



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

**(11) BR 112015023715-0 B1**



**(22) Data do Depósito: 13/03/2014**

**(45) Data de Concessão: 05/04/2022**

**(54) Título: ARTIGOS PRISMÁTICOS MICROLADRILHADOS**

**(51) Int.Cl.: G02B 5/124.**

**(30) Prioridade Unionista: 15/03/2013 US 61/789,030.**

**(73) Titular(es): 3M INNOVATIVE PROPERTIES COMPANY.**

**(72) Inventor(es): KENNETH L. SMITH; TODD A. BALLENT; NELSON D. SEWALL.**

**(86) Pedido PCT: PCT US2014025584 de 13/03/2014**

**(87) Publicação PCT: WO 2014/151368 de 25/09/2014**

**(85) Data do Início da Fase Nacional: 15/09/2015**

**(57) Resumo:** ARTIGOS PRISMÁTICOS MICROLADRILHADOS. Artigos de prismas, tais como laminação retrorrefletiva, utilizam várias matrizes de prismas em uma configuração de ladrilhos, cada ladrilho contendo uma matriz de elementos prismáticos inclinados. Os ladrilhos podem ser longos e estreitos, e a matriz em cada um de pelo menos dois ou três ladrilhos adjacentes, ou mesmo em cada ladrilho, pode incluir pelo menos um sulco longitudinal que é paralelo a uma borda do ladrilho e paralelo a um eixo fixo no plano. Cada ladrilho pode ter uma largura que é estreita (por exemplo, 0,2 a 5 mm), e igual a um múltiplo inteiro de um intervalo de sulco longitudinal para evitar ou reduzir prismas fragmentados ineficazes ao longo da borda do ladrilho. Cada matriz pode ter um plano de inclinação e um plano primário de angularidade de entrada, e os planos primários de angularidade de entrada para os vários ladrilhos podem ser distribuídos mais uniformemente no ângulo azimutal do que planos de inclinação.

## “ARTIGOS PRISMÁTICOS MICROLADRILHADOS”

### Campo da invenção

[001] Esta invenção refere-se, de modo geral, a lamações retrorrefletivas e artigos relacionados que incorporam elementos prismáticos, com particular aplicação a tais artigos em que as distintas matrizes de prismas estão dispostas em uma pluralidade de ladrilhos para fornecer um desempenho retrorrefletivo aprimorado em relação a um artigo, que incorpora apenas uma matriz do prisma. A invenção também se refere a artigos e sistemas que incorporam tais artigos de prisma e os métodos de produção e uso de tais artigos.

### Antecedentes da Invenção

[002] Artigos de prisma retrorrefletivos são conhecidos. Tais artigos incorporam elementos prismáticos, cada um desses prismas com três facetas aproximadamente perpendiculares entre si de alta refletividade. As facetas refletivas interagem com a luz para fazer com que cada elemento prismático redirecione a luz incidente de volta, na direção geral a partir do qual se originou, independentemente do ângulo de incidência da luz. Esta funcionalidade é útil em aplicações que necessitam de melhor visibilidade, por exemplo, sinais de ruas e estradas, barris e cones de controle de tráfego para a colocação dentro e ao longo das rodovias, e coletes ou outros artigos de vestuário para pessoas envolvidas no trabalho ou outras atividades em torno do tráfego noturno. A refletividade das facetas pode ser fornecida por reflexão interna total, ou por uma camada de metal ou outro material refletivo revestido sobre a faceta. É também conhecido projetar os prismas de modo que os ângulos diédricos entre as três facetas refletivas desviem-se ligeiramente da perpendicularidade perfeita, de modo que a luz retrorrefletida desvie-se ligeiramente a partir da direção da luz incidente. Deste modo, a maior parte da luz retrorrefletida provavelmente é vista por uma pessoa cujo olho subtende um pequeno ângulo, mas diferente de zero em relação à direção da luz incidente. Faz-se referência nesse sentido à patente US 4.775.219 (Appeldorn et al.).

[003]É conhecido para um determinado artigo de prisma ser fabricado usando uma ferramenta tendo uma superfície estruturada. A superfície estruturada do artigo de prisma pode ser feita por microrreplicação a partir da superfície estruturada da ferramenta. A superfície estruturada da ferramenta é, portanto, uma versão invertida ou réplica negativa da superfície estruturada do dado artigo de prisma. Como tal, a ferramenta também inclui grupos de três facetas aproximadamente mutualmente perpendiculares entre si, e se a ferramenta em si fornece ou não qualquer retrorrefletividade da luz, ela pode ser considerada ser um artigo de prisma.

[004]É fato conhecido, ainda, fornecer artigos de prisma com uma configuração ladrilhada, em que as matrizes de prismas são distintas dispostas de acordo com um padrão de regiões ou zonas adjacentes, referidos neste pedido como ladrilhos. O ladrilhamento tipicamente modifica o desempenho de entrada e orientação do artigo. Laminação retrorrefletiva de prismas comercialmente disponível usa ladrilhos tendo, na vista em planta, a forma de tiras longas ou áreas retangulares (incluindo quadrados), uma dimensão característica mínima que é da ordem de 3,8 mm (0,150 polegadas) ou mais. A orientação dos elementos prismáticos é diferente entre quaisquer dois ladrilhos adjacentes.

[005]Três conhecidos artigos prismáticos retrorrefletivos que empregam ladrilhos serão agora discutidos.

[006]As Figuras 1, 1A e 1B referem-se a um artigo retrorrefletivo ladrilhado discutido na Patente US 5.936.770 (Nestegard et al.). A Figura 1 representa uma vista ampliada de uma porção da superfície estruturada de uma laminação de prisma retrorrefletiva 110 que se destina a apresentar um melhor desempenho retrorrefletivo em ângulos de entrada elevados em exatamente dois planos primários, e apresentar um desempenho retrorrefletivo substancialmente semelhante em diferentes ângulos de entrada em cada um dos dois planos primários. A superfície estruturada inclui

uma pluralidade de zonas alternadas que compreendem uma matriz de elementos prismáticos 112. Os elementos prismáticos 112 são dispostos como pares encaixados opticamente opostos em uma matriz em um lado da laminação. Cada elemento prismático 112 tem o formato de um prisma triédrico com três faces planas expostas 122. O ângulo diédrico entre as faces 122 é de cerca de 90°, mas pode desviar-se ligeiramente a partir de 90°, conforme discutido na patente de Appeldorn '219. Os elementos prismáticos 112 de preferência tem uma geometria inclinada tal como revelado na Patente US 4.588.258 (Hoopman). Tais inclinações definem um único plano primário de desempenho retrorrefletivo aprimorado em ângulos de entrada elevados e um único plano secundário de um desempenho retrorreflexivo aprimorado em ângulos de entrada elevados. Os eixos dos elementos prismáticos podem ser inclinados em uma direção “para trás” ou “negativa”, como discutido na Patente US 5.565.151 (Nilson), ou em uma direção “para frente” ou “positiva”, tal como discutido na patente de Hoopman '258.

[007]A superfície estruturada do laminado 110 inclui uma pluralidade de zonas alternadas (“ladrilhos”) de matrizes prismáticas dispostas em orientações de aproximadamente noventa graus. Laminação 110 pode, assim, ser caracterizada pelo fato de compreender uma primeira zona 106 incluindo uma matriz de elementos prismáticos disposta em uma primeira orientação na laminação e uma segunda zona 108 de elementos prismáticos disposta em uma segunda orientação na laminação para definir um primeiro plano primário de desempenho retrorrefletivo aprimorado em ângulos de entrada elevados e um segundo plano primário de desempenho retrorrefletivo aprimorado em ângulos de entrada elevados, que é perpendicular ao primeiro plano.

[008]A primeira zona 106 estende-se substancialmente paralela com uma borda longitudinal da laminação 110. A primeira zona 106 inclui uma matriz de elementos prismáticos 112 formado por três conjuntos de sulcos que se cruzam

mutuamente incluindo dois conjuntos de sulcos secundários 126, 128, e um conjunto de sulcos primários 130. Os elementos prismáticos 112 individuais na matriz são formados de tal modo que os seus eixos ópticos são inclinados de acordo com um plano perpendicular ao sulco 130 primário. A matriz de prismas na primeira zona 106 apresenta, assim, um plano primário de um desempenho retrorrefletivo aprimorado que se estende perpendicularmente ao sulco 130 primário, e perpendicular à borda longitudinal da laminação 110. Os elementos prismáticos individuais são inclinados através de um ângulo de cerca de 8,15 graus em relação a um eixo perpendicular à base do elemento prismático para definir ângulos incluídos no triângulo de base de 55,5 graus, 55,5 graus e 69 graus. A segunda zona 108 estende-se substancialmente em paralelo à primeira zona 106 ao longo do comprimento da laminação, e inclui uma matriz de elementos prismáticos 112 substancialmente idêntica à matriz colocada na primeira zona 106, exceto que a matriz na segunda zona está disposta com uma orientação de noventa graus em relação à matriz na primeira zona 106. Diz-se que vantagens podem ser obtidas pela inclinação de elementos prismáticos opostos através de um ângulo entre cerca de 7 graus e cerca de 15 graus (ver por exemplo, a patente de Hoopman '258), mas que vários graus de inclinação e tamanhos variados do cubo podem ser usados.

[009]A Figura 1A ilustra as características retrorrefletivas de uma única matriz de prismas, de acordo com a patente de Hoopman '258. Tal matriz de prismas apresenta um único plano primário que exibe desempenho retrorrefletivo aprimorado em ângulos de entrada elevados, representado pelo plano que se estende através dos dois ressaltos mais amplos dos contornos de igual brilho, e um segundo plano, que exibe desempenho retrorrefletivo aprimorado em ângulos de entrada elevados, representado por um plano que se estende através dos dois ressaltos mais curtos dos contornos de igual brilho. Consequentemente, as laminações fabricadas para ter tal única matriz de prismas têm uma única orientação preferencial. A modalidade da

Figura 1 é dita superar essa limitação, fornecendo dois planos que apresentam desempenho retrorreflexivo aprimorado em ângulos de entrada elevados. Conforme revelado na Publicação PCT WO 96/42025 (Smith et al.), os prismas inclinados para trás podem ser configurados (por exemplo, ângulos de base de 50°, 65°, 65°) para ter dois planos preferenciais semelhantes de angularidade de entrada. Os dois planos preferenciais de angularidade de entrada não são necessariamente perpendiculares entre si.

[010]A Figura 1B é um gráfico de contorno de igual brilho de leituras de luminosidade retrorrefletida tomadas a partir de uma amostra de lamination de dupla orientação de acordo com a Figura 1. Uma descrição de geometrias de teste retrorrefletivo e ângulos de medida é fornecido em ASTM E-808-93b, *Standard Practice for Describing Retroreflection* (a versão mais atual do que é designado ASTM-E-808-01 (2009)), e ângulos pertinentes e outras fatores geométricos são também discutidos a seguir em ligação com a Figura 4. As medidas da Figura 1B foram levadas a um ângulo de observação fixo de 0,33 graus e um ângulo de apresentação fixo de 90 graus. O ângulo de entrada variou entre 0 e 80 graus e a lamination foi girada através de uma faixa de 360 graus do ângulo de orientação. Na Figura 1B, ângulos de entrada são representados por círculos concêntricos, enquanto ângulos de orientação são representados por números que se estendem radialmente em torno do gráfico. Os contornos de igual brilho concêntricos representam a retrorreflectância relativa da luz retrorrefletida; a retrorreflectância máxima é representada pelo ponto central no gráfico e contornos de igual brilho concêntricos representando reduções de cinco por cento em retrorreflectância relativa ao máximo, medida em candelas/lux/metro<sup>2</sup>.

[011]Com referência à Figura 1B, a lamination retrorrefletiva da Figura 1 exibe exatamente quatro grandes ressaltos de um desempenho retrorrefletivo aprimorado em ângulos de entrada elevados. Estes quatro ressaltos ocorrem em intervalos de

90 graus, iniciando de um ângulo de orientação de zero grau (por exemplo, em ângulo de orientação de 0, 90, 180 e 270 graus). Estes quatro ressaltos definem dois planos primários de um desempenho retrorrefletivo aprimorado em ângulos elevados de admissão: o primeiro plano prolonga-se através do plano da laminação em uma orientação 0-180 e o segundo plano prolonga-se através da laminação a uma orientação 90-270. A laminação também é dita apresentar um desempenho retrorrefletivo substancialmente semelhante em variados ângulos de entrada dentro destes dois planos. Em uso, a laminação pode ser orientada em qualquer uma das duas orientações diferentes para permitir que a laminação forneça um desempenho retrorrefletivo ótimo.

[012]Para detalhes adicionais de projeto e variações de artigos retrorrefletivos como os da Figura 1, o leitor é encaminhado à patente de Nestegard '770.

[013]A Figura 2 é uma vista em planta esquemática de uma outra laminação retrorrefletiva de prisma 270 que emprega ladrilhos. A laminação ladrilhada 270 foi vendida no comércio pela Stimsonite Corporation of Niles, IL, sob o nome comercial Stimsonite High Performance Grade Reflective Sheeting (Lote 1203W, número de produto 8432170). A laminação ladrilhada 270 emprega uma pluralidade de matrizes ladrilhadas de pares combinados de elementos prismáticos inclinadas para trás. A superfície estruturada da laminação 270 inclui uma pluralidade de grupos de matrizes de elementos prismáticos pareados posicionados em uma pluralidade de orientações diferentes em relação a uma borda longitudinal 272 da laminação 270. As matrizes de prismas são orientadas de tal modo que os sulcos primários das matrizes encontram-se em planos que estão posicionados em orientações de 0 graus, 30 graus, 60 graus e 90 graus em relação à borda longitudinal 272 da laminação 270.

[014] Para detalhes adicionais sobre a laminação ladrilhada 270, bem como descrições de outros artigos retrorrefletivos ladrilhados, o leitor é encaminhado à

Patente US 5.822.121 (Smith et al.).

[015]A Figura 3 é um artigo de prisma ladrilhado 310 discutido na publicação do pedido de patente US 2011/0013281 (Mimura et al.). O artigo de prisma 310 tem uma superfície estruturada em que as facetas do mesmo formam as primeiras matrizes de prismas 313-1 e matrizes de prismas secundárias 313-2 dispostas em ladrilhos alternados em faixa 312-1, 312-2, respectivamente. A superfície estruturada define um plano de referência, como o plano x-y de um sistema xyz de coordenadas cartesianas. As primeiras matrizes de prismas 313-1 têm prismas 314-1 e 315-1. Estes prismas são inclinados. Isto é, o eixo óptico (por vezes chamado de eixo de simetria) de cada prisma é inclinado em relação ao eixo normal do plano, isto é, no que diz respeito ao eixo z. As matrizes prismáticas secundárias 313-2 têm os prismas 314-2 e 315-2, que também são inclinados. As projeções dos eixos ópticos dos vários prismas sobre o plano x-y são mostradas na Figura como os eixos ópticos 314D-1, 1-315D, 314D-2 e 315D-2 para os prismas 314-1, 315-1, 314-2, 315-2, respectivamente.

[016]A referência de Mimura descreve uma modalidade na qual os prismas 314-1 e 315-1 têm triângulos de base cujos ângulos internos ou ângulos de base são ordenados ( $54,918^\circ$ ,  $66,659^\circ$ ,  $58,423^\circ$ ), e em que os prismas 314-2 e 315-2 têm triângulos de base cujos ângulos internos são ordenados ( $54,918^\circ$ ,  $58,423^\circ$ ,  $66,659^\circ$ ). Uma discussão mais detalhada de triângulos de base e seus ângulos ordenados é fornecida abaixo. Dado um dos prismas 314-1 e um adjacente a um dos prismas 315-1 formam um par correspondente de prismas, porque o prisma 314-1, se girado 180 graus em torno do eixo z, produz um prisma que tem a mesma geometria do cubo e a mesma orientação que o prisma 315-1. Dado um dos prismas 314-2 e um adjacente a um dos prismas 315-2 também formam um par correspondente de prismas, pela mesma razão. Entretanto, qualquer dado prisma dentro da matriz 313-1 não tem a mesma geometria do cubo que, e não

formam um par correspondente com, qualquer prisma dentro da matriz 313-2.

### Breve sumário

[017]Desenvolvemos uma família de artigos prismáticos, em que a superfície estruturada inclui diferentes matrizes prismáticas que são combinadas em uma configuração de ladrilhos. Características de projeto das diferentes matrizes de prismas, opcionalmente em combinação com características de projeto de seus respectivos ladrilhos, são selecionadas para fornecer características de um ou mais produtos benéficos, tais como a melhoria da uniformidade de orientação para a luz retrorrefletida, melhorada uniformidade espacial aparente da superfície estruturada, menos elementos fragmentados de prismas (ou cobertura aumentada da superfície de elementos prismáticos não fragmentados), particularmente ao longo das bordas prolongadas de ladrilhos, e facilidade de fabricação, ao mesmo tempo ser capaz de realizar uma, algumas ou todas essas características benéficas em laminação de prismas flexível fina com uma elevada retrorrefletividade geral, se for desejado. Facilidade de fabricação tem, pelo menos, dois aspectos possíveis. Um aspecto se refere à velocidade com a qual um filme de prisma retrorrefletivo pode ser fabricado, que pode ser aumentada através do projeto de matrizes de prismas para a maior parte ou todos os ladrilhos para ter um conjunto de sulcos paralelos à direção a jusante da banda do filme (e de preferência, também a uma aresta do respectivo ladrilho), de modo que o material curável pode ser forçado para dentro da superfície estruturada da ferramenta mais fácil e rapidamente. Um segundo aspecto refere-se a um custo reduzido e uma maior simplicidade no fabricação da ferramenta de prismas, que pode ser realizada através do uso de matrizes de prismas capazes de serem cortadas com apenas um conjunto de três ou menos ferramentas de corte, de tal modo que a geometria do cubo para uma matriz é a mesma que a geometria do cubo em uma matriz orientada de maneira diferente, e/ou é uma permutação da geometria do cubo em uma matriz orientada de maneira diferente.

[018]Revelamos neste pedido, entre outros, artigos de prisma, como laminação retrorrefletiva que utilizam várias matrizes de prismas em uma configuração de ladrilhos, cada ladrilhos contendo um conjunto de elementos prismáticos inclinados. Os ladrilhos podem ser longos e estreitos, ou seja, estendidos, e a matriz em cada um de pelo menos dois ou três ladrilhos adjacentes, ou mesmo na maioria dos ladrilhos ou cada ladrilho do artigo, pode incluir pelo menos um sulco longitudinal que é paralelo a uma borda do ladrilho e paralelo a um eixo fixo no plano, eixo esse que pode estar em uma direção a jusante do artigo. Cada ladrilho pode ter uma largura que é estreita (por exemplo, 0,2 a 5 mm ou inferior a 1 mm, ou 0,2-1 mm), e igual a um múltiplo inteiro de um intervalo de sulco longitudinalmente para evitar ou reduzir prismas fragmentados ineficazes, e superfícies verticais, ao longo da borda do ladrilho. Cada matriz pode ter um plano de inclinação e um plano primário de angularidade de entrada, e os planos primários de angularidade de entrada para os vários ladrilhos podem ser distribuídos mais uniformemente no ângulo azimutal do que nos planos de inclinação.

[019]O presente pedido revela adicionalmente, entre outros, os artigos com uma superfície estruturada, que define um plano de referência tendo um eixo no plano, a superfície estruturada incluindo uma pluralidade de matrizes de prismas disposta em uma pluralidade de ladrilhos, incluindo os primeiro, segundo e terceiro ladrilhos. Os primeiro, segundo e terceiro ladrilhos são definidos pelas respectivas primeira, segunda e terceira matrizes de prismas, as primeira, segunda e terceira matrizes de prismas tendo os respectivos primeiro, segundo e terceiro planos primários de angularidade de entrada, cada um orientado de forma diferente em relação ao eixo no plano; Os primeiro, segundo e terceiro ladrilhos, cada um inclui uma borda de ladrilho paralela ao eixo no plano. Cada uma das primeira, segunda e terceira matrizes de prismas inclui um dado sulco paralelo ao eixo no plano.

[020]Os primeiro, segundo e terceiro ladrilhos podem, cada um, ser alongados

paralelos ao eixo no plano. Para cada um dos primeiro, segundo e terceiro ladrilhos, o dado sulco pode ser um de uma pluralidade de sulcos longitudinais que define um campo de sulcos longitudinais, e cada um dos primeiro, segundo e terceiro ladrilhos pode ter uma largura igual para um múltiplo inteiro do respectivo intervalo de sulco longitudinal. As larguras dos primeiro, segundo e terceiro ladrilhos podem estar, cada um, em uma faixa de 0,2 mm a 5 mm, ou entre 0,2 mm a 1 mm, ou entre 0,5 mm e 1 mm. A pluralidade de ladrilhos pode incluir outros ladrilhos adicionais além dos primeiro, segundo e terceiro ladrilhos, os ladrilhos adicionais tendo matrizes de prismas correspondentes adicionais, e todas as matrizes de prismas adicionais podem incluir um dado sulco paralelo ao eixo no plano.

[021]Os prismas em cada uma das primeira, segunda e terceira matrizes de prismas podem estar inclinados e caracterizados por um triângulo de base tendo um conjunto ordenado de ângulos de base, e os conjuntos ordenados de ângulos de base para as primeira e segunda matrizes de prismas podem ser iguais entre si, e os conjuntos ordenados de ângulos de base para as primeira e terceira matrizes de prisma podem ser permutações uns dos outros. O conceito de um conjunto ordenado de ângulos de base é discutido mais abaixo.

[022]Os conjuntos ordenados de ângulos de base para as primeira, segunda e terceira matrizes de prisma podem, alternativamente, ser iguais entre si. A pluralidade de ladrilhos pode, então, incluir ainda um quarto ladrilho definido por uma quarta matriz de prismas, e a quarta matriz de prismas pode ter um quarto plano primário de angularidade de entrada que não é paralelo a qualquer um dos primeiro, segundo, ou terceiro planos primários de angularidade de entrada, e os prismas na quarta matriz de prismas podem ser inclinados e caracterizados por um triângulo de base tendo um conjunto ordenado de ângulos de base que é uma permutação do conjunto ordenado de ângulos de base para a primeira matriz de prismas. O quarto ladrilho é alongado paralelo ao eixo no plano, e a quarta matriz

de prismas pode incluir um sulco longitudinal paralelo ao eixo no plano.

[023]Todas as matrizes de prismas em que a pluralidade de matrizes de prismas pode ter planos primários respectivos de angularidade de entrada, os planos primários de angularidade de entrada podem definir, pelo menos, quatro orientações únicas em relação ao eixo no plano. As matrizes de prismas associadas com, pelo menos, quatro orientações únicas podem, cada uma, incluir um sulco longitudinal paralelo ao eixo no plano e podem ser caracterizadas pelos respectivos conjuntos ordenados de ângulos de base, a cada dois de tais conjuntos ordenados de ângulos de base sendo iguais entre si ou sendo permutações uns dos outros. Os planos primários de angularidade de entrada podem também definir, pelo menos, 5 orientações únicas em relação ao eixo no plano. As matrizes de prismas associadas com, pelo menos, 5 orientações únicas são caracterizadas pelos respectivos conjuntos ordenados de ângulos de base, a cada dois de tais conjuntos ordenados de ângulos de base sendo iguais entre si ou sendo permutações uns dos outros. Os planos primários de angularidade de entrada podem também definir, pelo menos, 6 orientações únicas em relação ao eixo no plano. As matrizes de prismas associadas com, pelo menos, 6 orientações únicas podem ser caracterizadas pelos respectivos conjuntos ordenados de ângulos de base, a cada dois de tais conjuntos ordenados de ângulos de base sendo iguais entre si ou sendo permutações uns dos outros.

[024]Os primeiro e segundo ladrilhos têm bordas de ladrilhos que se encontram ao longo de um contorno, e as facetas de uma fileira de prismas sobre o primeiro ladrilho próximo do contorno e facetas de uma fileira de prismas no segundo ladrilho próximo do contorno podem coletivamente formar um sulco compósito, o sulco compósito paralelo ao eixo no plano. O sulco compósito pode ter um ângulo de sulco compósito que difere de um ângulo do dado sulco da primeira matriz de prismas e que também difere de um ângulo do dado sulco da segunda matriz de prismas.

[025]A superfície estruturada pode fornecer um índice de uniformidade a um ângulo de entrada de 30 graus de pelo menos quatro, ou pelo menos 5, ou pelo menos 6. A superfície estruturada pode fornecer um índice de uniformidade a um ângulo de entrada de 40 graus de pelo menos 2, ou pelo menos 3, pelo menos 4, ou pelo menos 5.

[026]O presente pedido também descreve artigos com uma superfície estruturada, que inclui uma pluralidade de matrizes de prismas dispostos em uma pluralidade correspondente de ladrilhos, a superfície estruturada definindo um plano de referência tendo um eixo no plano. A matriz de prismas, para cada uma da pluralidade de ladrilhos tem um determinado conjunto de sulcos cujos sulcos estendem-se paralelamente ao eixo no plano, a matriz de prismas, para cada uma da pluralidade de ladrilhos tem associada a ela um plano de inclinação e um plano primário de angularidade de entrada. Os únicos dos planos primários de angularidade de entrada para a pluralidade de ladrilhos são mais bem distribuídos no ângulo azimutal do que os únicos dos planos de inclinação.

[027]Os únicos dos planos primários de angularidade de entrada podem ter uma separação angular mínima  $\Phi_{Min1}$  e os únicos dos planos de inclinação podem ter uma separação angular mínima  $\Phi_{Min2}$ , e  $\Phi_{Min1}$  pode ser pelo menos 2 vezes maior do que  $\Phi_{Min2}$ . Os únicos dos planos primários de angularidade de entrada podem ter uma separação angular máxima  $\Phi_{Max1}$  e os únicos dos planos de inclinação podem ter uma separação angular máxima  $\Phi_{Max2}$ , e  $\Phi_{Max1}$  pode ser pelo menos menor do que  $\Phi_{Max2}$ . Uma métrica de distribuição angular  $\Phi_{ADM1}$  (descrita abaixo) para os únicos dos planos primários de angularidade de entrada pode ser maior do que a métrica de distribuição angular correspondente  $\Phi_{ADM2}$  (também descrita abaixo) para os únicos dos planos de inclinação.

