



República Federativa do Brasil
Ministério do Desenvolvimento, Indústria
e do Comércio Exterior
Instituto Nacional da Propriedade Industrial

(21) PI 0716032-1 A2



* B R P I 0 7 1 6 0 3 2 A 2 *

(22) Data de Depósito: 10/08/2007

(43) Data da Publicação: 30/07/2013
(RPI 2221)

(51) Int.Cl.:

B42D 15/10

B42D 15/00

(54) Título: DISPOSITIVO DE SEGURANÇA
OPTICAMENTE VARIÁVEL, E, DOCUMENTO DE
SEGURANÇA

(30) Prioridade Unionista: 10/08/2006 GB 0615919.8

(73) Titular(es): De La Rue International Limited

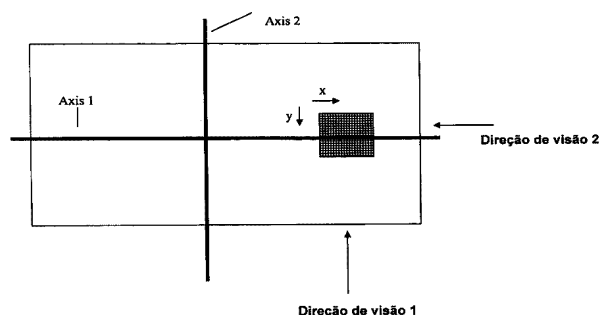
(72) Inventor(es): Robert Whiteman

(74) Procurador(es): Momsen, Leonardos & CIA.

(86) Pedido Internacional: PCT GB2007003064 de
10/08/2007

(87) Publicação Internacional: WO 2008/017869de
14/02/2008

(57) Resumo: "DISPOSITIVO DE SEGURANÇA OPTICAMENTE VARIÁVEL, E, DOCUMENTO DE SEGURANÇA". A presente invenção diz respeito a um dispositivo de segurança opticamente variável que compreende um cristal fotônico para o qual luz incidente recebida pelo cristal é seletivamente refletida ou transmitida pelo cristal para gerar um primeiro efeito opticamente variável observável em um primeiro conjunto de direções. Luz incidente recebida pelo cristal é também seletivamente refletida ou transmitida pelo cristal para gerar o efeito óptico observável em um segundo conjunto de direções que é diferente do primeiro conjunto.



“DISPOSITIVO DE SEGURANÇA OPTICAMENTE VARIÁVEL, E, DOCUMENTO DE SEGURANÇA”

FUNDAMENTOS DA INVENÇÃO

5 A presente invenção diz respeito a melhorias em dispositivos de segurança que podem ser usados em variadas formas e dimensões para várias aplicações de autenticação ou segurança.

Documentos de segurança, tais como cédulas, agora frequentemente levam dispositivos opticamente variáveis que exibem reflexão colorida angularmente dependentes. Isto foi motivado pelo progresso nos
10 campos de publicação e digitalização de mesa de trabalho a base de computador, que torna tecnologias de impressão de segurança convencionais, tais como gravação e offset, mais propensas a tentativas de replicar e imitar. É bem conhecido pela tecnologia anterior o uso de materiais de cristal líquido ou estruturas de interferência de filme fino para gerar tal reflexão colorida
15 angularmente dependente. Exemplos de dispositivos de segurança baseados em cristal líquido estão descritos em EP0435029, WO03061980 e EP1156934, e exemplos de dispositivos de segurança que utilizam estruturas de interferência de filme fino estão descritas em US4186943 e US20050029800.

20 A natureza plana de filmes de cristal líquido e estruturas de interferência de filme fino faz com que a reflexão colorida angularmente dependente observada apresente variação espacial limitada, por exemplo, uma mudança simples de vermelho para verde mediante inclinação do dispositivo de segurança para fora da incidência normal.

25 Cristais fotônicos são materiais ópticos estruturados nos quais o índice refrativo varia periodicamente em duas ou preferivelmente três dimensões. Esses materiais apresentam uma faixa de efeitos ópticos interessantes quando submetidos a radiação eletromagnética de um comprimento de onda comparável com a modulação espacial do índice

refrativo. Reflexão de Bragg pode ocorrer em uma faixa de comprimentos de onda que depende da direção de incidência/propagação e da periodicidade da variação do índice refrativo. Isto dá origem a "lacunas de energia fotônica" que são análogas às folgas da banda eletrônica em semicondutores.

5 Tipicamente, ondas eletromagnéticas em uma certa faixa de frequência não podem propagar em direções particulares no cristal, e radiação eletromagnética incidente nesses comprimentos de onda é conseqüentemente refletida. É a presença de tais folgas de banda fotônica parcial que dá origem a cores tremeluzentes em gemas de opala.

10 Em geral, existe uma dependência complexa do comprimento de onda, direção de propagação e polarização que dita quais ondas eletromagnéticas podem propagar no cristal fotônico e aquelas que são de outra forma refletidas. Entretanto, se a modulação no índice refrativo for suficientemente forte, a propagação de certas frequências pode ser impedida
15 para qualquer direção cristalina, e surge uma lacuna da banda fotônica completa. Neste caso, luz é impedida de propagar no cristal em qualquer direção, e o material age como um refletor ideal, de maneira tal que toda a luz de um comprimento de onda dentro da faixa da lacuna da banda seja perfeitamente refletida independente da direção incidente.

20 Existem dois métodos bem documentados de fabricar estruturas com a variação altamente ordenada necessária no índice refrativo – microfabricação e automontagem. Por causa da complexidade de microfabricação, esforço considerável tem sido despendido para investigar sistemas de automontagem compreendidos de arranjos tridimensionais
25 submicrométricos de esferas dielétricas. Tais cristais fotônicos são formados deixando que uma suspensão coloidal de esferas identicamente dimensionadas se sedimentem lentamente pela ação da gravidade, ou pela aplicação de uma força externa, de maneira tal que as esferas se ordenem naturalmente. Um exemplo bem conhecido é a fabricação de estruturas de opala sintética onde

esferas de sílica submicrométricas uniformemente dimensionadas são organizadas por meio de um processo de sedimentação em uma estrutura cristalina cúbica de face centrada.

5 Melhorias adicionais nesta técnica foram desenvolvidas, de maneira tal que opala sintética aja como um precursor ou gabarito para customizar ainda mais a estrutura. Mostrou-se que é possível usar tais sistemas como gabaritos para conceber materiais conhecidos como opalas invertidas. Aqui, os vazios entre as esferas de sílica são primeiramente preenchidos com materiais de alto índice refrativo, e a sílica é então
10 dissolvida por meios químicos para dar um material que consiste em esferas de ar separadas por uma matriz uniforme do material de alto índice refrativo.

O uso de cristais fotônicos para gerar reflexão colorida angularmente dependente está descrito em WO03062900 e US20050228072. As propriedades ópticas de cristais fotônicos podem ser produzidas por
15 engenharia ou variadas até um maior valor do que as propriedades ópticas de cristal líquido plano e dos dispositivos de interferência de filme fino. Primeiramente, a dependência angular e do comprimento de onda da luz refletida pode ser mais facilmente controlada variando-se a estrutura do reticulado cristalino tanto simplesmente ajustando o tamanho de esfera
20 quando a separação das esferas. Similarmente, reflexões/transmissões habilitadas e desabilitadas selecionadas podem ser provocadas por engenharia ou melhoradas introduzindo-se defeitos estruturais no reticulado, ou introduzindo-se nanopartículas na estrutura. Isto em princípio dá liberdade para modificar e produzir por engenharia uma estrutura de bandas e,
25 conseqüentemente, a dependência do comprimento de onda e espacial da reflexividade.

O uso de cristais fotônicos em dispositivos de segurança foi limitado e, na tecnologia anterior, seu uso é limitado a uma simples reflexão colorida angularmente dependente que o autenticador observa inclinando o

dispositivo. Não existe também nenhum preceito na tecnologia anterior de como incorporar tais dispositivos em documentos de segurança, de maneira tal que os efeitos ópticos adicionais possíveis pelos cristais fotônicos, comparados com outros materiais dicróicos bem conhecidos, possam ser usados para validar o documento. O objetivo da presente invenção é melhorar a segurança dos dispositivos descritos na tecnologia anterior.

De acordo com a presente invenção, é provido um dispositivo de segurança opticamente variável compreendendo um cristal fotônico para o qual luz incidente recebida pelo cristal é seletivamente refletida ou transmitida pelo cristal para gerar um primeiro efeito opticamente variável observável em um primeiro conjunto de direções, e luz incidente recebida pelo cristal é seletivamente refletida ou transmitida pelo cristal para gerar um efeito óptico, diferente do primeiro efeito opticamente variável, observável em um segundo conjunto de direções que é diferente do primeiro conjunto.

O efeito óptico pode produzir um efeito não opticamente variável, tal como reflexão da luz incidente em todos comprimentos de onda. Tipicamente, entretanto, o efeito óptico gerado é um segundo efeito opticamente variável que é diferente do primeiro.

Preferivelmente, o dispositivo de segurança opticamente variável, portanto, compreende um cristal fotônico que apresenta pelo menos uma reflexão colorida angularmente dependente observável em um primeiro conjunto de direções e uma segunda reflexão colorida angularmente dependente observável em um segundo conjunto de direções que é diferente do primeiro conjunto. O primeiro e/ou segundo conjuntos de direções pode ficar disposto substancialmente nos respectivos planos.

A presente invenção portanto fornece um efeito óptico bidirecional. Preferivelmente, portanto, o primeiro e segundo efeitos opticamente variáveis dependem da orientação cristalina com relação à luz incidente. Além disso, tipicamente os efeitos opticamente variáveis são

função do ângulo de visão com relação ao cristal.

Portanto, a invenção fornece um efeito de segurança melhorado, provendo dois efeitos diferentes quando vistos de posições diferentes à medida que o dispositivo de segurança é rotacionado.

5 Preferivelmente, cada efeito é visível a um observador humano, embora ele possa, adicionalmente, ou alternativamente, ser legível por máquina.

Luz refletida no contexto da presente invenção inclui tanto luz especularmente refletida quanto luz dispersa.

10 Materiais de cristal fotônico adequados para uso com a invenção são aqueles onde a lacuna da banda fotônica total ou parcial exigida não tem simetria rotacional em torno da normal com sua superfície. Por exemplo, a variação espacial da lacuna da banda associada com luz incidente no plano x-z pode ser diferente em relação à do plano y-z. Em decorrência disto, a cor da luz refletida em um ângulo azimutal arbitrário no plano x-z não
15 será em geral a mesma da luz refletida no mesmo ângulo azimutal no plano y-z. Assim, para um ângulo azimutal arbitrário, a superfície parecerá mudar a cor mediante rotação. Preferivelmente, a lacuna da banda fotônica total ou parcial pode também ser função do ângulo azimutal em um ou ambos planos, de maneira tal que um ou ambos os planos também apresentem uma mudança
20 de cor angularmente dependente.

Um método de conseguir este efeito é prover um cristal fotônico formado de esferas de um primeiro material e uma matriz do segundo material, em que cada material tem um respectivo índice refrativo diferente, o arranjo relativo das esferas e da matriz provendo os diferentes
25 efeitos nos respectivos conjuntos de direções.

Os parâmetros estruturais do cristal fotônico podem ser arrançados para ser diferentes em diferentes regiões do cristal, de maneira a gerar efetivamente múltiplos cristais com diferentes propriedades ópticas. Além disso, o "cristal" pode compreender uma pluralidade de cristais

individuais.

Vários tipos de cristais podem ser usados para realizar a presente invenção, e deve-se notar que o termo "cristal fotônico" deve incluir quase cristais que apresentam este efeito, bem como cristais "não quase" fotônicos ordenados convencionais.

É também considerado que os parâmetros estruturais do cristal fotônico possam ser arranjados para ser diferentes em diferentes regiões do cristal, de maneira a gerar efetivamente múltiplos cristais com diferentes propriedades ópticas. Além disso, o "cristal" pode compreender uma pluralidade de cristais individuais.

A luz pode compreender luz visível e/ou não visível, portanto, incluindo, por exemplo, luz ultravioleta e infravermelha. Bandas de comprimento de onda larga ou estreita podem ser usadas. Similarmente, o cristal fotônico pode ser arranjado para refletir seletivamente luz na parte não visível do espectro (incluindo ultravioleta e infravermelho). Quando a luz é produzida por uma fonte de luz branca (banda de comprimento de onda larga), preferivelmente o primeiro e segundo efeitos opticamente variáveis são efeitos de cor. O primeiro efeito opticamente variável é portanto preferivelmente um primeiro efeito de cor angularmente dependente, e o segundo efeito opticamente variável é preferivelmente um segundo efeito de cor angularmente dependente, ou seja, diferente do primeiro. Desta maneira, a cor observada é uma função diferente do ângulo de visão, quando se olha nas duas respectivas direções.

A diferença é portanto observada na reflexão colorida angularmente dependente quando o dispositivo é inclinado ao longo das diferentes direções cristalográficas especificadas. Por exemplo, o cristal fotônico pode ser orientado de maneira tal que uma mudança de cor seja vista quando a amostra é inclinada em torno de um eixo geométrico paralelo a um lado maior de um documento retangular no qual o dispositivo está contido, e

uma segunda mudança de cor é observada quando a amostra é rotacionada e inclinada em torno de um eixo geométrico paralelo a um lado menor do documento.

5 Percebe-se que os dois conjuntos de direções podem não ser ortogonais. Embora o primeiro e segundo efeitos sejam preferivelmente observados como efeitos reflexivos, efeitos transmissivos são também contemplados.

10 O cristal fotônico pode ser provido de inúmeras formas, por exemplo, como uma camada auto-sustentada. Alternativamente, ele pode ser suportado por um substrato ou camada de suporte na qual ele é montado diretamente ou indiretamente (por meio de uma ou mais camadas adicionais). O substrato ou a camada de suporte pode ter a forma de uma camada polimérica.

15 O dispositivo de segurança pode também compreender uma ou mais camadas adesivas adicionais, por exemplo, para unir o dispositivo a um dispositivo e/ou documento de segurança adicional. Tipicamente, uma ou mais de tais camadas adesivas são providas sobre uma superfície externa do dispositivo.

20 Uma camada de dispersão pode também ser provida de maneira a causar dispersão da luz refletida no cristal fotônico.

25 O dispositivo de segurança opticamente variável pode compreender adicionalmente um material opticamente absorvente provido como uma ou mais camadas aplicadas no dispositivo. Uma camada como esta pode ser provida sobre o cristal fotônico ou certamente o material pode ser formado dentro da própria estrutura cristalina. Uma combinação desses é também contemplada. A inclusão de um material absorvente como este pode ser usada para melhorar o efeito óptico a um observador, ou usada para modificar o efeito óptico pelo uso, por exemplo, de materiais absorventes que são seletivamente absorventes nos comprimentos de onda da luz usada. Em

alguns exemplos, corantes ou tintas são usados com este propósito.

As propriedades ópticas podem também ser adicionalmente ou alternativamente modificadas ou melhoradas ainda mais pelo uso de nanopartículas posicionadas na estrutura cristalina, preferivelmente nos interstícios. As nanopartículas podem ser distribuídas de maneira substancialmente uniforme no cristal de maneira tal que cada parte do cristal apresente substancialmente o mesmo efeito óptico. Alternativamente, as nanopartículas podem ser distribuídas de maneira não homogênea no cristal, de maneira tal que diferentes partes do cristal apresentem um efeito óptico substancialmente diferente. Assim, as nanopartículas podem ser distribuídas de acordo com um gradiente de concentração. As nanopartículas podem também ser distribuídas em inúmeras regiões com diferentes concentrações.

O dispositivo de segurança opticamente variável pode compreender adicionalmente uma camada metalizada. Preferivelmente, uma camada como esta é seletivamente desmetalizada em inúmeros locais. Além do mais, o dispositivo pode compreender adicionalmente uma camada de revestimento protetor sobre a camada metalizada. A camada metalizada e/ou a camada de revestimento protetor é preferivelmente arranjada como uma marca distintiva. Tais camadas com ou sem a marca distintiva podem ser visíveis pelo mesmo lado do cristal fotônico que recebe a luz, ou pelo lado contrário. A visão transmissiva das camadas é também contemplada.

É também preferível que o dispositivo fique arranjado para ser legível por máquina. Isto pode ser conseguido de inúmeras maneiras. Por exemplo, pelo menos uma camada do dispositivo (opcionalmente como uma camada separada) ou o próprio cristal fotônico pode compreender adicionalmente material legível por máquina. Preferivelmente, o material legível por máquina é um material magnético, tal como magnetita. O material legível por máquina pode ser responsivo a um estímulo externo. Além disso, quando o material legível por máquina é formado em uma camada, esta

camada pode ser transparente.

O dispositivo de segurança opticamente variável pode ser usado em muitas diferentes aplicações, por exemplo, pela anexação a objetos de valor. Preferivelmente, os dispositivos de segurança são aderidos ou substancialmente contidos em um documento de segurança. Tais documentos de segurança incluem cédulas, cheques, passaportes, carteiras de identidade, certificados de autenticidade, selos fiscais e outros documentos para segurar valor ou identidade pessoal.

O dispositivo de segurança pode, portanto, ser anexado a uma superfície de um documento como este, ou pode ser embutido no documento de maneira a prover superfícies cristalinas para receber luz incidente em uma ou cada das faces opostas do documento. O dispositivo de segurança pode ter várias diferentes formas para uso com documentos de segurança, essas incluindo um fio de segurança, uma fibra de segurança, um adesivo de segurança, uma fita de segurança, uma tira de segurança ou uma película de segurança como exemplos não limitantes.

Materiais de cristal fotônico a base de polímero são particularmente adequados para a presente invenção e tipicamente compreenderiam materiais poliméricos tanto para a matriz quanto para as esferas. Exemplos típicos de cristais fotônicos poliméricos adequados para a presente invenção estão descritos em US20040131799, US20050228072, US20040253443 e US6337131. O cristal pode ser formado de esferas do primeiro material e uma matriz de um segundo material, em que cada material tem um respectivo índice refrativo diferente.

Materiais adequados para formar as esferas são preferivelmente materiais de polímero ou copolímero simples. Exemplos típicos incluem tanto polímeros quanto copolímeros de monômeros insaturados polimerizáveis e policondensados e copolicondensados de monômeros contendo pelo menos dois grupos reativos, tais como, por

exemplo, poliésteres, poliamidas, policarbonatos, poliuréias e poliuretanos alifáticos, alifáticos/aromáticos ou completamente aromáticos de alto peso molecular, mas também resinas amino e fenólicas, tais como, por exemplo, condensados de melamina-formaldeído, uréia-formaldeído e fenol-formaldeído são adequados.

Materiais adequados para formar a matriz incluem polímeros e copolímeros de adição de monômeros insaturados polimerizáveis e também dos policondensados e copolicondensados de monômeros com dois ou mais grupos reativos, por exemplo, poliésteres e poliamidas alifáticos, alifáticos-aromáticos ou completamente aromáticos de alto peso molecular, mas também das resinas amino e fenólicas, tais como condensados de melamina-formaldeído, uréia-formaldeído e fenol-formaldeído.

Materiais não poliméricos são também considerados para as esferas e a matriz, e eles podem ser inorgânicos ou metálicos, ou um composto híbrido.

Preferivelmente, o material de cristal fotônico para uso na presente invenção é na forma de um filme. Métodos de produção para formar filmes poliméricos de materiais de cristal fotônico são conhecidos na tecnologia. Por exemplo, filmes podem ser feitos usando técnicas de processamento contínuo de polímero padrões, tais como laminação, calandragem, sopro de filme ou extrusão de filme chato, detalhados na US20050228072. Neste processo, o alinhamento das esferas ocorre sob a força mecânica aplicada pelo processo de formação de filme. Uma vez que o filme esteja formado, a matriz é reticulada para fixar a orientação das esferas. Alternativamente, um filme de material de cristal fotônico pode ser feito aplicando-se uma composição de revestimento compreendendo as esferas e matriz a um filme de suporte, tal como descrito na US6337131. Uma vez que a composição de revestimento tenha sido aplicada, todo material dispersante ou diluente é removido e as esferas se orientam por meio de um processo de

fixação após o qual a matriz é reticulada para fixar a orientação das esferas.

