



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

(21) **PI0711415-0 A2**

(22) Data de Depósito: 07/05/2007
(43) Data da Publicação: 01/11/2011
(RPI 2130)



* B R P I 0 7 1 1 4 1 5 A 2 *

(51) *Int.Cl.:*
G02B 5/02
B42D 15/00
G07D 7/12

(54) **Título:** MICROESTRUTURAS DE RELEVO DE SUPERFÍCIE OTICAMENTE EFICIENTES E MÉTODO DE CRIAÇÃO DAS MESMAS

(30) **Prioridade Unionista:** 12/05/2006 EP 06 113901.0

(73) **Titular(es):** Rolic AG

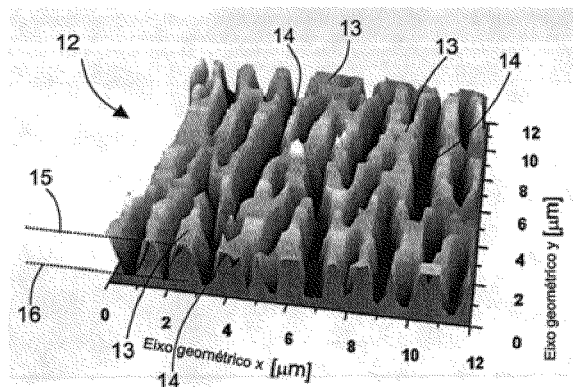
(72) **Inventor(es):** Martin Stalder

(74) **Procurador(es):** Dannemann, Siemsen, Bigler & Ipanema Moreira

(86) **Pedido Internacional:** PCT CH2007000227 de 07/05/2007

(87) **Publicação Internacional:** WO 2007/131375 de 22/11/2007

(57) **Resumo:** MICROESTRUTURAS DE RELEVO DE SUPERFÍCIE OTICAMENTE EFICIENTES E MÉTODO DE CRIAÇÃO DAS MESMAS. A presente invenção refere-se a um elemento compreendendo uma área de superfície com uma microestrutura de relevo de superfície opticamente eficiente específica (12). A microestrutura de relevo de superfície possui uma modulação de superfície das regiões superiores (13) e regiões inferiores (14), onde em uma primeira direção lateral da área de superfície existe em média pelo menos uma transição de uma região superior para uma região inferior ou vice-versa a cada 20 micrômetros, e em uma segunda direção lateral da máscara, que é perpendicular à primeira direção, existe em média pelo menos uma transição de uma primeira para uma segunda zona ou vice-versa a cada 200 micrômetros. Na microestrutura, (i) na primeira direção a disposição lateral das transições é não periódica e (ii) as regiões superiores se encontram substancialmente no mesmo platô de relevo superior (15) e as regiões inferiores se encontram substancialmente no mesmo platô de relevo inferior (16). Através de efeitos de espalhamento, as microestruturas de relevo de superfície são adequadas para exibir imagens com uma mudança de imagem de positiva para negativa, o que possui vantajosamente uma aparência de cor saturada e distinta, mas ao mesmo tempo não mostra qualquer cor do arco-íris. A invenção também se refere a métodos de criação de tais elementos além de dispositivos de segurança compreendendo tais elementos.



Relatório Descritivo da Patente de Invenção para "**MICROESTRUTURAS DE RELEVO DE SUPERFÍCIE OTICAMENTE EFICIENTES E MÉTODO DE CRIAÇÃO DAS MESMAS**".

Campo Técnico

5 A invenção refere-se a dispositivos óticos com uma aparência de cor característica, que podem, por exemplo, ser utilizados para dar segurança a documentos e artigos contra falsificação e contração.

Mais particularmente, a invenção se refere a elementos possuindo pelo menos uma área de superfície com uma microestrutura de relevo de superfície oticamente eficiente e métodos para a criação de tais elementos.

Antecedentes da Invenção

O uso de dispositivos óticos para proteção contra contração, violação ilegal e proteção de produto em geral é agora uma técnica bem estabelecida.

15 Devido ao aumento de fraudes e contrações, novas medidas anticontração são constantemente buscadas. Por muitos anos hologramas foram a tecnologia de segurança preferida. Enquanto isso, essa tecnologia tem mais de 30 anos e, portanto, se tornou bem-conhecida e amplamente utilizada. As folhas holográficas podem ser encontradas até mesmo em lojas de presentes nos dias de hoje. Essa situação representa um risco à segurança visto que muitas pessoas têm acesso à tecnologia de holograma. Com a disponibilidade das impressoras digitais de holograma, o percurso para o uso fácil de sistemas holográficos foi aberto. Essas impressoras permitem a produção de muitos tipos diferentes de hologramas e um conhecimento mínimo das configurações holográficas ou copiadoras a laser é exigido. Tal equipamento permite a preparação de padrões para a fabricação de metal subsequente e a duplicação em filmes finos em grandes volumes.

25 É, portanto, mais desejável se estender essa gama de dispositivos de segurança por acessórios de segurança novos, que são claramente distinguidos dos dispositivos holográficos. Exemplos de tais dispositivos novos são dispositivos oticamente variáveis alternativos (OVD). OVDs são dispositivos que mudam sua aparência à medida que o ângulo de visualização

30

ou iluminação é alterado. Um subgrupo dos OVDs são dispositivos de mudança de cor. OVDs de mudança de cor mudam sua cor à medida que o ângulo de visualização ou iluminação é alterado. OVDs de mudança de cor representativos são filmes colestérico ou de interferência, incluindo dispositivos óticos baseados em flocos de tais filmes. Ambos exibem uma mudança de cor pronunciada à medida que o dispositivo é inclinado para longe de um ângulo de visão perpendicular. Nenhuma cor do arco-íris, uma característica dos dispositivos holográficos padrão produzidos em massa, é observada nesses tipos de dispositivos de mudança de cor.

Os efeitos de mudança de cor devido à interferência da luz em filmes óticos finos possuem uma longa tradição na história de componentes de filme fino modernos (por exemplo. J.A. Dobrowolski, "Optical thin-film security devices," em "Optical Document Security" Ed. por R. L. van Renesse, Artechouse Boston 1998). Muitas composições diferentes dos sistemas de filme fino em camadas são possíveis. Um espectro de reflexão característico é obtido, por exemplo, em incidência de luz normal. Os espectros de reflexão ou de transmissão são deslocados em direção ao lado de comprimento de onda curto à medida que o ângulo de incidência aumenta. Os sistemas de filme fino de múltiplas camadas, frequentemente combinações de camadas dielétricas e metálicas, também são possíveis dentro dos materiais dielétricos apenas. Nesse caso, filmes finos de diferente índice de refração são necessários.

Dispositivos de segurança com base nos filmes de interferência finos ou em flocos de tais filmes são comercialmente disponíveis nos dias de hoje. Exemplos podem, por exemplo, ser encontrados nas patentes U.S. Nos. U.S. 5.084.351 e U.S. 6.686.042 da Flex Products, Inc.

Outras abordagens são dispositivos de espalhamento. O uso de efeitos de espalhamento isotrópicos e até mesmo anisotrópicos nos OVDs pode melhorar a atratividade ótica de forma significativa. Especialmente o espalhamento de luz anisotrópico é um meio útil para gerar dispositivos sensíveis ao ângulo de visualização. As figuras 1.1 e 1.2 ilustram o espalhamento de luz isotrópico e anisotrópico respectivamente.

A reflexão em uma superfície estruturada de forma isotrópica, tal como um jornal ou a maior parte das superfícies encontradas em artigos domésticos, é tal que nenhuma direção de azimute é preferida. Como indicado na figura 1,1, a luz de entrada colimada 1 é redirecionada na superfície de espalhamento 2 para dentro de novas direções de saída 3 com uma distribuição de luz de saída simétrica axialmente característica e um ângulo de divergência característico 4.

Uma superfície estruturada de forma anisotrópica, no entanto, reflete luz de uma forma pronunciada para determinadas direções e suprime a luz em outras direções. Na figura 1,2, a luz de entrada colimada 1 impinge em uma superfície de espalhamento anisotrópica 5 e é redirecionada para novas direções de saída 6 com uma distribuição de luz de saída característica 7, que depende do ângulo de azimute correspondente 8, 8'.

Para a representação da informação, um padrão de pixels individuais com comportamento de espalhamento anisotrópico e orientação de direção anisotrópica diferente pode ser feito. Dessa forma, os dispositivos correspondentes podem compreender uma superfície de espalhamento anisotrópica padronizada, que representa uma imagem tal como um texto ou uma imagem ou similar. Visto que a luz em uma determinada direção é refletida ou suprimida dependendo da orientação de pixel específica, uma imagem dos pixels claros e escuros é observada. Adicionalmente, esses dispositivos exibem uma mudança pronunciada de vista positiva para negativa quando são inclinados ou girados. Tais dispositivos de superfície padronizada podem, por exemplo, ser gerados como se segue. Primeiro, a imagem em escala cinza de interesse é quadriculada, isso significa que a imagem é dividida em zonas escuras e claras com uma determinada resolução de pixel. Então, as zonas escuras (pixels) são atribuídas às zonas de espalhamento anisotrópico de uma primeira direção de orientação e as zonas claras são atribuídas às zonas de espalhamento anisotrópico com uma direção de orientação diferente, por exemplo, perpendicular à primeira direção de orientação. Uma ilustração de um quadrado de 2 x 2 pixels com tal disposição de orientação é fornecida na figura 2. Os pixels 10 e 10' são orientados em uma

direção e os pixels 11 e 11' são orientados no sentido cruzado. Um dispositivo com um padrão de pixels disposto como esse aparecerá como positivo sob um primeiro ângulo de visualização e mudará para negativo à medida que o dispositivo é, por exemplo, girado em 90 .

5 Um método conhecido de fabricação de filmes de espalhamento anisotrópico com anisotropia padronizada é descrito no pedido de patente internacional WO-01/29148 de Rolic AG e também, por exemplo, em Ibn-Elhaj et al., "Optical polymer thin films with isotropic and anisotropic nano-corrugated surface topologies", Nature, 2001, volume 410, p. 796-799. Para
10 a criação de estruturas de superfície, é feito uso de uma tecnologia chamada de tecnologia de corrugação de monômero (MC). A mesma se baseia no fato de a separação de fase de misturas especiais aplicadas a um substrato ser induzida por reticulação, por exemplo, com exposição à radiação ultravioleta. A remoção subsequente de componentes não reticulados deixa uma
15 estrutura com uma topologia de superfície específica. A topologia pode ser tornada anisotrópica pelo alinhamento de uma camada de alinhamento subjacente, e pela utilização de uma camada de alinhamento padronizada, é possível se criar uma topologia de superfície de espalhamento anisotrópica padronizada.

20 Como mencionado acima, uma característica interessante e desejável para muitas finalidades, em particular, para a aplicação como dispositivo de segurança, são cores especiais e efeitos de mudança de cor. No pedido de patente internacional WO-2006/007742, é ilustrado com um único exemplo (exemplo 5) que com base na tecnologia MC é possível, a princípio,
25 se alcançar profundidades de modulação, que são profundas o suficiente para gerar uma aparência de cor pastel. No entanto, apesar de a profundidade de modulação média e a periodicidade média das topologias de superfície MC poderem ser sintonizadas por meio de vários dispositivos, os dois parâmetros não podem ser criados de forma independente um do outro. Por-
30 tanto, e devido ao formato de modulação de superfície característico induzido pela tecnologia MC, a saturação de cor das superfícies de espalhamento geradas por MC é limitada. Cores mais saturadas, que são essenciais para

muitas aplicações, não são possíveis com os dispositivos correspondentes.

No contexto de dispositivos óticos é feita referência a U.S. 2003/0072412 A1. Nesse documento, uma estrutura de superfície óticamente ativa é descrita compreendendo um substrato com uma estrutura de múltiplas camadas compreendendo sulcos que são posicionados entre partes cheias. É notado que a estrutura descrita em U.S. 2003/0072412 A1 a princípio é uma estrutura periódica, visto que é especificamente notado que dentro de cada período efetivo, designado d , as partes cheias são distribuídas de forma aleatória, no entanto, dentro de cada um desses períodos o mesmo padrão aleatório é utilizado. Logo, existe uma distribuição aleatória dentro de um período que é, no entanto, repetida de forma idêntica em cada período. A estrutura é, dessa forma, periódica. Estruturas análogas são descritas em DE 10 2004 003 984 A1 além de em U.S. 2005/0094277 A1.

Estruturas de superfície igualmente periódicas são descritas em U.S. 2005/0219353 A1 no contexto de revestimentos antirreflexo. Apesar do fato de no texto a colocação aleatória de peças óticas protuberantes ser mencionada, não há exibição de uma disposição não periódica dessas peças óticas. Por outro lado, os métodos reais descritos para a criação de estruturas de revestimento antirreflexo claramente não levarão a estruturas com peças óticas protuberantes como fornecido nas exposições, isto é, com uma profundidade de modulação constante.

U.S. 2003/0011870 A1 descreve um substrato com um filme de reflexo de luz no qual as alturas de uma pluralidade de partes convexas ou a profundidade das partes côncavas formadas em um material de base são especificadas como sendo substancialmente iguais. Os formatos bidimensionais da pluralidade de partes convexas ou partes côncavas são especificados como sendo os formatos bidimensionais de círculos e polígonos independentes, ou um dos mesmos. Adicionalmente, a pluralidade de partes convexas ou partes côncavas é disposta na direção do plano em uma base aleatória. O substrato é formado utilizando-se uma máscara na qual as partes de transmissão de luz ou partes de não transmissão de luz são formadas em unidades de pontos, o número dos mesmos sendo menor do que o nú-

mero de regiões de ponto. Os pontos são dispostos de forma irregular em cada uma das unidades, e uma pluralidade de unidades é incluída.

JP 2005-215642 fornece uma fotomáscara para a fabricação de um refletor por difusão possuindo alta luminância de espalhamento e um método para a fabricação do refletor por difusão pela utilização da fotomáscara. A fotomáscara possui uma região de padrão onde uma região de padrão unitária é colocada em uma matriz. A região de padrão possui uma parte de transmissão de luz retangular em uma pluralidade de números colocada em uma matriz, uma parte de transmissão de luz diminuta circular em um grande número colocada de forma regular ou aleatória para cercar cada parte de transmissão de luz, e uma parte de proteção de luz cercando..... Adicionalmente, uma parte de tira que cerca a parte de transmissão não possui qualquer parte de transmissão de luz minúscula, e a largura da parte de tira é de 1 μm a 5 μm .