[028]A pluralidade de ladrilhos pode, cada uma, ser alongada paralela ao eixo no plano. Os ladrilhos podem ter respectivas larguras que estão em uma faixa

de 0,2 mm a 5 mm, ou entre 0,2 mm a 1 mm, ou entre 0,5 mm e 1 mm. O dado sulco definido para cada peça pode ser um sulco longitudinal definido para tal ladrilho. A superfície estruturada pode ter  $N$  planos primários únicos de angularidade de entrada associados, respectivamente, com  $N$  únicos das matrizes de prismas, e  $N$  pode ser 4, 5 ou 6. A pluralidade de ladrilhos pode incluir um primeiro, segundo e terceiro ladrilho compreendendo as respectivas primeira, segunda e terceira matrizes de prismas inclinados, e as primeira, segunda e terceira matrizes podem ter associadas a elas os respectivos primeiro, segundo e terceiro planos de inclinação dois dos quais são paralelos entre si. Para cada um das primeira, segunda e terceira matrizes, o dado conjunto de sulcos pode ser um conjunto de sulcos longitudinais que define um intervalo de sulcos longitudinais, e cada um dos primeiro, segundo e terceiro ladrilhos pode ter uma largura igual para um múltiplo inteiro do respectivo intervalo de sulco longitudinal.

[029]A superfície estruturada pode fornecer um índice de uniformidade a um ângulo de entrada de 30 graus de pelo menos 4, ou pelo menos 5, ou pelo menos 6. A superfície estruturada pode fornecer um índice de uniformidade a um ângulo de entrada de 40 graus de pelo menos 2, ou pelo menos 3, pelo menos 4, ou pelo menos 5.

[030]O presente pedido também descreve artigos com uma superfície estruturada, a superfície estruturada a ser segmentada em uma pluralidade de ladrilhos, incluindo, pelo menos, um primeiro, segundo e terceiro ladrilho compreendendo as respectivas primeira, segunda e terceira matrizes de prismas inclinados. As primeira, segunda e terceira matrizes têm associadas a elas os respectivos primeiro, segundo e terceiro planos de inclinação, não há dois dos quais sendo paralelos entre si. Os prismas nas primeira, segunda e terceira matrizes são caracterizados por triângulos de base tendo os respectivos primeiro, segundo e terceiro conjuntos ordenados de ângulos de base, e os primeiro e segundo conjuntos

ordenados de ângulos de base podem ser iguais entre si, e os primeiro e terceiro conjuntos ordenados de ângulos de base podem ser permutações uns dos outros.

[031]Cada uma das primeira, segunda e terceira matrizes pode ter um conjunto de sulcos, cujos sulcos estendem-se paralelamente a uma borda do respectivo ladrilho. Cada um dos primeiro, segundo, e terceiro conjuntos pode ser definido por três conjuntos de sulcos paralelos que se cruzam entre si para formar os prismas. O artigo pode incluir, também, um quarto ladrilho compreendendo uma quarta matriz de prismas inclinados, e a quarta matriz pode ter associada a ela um quarto plano de inclinação que não é paralelo a qualquer um dos primeiro, segundo ou terceiro planos de inclinação. A quarta matriz pode ser caracterizada por um triângulo de base tendo um quarto conjunto ordenado de ângulos de base, e o quarto conjunto ordenado de ângulos de base pode ser o mesmo que o terceiro conjunto ordenado de ângulos de base. A superfície estruturada pode fornecer um índice de uniformidade a um ângulo de entrada de 30 graus de pelo menos 4, ou pelo menos 5, ou pelo menos 6. A superfície estruturada pode fornecer um índice de uniformidade a um ângulo de entrada de 40 graus de pelo menos 2, ou pelo menos 3, pelo menos 4, ou pelo menos 5.

[032]Métodos, sistemas e artigos relacionados também são discutidos.

[033]Esses e outros aspectos do presente pedido serão evidentes a partir da descrição detalhada abaixo. Em nenhum caso, entretanto, os resumos acima devem ser interpretados como limitações sobre o assunto reivindicado, sendo que o assunto é definido unicamente pelas reivindicações anexadas, podendo ser modificadas durante a prossecução.

#### Breve descrição dos desenhos

[034]A Figura 1 é uma vista frontal ou em planta da superfície estruturada de uma lamination retrorrefletiva de ladrilhos que é conhecida;

[035]A Figura 1A é um gráfico mostrando o desempenho retrorrefletivo de

igual brilho para uma das matrizes de prismas ou ladrilhos a partir da laminação da Figura 1;

[036]A Figura 1B é um gráfico mostrando o desempenho retrorrefletivo de igual brilho para a laminação da Figura 1;

[037]A Figura 2 é uma vista em planta de outra laminação retrorrefletiva de ladrilhos que é conhecida;

[038]A Figura 3 é um grupo de elementos multidirecionais revelado no pedido de patente publicado;

[039]A Figura 4 é uma vista em perspectiva de um artigo retrorrefletivo, representando determinados parâmetros relativos à geometria de iluminação e de observação;

[040]A Figura 5 é uma vista esquemática frontal ou em planta de uma disposição em que três matrizes de prismas de diferentes orientações podem ser combinadas;

[041]A Figura 6 é uma vista esquemática frontal ou em planta de uma superfície estruturada compreendendo três matrizes de prismas distintas, tais como as da Figura 5, dispostas em três ladrilhos correspondentes;

[042]A Figura 6A é uma vista esquemática lateral ou em elevação do artigo de prisma da Figura 6;

[0043]A Figura 7A é uma vista esquemática frontal ou em planta de um artigo retrorrefletivo tendo três lâminas em que as respectivas matrizes de prismas são diferentes ou podem ser formadas, e a Figura 7B é uma vista esquemática lateral ou em elevação do mesmo artigo retrorrefletivo;

[044]A Figura 8 é uma vista esquemática frontal ou em planta de duas lâminas estendidas, mostrando como sulcos em um conjunto de sulcos podem ser paralelos ou substancialmente paralelos a uma borda principal da lâmina;

[045]A Figura 9 é uma vista esquemática em perspectiva de um artigo

retrorrefletivo ladrilhado sendo visualizado por um observador;

[046]A Figura 10 é uma vista esquemática frontal ou em planta de um artigo retrorrefletivo compreendendo uma pluralidade de ladrilhos alongados;

[047]A Figura 11A é um gráfico mostrando o retorno luminoso total (TLR – Total Light Return) modelado versus ângulo de orientação para uma única matriz de prismas inclinados;

[048]A Figura 11B é um gráfico mostrando o TLR modelado versus o ângulo de orientação para um artigo retrorrefletivo ladrilhado tendo três matrizes de prismas inclinados de orientação diferente, tais como as das Figuras 5 e 6;

[049]A Figura 12 é um gráfico mostrando o TLR modelado versus o ângulo de orientação para outro artigo retrorrefletivo de ladrilhos com três matrizes de prismas inclinados de orientação diferente;

[050]A Figura 13 é uma vista esquemática superior ou em planta de elementos prismáticos individuais, para demonstrar conceitos, tais como geometria do cubo, orientação do cubo, plano de inclinação, e plano primário de angularidade de entrada;

[051]A Figura 14 é uma vista esquemática superior ou em planta de um artigo de prismas ladrilhado que tem seis matrizes distintas de prismas inclinados;

[052]A Figura 15 é uma vista esquemática superior ou em planta de elementos prismáticos representativos individuais a partir de matrizes de prismas da Figura 14, a Figura também mostrando os planos de inclinação e planos primários de angularidade de entrada;

[053]A Figura 16 é uma representação esquemática dos planos de inclinação e os planos primários de angularidade de entrada para as matrizes de prismas da Figura 14;

[054]A Figura 17 é um gráfico de TLR modelado em vários ângulos de entrada para o artigo retrorrefletivo da Figura 14, presumindo que o artigo é

composto de um material de índice de refração 1,586;

[055]A Figura 18 é um gráfico modelado similar àquele da Figura 17, mas em que presume-se que o artigo é composto por um material de índice de refração de 1,5;

[056]A Figura 18 é um grupo de elementos multidirecionais revelado no pedido de patente publicado;

[057]A Figura 19 é um gráfico do pedido de patente publicado supramencionado relacionado a uma simulação óptica do grupo de elementos multidirecionais da Figura 3;

[058]A Figura 20 é um gráfico de TLR modelado em vários ângulos de entrada para a superfície estruturada da Figura 3, presumindo que o artigo é composto de um material de índice de refração 1,586; e

[059]A Figura 21 é um gráfico em que os dados a partir das Figuras 17 e 20 são traçados novamente como um índice de uniformidade como uma função do ângulo de entrada.

[060]Nas Figuras, números de referência iguais designam elementos iguais.

#### Descrição detalhada das modalidades ilustrativas

[061]Desenvolvemos uma família de artigos de prismas que pode fornecer várias características de produtos benéficas, dependendo de quantas e quais características de projeto descritas são usadas no artigo ou na sua fabricação.

[062]Antes de discutir as características de projeto com mais detalhes, primeiro voltaremos à Figura 4 para rever certos parâmetros relativos à geometria de iluminação e observação de objetos retrorrefletivos. Na Figura, um artigo 450 tem uma superfície frontal 430. O artigo 450 pode ser uma folha retrorrefletiva ou outro objeto retrorrefletivo que pode ter uma superfície estruturada (por exemplo, a uma parte posterior ou traseira do objeto) para fornecer a retrorrefletividade. O artigo é presumido estar, em geral, em um plano de referência. Um sistema de coordenadas cartesianas X-Y-Z é mostrado na Figura, e o plano de referência é presumido

corresponder ao plano X-Y. Observar que se um determinado artigo é curvado, dobrado, ou em outra forma não plana, uma porção do artigo que é suficientemente pequena para se aproximar de um plano pode ser considerada isoladamente. O artigo 450 e plano de referência também definem um eixo de superfície normal 448, sendo este eixo perpendicular ao plano de referência e, portanto, paralelo ao eixo z. Também podemos definir um determinado eixo no plano 465, por vezes chamado de uma marca de referência. O eixo no plano 465 é, naturalmente, perpendicular ao eixo normal 448, e intercepta o eixo normal em um ponto na superfície frontal ou de outra porção pertinente do artigo 450. O eixo no plano 465 pode ser selecionado para ser uma direção de interesse particular no plano do artigo 450, por exemplo, em uma direção a jusante, a direção do sulco para um conjunto de sulcos em particular, ou de uma borda do artigo ou de um ladrilho do artigo.

[063]O artigo 450 é iluminado por uma fonte de luz 416 e um detector 466 mede o brilho ou intensidade da luz refletida pelo artigo 450. A fonte de luz 416 e o detector 466 são mostrados em posições arbitrárias relativas ao artigo 450. Um eixo de iluminação estendendo-se a partir da fonte de luz 416 para o artigo 450 faz um ângulo  $\beta$  em relação ao eixo normal de 448. O eixo de iluminação e o eixo normal 448 definem um plano de entrada, que é perpendicular ao plano X-Y e faz um ângulo  $\omega$  em relação ao eixo no plano 465. Um eixo de observação estendendo-se a partir da fonte de luz 466 para o artigo 450 faz um ângulo  $\alpha$  em relação ao eixo de iluminação 448. O eixo de observação e o eixo de iluminação definem um plano, e este plano faz um ângulo  $\gamma$  em relação ao plano de iluminação. Estes ângulos são referidos como se segue:

$\alpha$  - ângulo de observação;

$\beta$  - ângulo de entrada;

$\gamma$  - ângulo de apresentação; e

$\omega$  - ângulo de orientação.

[064]Estes ângulos, e outros ângulos discutidos neste pedido, são expressos em unidades de graus de arco, exceto onde especificado em contrário.

[065]O brilho reflexivo, alternativamente chamado de reflectância, retrorreflectância, ou simplesmente brilho, de um artigo como o artigo 450 é designado  $R_A$  e é, em geral, uma função de todos os quatro ângulos  $\alpha$ ,  $\beta$ ,  $\gamma$  e  $\omega$ . O brilho reflexivo é a intensidade luminosa refletida do artigo dividida pela iluminação normal e pela área superficial do artigo (ou uma porção deste a ser testada), e é expresso em unidades de candelas por lux por metro quadrado e abreviado  $cd/(lux \cdot m^2)$  ou  $cd/lx/m^2$ . Se os valores de  $\alpha$ ,  $\beta$ ,  $\gamma$  e  $\omega$  são deixados não especificados, é típico presumir um ângulo de observação  $\alpha$  de 0,2 graus, ângulo de entrada  $\beta$  de -4 graus, um ângulo de apresentação  $\gamma$  de zero, e um ângulo de orientação  $\omega$  igual a zero. O retorno luminoso total (TLR) de um artigo como o artigo 450 refere-se ao produto da área ativa percentual ou fracionada do prisma e a intensidade dos raios. A menos que especificado em contrário, o TLR é calculado pela integração de toda a luz refletida pelo objeto em um hemisfério cuja base coincide com a superfície frontal do artigo (ver a superfície frontal 430 na Figura 4), cada vetor de direção dentro do hemisfério tendo um componente Z não negativo com referência ao sistema de coordenadas da Figura 4. O hemisfério define uma faixa completa de ângulo de observação  $\alpha$  e uma faixa completa de ângulo de apresentação  $\gamma$ . Em alguns casos, no entanto, o TLR pode ser calculado com base na luz refletida em apenas uma porção do hemisfério, por exemplo, uma porção correspondente a um detector que subtende um ângulo de cone cuja metade é de 4 graus no ângulo de observação  $\alpha$ . O TLR é, dessa forma, em geral, uma função apenas dos ângulo de entrada  $\beta$  e ângulo de orientação  $\omega$ . Um gráfico de contorno de igual brilho, também chamado de gráfico de isointensidade, para um artigo tal como o artigo 450 é um gráfico, como aqueles das Figuras 1A ou 1B, em que o desempenho refletivo do artigo (o qual é representado geralmente pelo TLR, mas se for desejado pode, em alternativa, ser representado pela retrorreflectância  $R_A$  para um determinado

ângulo de apresentação  $\gamma$  (tipicamente de zero graus) e ângulo de observação  $\alpha$  (tipicamente 0,2 graus) é plotado sob a forma de linhas de contorno como uma função do ângulo de entrada  $\beta$  e do ângulo de orientação  $\omega$ .

[066]Um plano primário de angularidade de entrada para um artigo como o artigo 450 refere-se a um plano de entrada (definido, por exemplo, em termos do ângulo de orientação  $\omega$ ) em que os gráficos de contorno de igual brilho exibem ressaltos de extensão máxima. Por exemplo, o gráfico da Figura 1A acima tem um plano primário de angularidade de entrada correspondente a ângulos de orientação de 90, 270, e o gráfico da Figura 1B acima tem dois planos primários de angularidade de entrada, um correspondendo a ângulos de orientação de 90, 270, o outro correspondente a ângulos de orientação de 0, 180. Em casos em que há apenas um plano primário de angularidade de entrada, tal plano também pode ser referido como um plano dominante de angularidade de entrada. Dessa forma, por exemplo, o plano de angularidade de entrada primário na Figura 1A é também um plano dominante de angularidade de entrada, porque não há nenhum outro plano primário de angularidade de entrada; um segundo plano de angularidade de entrada (correspondente a ângulos de orientação de 0, 180) tem ressaltos de menor extensão do que os do plano primário de angularidade de entrada.

[067]O índice de uniformidade (“UI”) de um artigo, tal como o artigo 450 é uma medida de quanto o TLR do artigo se altera como uma função do ângulo de orientação  $\omega$ . Para os propósitos do presente documento, o UI é calculado avaliando o TLR em incrementos predefinidos, tais como 10 graus ou 15 graus em toda a faixa do ângulo de orientação  $\omega$ . O mínimo, máximo e média de todos esses valores de TLR são determinados. O UI é então calculado para igualar o valor de TLR médio dividido pela diferença entre os valores mínimo e máximo de TLR. O UI é apenas uma função do ângulo de entrada  $\beta$ .

[068]Retornamos agora à nossa discussão de características de projeto de

artigos de prismas ladrilhados que temos encontrado, que podem ser usadas em combinações únicas para fornecer várias características de produto benéficas. Como observado acima, numerosos artigos de prismas possuindo configurações ladrilhadas foram previamente revelados. Muitos desses artigos também foram fabricados, vendidos e usados no comércio. Como tal, um grande número de usuários descobriu que eram satisfatórios para a finalidade pretendida.

[069] Apesar da aceitação generalizada de produtos de prismas ladrilhados no mercado em geral, consideramos se quaisquer desafios ou obstáculos existem para a adoção ainda mais ampla de tais artigos. Identificamos desafios e obstáculos que não necessariamente foram reconhecidos pelos outros como “problemas” associados com artigos de prismas ladrilhados. Durante o curso deste trabalho, também nos tornamos conscientes de vantagens ou benefícios que poderiam ser obtidos através do uso de combinações únicas de características de projeto, como explicado neste pedido, mas novamente estas vantagens ou benefícios não foram necessariamente associados a qualquer dos “problemas” particulares reconhecidos por outros.

[070] Um desafio que identificamos foi o grau de não uniformidade da plotagem de isointensidade com relação ao ângulo de orientação. Por exemplo, para a lamination de prismas ladrilhados associada com a plotagem de isointensidade da Figura 1B, a angularidade de entrada nos planos vertical e horizontal de entrada (correspondendo tipicamente à orientação de 0 e 90) é muito semelhante. Em outras orientações, no entanto, tal como num ângulo de 45 graus, a partir da horizontal, é obtida angularidade de entrada muito diferente. Tais laminationes ladrilhadas exibem desempenho retrorrefletivo não uniforme ao longo de toda a faixa de 0 a 180 graus no ângulo de orientação, particularmente em comparação com laminationes que utilizam uma camada de contas de vidro em vez de elementos prismáticos para fornecer retrorreflexão. Lamination retrorrefletiva com contas ainda é usada em muitas aplicações, e um desafio a considerar a fim de que mais lamination de prismas ladrilhados possa substituir

laminação com rebordo é a obtenção de melhor uniformidade no desempenho retrorrefletivo como uma função do ângulo de orientação. Devido à simetria circular das contas de vidro, a laminação com rebordo tem, tipicamente, alta uniformidade no seu desempenho retrorrefletivo através da faixa completa de ângulos de orientação.

[071]Outro desafio, particularmente se se considerar usando artigos de prismas ladrilhados em aplicações que atualmente usam laminação retrorrefletiva com contas, diz respeito à uniformidade espacial aparente do artigo. Laminação retrorrefletiva com contas normalmente tem um alto grau de uniformidade espacial; ou seja, mesmo em distâncias de visualização relativamente próximas, como laminação tipicamente exibe pouca ou nenhuma diferença significativa no aspecto visual em locais diferentes em toda a superfície da chapa. Entretanto, os artigos de prisma ladrilhados, tais como os associados com a Figura 1B, têm uma aparência visual que é visivelmente espacialmente não uniforme (listrado) quando visto de distância menor do que cerca de 3 a 6 metros (10 a 20 pés). Tal não uniformidade espacial não é considerada desagradável ou problemática em muitas aplicações, mas temos observado que pode representar um desafio ou obstáculo para a aplicação mais ampla de artigos de prismas ladrilhados. As distâncias de visualização mais próximas, ou seja, mais próximas do que aproximadamente 3 a 6 metros (10 a 20 pés), podem comumente ocorrer quando um comprador de laminação com rebordo avalia a laminação em conexão com uma decisão de compra, por exemplo, onde a laminação é para ser usada em placas de veículos licenciadas. A não uniformidade visual em distâncias mais próximas é devida, em parte, à largura ou outra dimensão transversal mínima característica dos ladrilhos individuais. A maioria dos produtos de prismas ladrilhados tem uma largura de ladrilho de pelo menos 3,8 mm (0,150 polegadas), e mais tipicamente de 9,5 mm (0,375 polegadas). Ladrilhos de dimensões menores e mais estreitos, por exemplo, larguras de de 1 mm (0,040 polegadas) ou menos, podem ser usados para auxiliar a

fornecer uma aparência que é visualmente mais uniforme. Entretanto, estas larguras estreitas podem ser difíceis de trabalhar ao usar usinagem de descarga elétrica convencional (EDM) para cortar uma ferramenta de superfície estruturada em tiras individuais, e que coloca as tiras no lugar uma ao lado da outra através de técnicas de lay-up convencionais para produzir uma ferramenta de prismas ladrilhados. A razão de aspecto em seção transversal (a altura ou espessura dividida pela largura) de tais tiras estreitas individuais podem atingir valores de cerca de 1 ou menos, e, como resultado, as tiras individuais podem assemelhar-se e comportar-se como um fio. Como tal, podem tender a enrolar ou dobrar e, consequentemente, pode ser difícil de manter em registro estreito com outras tiras estreitas ou ladrilhos durante o processo de lay-up.

[072]Um outro desafio, que também contribui para a não uniformidade visual do artigo de prisma ladrilhado, refere-se ao grau em que as orientações dos sulcos nos ladrilhos adjacentes se diferem. Uma diferença extrema nas orientações dos sulcos em ladrilhos adjacentes podem amplificar a diferença percebida no aspecto visual entre tais ladrilhos como observado por um observador humano. Em contraste, fornecer sulcos em ladrilhos vizinhos que possuem as mesmas orientações ou semelhantes, por exemplo, paralelas às bordas dos ladrilhos e a um determinado eixo no plano, pode reduzir a diferença na aparência visual entre os ladrilhos, aumentando dessa forma a uniformidade visual, e diminuindo a não uniformidade visual, do artigo ladrilhado.

[073]Um outro desafio está relacionado à maneira em que os ladrilhos individuais são cortados (quer por EDM ou por qualquer outra técnica adequada), em preparação para o lay-up da ferramenta de ladrilhos, que a forma de corte afeta a integridade e a eficácia dos prismas localizados ao longo das bordas dos ladrilhos. Refere-se, por exemplo, aos ladrilhos ou zonas 106 na Figura 1. Nestes ladrilhos, estruturas localizadas adjacentes às bordas estendidas dos ladrilhos possuem menos

do que todas as três facetas totalmente intactas de um prisma, em comparação com os outros prismas na matriz. Tais estruturas são chamadas, neste pedido, de elementos prismáticos fragmentados. As facetas que faltam (ou porções das mesmas) fazem com que tais estruturas sejam total ou parcialmente ineficazes em comparação com os prismas intactos (não fragmentados) na matriz. Cortar alguns ou muitos dos ladrilhos de uma maneira que resulta em numerosos elementos prismáticos fragmentados, isto é, estruturas que são as mesmas como elementos prismáticos em qualquer outro local na matriz, exceto que uma parte do elemento prismático é cortado na borda do ladrilho e está ausente, dessa forma, do ladrilho, é indesejável por duas razões. Em primeiro lugar, os prismas fragmentados diminuem o brilho retrorrefletivo do artigo ladrilhado, em proporção com a fração ou percentagem da área superficial geral do artigo ladrilhado que é ocupada pelos prismas fragmentados. Em segundo lugar, paredes verticais ou quase verticais são criadas nos elementos prismáticos fragmentados ao longo da borda do ladrilho. Tais paredes verticais podem causar problemas de separação quando cópias subsequentes de ferramentais multigerações são fabricadas ou revestidas.

[074]O grau em que as orientações dos sulcos em ladrilhos adjacentes diferem já foi mencionado acima em relação à não uniformidade visual, também tem um impacto sobre outro desafio, que se refere à facilidade de fabricação. Dessa forma, verificou-se que o projeto do artigo ladrilhado de modo que a maior parte ou todos os ladrilhos tenham um único sulco alinhado a uma determinada direção no plano, e executar a fabricação de modo que a particular direção no plano seja paralela à direção do fluxo de um material curável (tal como um polímero fluxível ou precursor polimérico) para uma ferramenta de cavidade de prisma que possui a geometria ladrilhada (tal como um cilindro ou tambor com uma superfície externa configurada adequadamente), o material curável preencher confiavelmente e completamente ou replicar a estrutura com elevada fidelidade mais facilmente, e, portanto, também a maiores velocidades de linha, do que de outro modo seria o caso. A direção do fluxo

do material curável pode ser definida pela direção do movimento relativo entre a ferramenta e a fonte de fluidos, por exemplo, uma matriz de revestimento ou de um banco de rolamentos de material fluido, neste sentido, também sendo de preferência a direção a jusante da laminação de prismas fabricada ou outro artigo. A direção no plano também é de preferência paralela a pelo menos uma borda da maioria ou de todos os ladrilhos no artigo.

[075]Os artigos de prisma ladrilhados revelados não precisam conter as características dos produtos destinadas a abordar cada um dos desafios acima mencionados ou em outro local neste pedido; em vez disso, podem conter apenas algumas de tais características. Algumas das características são sinérgicas. Por exemplo, se o artigo ladrilhado é projetado de modo que a maior parte ou todos os ladrilhos tenham um único sulco alinhado com uma determinada direção no plano, a uniformidade visual também pode ser aumentada, e o produto pode ser fabricado mais facilmente e mais rapidamente. Além disso, se o artigo é também projetado de modo que a direção no plano esteja alinhada a uma borda da maioria ou de todas as peças e, em seguida, tornando as larguras dos ladrilhos igual a múltiplos inteiros do intervalo dos sulcos que estão alinhados à borda do ladrilho, e fazendo com que os vértices externos do sulco para cada ladrilho coincidam com as bordas do ladrilho, a formação de prismas fragmentados ao longo daquelas bordas pode ser evitada ou minimizada.

[076]Deste modo, fabricação do ferramental de prismas pode ser executada para resolver alguns ou todos os desafios acima mencionados.

[077]Em uma abordagem, um único tipo de geometria de cubo pode ser usado para produzir três tipos diferentes de revestimentos cujas matrizes têm três orientações de cubo diferentes respectivamente. Faz-se referência nesse sentido ao arranjo 510 da Figura 5. Por geometria de cubo, nos referimos à caracterização de um prisma, ou um par correspondente de prismas, ou uma matriz de tais prismas,

em termos de ângulos ordenados de um triângulo de base associado ao(s) prisma(s), conforme discutido mais abaixo. O arranjo 510 da Figura 5 tem três matrizes de prismas: 513-1, 513-2 e 513-3. Em cada uma destas matrizes, os prismas são formados ou definidos por três conjuntos de sulcos paralelos que se cruzam. Na matriz 513-1, sulcos 517-1, que são todos paralelos a uma direção de sulco 517A, se cruzam com os sulcos 518-1, que são todos paralelos à direção de sulco 518A, e também se cruzam com os sulcos 519-1, que são todos paralelos à direção de sulco 519A. Na modalidade representada, as direções e intervalos de sulcos são selecionados para formar pares combinados de prismas inclinados à frente, com orientações de sulco 518A, 517A formando um ângulo de 56 graus, direções de sulco 517A, 519A formando um ângulo de 56 graus, e direções de sulco 519A, 518A formando um ângulo de 68 graus. Os prismas nessa matriz têm, dessa forma, uma geometria de cubo de (56, 56, 68). Estes ângulos de interseção devem ser considerados como ilustrativos mas não limitadores. Além disso, os eixos ópticos dos cubos estão inclinados em um plano (ou um conjunto de planos paralelos) chamados de plano de inclinação, que neste caso, é perpendicular à direção de sulco 517A. Quando esta geometria de cubo é implementada em um material transparente de índice de refração 1,59, tal como policarbonato, o resultado é uma plotagem de isointensidade 502A. A plotagem de isointensidade exibe um plano preliminar de angularidade de entrada 503A; no presente caso, este plano coincide com o plano de inclinação para a matriz 513-1.