Alternativamente, o material de cristal fotônico pode ser usado em uma forma de pó ou pigmento. Os pigmentos são obtidos formando-se um filme em uma camada de suporte, desanexando-se o filme e moendo-o até um pigmento ou pó.

O dispositivo de segurança poderia ser arranjado tanto completamente na superfície do documento, como no caso de uma tira ou adesivo, ou pode ser visível apenas parcialmente na superfície do documento na forma de um fio de segurança com janelas. O material do cristal fotônico é preferivelmente incorporado na estrutura do dispositivo como um filme, mas, alternativamente, pode ser incorporado como um revestimento pigmentado.

O dispositivo de segurança pode incluir outros recursos de segurança adicionais, ou o dispositivo pode ser sobreposto a um recurso de segurança adicional, um exemplo do qual é a camada seletivamente desmetalizada supradiscutida, a fim de prover maior segurança. O dispositivo de segurança pode também ser suportado em uma camada transparente, por exemplo, para permitir que a superfície em contato com a camada transparente receba ou transmita luz.

Fios de segurança são hoje em dia presentes em muitas das moedas do mundo, bem como em comprovantes de transações, passaportes, cheques de viagem e outros documentos. Em muitos casos, o fio é provido de uma maneira parcialmente embutido ou em janela, onde o fio parece ser tecido dentro e fora do papel. Um método para produzir papel com os assim chamados fios em janela pode ser encontrado em EP0059056. EP0860298 e WO03095188 descrevem diferentes abordagens para o embutimento de fios mais largos parcialmente expostos em um substrato de papel. Fios largos, tipicamente com uma largura de 2-6 mm, são particularmente usados como a área exposta adicional, que permite melhor uso de dispositivos opticamente variáveis, tal como da presente invenção.

O dispositivo poderia ser incorporado no documento de maneira tal que regiões do dispositivo ficassem visíveis por ambos os lados do documento. Técnicas são conhecidas para formar regiões transparentes tanto no papel quanto em substratos poliméricos. Por exemplo, WO8300659

5 descreve uma cédula de polímero formada de um substrato transparente compreendendo um revestimento opacificante em ambos os lados do substrato. O revestimento opacificante é omitido em regiões localizadas em ambos os lados do substrato para formar uma região transparente.

Métodos para incorporar um dispositivo de segurança de

10 maneira tal que ele fique visível por ambos os lados de um documento de papel são descritos em EP1141480 e WO03054297. No método descrito em EP1141480, um lado do dispositivo é completamente exposto em uma superfície do documento na qual ele é parcialmente embutido, e parcialmente exposto em janelas na outra superfície do substrato.

15 No caso de uma tira ou adesivo, o filme de cristal fotônico é preferivelmente pré-fabricado em um substrato de suporte e transferido para o substrato em uma etapa de processo subsequente. O filme de cristal fotônico pode ser aplicado no documento usando uma camada adesiva. A camada adesiva é aplicada tanto no filme de cristal fotônico quanto na superfície do

20 documento seguro na qual o dispositivo deve ser aplicado. Depois da transferência, a tira de suporte pode ser removida, deixando o dispositivo de filme de cristal fotônico como a camada exposta ou, alternativamente, a camada de suporte pode permanecer como parte da estrutura que age como uma camada protetora externa.

25 Após a aplicação do dispositivo de cristal fotônico, o documento, tal como uma cédula, passa por processos de impressão de segurança padrões adicionais, incluindo um ou mais dos seguintes: impressão litográfica molhada ou seca, impressão por gravação, impressão tipográfica, impressão flexográfica, impressão em tela e/ou impressão por gravura. Em

um exemplo preferido e para aumentar a eficiência do dispositivo de segurança contra falsificação, o desenho do dispositivo de segurança deve ser ligado ao documento que ele está protegendo pelo conteúdo e registro dos desenhos e informação de identificação provida no documento.

5 Além disso, o dispositivo de cristal fotônico pode ser customizado, por sobreimpressão ou gravação em relevo, tanto antes quanto depois de ele ser incorporado no documento de segurança. A gravação em relevo pode compreender uma gravação em relevo não difrativa grosseiro ou uma gravação em relevo difrativa. O dispositivo pode ficar arranjado para
10 produzir uma imagem latente que é seletivamente visível de acordo com o ângulo de visão. A superfície do cristal fotônico pode ser diretamente gravada em relevo para produzir estruturas salientes que podem ser usadas para formar uma imagem latente. Além disso, o dispositivo pode ser arranjado para compreender um holograma, opcionalmente usando uma estrutura gravada em
15 relevo na superfície do cristal fotônico, ou provendo uma estrutura difrativa em uma camada metálica adicional que pode sobrepor parcialmente o cristal, por exemplo.

 Em alguns casos, o cristal fotônico pode apresentar um efeito óptico adicional em resposta a um estímulo externo. Tipicamente, o efeito
20 óptico adicional é um efeito opticamente variável. O estímulo pode ser de inúmeras formas, incluindo um estímulo mecânico, térmico, químico, elétrico, magnético, eletromagnético ou sônico, ou, certamente, uma combinação de tais estímulos. Embora tais estímulos possam ter um efeito irreversível, preferivelmente o efeito é reversível. Um cristal fotônico elástico pode ser
25 usado para atingir um efeito como este.

 Alguns exemplos da invenção serão agora descritos com referência aos desenhos anexos, em que:

 A figura 1 ilustra a operação dos efeitos do cristal fotônico;

 A figura 2 mostra a incorporação de um cristal fotônico em

uma camada de suporte de acordo com um primeiro exemplo;

A figura 3 mostra o dispositivo de segurança como um segundo exemplo incorporado em um documento de segurança;

5 A figura 4 mostra um terceiro exemplo de um dispositivo de segurança para uso em um fio de segurança em janelas;

A figura 5 mostra um dispositivo de segurança de acordo com um quarto exemplo com uma camada de suporte polimérico;

A figura 6a mostra um dispositivo de segurança de acordo com um quinto exemplo com caracteres desmetalizados;

10 A figura 6b mostra um sexto exemplo legível por máquina incluindo material magnético;

A figura 7 mostra a incorporação de um dispositivo de segurança de acordo com um sétimo exemplo em uma região transparente;

15 A figura 8a mostra um dispositivo de segurança de acordo com um oitavo exemplo;

A figura 8b mostra um nono exemplo legível por máquina como uma alternativa ao exemplo oitavo;

A figura 9a mostra uma vista lateral frontal de um dispositivo de segurança parcialmente embutido em um substrato de papel;

20 A figura 9b mostra uma vista lateral traseira correspondente;

A figura 10 mostra uma seção transversal de um décimo dispositivo de segurança de exemplo compreendendo dois cristais fotônicos;

25 As figuras 11a, b c, mostram um décimo primeiro dispositivo de segurança de exemplo visto de três diferentes direções (11a, 11b, 11c, respectivamente);

A figura 12 mostra um décimo segundo dispositivo de segurança que é adicionalmente gravado em relevo;

A figura 13 mostra um décimo terceiro dispositivo de segurança com camadas absorventes vermelha e preta;

A figura 14 mostra o décimo terceiro dispositivo de segurança de exemplo aplicado a um documento;

A figura 15 mostra um décimo quarto dispositivo de segurança de exemplo com lacunas no cristal fotônico e com uma camada absorvente;

5 A figura 16 mostra um décimo quinto dispositivo de segurança de exemplo contendo nanopartículas;

A figura 16 mostra um décimo sexto dispositivo de segurança de exemplo para uso como um rótulo;

10 A figura 17 mostra o décimo sexto dispositivo de exemplo anexado a um substrato;

A figura 18 mostra um décimo sétimo exemplo, análogo ao décimo sexto;

As figuras 19 mostra o décimo sétimo exemplo análogo ao décimo sexto;

15 As figuras 20a, b, c mostram um dispositivo de segurança de acordo com um décimo oitavo exemplo, quando visto em três diferentes níveis de deformação (20a, 20b, 20c, respectivamente);

20 As figuras 21a, 21b mostram vistas frontal e traseira, respectivamente, de um décimo oitavo dispositivo de segurança com um cristal fotônico elástico; e

A figura 21c é uma vista esquemática do décimo oitavo exemplo sendo deformado na mão de um usuário.

25 A figura 1 mostra o dispositivo de segurança da presente invenção incorporado em um documento de segurança, como um adesivo aplicado na superfície. A figura 2 mostra uma vista seccional transversal do adesivo no documento da figura 1.

O dispositivo compreende um filme de cristal fotônico auto-sustentado, no qual é aplicada uma camada absorvente escura. Uma camada adesiva é aplicada na superfície externa do dispositivo na camada absorvente

escura para aderi-la no documento seguro. Embora os detalhes físicos dos cristais fotônicos sejam bem complexos, o princípio pode ser sumarizado com referência ao cristal fotônico que apresenta uma lacuna da banda fotônica parcial diferente para a luz que propaga na direção x , comparada com a luz que propaga na direção y . A variação na lacuna da banda fotônica parcial no plano x - z e plano y - z pode ser um resultado da simetria da estrutura do cristal fotônico, isto é, o arranjo de empacotamento das esferas, ou um resultado da presença de inclusões ou defeitos na estrutura do cristal fotônico.

Quando o dispositivo na figura 2 é visto em reflexão ao longo da direção de visão 1, um efeito de mudança de cor altamente contrastante é observado à medida que o dispositivo é inclinado ao longo do eixo geométrico 1. Mediante rotação do dispositivo em torno de uma normal ao plano do dispositivo e visão ao longo da direção de visão 2, a cor do dispositivo mudará e além disso apresentará uma mudança de cor diferente quando inclinado ao longo do eixo geométrico 2, comparado com quando inclinado ao longo do eixo geométrico 1 para a mesma faixa angular. Por exemplo, a mudança de cor pode ser de vermelho, quando vista em um ângulo de incidência relativamente alto, por exemplo, 70° , com o plano do substrato, para verde, quando vista em um ângulo de incidência mais oblíquo, por exemplo, 45° , com o plano do substrato. Mediante rotação do documento de segurança e visão ao longo da direção de visão 2, uma mudança de cor altamente contrastante diferente é observada, para a mesma faixa angular, à medida que o dispositivo é inclinado ao longo do eixo geométrico 2, comparado quando ao longo do eixo geométrico 1. Por exemplo, a mudança de cor pode ser de verde, quando vista a 70° com o plano do substrato, para azul, quando vista a 45° de incidência com o plano do substrato.

A figura 3 mostra o dispositivo de segurança da presente invenção incorporado em um documento de segurança como um fio em janelas, com janelas de fio expostas e áreas de fio embutido. A figura 4

mostra uma vista seccional transversal de um exemplo da presente invenção adequado para aplicação como um fio de segurança em janelas. O dispositivo compreende um filme de cristal fotônico auto-sustentado, no qual é aplicada uma camada absorvente escura. Uma camada adesiva pode ser aplicada nas

5 superfícies externas do dispositivo para melhorar a aderência no documento seguro.

Quando o dispositivo na figura 3 é visto em reflexão em condições ambientes, um efeito de mudança de cor altamente contrastante é observado nas regiões de janela pela camada de cristal fotônico à medida que

10 o dispositivo é inclinado ao longo de uma primeira direção. Por exemplo, olhando ao longo do eixo geométrico longitudinal do fio de segurança (direção de visão 1) a mudança de cor pode ser de vermelho, quando vista em um ângulo de incidência, por exemplo, 70° , para verde, quando vista em um ângulo de incidência mais oblíquo, por exemplo, 45° com o plano do

15 substrato, a inclinação sendo em um plano contendo a primeira direção de visão, isto é, inclinada em torno do eixo geométrico 2. Se o dispositivo for visto a 70° com o plano do substrato e rotacionado 90° , de maneira tal que ele seja agora visto ao longo do eixo geométrico menor do fio de segurança (direção de visão 2) uma mudança de cor será observada mediante rotação,

20 por exemplo, vermelho para verde. Se a direção de visão 2 for mantida, uma segunda mudança de cor angularmente dependente diferente é observada, por exemplo, verde para azul, à medida que o dispositivo é inclinado para um ângulo de incidência mais oblíquo, por exemplo, 45° com o plano do substrato, a inclinação sendo em um plano contendo a segunda direção de

25 visão, isto é, inclinado em torno do eixo geométrico 1.

Em uma estrutura alternativa à mostrada na figura 4, e ilustrada na figura 5, o dispositivo de segurança compreende um substrato de suporte polimérico, por exemplo, poli(tereftalato de etileno) (PET) ou polipropileno orientado biaxialmente (BOPP), sobre o qual é aplicada uma

camada absorvente escura. Uma camada de material de cristal fotônico é então aplicada na superfície oposta do filme de suporte, ou, alternativamente, na camada absorvente escura. A camada de cristal fotônico pode ser formada diretamente sobre o substrato de suporte como um filme revestido, ou
5 formada como um filme separado e em seguida laminada no substrato de suporte. O filme separado pode ser formado como uma camada auto-sustentada, usando, por exemplo, extrusão, ou revestindo sobre uma camada de suporte temporária que é então descartada durante o processo de laminação. Isto é particularmente benéfico quando o substrato de suporte para
10 o fio de segurança compreende recursos de segurança adicionais, tais como camadas magnéticas e camadas metalizadas compreendendo caracteres desmetalizados, que podem não ser adequados para ser aplicados diretamente na camada de cristal fotônico, ou que reduzem a adequabilidade do substrato de suporte a ser usado como uma camada sobre a qual o cristal fotônico pode
15 ser diretamente formado. Uma camada adesiva pode ser aplicada nas superfícies externas do dispositivo para melhorar a aderência no documento seguro.

O fato de que o dispositivo de segurança nas figuras 3, 4 e 5 é na forma de um fio de segurança de janela é somente para ilustração, e o
20 cristal fotônico poderia ser tão facilmente empregado como parte de um recurso de segurança aplicado na superfície tal como uma tira ou um adesivo.

O exemplo da presente invenção descrito nas figuras 3 e 4 é visto basicamente em reflexão e, como tal, os efeitos ópticos do material de cristal fotônico são mais bem vistos contra um fundo escuro não
25 seletivamente absorvente. Isto pode ser conseguido colocando uma camada absorvente sob a camada de cristal fotônico, ou pela introdução de partículas absorventes nos materiais do cristal fotônico. As partículas absorventes devem ter tamanhos significativamente maiores do que as esferas do reticulado fotônico, de maneira tal que elas não causem uma mudança no

reticulado cristalino e, conseqüentemente, uma mudança indesejável nas propriedades ópticas.

Embora o uso de uma camada preta, ou muito escura, substancialmente absorvente por completo possa dar origem à maioria das mudanças de cor fortes, outros efeitos podem ser gerados pelo uso de uma camada parcialmente absorvente de outras cores ou uma combinação de cores, dando origem a diferentes cores de mudança de cor aparente. A camada absorvente da presente invenção pode compreender uma tinta ou revestimento pigmentado, ou, alternativamente, um corante absorvente não pigmentado pode ser usado.

As propriedades ópticas da camada de cristal fotônico podem ser customizadas modificando-se as características do reticulado do cristal fotônico. A presença de uma lacuna de banda fotônica total ou parcial, resultando na exclusão de certos comprimentos de onda para direções específicas de incidência/propagação, surge da diferença no índice refrativo entre a matriz e as esferas que formam o cristal fotônico. O aumento da diferença no índice refrativo entre as esferas e a matriz aumenta a intensidade das cores e deslocamentos de cores observados, e aumenta o número de direções de propagação de incidência nas quais o comprimento de onda específico é excluído.

Cristais fotônicos que podem também ser mais facilmente formados em filmes tipicamente compreendem materiais poliméricos tanto para a matriz quanto para as esferas. Os polímeros tanto para a matriz quanto para as esferas podem ser selecionados de forma a maximizar a diferença de índice refrativo. A diferença do índice refrativo deve ser pelo menos 0,001, mas mais preferivelmente maior que 0,01 e ainda mais preferivelmente maior que 0,1.

As propriedades ópticas da camada de cristal fotônico podem ser modificadas mudando a estrutura cristalina, o espaçamento cristalino ou o

tamanho das esferas. Como uma diretriz geral, independente do tipo de polímero, o tamanho de partícula das esferas é preferivelmente na faixa de 50-500 nm, e ainda mais preferivelmente na faixa de 100-500 nm, a fim de que o cristal reflita luz na região visível do espectro eletromagnético.

5 Foi reportado na literatura científica (ver Optics Express, vol 15, no. 15, páginas 9553-9561, 23 de julho de 2007) que nanopartículas podem ser introduzidas na matriz de um cristal fotônico a fim de mudar ou intensificar as cores, mudanças de cor e tolerância no ângulo de iluminação observados. Preferivelmente, o tamanho das nanopartículas é selecionado de
10 maneira tal que elas fiquem nos sítios intersticiais do reticulado cristalino. As nanopartículas aumentam os eventos de dispersão ressonante que ocorrem no cristal fotônico, dando origem a fortes cores estruturais. Por exemplo, a incorporação de nanopartículas de carbono de menos de 50 nm de diâmetro em um sistema compreendendo esferas de poliestireno com um tamanho de
15 esfera de 200 nm em uma matriz de polietilacrilato melhora a dispersão ressonante do cristal fotônico e altera drasticamente a aparência do filme de cristal fotônico de um com uma aparência opalescente fracamente colorida para um filme verde intensamente colorido. O uso das nanopartículas, portanto, fornece uma vantagem chave em que cores fortemente intensas são
20 observadas sem a exigência de uma camada absorvente separada ou a incorporação de partículas absorventes grosseiras. Além disso, existe uma maior tolerância do ângulo de iluminação, de maneira tal que a cor observada não mais depende da posição da fonte de luz. Em um segundo exemplo, nanopartículas de magnetita podem ser incorporadas para gerar um filme de
25 mudança de cor legível por máquina magnético.

A concentração das nanopartículas pode variar no dispositivo. Por exemplo, as nanopartículas poderiam ser introduzidas em regiões localizadas, ou poderia haver um gradiente no número de nanopartículas no dispositivo. Isto resultará em uma variação na intensidade da cor e na

mudança de cor associado no dispositivo.

Em uma modalidade preferida, o filme de cristal fotônico elástico é produzido por um processo de extrusão e as nanopartículas são adicionadas no reservatório de polímero antes da extrusão. Neste caso, bandas lateralmente espaçadas de nanopartículas podem ser conseguidas provendo-se um conjunto de divisores no reservatório de polímero de forma que os aditivos sejam supridos através da extrusora em posições laterais correspondentes.

As partículas podem ser feitas de material que é orientável em um campo elétrico, magnético ou eletromagnético. Desta maneira, o alinhamento das partículas pode ser afetado pela aplicação seletiva desse campo especificado no filme de cristal fotônico elástico antes da etapa de reticulação final na produção do filme. Nanopartículas fotoluminescentes tais como pontos quânticos podem ser adicionadas para criar um recurso de segurança fotoluminescente inédito. Por exemplo, nanopartículas de PbS podem ser adicionadas para produzir filmes luminescentes. Foi mostrado na literatura científica (Nature Materials Volume 5 março de 2006 página 179) que o embutimento de pontos quânticos em um cristal fotônico resulta em supressão de luminescência, se a frequência de emissão cair na lacuna da banda do cristal fotônico. Se a posição da lacuna da banda fotônica variar de acordo com a direção da luz incidente em relação à orientação cristalina, de maneira tal que ela sobreponha ou cruze o pico de fotoluminescência do emissor embutido, supressão/intensificação do emissor embutido de emissão e modificação dinâmica das vidas úteis da luminescência podem ocorrer, criando um dispositivo de segurança interativo onde a fluorescência ou fosforescência é ativada ou desativada simplesmente girando o dispositivo em relação à radiação incidente.

Dispositivos de segurança compreendendo materiais de cristal fotônico são inerentemente legíveis por máquina por causa da seletividade de

comprimento de onda dos materiais de cristal fotônico. Em exemplos adicionais, o aspecto legível por máquina da presente invenção pode ser estendido ainda mais pela introdução de materiais detectáveis no cristal fotônico, ou pela introdução de camadas legíveis por máquina separadas.