15 Sumário da Invenção

Um objetivo da presente invenção é, portanto, fornecer estruturas de superfície, que por si só, isto é, sem a necessidade de elementos ou camadas adicionais, ao mesmo tempo ilustram (a) os efeitos de espalhamento, que são adequados para se exibir imagens e também uma mudança de imagem de positiva para negativa sem cores do arco-íris e (b) uma aparência distinta e de cor saturada.

Um objetivo principal da presente invenção é fornecer métodos de fabricação de tais estruturas de superfície.

Dessa forma de acordo com um aspecto da invenção, é fornecido um elemento possuindo pelo menos uma área de superfície com uma microestrutura de relevo de superfície opticamente eficiente, cuja microestrutura de relevo de superfície possui uma modulação de superfície de transições das regiões inferiores para as regiões superiores e das regiões superiores para as regiões inferiores, onde em uma (primeira) direção lateral da área de superfície existe (em média) pelo menos uma transição de uma região superior para uma região inferior ou vice-versa a cada 20 micrômetros, e preferivelmente, adicionalmente, em uma segunda direção lateral da área de

superfície, que é perpendicular à primeira direção, existe em média pelo menos uma transição de uma região superior para uma região inferior ou vice-versa a cada 200 micrômetros, caracterizado pelo fato de

5 (i) na (primeira) direção a disposição lateral das transições ser não periódica, e

(ii) as regiões superiores se encontrarem substancialmente no mesmo platô de relevo superior e as regiões inferiores se encontrarem substancialmente no mesmo platô de relevo inferior, de forma que a profundidade de modulação de relevo seja substancialmente igual através da área de superfície.

10

Algumas definições devem ser fornecidas para uma compreensão mais completa da discussão acima e da discussão subsequente da invenção:

Como os versados na técnica sabem bem, uma função periódica é uma função que repete seus valores depois de algum período definido ter sido adicionado à sua variável independente. Em contraste com isso, uma função não periódica é uma função para a qual o período não definido pode ser definido, depois do que o mesmo repete seus valores. A periodicidade pode ser determinada por um número de métodos, um dos quais sendo a determinação das funções de correlação em uma ou várias dimensões.

15

20

Como os versados na técnica também sabem bem, um platô de uma função é uma parte de seu domínio onde a função tem um valor constante. No contexto da presente invenção, portanto, o platô de relevo superior e o platô de relevo inferior são regiões onde a função que define a superfície possui um valor essencialmente constante em uma direção ortogonal ao plano do substrato (ao longo da direção z). É notado que ter na verdade tais regiões e não transições essencialmente contínuas, ou quase contínuas, por exemplo, transições sinusoidais entre o topo e o fundo dentro da estrutura de superfície é uma característica de diferenciação.

25

A diferença na altura entre os níveis desses dois platôs é igual ou substancialmente igual através da área de superfície, significando que as variações na altura dos dois platôs através da área de superfície na direção

30

z é tipicamente inferior a 20%, preferivelmente inferior a 10%, ainda mais preferivelmente inferior a 5%. A presença desses platôs e o fato de a diferença na altura entre os níveis desses dois platôs ser igual ou substancialmente igual através da área de superfície também pode ser quantificado utilizando-se a função de mérito como fornecida abaixo em maiores detalhes.

O eixo geométrico anisotrópico é a direção ao longo da qual a superfície apresenta menos modulações, logo, normalmente é a direção do sulco ou estruturas tipo sulco na topologia de superfície.

O fator de enchimento de relevo de superfície é definido como a razão da área total das regiões superiores para a área integrada através de todas as regiões superiores e todas as regiões inferiores.

Acredita-se que a característica (i) é uma das razões principais pela ausência das cores de arco-íris ocorrerem, ao passo que a característica (ii) fornece basicamente uma aparência de cor saturada.

Para se caracterizar adicionalmente o elemento da presente invenção, uma função de autocorrelação unidimensional média $AC(x)$ da microestrutura de relevo de superfície em pelo menos uma direção, que para as modulações de superfície anisotrópicas é a direção perpendicular a um eixo geométrico anisotrópico, é introduzida. A função de autocorrelação define um comprimento de correlação, o comprimento de autocorrelação, que é o comprimento dentro do qual o envelope da função de autocorrelação cai para 10% de AC a $x=0$. No contexto da presente invenção, o termo não periódico é normalmente utilizado para a condição na qual o comprimento de autocorrelação é menor que três vezes uma distância lateral média entre as transições adjacentes das regiões superior e inferior.

De acordo com uma modalidade preferida, a disposição lateral da transição é não periódica em uma segunda direção, que é perpendicular à primeira direção.

De acordo com outra modalidade preferida, o elemento possui um padrão de uma pluralidade de áreas de superfície com microestruturas de relevo de superfície óticamente eficientes. O padrão pode representar uma imagem tal como um texto ou um desenho ou similar ou pode ser parte

de uma imagem tal como um texto, um desenho ou similar. A imagem também pode compreender áreas sem microestruturas de relevo de superfície opticamente eficientes. Tais áreas não exibirão, conseqüentemente, a aparência de cor saturada, que é típica para áreas exibindo microestruturas de relevo de superfície.

Em um aspecto adicional, a invenção se refere a dispositivos de segurança compreendendo tais elementos.

Em outro aspecto da invenção, é fornecido um método de fabricação de um elemento possuindo pelo menos uma área de superfície com uma microestrutura de relevo de superfície opticamente eficiente. No método, primeiro uma máscara é criada, que possui uma microestrutura das primeira e segunda zonas de transparência diferente, onde em uma (primeira) direção lateral da máscara existe (em média) pelo menos uma transição de uma primeira para uma segunda zona ou vice-versa a cada 20 micrômetros, e preferivelmente, adicionalmente, em uma segunda direção lateral da máscara, que é perpendicular à primeira direção, existe em média pelo menos uma transição de uma primeira para uma segunda zona ou vice-versa a cada 200 micrômetros, e onde na (primeira) direção a disposição lateral das transições é não periódica. Então, com a ajuda da máscara uma microestrutura de relevo na superfície de uma resina é gerada para produzir as regiões superiores correspondentes às primeiras zonas da máscara e regiões inferiores correspondentes às segundas zonas da máscara. Dessa forma, as regiões superiores se encontram substancialmente em um platô de relevo superior e as regiões inferiores se encontram substancialmente em um platô de relevo inferior, de forma que a profundidade de modulação de relevo seja substancialmente igual através de toda a área de superfície.

Logo, o princípio do método pode ser resumido visto que uma microestrutura das primeira e segunda zonas de diferentes transparências é utilizada, onde em uma (primeira) direção lateral da máscara existe (em média) pelo menos uma transição de uma primeira para uma segunda zona ou vice-versa a cada 20 micrômetros, e preferivelmente também em uma segunda direção lateral da máscara, que é perpendicular à primeira direção,

existe em média pelo menos uma transição de uma primeira para uma segunda zona ou vice-versa a cada 200 micrômetros, e onde na primeira direção a disposição lateral das transições é não periódica, como, por exemplo, disponível e prontamente acessível por meio da tecnologia MC mencionada
5 acima. As desvantagens ou limitações dessa tecnologia MC são evitadas, a princípio, apenas pela utilização do padrão de topologia anisotrópica bidimensional presente em tal microestrutura e pela utilização desse padrão de topologia anisotrópica bidimensional como um "gabarito" para a geração de um perfil mais claramente e distintamente estruturado na terceira dimensão,
10 isto é, em uma direção perpendicular ao plano da microestrutura. Esse perfil claro e distinto significa que as regiões superiores de uma estrutura gerada se encontram substancialmente em um platô de relevo superior e as regiões inferiores substancialmente se encontram em um platô de relevo inferior.

Em um caso extremo isso significa que o padrão de topologia anisotrópica bidimensional, logo, basicamente, um corte através de tal microestrutura como, por exemplo, disponível através da tecnologia MC, é projetado ao longo da terceira dimensão de forma que exista um platô superior com exatamente essa topologia bidimensional, e um platô inferior com um negativo dessa topologia bidimensional, e entre os mesmos, transições verticais.
15 Os casos menos extremos ainda contidos na presente invenção podem, por exemplo, ser caracterizados por uma distribuição bimodal específica ao longo da terceira dimensão como caracterizado pela função de mérito M discutida abaixo.

De acordo com uma modalidade preferida do método, a microestrutura das primeira e segunda zonas de diferentes transparências de máscara é criada com as etapas a seguir. Primeiro, um filme com uma estrutura de superfície corrugada estruturada topologicamente é depositada em uma camada de um material de máscara. Então, a espessura do filme é reduzida até que o material do filme nas zonas inferiores da superfície corrugada seja
25 removido e as partes do material de máscara subjacentes sejam liberadas. Depois disso, as partes da máscara, que são liberadas, são removidas.

A invenção também se refere a usos preferidos de elementos

como destacado acima. Preferivelmente, tais elementos são utilizados como elementos de segurança em um dispositivo de segurança. Os dispositivos de segurança podem ser aplicados a ou incorporados a um documento de segurança. Os documentos de segurança são, por exemplo, notas bancárias, passaportes, licenças, ações, cupons, cheques, cartões de crédito, certificados, passagens, etc. Os dispositivos de segurança também podem ser aplicados ou incorporados à marca ou dispositivos de proteção de produto, ou em dispositivos de empacotamento, como papel de embrulho, caixas, envelopes, etc. Vantajosamente, o dispositivo de segurança pode assumir a forma de uma etiqueta, tira de segurança, rótulo, fibra, fio, laminado ou emenda, etc.

Um aspecto importante da presente invenção é que as microestruturas de relevo de superfície óticamente eficientes podem ser duplicadas com técnicas de duplicação adequadas visto que o efeito ótico relevante surge da interface de modulação de relevo de superfície. É, portanto, possível se aplicar técnicas de duplicação de padrão para a fabricação em massa de tais dispositivos a custos adequados uma vez que um padrão esteja disponível. Hoje, duas técnicas de duplicação populares e baratas são gravação com UV e gravação com calor (ver, por exemplo, M.T. Gale: "Replication Techniques for Diffractive Optical Elements", em *Microelectronic Engineering*, Vol. 34, página 321 (1997)).

De acordo com uma modalidade preferida, a microestrutura de relevo de superfície óticamente eficiente é criada a partir de um único material, no entanto, a fim de se obter um reflexo de cor intenso, as microestruturas de relevo de superfície de acordo com a invenção serão tipicamente revestidas com um material refletor tal como alumínio, ouro, cromo, cobre ou similar.

Particularmente para aplicações de segurança, as microestruturas de relevo de superfície precisam ser vedadas a fim de proteger o dispositivo contra impacto mecânico, contaminação e a fim de impedir a fabricação não autorizada e ilegal de réplicas de tais dispositivos. A proteção e passivação adequada de filmes são materiais dielétricos transparentes ou materiais

com um comportamento de absorção específico que pode, dessa forma, melhorar a aparência de cor do dispositivo.

Elementos de acordo com a invenção também podem manter as imagens de alta resolução, componentes gráficos, microtexto e características similares. A aparência de cor normalmente é sensível ao ângulo de visualização e pode se transformar em uma imagem sem cor com um grande ângulo de visualização. As propriedades de espalhamento dos pixels de imagem podem ser sintonizadas de forma que um espalhamento marcado ocorra em direções predefinidas. Se os pixels com tal comportamento forem gerados e, de acordo, dispostos, uma mudança de imagem de positiva para negativa pronunciada ocorre mediante a inclinação ou rotação do dispositivo.

Adicionalmente, uma grama ampla de cortes pode ser obtida, por exemplo, a partir da modulação inferior para mais profunda de cortes amarela, laranja, rosa, violeta, azul e verde. Para estruturas ainda mais profundas, cores de ordem superior podem aparecer.

Breve Descrição dos Desenhos

A invenção é ilustrada adicionalmente pelas figuras de desenho em anexo. É enfatizado que as várias características não são necessariamente desenhadas em escala.

A figura 1.1 é uma ilustração de reflexo de luz em uma superfície estruturada de forma isotrópica;

A figura 1.2 é similar à figura 1,1, mas ilustra a distribuição de luz de saída característica a partir de um reflexo em uma superfície de espalhamento anisotrópica;

A figura 2 ilustra pixels com orientação de direção anisotrópica diferente;

A figura 3 ilustra uma vista tridimensional (imagem AFM) de uma microestrutura de relevo de superfície de acordo com a invenção;

A figura 4.1, a figura 4.2 e a figura 4.3 fornecem exemplos esquematicamente ilustrativos de possíveis padrões de relevo de superfície anisotrópica;

A figura 5.1 ilustra uma imagem AFM de uma microestrutura de

holograma de superfície da técnica anterior;

A figura 5.2 ilustra a função de autocorrelação bidimensional da imagem AFM da figura 5.1;

5 A figura 5.3 fornece a função de autocorrelação unidimensional horizontal média da imagem AFM da figura 5.1 perpendicular ao eixo geométrico de anisotropia;

A figura 6.1 ilustra uma imagem AFM de uma microestrutura de relevo de superfície anisotrópica de acordo com a invenção;

10 A figura 6.2 ilustra a função de autocorrelação bidimensional da imagem AFM da figura 6.1;

A figura 6.3 fornece a função de autocorrelação unidimensional horizontal média da imagem AFM da figura 6.1 perpendicular ao eixo geométrico de anisotropia;

15 A figura 7.1 é uma imagem AFM da microestrutura ilustrada na figura 3;

A figura 7.2 fornece um histograma de altura da microestrutura ilustrado na figura 3 e na figura 7.1;

20 As figuras 8.1 a 8.5 ilustram a geração de uma máscara que é adequada para o método de acordo com a invenção para a criação de elementos possuindo microestruturas de relevo de superfície;

As figuras 9.1 a 9.3 ilustram o uso de uma máscara de acordo com a figura 8.5 para contato fotolitográfico pra criar um elemento possuindo uma área de superfície com uma microestrutura de relevo de superfície otimamente eficiente de acordo com a invenção;

25 As figuras 10.1 a 10.4 ilustram uma abordagem diferente de fotolitografia para criar um elemento de acordo com a invenção;

As figuras 11.1 e 11.2 ilustram outra abordagem adicional para criar um elemento de acordo com a invenção, utilizando a gravação direta através de uma máscara metálica;

30 As figuras 12.1 a 12.4 descrevem um método para a criação de um elemento com duas áreas com microestruturas de relevo de superfície diferentes;

As figuras 13.1 e 13.2 ilustram exemplos de microestruturas de relevo de superfície de acordo com a invenção, que são criadas de forma refletiva ou parcialmente refletiva;

5 As figuras 14.1 e 14.2 ilustram espectros de reflexão não especular e especular de um elemento microestruturado que reflete verde de acordo com a invenção;

As figuras 15.1 e 15.2 ilustram espectros de reflexão não especular e especular de um outro elemento microestruturado que reflete laranja, de acordo com a invenção.

