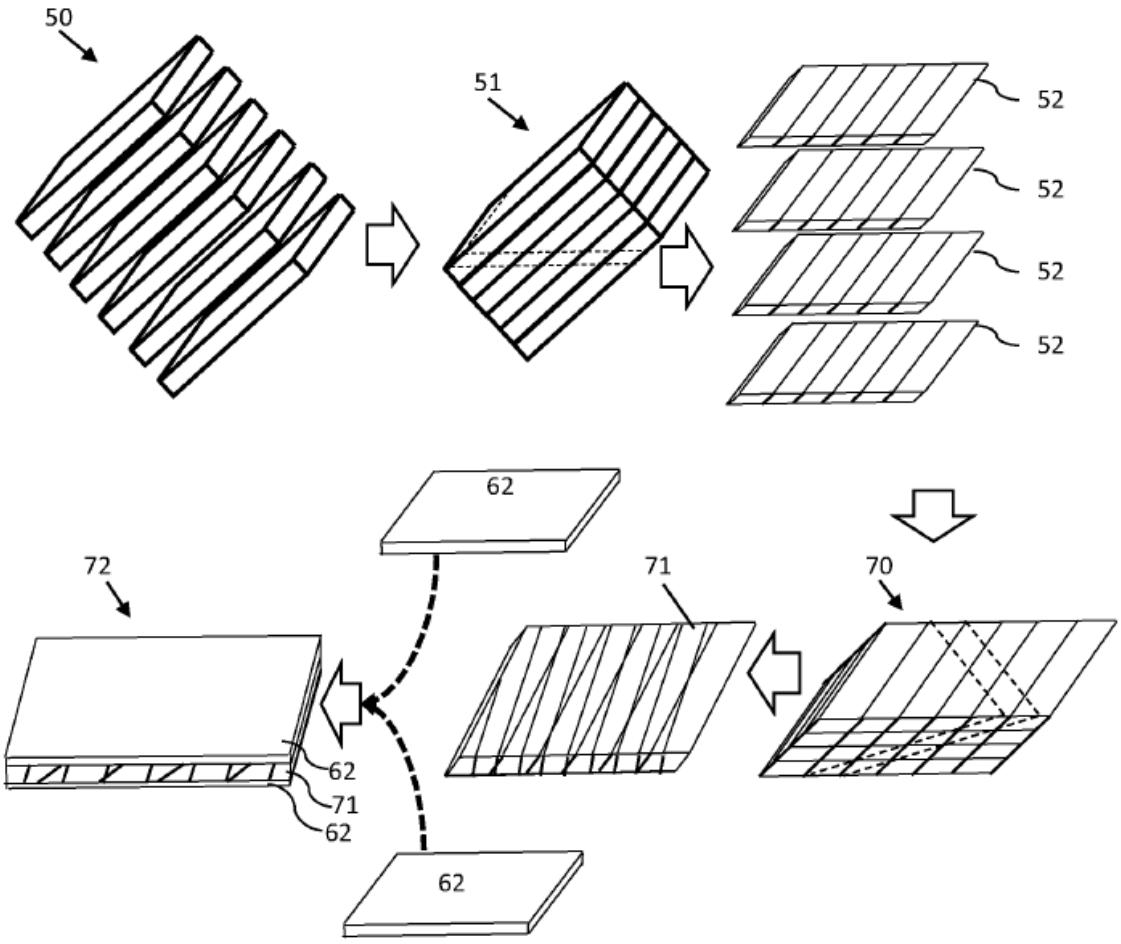


FIG.11

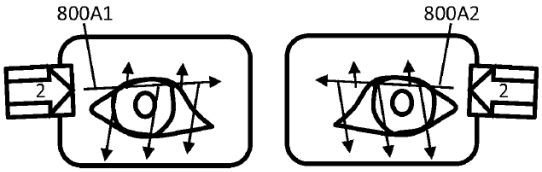


FIG.12A

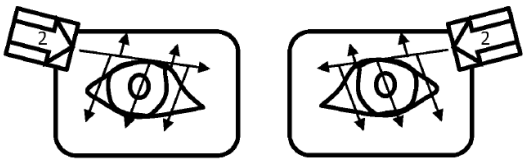


FIG.12B

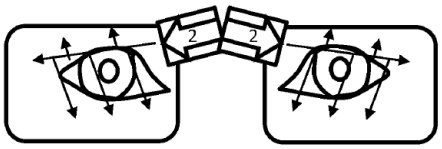


FIG.12C

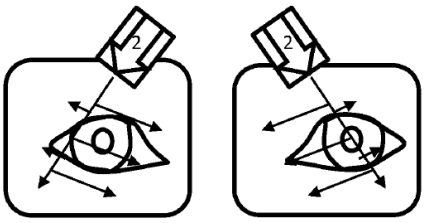


FIG.12D

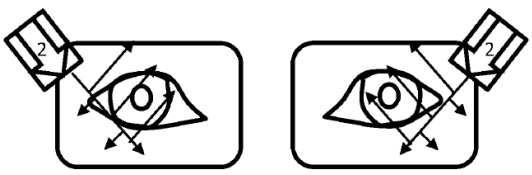


FIG.12E

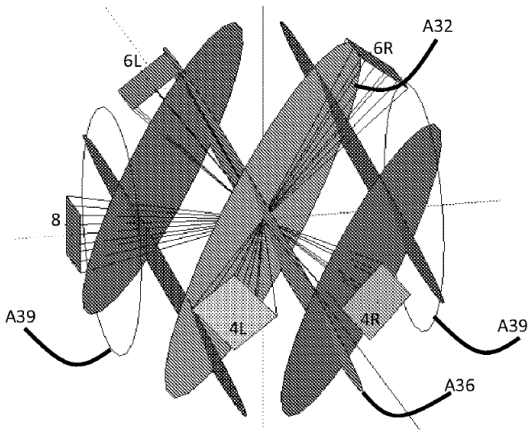


FIG.13