- 5 Materiais detectáveis que reagem a um estímulo externo incluem, mas sem limitações, materiais fluorescentes, fosforescentes, absorventes de infravermelho, termocromáticos, fotocromáticos, magnéticos, eletrocromáticos, condutores e piezocromáticos.

10 Em uma modalidade preferida, o pigmento nas camadas absorventes separadas é legível por máquina, por exemplo, negro-de-fumo, para produzir uma camada legível por máquina, condutora ou absorvente de IR. Alternativamente, pode ser um material magnético, tal como magnetita, para produzir uma camada magnética legível por máquina.

15 Versados na técnica entendem adicionalmente que o dispositivo de segurança da presente invenção poderia ser usado em combinação com abordagens existentes para a fabricação de fios de segurança. Exemplos de métodos e construções adequadas que podem ser usados incluem, mas sem limitações, aqueles citados em WO03061980, EP0516790, WO9825236 e WO9928852.

20 A figura 6a ilustra como a presente invenção pode ser combinada com caracteres desmetalizados para aplicação como um fio de segurança em janelas. O método exige um filme metalizado compreendendo um filme polimérico substancialmente claro de PET ou similares, que tem uma camada opaca de metal em um primeiro lado deste. Um filme pré-metalizado adequado é o filme MELINEX S metalizado da DuPont
25 preferivelmente com espessura 19 µm. A camada de metal é impressa com um revestimento protetor que contém um corante ou pigmento preto ou escuro. Revestimentos protetores adequados incluem o corante BASE Neozapon X51 ou o pigmento (bem disperso) "Negro-de-Fumo 7" misturado

em um material tanto com boa adesão ao metal quanto resistência cáustica.

O filme metalizado impresso é então parcialmente desmetalizado de acordo com um processo de desmetalização conhecido usando uma lavagem cáustica que remove o metal nas regiões não impressas com o revestimento protetor. As demais regiões revestidas com revestimento protetor fornecem uma camada preta que é visível quando o filme desmetalizado é visto de seu primeiro lado (ao longo da seta Y) disperso com regiões claras. O metal brilhante das demais partes da camada metálica é visível apenas por um lado oposto do filme desmetalizado (ao longo da seta X). O revestimento protetor pode ser impresso na forma de uma marca distintiva, tais como palavras, números, padrões e similares; em cujo caso a marca distintiva resultante será positivamente metalizada, com o metal ainda coberto pelo revestimento protetor escuro ou preto. Alternativamente, o revestimento protetor pode ser impresso de maneira a formar uma marca distintiva negativamente, em cujo caso a marca distintiva resultante será provida pelas regiões desmetalizadas. Entretanto, a marca distintiva formada é claramente visível por ambos os lados, especialmente em luz transmitida, por causa do contraste entre as regiões do metal que foram removidas e das demais regiões opacas. A camada de cristal fotônico é então aplicada, preferivelmente usando um processo de transferência, tal como com referência à figura 5.

O dispositivo de segurança ilustrado na figura 6a apresenta duas características de segurança visualmente contrastantes. O dispositivo compreende os efeitos ópticos da camada de cristal fotônico elástico, descrita para os exemplos anteriores, quando o substrato acabado é visto na reflexão no primeiro lado (ao longo da seta Y); e um revestimento parcial brilhante metálico quando visto pelo outro lado (ao longo da seta X). Adicionalmente, marca distintiva positiva ou negativa clara, definida pelo revestimento protetor preto, pode ser vista na transmissão de qualquer lado. Este exemplo é

particularmente vantajoso quando usado em um dispositivo que é visível por ambos os lados do documento em que ele está incorporado. Por exemplo, o dispositivo poderia ser incorporado em um documento seguro usando os métodos descritos em EP1141480 ou WO03054297.

5 A figura 6b ilustra uma versão legível por máquina do dispositivo ilustrado na figura 6a. O dispositivo compreende uma camada base de PET metalizada desmetalizada com um desenho adequado incluindo trilhos guia de metal ao longo de cada borda do dispositivo. Conforme descrito com referência à figura 6a, um revestimento protetor preto é usado
10 durante o processo de desmetalização. Uma camada protetora pode ser aplicada sobre os trilhos guia de metal (não mostrados na figura) para impedir que o metal seja corroído pela camada magnética, que é aplicada a seguir. Uma camada protetora adequada é VHL31534 suprida pela Sun Chemical aplicada com peso de revestimento de 2 gsm. A camada protetora pode
15 opcionalmente ser pigmentada. O material magnético somente é aplicado sobre os trilhos guia de metal de maneira a não obscurecer a marca distintiva desmetalizada. A camada de cristal fotônico é então aplicada, preferivelmente usando um processo de transferência, tal como com referência à figura 5. Uma camada adesiva pode ser aplicada nas superfícies externas do dispositivo
20 para melhorar a aderência no documento de segurança.

 Quando o material magnético é incorporado no dispositivo tanto na camada absorvente quanto como uma camada separada, o material magnético pode ser aplicado em qualquer desenho, mas exemplos comuns incluem o uso de trilhos guia magnéticos ou o uso de blocos magnéticos para
25 formar uma estrutura codificada. Materiais magnéticos adequados incluem pigmentos de óxido de ferro (Fe_2O_3 ou Fe_3O_4), ferritas de bário ou estrôncio, ferro, níquel, cobalto e ligas desses. Neste contexto, o termo "liga" inclui materiais tais como níquel:cobalto, ferro:alumínio:níquel:cobalto e similares. Materiais de níquel em flocos podem ser usados; além do mais, materiais em

flocos de ferro são adequados. Flocos de níquel típicos têm dimensões laterais na faixa de 5-50 microns e uma espessura menor que 2 microns. Flocos de ferro típicos têm dimensões laterais na faixa de 10-30 microns e uma espessura menor que 2 microns.

5 Em uma modalidade legível por máquina alternativa, uma camada magnética transparente pode ser incorporada em qualquer posição na estrutura do dispositivo. Camadas magnéticas transparentes adequadas contendo uma distribuição de partículas de um material magnético de um tamanho e distribuídas em uma concentração na qual a camada magnética
10 permanece transparente estão descritos em WO-A-03091953 e WO-A-03091952.

 Em um exemplo adicional, o dispositivo de segurança da presente invenção pode ser incorporado em um documento de segurança de maneira tal que o dispositivo seja incorporado em uma região transparente do
15 documento. O documento de segurança pode ter um substrato formado de qualquer material convencional incluindo papel e polímero. São conhecidas técnicas para formar regiões transparentes em cada um desses tipos de substratos. Por exemplo, WO8300659 descreve uma cédula de polímero formada de um substrato transparente compreendendo um revestimento
20 opacificante em ambos os lados do substrato. O revestimento opacificante é omitido em regiões localizadas em ambos os lados do substrato para formar uma região transparente.

 EP1141480 descreve um método de produzir uma região transparente em um substrato de papel. Outros métodos para formar regiões
25 transparentes em substratos de papel são descritos em EP0723501, EP0724519 e WO3054297.

 A figura 7 mostra o dispositivo de segurança da presente invenção incorporado em uma região transparente de um documento de segurança. A figura 8a mostra uma vista seccional transversal do dispositivo

de segurança na região transparente. O dispositivo de segurança compreende uma camada de suporte transparente, que preferivelmente forma a região transparente do substrato. Um material absorvente é aplicado na camada transparente em regiões localizadas para formar um padrão reconhecível ou
5 imagem de identificação. Uma camada compreendendo um material de cristal fotônico, exibindo as mesmas características ópticas do material do cristal fotônico nas figuras 3 e 4, é localizado acima da camada absorvente.

Quando o dispositivo da figura 7 é visto em reflexão pelo lado A, antes da aplicação de um estímulo externo, um efeito de mudança de cor
10 altamente contrastante é observado, pelas regiões da camada de cristal fotônico localizadas acima da camada absorvente, à medida que o dispositivo é inclinado. Por exemplo, na direção de visão 1 (figura 7), a mudança de cor pode ser de vermelho, quando vista em um ângulo de incidência com o plano do substrato, para verde, quando vista em um ângulo de incidência
15 especificado com o plano do substrato. Na direção de visão 2, uma mudança de cor diferente será aplicada, na mesma faixa angular, por exemplo, verde para azul. Nas regiões não acima da camada absorvente, a cor transmitida satura a cor refletida. As cores transmitidas e reflexivas são complementares, por exemplo, uma mudança de cor vermelho para verde em reflexão é vista
20 como uma mudança de cor ciano para magenta em transmissão.

Quando o dispositivo da figura 8a é visto em reflexão ou transmissão pelo lado B, a camada absorvente escura será visível na forma de uma imagem de identificação. Se uma imagem escura não for esteticamente aceitável, então poderia ser usado um material/cor esteticamente mais
25 agradável para ocultar o revestimento protetor escuro, de maneira tal que ela não seja visível pelo lado B. Por exemplo, as áreas absorventes escuras poderiam ser sobrepintadas no lado B da região transparente com tintas opacas coloridas diferentemente, ou tintas metálicas. Alternativamente, o substrato de suporte transparente poderia ser substituído por um substrato

polimérico metalizado, como ilustrado na figura 8a. O substrato metalizado é impresso com um revestimento protetor escuro, como discutido com referência à figura 6, na forma da imagem de identificação. O filme metalizado impresso é então parcialmente desmetalizado, removendo o metal nas regiões não impressas com o revestimento protetor. Quando visto pelo lado A, o filme de cristal fotônico é visto contra o revestimento protetor escuro absorvente, e torna-se à maneira descrita com referência à figura 8a, mas, quando visto pelo lado B, observa-se uma imagem metálica da imagem de identificação impressa com o revestimento protetor escuro. A imagem poderia ser positiva, isto é, definida pelas regiões metálicas, ou negativa, isto é, definida pelas regiões transparentes entre as regiões metálicas.

Em uma construção legível por máquina alternativa, o revestimento protetor escuro na figura 8b pode ser formado usando um pigmento magnético, por exemplo, magnetita, para prover um código legível por máquina. Em uma modalidade adicional, somente parte do revestimento protetor escuro é provida com um pigmento magnético e o restante é provido com um pigmento não magnético. Se tanto as regiões magnéticas quanto não magnéticas forem substancialmente absorventes por completo, não haverá diferença visual no filme de cristal fotônico em relação às duas regiões e, portanto, o formato do código não ficará facilmente aparente.

A figura 9 ilustra um exemplo onde o dispositivo de segurança da presente invenção é incorporado em uma abertura de um substrato de papel. Um filme de cristal fotônico auto-sustentado é incorporado em um substrato de papel, tal como descrito em EP1141480. Um lado do filme de cristal fotônico é completamente exposto na superfície dianteira de um substrato de papel no qual ele é parcialmente embutido (figura 9a), e parcialmente exposto em uma abertura na superfície traseira do substrato (figura 9b). Neste exemplo, as nanopartículas de carbono de exemplo foram incorporadas na estrutura do cristal fotônico.

Vendo o dispositivo pela frente do documento em reflexão, ilustrado na figura 9a, e olhando ao longo da direção de visão 1, uma mudança de cor altamente contrastante é observada ao longo de todo o dispositivo de segurança alongado exposto. Neste exemplo, a mudança de cor é de vermelho, quando vista em um ângulo de incidência normal ao plano do substrato, por exemplo, 70° , para verde, quando vista em um ângulo de incidência oblíquo, por exemplo, 45° , com o plano do substrato. Mediante rotação do dispositivo e visão ao longo da direção de visão 2, uma cor diferente é observada, comparada com a visão ao longo da direção de visão 1 para um dado ângulo de incidência. Por exemplo, em um ângulo de 70° com o plano do substrato, o substrato torna-se verde na direção de visão 2, comparado com vermelho na direção de visão 1. Mediante inclinação para um ângulo de incidência mais oblíquo, por exemplo, 45° , a cor do dispositivo muda de verde para azul na direção de visão 2, comparada com vermelho para verde na direção de visão 1. A incorporação das nanopartículas produz uma única camada, isto é, um filme substancialmente opaco fortemente colorido não laminado.

Isto é uma vantagem em relação a filmes de mudança de cor de cristal líquido, onde o uso de uma camada absorvente preta ou escura separadas é necessário para gerar um filme substancialmente opaco fortemente colorido. Se um dispositivo a base de cristal líquido for usado no exemplo mostrado na figura 9a, então, a fim de que o efeito de mudança de cor reflexivo seja visível por ambos os lados do documento, seriam necessários dois filmes de cristal com uma camada absorvente entre eles. Ao contrário para a presente invenção o uso do filme de cristal fotônico auto-sustentado dopado com nanopartículas de carbono permite que o efeito de mudança de cor reflexiva seja visível por ambos os lados do documento, usando ainda apenas uma única camada de material de mudança de cor. Vendo o dispositivo por trás do documento em reflexão, ilustrado na figura

9b, as mesmas propriedades ópticas rotacionalmente dependentes, tal como as observadas pela frente do documento, estão presentes onde o filme de cristal fotônico é exposto na abertura.

Em uma modalidade alternativa à referida nas figuras 9a e 9b, o filme de cristal fotônico pode ser suportado por uma camada de suporte para facilitar sua incorporação no documento de papel. A camada de cristal fotônico pode ser formada diretamente no substrato de suporte como um filme revestido, ou formada como um filme separado e em seguida laminada no substrato de suporte. O substrato de suporte pode compreender recursos de segurança adicionais, incluindo desenhos desmetalizados, desenhos holográficos em combinação com uma camada altamente reflexiva tal como uma camada metálica ou uma camada transparente fina de um material de alto índice refrativo (por exemplo, ZnS), marca distintiva impressa, materiais luminescentes ou magnéticos, e gravação em relevo grosseira com um desenho de segurança que pode ser tanto gravado em relevo cego para produzir um recurso tátil/visível quanto poderia incluir tintas de impressão para aumentar ainda mais a visibilidade. Desta maneira, um recipiente de segurança diferente pode ser observado em qualquer lado do dispositivo de segurança.

Em uma modalidade adicional, o dispositivo de segurança da presente invenção pode ser construído de maneira tal que diferentes efeitos de mudança de cor sejam observados em qualquer superfície do dispositivo de segurança. Isto pode ser obtido laminando dois filmes de cristal fotônico um no outro com diferentes características ópticas, ou variando as características ópticas do filme de cristal fotônico na espessura do filme.

Por exemplo, dois filmes de cristal fotônico podem ser feitos dos mesmos materiais para as esferas e matriz, mas diferirem nas suas propriedades ópticas por causa de uma diferença no tamanho de esfera. A figura 10 mostra uma seção transversal de um dispositivo de segurança

compreendendo dois filmes de cristal fotônico aderidos um no outro por um adesivo de laminação. O adesivo de laminação compreende um corante ou pigmento escuro, de maneira tal que ele possa agir como uma camada absorvente. O dispositivo pode tornar-se legível por máquina pela

5 incorporação de um pigmento magnético no adesivo de laminação ou pela aplicação de uma camada magnética adicional na superfície interna de um ou ambos os filmes de cristal fotônico. Uma camada adesiva pode ser aplicada nas superfícies externas do dispositivo para melhorar a aderência no documento seguro. O dispositivo de segurança é incorporado em um

10 documento de maneira tal que pelo menos em regiões localizadas ele fique exposto em ambas as superfícies do documento seguro. Neste exemplo, o primeiro filme de cristal fotônico exibe duas diferentes mudanças de cor quando visto ao longo da direção de visão 1 e 2, respectivamente (não mostradas na figura 10). A direção de visão 1 é paralela a um lado menor do

15 documento, e a direção de visão 2 é paralela a um lado maior do documento. Quando visto ao longo da direção de visão 1, o dispositivo torna-se vermelho, quando vista em um ângulo de 70° com o plano do substrato, e muda para verde a um ângulo de incidência mais oblíquo, por exemplo, 45° . Ao contrário, quando visto ao longo da direção de visão 2, o dispositivo exibe

20 uma mudança de cor de laranja para azul quando inclinado na mesma faixa angular. O segundo filme de cristal fotônico torna-se amarelo quando visto em luz refletida ao longo da direção de visão 1 em um ângulo de 70° com o plano do substrato e muda para índigo a um ângulo de incidência mais oblíquo, por exemplo, 45° . Ao contrário, quando visto ao longo da direção de

25 visão 2, o dispositivo exibe uma mudança de cor de verde para violeta quando inclinado na mesma faixa angular.

Diferentes efeitos de mudança de cor em qualquer superfície do dispositivo de segurança podem também ser gerados usando uma única camada de filme de cristal fotônico variando-se localmente as características

ópticas do filme de cristal fotônico na espessura do filme. Por exemplo, o tamanho de esfera pode variar na espessura do filme. Esta variação pode ser introduzida controlando-se o conjunto das esferas durante a formação do filme de cristal fotônico. Alternativamente, se o filme for fabricado por extrusão de polímero, então duas misturas de polímero, compreendendo as esferas e a matriz, podem ser geradas com diferentes tamanhos de esferas. As duas misturas de polímero podem então ser coextrusadas em um único filme de polímero, formando uma estrutura cristalina onde existe uma mudança escalonada no tamanho de esfera em uma interface no centro do filme.

O dispositivo de segurança da presente invenção pode ser adicionalmente customizado a fim de aumentar a dificuldade de falsificação e/ou prover informação de identificação. O processo de customização pode ocorrer antes ou depois de o dispositivo ser incorporado no documento. Em um exemplo, a customização do dispositivo de segurança ocorre aplicando informação impressa no filme de cristal fotônico. O filme de cristal fotônico pode ser impresso com imagens usando qualquer processo de impressão convencional tais como gravação, gravura, jato de tinta, litografia offset, tela, difusão de corante e flexografia. A impressão pode ser aplicada como um único trabalho de pintura em uma única cor, ou como múltiplas pinturas em múltiplas cores.

Em uma modalidade preferida, as imagens são impressas particularmente no filme de cristal fotônico e parcialmente no substrato o dispositivo é incorporado em um desenho tal a continuar ininterrupto entre as duas superfícies. Em uma modalidade adicional, uma das cores das imagens impressas casa com uma das cores de mudança do filme de cristal fotônico. Por exemplo, se o filme de cristal fotônico mudar de vermelho para verde mediante pressão do dispositivo, então qualquer informação impressa vermelha será substancialmente invisível a incidência normal, mas torna-se visível à medida que a amostra é inclinada e o vermelho estático da

informação impressa contrasta com o verde do filme de cristal fotônico opticamente variável. Desta maneira, o recurso de segurança de imagem latente pode ser criado.

A figura 11 ilustra um outro exemplo da presente invenção onde um dispositivo de segurança foi incorporado no documento como um adesivo aplicado na superfície. Uma imagem de identificação vermelha é impressa de maneira tal que uma parte fique no substrato e uma outra parte fique no dispositivo de segurança. Vendo o substrato ao longo da direção de visão 1 em um ângulo de aproximadamente 70° com o plano do substrato (figura 11a), o dispositivo de segurança torna-se com vermelho e satura a informação impressa no dispositivo de segurança de maneira tal que somente a informação impressa no substrato fique visível. A informação impressa é revelada tanto inclinando quanto girando o substrato. Com a inclinação do substrato em um ângulo de incidência mais oblíquo, olhando ainda ao longo da direção de visão 1, o cristal fotônico muda de vermelho para verde. Mediante rotação do substrato e visão ao longo da direção de visão 2, mas mantendo o mesmo ângulo de incidência, o cristal fotônico também muda de vermelho para verde. Em ambos os casos, a informação impressa vermelha será revelada no dispositivo de segurança e uma imagem completa será formada com a informação impressa no substrato (figura 11b). Se o dispositivo for inclinado durante visão ao longo da direção de visão 2, na mesma faixa angular que a direção de visão 1, o filme de cristal fotônico muda de verde para azul, e a imagem de identificação vermelha permanece visível. Uma segunda imagem de identificação pode também ser impressa no dispositivo de segurança. A imagem verde será visível ao longo da direção de visão 1 quando o ângulo de incidência for aproximadamente 70° com o plano do substrato, mas desaparecerá à medida que o dispositivo é inclinado e o cristal fotônico muda de vermelho para verde (figura 11b). Ao contrário, a imagem verde ficará substancialmente invisível ao longo da direção de visão

2 quando o ângulo de incidência for aproximadamente 70° com o plano do substrato, mas aparecerá à medida que o dispositivo é inclinado em um ângulo mais oblíquo e o filme de cristal fotônico muda de verde para azul (figura 11c).