10 Descrição Detalhada da Invenção

Um exemplo de uma microestrutura de relevo de superfície 12 de acordo com a invenção é ilustrado na figura 3 como uma vista tridimensional de uma imagem microscópica de força atômica (AFM) de 12 micrômetros x 12 micrômetros. A microestrutura foi criada de acordo com um método 15 posteriormente descrito abaixo.

Uma modulação de superfície constrói transições das regiões superiores 13 para as regiões inferiores 14. A largura das regiões superior e inferior 13 e 14, como a dos platôs, tipicamente se encontra em uma faixa de 200 micrômetros para cerca de 20 micrômetros. É possível, e para muitas 20 aplicações é um pré-requisito, que a modulação de superfície seja anisotrópica. Esse, por exemplo, também é o caso para a microestrutura ilustrada na figura 3. A microestrutura possui regiões inferiores tipo sulco, que se estendem substancialmente ao longo do eixo geométrico Y de forma que a modulação de superfície tenha um eixo geométrico anisotrópico paralelo ao eixo geométrico Y. Para modulações anisotrópicas, as dimensões laterais das 25 regiões superior e inferior das microestruturas de relevo de superfície de acordo com a invenção podem ser descritas pelo fato de existir, em média, pelo menos uma transição de uma região inferior para uma região superior ou vice-versa a cada 20 micrômetros em uma primeira direção lateral e em 30 uma segunda direção lateral da área de superfície, que é perpendicular à primeira direção, existe, na média, pelo menos uma transição de uma região superior para uma região inferior ou vice-versa a cada 200 micrômetros.

Na figura 3, a primeira direção corresponde à direção em ângulos retos para os sulcos e a segunda direção corresponde à direção ao longo dos sulcos. Na dita segunda direção, as outras direções laterais, por exemplo, paralelas aos sulcos, as transições podem, dessa forma, ser muito mais espaçadas ou pode até menos não haver qualquer transição para os sulcos que se estendem através de toda a microestrutura.

A microestrutura de relevo de superfície pode formar uma superfície refletora. A superfície refletora pode, por exemplo, ser feita a partir de um filme metálico fino tal como alumínio, cromo ou similares cobrindo a microestrutura. Alternativamente, o reflexo pode ser causado por uma transição para um material possuindo um índice de refração diferente. A superfície da microestrutura pode estar voltada para o ar, ou, por exemplo, pode ser coberta com um material dielétrico. O meio de cobertura também pode ser absorvente para determinadas cores para melhorar a aparência de cor do dispositivo.

Nas modalidades preferidas das microestruturas de relevo de superfície de acordo com a invenção, em uma primeira direção lateral da área de superfície, a distância lateral média entre as transições adjacentes de uma região superior para uma região inferior ou vice-versa se encontra na faixa de 0,5 micrômetro para 10 micrômetros. Vantajosamente, a distância lateral média se encontra na faixa de 0,5 micrômetro a 5 micrômetros. Vantajosamente, na segunda direção lateral, que é perpendicular à primeira direção lateral, a distância média entre as transições de uma região superior para uma região inferior é inferior a 100 micrômetros, mais vantajosamente, inferior a 50 micrômetros.

A profundidade da modulação ótica se encontra preferivelmente na faixa de 100 nanômetros a 1000 nanômetros, mais preferivelmente de 100 nanômetros para 500 nanômetros. No contexto da presente invenção, a profundidade de modulação ótica é o produto da profundidade de modulação de relevo mecânico e o índice de refração do material que enche a modulação de superfície.

As microestruturas de relevo de superfície de acordo com a in-

venção são caracterizadas pelas modulações de superfície muito específicas.

Em primeiro lugar, a disposição lateral das transições das regiões superior para inferior e das regiões inferiores para superior é não periódica. Isso se dá especialmente em contraste com, por exemplo, as graduações óticas e estruturas de superfície holográficas.

Em segundo lugar, as regiões superiores se encontram substancialmente no mesmo platô de relevo superior e regiões inferiores se encontram substancialmente no mesmo platô de relevo inferior, de forma que a profundidade de modulação de relevo seja substancialmente igual através de toda a área de superfície. Na figura 3, os platôs de relevo superior e inferior são indicados na seção dianteira com linhas pontilhadas 15 e 16. No exemplo ilustrado, a profundidade de modulação de relevo (ou platô para distância de platô) possui cerca de 290 nanômetros. A segunda característica e, dessa forma, a modulação "binária" é especialmente em contraste com as microestruturas previamente conhecidas com base na tecnologia MC como descrito na parte introdutória acima.

É bem sabido por parte de um versado na técnica que existe uma grande variedade de superfícies naturais e fabricadas com diferentes propriedades de espalhamento isotrópicas e anisotrópicas. Exemplos familiares das superfícies de espalhamento isotrópicas são vidros aterrados utilizados, por exemplo, em sistemas de iluminação. Tais vidros de espalhamento transmitem ou refletem luz sem favorecer uma determinada direção de espalhamento de azimute.

Dispositivos óticos, que são baseados nas estruturas de relevo de superfície anisotrópica, favorecem o espalhamento de luz ou difração nas direções de azimute preferidas. Os difusores unidimensionais pertencem a essa classe de dispositivos óticos. Seu relevo de superfície $z(x,y)$ depende apenas de uma coordenada transversal, por exemplo, x . O eixo geométrico de anisotropia de relevo de superfície é, dessa forma, paralelo a outra coordenada transversal, por exemplo, y . A propagação de luz no plano $z-x$ será espalhada no plano $z-x$. Outros exemplos de dispositivos de espalhamento

ótico anisotrópico são descritos em WO 01/29148 e WO 2006/007742. Esses dispositivos de espalhamento anisotrópico possuem sulcos ou padrões de superfície que são anisotrópicos e espalham a luz basicamente de forma perpendicular com relação ao eixo geométrico longo e fino do sulco ou padrão.

5 A maior parte dos difusores isotrópicos e anisotrópicos são destinados ao uso em sistemas de iluminação e, dessa forma, mantêm um alto grau de acromaticidade. Isso ocorre em contraste com os dispositivos óticos de acordo com a presente invenção, que mantêm uma aparência colorida e são baseados em espalhamento e interferência em dois platôs de relevo de superfície de espalhamento.

10 Uma anisotropia do relevo de superfície permite se aprimorar o brilho do dispositivo e permite a geração de desenhos gráficos vívidos tais como mudanças de positivo para negativo ou movimentação dos elementos gráficos dependendo do ângulo de visualização ou iluminação.

15 Exemplos de possíveis padrões de relevo de superfície anisotrópica, que ilustram de forma esquemática as microestruturas de relevo de acordo com a invenção, são ilustrados nas figuras 4.1, 4.2 e 4.3. Em cada figura, dois pixels de relevo de superfície anisotrópica 20/20', 21/21' e 22/22', respectivamente, são ilustrados com seu eixo geométrico anisotrópico girado em 90° um contra o outro. O eixo geométrico de anisotropia é vertical no pixel esquerdo e horizontal no pixel direito. Os padrões anisotrópicos de acordo com a figura 4.1 são sulcos retangulares alongados 23. Os padrões anisotrópicos de acordo com a figura 4.2 são elevações retangulares arredondadas e alongadas 24. Os padrões anisotrópicos de acordo com a figura 4.3 são sulcos em linha alongados. A luz visualmente percebida é basicamente espalhada ou difratada nos sulcos ou elevações finos. Outros padrões de relevo de superfície anisotrópica de acordo com a invenção podem ser recolhidos dos exemplos fornecidos posteriormente.

30 Para descrever adicionalmente as estruturas desse tipo, o termo razão de aparência de relevo de superfície (SRAR) é definido para o contexto dessa invenção como a razão entre o comprimento médio para largura

dos padrões de relevo de superfície anisotrópica. SRAR determina fortemente a aparência ótica de azimute da luz difundida na microestrutura de relevo de superfície. Com $SRAR=1$, que corresponde a padrões de relevo de superfície que exibem em média a mesma extensão em pelo menos duas direções laterais, as propriedades de espalhamento para a luz incidente é quase independente no ângulo incidente azimute de luz. Portanto, a intensidade da luz refletida a partir da superfície das microestruturas de relevo com $SRAR=1$ quase não muda quando o elemento contendo a microestrutura de relevo de superfície é girado ao longo de um eixo geométrico perpendicular à superfície do elemento.

Para estruturas de relevo anisotrópicas, o que significa $SRAR>1$, a intensidade da luz refletida depende do ângulo de incidência azimute da luz. A fim de ser capaz de reconhecer visualmente essa dependência no ângulo incidente azimute, $SRAR$ deve ser superior a 1.1. Para se aumentar o contraste visível de imagens configuradas de padrões das estruturas de relevo de superfície com diferentes eixos geométricos anisotrópicos, os valores $SRAR$ superiores a 2 são preferíveis. Ainda mais preferíveis são os valores $SRAR$ superiores a 5.

Para valores $SRAR$ muito grandes, a faixa de ângulos azimute nos quais uma quantidade significativa de luz é espalhada se torna menor, o que dificulta o reconhecimento da luz refletida a partir de uma imagem feita de padrões de relevo de superfície. Portanto, é um objetivo dessa invenção fornecer um parâmetro que possa ser sintonizado com as estruturas de relevo de superfície do desenho de forma que a aparência ótica da luz refletida a partir de sua superfície seja otimizada em termos de contraste e faixa de visibilidade de ângulo azimute. Em uma modalidade preferida, $SRAR$ é, portanto, inferior a 50, mais preferivelmente, $SRAR$ é inferior a 20.

Descobriu-se adicionalmente que as modalidades preferidas das microestruturas de relevo de superfície de acordo com a invenção podem ser caracterizadas geometricamente pelas propriedades transversal e de profundidade escolhidas de forma adequada para o relevo de superfície. Essas propriedades serão descritas a seguir. Podem ser determinadas a partir

de qualquer superfície real, preferivelmente com base nas imagens AFM.

Uma propriedade é o fato de o relevo de superfície ser fortemente não correlacionado e, dessa forma, ser caracterizado por um comprimento de autocorrelação curto.

5 Um parâmetro útil para caracterizar os perfis de superfície não periódicos ou não determinísticos é a função de autocorrelação e um comprimento de autocorrelação relacionado. A função de autocorrelação unidimensional ou bidimensional de um perfil de superfície pode ser compreendida como uma medida para a previsibilidade do perfil de superfície para dois
10 pontos espacialmente separados por uma distância x no plano.

A função de autocorrelação $AC(x)$ de uma função $P(x)$, tal como o perfil de microestrutura de relevo de superfície, é definida como:

$$AC(x) = \int P(x') \cdot P(x'+x) \cdot dx'$$

Mais detalhes sobre a função de autocorrelação e problemas de
15 programação correspondentes podem ser encontrados, por exemplo, em "Numerical recipes in C: the art of scientific computing/William H. Press; Saul A. Teukolsky; William T. Vetterling; Brian P. Flannery – Cambridge; New York: Cambridge University Press, 1992". A aplicação da função de autocorrelação para o reconhecimento de padrão no processamento de imagem é
20 discutida, por exemplo, em "Digital image processing / William K. Pratt – New York: Wiley, 2001".

Para um perfil de superfície não periódico ou não determinístico, a função de autocorrelação cai rapidamente com o aumento de x . Por outro lado, para um perfil de superfície determinístico encontrado, por exemplo,
25 em uma grade, a autocorrelação não cai. No caso da grade, a função de autocorrelação é, no entanto, modulada com uma função periódica. Para uma grade quase periódica, o envelope diminui com o aumento de x , também.

Com a ajuda da função de autocorrelação unidimensional, um único número característico, um comprimento de autocorrelação L , pode ser
30 definido. É o comprimento pelo qual o envelope da função de autocorrelação cai até um determinado valor limite. Para a presente finalidade, um valor limite de 10% de $AC(x=0)$ parece ser adequado.

A fim de se especificar o comprimento de autocorrelação L , um parâmetro adicional, uma distância média de sulco para sulco P é definida. O comprimento de autocorrelação das microestruturas de acordo com a presente invenção deve ser menor do que um valor determinado em unidades de P .

Dessa forma, as modalidades preferidas das microestruturas de relevo de superfície de acordo com a invenção são caracterizadas pelo fato de o relevo de superfície em pelo menos uma direção, que para as modulações de superfície anisotrópica é a direção perpendicular a um eixo geométrico anisotrópico, possuir uma função de autocorrelação unidimensional média $AC(x)$ que possui um envelope, que cai para 10% de AC a $x=0$ dentro de um comprimento de autocorrelação, onde o comprimento de autocorrelação é menor que três vezes uma distância lateral média entre as transições adjacentes das regiões superior e inferior.

Mais preferidas são as microestruturas de relevo de superfície, onde o comprimento de autocorrelação é inferior a duas vezes uma distância lateral média entre as transições adjacentes das regiões superior e inferior. Ainda mais preferidas são as microestruturas de relevo de superfície, onde o comprimento de autocorrelação é inferior a uma distância lateral média entre as transições adjacentes das regiões superior e inferior.

Em outra modalidade preferida, o comprimento de autocorrelação (L) é superior a um centésimo da distância lateral média entre as transições adjacentes às regiões superior e inferior.

Para microestruturas de relevo de superfície de acordo com a invenção que possuem modulações de superfície de espalhamento anisotrópico, o eixo geométrico de anisotropia pode ser encontrado, por exemplo, com base em uma imagem AFM adequada ou uma função de autocorrelação derivada. A função de autocorrelação unidimensional precisa então ser avaliada ao longo das linhas perpendiculares ao eixo geométrico de anisotropia e finalmente ter suas médias realizadas, de forma que uma função de autocorrelação unidimensional média resulte. A partir dessa função de autocorrelação unidimensional média, o envelope e o comprimento de autocorre-

lação L são determinados.

A caracterização geométrica descrita acima das microestruturas de relevo de superfície é adicionalmente ilustrada pelos dois exemplos a seguir. O primeiro exemplo é uma microestrutura de relevo de superfície de um holograma de superfície bem-conhecido da técnica anterior, correspondente à imagem AFM e funções de autocorrelação são fornecidas nas figuras 5.1, 5.2 e 5.3. O segundo exemplo é uma microestrutura de relevo de superfície de acordo com a invenção, para a qual a imagem AFM correspondente e as funções de autocorrelação são fornecidas nas figuras 6.1, 6.2 e 6.3.