[078]Na matriz 513-2, os sulcos 517-2, que são todos paralelos a uma direção de sulco 517B, se cruzam com os sulcos 518-2, que são todos paralelos à direção de sulco 518B, e também se cruzam com os sulcos 519-2, que são todos paralelos à direção de sulco 519B. As direções e intervalos de sulcos são novamente selecionados para formar pares combinados de prismas inclinados à frente, com direções de sulco 518B, 517B formando um ângulo de 56 graus, as direções do sulco

517B, 519B formando um ângulo de 56 graus, e direções de sulco 519B, 518B formando um ângulo de 68 graus. Os prismas nessa matriz, dessa forma, têm uma geometria de cubo (56, 56, 68), ou seja, a mesma geometria de cubo que a matriz 513-1, mas com uma orientação diferente, quando exibida pela rotação azimutal relativa entre as matrizes 513-1, 513-2. Os eixos ópticos dos cubos na matriz 513-2 são inclinados em um plano (ou um conjunto de planos paralelos) chamado de plano de inclinação, que neste caso é perpendicular à direção do sulco 517B. Quando esta geometria de cubo é implementada no mesmo material transparente de índice de refração de 1,59, o resultado é uma plotagem de isointensidade 502B. A plotagem de isointensidade exibe um plano primário de angularidade de entrada 503B, que coincide com o plano de inclinação para a matriz 513-2.

[079]Na matriz 513-3, os sulcos 517-3, que são todos paralelos a uma direção do sulco 517C, se cruzam com os sulcos 518-3, que são todos paralelos à direção do sulco 518C, e também se cruzam com os sulcos 519-3, que são todos paralelos à direção do sulco 519C. As direções e intervalos de sulcos são novamente selecionados para formar pares combinados de prismas inclinados à frente, com direções de sulco 518C, 517C formando um ângulo de 56 graus, as direções do sulco 517C, 519C formando um ângulo de 56 graus, e direções de sulco 519C, 518C formando um ângulo de 68 graus. Os prismas nessa matriz, dessa forma, têm uma geometria de cubo (56, 56, 68), ou seja, a mesma geometria de cubo que as matrizes 513-1 e 513-2, mas com uma orientação diferente, quando exibida pela rotação azimutal relativa entre as matrizes 513-1, 513-2, 513-3. Os eixos ópticos dos cubos na matriz 513-3 são inclinados em um plano (ou um conjunto de planos paralelos) chamado de plano de inclinação, que neste caso é perpendicular à direção do sulco 517C. Quando esta geometria de cubo é implementada no mesmo material transparente de índice de refração de 1,59, o resultado é uma plotagem de isointensidade 502C. A plotagem de isointensidade exibe um plano primário de angularidade de entrada 503C, que coincide

com o plano de inclinação para a matriz 513-3.

[080]Através da formação de todas as três matrizes 513-1, 513-2, 513-3, com a mesma geometria de cubo, mas em diferentes orientações, os mesmos ângulos de sulco estão presentes em todas as matrizes. Nesse sentido, refere-se um sulco para um espaço aberto alongado formado entre as superfícies inclinadas, as superfícies inclinadas que definem dois planos que se cruzam substancialmente, os dois planos que se cruzam ao longo de uma linha que corresponde a um vértice (por exemplo, base ou parte inferior) do sulco. O ângulo diédrico entre os dois planos é o ângulo interno do sulco, ou “ângulo de sulco”. Pequenos desvios da planaridade perfeita no que se refere a um ou ambos os planos que se cruzam, e linearidade perfeita no que diz respeito à linha ou vértice, podem estar presentes devido à variabilidade indesejada dentro das tolerâncias de fabricação e/ou devido à variabilidade intencional para fins de fornecimento de características de projeto de segunda ordem. Quaisquer tais desvios normalmente seriam tão pequenos que não seriam perceptíveis a partir da inspeção visual direta de uma imagem ou desenho em escala das superfícies ou linhas pertinentes. Uma réplica inversa ou negativa de uma superfície estruturada contendo um sulco tem um espaço sólido prolongado, correspondente ao espaço aberto prolongado do sulco, e tal espaço sólido prolongado ou “sulco invertido” pode também ser genericamente considerado como englobado no escopo do termo “sulco” de modo que, para generalidade, sulcos e características dos mesmos podem ser discutidos independentemente de uma estrutura positiva ou estrutura negativa (invertida) estar sob consideração. Uma vez que os mesmos conjuntos de ângulos de sulcos, dentro das margens de erro discutidas neste pedido, estão presentes em todas as matrizes da Figura 5 (de fato, apenas dois ângulos de sulco únicos estão presentes em cada matriz), as matrizes podem ser fabricadas em primeiro lugar, por exemplo, em corte fly ou guiadas sobre um substrato-mestre de cobre ou outro material adequado, com um único conjunto de ferramentas de diamante ou outras

ferramentas de corte adequadas. Isto é vantajoso para simplificar o processo de fabricação (por exemplo, minimizar o número de configurações de ferramentas de diamante) e reduzir o inventário.

[081]As três matrizes da Figura 5 estão orientadas de uma forma específica, de modo que cada matriz inclua um sulco ou conjunto de sulcos cuja direção de sulco seja paralela a um determinado eixo fixo no plano, mesmo que as matrizes e os seus respectivos planos primários de angularidade de entrada sejam orientados em direções diferentes. Neste sentido, presumimos que as matrizes 513-1, 513-2, 513-3, todas repousam sobre um plano X-Y, ou se estendem paralelamente a ele, do sistema de coordenadas cartesianas X-Y-Z, como mostrado na Figura 5. As matrizes e o sistema de coordenadas foram dispostos de tal modo que o eixo y, que pode ser considerado um eixo fixo no plano, é paralelo à direção de sulco 517A dos sulcos 517-1 na matriz 513-1, e paralelo à direção de sulco 519B dos sulcos 519-2 na matriz 513-2, e paralelo à direção de sulco 518C dos sulcos 518-3 na matriz 513-3. Esta condição é satisfeita, enquanto os planos de inclinação das três matrizes, bem como os planos primários de angularidade de entrada das três matrizes, são todos orientados em diferentes direções.

[082]Numerosas modificações podem ser feitas nas matrizes da Figura 5. Por exemplo, os intervalos de sulco, profundidade do sulco, e alturas do cubo para os respectivos conjuntos de sulcos e os prismas em três matrizes são presumidos ser os mesmos; entretanto, esta necessidade não é o caso, e o intervalo do sulco, profundidade do sulco, e alturas do cubo de uma matriz podem ser alterados em relação a uma ou ambas de outras matrizes, tudo isso mantendo as mesmas geometrias de cubo, como (56, 56, 68), e os mesmos respectivos planos de inclinação e os mesmos respectivos planos primários de angularidade de entrada. Os prismas em uma matriz podem, dessa forma, ser maiores (por exemplo, mais altos e/ou mais largos) do que os prismas em outra matriz e também podem ser do mesmo tamanho ou

menores (por exemplo, mais curtos e/ou mais estreitos) do que os prismas ainda em outra matriz. Em outras modalidades, diferentes geometrias de cubo podem ser usadas em uma matriz em relação a uma ou ambas de outras matrizes, enquanto ainda mantendo a condição de que um sulco ou conjunto de sulcos definidos em cada matriz tem uma direção de sulco paralela à direção designada no plano como o eixo y. As diferentes geometrias de cubo podem ter graus positivos ou negativos de escala; além disso, o plano de inclinação de uma determinada matriz de cubo pode ou não coincidir com o plano primário de angularidade de entrada, e o plano primário de angularidade de entrada pode ser um plano dominante de angularidade de entrada, ou um de uma pluralidade de planos primários de angularidade de entrada. Embora apenas três matrizes de prisma distintas sejam mostradas na Figura 5, um maior número de matrizes distintas do cubo, por exemplo, 4, 5, ou 6 ou mais, podem ser usadas em modalidades alternativas. Matrizes de prisma podem ser ditas ser diferentes, se os seus prismas constituintes diferirem de alguma forma material, por exemplo, em geometria do cubo, na orientação do cubo, e/ou no tamanho do cubo. As 3 ou mais distintas matrizes de prisma também podem aparecer em uma seqüência de repetição de ladrilhos de tal forma que cada matriz apareça várias vezes no artigo ladrilhado. Além disso, ao contrário dos conjuntos mostrados na Figura 5, os prismas em uma, algumas ou todas as matrizes não precisam ser definidos por exatamente três conjuntos de sulcos paralelos que se cruzam, e os prismas podem, dessa forma, ter bases na vista em planta, que são formas triangulares não simples (embora a geometria do prisma possa ainda ser definida em termos de um triângulo de base associado com um tal prisma). Referência neste sentido é feita às patentes US 5.557.836 (Smith et al.), 5.914.813 (Smith et al.), 6.083.607 (Mimura et al.), 6.390.629 (Mimura et al.) e 6.540.367 (Benson et al.), e publicação PCT WO 2004/061489 (), e publicação da patente japonesa JP 11-305017 (Mimura et al.).

[083]Para generalidade, cada uma das matrizes mostrada na Figura 5 pode

ser considerada estar circunscrita por um ladrilho de qualquer forma arbitrária. Os perfis em forma de losango mostrados na Figura são uma tal forma de ladrilho possível. Em muitas aplicações, perfis em forma de tiras alongadas são de especial utilidade e benefício como formas de ladrilhos. Em geral, no entanto, qualquer forma de ladrilho adequada pode ser utilizada. Um “ladrilho”, neste contexto, refere-se a uma única região delimitada dentro da qual apenas uma matriz de prismas está presente, a matriz de um prisma que se estende em toda a região, mas sendo interrompida ou não interrompida com os contornos da região. A matriz de prismas, por sua vez, refere-se a um padrão de repetição dos prismas, o padrão de repetição possuindo apenas substancialmente um tipo de prisma, ou um tipo de par correspondente dos prismas, em que “substancialmente” leva em consideração aqueles pequenos desvios entre prismas ou pares de prismas que podem estar presentes devido à variabilidade indesejada dentro de tolerâncias de fabricação e/ou devido à variabilidade intencional para fins de fornecer recursos de projeto de segunda ordem. Quaisquer tais desvios normalmente seriam tão pequenos que não seriam perceptíveis a partir da inspeção visual direta de uma imagem ou desenho em escala da matriz de prismas.

[084]A superfície estruturada de um artigo de prisma ladrilhado 610 é mostrada na Figura 6. A superfície estruturada inclui três matrizes de prismas distintas, tais como as da Figura 5, dispostas em três ladrilhos correspondentes, marcados A, B, e C. Por uma questão de simplicidade de discussão e brevidade, presumimos que os ladrilhos A, B e C incluem as matrizes de prisma 513-1, 513-2 e 513-3, respectivamente, a partir da Figura 5. As características dessas matrizes foram discutidas acima e não serão repetidas neste pedido, e números de referência iguais designam elementos iguais como entre as Figuras 5 e 6. As várias modificações das matrizes de prisma discutidas acima também são presumidas como se aplicassem igualmente a este artigo ladrilhado 610 e suas variações. As orientações dos vários

sulcos nas matrizes são presumidas ser as mesmas em relação ao eixo y no plano, de tal modo que a matriz de cada um dos ladrilhos possui um sulco ou conjunto de sulcos cuja direção de sulco é paralela à direção no plano. Apesar disso, os ladrilhos têm planos primários de angularidade de entrada, ver os planos 503A, 503B e 503C, que têm orientações diferentes em ângulo azimutal de modo que o artigo ladrilhado como um todo possa ter um desempenho retrorrefletivo mais uniforme ao longo de toda a faixa de ângulos de orientação, particularmente em ângulos de entrada elevados, por exemplo, ângulos de entrada de 30 graus (ou mais), 40 graus (ou mais), ou 50 graus (ou mais).

[085]Cada um dos ladrilhos de A, B, C tem bordas opostas do ladrilho que são paralelas ao eixo y, e, dessa forma, também paralelas à direção do sulco para um dos conjuntos de sulcos na sua respectiva matriz. Estas bordas de ladrilho definem uma largura de ladrilho WA para o ladrilho A, WB para o ladrilho B, e WC para o ladrilho C. As larguras podem ser adaptadas conforme desejado, mas de preferência são relativamente estreitas, por exemplo, 0,2 a 5 mm, ou menos do que 1 mm, ou de 0,2 a 1 mm, para fornecer uma aparência mais espacialmente uniforme a distâncias de visualização moderadas a curtas. As larguras WA, WB, WC podem, mas não necessitam ser iguais entre si. As larguras WA, WB, WC também são de preferência selecionadas para serem iguais a um número inteiro de prismas em toda a largura do ladrilho. Dito de outra forma, as larguras WA, WB, WC são preferencialmente selecionadas para serem iguais a um múltiplo inteiro do intervalo de sulco longitudinal para o respectivo ladrilho - ou seja, WA é um múltiplo inteiro do intervalo de sulcos 517-1, WB é um múltiplo inteiro do intervalo de sulcos 519-2 e WC é um múltiplo inteiro do intervalo de sulcos 518-3. Os intervalos dos sulcos longitudinais podem ser os mesmos de ladrilho a ladrilho, ou diferentes, e o múltiplo inteiro pode ser o mesmo de ladrilho a ladrilho, ou diferente. Em qualquer destes casos, os prismas fragmentados podem ser reduzidos ou eliminados

assegurando que um vértice do sulco dos sulcos longitudinais coincide substancialmente com cada borda do respectivo ladrilho. Esta redução nos prismas fragmentados pode ser melhorada ainda mais fazendo com que as bordas do ladrilho ao longo da qual os sulcos longitudinais são atingidos para serem tão longos quanto possível, ou, pelo menos, mais do que as outras bordas do ladrilho (não mostrado na vista fragmentária da Figura 6). Dito de outra forma, os ladrilhos podem ter formas que são alongadas na direção do eixo no plano, por exemplo, o eixo y na Figura 6. No entanto, em alguns casos, pode haver razões válidas para projetar os ladrilhos não sendo alongados (por exemplo, quadrados), ou mesmo para serem alongados ao longo de uma direção no plano diferente do eixo y, tal como ao longo do eixo X na Figura 6. Um sulco ou conjunto de sulcos "longitudinais" de um dado ladrilho pode, dessa forma, referir-se a um sulco ou conjunto de sulcos que é, pelo menos, nominalmente alinhado com um eixo maior, um eixo menor, ou qualquer borda do ladrilho.

[086]O artigo de prisma 610 pode ter apenas os ladrilhos A, B, C indicados na Figura 6, ou pode ter ladrilhos adicionais, por exemplo, num padrão de repetição A, B, C, A, B, C,..., ou em outros padrões de repetição ou não repetição, incluindo padrões que incluem matrizes de prismas tendo a mesma geometria do cubo como aquela dos ladrilhos A, B, C, e/ou matrizes de prisma com diferentes geometrias do cubo em comparação com aquelas dos ladrilhos A, B, C.

[087]O artigo 610 pode ser uma ferramenta de prisma, e os ladrilhos A, B, C podem ser tiras de uma ferramenta-mestre ou de réplica que foram colocadas lado a lado, no processo de lay-up de uma ferramenta de ladrilhos. As tiras podem ser cortadas a partir da ferramenta-mestre ou de réplica por EDM ou outra técnica de corte de precisão adequada. A fim de fornecer tiras cuja largura é da ordem de 1 mm ou menos, por exemplo, em uma faixa de cerca de 0,2 a 1 mm, descobrimos que é particularmente útil, para os propósitos de tratamento das peças e colocando-as com

mínima ondulação, dobra ou deformação, para empregar as tiras ou ladrilhos em forma de lâminas. Uma lâmina neste sentido refere-se a uma placa fina de metal ou outro material adequado que tenha as superfícies principais opostas e uma superfície de trabalho conectando as superfícies principais opostas, sendo a superfície de trabalho facetada ou estruturada de tal modo a definir a matriz de prismas para um determinado ladrilho. Os materiais adequados incluem, tipicamente, cobre, bronze, ou suas ligas, ou outros materiais que são de preferência usináveis com rebarbas mínimas. Lâminas têm maior integridade estrutural, e resistem à deformação ou enrolamento, devido a sua altura física ser muito maior do que a sua largura. Lâminas podem ser individualmente usinadas para formar sulcos em suas superfícies de trabalho para definir as matrizes de prismas adequadas, e grupos de lâminas podem então ser sustentados ou presos juntos em um bloco para definir uma superfície estruturada ladrilhada. Lâminas podem também ser usinadas em grupos, por exemplo, através da formação de sulcos ao longo de uma pluralidade de superfícies de trabalho, enquanto as lâminas são mantidas juntas num bloco, e em seguida, selecionando lâminas de tais diferentes blocos para formar um novo grupo de lâminas que definem a superfície estruturada de ladrilhos desejada.

[088]Uma vista lateral ou em elevação do artigo de prisma 610 é mostrada na Figura 6A. Neste ponto de vista, pode-se facilmente identificar mais sulcos na superfície estruturada que são referidos neste pedido como sulcos compósitos, porque são formados parcialmente por facetas de prismas de um ladrilho e parcialmente por facetas de prismas de um ladrilho adjacente. Nesta vista lateral, as facetas de prismas 614a, 614b são identificadas no ladrilho A. Na porção central do ladrilho A, pares destas facetas formam os sulcos 617, que correspondem aos sulcos 517-1 na Figura 5. De modo similar, as facetas de prismas 624a, 624b são identificadas no ladrilho B. Na porção central do ladrilho B, pares destas facetas formam os sulcos 619, que correspondem aos sulcos 519-2 na Figura 5. Facetas

de prismas 634a, 634b são identificadas no ladrilho C. Na porção central do ladrilho C, pares destas facetas formam os sulcos 618, que correspondem aos sulcos 518-3 na Figura 5. Observa-se, no entanto, que, no contorno em que as bordas de ladrilhos A e B se encontram, um único sulco compósito 617619 é formado. O sulco compósito 617619 é definido pelas facetas 614a de uma fileira de prismas no ladrilho A próxima do contorno e as facetas 624b de uma fileira de prismas no ladrilho B próxima do mesmo contorno. O sulco compósito 617619 estende-se ao longo de uma direção de sulco que é paralela à direção de sulcos dos sulcos 617 e 619. De modo similar, no contorno onde as bordas dos ladrilhos B e C se encontram, um único sulco compósito 619618 é formado. O sulco compósito 619618 é definido pelas facetas 624a de uma fileira de prismas no ladrilho B próxima do contorno e as facetas 634b de uma fileira de prismas no ladrilho C próxima do mesmo contorno. O sulco compósito 619618 estende-se ao longo de uma direção de sulco que é paralela à direção de sulco dos sulcos 619 e 618, e, dessa forma, também paralela aos sulcos 617 e ao sulco compósito 617619, bem como com o eixo y. Os sulcos compósitos 617619 e 619618 também podem ser vistos na vista frontal ou em planta da Figura 6, mas não são marcados nessa Figura.

[089] Dependendo da geometria do cubo usada nas várias matrizes, um dado sulco compósito pode ter um ângulo de sulco que é o mesmo ou diferente dos ângulos de sulco para os conjuntos de sulcos cujos sulcos são paralelos ao sulco compósito sobre os dois ladrilhos adjacentes entre os quais o sulco compósito é formado. Por exemplo, se presumirmos que os ladrilhos A, B e C na Figura 6a contêm matrizes de prismas da Figura 5 cujas geometrias do cubo são (56, 56, 68), então o ângulo de sulco para os sulcos 617 é, nominalmente, 84,832, o ângulo de sulco para os sulcos 619 é, nominalmente, 62,938, e o ângulo de sulco para os sulcos 618 é, nominalmente, 62,938, e, além disso, o ângulo de sulco para o sulco compósito 617619 é

nominalmente 73,885 e o ângulo de sulco para o sulco compósito 619618 é nominalmente 62,938. Dessa forma, o ângulo de sulco para o sulco compósito 617619 difere daqueles dos sulcos 617 e 619, mas o sulco compósito 619618 é o mesmo que aqueles dos sulcos 619 e 618.

[090]Um grupo de lâminas que pode corresponder ao artigo de prisma 610 da Figura 6, ou a outros artigos de prisma de ladrilhos revelados neste pedido, é mostrado esquematicamente nas Figuras 7A e 7B. Três lâminas individuais 701, 702, 703 são presas ou de outra forma mantidas ou agrupadas para formar um artigo de prisma 710. A Figura 7A é uma vista de frente ou em planta do artigo 710, e a Figura 7B é uma vista lateral ou em elevação do artigo 710. O sistema de coordenadas cartesianas X-Y-Z é fornecido nestas Figuras para referência, o sistema de coordenadas também ser consistente com as Figuras 5 e 6, pelo menos na medida em que a superfície estruturada encontra-se ou estende-se paralelamente ao plano X-Y. Os sulcos e prismas (não mostrados nas Figuras 7A e 7B por uma questão de simplicidade de ilustração) são fornecidos nas superfícies de trabalho das lâminas para definir uma superfície estruturada global 711 do artigo 710, a superfície estruturada 711 a ser segmentada em uma superfície estruturada 711A na superfície de trabalho da lâmina 701, uma superfície estruturada 711B na superfície de trabalho da lâmina 702, e uma superfície estruturada 711C na superfície de trabalho da lâmina 703. As superfícies estruturadas 711A, 711B, 711C, cada uma contém uma única matriz de prismas e define um ladrilho distinto da superfície estruturada. Os ladrilhos são, cada um, alongados ao longo do eixo y, com um comprimento L maior do que qualquer uma das respectivas larguras WA, WB, WC. Cada ladrilho também tem bordas de ladrilhos alongadas opostas que são paralelas ao eixo y (no plano). Em uma modalidade exemplar, a superfície estruturada 711A contém a matriz de prismas 513-1, a superfície estruturada 711B contém a matriz de prismas 513-2, e a superfície estruturada 711C contém a matriz

de prismas 513-3, mas as mudanças e modificações podem ser feitas conforme discutido em outras partes deste documento. As direções de sulco 517A, 517B, 517B a partir das Figuras 5 e 6 são, dessa forma, sobrepostas nas superfícies de trabalho das respectivas lâminas 701, 702, 703, e a superfície de trabalho de cada lâmina contém um conjunto de sulcos cuja direção de sulco é paralela às bordas opostas do respectivo ladrilho.

[091]Na vista lateral ou em elevação da Figura 7B, as superfícies das extremidade das lâminas 701, 702, 703 podem ser vistas, e a altura H das lâminas é mostrada. Como mencionado acima, a altura de uma dada lâmina é muito maior do que a sua largura para proporcionar a lâmina com uma maior integridade estrutural em relação a, por exemplo, uma tira cortada de um ferramental de níquel típico. A razão de aspecto de seção transversal, por exemplo, H/WA para a lâmina 701, H/WB para a lâmina 702, e H/WC para a lâmina 703, pode ser adaptada como desejado mas é de preferência pelo menos 5, ou pelo menos 10, ou pelo menos de 20. As larguras WA, WB, WC também podem ser adaptadas conforme desejado, mas normalmente todas elas podem estar em uma faixa de 0,2 a 5 mm, ou de 0,2 a 1 mm; em uma modalidade particular, todas elas podem ser iguais a de 0,635 mm (0,025 polegadas), mas outras dimensões também podem ser usadas.

[092]A razão de aspecto da vista em planta da lâmina ou ladrilhos também pode ser adaptada conforme desejado. Esta proporção é L/WA para a lâmina 701, e L/WB para a lâmina 702, e L/WC para a lâmina 703. A dimensão de comprimento L é presumida como sendo paralela às direções longitudinais do sulco para a maior parte ou todos os ladrilhos no artigo. Esta razão de aspecto pode ser de pelo menos 10, pelo menos 50, pelo menos 100, ou pelo menos 150, mas outros valores, incluindo até valores entre 0 e 1, também podem ser usados. Neste sentido, como acima mencionado, um sulco ou conjunto de sulcos “longitudinais” refere-se a um sulco ou conjunto de sulcos que é, pelo menos, nominalmente alinhado com um eixo maior, eixo

menor, ou qualquer extremidade de seu ladrilho ou lâmina associados.

[093]Na Figura 8, uma porção de um artigo de prisma ladrilhado 810 está representado esquematicamente. Apenas dois ladrilhos do artigo 810 são mostrados, ladrilhos os quais podem corresponder às respectivas lâminas individuais como na Figura 7A. Dessa forma, as lâminas 801 e 802 têm respectivas superfícies de trabalho 811A, 811b em que as matrizes de prismas respectivas são formadas de acordo com os ensinamentos descritos neste pedido, apenas um sulco definido a partir destas matrizes sendo mostrado na Figura para cada lâmina para o agrupamento reduzido na figura. As lâminas têm as respectivas bordas opostas alongadas 801a, 801b e 802a, 802b, como mostrado, as quais também podem ser consideradas como bordas de ladrilhos alongadas. Estas arestas se encontram na intersecção das superfícies de trabalho das lâminas com as grandes superfícies (laterais) das mesmas.

[094]A Figura 8 demonstra que pequenos desvios do paralelismo exato, seja devido à variabilidade indesejada dentro de tolerâncias de fabricação e/ou à variabilidade intencional para propósitos de fornecimento de características de projeto de segunda ordem, podem estar presentes em uma ou mais das lâminas ou ladrilhos, e tais desvios não negam as características de projeto discutidas neste pedido. Dessa forma, a superfície estruturada de cada lâmina 801, 802 pode ser dita ter um sulco longitudinal, ou um conjunto de sulcos longitudinais, cuja direção é paralela ao sulco de uma aresta da lâmina ou ladrilho. Em lâmina 801, tal conjunto sulco é o conjunto de sulcos 817; em lâmina 802, tal conjunto sulco é o conjunto de sulcos 819. Os sulcos 819, que têm um intervalo de sulco p2, são desenhados para ser exatamente paralelos às bordas 802a, 802b. Ao contrário, os sulcos 817, que têm um intervalo de sulco p1, são desenhados para incluir um pequeno desvio do paralelismo exato. Os sulcos 817 desviam-se (no caso ilustrado) por um montante igual ao intervalo de sulco (p1) ao longo de todo o comprimento L da lâmina ou ladrilho. Um tal desvio, embora não ideal, ainda fornece para muitos prismas adjacentes à borda que retêm algumas

funcionalidades, mesmo que sejam fragmentados. Na modalidade representada, mais funcionalidade é preservada para tais prismas localizados próximos da extremidade superior e inferior da lâmina 801. No caso de uma lâmina típica com um comprimento L é de 100 mm e com um intervalo de sulco P1 de 0,2 ou 0,1 mm, isto corresponde a um desvio angular entre a borda 801a, 801b e a direção de sulco de cerca de 0,11 ou 0,057 graus, respectivamente, ou cerca de 0,1 graus ou menos.