5 O dispositivo de segurança no exemplo das figuras 11a, 11b, 11c tem inúmeros aspectos de segurança; primeiramente, mudanças de cor mediante inclinação e, em segundo lugar, a presença de duas imagens latentes que aparecem e desaparecem alternadamente pela inclinação em uma direção de visão, mas podem ser ambos mudados simultaneamente inclinando-se em
10 uma segunda direção de visão.

Como uma alternativa à impressão de tintas coloridas ordinárias, é também possível imprimir tintas funcionais. Entende-se por tintas funcionais tintas que reagem a um estímulo externo. Tintas deste tipo incluem, mas sem limitações, fluorescente, fosforescente, absorvente de
15 infravermelho, termocromática, fotocromática, magnética, eletrocromática, condutiva e piezocromática.

Tal como com tintas funcionais, é também possível imprimir no filme de cristal fotônico com outras tintas de efeito óptico. Tintas de efeito óptico incluem OVI® e Oasis® comercializadas pela Sicpa. Outras tintas
20 ópticas incluem tintas contendo pigmentos iridescentes, de iriodina, perolescentes, de cristal líquido e a base de metal.

Em uma modalidade adicional, a customização do dispositivo de segurança ocorre pela gravação em relevo do filme de cristal fotônico com estruturas de linhas salientes. A gravação em relevo de estruturas de linhas
25 salientes em filmes de cristal fotônico é particularmente vantajosa em virtude de as facetas geradas pela gravação em relevo resultarem em uma mudança no ângulo de incidência da luz que chega, gerando facetas de diferentes cores pelo fato de que a cor do filme de cristal fotônico depende do ângulo de visão. O uso de uma estrutura de linhas saliente com um filme de cristal fotônico

tem dois aspectos seguros; primeiramente, o recurso opticamente variável gerado pela estrutura de linhas e em segundo lugar a criação de regiões localizadas que apresentam diferentes mudanças de cores do filme de fundo.

5 Por exemplo, se o dispositivo de cristal fotônico exibir uma mudança de cor de verde para azul mediante inclinação do dispositivo para fora da incidência normal, então, quando visto em incidência normal, as regiões gravadas em relevo e não gravadas em relevo tornam-se verdes. Mediante inclinação do dispositivo, as regiões não gravadas em relevo e gravadas em relevo mudarão de verde para azul em diferentes ângulos de
10 visão à medida que o dispositivo é inclinado.

Uma vantagem adicional de usar estruturas de linhas salientes gravadas em relevo é que as estruturas têm uma superfície saliente que pode ser identificada pelo toque. A superfície lisa do filme de cristal fotônico melhora ainda mais a sensação tátil dessas estruturas salientes.

15 As estruturas de linhas gravadas em relevo podem ter qualquer forma conveniente, incluindo reta (retilínea) ou curva, tais como arcos completos ou parciais de um círculo ou seções de uma onda senoidal. As linhas podem ser contínuas ou descontínuas e, por exemplo, formadas de traços, pontos ou outras formas. Outras formas significa que os pontos ou
20 traços poderiam ter uma forma gráfica. As larguras da linha são tipicamente na faixa de 10-500 microns, preferivelmente 50-300 microns. Preferivelmente, as linhas individuais são insuficientemente visíveis a olho nu, a principal impressão visual sendo dada por um arranjo de múltiplas linhas. As linhas podem definir qualquer perfil ou forma, por exemplo,
25 quadrada, triângulo, hexágono, estrela, flor ou marca distintiva, tal como uma letra ou número.

As estruturas de linhas gravadas em relevo são preferivelmente formadas aplicando-se uma chapa de gravação em relevo no filme de cristal fotônico sob calor e pressão. Preferivelmente, o processo de gravação em

relevo ocorre durante o processo de impressão de gravação e é realizado usando uma placa de gravação com recessos definindo as estruturas de linhas. Preferivelmente, o filme de cristal fotônico é gravado em relevo cego, isto é, os recessos não são cheios com tinta. Entretanto, é também possível que parte dos recessos definindo a estrutura gravada em relevo possa ser cheia com tinta e outras deixadas não cheias. Impressão por gravação adicional ou gravação em relevo cega pode ser realizada em regiões do substrato adjacentes ao dispositivo de segurança usando a mesma placa de gravação de maneira a conseguir registro preciso entre diferentes regiões.

A figura 12 mostra um exemplo de um substrato de segurança compreendendo um dispositivo de segurança da presente invenção onde os filmes de cristal fotônico foram customizados pela gravação em relevo do filme depois de ele ter sido aplicada no substrato base. Neste exemplo, o filme de cristal fotônico elástico foi incorporado em um substrato de papel da mesma maneira referida na figura 8 e descrita em EP1141480. A figura 12 mostra a superfície frontal do substrato de papel no qual o dispositivo é completamente exposto. O dispositivo é também exposto na superfície traseira na região da abertura. Neste exemplo, o filme de cristal fotônico apresenta uma mudança de cor vermelha-verde mediante inclinação do dispositivo em um ângulo de incidência oblíquo e visualização ao longo da direção de visão 1, e uma mudança de cor verde azul mediante inclinação do dispositivo em um ângulo de incidência oblíquo e visão ao longo da direção de visão 2. As estruturas de linhas gravadas em relevo, formadas por um respectivo conjunto de linhas salientes substancialmente paralelas, definem o número "5". As regiões gravadas em relevo fornecem um aspecto opticamente variável adicional ao dispositivo, além das mudanças de cor angularmente dependentes e rotacionalmente dependentes apresentadas pelas estruturas não gravadas em relevo.

Olhando o substrato ao longo da direção de visão 1 em um

ângulo de incidência relativamente alto, por exemplo, 70° com o plano do substrato (figura 11a), as regiões não gravadas em relevo tornam-se vermelhas, mas as regiões gravadas em relevo tornam-se verdes por causa da luz refletida dominante que surge das bordas das linhas salientes. A diferença de cor surge em virtude de o ângulo efetivo de incidência para a luz incidente nas regiões de borda ser maior que o ângulo de incidência para a luz incidente em regiões não gravadas em relevo planas. Mediante inclinação do substrato em um ângulo de incidência mais oblíquo, as regiões não gravadas em relevo mudam de vermelho para verde e as regiões gravadas em relevo mudam de verde para azul. Se o dispositivo for rotacionado 90° , de maneira tal que ele seja visto ao longo da direção de visão 2, as regiões gravadas em relevo e não gravadas em relevo tornam-se substancialmente da mesma cor a um dado ângulo de visão, em virtude de muito pouca luz ser refletida pela borda das linhas.

Em uma modalidade adicional, a customização do dispositivo de segurança ocorre pela gravação em relevo do filme de cristal fotônico com uma estrutura de linhas não difrativa. Uma estrutura de linhas não difrativa é um exemplo de uma estrutura de linhas saliente que produz um efeito opticamente variável quando o ângulo da luz incidente varia, mas no qual este efeito não é causado pela interferência ou difração. Dispositivos de segurança baseados em estruturas de linhas não difrativas são conhecidos na tecnologia anterior, por exemplo, WO90002658, que descreve um dispositivo de segurança no qual uma ou mais imagens transitórias são gravadas em relevo em uma superfície reflexiva. WO98270382 revela um dispositivo de segurança adicional no qual um grupo de áreas elementares nas quais as linhas estendem-se em ângulos diferentes uns dos outros formam os respectivos pixéis de imagem. US1996539 revela um dispositivo decorativo no qual uma estrutura de alívio é formada em uma superfície e que tem um efeito opticamente variável. WO2005080089 revela um dispositivo de

segurança que tem segmentos definidos por estruturas de linhas em uma porção reflexiva de um substrato, que faz com que a luz incidente seja refletida não difrativamente quando o ângulo de incidência muda.

Em uma modalidade alternativa, o dispositivo de segurança
5 compreende adicionalmente um dispositivo opticamente variável tal como um holograma ou grade de difração. Esses dispositivos são normalmente formados como estruturas de alívio em um substrato, que é então provido com um revestimento reflexivo para melhorar a reprodução do dispositivo. Na
10 presente invenção, o cristal fotônico pode agir como o revestimento reflexivo e a estrutura de alívio pode ser gravada em relevo diretamente no filme de cristal fotônico ou em uma goma de gravação em relevo aplicada sobre o filme de cristal fotônico. Alternativamente, regiões localizadas do dispositivo podem ser providas com uma camada metalizada e a estrutura de alívio
15 subsequentemente gravada em relevo em uma goma de gravação em relevo por cima da camada metalizada. Desta maneira, o dispositivo compreende duas regiões lateralmente espaçadas, uma exibindo as propriedades de mudança de cor do filme do cristal fotônico e uma exibindo as propriedades
20 opticamente variáveis de um dispositivo holográfico. Alternativamente, o revestimento reflexivo metálico pode ser substituído por um material de melhoria da reflexão transparente, por exemplo, uma camada fina de um material de alto índice refrativo tal como ZnS. Neste caso, tanto as
25 propriedades de mudança de cor do material do cristal fotônico quanto as propriedades opticamente variáveis do dispositivo holográfico são visíveis em todas as áreas do dispositivo, embora as propriedades opticamente variáveis do dispositivo holográfico sejam visíveis somente em certos ângulos de visão.

Em uma modalidade adicional da invenção, o dispositivo de segurança pode ser customizado pela aplicação de uma camada de dispersão no filme de cristal fotônico. Em uma modalidade preferida, a camada de dispersão toma a forma de um verniz ou laca fosco. Neste contexto, um verniz

ou laca fosco é um que reduz o brilho do filme de cristal fotônico pela dispersão da luz refletida nele. Um exemplo de um verniz fosco adequado é uma suspensão de partículas finas em uma resina orgânica. As partículas superficiais dispersam a luz à medida que ela passa através do verniz, resultando em uma aparência fosca. Um verniz adequado para a presente invenção é "Hi-Seal O 340" suprido pela Hi-Tech Coatings Ltd. Em uma solução alternativa, as partículas finas podem ser substituídas por ceras orgânicas. Como uma alternativa adicional, a camada de dispersão pode ser gerada gravando em relevo uma estrutura fosca na superfície de uma camada de cristal fotônico. Estruturas foscas gravadas em relevo adequadas estão descritas em WO9819821. A camada de dispersão modifica as propriedades de mudança de cor da camada de cristal fotônico.

A camada de dispersão modifica a superfície do filme de cristal fotônico de maneira tal que a reflexão seja agora mais difusa, reduzindo a faixa na qual as respectivas cores do dispositivo de segurança são facilmente visíveis pelo autenticador. Por exemplo, se o material de cristal fotônico apresenta uma mudança de cor de vermelho para verde mediante inclinação, a mudança de vermelho para verde ocorre mais próxima da incidência normal para a região com a camada de dispersão, comparada com uma sem uma camada de dispersão.

Uma maneira adicional de customizar o dispositivo de segurança é usar duas ou mais camadas absorventes coloridas diferentes. Um exemplo desta modalidade está ilustrado nas figuras 13 e 14. A figura 13 mostra uma vista seccional transversal de uma construção do dispositivo de segurança adequada para aplicação como uma tira ou adesivo superficial. O dispositivo compreende um substrato de suporte, que pode ser revestido com uma camada de liberação, sobre a qual é aplicado um filme de cristal fotônico. Uma camada parcialmente absorvente vermelha é aplicada sobre o filme de cristal fotônico na forma de um desenho, e uma segunda camada

absorvente de fundo é aplicada sobre toda a camada parcialmente absorvente. Uma camada adesiva é aplicada na camada absorvente de fundo. O dispositivo é então transferido para um documento de segurança, tal como uma cédula (figura 14). Depois da transferência, a tira de suporte pode ser removida, deixando o filme de cristal fotônico exposto ou, alternativamente, a camada de suporte pode ser deixada no lugar para formar uma camada protetora externa. Pela seleção de cores apropriadas para a camada parcialmente absorvente, os desenhos definidos por esta camada podem ser visíveis em certos ângulos de visão ou direções de visão, e invisíveis em outros. Neste exemplo, o filme de cristal fotônico transmite todos os comprimentos de onda, exceto vermelho, em incidência normal, e exibe dois efeitos opticamente variáveis diferentes em duas direções de visão diferentes, tal como descrito com referência ao exemplo na figura 2. Então, em ângulos de incidência nos quais o cristal fotônico torna-se vermelho, o desenho formado pela camada parcialmente absorvente vermelha é invisível, com o dispositivo tornando-se uma cor vermelha uniforme, mas, mediante inclinação ou rotação do dispositivo, uma mudança de cor diferente é observada para as regiões do cristal fotônico com e sem a camada parcialmente absorvente e, portanto, os desenhos são revelados. A revelação do desenho é além dos dois efeitos opticamente variáveis diferentes observado em duas direções de visão diferentes.

Também em uma modalidade adicional da presente invenção, o filme de cristal fotônico pode ser customizado provendo-se folgas no filme de maneira tal que em regiões localizadas a camada subjacente fique visível. As folgas podem ser providas transferindo-se ou revestindo-se o filme de cristal fotônico em um substrato de suporte de uma maneira parcial. Alternativamente, as folgas podem ser criadas em um estágio posterior no processo, por exemplo, por ablação laser de um filme de cristal fotônico completamente formado. A figura 15 ilustra um dispositivo compreendendo

um substrato de suporte sobre o qual foi aplicada uma camada parcialmente absorvente vermelha sobre a qual foi transferido um filme de cristal fotônico. Um laser é usado para formar folgas no filme de cristal fotônico na forma de uma imagem de identificação. Neste exemplo, o filme de cristal fotônico transmite todos comprimentos de onda, exceto o vermelho, em incidência normal, e exibe dois diferentes efeitos opticamente variáveis em duas diferentes direções de visão, tal como descrito com referência ao exemplo na figura 2. Então, em ângulos de incidência nos quais o cristal fotônico torna-se vermelho, a informação de identificação definida pela camada absorvente vermelha exposta nas folgas não é distinta do fundo.

Mediante inclinação ou rotação do dispositivo, o filme de cristal fotônico muda de vermelho para verde, mas as folgas que expõem a camada absorvente subjacente ainda tornam-se vermelhas. Desta maneira, a imagem de identificação aparece inclinando-se ou rotacionando o dispositivo. A revelação da imagem de identificação é, além dos dois diferentes efeitos opticamente variáveis, observada em duas diferentes direções de visão.

A figura 16 ilustra um exemplo adicional onde existem folgas presentes no filme de cristal fotônico. O dispositivo da figura 16 compreende um filme de cristal fotônico que foi transferido para um substrato de suporte substancialmente transparente. Alternativamente, um filme de cristal fotônico auto-sustentado pode ser usado sem a necessidade de um substrato de suporte. O filme de cristal fotônico é o mesmo descrito com relação às figura 9a, 9b, e nanopartículas de carbono foram incorporadas na estrutura do cristal fotônico para produzir um filme substancialmente opaco com uma cor vermelha intensa, quando visto em incidência normal. Um laser é usado para formar lacunas no filme de cristal fotônico na forma de uma imagem de identificação. A imagem de identificação é claramente visível por ambos os lados, especialmente em luz transmitida, por causa do contraste entre as regiões do filme de cristal fotônico substancialmente opaco que foram

removidas e das regiões opacas remanescentes. O dispositivo de segurança ilustrado na figura 15 apresenta duas características de segurança visualmente contrastantes; primeiramente, os efeitos ópticos da camada de cristal fotônico e, em segundo lugar, a imagem de identificação claramente visível na transmissão por qualquer lado do dispositivo.

Também em uma modalidade adicional da presente invenção, os materiais de cristal fotônico podem ser selecionados de maneira tal que, em certos ângulos de visão e em certas direções de visão específicas, a luz refletida seja nos comprimentos de onda não visíveis do espectro eletromagnético. O uso de cristais fotônicos onde somente um componente da mudança de cor está na região visível do espectro eletromagnético permite que uma imagem seja incorporada no dispositivo que fica aparente somente em certos ângulos de visão em direções de visão específicas.

A figura 17 mostra uma vista seccional transversal de uma modalidade adicional do dispositivo de segurança da presente invenção. O dispositivo é destinado ao uso como uma etiqueta de segurança e compreende um filme de cristal fotônico sobre o qual é impressa a marca distintiva de identificação usando tintas ou corantes. Uma camada adesiva é aplicada em um lado do dispositivo e sobre esta é aplicada uma camada de suporte de papel cristal. A camada de papel cristal permite que a etiqueta seja facilmente removida para reaplicação em um documento, ou outro item que exige proteção.

A figura 18 mostra o dispositivo de etiqueta aplicado a um substrato. A camada de papel cristal é primeiramente removida para expor a camada adesiva. O dispositivo de etiqueta é então aplicado no substrato; o adesivo usado pode ser um adesivo sensível a pressão ou de fusão a quente, e pode ser permanente ou temporário. O uso de adesivos temporários pode ser onde uma etiqueta precisa ser removida e reaplicada em um outro artigo. Entretanto, é mais provável que a etiqueta tenha que ser aplicada de uma

maneira permanente. Para impedir a remoção e reaplicação de uma etiqueta aplicada permanentemente, a etiqueta pode também ser provida com outros recursos a prova de violação, por exemplo, camadas de substrato frágeis, camadas cortadas por leve contato e similares.

5 No exemplo na figura 18, o filme de cristal fotônico, quando visto de uma primeira direção de visão, por exemplo, paralela ao lado menor do substrato, torna-se azul a um ângulo de incidência relativamente alto, por exemplo, 70° com o plano do substrato. A marca distintiva de identificação é impressa em uma cor azul, de maneira tal que, quando o dispositivo é visto
10 neste ângulo de incidência relativamente alto na primeira direção de visão, a marca distintiva não fique facilmente aparente contra a cor de fundo do filme de cristal fotônico. Mediante inclinação do dispositivo e visão na primeira direção de visão, o filme de cristal fotônico muda de azul para luz ultravioleta invisível, e o filme torna-se preto por causa da presença das nanopartículas de
15 carbono. À medida que o dispositivo é inclinado, a marca distintiva impressa azul é revelada à medida que o fundo muda de azul para preto.

 Mediante rotação do dispositivo de segurança de sua visão em um ângulo de incidência relativamente alto ao longo da segunda direção de visão, isto é, paralela ao lado maior do substrato, o dispositivo torna-se verde,
20 com a marca distintiva de identificação azul sendo visível contra o fundo verde. Mediante inclinação do dispositivo e visão na segunda direção de visão, o filme de cristal fotônico muda de verde para azul. À medida que o dispositivo é inclinado, e visto ao longo da segunda direção de visão, a marca distintiva de identificação impressa azul desaparece no fundo azul do filme de
25 cristal fotônico. Desta maneira, um recurso de segurança é obtido, de maneira tal que, quando visto ao longo de um lado do documento, uma imagem de identificação aparece mediante inclinação, mas, quando rotacionada e vista ao longo de um lado perpendicular, a mesma imagem de identificação desaparece mediante inclinação.

Em uma modificação do exemplo das figuras 17 e 18, ilustrado nas figuras 19 e 20, o filme de cristal fotônico compreende um cristal fotônico que, em uma direção de visão, reflete somente luz infravermelha, quando vista em um ângulo de incidência relativamente alto, e reflete luz visível, quando inclinado para um ângulo de incidência mais oblíquo. A figura 19 é uma seção transversal de um dispositivo de segurança e compreende um substrato de suporte polimérico no qual é impressa uma camada absorvente escura. Um filme de cristal fotônico é então transferido para a camada absorvente e é sobreimpresso com uma imagem de identificação vermelha. Neste exemplo, o cristal fotônico não é dopado com nanopartículas de carbono, mas a presença da camada absorvente significa que somente os comprimentos de onda refletidos da luz são vistos como uma cor. Uma camada adesiva é aplicada em um lado do dispositivo e sobre esta é aplicada uma camada de suporte de papel cristal.