A figura 5.1 ilustra uma imagem AFM de $15\ \mu\text{m} \times 15\ \mu\text{m}$ da microestrutura de relevo de superfície de um holograma de superfície. Na figura 5.2, a função de autocorrelação bidimensional da imagem AFM da figura 5.1 é fornecida. Obviamente, a grade visível perturbada observada na imagem AFM é correlacionada por toda a área de imagem e em todas as direções. Um eixo geométrico de anisotropia pode ser determinado a partir da imagem AFM ou a função de autocorrelação bidimensional.

A função de autocorrelação unidimensional horizontal média, que é avaliada ao longo das linhas perpendiculares ao eixo de anisotropia, é ilustrada na figura 5.3. A função de autocorrelação 30 possui um envelope, que é indicado por uma curva tracejada 31. É observado que dentro das setes distâncias laterais de sulco para sulco (picos da função de autocorrelação) ilustradas na figura, o envelope não cai abaixo de 10% da função de autocorrelação na posição 0. Dessa forma, o comprimento de autocorrelação, definido pela redução do envelope para 10%, é para o holograma de superfície ilustrado na figura 5.1 consideravelmente maior do que as setes distâncias laterais de sulco para sulco.

Agora, uma imagem AFM de $15\ \mu\text{m} \times 15\ \mu\text{m}$ de uma microestrutura de relevo de superfície de acordo com a invenção é ilustrada na figura 6.1 e a função de autocorrelação bidimensional correspondente é fornecida na figura 6.2. É interessante se notar a partir da rápida redução da função de autocorrelação no centro da figura 6.2 que a microestrutura de acordo com a invenção é pouco correlacionada.

A partir da imagem AFM da figura 6.1 é observado que as regiões inferiores da microestrutura de acordo com a invenção possuem a forma de sulcos, que se estendem na direção vertical. Logo, o eixo geométrico anisotrópico é vertical.

5 Na figura 6.3, a curva 34 representa a função de autocorrelação unidimensional horizontal média da microestrutura de relevo de superfície da figura 6.1, avaliada ao longo das linhas perpendiculares ao eixo geométrico de anisotropia. Em contraste com a microestrutura da técnica anterior do exemplo anterior, a função de autocorrelação unidimensional nesse caso
10 desce de forma acentuada e seu envelope praticamente coincide com a função propriamente dita. Dessa forma, o envelope cai rapidamente abaixo de 10% e o comprimento de autocorrelação correspondente L é inferior a uma distância lateral de sulco para sulco.

Outra propriedade das microestruturas de relevo de superfície
15 de acordo com a invenção são os dois platôs de relevo de superfície pronunciados. A qualidade dos mesmos pode ser quantificada para as modalidades preferidas por uma função com base no histograma de altura (ou profundidade) do relevo de superfície.

De forma ideal, um elemento de acordo com a presente invenção será um sistema puro de dois níveis de altura feito a partir de regiões
20 superior e inferior planas separadas por uma distância característica de platô para platô. A luz espalhada em tal elemento ótico irá gerar dois tipos de feixes de luz espalhada: um espalhado nas regiões superiores e o outro espalhado nas regiões inferiores. Os dois feixes de luz interferirão e, dessa forma, gerarão os efeitos de cor resultantes.
25

Em realidade, no entanto, os processos de fabricação resultam em irregularidades desejadas ou indesejadas e, dessa forma, obscurece as regiões superior e inferior e a distância de platô para platô. Portanto, um histograma de altura através da microestrutura de relevo de superfície pode ser
30 um bom instrumento estatístico para caracterizar o relevo de superfície e tornar os platôs desejados visíveis. O histograma pode, por exemplo, ser derivado das imagens AFM adequadas. A operação matemática envolvida é

incluída na maior parte dos softwares matemáticos ou em qualquer software de processamento de imagem moderno.

Visto que as microestruturas de relevo de superfície de acordo com a invenção retêm dois platôs de relevo de superfície pronunciados, dois picos pronunciados devem ser encontrados no histograma. Isto é adicionalmente ilustrado na figura 7.1 e na figura 7.2

A figura 7.1 é uma imagem AFM da microestrutura de acordo com a invenção já ilustrada na figura 3, e a figura 7.1 fornece o histograma correspondente. Os dois picos pronunciados são claramente visíveis.

Para se quantificar outra propriedade das microestruturas de relevo de superfície, o fator de enchimento de relevo de superfície é introduzido. No contexto da presente invenção, o fator de enchimento de relevo de superfície é definido como a razão da área total das regiões superiores para a área integrada através de todas as regiões superior e inferior. Para um bom e melhor desempenho ótico, pode ser normalmente vantajoso quando as regiões superior e inferior possuem aproximadamente a mesma área total. Em outras palavras, as regiões superior e inferior devem se equilibrar mutuamente, o que significa que o fator de enchimento de relevo de superfície deve estar próximo de 0,5. Isso corresponde a um histograma com dois picos do mesmo tamanho. Para a microestrutura ilustrada na figura 7.1, existe uma ligeira assimetria no histograma fornecido na figura 7.2; a área total das regiões inferiores é ligeiramente menor do que a área total das regiões superiores.

Em geral, o fator de enchimento de relevo de superfície das microestruturas de relevo de superfície de acordo com a invenção pode se encontrar em uma faixa bem ampla. Preferivelmente, o fator de enchimento de relevo de superfície é entre 0,05 e 0,95, preferivelmente entre 0,2 e 0,8. Mais preferivelmente, o fator de enchimento de relevo de superfície se encontra entre 0,3 e 0,7 ou entre 0,4 e 0,6.

Adicionalmente, uma função de mérito com base no histograma de altura pode ser útil para caracterizar os platôs de relevo de superfície pronunciados. Uma função de mérito possível M é a seguinte:

$$M = \frac{d}{\sqrt{(\Delta x_1)^2 + (\Delta x_2)^2}}$$

A função de mérito M utiliza uma relação das larguras de pico e profundidade de modulação de relevo. A faixa de desvios das regiões superior e inferior em torno de seu platô deve estar dentro de uma determinada fração definida da profundidade de modulação de relevo. Δx_1 e Δx_2 são a largura dos dois picos de histograma como medidos na altura $1/e$ da altura de pico total, onde e é a base do logaritmo natural ($e \approx 2,72$), e d é a distância dos dois picos (que corresponde à distância média de platô para platô ou a profundidade de modulação de relevo), Δx_1 , Δx_2 e d são idênticos na figura 7.2.

Tipicamente para avaliação de tal histograma de altura, uma largura de amostragem na terceira dimensão é escolhida, que é pelo menos 50 vezes menor do que o valor de d , preferivelmente pelo menos 100 vezes menor que o valor de d .

As modalidades preferidas das microestruturas de relevo de superfície de acordo com a invenção possuem uma função de mérito M, que é maior que dois. Mais preferivelmente, M é superior a 3,5.

A microestrutura da figura 7.1 e 7.2, por exemplo, possui uma função de mérito M de aproximadamente 4.0.

A presente invenção se refere adicionalmente a um método de criação de elementos possuindo microestruturas de relevo de superfície como descrito acima.

Geralmente, o método utiliza duas etapas principais. Em uma primeira etapa, uma máscara é gerada, que possui uma microestrutura das primeira e segunda zonas de transparência diferente, onde pelo menos em uma direção lateral da máscara existe pelo menos uma transição de uma primeira para uma segunda zona ou vice-versa a cada 20 micrômetros, e onde a disposição lateral das transições é não periódica.

Em uma segunda etapa, uma superfície de uma resina é microestruturada com relevo com a ajuda da máscara para produzir regiões superiores correspondentes às primeiras zonas da máscara e as regiões inferio-

res correspondentes às segundas zonas da máscara, onde as regiões superiores se encontram substancialmente em um platô de relevo superior e as regiões inferiores substancialmente se encontram em um platô de relevo inferior, de forma que a profundidade de modulação seja substancialmente igual por toda a área de superfície.

Tipicamente, a máscara é uma máscara metálica, que pode ser utilizada para um processo de exposição à estruturação, tal como um processo fotolitográfico ou de gravação.

Normalmente, um tipo de primeira e segunda zonas da máscara é totalmente transparente, por exemplo, um furo na máscara, e o outro tipo é não transparente, por exemplo, feito de um material opaco de uma máscara metálica. no entanto, uma pessoa versada na técnica saberá que dependendo do processo de exposição específico, uma máscara com zonas de diferentes transparências (por exemplo, uma máscara de meio tom ou uma máscara de escala cinza) também pode ser utilizada.

A disposição de zonas mais transparentes ou menos transparentes da máscara será isotrópica para a criação de microestruturas de relevo de superfície isotrópica, e anisotrópica para a criação de microestruturas de relevo de superfície anisotrópica.

Em um método preferido para a produção de uma máscara para uso na primeira etapa do método descrito, a microestrutura das primeira e segunda zonas de diferentes transparências é gerada utilizando-se tecnologias, que já são conhecidas para a criação de estruturas de superfície corrugadas estruturadas de forma topológica.

Uma tecnologia dessas é baseada em separação de fase e reticulação de uma mistura de materiais reticuláveis e não reticuláveis. Uma estrutura de superfície corrugada estruturada de forma topológica é obtível pela criação de uma mistura de pelo menos dois materiais dos quais pelo menos um é reticulável e pelo menos o outro é não reticulável, aplicação da mistura a um substrato, reticulação de pelo menos uma parte substancial do material reticulável, e remoção de pelo menos uma parte substancial do material não reticulável. Para microestruturas, que devem ser anisotrópicas, o

material reticulável pode ser mantido em um estado orientado, por exemplo, por meio de uma camada de orientação subjacente ou uma superfície de substrato de orientação durante a reticulação.

Mais especificamente, uma estrutura de superfície corrugada
5 estruturada de forma topológica útil para a produção de uma máscara adequada pode, por exemplo, ser criada da seguinte forma. Em uma primeira etapa, um filme de fotoalinhamento fino é revestido em um substrato adequado. Com a ajuda de luz UV polarizada de forma linear e padronizada, por exemplo, utilizando uma ou mais fotomáscaras e exposição repetida (ou ex-
10 posição única com fotomáscaras ou máscaras de polarização levando à irradiação padronizada em uma etapa, ou métodos de digitalização por laser, etc.), um padrão latente ou imagem é escrito nesse filme de fotoalinhamento fino. Uma descrição mais detalhada dessa tecnologia de fotoalinhamento pode, por exemplo, ser encontrada na patente U.S. No. US-
15 5389698. O fotopolímero exposto tem a capacidade de alinhar as misturas de cristal líquido e os pré-polímeros de cristal líquido reticuláveis. Em uma segunda etapa, a camada de alinhamento padronizada é revestida com uma mistura de materiais de cristal líquido reticulável e não reticulável. Essa mistura cristalina líquida é então reticulada, preferivelmente pela exposição da
20 mesma à irradiação actínica (luz UV). O processo induz uma separação de fase e reticulação do pré-polímero de cristal líquido. Subsequentemente, o material não reticulado é removido, por exemplo, pela utilização de um solvente adequado, de forma que um filme fino corrugado com estrutura de superfície anisotrópica resulte. Os princípios básicos de fabricação e o comportamento ótico dos filmes finos microcorrugados são, por exemplo, descritos
25 nos pedidos de patente internacionais WO-A-01/29148 e WO-A-2004/027500. Com relação à criação de tais filmes finos corrugados com estrutura de superfície anisotrópica, a descrição dos documentos WO-A-01/29148 e WO-A-2004/027500 é explicitamente incluída aqui.

30 Os filmes com estruturas de superfície corrugadas estruturadas topologicamente geradas, por exemplo, pelo processo descrito podem ser utilizados para produzir a microestrutura de máscara das primeira e segunda

zonas de diferentes transparências. Para essa finalidade, tal filme é depositado em uma camada de um material de máscara, por exemplo, cromo. Então, a espessura do filme é reduzida, por exemplo, através de gravação com plasma, até que o material do filme nas zonas inferiores da superfície corrugada seja limpo e partes do material de máscara subjacente sejam liberadas. Finalmente, as partes liberadas da máscara são removidas, por exemplo, por gravação molhada.

Além do método descrito, outras técnicas podem ser utilizadas para se produzir uma máscara para o método de acordo com a invenção para a criação de elementos possuindo microestruturas de relevo de superfície.

Alternativamente ao processo descrito acima para a preparação de um filme fino microcorrugado existem também outras técnicas de nanoestruturação e microestruturação de montagem automática conhecidas, que podem ser utilizadas. Dentre as mesmas se encontram, por exemplo, organização em copolímero ou remoção de umidade.

Uma possível abordagem é a utilização de um escritor com feixe de elétron. O diâmetro do feixe de tais escritores resulta em áreas de exposição de "resist" muito estreitas e o posicionamento pode ser feito mesmo em uma quadriculação de nanômetro.

Adicionalmente, a gravação eletrolítica do metal ou semicondutores, tal como alumínio ou silício também pode resultar em superfícies nanoestruturadas e microestruturadas porosas.

Alguns exemplos ilustrando adicionalmente a invenção serão descritos agora.

Em todos os exemplos, uma máscara metálica é utilizada para a máscara possuindo uma microestrutura das primeira e segunda zonas de transparência diferente. A geração de tal máscara age como uma máscara fotolitográfica ou como uma máscara de gravação seca.

30 Exemplo 1

As figuras 8.1 a 8.5 ilustram a geração de uma máscara, que possui uma microestrutura de primeira e segunda zonas de diferentes trans-

parências que é adequada para o método de acordo com a invenção para a criação de elementos possuindo microestruturas de relevo de superfície.

Uma placa de vidro ou plástico 41, que é revestida com uma camada metálica 42, serve como um substrato. Para a camada metálica, alumínio, cromo e metais similares com uma espessura de revestimento de 10 a 50 nanômetros foram utilizados de forma vantajosa.

Na camada metálica 42, um filme 43 com estruturas de superfície corrugadas e estruturadas topologicamente é depositado (figura 8.2). O filme 43 é criado de acordo com o procedimento descrito acima e descrito em WO-A-01/29148 e WO-A-2004/027500. Localmente, a microestrutura pode ser isotrópica ou anisotrópica. Por meio de alinhamento padronizado, é possível se inscrever imagens, composições gráficas, microtexto e similares na superfície corrugada do filme.

O filme 43 é, então, gravado com plasma de forma que a parte do filme metálico subjacente seja liberada (figura 8.3). Esse tratamento pode ser realizado utilizando-se plasma de oxigênio padrão. Como resultado disso, a espessura do filme 43 é reduzida até que a camada metálica 42 seja parcialmente coberta apenas pelo material das zonas superiores 43' do filme inicial 43.