[095]Mesmo no caso de paralelismo exato, desvios menores translacionais semelhantes podem ocorrer na colocação do sulco em relação ao vértice da borda da lâmina ou ladrilho. Por exemplo, na lâmina 802, o vértice do sulco mais à esquerda dos sulcos 819 é desenhado de modo a coincidir precisamente com a borda 802a, e o vértice do sulco mais à direita dos sulcos é desenhado de modo a coincidir precisamente com a extremidade 802b. Pequenos desvios de tal coincidência, por exemplo, desvios típicos de menos do que 30% ou 20% ou 10% do intervalo dos sulcos longitudinais, pode ocorrer sem negar as características de projeto discutidas neste pedido. Tais desvios menores também podem fazer com que o razão WB/p1 desvie-se muito ligeiramente a partir de um número inteiro exato, por exemplo, menos do que 0,2 ou menos do que 0,1. No caso de registro inexato de um vértice de sulco com a borda da lâmina ou placa, a borda pode ser caracterizada por uma borda plana ou chanfrada muito estreita, ou por uma tira muito estreita de prismas fragmentados.

[096]Incluímos a Figura 9 para demonstrar o efeito da largura W, ou dimensão transversal mínima, dos ladrilhos, e a distância de visualização D, na uniformidade espacial aparente do artigo. Uma pessoa P observa ou avalia um artigo de prisma 910, tal como uma lâmina retrorrefletiva, a partir de uma distância D. O artigo 910 tem uma superfície estruturada 911 que se encontra no plano X-Y ou estende-se paralelamente a este. A superfície estruturada do prisma inclui matrizes distintas dispostas em uma pluralidade de ladrilhos, incluindo os ladrilhos 912. Os ladrilhos podem estender-se paralelamente a um eixo no plano, como o eixo y, e podem ter uma largura W

característica. O grau em que a pessoa P observa ou percebe os ladrilhos individuais tem um efeito direto sobre a uniformidade espacial aparente do artigo. Como explicado acima, a uniformidade espacial é melhorada pelo fornecimento de sulcos do mesmo tipo ou semelhante orientação entre os ladrilhos adjacentes, e/ou reduzindo a dimensão transversal mínima característica dos ladrilhos (largura W). Reduzir a largura W das placas reduz o ângulo subtendido pelos ladrilhos individuais a uma dada distância de visualização D, que tende a aumentar a uniformidade espacial evidente. A fim de fornecer uma boa uniformidade espacial nas distâncias de visualização D mais próximas do que cerca de 3 a 6 metros (10 a 20 pés), que é desejável para fornecer uma largura de ladrilho W de menos de 1 mm, ou em uma faixa de 0,2 a 1 mm. Formar matrizes de prismas em lâmina como descrito acima pode ajudar a alcançar essas pequenas larguras em muitas modalidades práticas.

[097] Vários estágios de ladrilhamento podem ser usados para fabricar um artigo de prisma ladrilhado, particularmente no que diz respeito à laminação de prismas retrorrefletiva que pode ser muito ampla e muito longa. Um exemplo de tal artigo de prisma é mostrado como o artigo 1010 na Figura 10. O artigo 1010 tem uma superfície estruturada 1011 que inclui matrizes de prismas distintas dispostas em uma pluralidade de ladrilhos 1012, tal como discutido neste pedido. Os ladrilhos são, cada um, alongados ao longo de uma direção no plano, como mostrado aqui como a direção y. A direção y pode corresponder a uma direção a jusante da fabricação do artigo 1010, e a maior parte ou todos os ladrilhos podem ter um sulco ou conjunto de sulcos longitudinais cuja direção de sulco é paralela à direção y.

[098] Os ladrilhos 1012 podem ser preparados pela formação de matrizes de prismas em uma pluralidade de lâminas ou outras tiras adequadas ou peças de ferramentas, e, em seguida, os diferentes arranjos das referidas peças em um grupo ou pacote para formar uma superfície de ladrilhos inicial. Um tal grupo é mostrado em uma seção de forma retangular 1011B da superfície estruturada

1011. A fim de produzir os artigos cuja superfície estruturada é destinada a ser maior do que uma mesma seção, por exemplo, lâminas retrorrefletivas produzidas em uma linha de produção de filme de polímero, várias réplicas da seção podem ser produzidas e colocadas uma ao lado da outra. O resultado de um tal processo fornece o artigo 1010 com seções adjacentes 1011A através de 1011F, cada uma das quais pode ter o mesmo arranjo de ladrilhos individuais 1012, como mostrado na seção 1011B. Nos contornos entre as seções, as matrizes de prismas são normalmente interrompidas por uma pequena folga ou descontinuidade, mesmo se o mesmo tipo de matriz de prismas está presente em lados opostos do contorno.

[099]O desempenho retrorrefletivo de um único matriz de prismas, como uma função do ângulo de orientação, é comparado com o de um artigo de prismas ladrilhado exemplar nas Figuras 11A e 11B. A Figura 11A plota o retorno luminoso total modelado ou calculado (TLR) da matriz de prismas única. A matriz é presumida ser formada a partir de três conjuntos de sulcos que se cruzam entre si em ângulos de 57, 57 e 66 graus. Os prismas na matriz têm, dessa forma, geometrias de cubo (57, 57, 66). Esses cubos são inclinados para frente, e têm um plano primário de angularidade de entrada no plano da inclinação. O TLR para esta matriz, presumindo que o artigo é feito de um material transparente de índice de refração de 1,5, foi calculado como uma função do ângulo de orientação e do ângulo de entrada, e os resultados plotados na Figura 11A. No gráfico, as várias curvas são numeradas com números iguais ao ângulo de entrada em graus. Dessa forma, a curva 0 na Figura 11a é para um ângulo de entrada de 0 graus, curva 10 da mesma Figura é para um ângulo de entrada de 10 graus, e assim por diante. A inspeção do gráfico revela que a matriz única fornece retrorreflectância razoavelmente uniforme como uma função do ângulo de orientação para os ângulos de entrada de 0 e 10 graus. Para ângulos de entrada maiores, especialmente ângulos de entrada de 20 graus e mais, não uniformidades se tornam cada vez mais evidentes.

[0100]O desempenho retrorrefletivo de um artigo de prisma ladrilhado semelhante em alguns aspectos à matriz de prismas da Figura 11A é mostrado na Figura 11B. O artigo ladrilhado usou três matrizes de prismas distintas dispostas em três ladrilhos correspondentes, como mostrado nas Figuras 5 e 6 acima. Dessa forma, as matrizes de prismas nos três ladrilhos eram de diferentes orientações, e cada uma continha um conjunto de sulcos longitudinal cuja direção de sulco era paralela a um eixo no plano, mas as matrizes de prismas, todas utilizaram os prismas da mesma geometria do cubo (57, 57, 66) que a matriz de prismas única da Figura 11A. O TLR para este artigo ladrilhado, novamente presumindo um material transparente de índice de refração de 1,5, foi calculado como uma função do ângulo de orientação e do ângulo de entrada, e os resultados plotados na Figura 11B. Assim como na Figura 11A, as várias curvas na Figura 11B são novamente numeradas com números iguais ao ângulo de entrada em graus. Comparando os gráficos destas duas Figuras, pode-se ver uma uniformidade de orientação muito melhorada em ângulo de entrada tanto de 20 como de 30 graus, e uma uniformidade de orientação pouco melhor em ângulo de entrada ainda mais elevado.

[0101]Um outro artigo de prisma ladrilhado foi então considerado. Este artigo era similar ao da Figura 11B na medida em que foi presumido conter exatamente três matrizes de prismas dispostas em ladrilhos alongados de igual largura, e para cada matriz, um dos três conjuntos de sulcos foi orientado de modo que a sua direção de sulco fosse paralela ao eixo no plano do alongamento. Entretanto, os três conjuntos de sulcos de cada matriz foram feitos para se cruzarem em ângulos diferentes, de tal modo que as três matrizes continham prismas chanfrados com uma geometria de cubo diferente daquela da Figura 11B, ou seja, uma geometria de cubo (50, 62,1, 67,9). Cada uma das três matrizes continham cubos desta geometria inclinada, mas os prismas nas matrizes tinham diferentes orientações devido às diferentes orientações azimutais das três matrizes de prismas. A geometria do cubo

(50, 62,1, 67,9) está associada com um triângulo de base que é escaleno, em vez de isósceles. O TLR para o artigo de prisma ladrilhado modificado foi calculado como uma função do ângulo de orientação e do ângulo de entrada, novamente presumindo um material transparente de índice de refração de 1,5 e os resultados são plotados na Figura 12. Da mesma maneira que nas Figuras 11A e 11B, as várias curvas na Figura 12 são numeradas com um número igual ao ângulo de entrada em graus. Nesta modalidade, a uniformidade de orientação é melhorada ainda mais em relação ao artigo ladrilhado da Figura 11B, na medida em que, pelo menos, um ângulo de entrada de 40 graus, o TLR na Figura 12 é mais uniforme ao longo de toda a faixa de 0 a 90 graus de ângulos de orientação.

[0102]Os resultados das Figuras 11A, 11B, e 12 assumem artigos de prisma feitos de um material transparente de índice de refração de 1,5, e tendo superfícies estruturadas, como explicado acima. Aumentar o índice de refração geralmente amplia a largura das zonas de angularidade de entrada melhorada. Por exemplo, a zona horizontal de angularidade de entrada melhorada na Figura 1A se tornarão mais largas (isto é, na direção vertical, a sua largura aumenta) com o aumento do índice de refração. Três diferentes orientações de ladrilhamento, portanto, tenderão a se tornar mais uniformes em relação à orientação conforme o índice de refração aumenta. Em geral, as características de projeto descritas neste pedido podem ser aplicadas a artigos de prisma de qualquer índice de refração adequado. Além disso, podem ser aplicadas a artigos de prisma, independentemente do mecanismo de reflexão invocado nas matrizes, isto é, se as facetas dos prismas são revestidas com um metal refletor (por exemplo, alumínio, prata, níquel ou suas ligas) ou outro material adequado, ou se as facetas dos prismas são não revestidas (por exemplo, exposição ao ar ou vácuo) e refletem luz usando o fenômeno de reflexão interna total (TIR).

[0103]Até o momento na descrição, as geometrias de cubo de vários elementos prismáticos e pares e matrizes correlacionadas dos mesmos foram

mencionadas e discutidas. Em conexão com a Figura 13, para maior clareza, fornecemos uma discussão mais metódica de prismas e sua geometria e orientação. Dessa forma, apresentamos na Figura uma vista em planta de um artigo de prisma hipotético 1310 tendo uma superfície estruturada hipotética 1311, que se encontra no plano X-Y ou estende-se paralelamente a este de um sistema de coordenadas cartesianas X-Y-Z. Para propósitos de comparação e discussão, a superfície 1311 é mostrada conter diferentes prismas individuais 1320, 1330, 1340, 1350, 1360 e 1370. Na prática, qualquer um desses prismas estaria tipicamente presente sobre a superfície estruturada de um determinado ladrilho no contexto de uma única matriz de prismas formada a partir de três conjuntos de interseção de sulcos paralelos, a matriz contendo também outros prismas idênticos ou similares, incluindo um prisma que forma um par correlacionado com o dado prisma individual de interesse na Figura 13.

[0104]Cada prisma na figura está delimitado pelas três bordas não diédricas (em que uma matriz de prismas pode coincidir com os vértices do sulco), as arestas não diédricas que formam um triângulo de base. (Em alguns casos, os prismas em uma determinada matriz podem não ter três bordas não diédricas, que formam um triângulo de base reconhecível; em tais casos, um triângulo de base pode ainda ser associado com tal prisma, considerando as faces do prisma sendo planas e, em seguida, considerando o triângulo formado pela interseção daqueles planos com um plano de referência, paralelamente ao plano de superfície estruturada, por exemplo, o plano X-Y). Caracterizamos a geometria de cubo dos prismas em termos dos três ângulos internos do triângulo de base associada, que podem ser chamados de ângulos de base. Entretanto, conforme mostrado abaixo, a ordem em que expressamos esses três ângulos de base pode ser significativa. Portanto, adotamos a convenção para os propósitos do presente documento de listar os ângulos internos do triângulo de base em uma ordem específica, ou seja, listamos o ângulo ascendente, e em seguida, listamos

os ângulos restantes no sentido horário (ao visualizar o triângulo de base a partir de um dado plano de vista em perspectiva consistente, por exemplo, a perspectiva da Figura 13 com os vértices do cubo se projetando para dentro do plano da Figura) em relação ao tal ângulo menor. Referimo-nos ao conjunto ou grupo de ângulos resultante como um conjunto ordenado de ângulos de base, ou mais simplesmente como um conjunto ordenado ou como ângulos ordenados. Se o triângulo de base é isósceles com dois ângulos menores do que o terceiro, listamos os dois primeiros ângulos (menores) de base em primeiro lugar no conjunto ordenado. Usando esta convenção, os ângulos ordenados dos triângulos de base associados com os prismas mostrados na Figura 13, ou seja, as geometrias de cubo de tais prismas, são como se segue:

prisma 1320: (50,8, 58,73, 70,47);  
 prisma 1330: (50,8, 58,73, 70,47);  
 prisma 1340: (50,8, 58,73, 70,47);  
 prisma 1350: (50,8, 58,73, 70,47);  
 prisma 1360: (54,616, 54,616, 70,768); e  
 prisma 1370: (46,2, 66,9, 66,9).

[0105]Cada um desses prismas é inclinado, isto é, seu eixo óptico não é ortogonal ao plano da superfície estruturada. O eixo óptico é, dessa forma, inclinado em relação ao eixo z, e não é paralelo ao eixo z. A geometria inclinada define um plano de inclinação para o prisma (e para a matriz do qual pode ser uma parte), o plano de inclinação que contém o eixo óptico do prisma e no sentido normal de superfície estruturada, isto é, o eixo z. O plano de inclinação pode ser identificado para cada prisma na Figura 13 com referência à seta em negrito, o que representa a projeção do eixo óptico de um determinado prisma no plano X-Y. Dessa forma, por exemplo, o prisma 1320 é mostrado ter uma seta em negrito representando a projeção do seu eixo óptico; um plano perpendicular ao plano X-Y e contendo a seta em negrito representa o plano de inclinação do tal prisma 1320. Os prismas 1320,

1330, 1340 e 1350 podem ser ditos ser inclinados lateralmente, porque o plano de inclinação não é perpendicular a qualquer lado do triângulo de base. O prisma 1360 pode ser dito ser inclinado para frente. O prisma 1370 pode ser dito ser inclinado para trás.

[0106]A geometria inclinada também fornece a cada prisma (e a matriz do qual pode ser uma parte) com um plano primário de angularidade de entrada, como discutido acima. O(s) plano(s) primário(s) de angularidade de entrada foi(foram) calculado(s) para cada um dos prismas mostrados na Figura 13, e a direção desse plano(s) é indicada na Figura 13 por uma linha tracejada ou linhas sobrepostas no prisma correspondente. Dessa forma, por exemplo, os prismas 1320, 1330, 1340 e 1350, cada um tem apenas um plano primário de angularidade de entrada, e em cada um destes casos, este plano não é paralelo ao plano de inclinação para o prisma. O prisma 1360 tem apenas um plano primário de angularidade de entrada, e é paralelo ao plano de inclinação. O prisma 1370 tem dois planos primários de angularidade de entrada, nenhum dos quais é paralelo ao plano de inclinação.

[0107]Os prismas 1320, 1330 e 1340, todos têm a mesma geometria do cubo, porque seus conjuntos de ângulos de base ordenados são iguais entre si. Destes prismas, os prismas 1320 e 1330 também têm a mesma orientação do cubo, não obstante o fato de que têm diferentes tamanhos de cubo e diferentes alturas de cubo. Os prismas 1320 e 1340 têm os mesmos tamanhos e alturas de cubo, mas diferentes orientações de cubo, uma vez que os seus respectivos planos de inclinação não são paralelos entre si.

[0108]Os prismas 1320 e 1360 têm diferentes geometrias de cubo, com diferentes conjuntos de ângulos de base ordenados, mas que podem ter a mesma orientação, se os seus respectivos planos de inclinação são paralelos entre si.

[0109]Os prismas 1320 e 1350 têm os mesmos tamanhos e alturas do cubo, mas diferentes geometrias de cubo. Mesmo que cada um desses prismas

tenham um ângulo de base de 50,8 graus, e um outro ângulo de base de 58,73 graus, e um outro ângulo de base de 70,47 graus, ou seja, apesar de todos os ângulos de base no triângulo de base de um elemento prismático possam também ser encontrados no triângulo base de outro elemento prismático, que, no entanto, tem diferentes geometrias de cubo. As diferentes geometrias do cubo podem ser vistas por inspeção da figura, bem como pela comparação dos seus respectivos conjuntos ordenados de ângulos de base, que não se correlacionam. Observa-se que se fosse girar o prisma 1320 azimutalmente (sobre o eixo z) de tal modo que o seu plano de inclinação fosse paralelo ao plano de inclinação do prisma 1350, os respectivos planos primários de angularidade de entrada para estes prismas não seriam paralelos entre si. A geometria do cubo (50,8, 58,73, 70,47) do prisma 1320 é, dessa forma, diferente da geometria do cubo (50,8, 70,47, 58,73) do prisma 1350.

[0110]A relação única entre os prismas 1320, 1350 pode ser expressa por notar que o conjunto ordenado de ângulos de base para um prisma (ou uma série de tais prismas) é uma permutação do conjunto ordenado de ângulos de base para o outro prisma (ou matriz de tais outros prismas). Por exemplo, o conjunto ordenado (50,8, 70,47, 58,73) é uma permutação do conjunto ordenado (50,8, 58,73, 70,47), porque esses conjuntos ordenados contêm os mesmos ângulos, mas em uma ordem diferente - ao aderir a nossa descrição do termo “conjunto ordenado” conforme apresentado acima. Matrizes de prismas tendo esta relação, pelo menos quando são formadas por três conjuntos de sulcos paralelos que se cruzam, têm os mesmos ângulos de sulco e podem ser formadas com um único conjunto de ferramentas de corte. Dito de outra forma, as três ferramentas de corte de diamante podem ser usadas para formar os três conjuntos de sulcos paralelos necessários para formar uma matriz de cubos como o prisma 1320, e essas mesmas três ferramentas de corte de diamante (quando usadas em uma ordem diferente) podem ser usadas para formar os três conjuntos de sulcos

paralelos necessários para formar uma matriz de cubos como o prisma 1350, apesar do prisma 1350 ter uma geometria de cubo diferente do prisma 1320. Aproveitando essa relação, podemos fornecer até 6 distintas matrizes de prismas em ladrilhos separados de um artigo de prisma, cada matriz tendo uma orientação diferente, e cada matriz tendo um sulco longitudinal cuja direção de sulco é paralela a um determinado eixo no plano, e todas essas matrizes sendo capazes de fabricação com um único conjunto de três ferramentas de corte de sulcos. Essa modalidade é descrita na Figura 14.

[0111]Na Figura 14, um artigo de prisma 1410 é mostrado na vista esquemática superior ou em planta. O artigo 1410 pode ser uma lamination retrorrefletiva ou uma ferramenta associada à sua fabricação. O artigo 1410 tem uma superfície estruturada 1411 com 6 matrizes de prismas distintas dispostas em uma pilha de ladrilhos adjacentes 6, os ladrilhos marcados A, B, C, D, E, F. Os ladrilhos são alongados paralelos a um eixo y no plano, e cada ladrilho tem bordas alongadas opostas que são também paralelas ao eixo y. Em modalidades alternativas, os ladrilhos não precisam ser alongados ao longo do eixo y, e/ou não precisam ter bordas paralelas ao eixo y. Cada ladrilho tem uma matriz de elementos prismáticos inclinados formada por três conjuntos de intersecção de sulcos paralelos. Para cada ladrilho, um dos seus três conjuntos de sulcos é um conjunto de sulcos longitudinais, cuja direção de sulco é paralela ao eixo y. Cada ladrilho tem também uma largura de ladrilho (medida na direção x), que é igual a um múltiplo inteiro de um intervalo de sulco longitudinal de seus sulcos longitudinais, de tal modo que os prismas fragmentados estejam substancialmente ausentes nas bordas alongadas dos ladrilhos. As larguras dos ladrilhos não são uniformes. Os ladrilhos A e D têm larguras de ladrilhos que são iguais entre si, mas maiores do que as larguras de ladrilhos B, C, E, e F, que são também iguais entre si.

[0112]Para propósitos de referência na figura, um par correlacionado de curvas ampliado de prismas é mostrado no lado direito de cada ladrilho. Em todos os casos, o

par combinado ampliado é representativo dos pares de elementos prismáticos em sua matriz de prismas associada. Setas pretas grossas são incluídas em cada par correlacionado ampliado para indicar as projeções dos eixos ópticos dos prismas no plano X-Y, de forma semelhante à Figura 13. Estas setas pretas grossas, dessa forma, fornecem uma indicação da direção do plano de inclinação para cada matriz. Também em conformidade com a Figura 12, as linhas tracejadas são sobrepostas em cada par correlacionado ampliado da Figura 14 para indicar a direção do plano primário da angularidade de entrada para o par correlacionado e sua matriz associada.

[0113]Os prismas de ladrilhos A, B e C, todos têm geometrias de cubo (49, 61, 70). Os prismas de ladrilhos D, E e F, todos têm geometrias de cubo (49, 70, 61). Dessa forma, o conjunto ordenado de ângulos de base para os prismas de qualquer um dos ladrilhos A, B ou C é uma permutação do conjunto ordenado de ângulos de base para os prismas de qualquer um dos ladrilhos D, E, e F, e vice-versa. Além disso, um conjunto de três ferramentas de corte de diamante pode ser usado para formar os três conjuntos de sulcos paralelos necessários para formar a matriz de cubos para cada um dos ladrilhos A, B, C, D, E, e F.

[0114]Os sulcos compósitos, embora não marcados na Figura 14, podem ser facilmente vistos na figura. Um sulco compósito aparece no contorno dos ladrilhos A e B, outro aparece no contorno dos ladrilhos B e C, outro aparece no contorno dos ladrilhos C e D, outro aparece no contorno dos ladrilhos D e E, e outro aparece no contorno dos ladrilhos E e F. Em cada caso, estes compósitos são sulcos paralelos ao eixo y, e paralelos à direção de sulco de um conjunto de sulcos em cada ladrilho adjacente ao dado sulco compósito. Além disso, em cada caso, o sulco compósito tem um ângulo de sulco que é diferente do ângulo de sulco dos sulcos longitudinais em cada um dos dois ladrilhos que limitam o dado sulco compósito.

[0115]Numerosas modificações podem ser feitas para o artigo de prisma 1410. As larguras e formas dos ladrilhos podem ser alteradas. Os ladrilhos podem

ser reorganizados em ordens diferentes. Um ou mais dos ladrilhos que estão presentes no artigo 1410 podem ser removidos, e um ou mais ladrilhos tendo diferentes matrizes de prisma, incluindo uma ou mais matrizes de prismas inclinados, bem como uma ou mais matrizes de prismas não inclinados, podem ser inseridos ou adicionados de outra forma. Em uma tal modificação, pelo menos dois ladrilhos podem ter matrizes de prismas, cujas geometrias de cubo são as mesmas, mas cujas orientações são diferentes e, pelo menos, dois ladrilhos podem ter cubos cujos conjuntos de ângulos de base estão relacionados por uma permutação. Diferentes ângulos de interseção para os conjuntos de sulcos paralelos, e diferentes ângulos de base correspondentes para os prismas, podem ser usados. As profundidades de sulcos para os sulcos em um dado conjunto de sulcos podem ser as mesmas ou podem ser todas diferentes entre si, ou algumas podem ser iguais e algumas diferentes. Alternativamente ou adicionalmente, a(s) profundidade(s) do sulco utilizada(s) em um primeiro conjunto de sulcos pode(m) ser a(s) mesma(s) ou diferente(s) da(s) profundidade(s) de sulco utilizada(s) em um segundo conjunto de sulcos que se cruza com o primeiro conjunto de sulcos.

[0116]Na Figura 15, um prisma a partir de cada um dos ladrilhos de A, B, C, D, E, F da Figura 14 é reproduzido e ampliado, mantendo sua geometria e sua orientação em relação ao eixo y no plano. Por uma questão de simplicidade, o prisma do ladrilho A da Figura 14 está identificado como A na Figura 15, o prisma do ladrilho B da Figura 14 está identificado como B na Figura 15, e assim por diante. Nesta Figura, as setas pretas grossas representando a projeção dos eixos ópticos no plano X-Y, bem como as linhas tracejadas representando os planos primários de angularidade de entrada, podem ser mais facilmente vistas que na Figura 14.

[0117]Na Figura 16, os planos de inclinação e os planos primários de angularidade de entrada para todos os ladrilhos A, B, C, D, E, F da Figura 14, e,

dessa forma, também para todos os prismas A, B, C, D, E, F da Figura 15, são mostrados sobrepostos uns sobre os outros em relação aos eixos x e y, esses eixos tendo seu mesmo significado que nas Figuras 14 e 15. Para cada matriz de prismas (e ladrilhos correspondentes), a linha sólida na Figura 16 representa o plano de inclinação e a sua orientação em relação aos eixos x e y, e a linha tracejada na Figura 16 representa o plano primário de angularidade de entrada e sua orientação em relação aos mesmos eixos x e y. Estas linhas sólidas e tracejadas são marcadas por uma questão de simplicidade com as letras A, B, C, D, E, F para corresponderem com a mesma marcação usada nas Figuras 14 e 15. Por exemplo, o ladrilho A na Figura 14 e o cubo A na Figura 15 têm um plano de inclinação representado pela linha contínua A na Figura 16, e um plano primário de angularidade de entrada representado pela linha A tracejada na Figura 16. Os vários planos de inclinação e planos primários de angularidade de entrada na Figura 16 são, dessa forma, representantes do artigo de prisma ladrilhado 1410 e seus componentes constituintes (ladrilhos). O comprimento das linhas sólidas e tracejadas na Figura 16 é arbitrário, mas as linhas sólidas são desenhadas para ter um comprimento uniforme, que é maior do que o comprimento uniforme das linhas tracejadas, de modo que o leitor possa mais facilmente distinguir uma da outra. A inspeção da Figura 16 revela que o artigo 1410 é configurado de tal forma que seus planos primários constituintes da angularidade de entrada são mais bem distribuídos no ângulo azimutal do que seus planos de inclinação constitutivos.