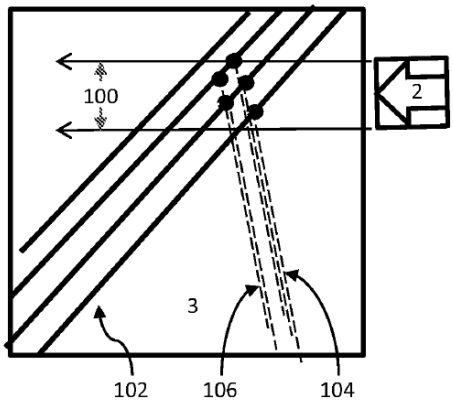


FIG.14A

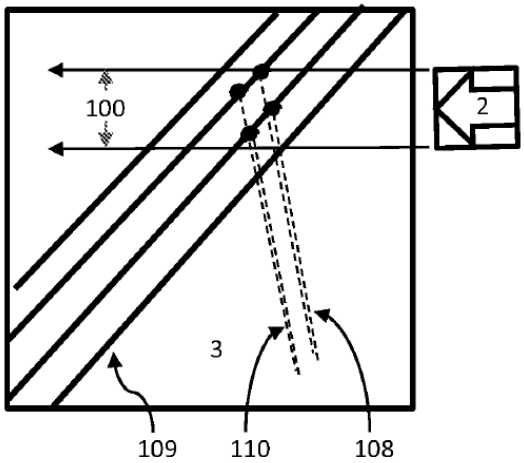


FIG.14B

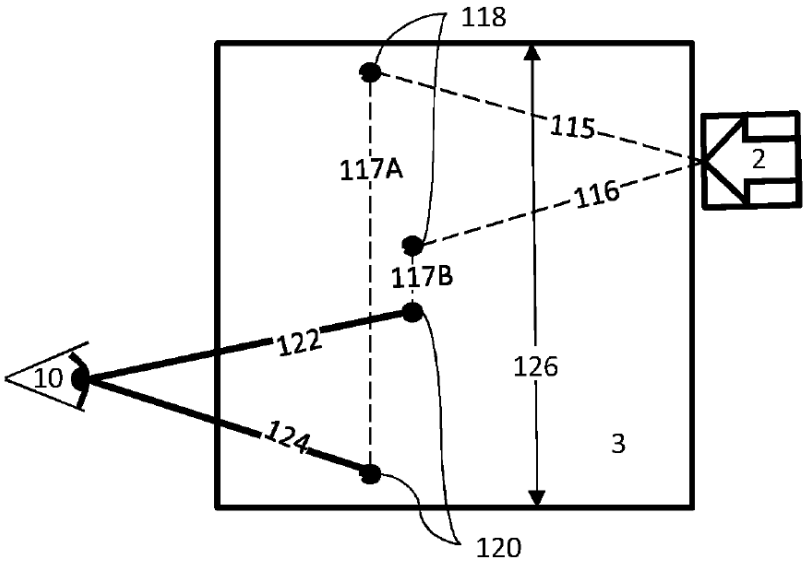


FIG.15

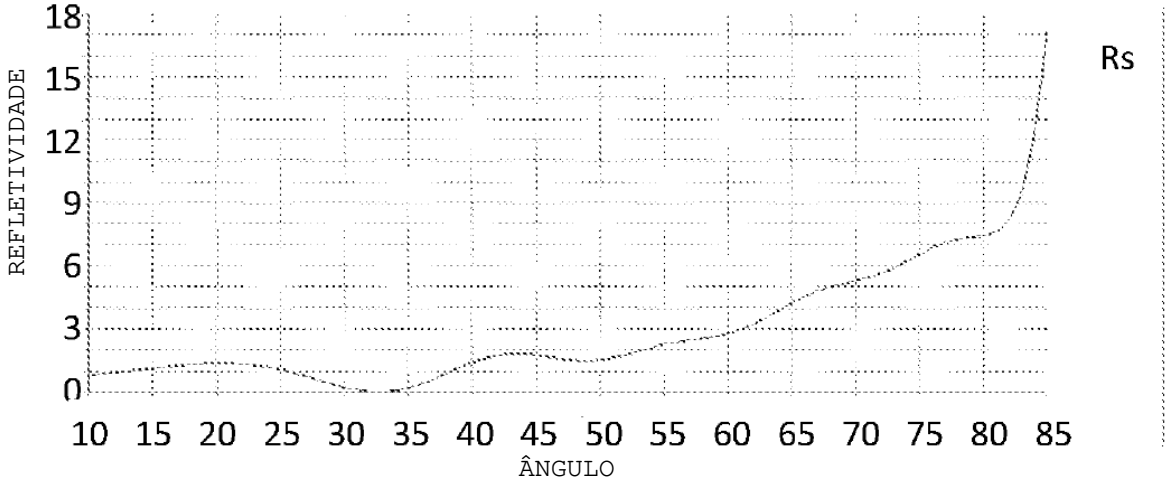


FIG.16A

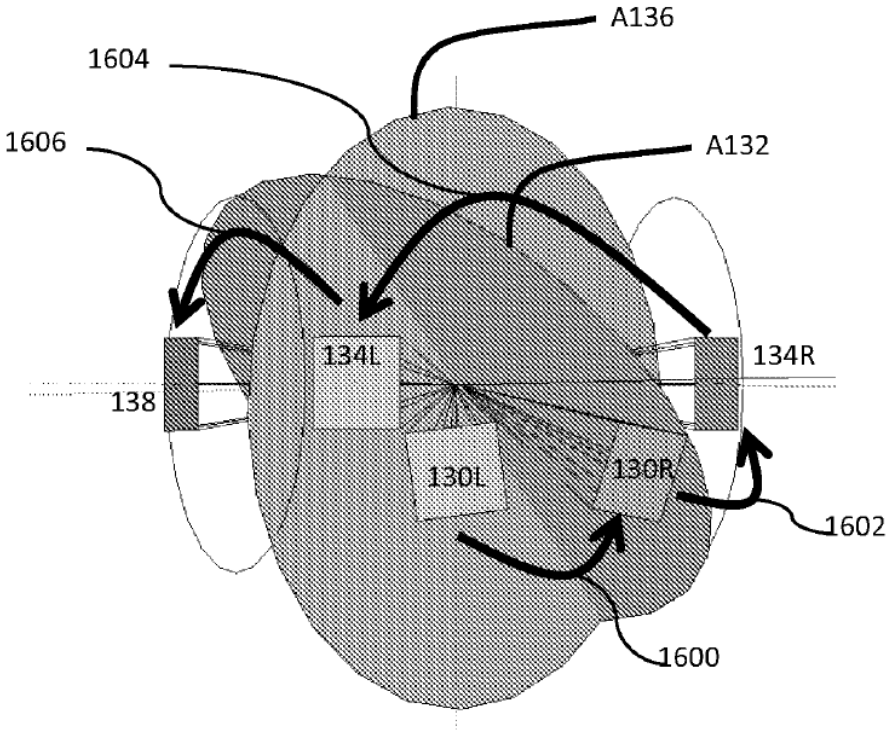


FIG.16B

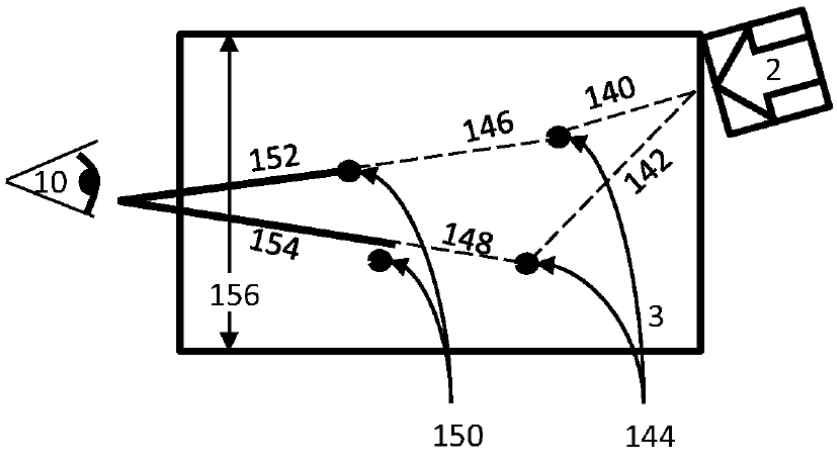


FIG.17

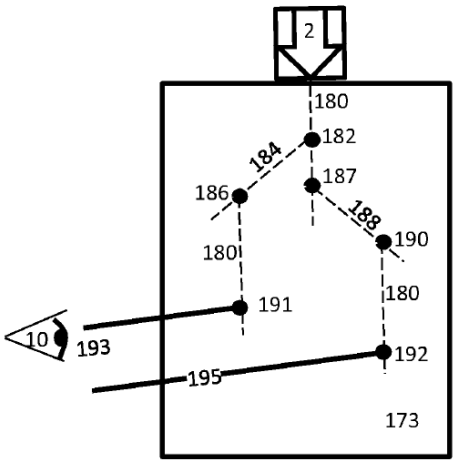


FIG.18A