Em uma próxima etapa, a camada metálica parcialmente liberada 42 é gravada de forma molhada utilizando-se uma solução de gravação adequada (figura 8.4). Por esse processo, a camada metálica 42 é fornecida com furos microestruturados especificamente 44 correspondendo às zonas inferiores da superfície corrugada do filme 43. Dessa forma é construída uma máscara, que pode ser utilizada no método de acordo com a invenção para a criação de elementos possuindo microestruturas de relevo de superfície. Se necessário, o material residual 43' do filme 43 em cima da camada restante pode ser removido, por exemplo, por plasma de oxigênio (figura 8.5).

30 Exemplo 2

Nas figuras 9.1 a 9.3 é ilustrado como a máscara microestruturada do exemplo 1 em uma próxima etapa é utilizada para criar um elemento

possuindo uma área de superfície com uma microestrutura de relevo de superfície óticamente eficiente de acordo com a invenção.

Um substrato de vidro ou plástico 48 é revestido com uma camada 49 de um "fotorresist" positivo (figura 9.1). Por exemplo, os "fotorresists" série S1800 de Shipley são muito adequados. A espessura da camada de "resist" aplicada 49 determina a cor, que é finalmente produzida pela microestrutura de relevo de superfície. As espessuras de "resist" típicas são entre 100 nanômetros e 500 nanômetros, mas camadas mais espessas também são possíveis. Dependendo do tipo de "resist", um cozimento, por exemplo, por um minuto a 110 C em uma chapa quente pode ser necessário.

Então, a máscara metálica microestruturada preparada 42 na placa 41 é apertada contra a camada "fotorresist" 49 e exposta a uma fonte de luz ultravioleta 50 (figura 9.2). Para a fonte de luz, o equipamento ultravioleta "Bluepoint 2" por Dr. Hönle, Alemanha, pode ser utilizado, por exemplo.

O tempo de exposição é ajustado de tal forma que depois da revelação um bom perfil de superfície binário surja, isto é, um perfil com dois platôs de relevo de superfície pronunciados 51 e 52 (figura 9.3).

Será apreciado que em vez de "fotorresist" positivo um "fotorresist" negativo também pode ser utilizado em um processo análogo.

Boas microestruturas de relevo de superfície de acordo com a invenção foram obtidas com essa técnica e a fabricação rápida é possível visto que a máscara metálica pode ser utilizada muitas vezes e as etapas de fotolitografia incluindo a revelação é uma questão de poucos minutos. As microestruturas podem ser utilizadas como elementos óticos propriamente ditos, mas preferivelmente serão empregadas como um padrão em uma técnica de duplicação.

A fim de permitir uma comparação geral qualitativa entre uma estrutura de superfície corrugada estruturada topologicamente de acordo com o estado da técnica, logo, de acordo com WO-A-01/29148 e WO-A-2004/027500, com uma estrutura produzida de acordo com o exemplo 2, as propriedades óticas do filme acima 43, que correspondem a tal estrutura de

superfície corrugada estruturada topologicamente de acordo com o estado da técnica, são comparadas com o resultado final do exemplo 2 como resumido na Tabela 1

Tabela 1

Propriedade	Filme 43 (de acordo com o estado da técnica)	Exemplo (de acordo com a invenção)
saturação de cor	normalmente sem cor, para estruturas adaptadas específicas, uma possível cor pastel em tom fraco	cor profunda e saturada
capacidade de ajuste de cor	limitada	Fácil e efetivamente possível
capacidade de variação de cor em diferentes regiões	pouco provável	possível
resolução de imagem	boa	boa

5 Exemplos 3

Alternativamente ao método descrito no exemplo 2, outras abordagens foram testadas. Bons resultados podem ser obtidos pelo revestimento direto de uma camada "fotorresist" à máscara metálica com a espessura de filme adequada.

10 Na figura 10.1, novamente a máscara metálica microestruturada preparada 42 na placa 41 é ilustrada, que, dessa vez, é revestida com uma camada "fotorresist" 55 como pode ser observado na figura 10.2. A exposição a UV é feita através do lado posterior do substrato com a máscara metálica microestruturada em cima.

15 Na etapa seguinte, a revelação "fotorresist" é realizada, de forma que o "fotorresist" microestruturado surja. Além disso, nesse caso, um "fotorresist" positivo ou negativo pode ser utilizado para o processo de fotolitografia. A figura 10.3 ilustra a camada "fotorresist" microestruturada resultante 55 com um "resist" positivo, e a figura 10.4 com um "resist" negativo.

Exemplo 4

Um método adicional de criação de um elemento possuindo uma área de superfície com uma microestrutura de relevo de superfície opticamente eficiente de acordo com a invenção é descrito com referência à figura 11.1 e à figura 11.2.

Como um substrato, uma placa de vidro 59 é revestida com uma camada 60 de um material gravável, por exemplo, um pré-polímero reticulável. Alternativamente, um substrato polimérico, tal como plexiglass, pode ser utilizado diretamente sem revestimento adicional.

Então, uma máscara metálica microestrutura 61 é gerada em cima do substrato de acordo com o método descrito no exemplo 1 (figura 11.1).

Na etapa seguinte, o dispositivo é gravado a seco, de forma que os íons de plasma gravem através dos furos da máscara metálica. Oxigênio é um meio de gravação de plasma adequado. A seletividade de gravação do polímero e metal é muito alta. Portanto, mesmo as zonas metálicas espessas de nanômetro não serão atacadas pelo plasma de oxigênio e microssulcos ou nanossulcos podem ser gerados. A duração da gravação de plasma determina a profundidade das regiões inferiores e, portanto, a aparência colorida final. Se vidro for escolhido como substrato, também o vidro pode agir como material de batente para a gravação.

Finalmente, a máscara metálica é removida por gravação molhada com uma solução de gravação molhada adequada.

Exemplo 5

Como mencionado acima, os elementos possuindo uma área de superfície com uma microestrutura de relevo de superfície opticamente eficiente de acordo com a invenção pode ser utilizada como padrão para uma técnica de duplicação. Por exemplo, elementos preparados de acordo com os métodos do exemplo 1 a 4 são adequados. Depois da preparação, o elemento pode ser brevemente exposto a um banho de gravação molhada a fim de se livrar das zonas metálicas residuais na superfície do padrão.

O padrão microestruturado está então pronto para a geração de

um calço metálico. Isto é feito pela deposição de uma camada metálica inicial fina, por exemplo, de ouro, prata ou similar, e a deposição galvânica subsequente de níquel. O calço de níquel é então utilizado para criar uma réplica por gravação a quente em materiais poliméricos de filme fino adequados ou por fundição de UV em materiais curáveis por UV adequados.

Adicionalmente, a réplica microestruturada pode ser revestida com metal com alumínio ou um material similar a fim de produzir uma boa superfície refletora. Esse será especialmente o caso se tal réplica precisar ser aplicada como um dispositivo de segurança.

Finalmente, o dispositivo pode ser protegido com um filme de passivação dielétrico ou revestido diretamente com uma cola adequada para uma aplicação subsequente em um produto. Dessa forma, as modulações de superfície da microestrutura são preenchidas com um material dielétrico.

Os dispositivos de reflexão com base nos métodos descritos acima exibem basicamente um reflexo monocromático. Dependendo da preparação, uma mudança de cor pode algumas vezes ser observada à medida que a amostra é inclinada. Mas uma característica desses dispositivos é que nenhuma cor do arco-íris é observada e, dessa forma, são significativamente distintas dos hologramas padrão.

20 Exemplo 6

É, obviamente, possível também se combinar ou misturar duas ou mais áreas com diferentes microestruturas de relevo de superfície em um elemento. Os elementos desse tipo mais complexo permitem, por exemplo, a geração de imagens multicoloridas e devido à sua complexidade também podem ter um nível aumentado de segurança.

Nas figuras 12.1 a 12.4, um exemplo de um método para a criação de um elemento com duas áreas com diferentes microestruturas de relevo de superfície de acordo com a invenção é destacado.

Em um substrato compreendendo uma placa de vidro ou plástico 65 e uma camada 66 de um material gravável, um filme metálico microestruturado 67 é revestido de acordo com as etapas de processo descritas acima (figura 12.1). Novamente, uma placa de vidro ou plástico com um revesti-

mento de polímero ou uma placa de polímero adequado tal como PMMA (plexiglass) pode ser utilizada.

Então, uma primeira gravação com plasma é aplicada à superfície do substrato preparado. A profundidade de gravação determina a primeira cor a finalmente aparecer (figura 12.2).

A seguir, a microestrutura de relevo de superfície gerada até agora é revestida com uma camada 68 de um "fotorresist" positivo e exposta à luz UV em uma determinada área 69. Pela revelação de "fotorresist", o material "resist" exposto na área 69 é lavado (figura 12.3).

Agora, a microestrutura já existente na área 68 pode ser adicionalmente gravada em uma segunda etapa de gravação (figura 12.4). A etapa de gravação adicional aumenta a profundidade e determina a cor da microestrutura na área 68. Como resultado disso, o elemento é fornecido com duas áreas 69 e 70 possuindo microestruturas de relevo de superfície opticamente eficientes diferentes.

Se for desejável, as etapas descritas de cobertura de algumas áreas e gravação das áreas livres restantes podem ser repetidas para fornecer três ou mais áreas com diferentes microestruturas.

As máscaras utilizadas podem ser realizadas com tamanhos de pixel de retenção de resolução muito altas bem abaixo de 10 micrômetros. Uma escolha adequada de disposição de cor e pixel, portanto, permite também a geração de imagens com base em mistura de cor adicional.

Exemplo 7

As microestruturas de relevo de superfície de acordo com a invenção também podem ser tornadas refletoras ou parcialmente refletoras. Exemplos correspondentes são ilustrados nas figuras 13.1 e 13.2.

Para um reflexo de cor intensa, a microestrutura será tipicamente revestida com uma camada fina 71 de um material refletor tal como alumínio, ouro, cromo, cobre ou similar. A espessura de tal filme 71 determina o grau de reflexo e transmissão de forma que dispositivos altamente refletores ou parcialmente refletores possam ser obtidos.

Em vez de utilizar um filme metálico parcialmente refletor para a

camada 71, um índice alto ou baixo de revestimento de refração também pode ser utilizado. Exemplos de materiais de alto índice de refração são ZnS, ZnSe, ITO ou TiO₂. Os materiais compósitos incluindo nanopartículas de materiais de alto índice de refração também podem ser adequados.

5 Alternativamente, dispositivos parcialmente refletores também podem ser obtidos pelo revestimento da microestrutura apenas parcialmente com um material altamente refletor, por exemplo, pelo revestimento em primeiro lugar de toda a microestrutura e então a remoção parcial do revestimento novamente, de modo que apenas partes das microestruturas sejam
10 cobertas com o material refletor. Isto é indicado na figura 13.2, onde a camada 71' do material refletor é interrompida em determinadas partes 72.

Também são ilustrados nas figuras 13.1 e 13.2 os filmes de proteção e passivação 73, que, por exemplo, são materiais dielétricos transparentes ou materiais com um comportamento de absorção específico a fim de
15 melhorar ainda mais a aparência de cor do dispositivo.

Exemplo 8

Para se demonstrar o comportamento ótico das microestruturas de relevo de superfície de acordo com a invenção, na figura 14.1 e 14.2 os espectros de reflexão de um elemento ilustrativo são ilustrados. O elemento
20 foi feito de acordo com o método do exemplo 4 (gravação através da máscara metálica microestruturada) incluindo um revestimento de alumínio de filme fino final de cerca de 20 nanômetros e medido através de um filme de passivação transparente de índice de refração de cerca de 1,5.

O comportamento ótico é melhor caracterizado pela cor de reflexo de espalhamento não especular do elemento, que, nesse caso, é verde.
25

Os vários elementos ilustrativos produzidos foram caracterizados pela coleta de espectros de reflexão em vários ângulos de iluminação e detecção. O fotospectrômetro utilizado foi um Perkin Elmer Lambda 900 equipado com uma opção Pela 1030 que permite a medição dos espectros de
30 reflexão com ângulo de amostra ajustável e ângulo de detector ajustável. Os espectros de reflexão típicos foram medidos para a faixa de comprimento de onda entre 300 e 800 nanômetros. Nenhum equipamento de polarização

especial foi utilizado para as medições descritas. Uma condição de detector e iluminação especial existe para o reflexo especular discutido, que corresponde ao caso da geometria de reflexo espelhado (ângulo de entrada igual ao ângulo de saída ou ângulo de detector igual ao dobro do ângulo de amostra).

Os espectros de reflexão do elemento ilustrativo são fornecidos na figura 14.1. O ângulo de iluminação ou amostra SA é de 30° . Esse ângulo é o desvio de ângulo da superfície de substrato para o plano normal de iluminação como indicado no inserto superior esquerdo da figura. O ângulo de detector DA é o ângulo entre a direção de iluminação e a direção de detector como também indicado no inserto superior esquerdo. Os espectros de reflexão mostram os máximos de reflexão intensa 525 nanômetros, outro máximo a 350 nanômetros, e os mínimos a 400 nanômetros. Esses máximos e mínimos pronunciados são responsáveis para a boa saturação de cor da luz refletida. O reflexo máximo é alcançado a um ângulo de detector de 40° , que está a 20° de distância do reflexo especular. Para ângulos de detector de 30° a 50° , uma redução na intensidade de luz refletida é observada, e as mudanças de comprimento de onda não são muito grandes nesse caso.

A luz de reflexão especular diferente do reflexo não especular. O reflexo especular aparece como um magenta saturado. Os espectros de reflexão correspondentes são ilustrados na figura 14.2. No caso de medições especulares, o ângulo de detector DA é o dobro do ângulo de amostra SA. Novamente, uma modulação pronunciada é observada no gráfico, que corresponde aos espectros complementares do reflexo de espalhamento observados na figura 14.1. Isso pode ser compreendido percebendo-se que a parte maior do espalhamento que ocorre recebe a medição da figura 14.1. Se nenhum canal principal de espalhamento ou absorção sensível a cor estiver presente, os espectros complementares são deixados para o reflexo especular. O fundamento de cerca de 4% corresponde ao reflexo acromático na camada protetora, de passivação do dispositivo, que é vidro no presente caso. Como observado na figura 14.2, os espectros de cor da luz especular são bem insensíveis à inclinação do dispositivo.

Exemplo 9

As figuras 15.1 e 15.2 ilustram os espectros de reflexão de outro exemplo de um elemento de acordo com a invenção. O elemento foi feito de acordo com o método do exemplo 4. Sua cor de espalhamento é laranja.

5 Com referência à figura 15.1, o ângulo de iluminação ou amostra SA é de 30° . Os espectros de reflexão ilustram os máximos de reflexão intensa a 583 nanômetros, outro máximo a 380 nanômetros, e os mínimos a 453 nanômetros. Esses máximos e mínimos são responsáveis pela luz refletida laranja forte. O reflexo máximo é alcançado em um ângulo de detector
10 DA de 40° que está a 20° de distância do reflexo especular. Para um ângulo de detector de 50° , uma redução na intensidade de luz refletida é observada e a mudança de comprimento de onda é de cerca de 30 nanômetros.