A figura 20 ilustra uma vista plana do dispositivo. No exemplo da figura 20, o filme de cristal fotônico, quando visto na direção de visão 1 em um ângulo de incidência relativamente alto, por exemplo, 70° , com o plano do substrato, parece descolorido e, portanto, o dispositivo terá a aparência preta da camada absorvente subjacente. A marca distintiva de identificação é impressa em uma cor vermelha, de maneira tal que, quando o dispositivo é visto neste ângulo de incidência relativamente alto na primeira direção de visão, a marca distintiva é facilmente aparente contra a cor preta da camada absorvente (figura 20a). Mediante inclinação do dispositivo e visão na primeira direção de visão, o filme de cristal fotônico muda de luz infravermelha invisível para luz vermelha visível, e a marca distintiva de identificação vermelha desaparecerá contra o fundo vermelho gerado pelo filme de cristal fotônico (figura 20b). Mediante rotação do dispositivo de segurança e visão em um ângulo de incidência relativamente alto ao longo da direção de visão 2, o dispositivo parecerá vermelho de maneira tal que a

marca distintiva de identificação seja substancialmente indistinta contra o vermelho do filme de cristal fotônico (figura 20b). Mediante inclinação do dispositivo e visão na direção de visão 2, o filme de cristal fotônico muda de vermelho para verde e a marca distintiva de identificação vermelha torna-se
5 facilmente aparente contra o fundo verde (figura 20c).

Desta maneira, um dispositivo de segurança é obtido, de maneira tal que, quando visto ao longo de um lado do documento, aparece uma imagem de identificação mediante inclinação, mas, quando rotacionado e visto ao longo de um lado perpendicular, a mesma imagem de identificação
10 desaparece mediante inclinação. Desta maneira, um recurso de segurança altamente interativo é criado, o qual tanto chama a atenção quanto é memorável ao autenticador.

Em uma modalidade adicional da presente invenção, o filme de cristal fotônico é selecionado de maneira tal que, quando o dispositivo é submetido a um estímulo externo, um efeito óptico adicional é observado. O
15 estímulo externo em cada caso pode produzir um efeito não opticamente variável, tal como reflexão da luz incidente em todos comprimentos de onda. O estímulo externo pode ter inúmeras formas, tanto sozinhas quanto em combinação, essas incluindo estímulos mecânico, térmico, químico, elétrico, magnético, eletromagnético e ultra-sônico.
20

O efeito óptico pode produzir um efeito não opticamente variável, tal como reflexão da luz incidente em todos comprimentos de onda. Entretanto, tipicamente o efeito óptico gerado é um efeito opticamente variável.

25 A diferença entre a resposta óptica do cristal na presença e ausência do estímulo externo é preferivelmente de magnitude suficiente para ser detectável visualmente por um observador humano e/ou ser legível por máquina.

O estímulo causa uma modificação no espaçamento periódico

de uma ou mais entidades refrativas na estrutura cristalina. Em uma modalidade, a modificação é o resultado direto de deformação por causa de uma tensão aplicada, mas, em modalidades alternativas, não existe deformação mecânica direta e a modificação é induzida indiretamente, por exemplo, no caso de um estímulo térmico, químico, elétrico, magnético, eletromagnético ou ultra-sônico.

Em alguns casos, o estímulo causa uma modificação no índice refrativo de uma ou mais entidades refrativas na estrutura cristalina. Por exemplo, uma ou mais entidades na estrutura cristalina podem apresentar efeitos eletro-óptico, magneto-óptico ou químico, em que a mudança na estrutura cristalina é basicamente uma relacionada a um índice refrativo, em vez de espaçamento das várias entidades das quais a estrutura cristalina é compreendida. Em termos químicos, isto pode, por exemplo, resultar da absorção de água. Entretanto, uma combinação disto com modificação mecânica do espaçamento periódico no cristal é também considerada.

O cristal fotônico pode ser selecionado de maneira tal que o efeito do estímulo no cristal seja reversível mediante remoção do estímulo, ou mediante aplicação de um estímulo oposto. O espaçamento do reticulado cristalino pode portanto ser modificado reversivelmente, por exemplo, contraído ou expandido, em alguns casos elasticamente, aplicando-se um estímulo externo.

Um exemplo preferido é modificar reversivelmente o espaçamento do reticulado do cristal fotônico dobrando, estirando, socando ou pressionando mecanicamente o material. Neste contexto, socar é diferente de pressionar, pelo fato de que as regiões transparentes não são suportadas por trás durante a deformação. Em decorrência disto, as características da lacuna da banda fotônica completa ou parcial que derivam da periodicidade do reticulado do cristal fotônico são alteradas e, conseqüentemente, as propriedades reflexivas e transmissivas podem ser modificadas por

engenharia para responder a um estímulo mecânico. Neste caso, o estímulo externo preferivelmente será transferido para o dispositivo de segurança quando o autenticador pressiona o dispositivo. Cristais fotônicos adequados para uso com um estímulo de deformação mecânica são aqueles que têm uma

5 matriz elastomérica flexível e são conhecidos como cristais fotônicos elásticos.

Cristais fotônicos elásticos tipicamente compreendem materiais poliméricos tanto para a matriz quanto para as esferas. Exemplos típicos de cristais fotônicos elásticos adequados para a presente invenção

10 estão descritos em US20040131799, US20050228072, US20040253443 e US6337131. O cristal pode ser formado de esferas do primeiro material e uma matriz de um segundo material, em que cada material tem um respectivo índice refrativo diferente. A matriz, portanto, pode ser facilmente deformável, assumindo a forma de um material elastomérico.

15 Materiais adequados para formar as esferas são preferivelmente materiais de polímero ou copolímero simples. Exemplos típicos incluem tanto polímeros quanto copolímeros de monômeros insaturados polimerizáveis e policondensados e copolicondensados de monômeros contendo pelo menos dois grupos reativos, tais como, por

20 exemplo, poliésteres, poliamidas, policarbonatos, poliuréias e poliuretanos alifáticos, alifáticos/aromáticos ou completamente aromáticos de alto peso molecular, mas também resinas amino e fenólicas, tais como, por exemplo, condensados de melamina-formaldeído, uréia-formaldeído e fenol-formaldeído são adequados.

25 Materiais adequados para formar uma matriz elastomérica são polímeros de adição com uma baixa temperatura de transição vítrea. Exemplos incluem polímeros e copolímeros de adição de monômeros insaturados polimerizáveis, e também de policondensados e copolicondensados de monômeros com dois ou mais grupos reativos, por

exemplo, poliésteres e poliamidas alifáticos, alifáticos-aromáticos, ou completamente aromáticos de alto peso molecular, mas também de resinas amino e fenólicas, tais como condensados de melamina-formaldeído, uréia-formaldeído e fenol-formaldeído.

5 Materiais não poliméricos são também considerados para as esferas e a matriz, e eles podem ser inorgânicos ou metálicos, ou um compósito híbrido.

10 A figura 21 ilustra um exemplo onde um cristal fotônico elástico é usado no dispositivo de segurança da presente invenção. Um filme de cristal fotônico auto-sustentado é incorporado em um substrato de papel, descrito em EP1141480. Um lado do filme de cristal fotônico auto-sustentado é incorporado em um substrato de papel descrito em EP1141480. Um lado do filme de cristal fotônico é completamente exposto na superfície dianteira de um substrato de papel no qual ele é parcialmente embutido (figura 21a), e
15 parcialmente exposto em uma abertura na superfície traseira do substrato (figura 21b). Neste exemplo, nanopartículas de carbono foram incorporadas na estrutura do cristal fotônico de maneira tal que o filme tenha uma cor vermelha intensa quando visto em incidência normal.

20 Olhando o dispositivo pela frente do documento em reflexão, ilustrado na figura 21a, e olhando ao longo da direção de visão 1, um efeito de mudança de cor altamente contrastante é observado ao longo de todo o dispositivo de segurança alongado exposto. Neste exemplo, a mudança de cor é de vermelho, quando vista em um ângulo de incidência com o plano do substrato, por exemplo, de 70°, para verde, quando vista em um ângulo de
25 incidência mais oblíquo, por exemplo, 45°, com o plano do substrato. Mediante rotação do dispositivo e visão ao longo da direção de visão 2, uma cor diferente é observada, comparada com a visão ao longo da direção de visão 1 para um dado ângulo de incidência. Por exemplo, em um ângulo de 70° com o plano do substrato, o substrato torna-se verde na direção de visão

2, comparado com vermelho na direção de visão 1. Mediante inclinação para um ângulo de incidência mais oblíquo, por exemplo, 45° , a cor do dispositivo muda de verde para azul na direção de visão 2, comparada com vermelho para verde na direção de visão 1.

5 Neste exemplo, um estímulo mecânico é aplicado pelo dobramento do documento em torno de seu eixo geométrico longitudinal central, ilustrado na figura 21c. Esta deformação modifica a estrutura da banda fotônica do cristal e, conseqüentemente, a dependência do comprimento de onda e espacial da reflexividade observada pelo autenticador.

10 Neste exemplo, a deformação causa uma contração do reticulado perpendicular ao plano do substrato que faz com que a cor observada desloque para um menor comprimento de onda, por exemplo, vermelho vai para verde e verde vai para azul. No presente exemplo, a abertura fica posicionada de maneira tal que ela caia no eixo geométrico central do

15 documento de maneira tal que, quando o autenticador dobra o documento em torno do eixo geométrico central, a máxima deformação e, conseqüentemente, mudança de cor, ocorra na região da abertura do documento. Uma vantagem da presente invenção é que, mediante deformação do cristal fotônico elástico, uma mudança de cor dinâmica é observada.

20 No exemplo nas figuras 21a, 21b, 21c, à medida que o dispositivo é dobrado em torno da abertura central, a mudança de cor inicial, quando vista ao longo da direção de visão 1, de vermelho para verde é na região central da abertura onde a deformação é mais alta, à medida que o documento é dobrado ainda mais a deformação aumenta para fora em direção

25 às bordas da abertura, e observa-se que uma banda verde desloca-se em direção à borda da abertura. Se o documento for dobrado em um raio de curvatura suficientemente alto, a região central da abertura mudará de verde para azul. Uma mudança de cor angularmente dependente também será observada quando o dispositivo estiver no seu estado deformado, por

exemplo, isto poderia ser de verde para azul, à medida que o substrato é inclinado no seu estado deformado inicial e visto ao longo da direção de visão 1. Mediante remoção da deformação, a camada de cristal fotônico reverterá para sua cor original e, portanto, o processo de autenticação é reversível. A

5 mudança de cor com a deformação fornece um componente interativo adicional ao dispositivo de segurança que é tanto memorável ao público quanto difícil de falsificar.

Em todos os exemplos, os desenhos ou imagens de identificação criados por qualquer das camadas, por exemplo, o filme de

10 cristal fotônico, as camadas absorventes ou camadas de customização, podem ter qualquer forma. Preferivelmente, os desenhos são na forma de imagens tais como padrões, símbolos e caracteres alfanuméricos e combinações destes. Os desenhos podem ser definidos por padrões compreendendo regiões sólidas ou descontínuas que podem incluir, por exemplo, padrões de linha, padrões de

15 linha filigranas finas, estruturas de pontos e padrões geométricos. Caracteres possíveis incluem aqueles de letras não romanas das quais exemplos incluem, mas sem limitações, chinês, japonês, sânscrito e árabe.

REIVINDICAÇÕES

1. Dispositivo de segurança opticamente variável, caracterizado pelo fato de que compreende um cristal fotônico para o qual luz incidente recebida pelo cristal é seletivamente refletida ou transmitida pelo cristal para gerar um primeiro efeito opticamente variável observável em um primeiro conjunto de direções, e luz incidente recebida pelo cristal é seletivamente refletida ou transmitida pelo cristal para gerar um efeito óptico observável em um segundo conjunto de direções que é diferente do primeiro conjunto.

2. Dispositivo de segurança opticamente variável de acordo com qualquer uma das reivindicações anteriores, caracterizado pelo fato de que o cristal fotônico tem uma lacuna da banda total ou parcial que não tem simetria rotacional em torno da normal à sua superfície.

3. Dispositivo de segurança opticamente variável de acordo com a reivindicação 1 ou reivindicação 2, caracterizado pelo fato de que o efeito óptico observável no segundo conjunto de direções é um segundo efeito opticamente variável.

4. Dispositivo de segurança opticamente variável de acordo com qualquer uma das reivindicações anteriores, caracterizado pelo fato de que compreende um cristal fotônico no qual os ditos primeiro e segundo efeitos ópticos dependem da orientação cristalina em relação à luz incidente.

5. Dispositivo de segurança opticamente variável de acordo com a reivindicação 4, caracterizado pelo fato de que cada efeito opticamente variável é função do ângulo de visão em relação ao cristal.

6. Dispositivo de segurança opticamente variável de acordo com qualquer uma das reivindicações 3 a 5, caracterizado pelo fato de que o dispositivo é arranjado de maneira tal que efeitos sejam visíveis a olho nu por um observador humano.

7. Dispositivo de segurança opticamente variável de acordo

com qualquer uma das reivindicações 3 a 6, caracterizado pelo fato de que parte de um ou mais dos efeitos opticamente variáveis fica na parte infravermelha ou ultravioleta do espectro eletromagnético.

5 8. Dispositivo de segurança opticamente variável de acordo com qualquer uma das reivindicações 3 a 7, caracterizado pelo fato de que, quando o dispositivo é iluminado com uma fonte de luz branca, o primeiro e segundo efeitos opticamente variáveis são efeitos de cor.

10 9. Dispositivo de segurança opticamente variável de acordo com a reivindicação 7 ou reivindicação 8, caracterizado pelo fato de que o primeiro efeito opticamente variável é um primeiro efeito de cor angularmente dependente e o segundo efeito opticamente variável é um segundo efeito de cor angularmente dependente, que é diferente do primeiro.

15 10. Dispositivo de segurança opticamente variável de acordo com qualquer uma das reivindicações 3 a 9, caracterizado pelo fato de que o primeiro e segundo efeitos são efeitos reflexivos.

11. Dispositivo de segurança opticamente variável de acordo com qualquer uma das reivindicações anteriores, caracterizado pelo fato de que o cristal fotônico compreende um quase cristal.

20 12. Dispositivo de segurança opticamente variável de acordo com qualquer uma das reivindicações anteriores, caracterizado pelo fato de que a luz é uma ou mais de luz ultravioleta, visível ou infravermelha.

25 13. Dispositivo de segurança opticamente variável de acordo com qualquer uma das reivindicações anteriores, caracterizado pelo fato de que o cristal fotônico é formado de esferas de um primeiro material e uma matriz de um segundo material, cada material tendo um respectivo índice refrativo diferente.

14. Dispositivo de segurança opticamente variável de acordo com qualquer uma das reivindicações anteriores, caracterizado pelo fato de que os parâmetros estruturais do cristal fotônico são diferentes em diferentes

posições no cristal de maneira a produzir diferentes propriedades ópticas correspondentes.

15. Dispositivo de segurança opticamente variável de acordo com qualquer uma das reivindicações anteriores, caracterizado pelo fato de que o cristal fotônico é formado de duas ou mais estruturas cristalinas com diferentes propriedades opticamente variáveis.

16. Dispositivo de segurança opticamente variável de acordo com qualquer uma das reivindicações anteriores, caracterizado pelo fato de que o cristal fotônico é provido como um filme auto-sustentado.

17. Dispositivo de segurança opticamente variável de acordo com qualquer uma das reivindicações 1 a 15, caracterizado pelo fato de que o cristal fotônico é suportado por um substrato ou camada de suporte.

18. Dispositivo de segurança opticamente variável de acordo com a reivindicação 17, caracterizado pelo fato de que o substrato ou camada de suporte é uma camada polimérica.

19. Dispositivo de segurança opticamente variável de acordo com qualquer uma das reivindicações anteriores, caracterizado pelo fato de que o dispositivo de segurança é provido com uma camada adesiva sobre toda ou qualquer superfície do mesmo.

20. Dispositivo de segurança opticamente variável de acordo com qualquer uma das reivindicações anteriores, caracterizado pelo fato de que compreende adicionalmente uma camada de dispersão.

21. Dispositivo de segurança opticamente variável de acordo com qualquer uma das reivindicações anteriores, caracterizado pelo fato de que compreende adicionalmente um material opticamente absorvente provido como uma ou mais camadas aplicadas no dispositivo.

22. Dispositivo de segurança opticamente variável de acordo com a reivindicação 21, caracterizado pelo fato de que o material absorvente é seletivamente absorvente em comprimentos de onda de luz.

23. Dispositivo de segurança opticamente variável de acordo com a reivindicação 21 ou reivindicação 22, caracterizado pelo fato de que o material absorvente é uma tinta ou corante.

5 24. Dispositivo de segurança opticamente variável de acordo com qualquer uma das reivindicações anteriores, caracterizado pelo fato de que o dispositivo compreende adicionalmente uma camada metalizada.

25. Dispositivo de segurança opticamente variável de acordo com a reivindicação 24, caracterizado pelo fato de que a camada metalizada é seletivamente desmetalizada em inúmeras localizações.

10 26. Dispositivo de segurança opticamente variável de acordo com a reivindicação 24 ou reivindicação 25, caracterizado pelo fato de que o dispositivo compreende adicionalmente uma camada de revestimento protetor sobre a camada metalizada.

15 27. Dispositivo de segurança opticamente variável de acordo com qualquer uma das reivindicações 24 a 26, caracterizado pelo fato de que a dita camada metalizada ou a camada de revestimento protetor é arranjada como marca distintiva.

20 28. Dispositivo de segurança opticamente variável de acordo com qualquer uma das reivindicações anteriores, caracterizado pelo fato de que o dispositivo é arranjado para ser legível por máquina.

29. Dispositivo de segurança opticamente variável de acordo com a reivindicação 28, caracterizado pelo fato de que pelo menos uma camada do dispositivo ou do cristal fotônico compreende adicionalmente material legível por máquina.

25 30. Dispositivo de segurança opticamente variável de acordo com a reivindicação 28, caracterizado pelo fato de que o dispositivo compreende adicionalmente uma camada separada contendo material legível por máquina.

31. Dispositivo de segurança opticamente variável de acordo

com a reivindicação 29 ou reivindicação 30, caracterizado pelo fato de que o material legível por máquina é um material magnético.

32. Dispositivo de segurança opticamente variável de acordo com qualquer uma das reivindicações 28 a 31, caracterizado pelo fato de que o material legível por máquina compreende um material que é responsivo a um estímulo externo.

33. Dispositivo de segurança opticamente variável de acordo com qualquer uma das reivindicações 28 a 33, caracterizado pelo fato de que a camada legível por máquina é substancialmente transparente.

34. Dispositivo de segurança opticamente variável de acordo com qualquer uma das reivindicações anteriores, caracterizado pelo fato de que compreende adicionalmente um material opticamente absorvente formado na estrutura cristalina.

35. Dispositivo de segurança opticamente variável de acordo com qualquer uma das reivindicações 1 a 33, caracterizado pelo fato de que compreende adicionalmente nanopartículas na estrutura cristalina.

36. Dispositivo de segurança opticamente variável de acordo com a reivindicação 35, caracterizado pelo fato de que o cristal fotônico compreende adicionalmente nanopartículas distribuídas de maneira substancialmente uniforme no cristal de maneira tal que cada parte do cristal apresente substancialmente o mesmo efeito óptico.

37. Dispositivo de segurança opticamente variável de acordo com a reivindicação 35, caracterizado pelo fato de que o cristal fotônico compreende adicionalmente nanopartículas distribuídas não homogeneamente no cristal de maneira tal que partes diferentes do cristal apresentem um efeito óptico substancialmente diferente.

38. Dispositivo de segurança opticamente variável de acordo com a reivindicação 37, caracterizado pelo fato de que as nanopartículas são distribuídas de acordo com um gradiente de concentração.

39. Dispositivo de segurança opticamente variável de acordo com a reivindicação 37, caracterizado pelo fato de que as nanopartículas são distribuídas em inúmeras regiões com diferentes concentrações.

5 40. Dispositivo de segurança opticamente variável de acordo com qualquer uma das reivindicações 35 a 39, caracterizado pelo fato de que as nanopartículas são nanopartículas de carbono.

10 41. Dispositivo de segurança opticamente variável de acordo com qualquer uma das reivindicações anteriores, caracterizado pelo fato de que o dispositivo é arranjado para produzir uma imagem latente que é seletivamente visível de acordo com o ângulo de visão.