[0118]Para um artigo feito pela simples combinação de dois dos artigos 1410, duplicar os planos de inclinação e duplicar os planos primários de angularidade de entrada apareceria em uma representação como aquela da Figura 16. Para evitar a dupla contagem de tais planos, podemos especificar um modo mais geral que o artigo de prisma ladrilhado esteja configurado de tal modo que os únicos dos planos primários de angularidade de entrada para a pluralidade de ladrilhos são mais bem distribuídos no

ângulo azimutal do que os únicos dos planos de inclinação. Para quantificar o conceito de “mais uniformemente distribuído no ângulo azimutal”, que pode definir um ângulo PhiMin1 como a separação angular mínima entre os únicos dos planos primários de angularidade de entrada, e que pode definir PhiMin2 como a separação angular mínima entre os únicos dos planos de inclinação. Na Figura 16, PhiMin1 é 18,00 graus, e PhiMin2 é 2,23 graus. Também podemos definir um ângulo PhiMax1 como a separação angular máxima entre os únicos dos planos primários de angularidade de entrada, e PhiMax2 como a separação angular máxima dos únicos dos planos de inclinação. Na Figura 16, PhiMax1 é 52,00 graus, e PhiMax2 é 58,77 graus. Podemos ainda definir um ângulo PhiAvg1 como a separação angular média entre os únicos dos planos primários de angularidade de entrada, e podemos definir PhiAvg2 como a separação angular média entre os únicos dos planos de inclinação. Na Figura 16, PhiAvg1 e PhiAvg2 são os mesmos, sendo cada um igual a 30,00 graus. Podemos definir uma métrica de distribuição angular (“PhiADM”) igual a  $\Phi_{Avg}/(\Phi_{Max} - \Phi_{Min})$ . Na Figura 16, a métrica de distribuição angular para os planos primários de angularidade de entrada é PhiADM1 = 0,882, e a métrica de distribuição angular para os planos de inclinação é PhiADM2 = 0,531. Deste modo, para quantificar o conceito de “mais uniformemente distribuído em ângulo azimutal”, que pode especificar qualquer um, ou alguns (qualquer combinação de quaisquer dois ou mais), ou todas as seguintes relações:

- $\Phi_{Min1} > \Phi_{Min2}$
- $\Phi_{Min1} \geq 2 * \Phi_{Min2}$
- $\Phi_{Max1} < \Phi_{Max2}$
- $\Phi_{ADM1} > \Phi_{ADM2}$

[0119] Vários artigos de prisma com base no que é mostrado na Figura 14 foram modelados. Em um primeiro caso, o modelo assume as mesmas geometrias de cubo discutidas acima, isto é, (49, 61, 70) para os ladrilhos A, B, e C, e (49, 70, 61) para os ladrilhos D, E, e F. O modelo ainda assume que os prismas tiveram uma

característica de projeto de segunda ordem para dispersar ligeiramente a luz a partir da direção da luz incidente, como discutido acima com referência à patente de Appeldorn '219. A característica de projeto de segunda ordem era presumir que os ângulos do sulco eram muito ligeiramente diferentes daqueles que produziriam ângulos diédricos entre as facetas de prisma de exatamente 90 graus, a diferença no valor de ângulo do sulco das facetas de prisma que se desviou por 2 minutos de arco (0,033 graus) em relação às suas orientações nominais que produzem a ortogonalidade exata. O modelo inicialmente calculou o retorno luminoso total (TLR) para cada uma das 6 matrizes de prismas individualmente, presumindo que o artigo de prisma era composto de policarbonato transparente de índice de refração 1,586, e presumindo que os prismas estavam expostos ao ar e luz refletida por reflexão interna total. O TLR foi calculado como uma função do ângulo de orientação para uma sequência de diferentes ângulos de entrada. O modelo, em seguida, calculado para cada combinação de ângulo de orientação e ângulo de entrada, uma média ponderada dos TLRs para as 6 matrizes. Valores de peso de 15% foram usados para as matrizes de ladrilhos B, C, E e F, e valores de peso de 20% foram usados para as matrizes de ladrilhos A e D. Estes valores de peso estão em proporção com as larguras relativas, e áreas de superfície relativas, dos respectivos ladrilhos no artigo ladrilhado 1410.

[0120]O desempenho retrorrefletivo calculado resultante do artigo retrorrefletivo ladrilhado é mostrado na plotagem da isointensidade da Figura 17. Na Figura, a magnitude do TLR é calculada na direção radial, e o ângulo de orientação é no sentido azimutal. As curvas são plotadas para ângulos de entrada de 0 a 70 graus, em incrementos de 10 graus, com uma curva 1700 representando o ângulo de entrada de 0 graus, a curva 1710 representando o ângulo de entrada de 10 graus, a curva 1720 representando o ângulo de entrada de 20 graus, e assim por diante. Um segundo artigo de prisma ladrilhado foi então modelado. O artigo foi presumido como sendo o mesmo

que o da Figura 17, exceto em que o índice de refração foi presumido como sendo 1,50, em vez de 1,586. Com esta modificação, o TLR do artigo ladrilhado foi calculado da mesma maneira como descrito acima em conexão com a Figura 17. O desempenho retrorrefletivo calculado resultante é mostrado na plotagem de isointensidade da Figura 18, que tem o mesmo formato que a Figura 17. As curvas são plotadas para ângulos de entrada de 0 a 60 graus, em incrementos de 10 graus, com uma curva 1800 representando o ângulo de entrada de 0 graus, a curva 1810 representando o ângulo de entrada de 10 graus, a curva 1820 representando o ângulo de entrada de 20 graus, e assim por diante. Algumas diferenças podem ser observadas entre as curvas e as curvas correspondentes da Figura 17. Tais diferenças são demonstrativas do efeito de uma mudança no índice de refração do artigo de prisma.

[0121]Para os propósitos de comparação, também investigamos o artigo de prisma mostrado na Figura 3 e acima discutido na publicação de Mimura '281. A Figura 19 é uma reprodução de uma Figura na publicação de Mimura '281 relacionada à modalidade em que os prismas 314-1 e 315-1 têm ângulos de base ordenados de (54,918, 66,659, 58,423), e os prismas 314-2 e 315-2 têm ângulos de base ordenados de (54,918, 58,423, 66,659), nesta modalidade a ser referida mais adiante neste documento como a modalidade de Mimura. O gráfico da Figura 19 é dito ser o desempenho retrorrefletivo da presente modalidade, tal como calculado usando uma simulação óptica. O gráfico mostra o desempenho em ângulos de entrada de 5 graus (curva 1905), 15 graus (curva 1915) e 30 graus (curva 1930), com pontos de dados plotados em incrementos de ângulo de orientação de 15 graus.

[0122]Tentamos duplicar os resultados de Mimura, a fim de determinar o desempenho retrorrefletivo da modalidade de Mimura em ângulos de entrada superiores a 30 graus. Um obstáculo neste esforço foi a falta de informação na publicação de Mimura '281 em relação ao índice de refração que foi presumido para a

modalidade. Usando o nosso próprio programa de modelagem óptica, introduzimos a informação geométrica do prisma para a modalidade de Mimura em nosso programa, e gerou plotagens de isointensidade do TLR da modalidade em um ângulo de entrada de 5, 15 e 30 graus para vários diferentes índices de refração. Em seguida, identificamos o índice de refração que produziu algumas curvas que condiziam mais estreitamente com aquelas da Figura 19, particularmente a curva 1930 no ângulo de entrada de 30 graus. Este procedimento nos indicou que o índice de refração era igual ou aproximadamente 1,586. A Figura 20 mostra uma plotagem de isointensidade que usa o TLR calculado pelo nosso programa de modelagem óptica para a modalidade de Mimura, presumindo o índice de refração 1,586. O gráfico mostra o desempenho em ângulos de entrada de 5 graus (curva 2005), 15 graus (curva 2015), 30 graus (curva 2030), 40 graus (curva 2040) e 50 graus (curva 2050), com pontos de dados plotados em incrementos de ângulo de orientação de 15 graus. A curva 2030 pode ser vista se aproximar estritamente da curva 1930 na Figura 19. A inspeção da Figura 20, particularmente as curvas 2040 e 2050 da mesma, revela que a uniformidade como uma função do ângulo de orientação degrada-se rapidamente para a modalidade de Mimura em ângulos de entrada aumentados.

[0123]O índice de uniformidade UI discutido acima foi calculado para a modalidade de Mimura, presumindo o índice de refração 1,586, e para a modalidade da Figura 17 (ver também as Figuras 14, 15 e 16), que tem o mesmo índice de refração. Os resultados são mostrados na Figura 21. Nesta Figura, a curva 2101 é o UI para a modalidade de Mimura, e a curva 2102 é para a modalidade da Figura 17.

[0124]Exemplos de materiais para a formação de artigos retrorrefletivos de prisma incluem, mas não se limitam a, polímeros termoplásticos, tais como, por exemplo, poli(carbonato), poli(metilmetacrilato), poli(tereftalato de etileno), poliuretanos alifáticos, bem como copolímeros de etileno e ionômeros dos mesmos, e

misturas dos mesmos. A laminação em prisma pode ser preparada por fundição diretamente sobre um filme, como descrito na Patente US 5.691.846 (Benson, Jr. et al.). Polímeros para prismas curados por radiação incluem acrilatos reticulados, tais como acrilatos ou epóxis multifuncionais, uretanos acrilados misturados com monômeros mono- e multifuncionais, e polímeros contendo nitrogênio, tais como os descritos na Patente US 7.862.187 (Thakkar et al.), aqui incorporado por referência. Além disso, os prismas, tais como aqueles anteriormente descritos, podem ser convertidos para filme de cloreto de polivinila plasticizado para lamination em prisma mais flexível. Estes polímeros são desejáveis para um ou vários motivos, incluindo a estabilidade térmica, estabilidade ambiental, claridade, excelente liberação da estampagem ou do molde, e a capacidade de aplicar um revestimento reflexivo às facetas de prisma.

[0125]Um revestimento refletivo ou uma camada refletiva especularmente podem ser colocados sobre as facetas dos elementos prismáticos (por exemplo, sobre um lado traseiro de um filme de prisma) para promover a retrorreflexão. Revestimentos refletivos adequados incluem revestimentos metálicos, tais como alumínio, prata, níquel, ou ligas dos mesmos, que podem ser aplicados por técnicas conhecidas tais como deposição a vapor ou deposição química. Uma camada refletiva podem também ser ou compreender um filme óptico multicamada. Uma camada de primer pode ser aplicada às faces do prisma para promover a aderência do revestimento ou camada reflexivos. Nos casos em que nenhum revestimento ou camada reflexiva é usado nas facetas do prisma, que podem ser expostas ao ar ou vácuo, e um filme de vedação pode ser utilizado para fornecer células ou bolsas seladas que mantêm a interface de ar e impedem a entrada de água, sujidade, e similar. Filmes de vedação exemplificativos para artigos retrorrefletivos são revelados na Patente US 7.611.251 (Thakkar et al.). Em outras modalidades, uma camada adesiva sensível à pressão compreendendo os materiais de barreira pode

ser disposta nos prismas, como descrito, por exemplo, na publicação do pedido de patente US 2013/0034682 (Free et al.).

[0126] Laminação retrorrefletiva prismática pode ser fabricada como um material integral, por exemplo, por estampagem de uma folha pré-moldada com uma superfície estruturada contendo matriz(es) de prismas, ou por moldagem de um material fluido para dentro de um molde adequado. Alternativamente, a laminação retrorrefletiva pode ser fabricada como um produto em camadas por fundição dos elementos prismáticos contra um filme pré-formado ou por laminação de um filme pré-formado de elementos prismáticos pré-formados. Os elementos prismáticos podem ser formados sobre uma película de policarbonato de aproximadamente 0,5 mm de espessura possuindo um índice de refração de cerca de 1,59. Materiais úteis para produção de laminação retrorrefletiva são materiais que são dimensionalmente estáveis, duráveis, resistentes às condições atmosféricas e facilmente moldáveis na configuração desejada. Em geral, qualquer material opticamente transmissivo que é moldável, tipicamente sob calor e pressão, pode ser usado. A laminação pode também incluir corantes, pigmentos, absorvedores de UV ou camadas absorventes de UV separadas e outros aditivos como desejado.

[0127] Exceto onde indicado o contrário, todos os números que expressam quantidades, medidas de propriedades e assim por diante usados no presente relatório descritivo e nas reivindicações devem ser considerados modificados pela expressão “cerca de”. Consequentemente, a menos que indicado o contrário, os parâmetros numéricos apresentados no relatório descritivo e nas reivindicações são aproximações que podem variar dependendo das propriedades desejadas que os versados na técnica buscam obter usando os ensinamentos do presente pedido. Não como uma tentativa de limitar a aplicação da doutrina dos equivalentes para o escopo das reivindicações, cada parâmetro numérico deve ser construído, ao menos, à luz do número de algarismos significativos relatados e através da aplicação de técnicas

comuns de arredondamento. Não obstante o fato de que os intervalos numéricos e os parâmetros que determinam o escopo amplo da invenção são aproximações, na medida em que quaisquer valores numéricos sejam apresentados nos exemplos específicos descritos na presente invenção, são informados com a maior precisão razoavelmente possível. Qualquer valor numérico, entretanto, pode também conter erros associados ao teste ou limitações de medida. De modo similar, termos como “igual”, “paralelo”, “coincide”, e semelhantes, quando usados neste pedido, devem ser entendidos para abranger modalidades em que os desvios da igualdade exata, paralelismo, coincidência, etc, estão dentro das tolerâncias de fabricação, ou de outra maneira desviam-se de tal exatidão devido a características de projeto de segunda ordem, como discutido neste pedido.

[0128]Várias modificações e alterações da presente invenção serão evidentes aos versados na técnica sem que se afastar do espírito e do escopo da presente invenção, e deve-se compreender que esta invenção não é limitada pelas modalidades ilustrativas descritas na presente invenção. O leitor deve presumir que os recursos de uma modalidade apresentada também podem ser aplicados a todas as outras modalidades apresentadas, exceto onde indicado o contrário. Deve-se compreender, também, que todas as patentes US, publicações de pedidos de patente e outros documentos de patentes ou não citados na presente invenção estão neste pedido incorporados por referência na medida em que não contradigam a revelação anterior.

[0129]Este documento revela várias modalidades, incluindo mas não limitadas aos seguintes itens:

[0130]O item 1 é um artigo tendo uma superfície estruturada, que define um plano de referência tendo um eixo no plano, a superfície estruturada incluindo uma pluralidade de matrizes de prismas disposta em uma pluralidade de ladrilhos, o artigo compreendendo:

os primeiro, segundo e terceiro ladrilhos definidos pelas respectivas primeira, segunda e terceira matrizes de prismas, as primeira, segunda e terceira matrizes de prismas tendo os respectivos primeiro, segundo e terceiro planos primários de angularidade de entrada, cada um orientado de forma diferente em relação ao eixo no plano;

em que os primeiro, segundo e terceiro ladrilhos cada um inclui uma borda de ladrilho paralela ao eixo no plano; e

em que cada uma das primeira, segunda e terceira matrizes de prismas inclui um dado sulco paralelo ao eixo no plano.

[0131]O item 2 é o artigo do item 1, onde os primeiro, segundo e terceiro ladrilhos são, cada um, alongados paralelos ao eixo no plano.

[0132]O item 3 é o artigo do item 1, em que para cada um dos primeiro, segundo e terceiro ladrilhos, o dado sulco é um de uma pluralidade de sulcos longitudinais que define um campo de sulcos longitudinais, e cada um dos primeiro, segundo e terceiro ladrilhos tem uma largura igual para um múltiplo inteiro do respectivo intervalo de sulco longitudinal.

[0133]O item 4 é o artigo do item 3, em que as larguras dos primeiro, segundo e terceiro ladrilhos estão, cada uma, em uma faixa de 0,2 mm a 5 mm, ou entre 0,2 mm a 1 mm ou entre 0,5 mm e de 1 mm.

[0134]O item 5 é o artigo do item 1, em que a pluralidade de ladrilhos inclui além dos primeiro, segundo e terceiro ladrilhos adicionais, os ladrilhos adicionais tendo matrizes de prismas adicionais correspondentes, todas as matrizes de prismas adicionais incluindo um dado sulco paralelo ao eixo no plano.

[0135]O item 6 é o artigo do item 1, em que os prismas em cada uma das primeira, segunda e terceira matrizes de prismas estão inclinados e caracterizados por um triângulo de base tendo um conjunto ordenado de ângulos de base, e em que os conjuntos ordenados de ângulos de base para as primeira e segunda

matrizes de prismas são iguais entre si, e os conjuntos ordenados de ângulos de base para as primeira e terceira matrizes de prisma são permutações uns dos outros.

[0136]O item 7 é o artigo do item 1, em que os prismas em cada uma das primeira, segunda e terceira matrizes de prismas estão inclinados e caracterizados por um triângulo de base tendo um conjunto ordenado de ângulos de base, e em que os conjuntos ordenados de ângulos de base para as primeira, segunda e terceira matrizes de prismas são iguais entre si.

[0137]O item 8 é o artigo do item 7, em que a pluralidade de ladrilhos inclui ainda um quarto ladrilho definido por uma quarta matriz de prismas, a quarta matriz de prismas tendo um quarto plano primário de angularidade de entrada que não é paralelo a qualquer um dos primeiro, segundo ou terceiro planos primários de angularidade de entrada, e em que os prismas na quarta matriz de prismas são inclinados e caracterizados por um triângulo de base tendo um conjunto ordenado de ângulos de base que é uma permutação do conjunto ordenado de ângulos de base para a primeira matriz de prismas.

[0138]O item 9 é o artigo do item 8, em que o quarto ladrilho é alongado paralelo ao eixo no plano, e a quarta matriz de prismas inclui um sulco longitudinal paralelo ao eixo no plano.

[0139]O item 10 é o artigo do item 1, em que todas as matrizes de prismas em que a pluralidade de matrizes de prismas tem planos primários respectivos de angularidade de entrada, os planos primários de angularidade de entrada definindo, pelo menos, quatro orientações únicas em relação ao eixo no plano.

[0140]O item 11 é o artigo do item 10, em que as matrizes de prismas associadas com, pelo menos, quatro orientações únicas, cada uma inclui um sulco longitudinal paralelo ao eixo no plano e são caracterizadas pelos respectivos conjuntos ordenados de ângulos de base, a cada dois de tais conjuntos ordenados

de ângulos de base sendo iguais entre si ou sendo permutações uns dos outros.

[0141]O item 12 é o artigo do item 10, em que os planos primários de angularidade de entrada definem, pelo menos, 5 orientações únicas em relação ao eixo no plano.

[0142]O item 13 é o artigo do item 12, em que as matrizes de prismas associadas com, pelo menos, 5 orientações únicas são caracterizadas pelos respectivos conjuntos ordenados de ângulos de base, a cada dois de tais conjuntos ordenados de ângulos de base sendo iguais entre si ou sendo permutações uns dos outros.

[0143]O item 14 é o artigo do item 12, em que os planos primários de angularidade de entrada definem, pelo menos, 6 orientações únicas em relação ao eixo no plano.

[0144]O item 15 é o artigo do item 14, em que as matrizes de prismas associadas com, pelo menos, 6 orientações únicas são caracterizadas pelos respectivos conjuntos ordenados de ângulos de base, a cada dois de tais conjuntos ordenados de ângulos de base sendo iguais entre si ou sendo permutações uns dos outros.

[0145]O item 16 é o artigo do item 1, em que os primeiro e segundo ladrilhos têm bordas de ladrilhos que se encontram ao longo de um contorno, e em que as facetas de uma fileira de prismas sobre o primeiro ladrilho próximo do contorno e facetas de uma fileira de prismas no segundo ladrilho próximo do contorno coletivamente formam um sulco compósito, o sulco compósito paralelo ao eixo no plano.

[0146]O item 17 é o artigo do item 16, em que o sulco compósito tem um ângulo de sulco compósito que difere de um ângulo do dado sulco da primeira matriz de prismas e que também difere de um ângulo do dado sulco da segunda matriz de prismas.

[0147]O item 18 é o artigo do item 1, em que a superfície estruturada fornece um índice de uniformidade a um ângulo de entrada de 30 graus de pelo menos 4, ou pelo menos 5, ou pelo menos 6.

[0148]O item 19 é o artigo do item 1, em que a superfície estruturada fornece um índice de uniformidade a um ângulo de entrada de 40 graus de pelo menos 2, ou pelo menos 3, ou pelo menos 4, ou pelo menos 5.

[0149]O item 20 é um artigo tendo uma superfície estruturada que inclui uma pluralidade de matrizes de prismas disposta em uma pluralidade correspondente de ladrilhos, a superfície estruturada definindo um plano de referência tendo um eixo no plano, a matriz de prismas, para cada uma da pluralidade de ladrilhos tendo um determinado conjunto de sulcos cujos sulcos estendem-se paralelamente ao eixo no plano, a matriz de prismas para cada uma da pluralidade de ladrilhos tendo associada a ela um plano de inclinação e um plano preliminar de angularidade de entrada, e em que os únicos dos planos primários de angularidade de entrada para a pluralidade de ladrilhos são mais bem distribuídos no ângulo azimutal do que os únicos dos planos de inclinação.

[0150]O item 21 é o artigo do item 20, em que os únicos dos planos primários de angularidade de entrada têm uma separação angular mínima PhiMin1 e os únicos dos planos de inclinação têm uma separação angular mínima PhiMin2, e em que PhiMin1 é maior do que PhiMin2.

[0151]O item 22 é o artigo do item 21, em que PhiMin1 é, pelo menos, 2 vezes maior que PhiMin2.

[0152]O item 23 é o artigo do item 20, em que os ladrilhos têm as respectivas larguras que se encontram em uma faixa de 0,2 mm a 5 mm.

[0153]O item 24 é o artigo do item 20, em que o dado conjunto de sulcos para cada ladrilho é um conjunto de sulcos longitudinais para tal ladrilho.

[0154]O item 25 é o artigo do item 20, em que a superfície estruturada tem N

planos primários únicos de angularidade de entrada associados, respectivamente, com N únicos das matrizes de prismas, e em que N é 4, 5, ou 6.

[0155]O item 26 é o artigo do item 20, em que a pluralidade de ladrilhos inclui um primeiro, segundo e terceiro ladrilho compreendendo as respectivas primeira, segunda e terceira matrizes de prismas inclinados, as primeira, segunda e terceira matrizes tendo associadas a elas os respectivos primeiro, segundo e terceiro planos de inclinação dois dos quais não são paralelos entre si.

[0156]O item 27 é o artigo do item 20, em que para cada uma das primeira, segunda e terceira matrizes, o dado conjunto de sulcos é um de um conjunto de sulcos longitudinais que define um intervalo de sulcos longitudinais, e cada um dos primeiro, segundo e terceiro ladrilhos tem uma largura igual para um múltiplo inteiro do respectivo intervalo de sulco longitudinal.

[0157]O item 28 é o artigo do item 20, em que a superfície estruturada fornece um índice de uniformidade a um ângulo de entrada de 30 graus de pelo menos 4, ou pelo menos 5, ou pelo menos 6.

[0158]O item 29 é o artigo do item 20, em que a superfície estruturada fornece um índice de uniformidade a um ângulo de entrada de 40 graus de pelo menos 2, ou pelo menos 3, ou pelo menos 4, ou pelo menos 5.

[0159]O item 30 é o artigo do item 20, em que a pluralidade de ladrilhos são, cada um, alongados paralelos ao eixo no plano.

[0160]O item 31 é um artigo tendo uma superfície estruturada, a superfície estruturada sendo segmentada em uma pluralidade de ladrilhos, o artigo compreendendo:

[0161]um primeiro, segundo e terceiro ladrilho compreendendo as respectivas primeira, segunda e terceira matrizes de prismas inclinados, as primeira, segunda e terceira matrizes tendo associadas a elas os respectivos primeiro, segundo e terceiro planos de inclinação dois dos quais são paralelos

entre si.

[0162]em que os prismas nas primeira, segunda e terceira matrizes são caracterizadas por triângulos de base tendo os respectivos primeiro, segundo e terceiro conjuntos ordenados de ângulos de base;

[0163]em que os primeiro e segundo conjuntos ordenados de ângulos de base são iguais entre si; e

[0164]em que os primeiro e terceiro conjuntos ordenados de ângulos de base são permutações um do outro.

[0165]O item 31 é o artigo do item 31, em que cada uma das primeira, segunda e terceira matrizes tem um conjunto de sulcos, cujos sulcos estendem-se paralelamente a uma borda do respectivo ladrilho.

[0166]O item 33 é o artigo do item 31, em que cada um dos primeiro, segundo e terceiro conjuntos é definido por três conjuntos de sulcos paralelos que se cruzam entre si para formar os prismas.

[0167]O item 34 é o artigo do item 31 que comprehende adicionalmente: um quarto ladrilho compreendendo uma quarta matriz de prismas inclinados, a quarta matriz tendo associada a ela um quarto plano de inclinação que não é paralelo a qualquer um dos primeiro, segundo ou terceiro planos de inclinação.

[0168]O item 35 é o artigo do item 34, em que a quarta matriz é caracterizada por um triângulo de base tendo um quarto conjunto ordenado de ângulos de base, o quarto conjunto ordenado de ângulos de base sendo o mesmo que o terceiro conjunto ordenado de ângulos de base.

[0169]O item 36 é o artigo do item 31, em que a superfície estruturada fornece um índice de uniformidade a um ângulo de entrada de 30 graus de pelo menos 4, ou pelo menos 5, ou pelo menos 6.

[0170]O item 37 é o artigo do item 31, em que a superfície estruturada fornece um índice de uniformidade a um ângulo de entrada de 40 graus de pelo

menos 2, ou pelo menos 3, ou pelo menos 4, ou pelo menos 5.

## REIVINDICAÇÕES

1. Artigo **CARACTERIZADO** pelo fato de que tem uma superfície estruturada que define um plano de referência tendo um eixo no plano, a superfície estruturada incluindo uma pluralidade de matrizes de prismas disposta em uma pluralidade de ladrilhos, sendo que o artigo compreende:

primeiro, segundo e terceiro ladrilhos definidos pelas respectivas primeira, segunda e terceira matrizes de prismas, as primeira, segunda e terceira matrizes de prismas tendo os respectivos primeiro, segundo e terceiro planos primários de angularidade de entrada, cada um orientado de forma diferente em relação ao eixo no plano;

em que os primeiro, segundo e terceiro ladrilhos cada um inclui uma borda de ladrilho paralela ao eixo no plano; e

\*em que cada uma das primeira, segunda e terceira matrizes de prismas inclui um dado sulco paralelo ao eixo no plano, e

em que prismas (*cube comers*) em cada uma das primeira, segunda e terceira matrizes de prismas são inclinados e compreendem um triângulo de base tendo um conjunto ordenado de ângulos de base, e em que os conjuntos ordenados de ângulos de base para as primeira, segunda e terceira matrizes de prismas são iguais entre si.

2. Artigo, de acordo com a reivindicação 1, **CARACTERIZADO** pelo fato de que o primeiro, o segundo e o terceiro ladrilhos são, cada um, alongados paralelos ao eixo no plano.

3. Artigo, de acordo com a reivindicação 1, **CARACTERIZADO** pelo fato de que para cada um dos primeiro, segundo e terceiro ladrilhos, o dado sulco é um de uma pluralidade de sulcos longitudinais que define um intervalo de sulcos longitudinais, e cada um dos primeiro, segundo e terceiro ladrilhos tem uma largura

igual a um múltiplo inteiro do respectivo intervalo de sulco longitudinal.