O reflexo especular do mesmo elemento ilustrativo é ilustrado na figura 15.2. Novamente, uma modulação pronunciada é observada, que
15 quase corresponde aos espectros complementares do reflexo de espalhamento observado na figura 15.1. O mínimo a 586 nanômetros é, no entanto, não muito pronunciado o que significa que a saturação da luz refletida não é muito alta. A cor do dispositivo visualmente percebido é um azul insaturado.

REIVINDICAÇÕES

1. Método para fabricar um elemento tendo pelo menos uma área de superfície com uma microestrutura de relevo de superfície óticamente eficiente, o método compreende as etapas de:

5 criar uma máscara, que tem uma microestrutura anisotrópica de primeira e segunda zonas de diferentes transparências, em que em uma primeira direção lateral da máscara existe, preferivelmente em média, pelo menos uma transição a partir de uma primeira para uma segunda zona ou vice-versa a cada 20 micrômetros, e em uma segunda direção lateral da
10 máscara, que é perpendicular à primeira direção lateral, existe em média pelo menos uma transição a partir de uma primeira para uma segunda zona ou vice-versa a cada 200 micrômetros, e em que, na primeira direção lateral a disposição lateral das transições é não periódica;

 gerar com a ajuda da máscara uma microestrutura de relevo na
15 superfície de uma resina ou "resist" (49; 55; 60; 66) para produzir regiões superiores (13) correspondendo às primeira zonas da máscara e regiões inferiores (14) correspondendo às segundas zonas da máscara, em que as regiões superiores (13) se encontram substancialmente em um platô de relevo superior (15; 51) e as regiões inferiores (14) se encontram substancialmente em um platô de relevo inferior (16; 52), de modo que a profundidade de modulação de relevo é substancialmente igual sobre toda a área de superfície.
20

2. Método, de acordo com a reivindicação 1, em que a microestrutura da primeira e da segunda zonas de diferentes transparências da
25 máscara é criada por

 depositar em uma camada (42) de um material de máscara um filme (43) com uma estrutura de superfície corrugada topologicamente estruturada;

 reduzir a espessura do filme (43) até que o material do filme nas
30 zonas inferiores da superfície corrugada seja limpo e partes (44) do material de máscara subjacente sejam liberadas; e

 remover as partes (44) da máscara que estão liberadas.

3. Método, de acordo com a reivindicação 2, em que a estrutura de superfície corrugada e topologicamente estruturada é fabricada pela realização de uma mistura de pelo menos dois materiais dos quais, pelo menos um é reticulável e pelo menos um outro é não reticulável, aplicar a mistura à
5 camada de material de máscara, reticular pelo menos uma parte substancial do material reticulável, e remover pelo menos uma parte substancial do material não reticulável.

4. Método, de acordo com qualquer uma das reivindicações 1 a 3, para a criação de um elemento como definido em qualquer uma das re-
10 vindicações 6 a 11.

5. Elemento obtido pela utilização de um método como definido em qualquer uma das reivindicações 1 a 3.

6. Elemento tendo pelo menos uma área de superfície com uma microestrutura de relevo de superfície opticamente eficiente (12), cuja micro-
15 estrutura de relevo de superfície tem uma modulação de superfície de transições a partir das regiões superiores (13) para regiões inferiores (14) e a partir das regiões inferiores (14) para as regiões superiores (13), caracterizado pelo fato de que em uma primeira direção lateral da área de superfície existe pelo menos uma transição a partir de uma região superior (13) para
20 uma região inferior (14) ou vice-versa a cada 20 micrômetros, e em uma segunda direção lateral da área de superfície, que é perpendicular à primeira direção lateral, existe em média pelo menos uma transição a partir da região superior para uma região inferior ou vice-versa dentro de cada 200 micrômetros, em que

25 (i) pelo menos na primeira direção lateral, a disposição lateral das transições é não periódica; e

(ii) as regiões superiores (13) substancialmente se encontram em um platô de relevo superior (15; 51) e as regiões inferiores (14) substancialmente se encontram em um platô de relevo inferior (16; 52), de modo que
30 a profundidade de modulação de relevo é substancialmente igual sobre a área de superfície, e

(iii) a microestrutura de relevo de superfície (12) é anisotrópica.

7. Elemento, de acordo com a reivindicação 6, tendo uma razão de aparência de relevo de superfície, caracterizado pelo fato de que a razão de aparência de relevo de superfície é superior a 1,1 e inferior a 50.

8. Elemento, de acordo com qualquer uma das reivindicações 5 a 7, em que a microestrutura de relevo de superfície em pelo menos a direção perpendicular a um eixo geométrico anisotrópico, tem uma função de autocorrelação unidimensional média $AC(x)$ que possui um envelope (31), que cai para 10% da AC com $x=0$ dentro de um comprimento de autocorrelação (L), caracterizado pelo fato de que o comprimento de autocorrelação (L) é inferior a duas vezes uma distância lateral média entre as transições adjacentes das regiões superior (13) e inferior (14).

9. Elemento, de acordo com qualquer uma das reivindicações 5 a 8, tendo um fator de enchimento de relevo de superfície, caracterizado pelo fato de que o fator de enchimento de relevo de superfície se encontra na faixa de 0,2 a 0,8.

10. Elemento, de acordo com qualquer uma das reivindicações de 5 a 9, para o qual um histograma de altura sobre a microestrutura de relevo de superfície tem um primeiro e um segundo pico pronunciados de modo que uma função de mérito

$$M = \frac{d}{\sqrt{(\Delta x_1)^2 + (\Delta x_2)^2}}$$

possa ser definida, em que Δx_1 é a largura do primeiro pico e Δx_2 é a largura do segundo pico como medido na altura 1/e da altura de pico total, e d é a distância dos dois picos, caracterizado pelo fato de que a função de mérito M é superior a dois.

11. Elemento, de acordo com qualquer uma das reivindicações 5 a 10, em que o elemento possui um padrão de uma pluralidade de áreas de superfície com microestruturas de relevo de superfície óticamente eficientes.

12. Elemento, de acordo com a reivindicação 11, caracterizado pelo fato de que o padrão compreende pelo menos dois tipos de áreas de superfície com microestruturas de relevo de superfície anisotrópica tendo diferentes orientações de direção de anisotropia.

13. Elemento, de acordo com a reivindicação 11, caracterizado pelo fato de que o padrão compreende pelo menos dois tipos de áreas de superfície com microestruturas de relevo de superfície tendo diferentes profundidades de modulação ótica.

5 14. Elemento, de acordo com qualquer uma das reivindicações 5 a 13, caracterizado pelo fato de que uma camada de metal é depositada na parte superior da microestrutura de relevo da superfície.

10 15. Método de fabricação de uma réplica de microestrutura de relevo da superfície utilizando um elemento como definido em qualquer uma das reivindicações 5 a 14 como um padrão.

16. Elemento compreendendo uma microestrutura de relevo da superfície, obtido pelo método como definido na reivindicação 15.

15 17. Dispositivo de segurança compreendendo um elemento tendo pelo menos uma área de superfície com uma microestrutura de relevo de superfície óticamente eficiente como definida em qualquer uma das reivindicações 5 a 14 ou 16.

20 18. Artigo transportando um elemento, como definido em qualquer uma das reivindicações 5 a 14 ou 16, em que o artigo é preferivelmente selecionado a partir de uma nota bancária, passaporte, licença, ações, cupons, cheques, cartão de crédito, certificados, passagens, e em que o dispositivo de segurança pode assumir a forma de uma etiqueta, tira de segurança, rótulo, fibra, fio, laminado ou remendo.

25 19. Uso de um dispositivo de segurança, como definido na reivindicação 17, em que o dispositivo de segurança é aplicado como ou incorporado a um dispositivo de proteção de produto ou marca, e em que o dispositivo de segurança pode assumir a forma de uma etiqueta, tira de segurança, rótulo, fibra, fio, laminado ou remendo.