42. Dispositivo de segurança opticamente variável de acordo com qualquer uma das reivindicações anteriores, caracterizado pelo fato de que a superfície do cristal fotônico é gravada em relevo com estruturas salientes.

15 43. Dispositivo de segurança opticamente variável de acordo com qualquer uma das reivindicações anteriores, caracterizado pelo fato de que a superfície do dispositivo de cristal fotônico é sobreimpressa.

20 44. Dispositivo de segurança opticamente variável de acordo com qualquer uma das reivindicações anteriores, caracterizado pelo fato de que o dispositivo de segurança compreende adicionalmente um holograma.

45. Dispositivo de segurança opticamente variável de acordo com qualquer uma das reivindicações anteriores, caracterizado pelo fato de que o cristal é um filme polimérico.

25 46. Documento de segurança, caracterizado pelo fato de que compreende um dispositivo de segurança de acordo com qualquer uma das reivindicações anteriores, e que o dispositivo de segurança é aderido ou substancialmente contido no documento de segurança.

47. Documento de segurança de acordo com a reivindicação 46, caracterizado pelo fato de que o dispositivo é embutido em uma janela do

documento de maneira a fornecer superfícies cristalinas para receber luz incidente em cada uma das faces opostas do documento.

48. Documento de segurança de acordo com a reivindicação 46 ou reivindicação 47, caracterizado pelo fato de que o dispositivo de segurança é provido em uma forma selecionada do grupo de um fio de segurança, uma fibra de segurança, um adesivo de segurança, uma fita de segurança, uma tira de segurança ou uma película de segurança.

49. Documento de segurança de acordo com qualquer uma das reivindicações 46 a 48, caracterizado pelo fato de que o dispositivo é disposto sobre um recurso de segurança adicional, aplicado nele ou forma parte dele.

50. Documento de segurança de acordo com qualquer uma das reivindicações 46 a 49, caracterizado pelo fato de que o dispositivo de segurança é suportado em uma camada transparente.

51. Documento de segurança de acordo com qualquer uma das reivindicações 46 a 50, caracterizado pelo fato de que o documento de segurança é uma cédula.