4. Artigo, de acordo com a reivindicação 3, **CARACTERIZADO** pelo fato de que as larguras dos primeiro, segundo e terceiro ladrilhos são, cada uma, em uma faixa de 0,2 mm a 5 mm, ou de 0,2 mm a 1 mm ou de 0,5 mm a 1 mm.

5. Artigo, de acordo com a reivindicação 1, **CARACTERIZADO** pelo fato de que a pluralidade de ladrilhos inclui ladrilhos adicionais além dos primeiro, segundo e terceiro ladrilhos, os ladrilhos adicionais tendo matrizes de prismas adicionais correspondentes, todas as matrizes de prismas adicionais incluindo um dado sulco paralelo ao eixo no plano.

6. Artigo, de acordo com a reivindicação 1, **CARACTERIZADO** pelo fato de que prismas em cada uma das primeira, segunda e terceira matrizes de prismas são inclinados e definidos por um triângulo de base tendo um conjunto ordenado de ângulos de base, e em que os conjuntos ordenados de ângulos de base para as primeira e segunda matrizes de prismas são iguais entre si, e os conjuntos ordenados de ângulos de base para as primeira e terceira matrizes de prisma são permutações uns dos outros.

7. Artigo, de acordo com a reivindicação 1, **CARACTERIZADO** pelo fato de que a pluralidade de ladrilhos inclui ainda um quarto ladrilho definido por uma quarta matriz de prismas, a quarta matriz de prismas tendo um quarto plano primário de angularidade de entrada que não é paralelo a qualquer um dos primeiro, segundo, ou terceiro planos primários de angularidade de entrada, e em que os prismas na quarta matriz de prismas são inclinados e definidos por um triângulo de base tendo um conjunto ordenado de ângulos de base que é uma permutação do conjunto ordenado de ângulos de base para a primeira matriz de prismas.

8. Artigo, de acordo com a reivindicação 7, **CARACTERIZADO** pelo fato de que o quarto ladrilho é alongado paralelo ao eixo no plano, e a quarta matriz de

prismas inclui um sulco longitudinal paralelo ao eixo no plano.

9. Artigo, de acordo com a reivindicação 1, **CARACTERIZADO** pelo fato de que todas as matrizes de prismas na pluralidade de matrizes de prismas têm planos primários respectivos de angularidade de entrada, os planos primários de angularidade de entrada definindo, pelo menos, quatro orientações únicas em relação ao eixo no plano.

10. Artigo, de acordo com a reivindicação 9, **CARACTERIZADO** pelo fato de que as matrizes de prismas associadas com, pelo menos, quatro orientações únicas, cada uma inclui um sulco longitudinal paralelo ao eixo no plano e definido pelos respectivos conjuntos ordenados de ângulos de base, cada dois de tais conjuntos ordenados de ângulos de base sendo iguais entre si ou sendo permutações uns dos outros.

11. Artigo, de acordo com a reivindicação 1, **CARACTERIZADO** pelo fato de que os primeiro e segundo ladrilhos têm bordas de ladrilhos que se encontram ao longo de um contorno, e em que as facetas de uma fileira de prismas sobre o primeiro ladrilho próximo do contorno e facetas de uma fileira de prismas no segundo ladrilho próximo do contorno coletivamente formam um sulco compósito, o sulco compósito paralelo ao eixo no plano.

12. Artigo, de acordo com a reivindicação 11, **CARACTERIZADO** pelo fato de que o sulco compósito tem um ângulo de sulco compósito que difere de um ângulo do dado sulco da primeira matriz de prismas e que também difere de um ângulo do dado sulco da segunda matriz de prismas.

13. Artigo, de acordo com a reivindicação 1, **CARACTERIZADO** pelo fato de que a superfície estruturada fornece um índice de uniformidade a um ângulo de entrada de 30 graus de pelo menos 4, ou pelo menos 5, ou pelo menos 6.

14. Artigo **CARACTERIZADO** pelo fato de que tem uma superfície estruturada que inclui uma pluralidade de matrizes de prismas disposta em uma

pluralidade correspondente de ladrilhos, a superfície estruturada definindo um plano de referência tendo um eixo no plano, a matriz de prismas para cada uma da pluralidade de ladrilhos tendo um determinado conjunto de sulcos cujos sulcos estendem-se paralelamente ao eixo no plano, a matriz de prismas para cada uma da pluralidade de ladrilhos tendo associada a ela um plano de inclinação e um plano preliminar de angularidade de entrada, e em que os únicos dos planos primários de angularidade de entrada para a pluralidade de ladrilhos são mais bem distribuídos no ângulo azimutal do que os únicos dos planos de inclinação,

em que os únicos dos planos primários de angularidade de entrada têm uma separação angular mínima PhiMin1 e os únicos dos planos de inclinação têm uma separação angular mínima PhiMin2, e em que PhiMin1 é maior do que PhiMin2.

15. Artigo, de acordo com a reivindicação 14, **CARACTERIZADO** pelo fato de que PhiMin1 é, pelo menos, 2 vezes maior que PhiMin2.

16. Artigo, de acordo com a reivindicação 14, **CARACTERIZADO** pelo fato de que os ladrilhos têm respectivas larguras que se encontram em uma faixa de 0,2 mm a 5 mm.

17. Artigo, de acordo com a reivindicação 14, **CARACTERIZADO** pelo fato de que o dado conjunto de sulcos para cada ladrilho é um conjunto de sulcos longitudinais para tal ladrilho.

18. Artigo, de acordo com a reivindicação 14, **CARACTERIZADO** pelo fato de que a superfície estruturada tem N planos primários únicos de angularidade de entrada associados, respectivamente, com N únicos das matrizes de prismas, e em que N é 4, 5, ou 6.

19. Artigo, de acordo com a reivindicação 14, **CARACTERIZADO** pelo fato de que a pluralidade de ladrilhos inclui um primeiro, segundo e terceiro ladrilho compreendendo as respectivas primeira, segunda e terceira matrizes de prismas inclinados, as primeira, segunda e terceira matrizes tendo associadas a elas os

respectivos primeiro, segundo e terceiro planos de inclinação dois dos quais não são paralelos entre si.

20. Artigo, de acordo com a reivindicação 19, **CARACTERIZADO** pelo fato de que para cada uma das primeira, segunda e terceira matrizes, o dado conjunto de sulcos é um de um conjunto de sulcos longitudinais que define um intervalo de sulcos longitudinais, e cada um dos primeiro, segundo e terceiro ladrilhos tem uma largura igual a um múltiplo inteiro do respectivo intervalo de sulco longitudinal.

21. Artigo, de acordo com a reivindicação 14, **CARACTERIZADO** pelo fato de que a superfície estruturada fornece um índice de uniformidade a um ângulo de entrada de 30 graus de pelo menos 4, ou pelo menos 5, ou pelo menos 6.

22. Artigo, de acordo com a reivindicação 14, **CARACTERIZADO** pelo fato de que a pluralidade de ladrilhos é, cada uma, alongada paralela ao eixo no plano.

23. Artigo que tem uma superfície estruturada, a superfície estruturada sendo segmentada em uma pluralidade de ladrilhos, o artigo compreendendo:

um primeiro, segundo e terceiro ladrilho compreendendo respectivas primeira, segunda e terceira matrizes de prismas inclinados, as primeira, segunda e terceira matrizes tendo associadas a elas respectivos primeiro, segundo e terceiro planos de inclinação dois dos quais não são paralelos entre si;

em que os prismas nas primeira, segunda e terceira matrizes são **CARACTERIZADOS** por triângulos de base tendo respectivos primeiro, segundo e terceiro conjuntos ordenados de ângulos de base;

em que os primeiro e segundo conjuntos ordenados de ângulos de base são iguais entre si; e

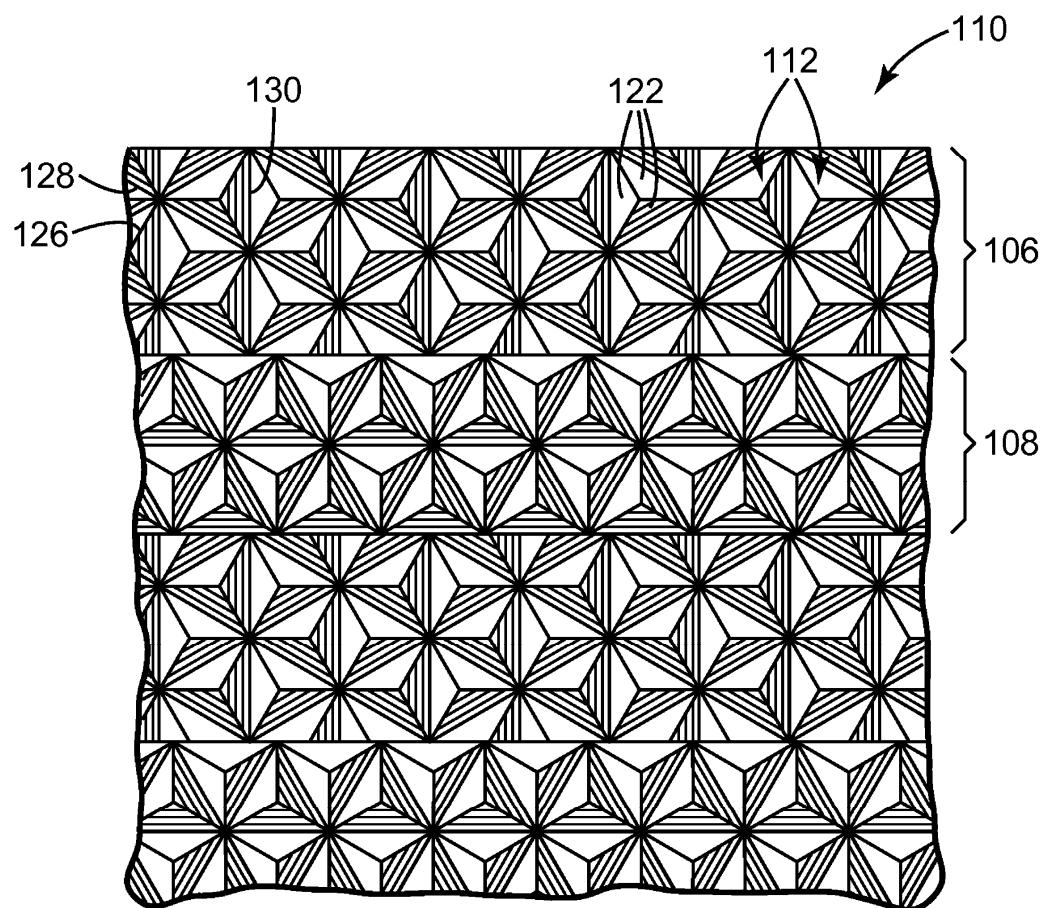
em que os primeiro e terceiro conjuntos ordenados de ângulos de base são permutações um do outro.

24. Artigo, de acordo com a reivindicação 23, **CARACTERIZADO** pelo fato de que cada uma das primeira, segunda e terceira matrizes tem um conjunto de

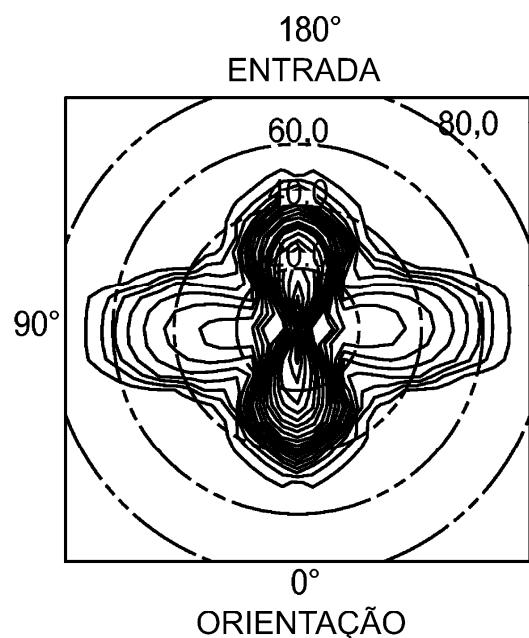
sulcos, cujos sulcos estendem-se paralelamente a uma borda do respectivo ladrilho.

25. Artigo, de acordo com a reivindicação 23, **CARACTERIZADO** pelo fato de que cada uma das primeira, segunda e terceira matrizes é definida por três conjuntos de sulcos paralelos que se cruzam entre si para formar os prismas.

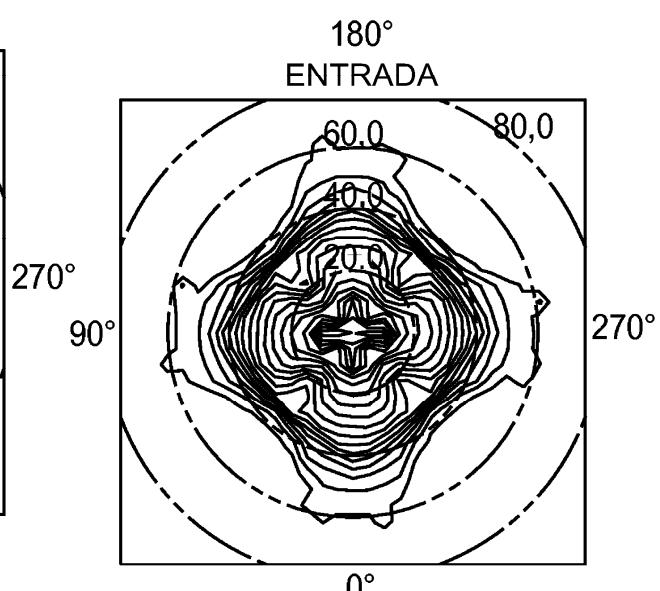
26. Artigo, de acordo com a reivindicação 23, **CARACTERIZADO** pelo fato de que a superfície estruturada fornece um índice de uniformidade a um ângulo de entrada de 30 graus de pelo menos 4, ou pelo menos 5, ou pelo menos 6.