20. Uso de um elemento como definido em qualquer uma das reivindicações 5 a 14 ou 16, para aplicações decorativas.

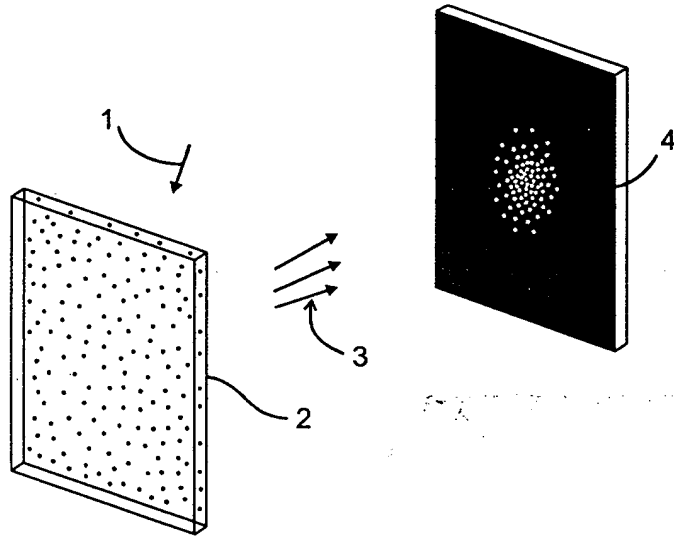


Fig. 1.1

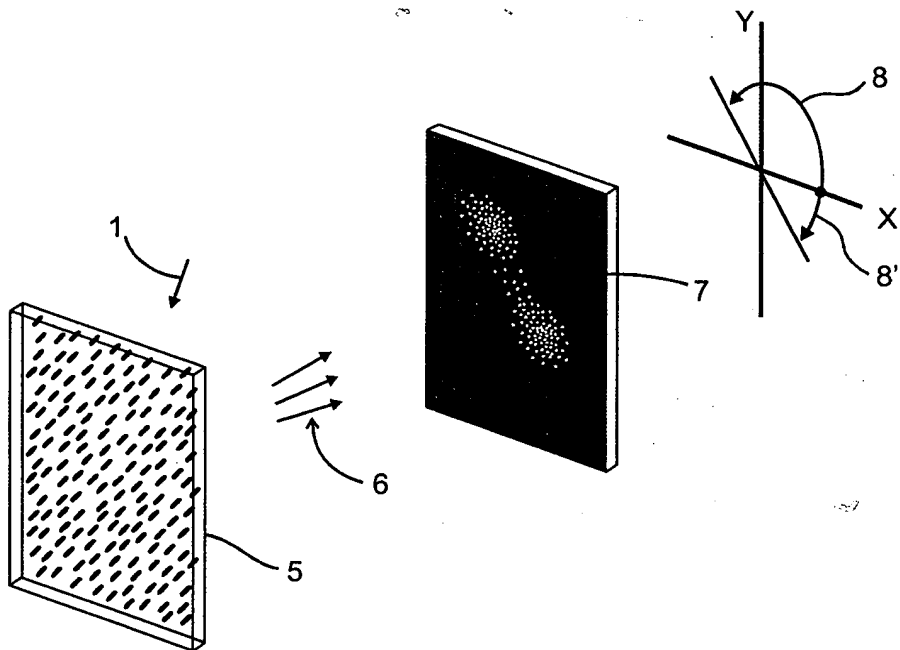


Fig. 1.2

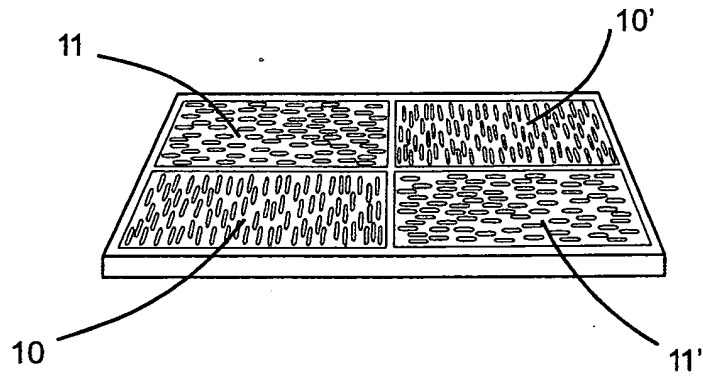


Fig. 2

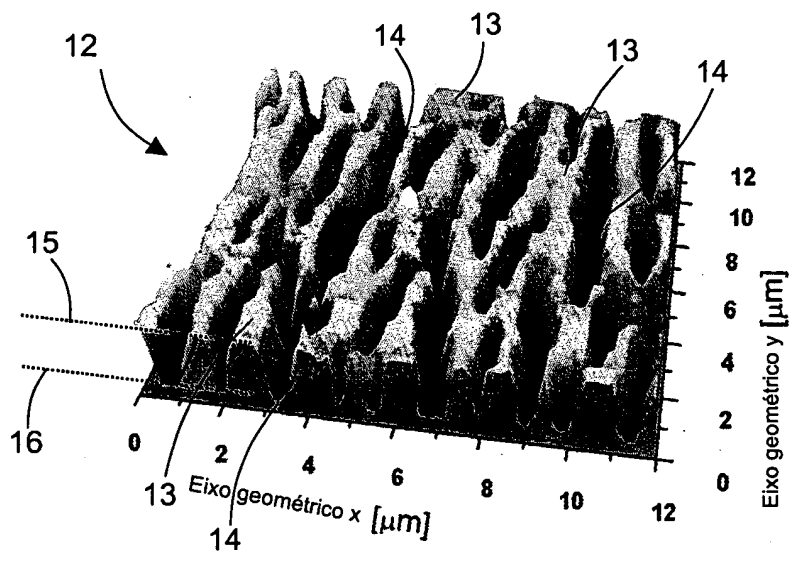


Fig. 3

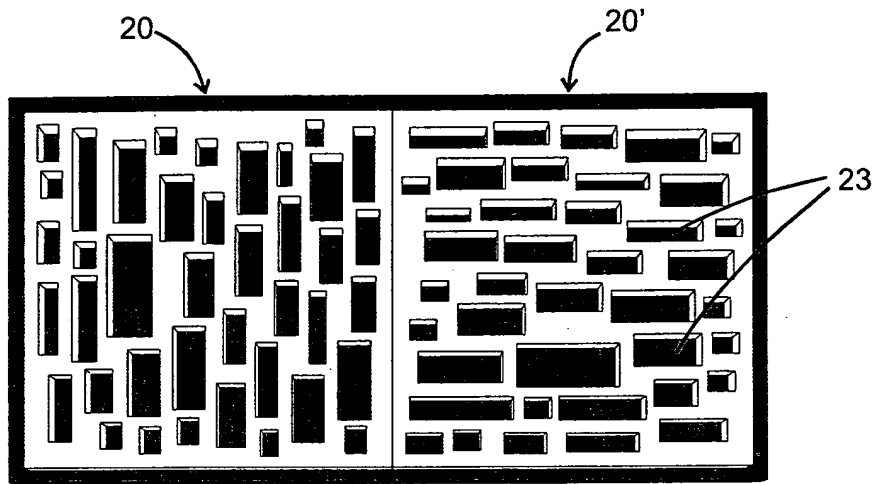


Fig. 4.1

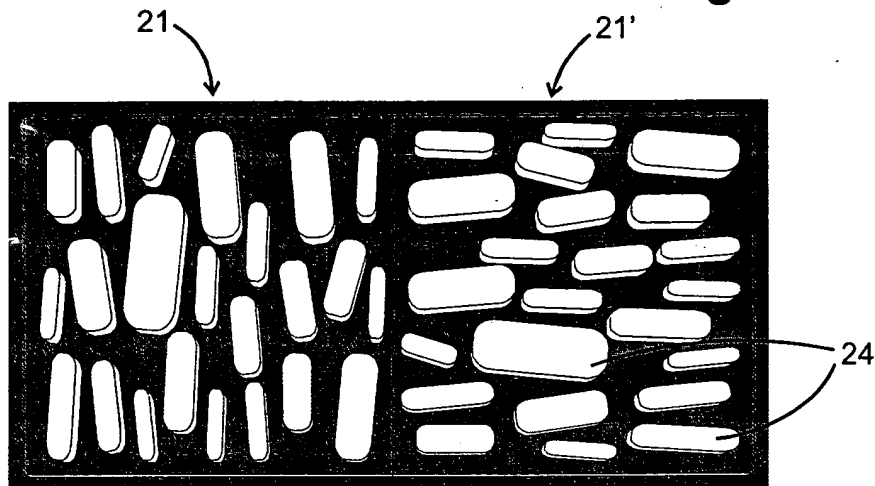


Fig. 4.2

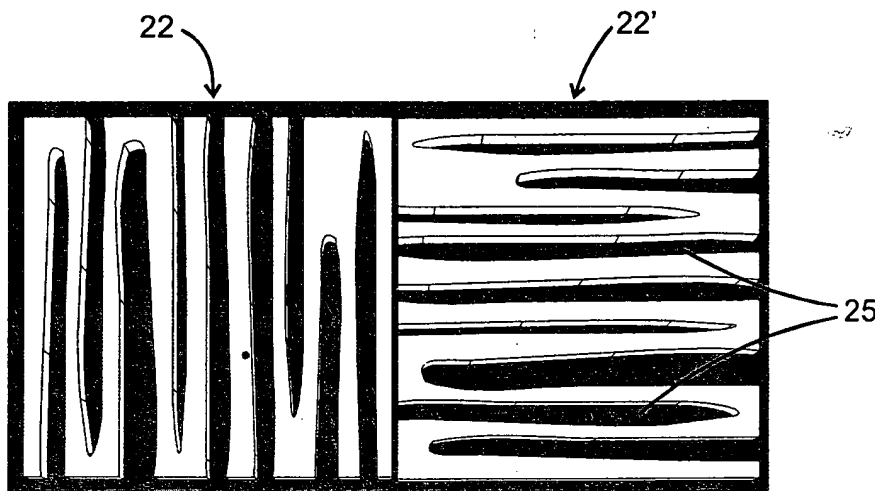


Fig. 4.3

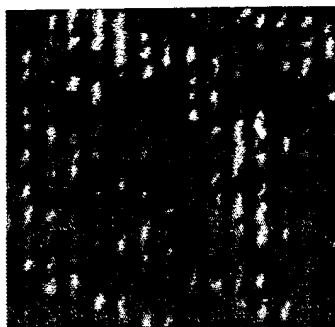


Fig. 5.1 (técnica anterior)

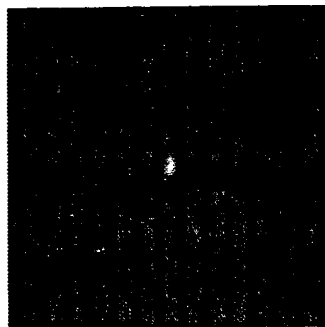


Fig. 5.2 (técnica anterior)

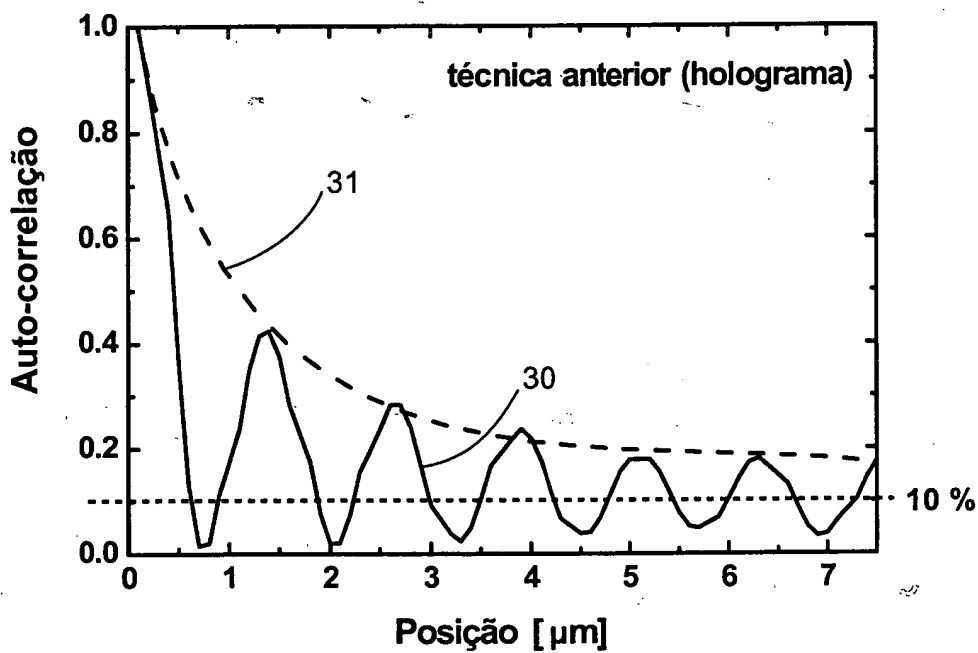


Fig. 5.3 (técnica anterior)

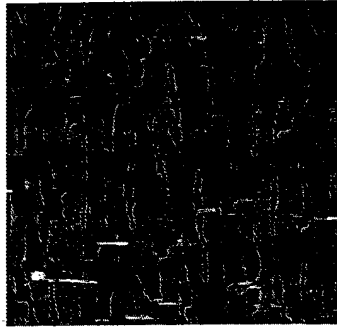


Fig. 6.1

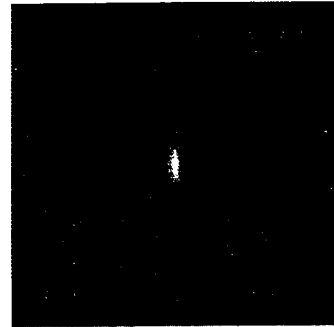


Fig. 6.2

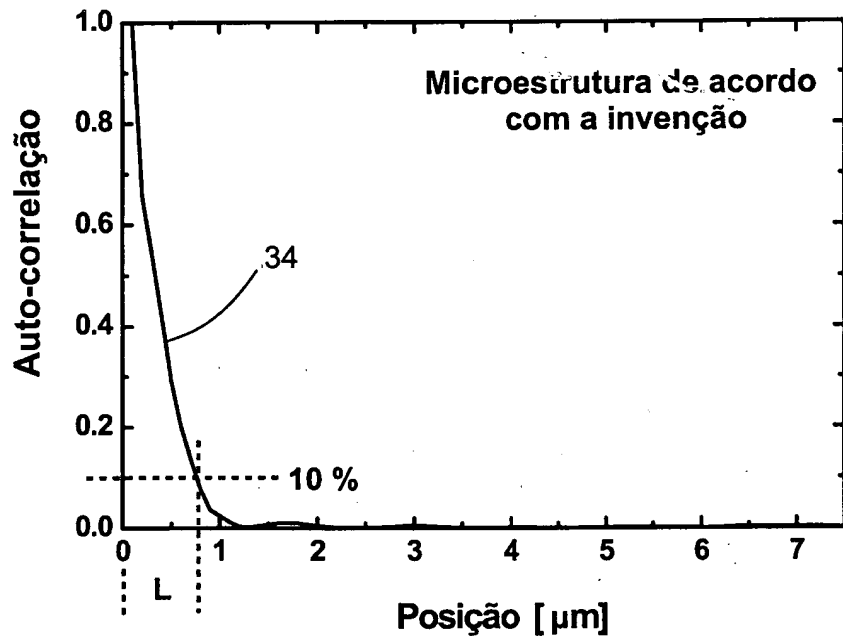


Fig. 6.3

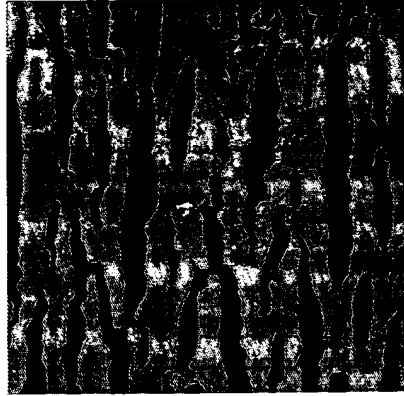


Fig. 7.1

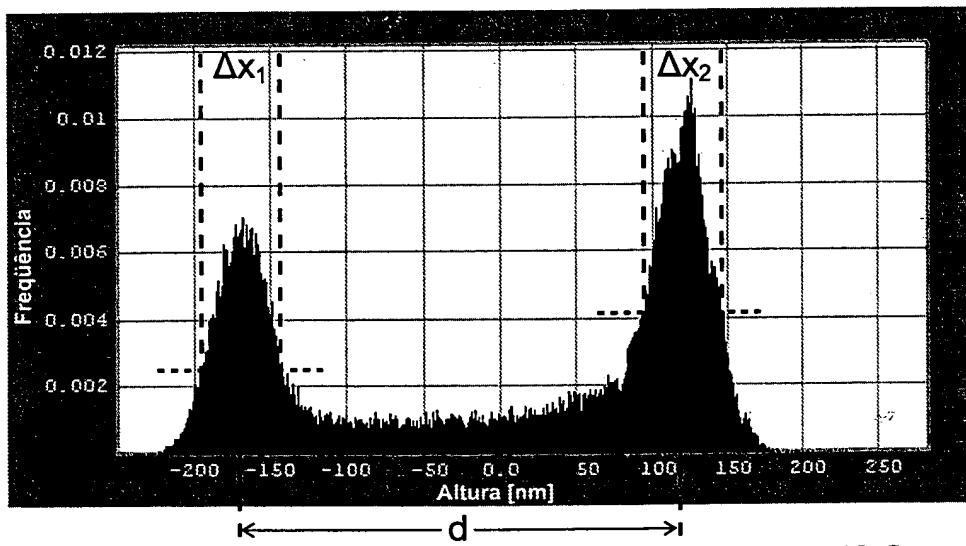


Fig. 7.2

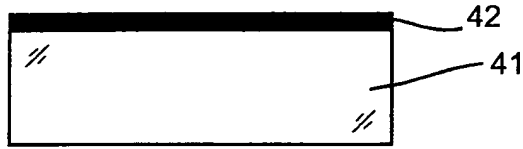


Fig. 8.1

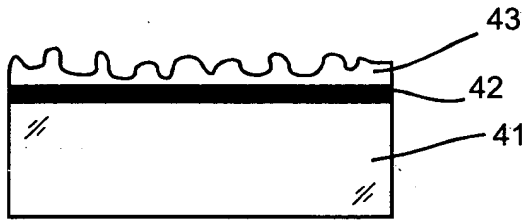


Fig. 8.2

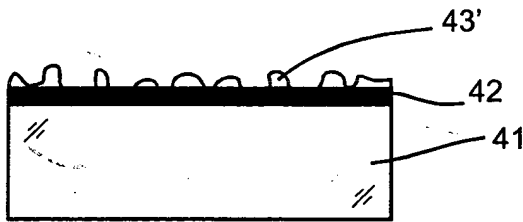


Fig. 8.3

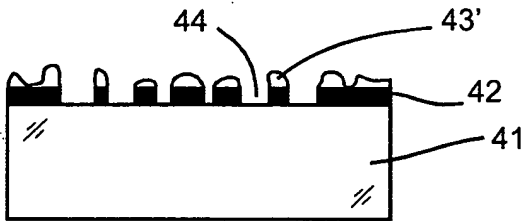


Fig. 8.4

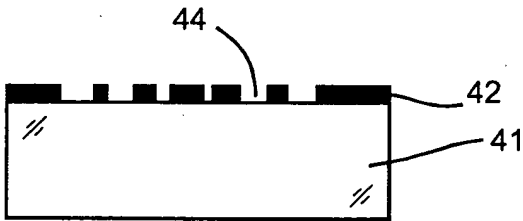


Fig. 8.5

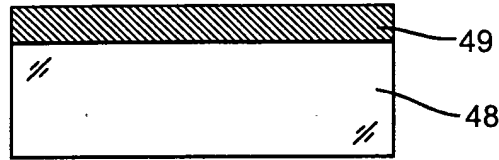


Fig. 9.1

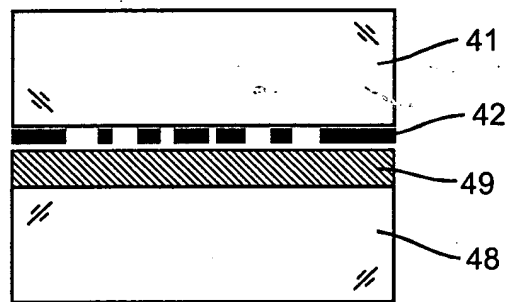
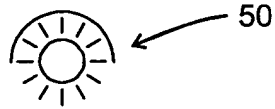