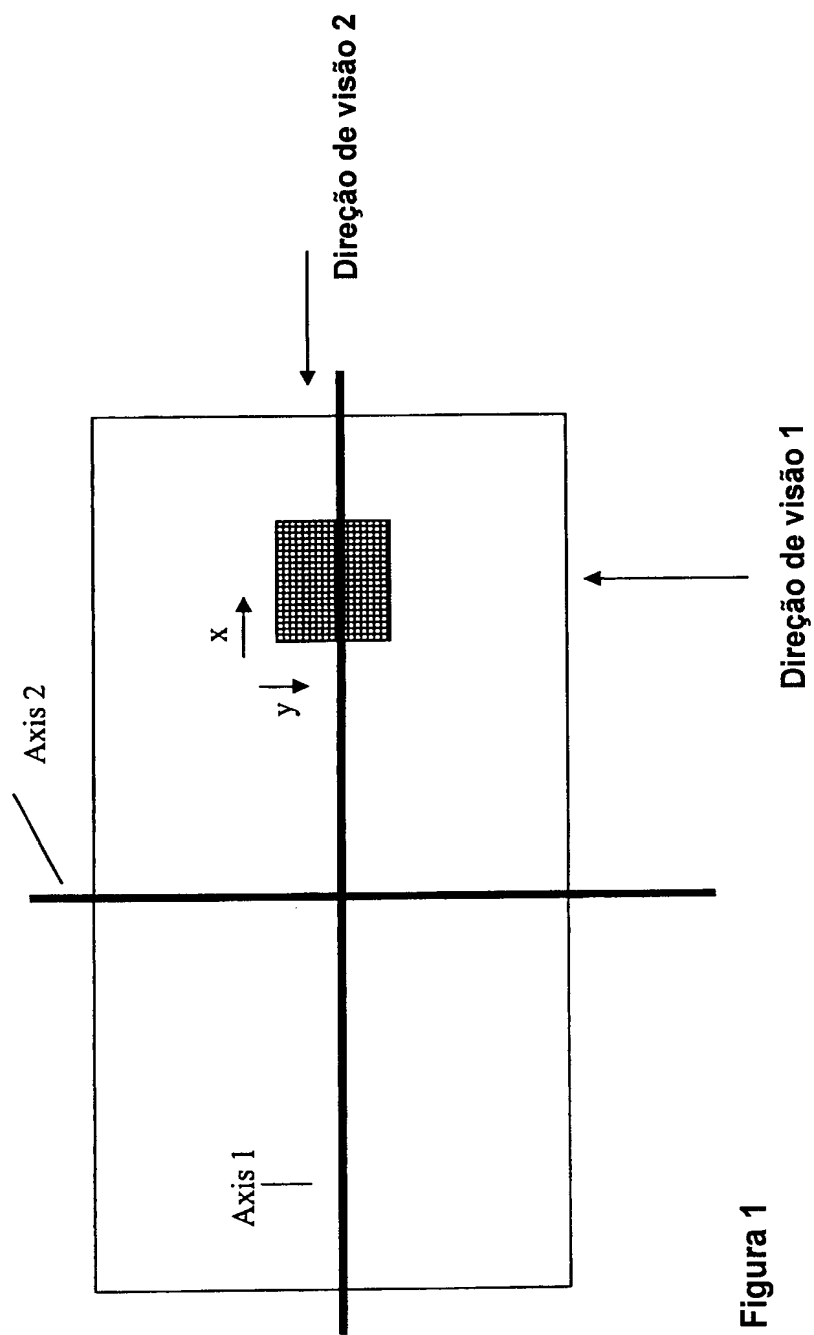


Figura 1

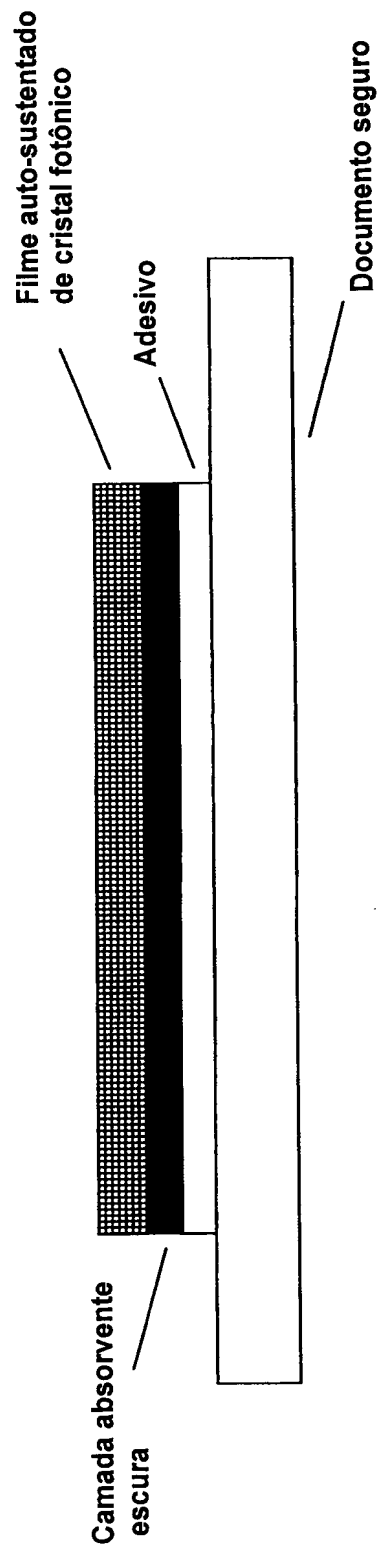


Figura 2

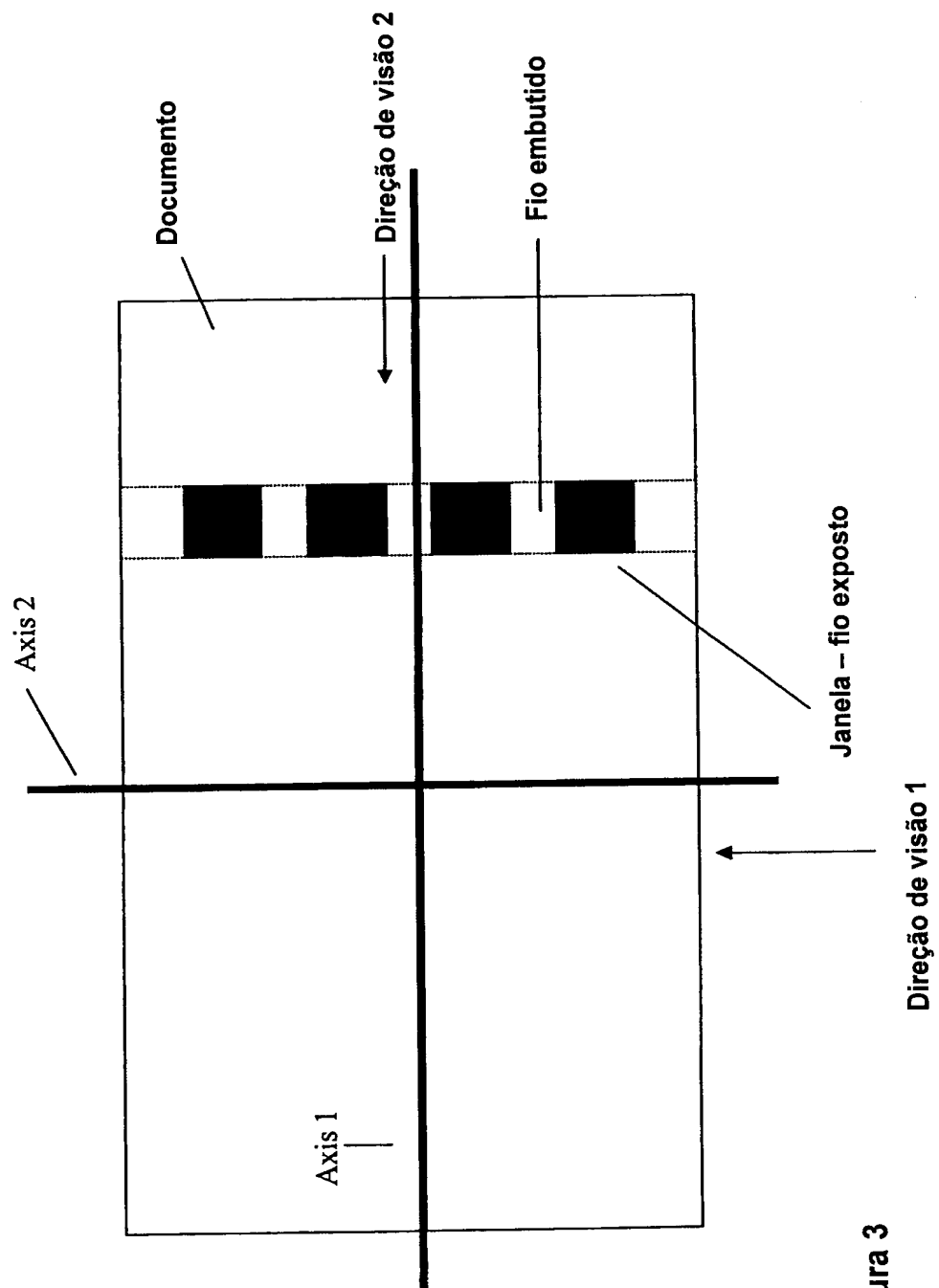


Figura 3

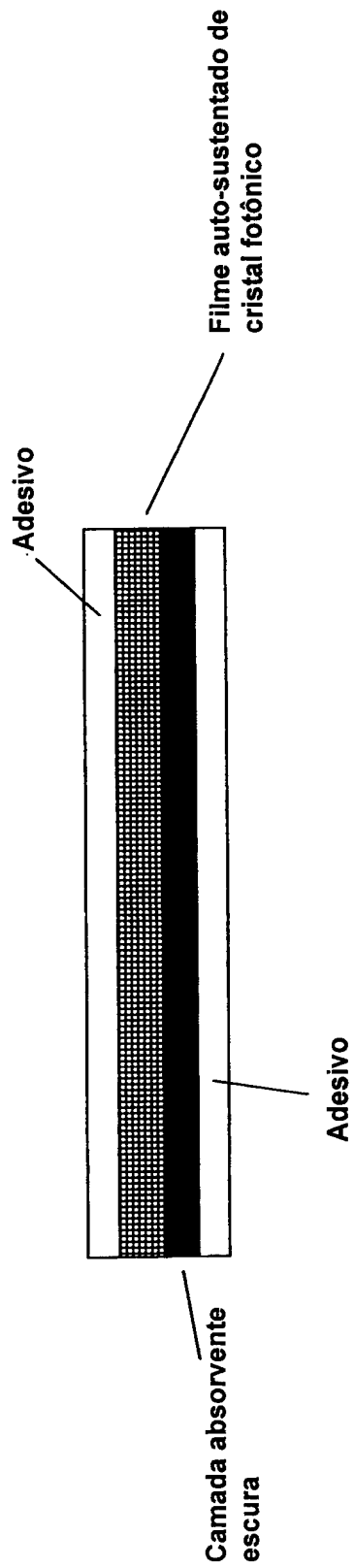


Figura 4

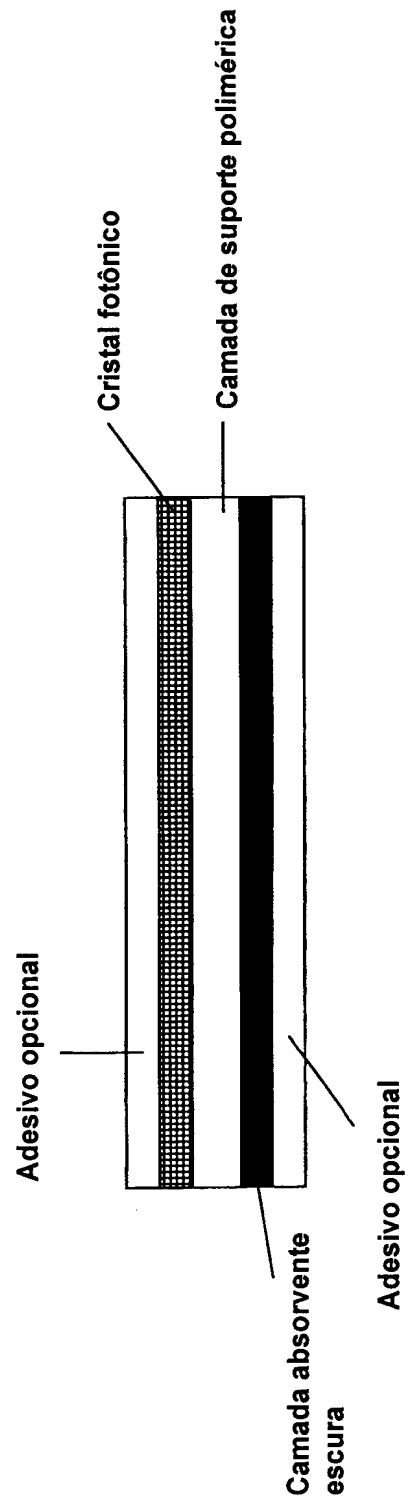


Figura 5

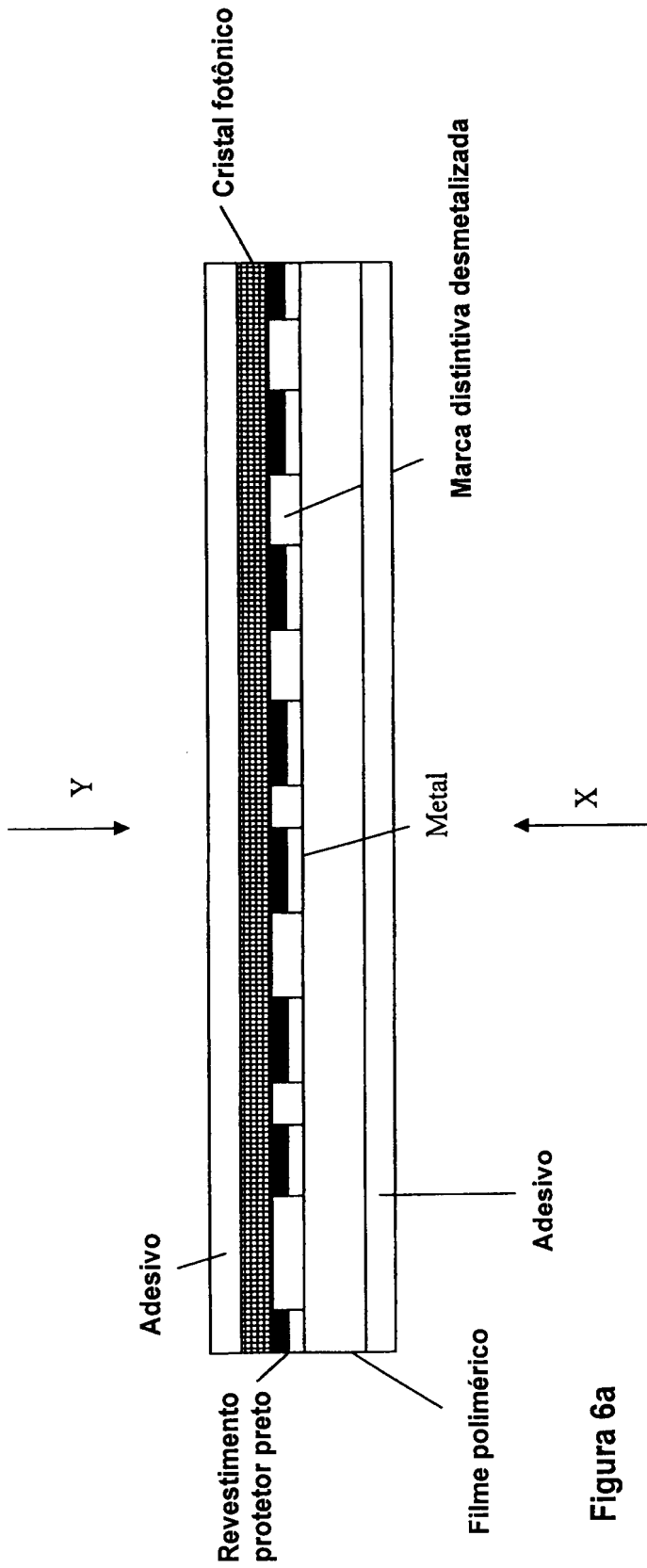


Figura 6a

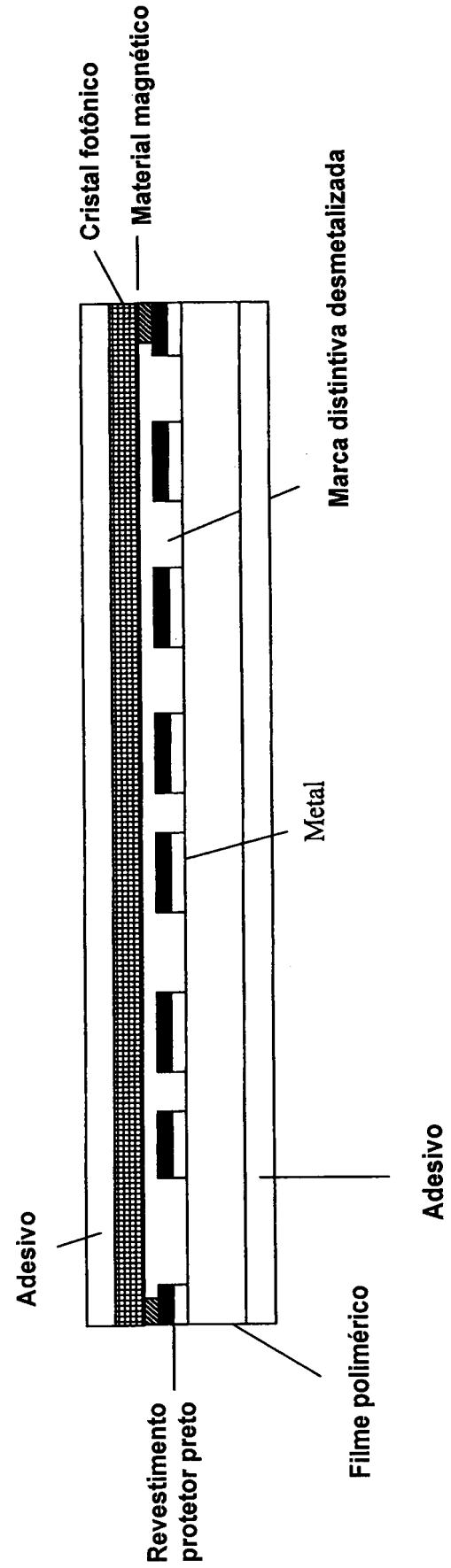


Figura 6b

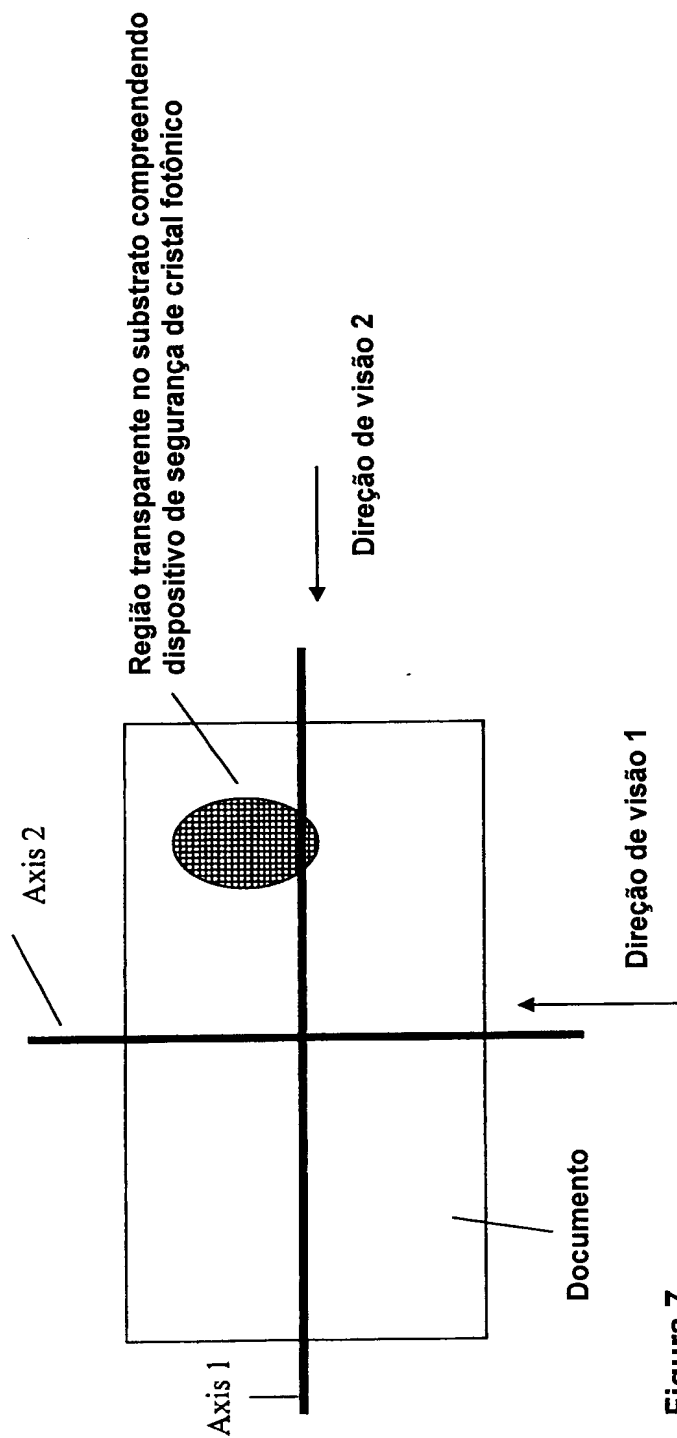


Figura 7

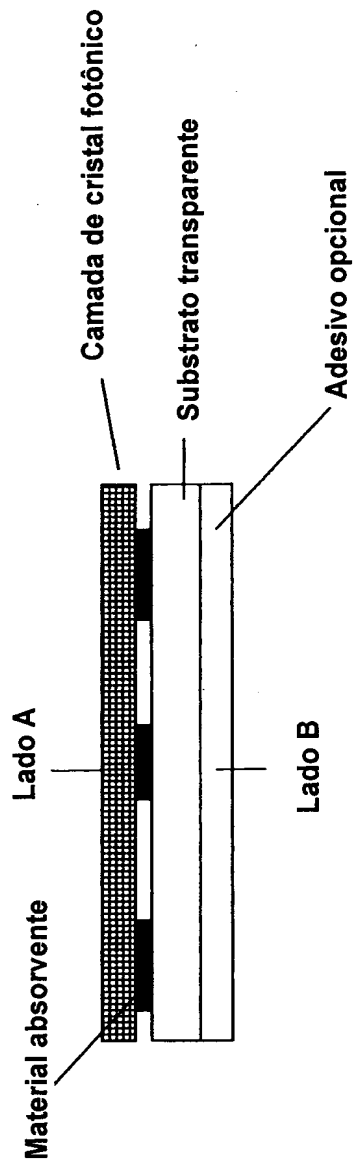


Figura 8a

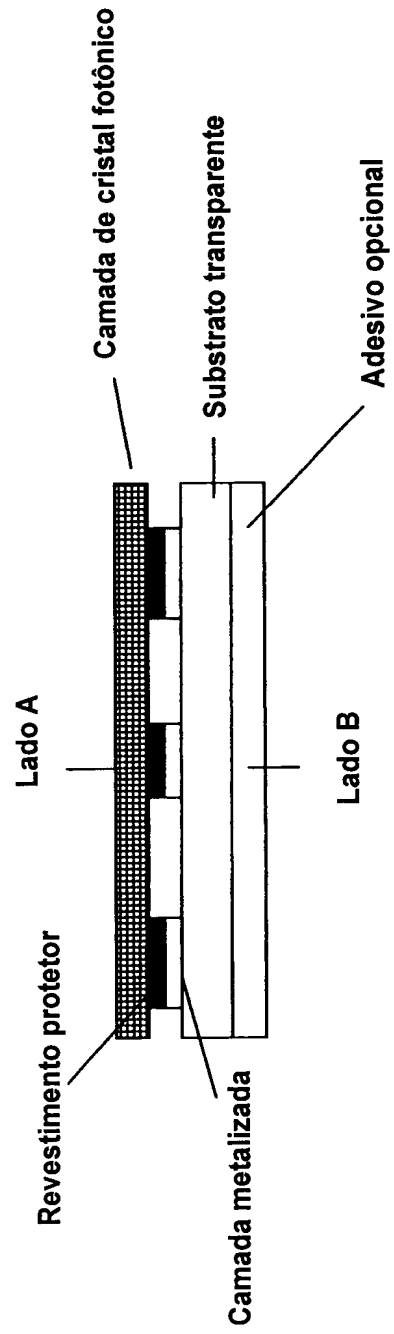


Figura 8b

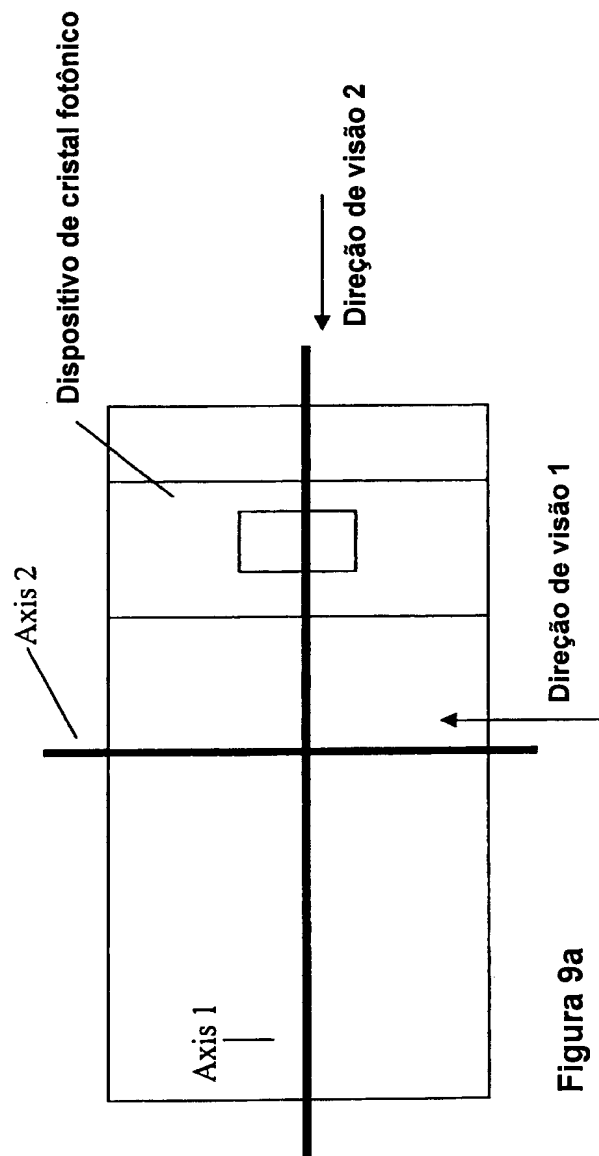


Figura 9a

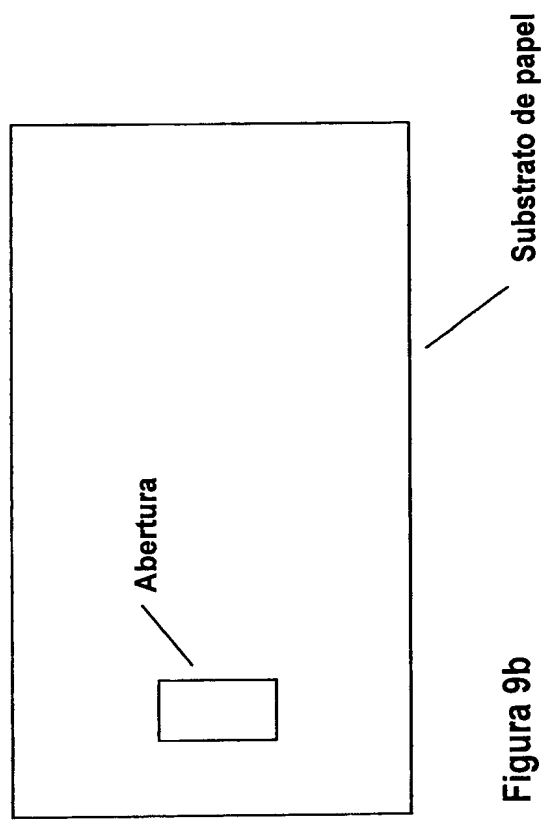


Figura 9b

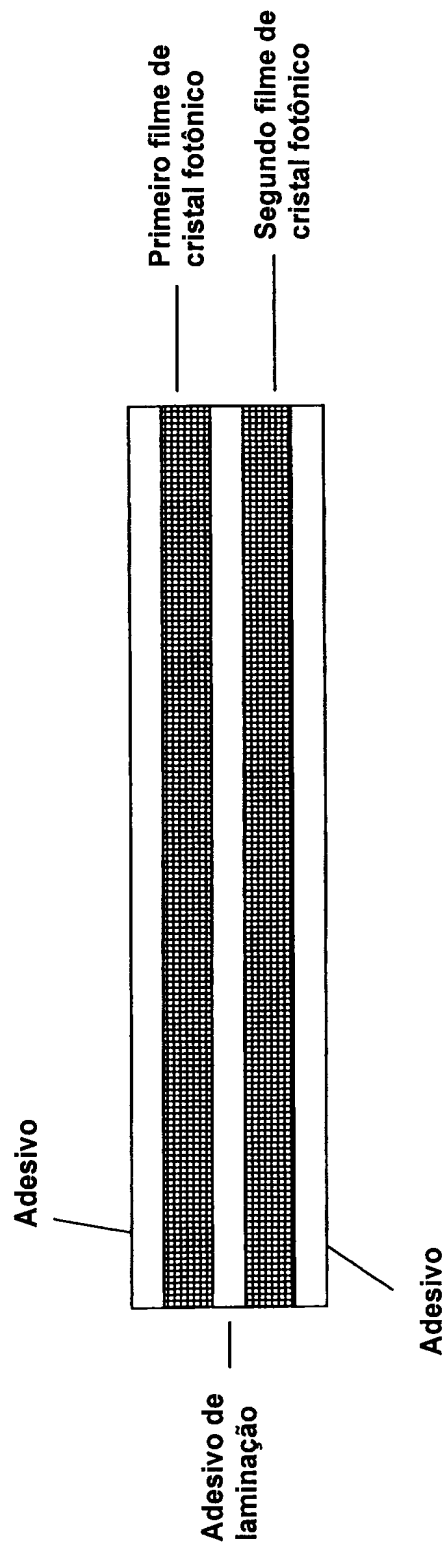


Figura 10

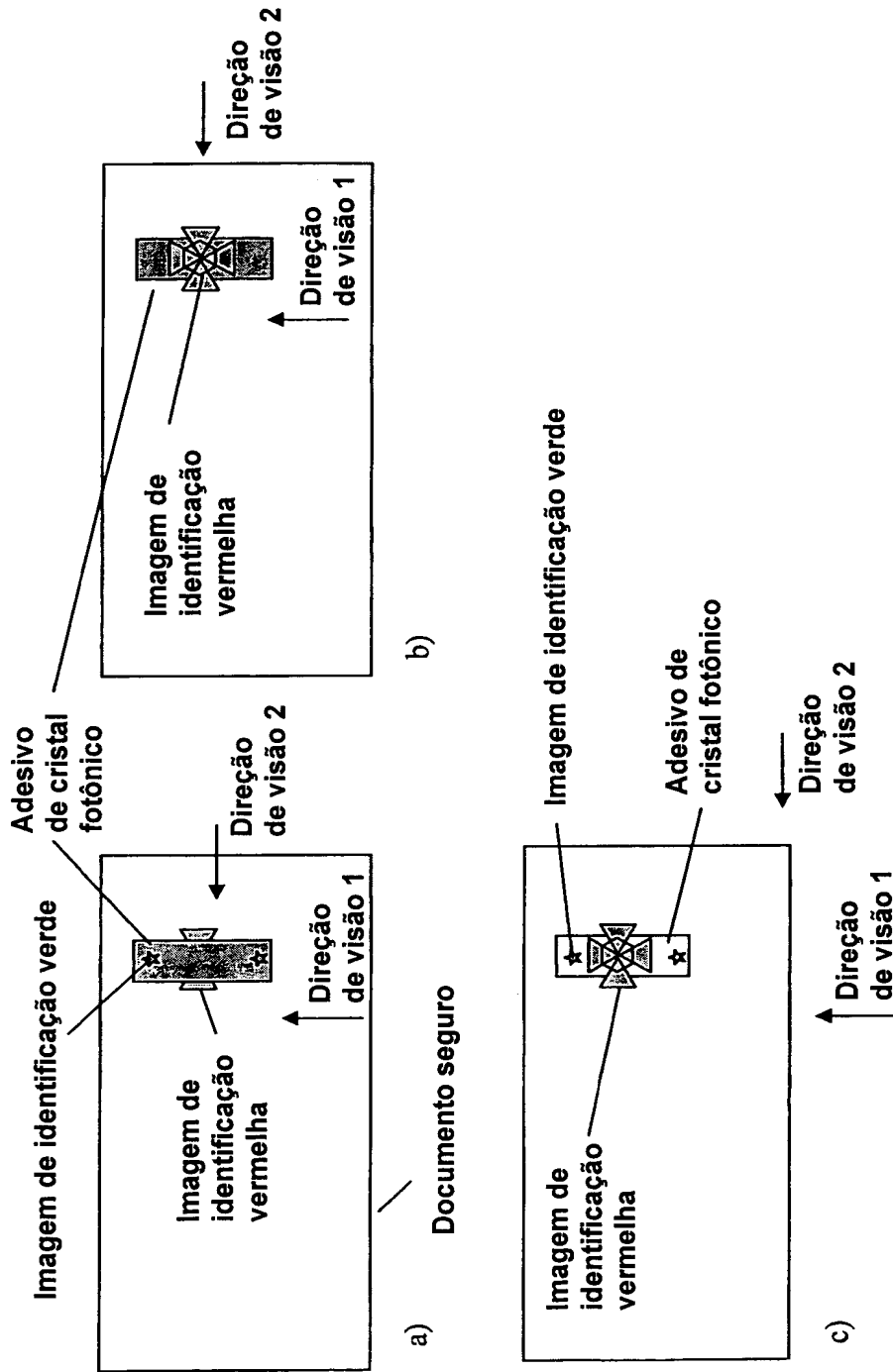


Figura 11

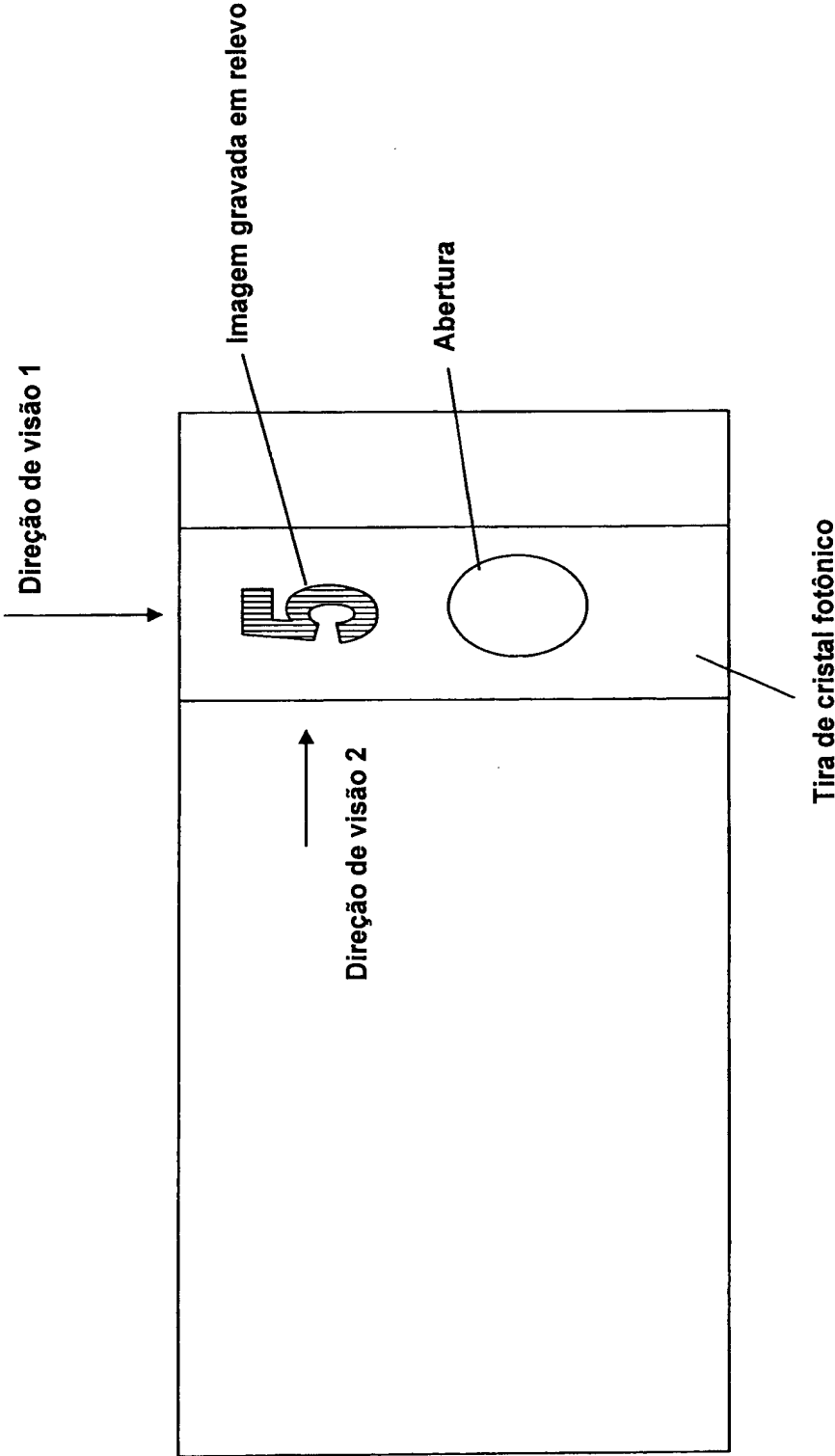


Figura 12

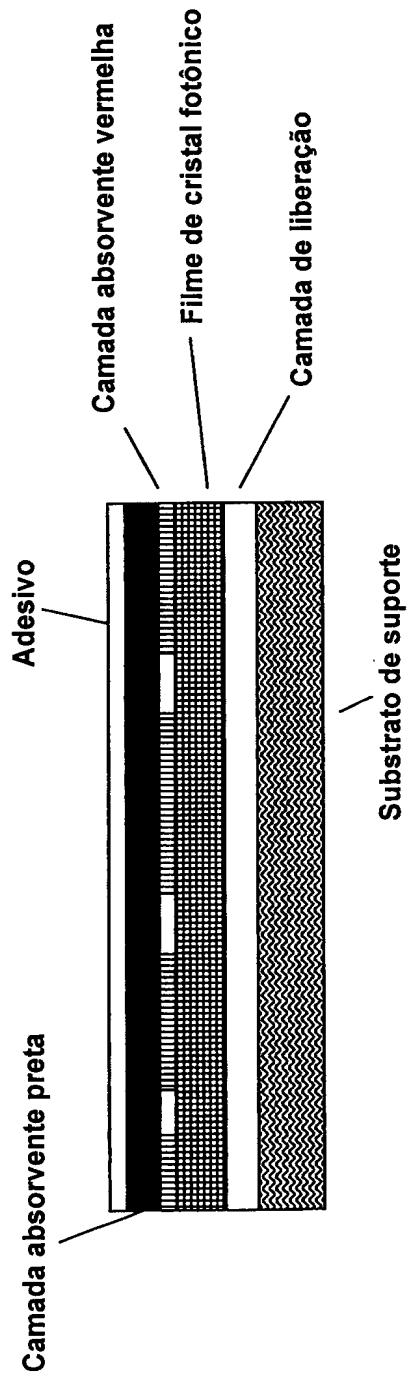


Figura 13

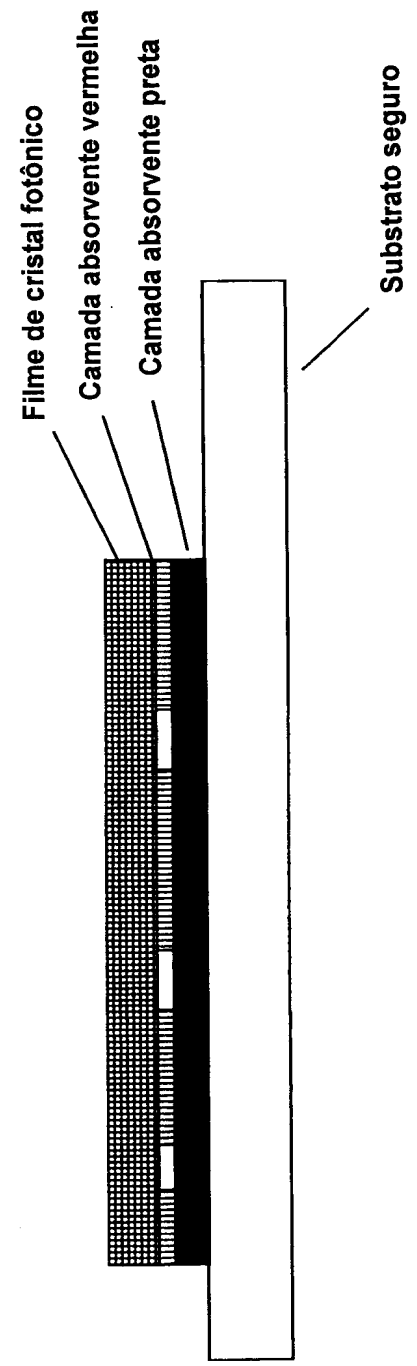


Figura 14

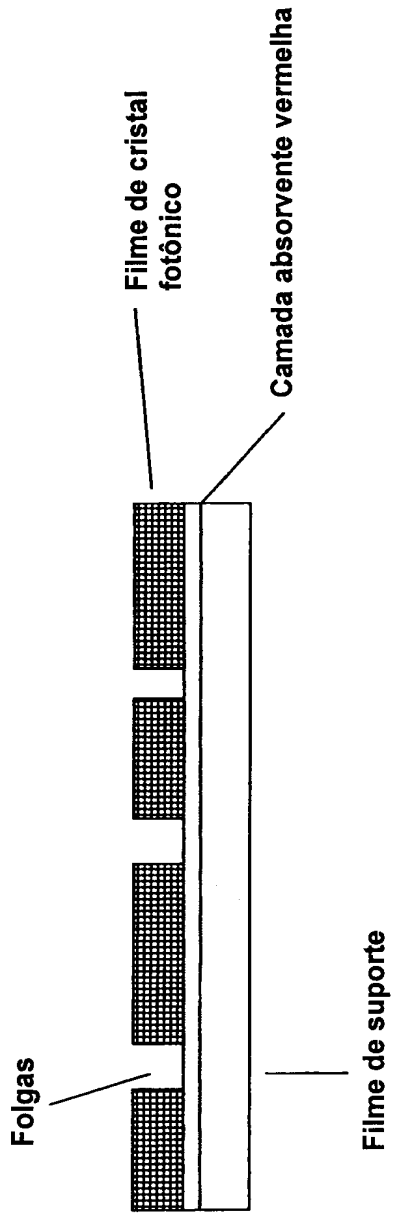


Figura 15

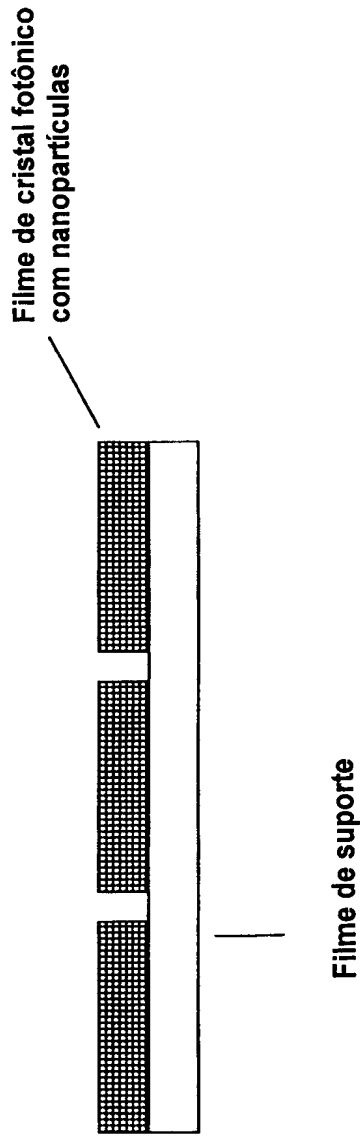