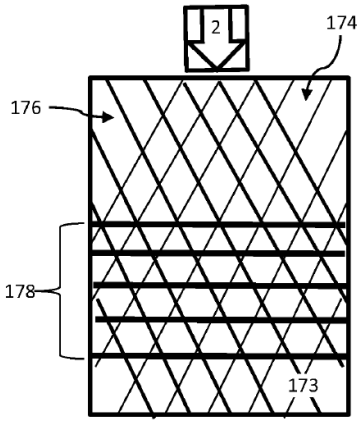


FIG.18B

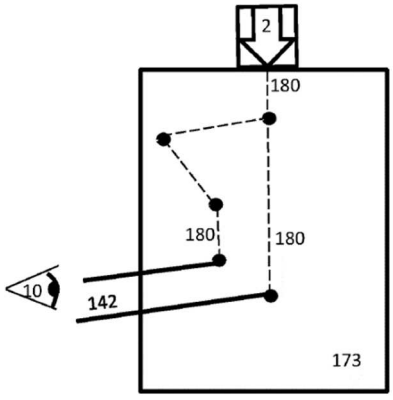


FIG.18C

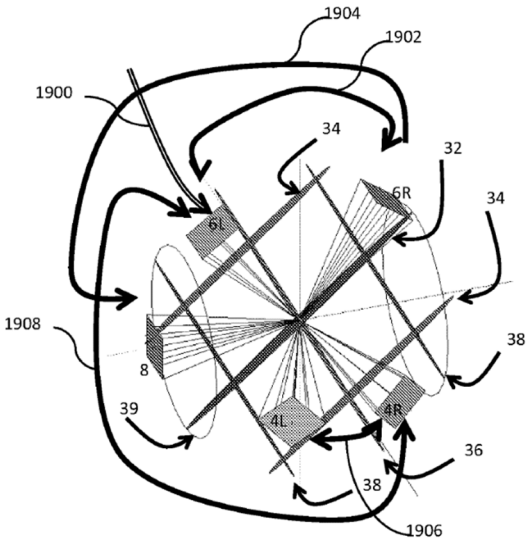


FIG.19A

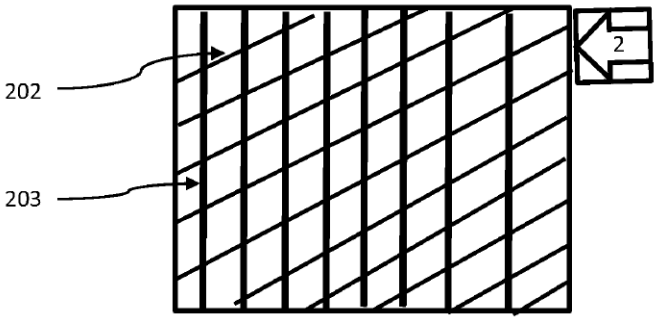


FIG.19B

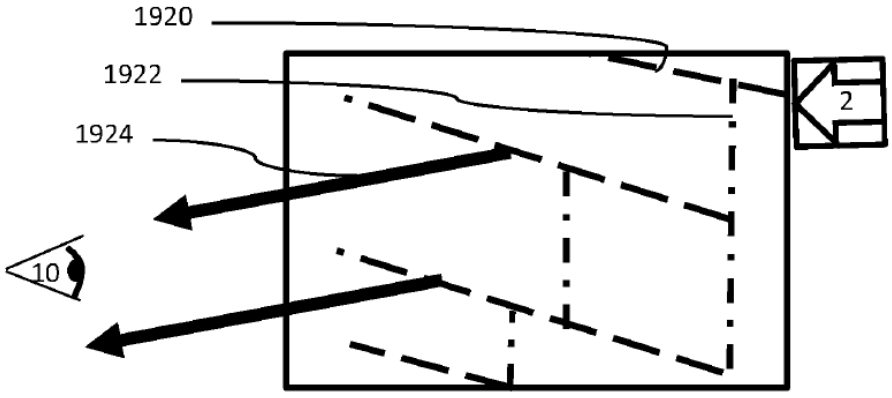


FIG.19C

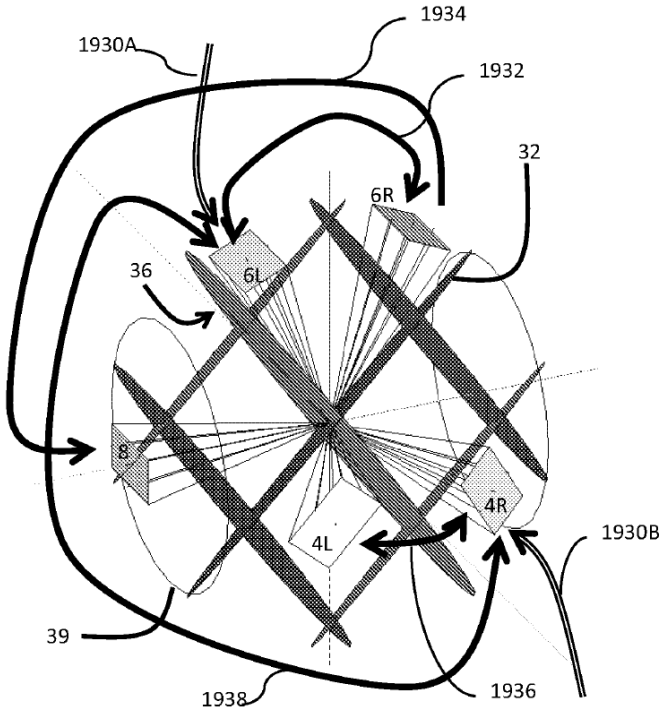

1934
1930A
1932
32
6R
36
6L
8
4R
4L
1930B
39
1938
1936

FIG.20