Fig. 9.2

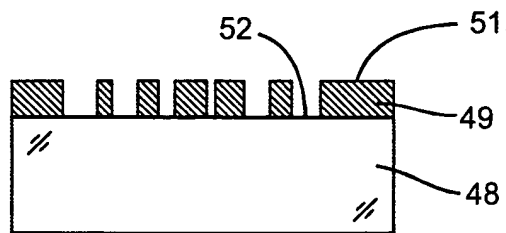


Fig. 9.3

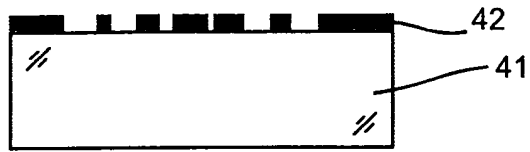


Fig. 10.1

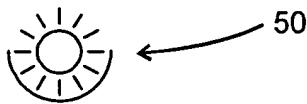
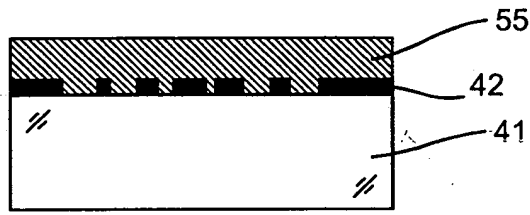


Fig. 10.2

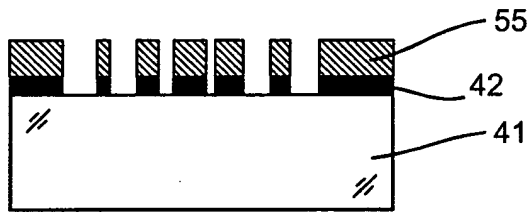


Fig. 10.3

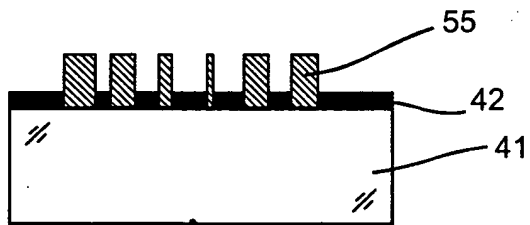


Fig. 10.4

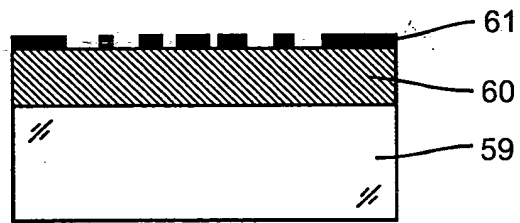


Fig. 11.1

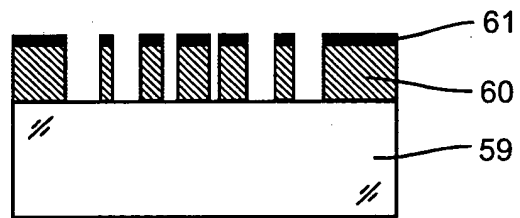


Fig. 11.2

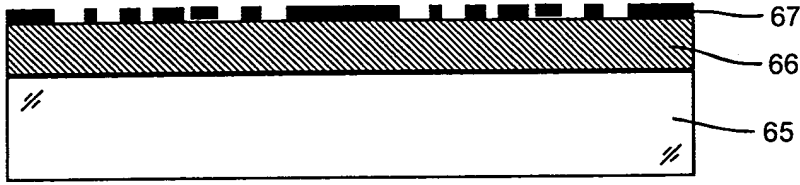


Fig. 12.1

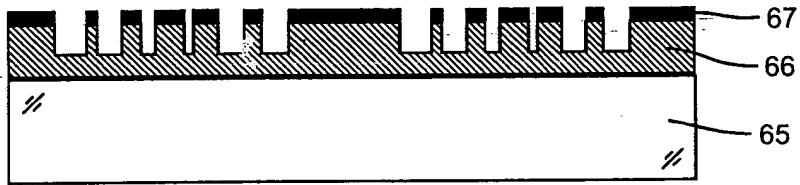


Fig. 12.2

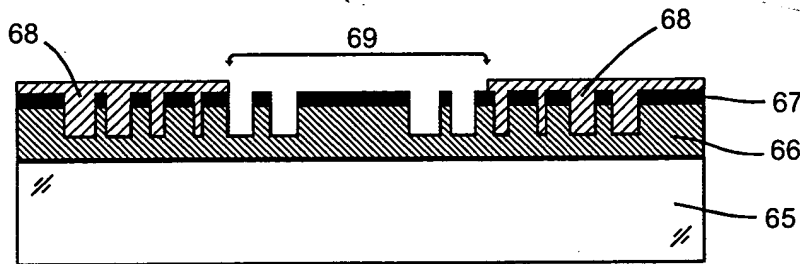


Fig. 12.3

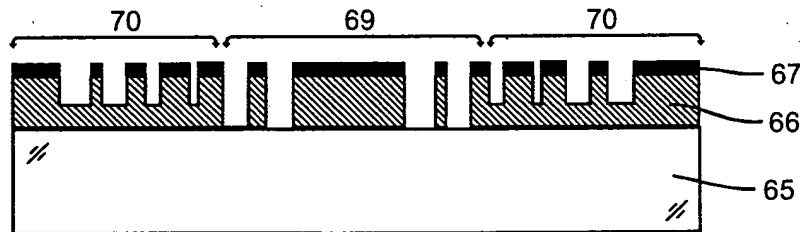


Fig. 12.4

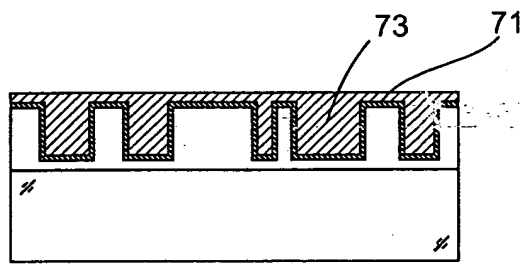


Fig. 13.1

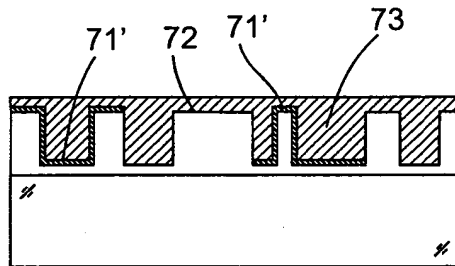


Fig. 13.2

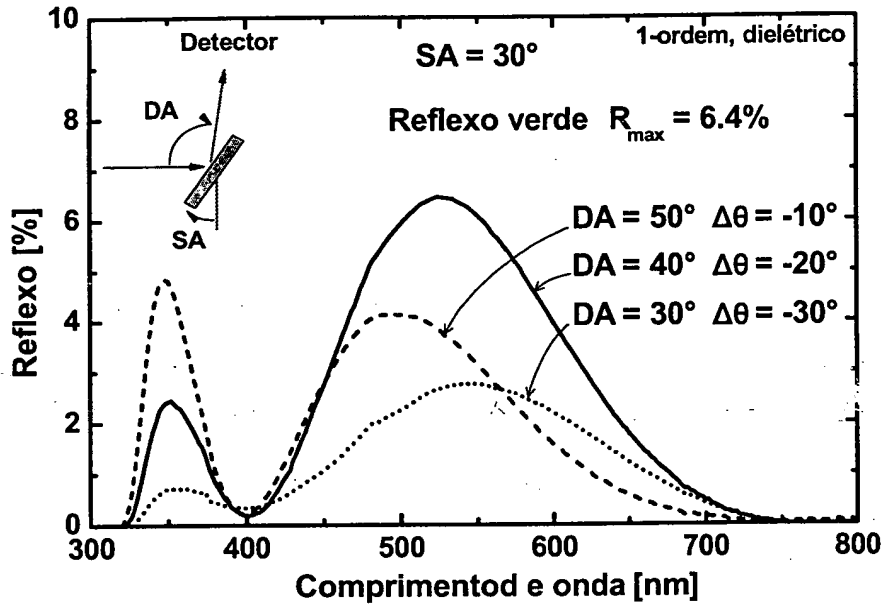


Fig. 14.1

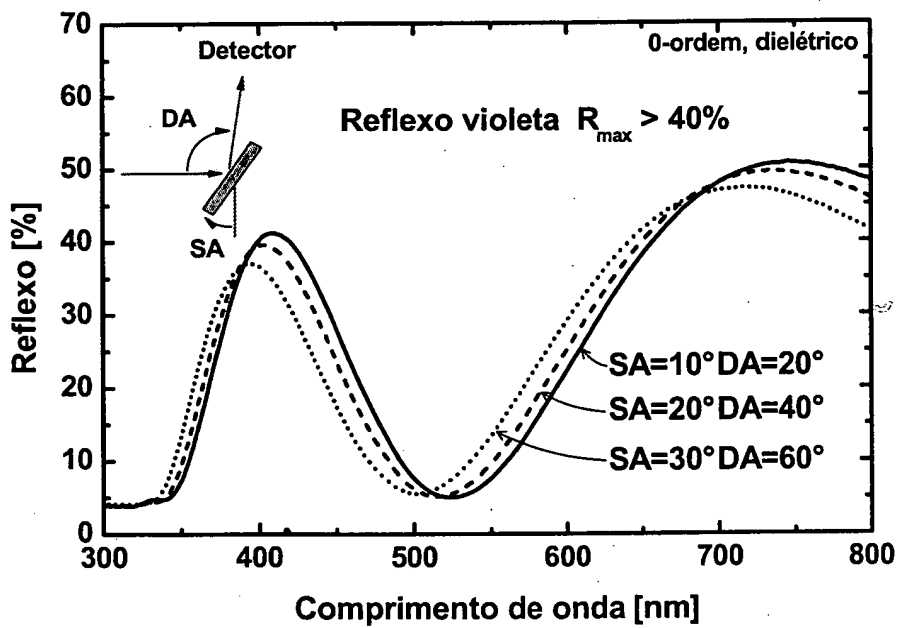


Fig. 14.2

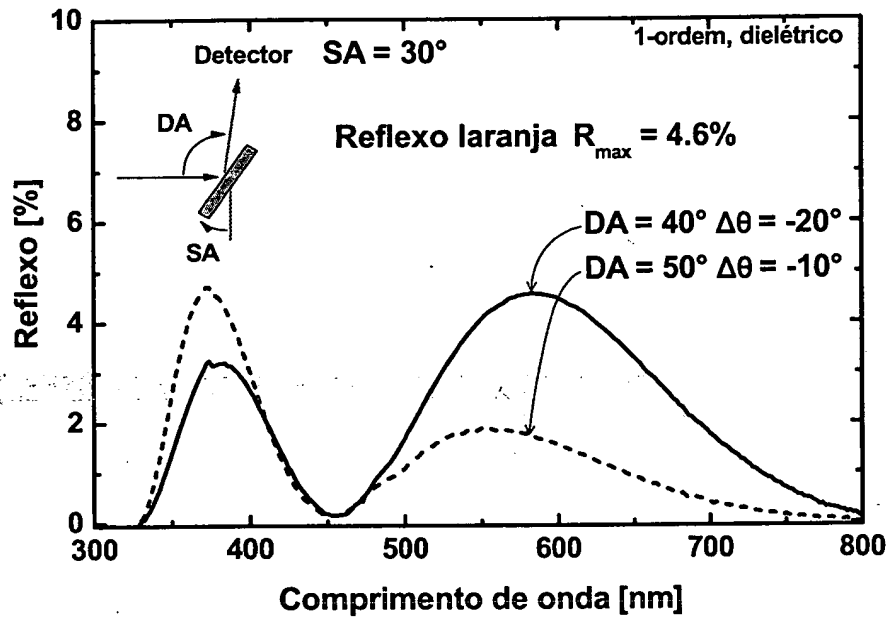


Fig. 15.1

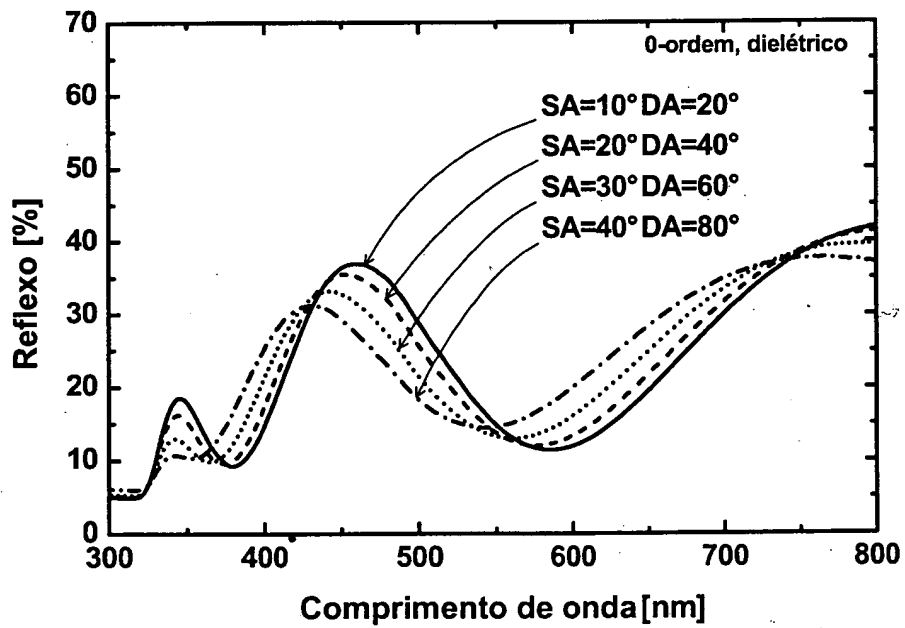


Fig. 15.2

RESUMO

Patente de Invenção: "**MICROESTRUTURAS DE RELEVO DE SUPERFÍCIE OTICAMENTE EFICIENTES E MÉTODO DE CRIAÇÃO DAS MESMAS**".

5 A presente invenção refere-se a um elemento compreendendo uma área de superfície com uma microestrutura de relevo de superfície opticamente eficiente específica (12). A microestrutura de relevo de superfície possui uma modulação de superfície das regiões superiores (13) e regiões inferiores (14), onde em uma primeira direção lateral da área de superfície
10 existe em média pelo menos uma transição de uma região superior para uma região inferior ou vice-versa a cada 20 micrômetros, e em uma segunda direção lateral da máscara, que é perpendicular à primeira direção, existe em média pelo menos uma transição de uma primeira para uma segunda zona ou vice-versa a cada 200 micrômetros. Na microestrutura, (i) na primeira
15 ra direção a disposição lateral das transições é não periódica e (ii) as regiões superiores se encontram substancialmente no mesmo platô de relevo superior (15) e as regiões inferiores se encontram substancialmente no mesmo platô de relevo inferior (16).

Através de efeitos de espalhamento, as microestruturas de relevo de superfície são adequadas para exibir imagens com uma mudança de
20 imagem de positiva para negativa, o que possui vantajosamente uma aparência de cor saturada e distinta, mas ao mesmo tempo não mostra qualquer cor do arco-íris.

A invenção também se refere a métodos de criação de tais elementos além de dispositivos de segurança compreendendo tais elementos.
25