Figura 16

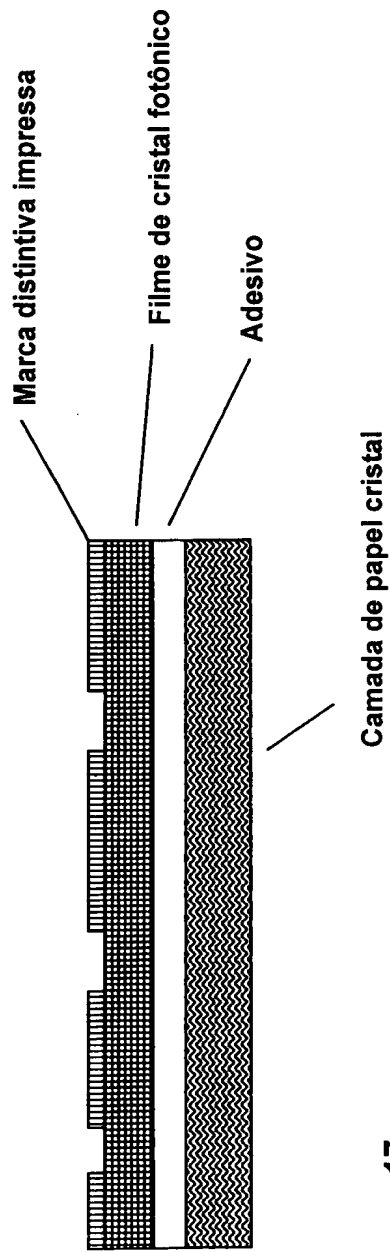


Figura 17

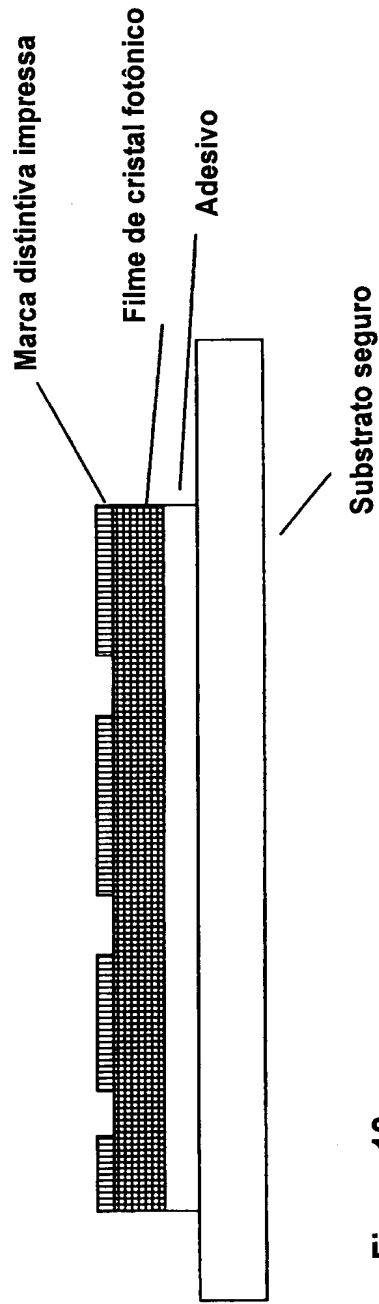


Figura 18

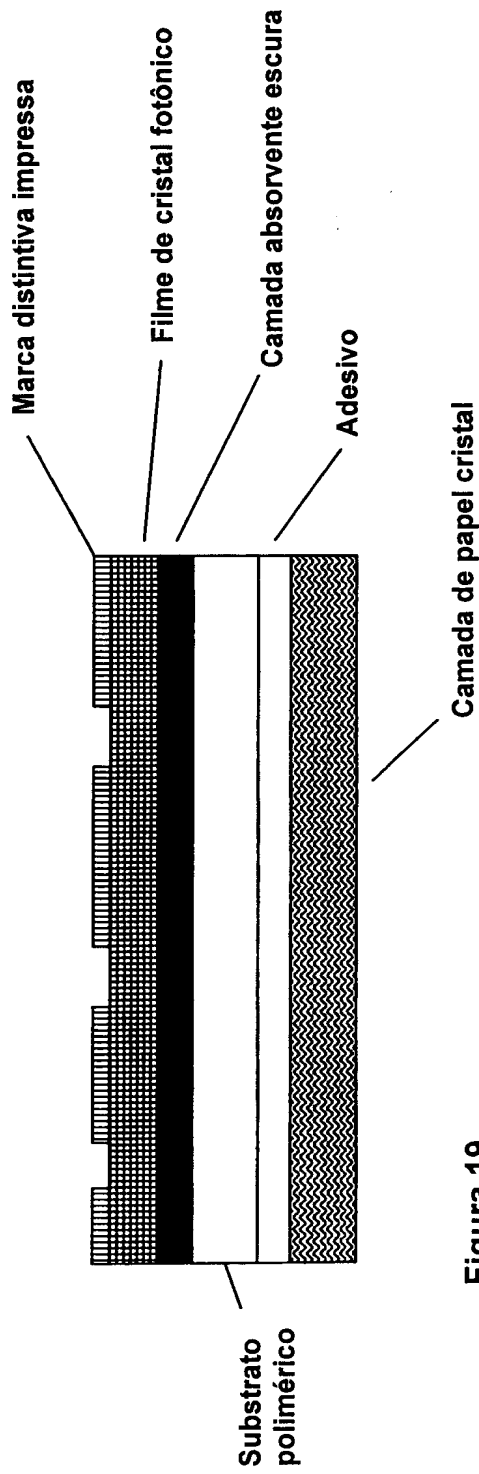
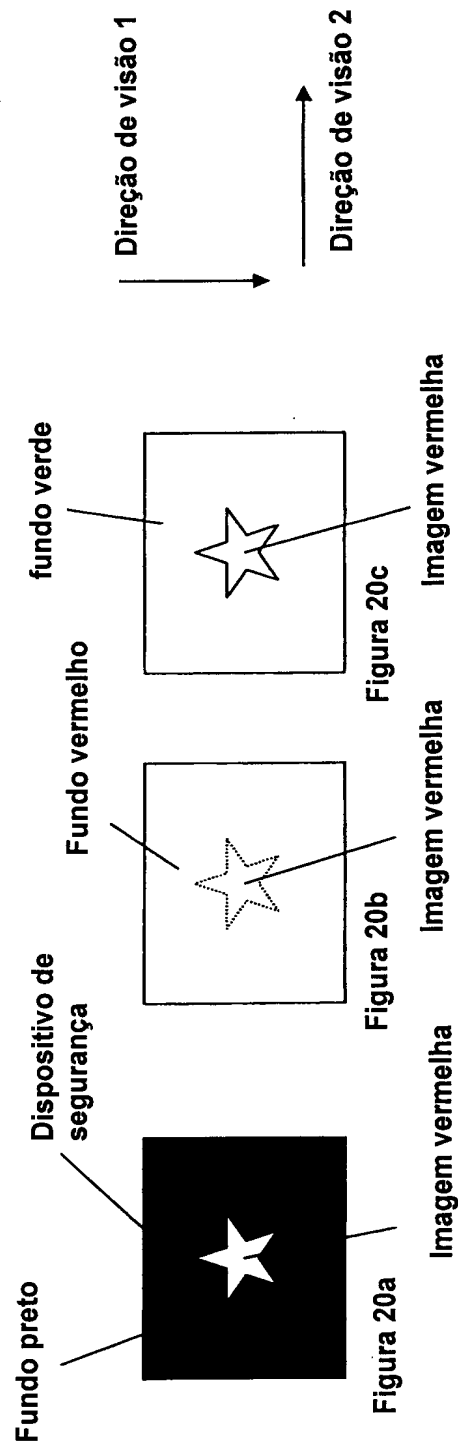


Figura 19



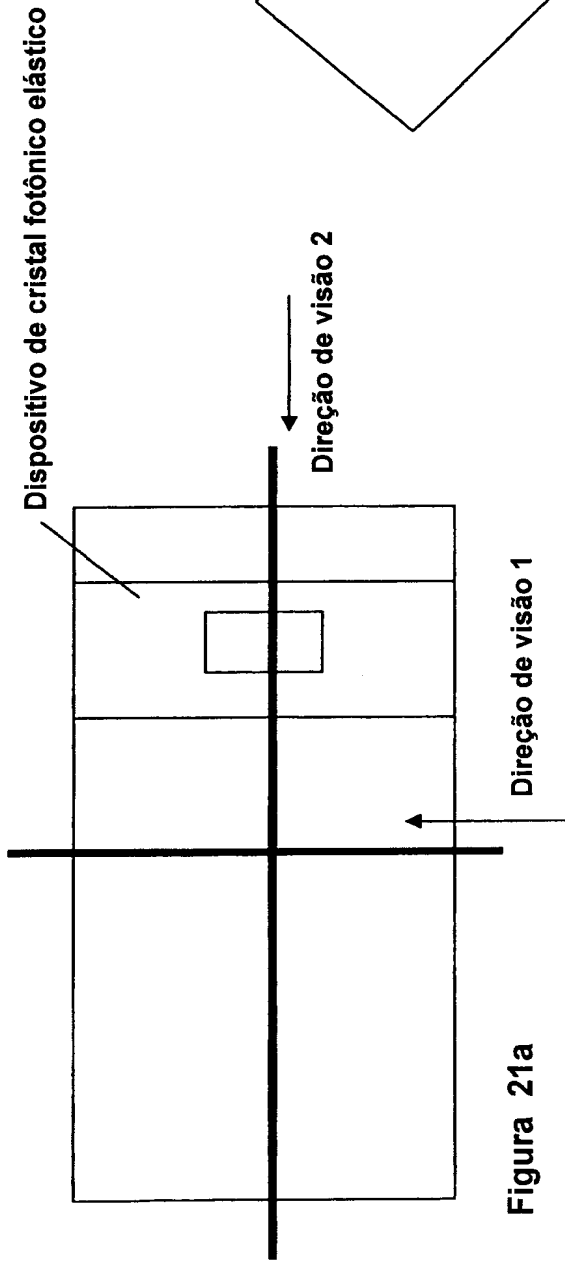


Figura 21a

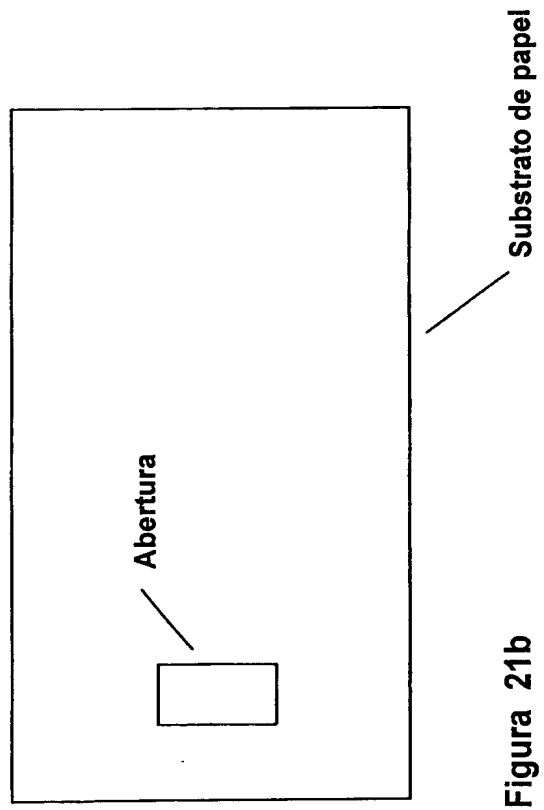


Figura 21b

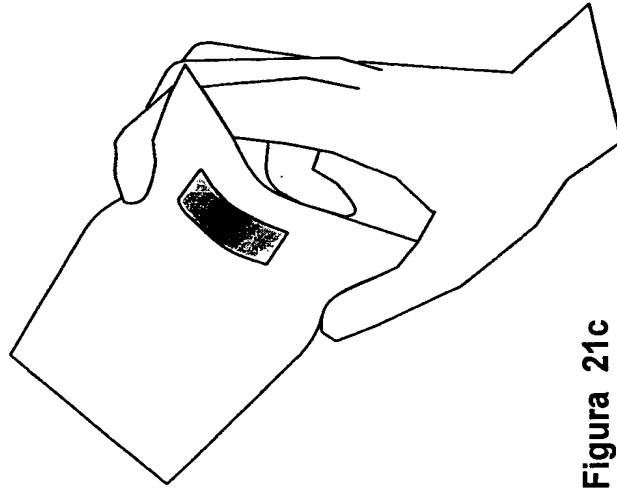


Figura 21c

RESUMO

“DISPOSITIVO DE SEGURANÇA OPTICAMENTE VARIÁVEL, E, DOCUMENTO DE SEGURANÇA”

A presente invenção diz respeito a um dispositivo de
5 segurança opticamente variável que compreende um cristal fotônico para o
qual luz incidente recebida pelo cristal é seletivamente refletida ou
transmitida pelo cristal para gerar um primeiro efeito opticamente variável
observável em um primeiro conjunto de direções. Luz incidente recebida pelo
cristal é também seletivamente refletida ou transmitida pelo cristal para gerar
10 o efeito óptico observável em um segundo conjunto de direções que é
diferente do primeiro conjunto.