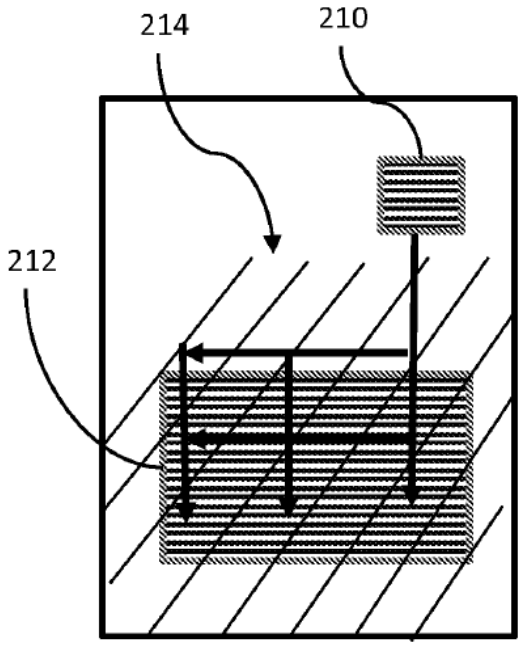

214
210
212

FIG.21

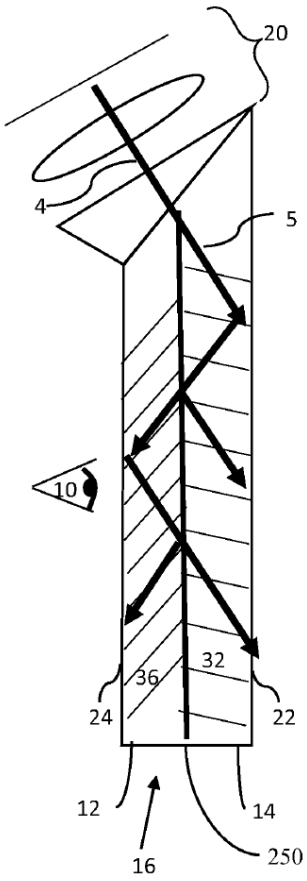


FIG.22A

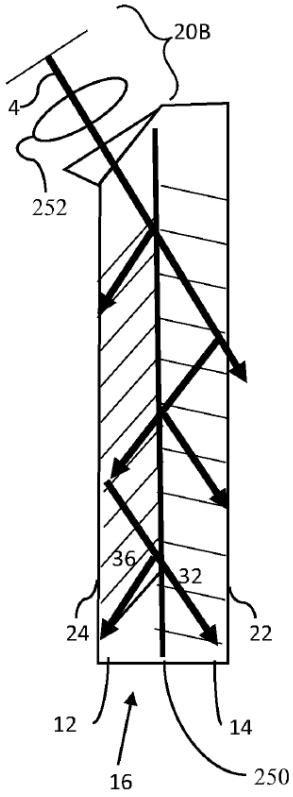


FIG 22B

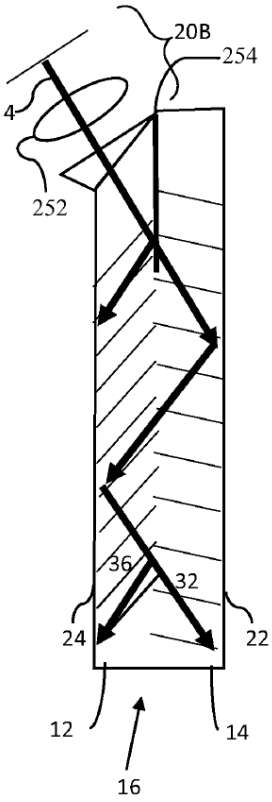


FIG 22C

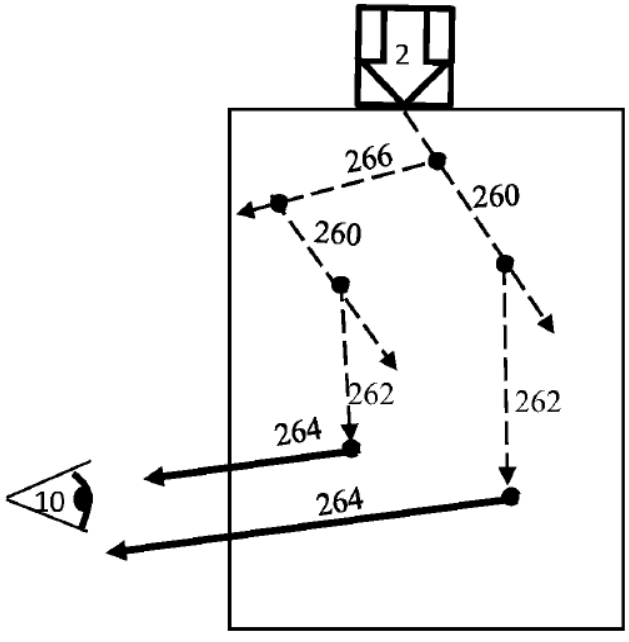


FIG.23

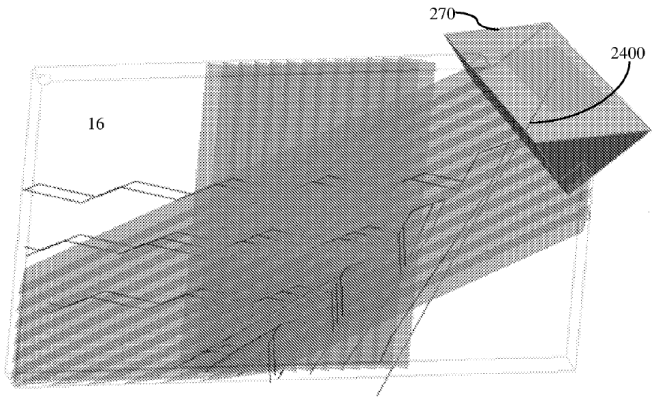


FIG.24A

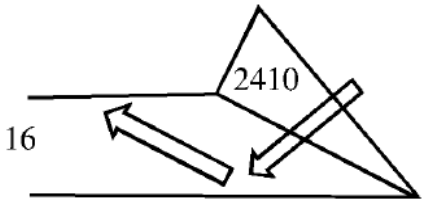