**FIG. 1**



**FIG. 1A**



**FIG. 1B**

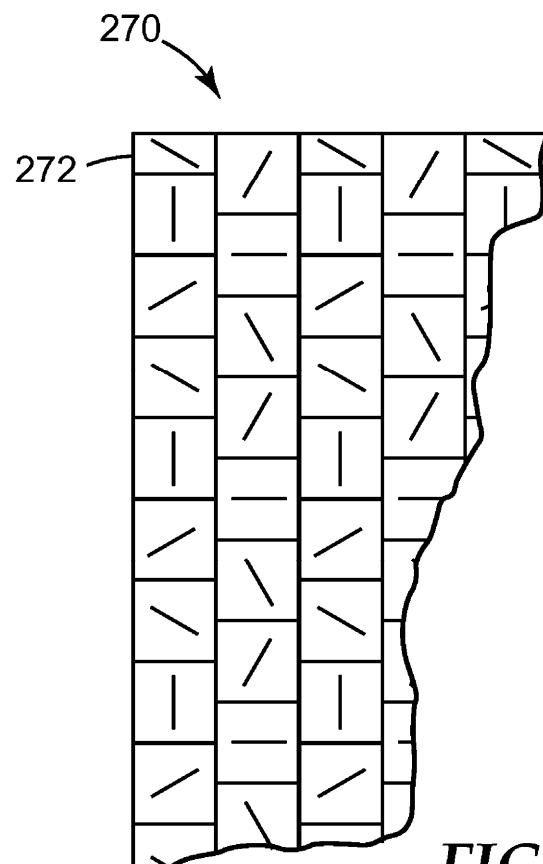


FIG. 2

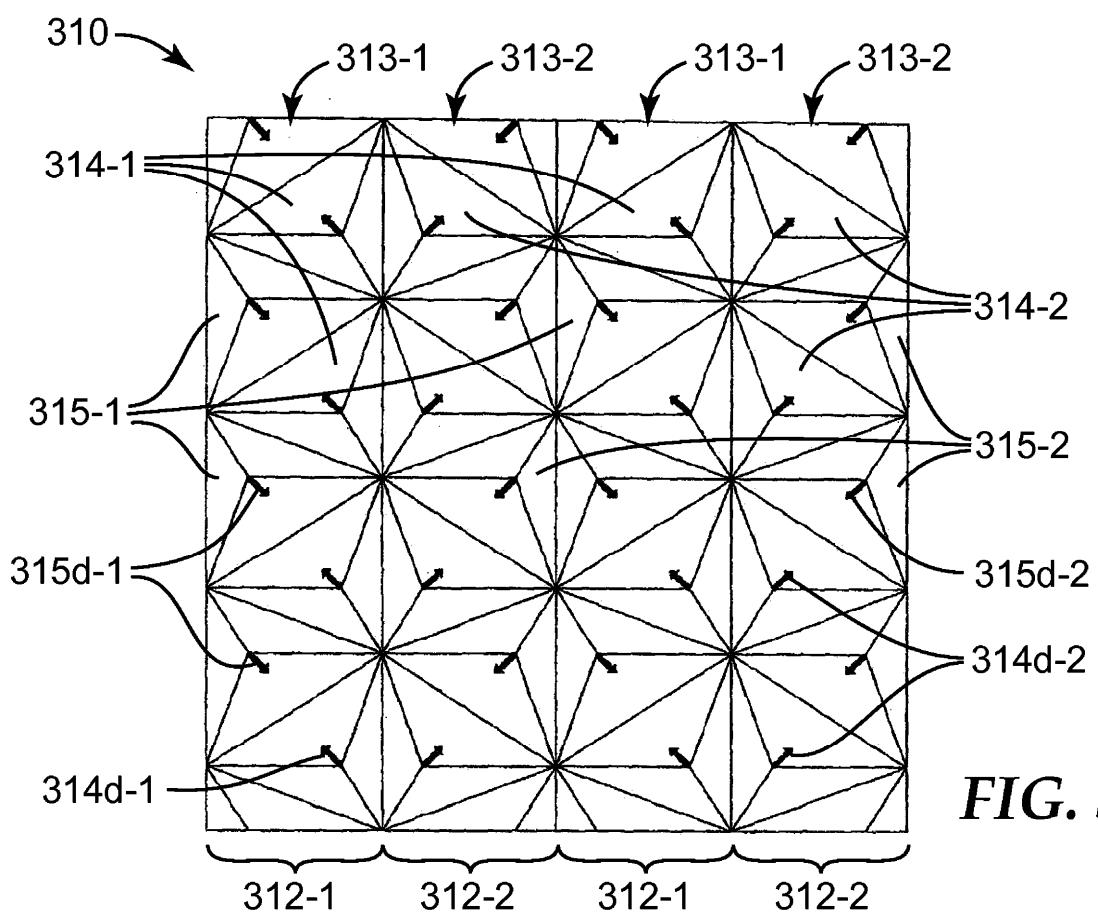


FIG. 3

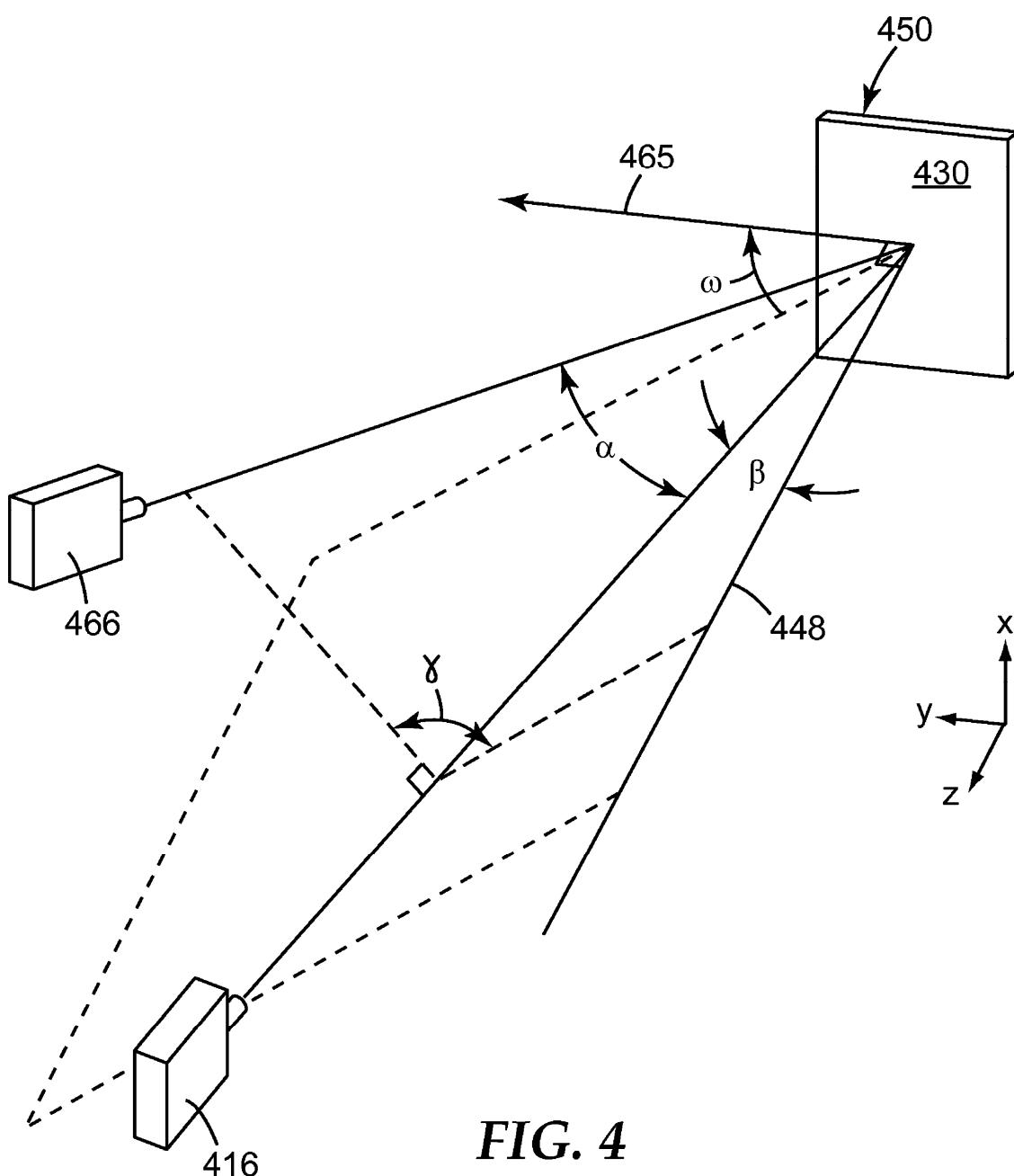


FIG. 4

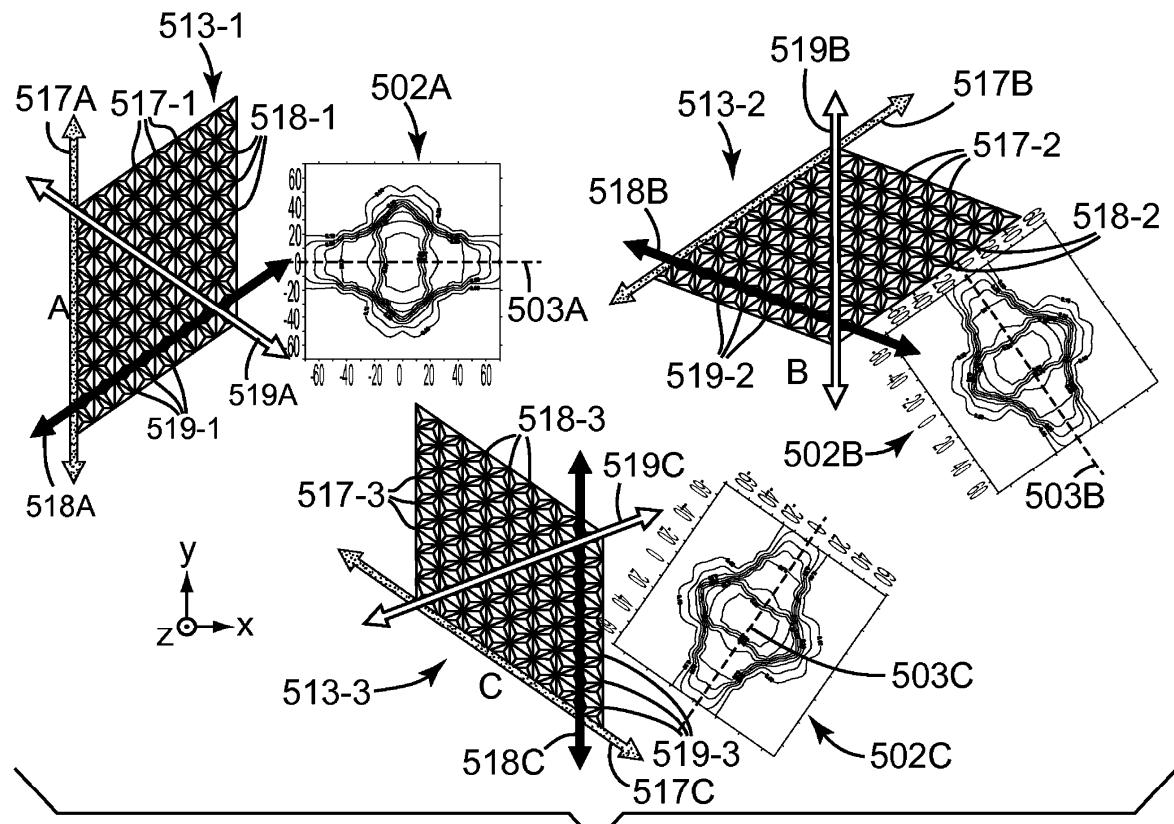


FIG. 5

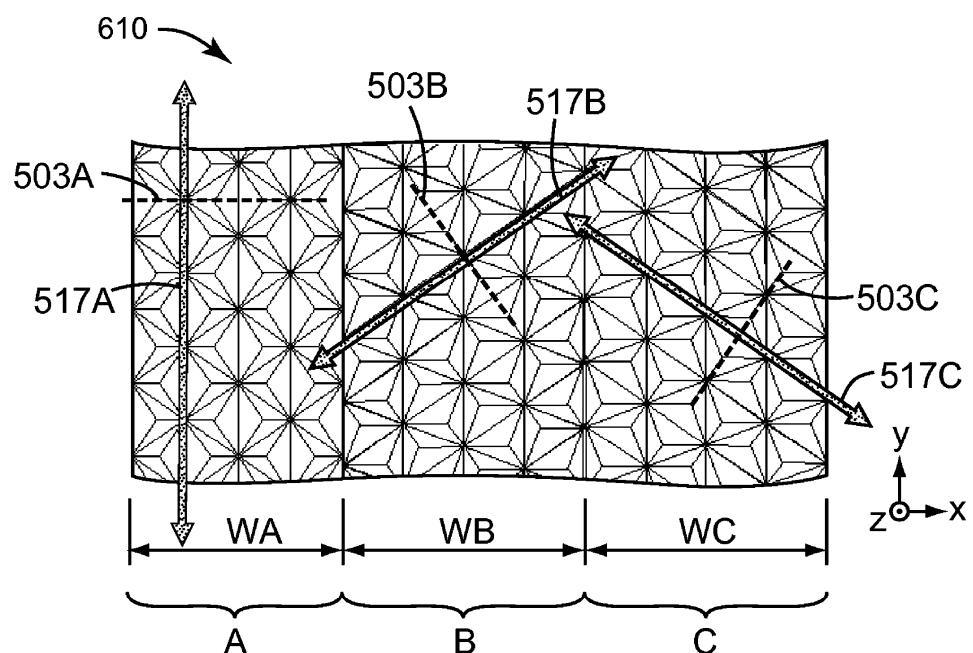
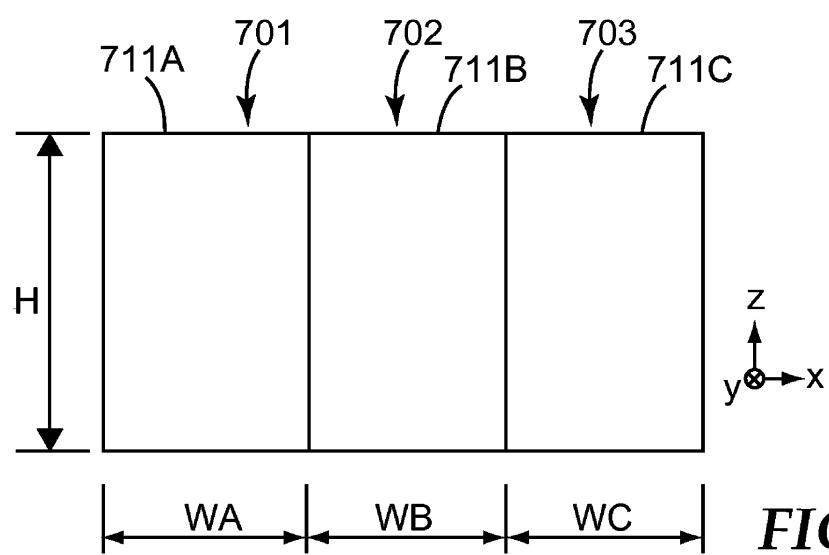
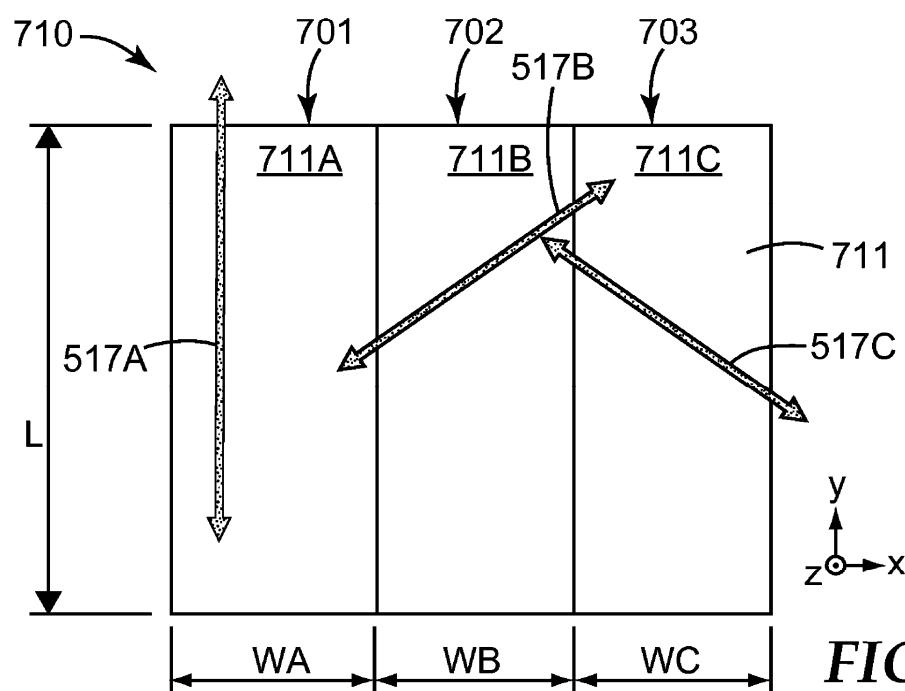
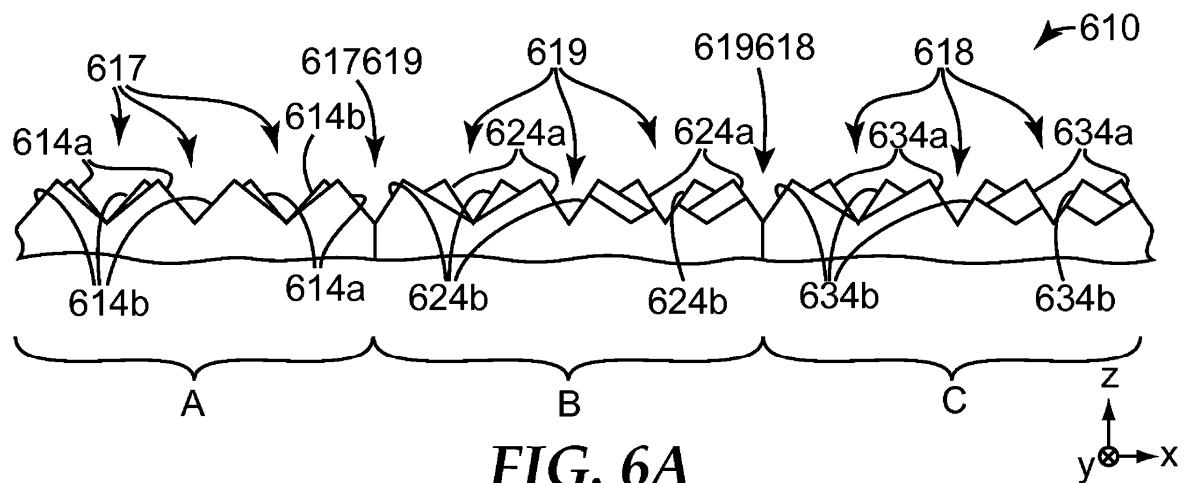
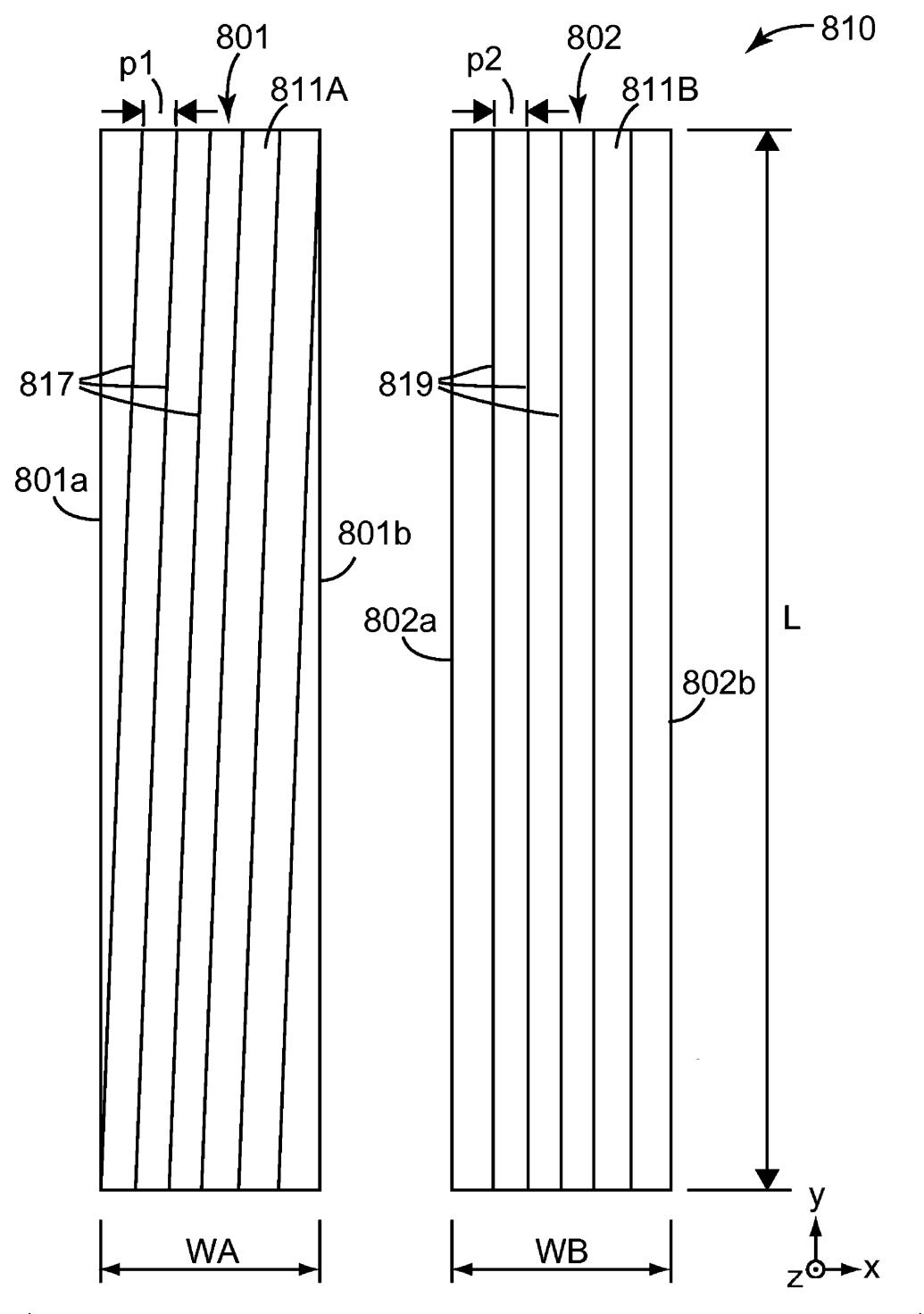
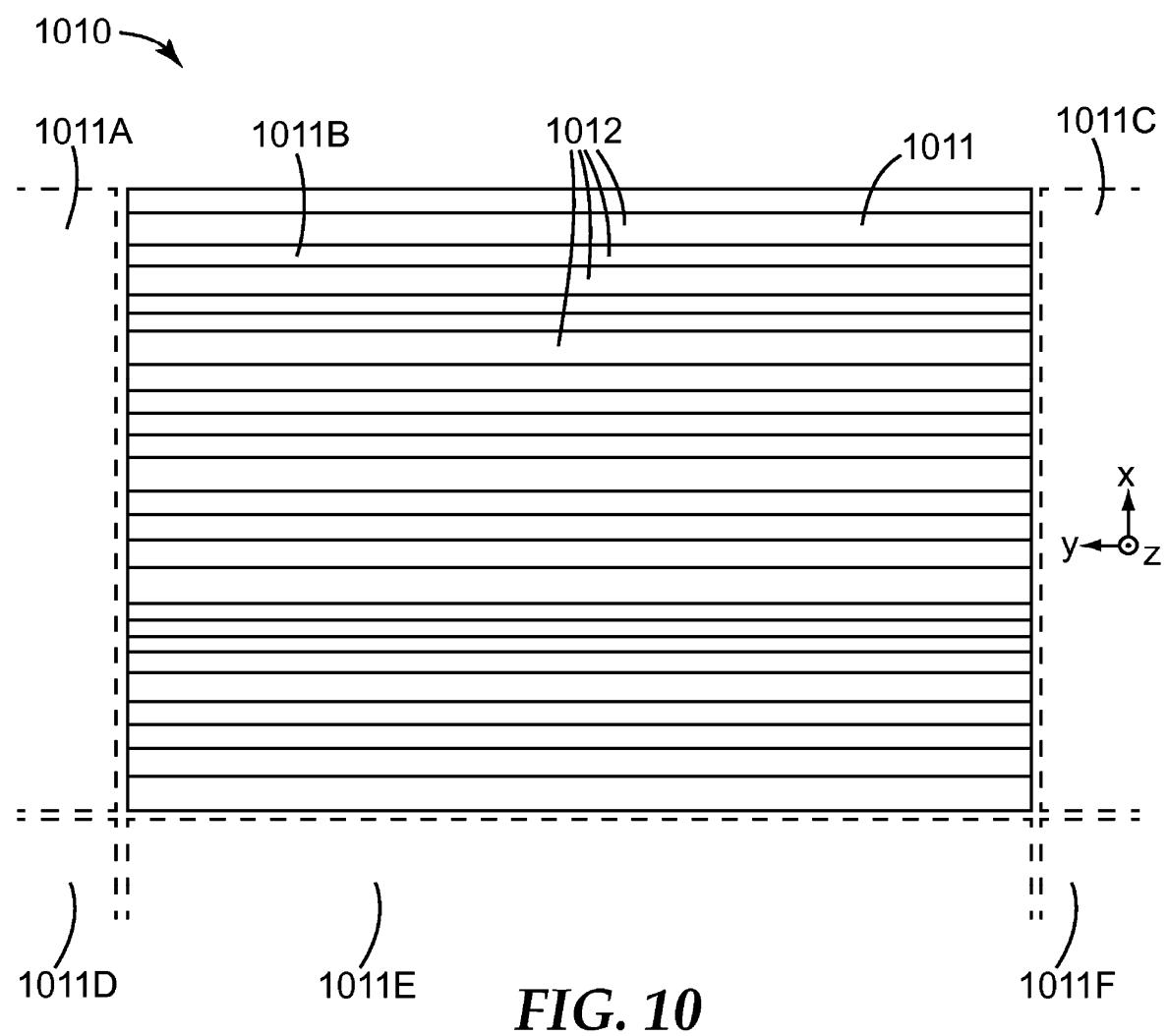
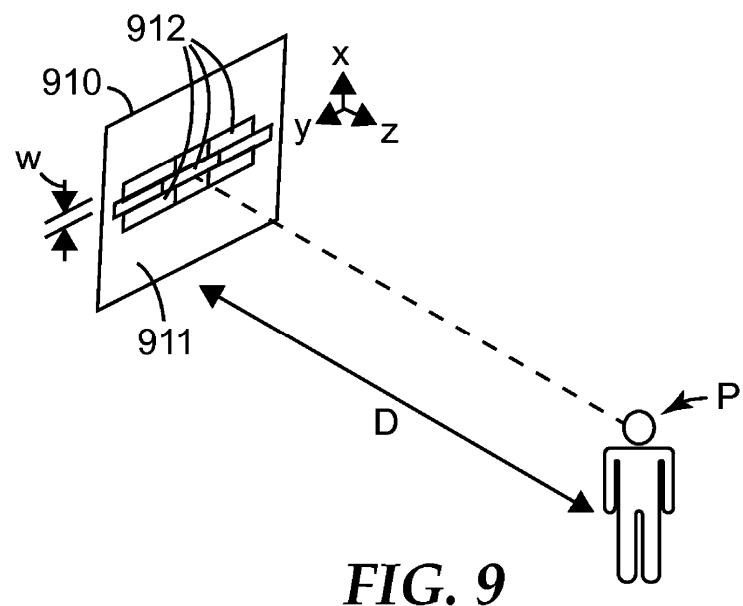


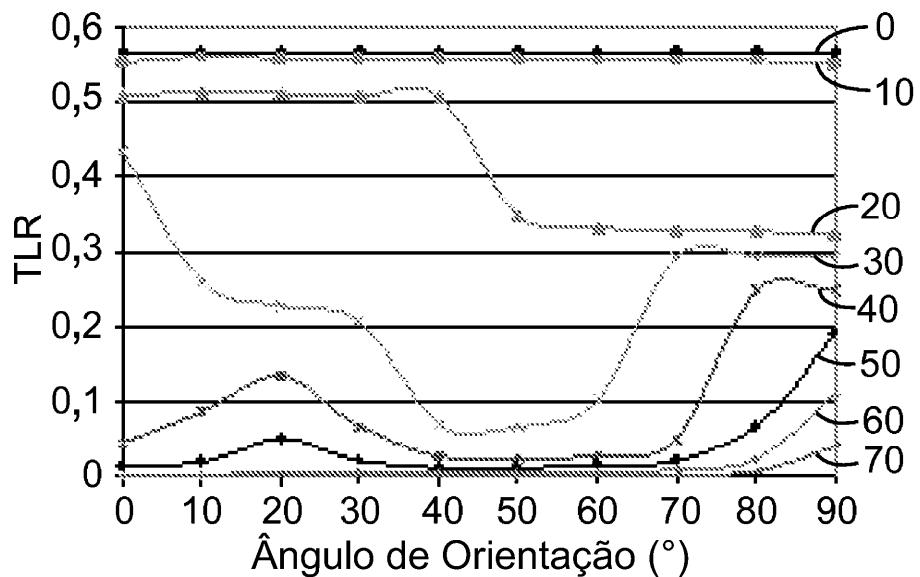
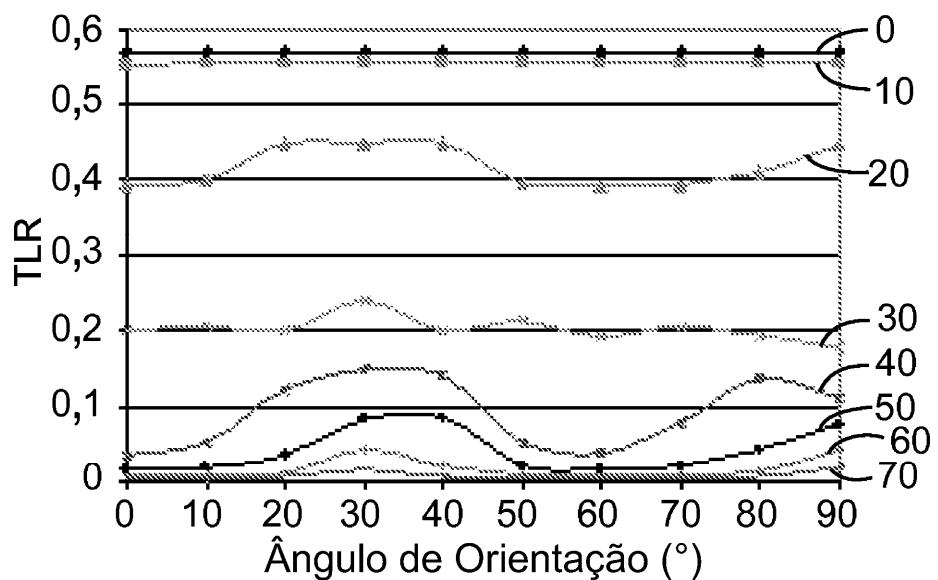
FIG. 6





**FIG. 8**



**FIG. 11A****FIG. 11B**

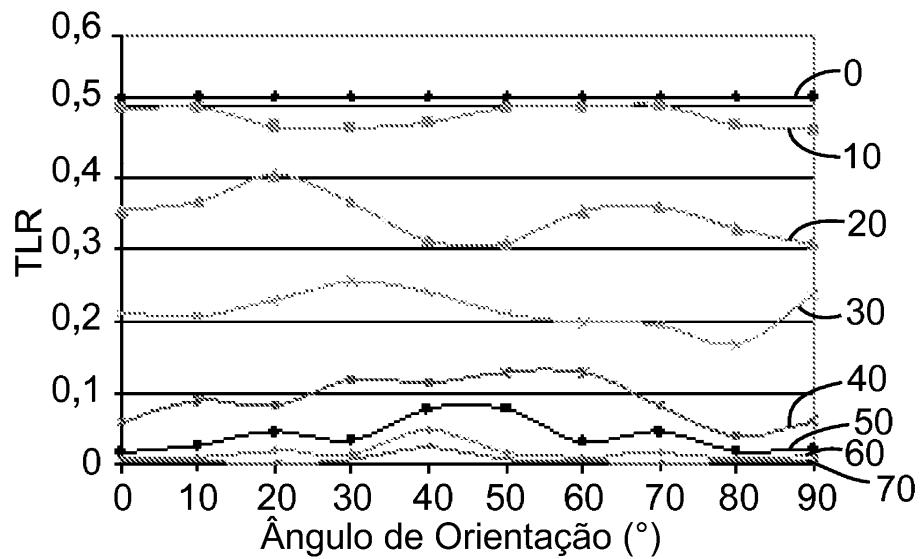


FIG. 12

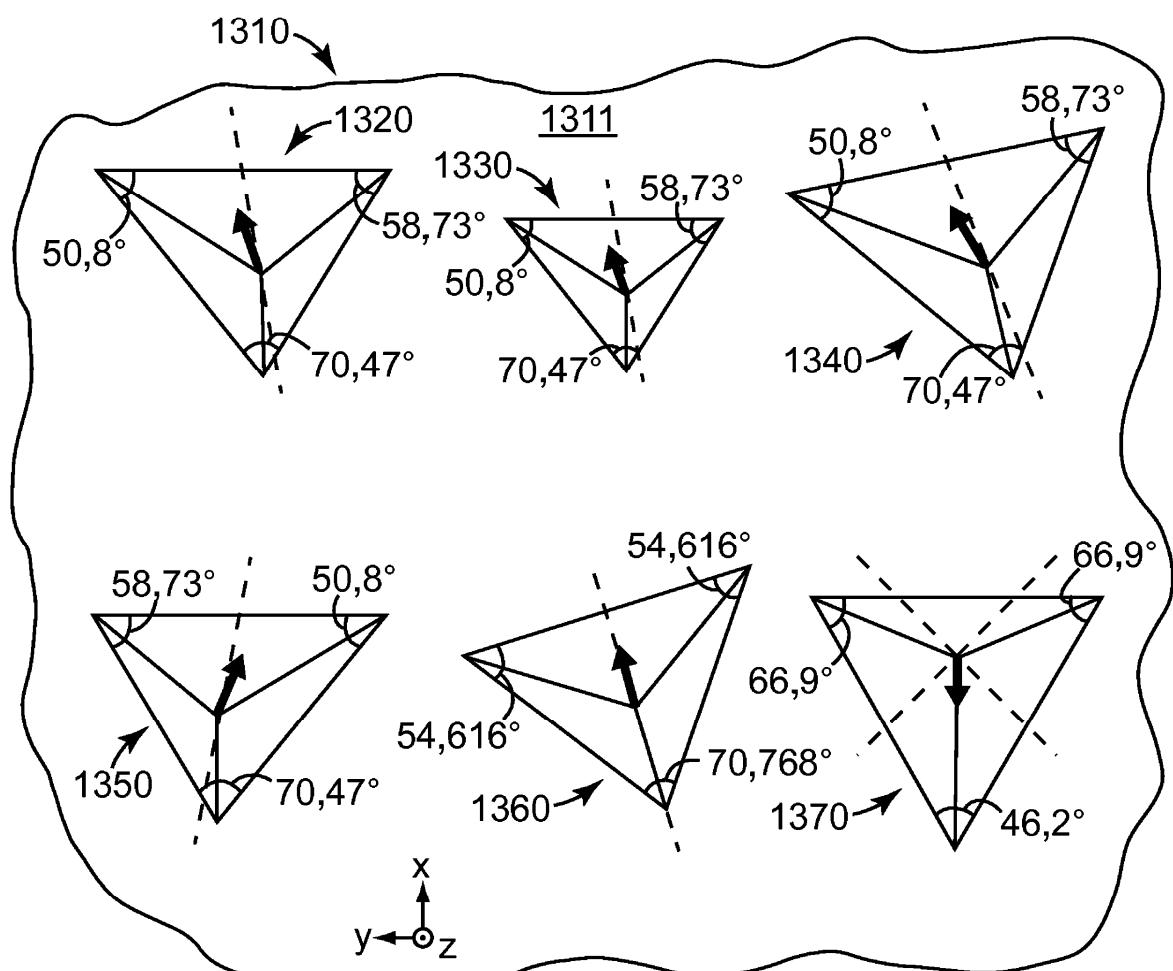
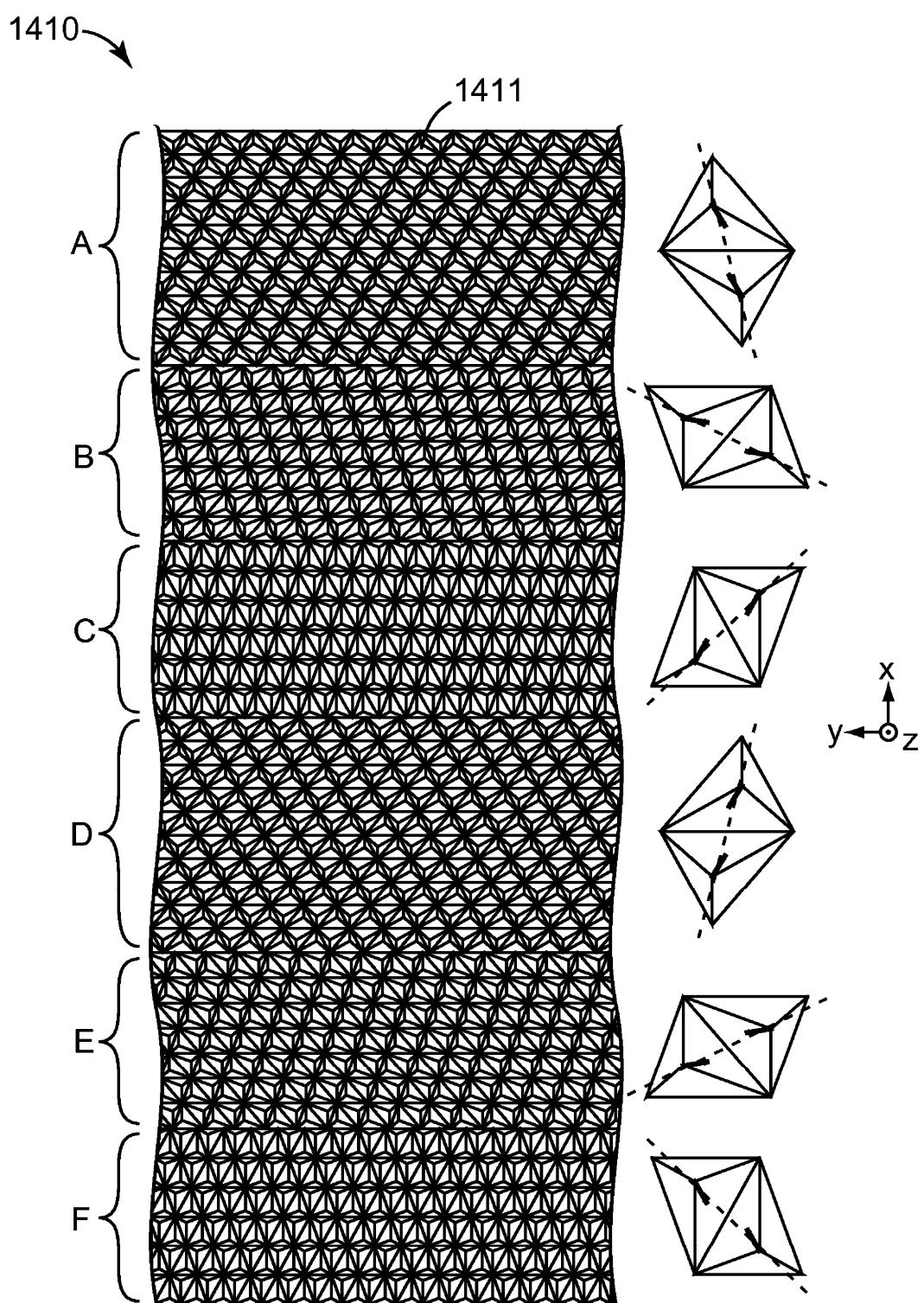


FIG. 13



**FIG. 14**

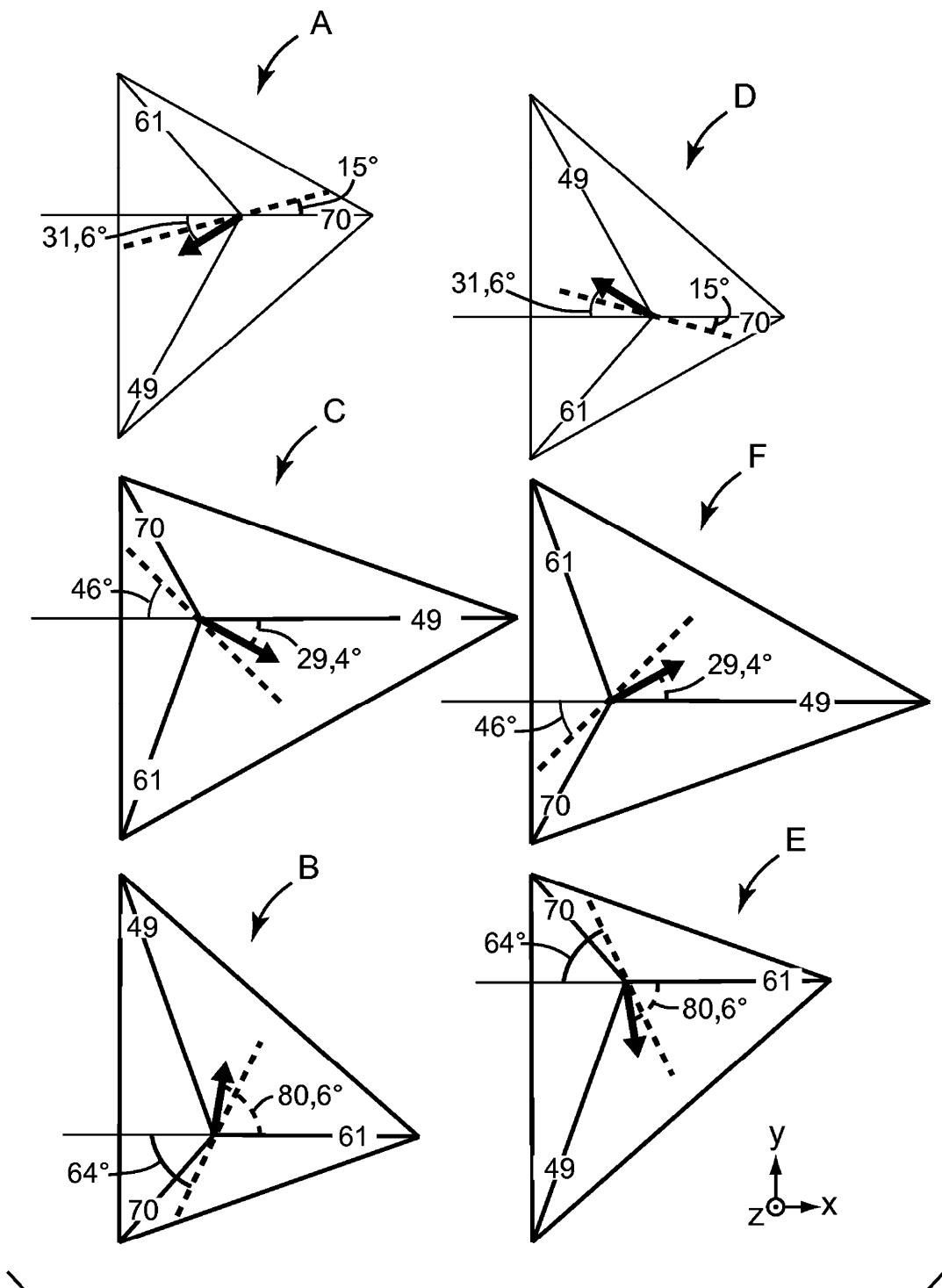
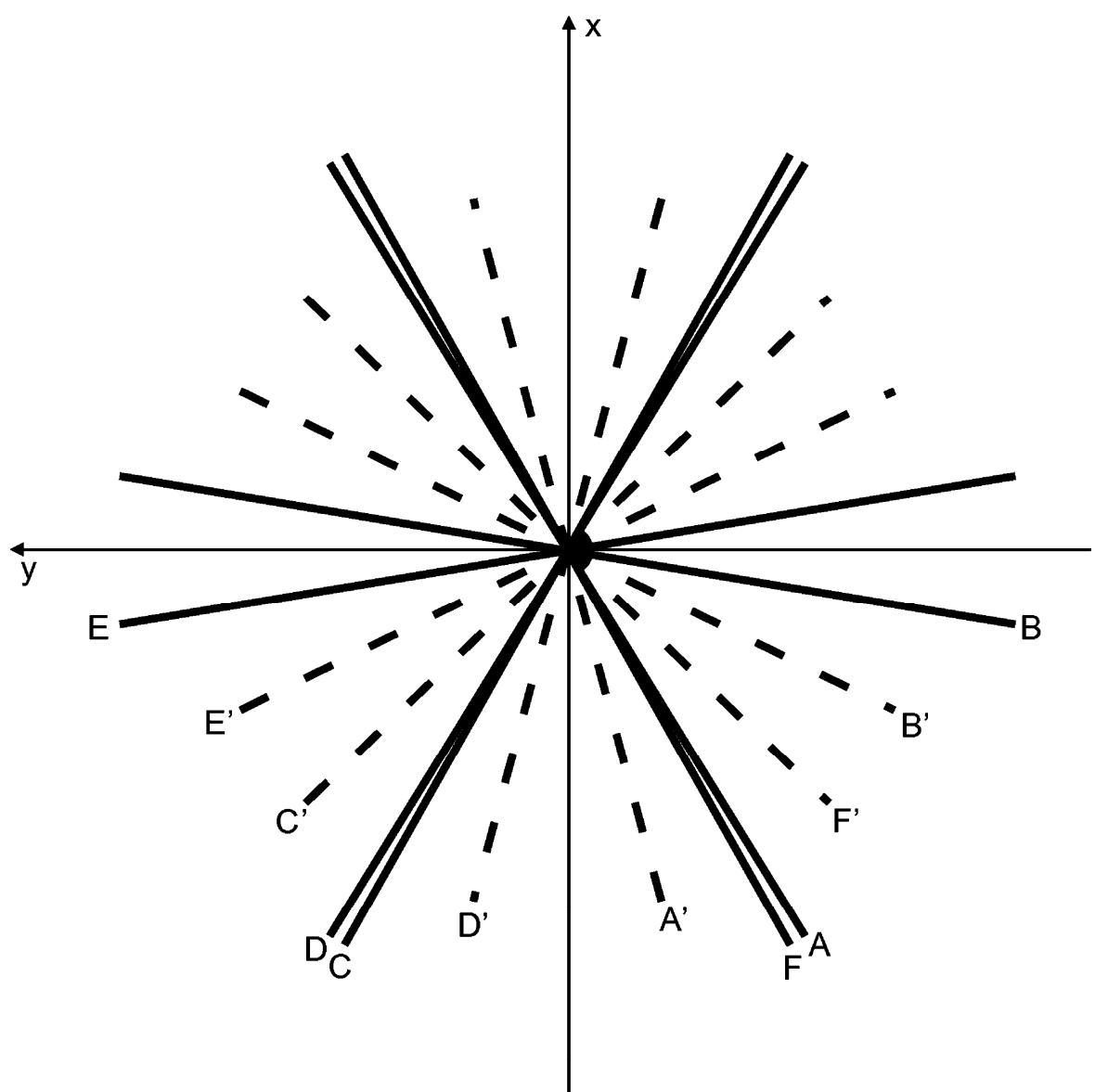
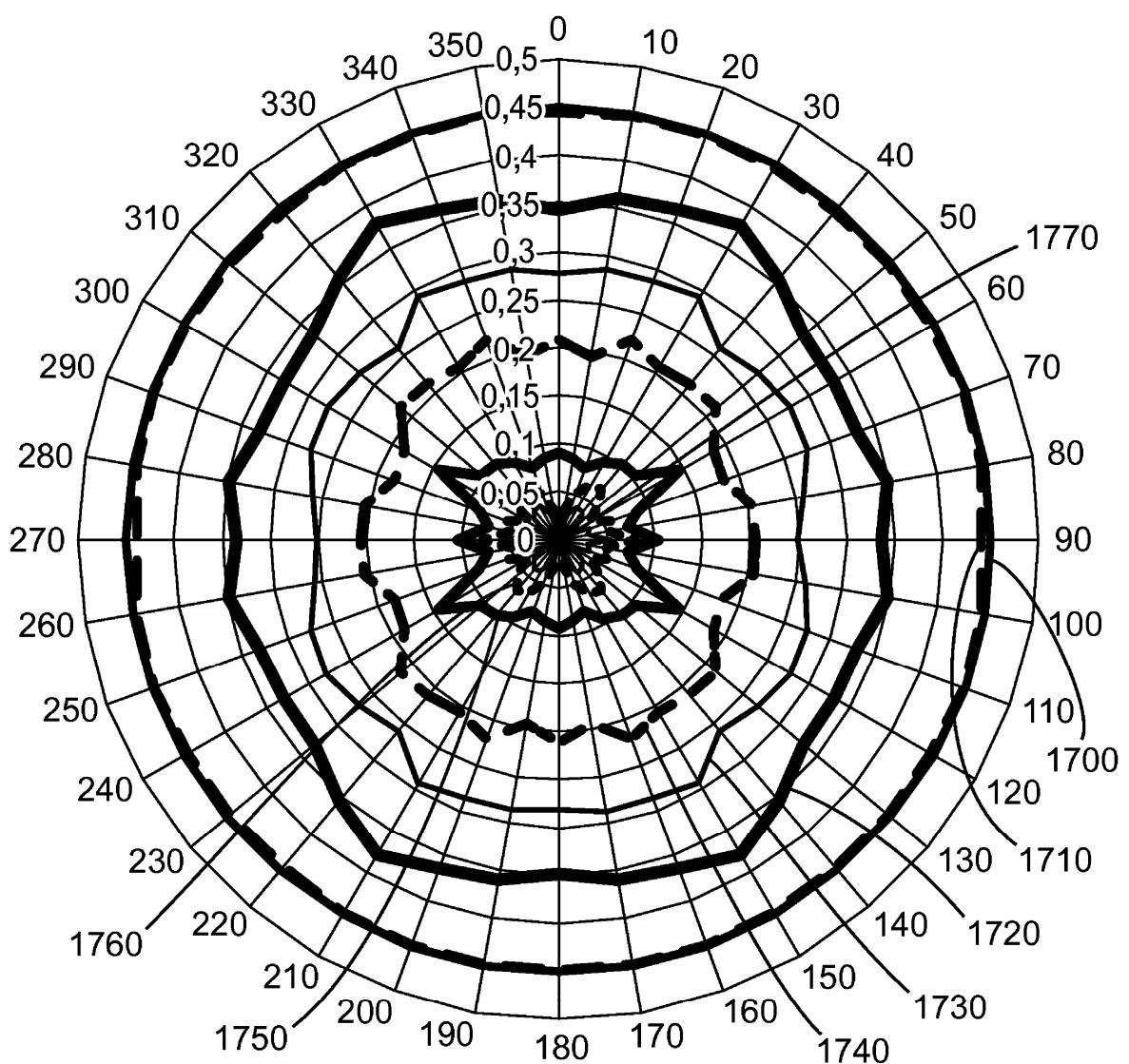


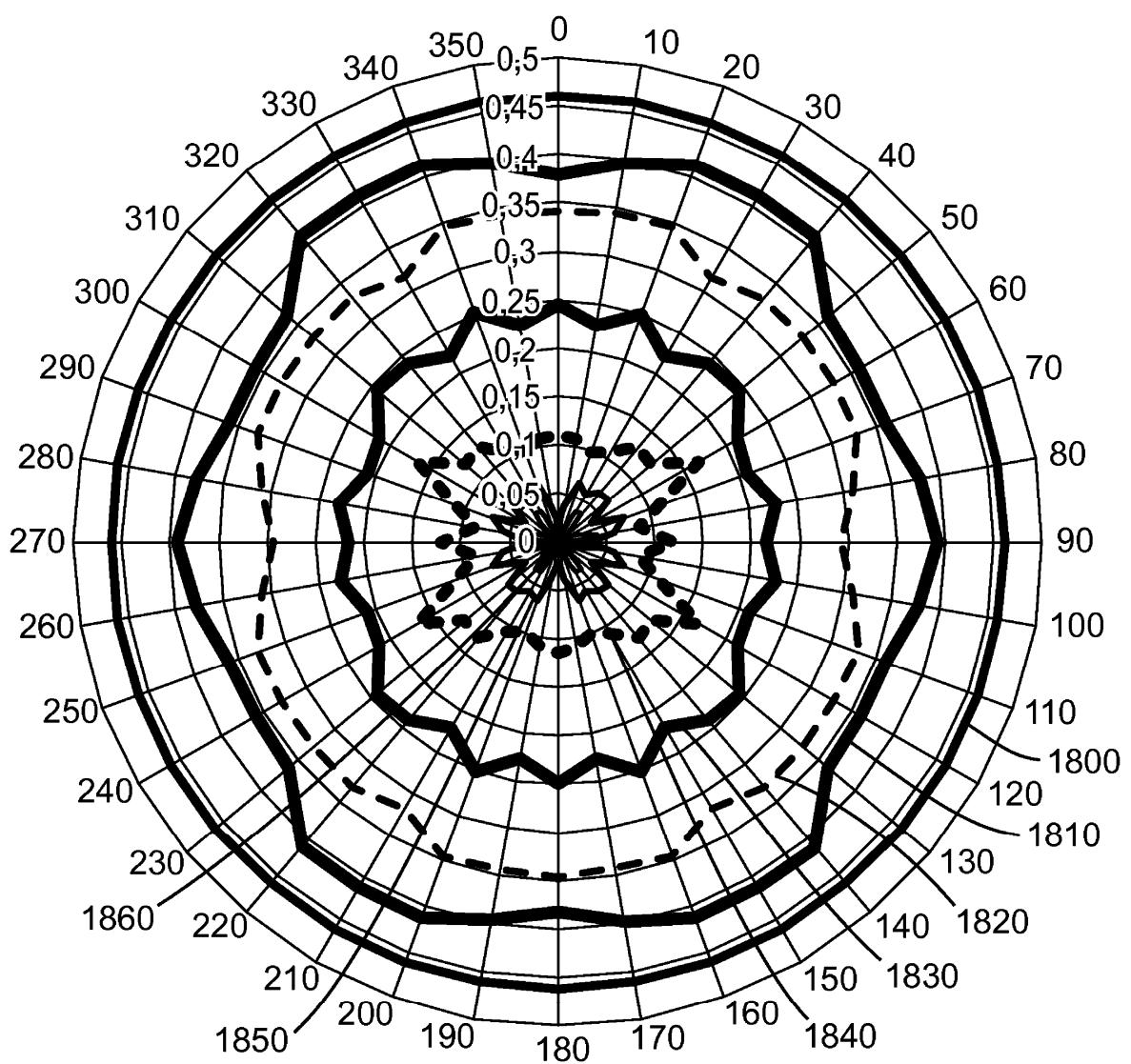
FIG. 15



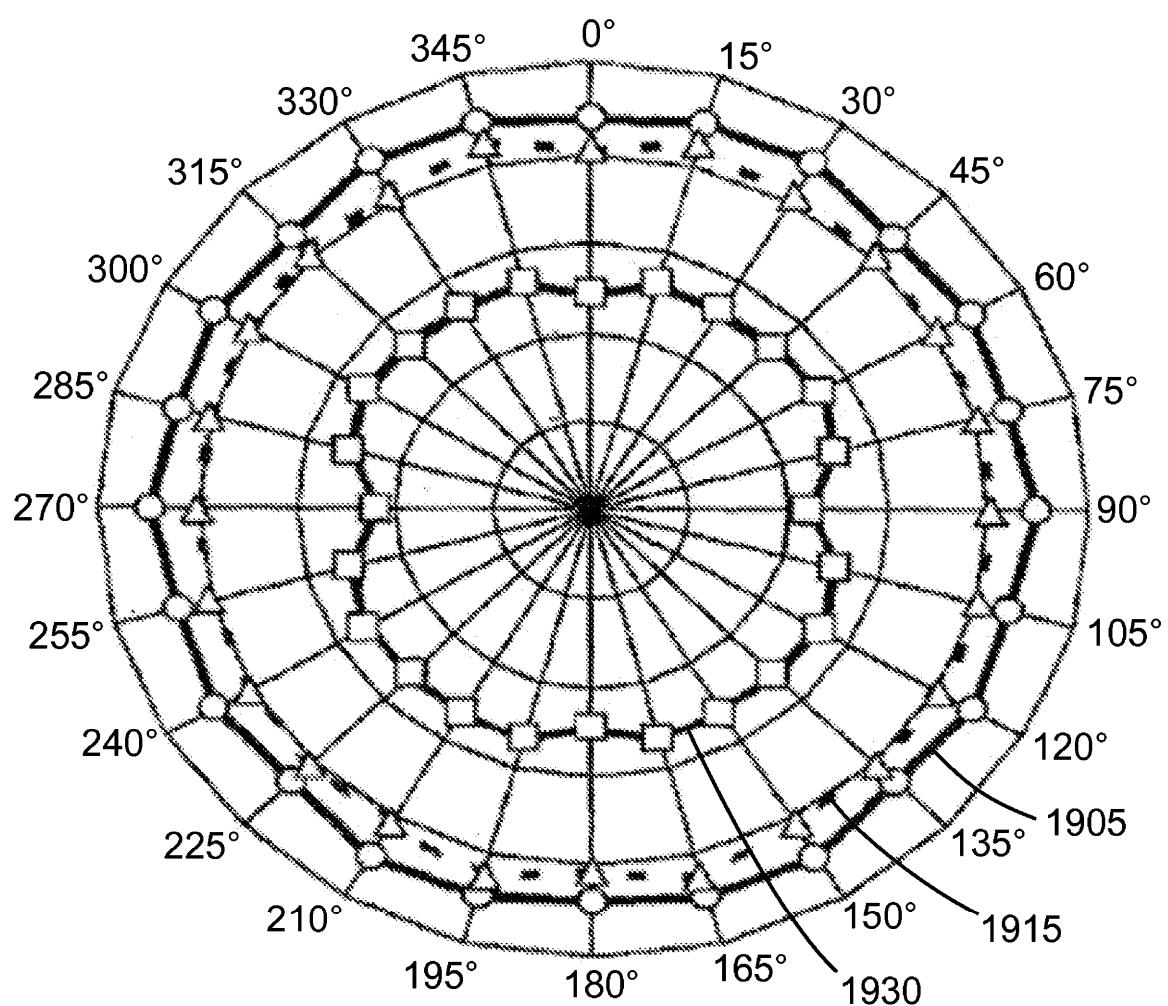
*FIG. 16*



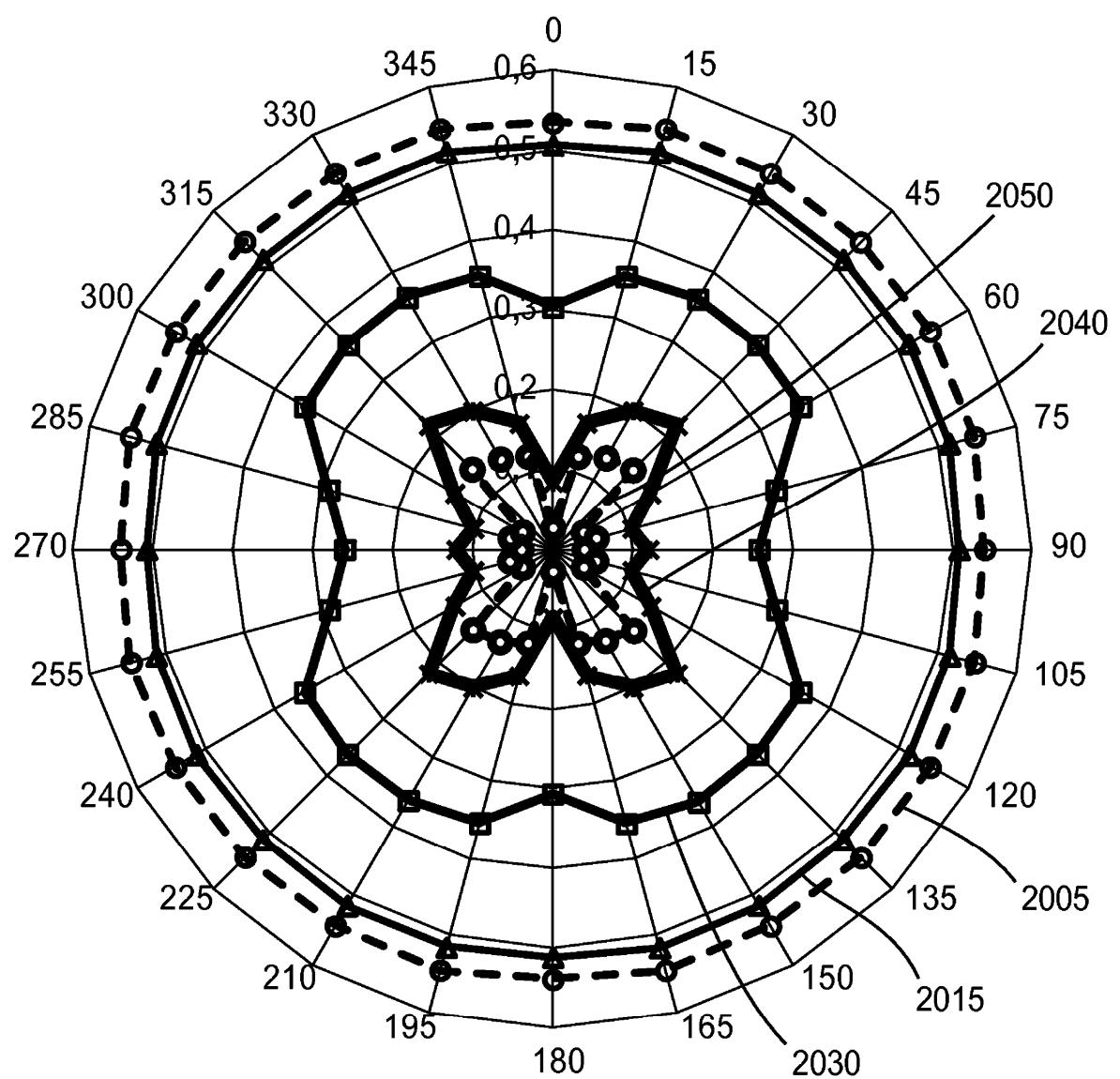
**FIG. 17**



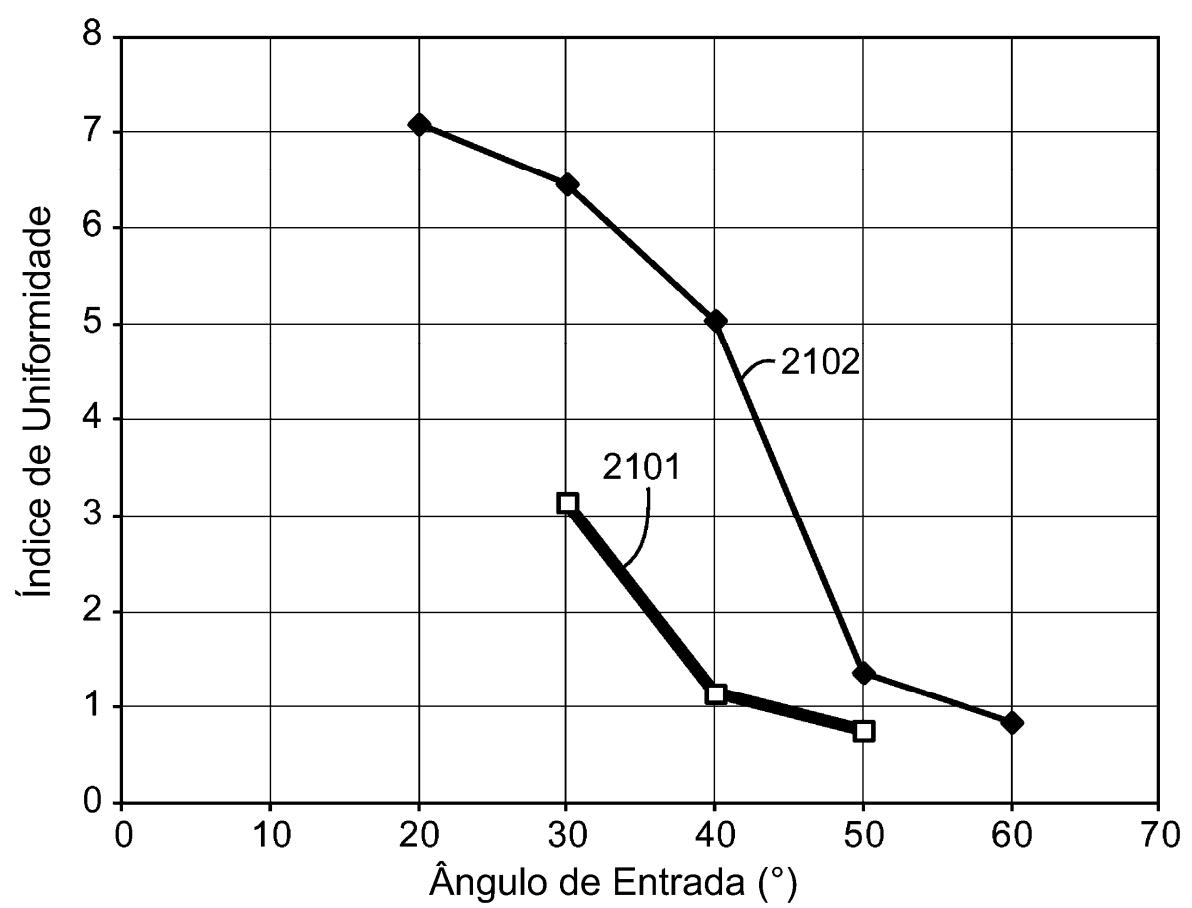
**FIG. 18**



**FIG. 19**



**FIG. 20**



**FIG. 21**