FIG.24B

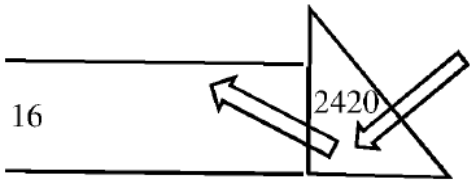


FIG.24C

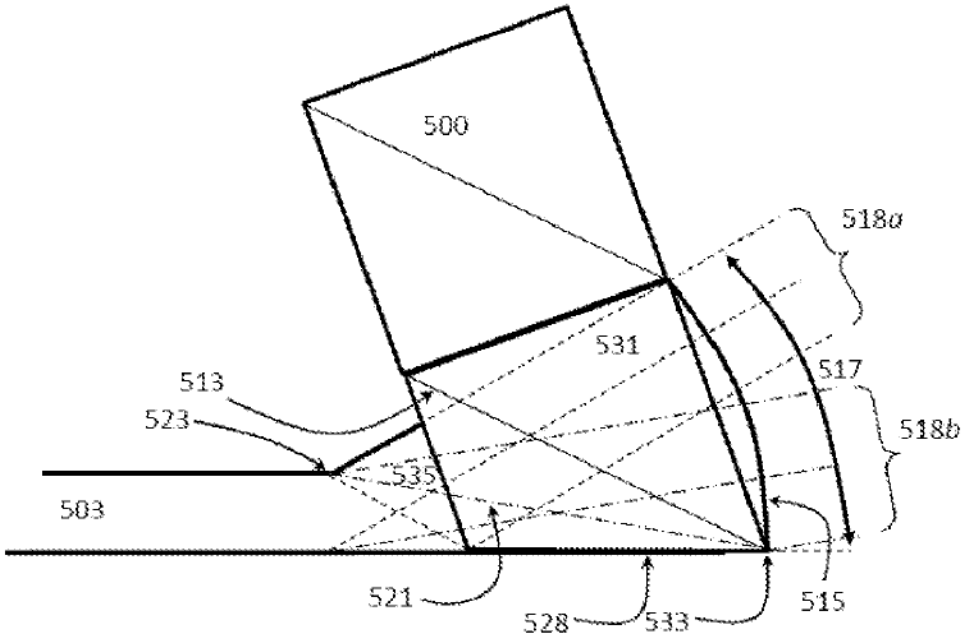


FIG.24D

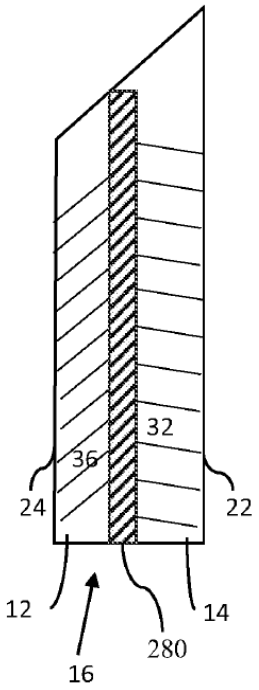


FIG.25

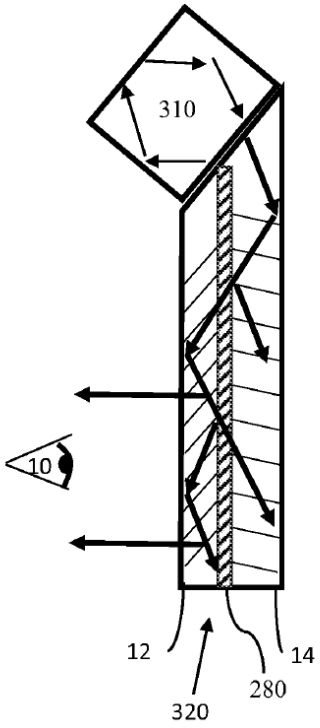


FIG.26A

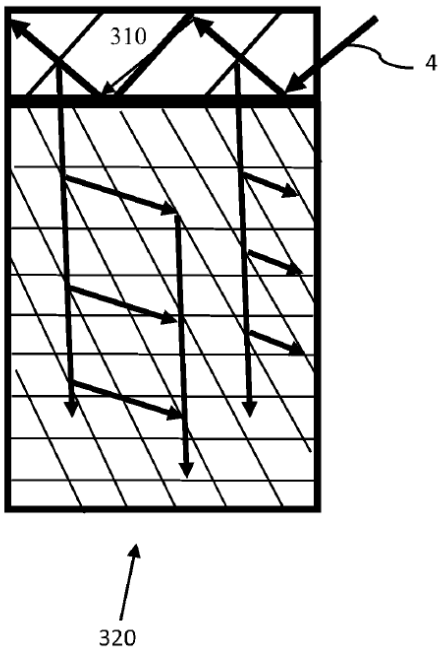


FIG.26B

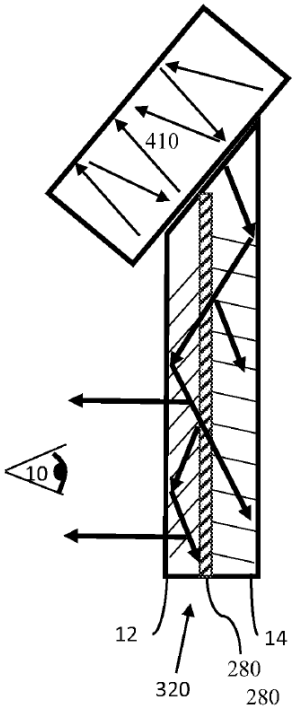


FIG.27A

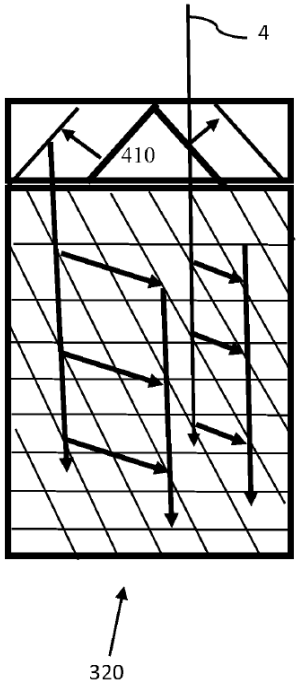


FIG.27B

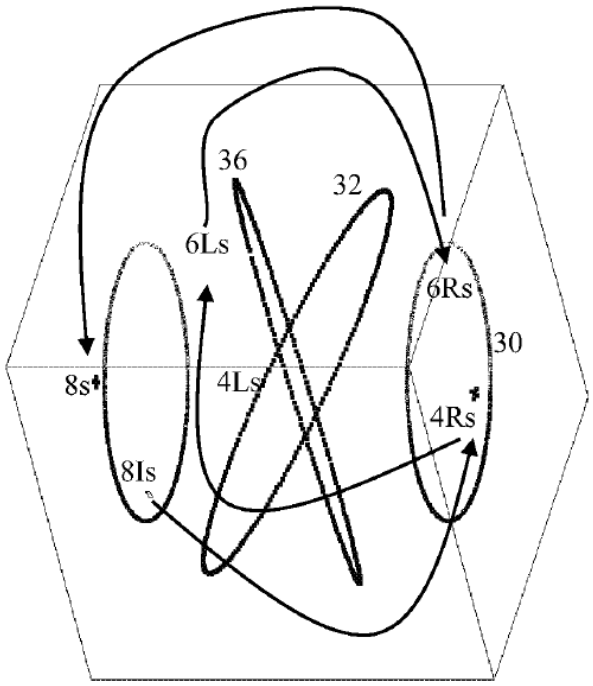


FIG.28

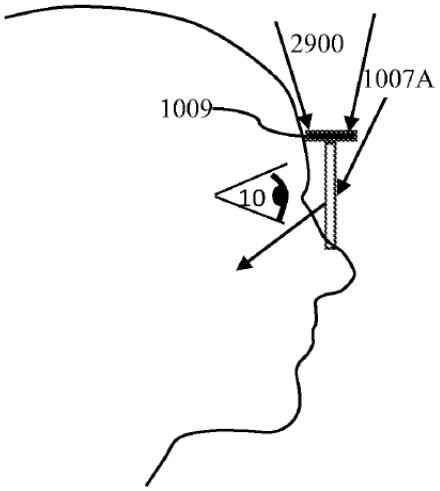


FIG.29A

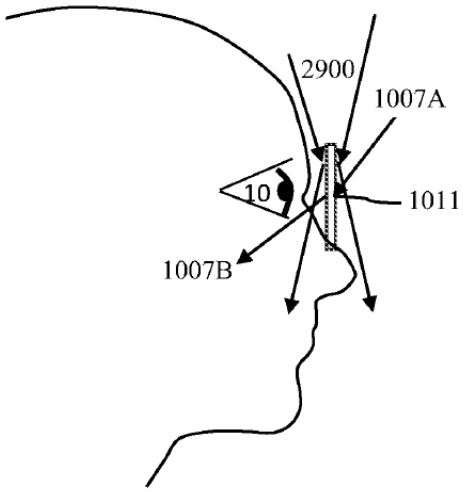


FIG.29B

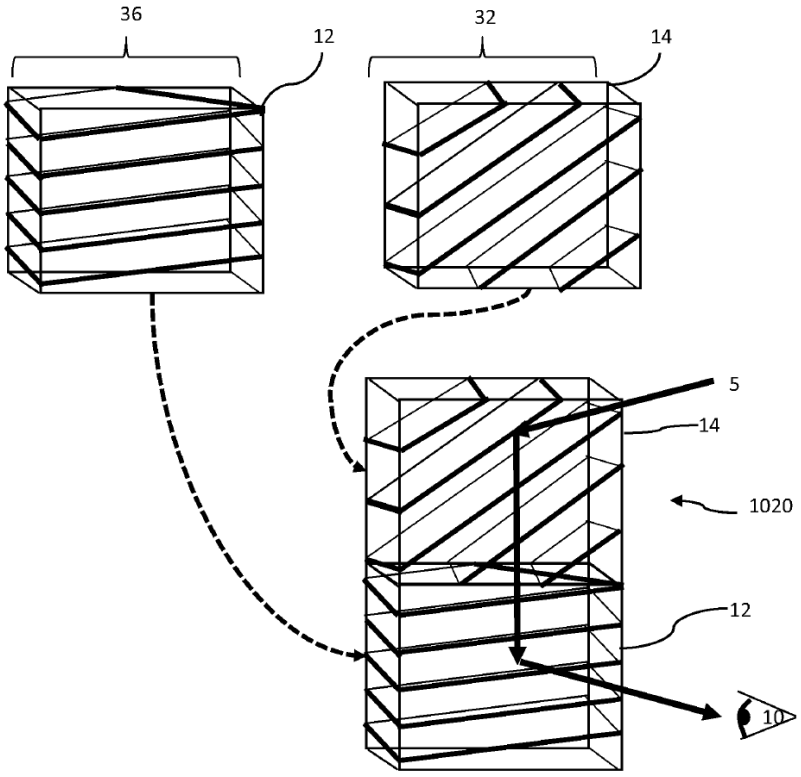


FIG.30

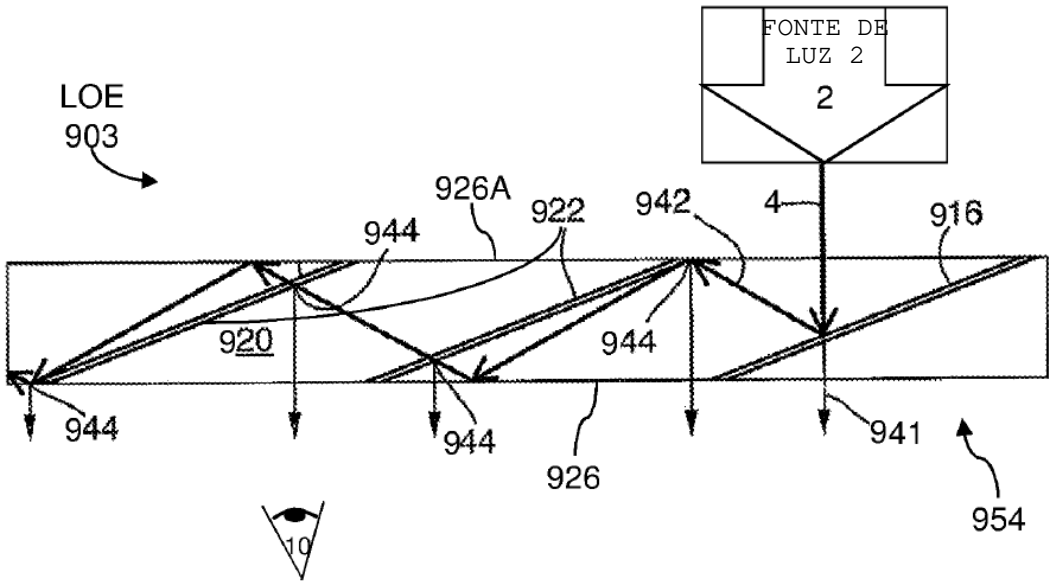


FIG.31

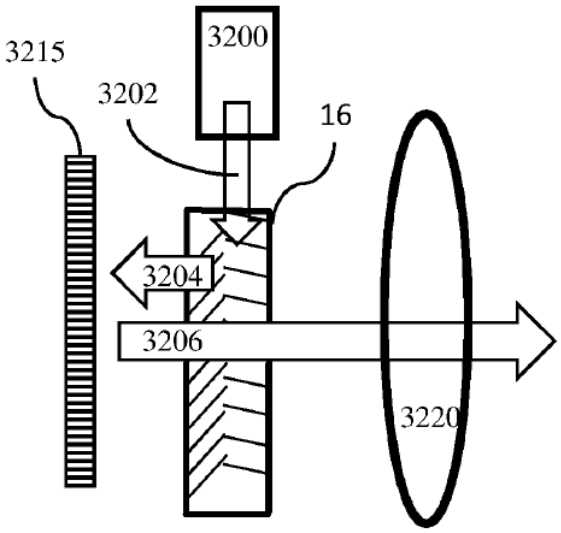


FIG.32A

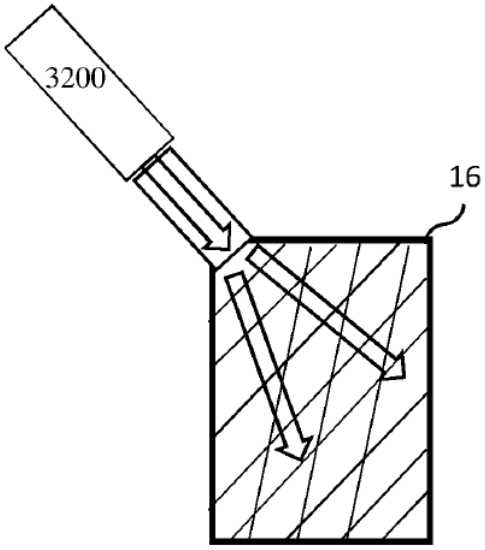


FIG.32B

RESUMO

“DISPOSITIVO ÓPTICO, MÉTODO PARA PRODUZIR UM DISPOSITIVO ÓPTICO E MÉTODO PARA EXPANDIR UMA ABERTURA ÓPTICA EM DUAS DIMENSÕES”

Um dispositivo óptico inclui um guia de luz com um primeiro par de superfícies externas paralelas entre si e ao menos dois conjuntos de facetas. Cada um dos conjuntos inclui uma pluralidade de facetas parcialmente refletivas paralelas entre si, e entre o primeiro par de superfícies externas. Em cada um dos conjuntos de facetas, as respectivas facetas estão em um ângulo oblíquo em relação ao primeiro par de superfícies externas e em um ângulo não paralelo em relação a outro dos conjuntos de facetas. O dispositivo óptico é particularmente adequado para expansão de abertura óptica.