



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

**(11) PI 0509102-0 B1**

**(22) Data do Depósito: 31/03/2005**

**(45) Data de Concessão: 12/12/2017**



---

**(54) Título:** ELEMENTO DE SEGURANÇA NA FORMA DE UM CORPO DE FILME DE MÚLTIPLAS CAMADAS

**(51) Int.Cl.:** B42D 15/10

**(30) Prioridade Unionista:** 03/04/2004 DE 10 2004 016 596.3

**(73) Titular(es):** OVD KINEGRAM AG

**(72) Inventor(es):** WAYNE ROBERT TOMPKIN; ANDREAS SCHILLING

Relatório Descritivo da Patente de Invenção para "**ELEMENTO DE SEGURANÇA NA FORMA DE UM CORPO DE FILME DE MÚLTIPLAS CAMADAS**".

A invenção refere-se a um elemento de segurança na forma de  
5 um corpo de filme de múltiplas camadas o qual tem uma camada de verniz de replicação e uma camada de filme fino para produzir um efeito de mudança de cor dependente de ângulo de visão por meio de interferência e no qual uma estrutura em relevo está modelada na interface entre a camada de verniz de replicação e a camada de filme fino. A invenção ainda refere-se a  
10 um documento de segurança que tem um tal elemento de segurança e um processo para a produção de um tal elemento de segurança.

Os elementos de segurança oticamente variáveis são freqüentemente utilizados para impedir e se possível prevenir a cópia e o mau uso de documentos ou produtos. Assim os elementos de segurança oticamente  
15 variáveis são freqüentemente utilizados para proteger documentos, papel moeda, cartões de crédito, cartões de débito e similares. Neste aspecto é conhecido que um elemento oticamente variável seja provido com um filme fino o qual produz efeitos de mudança de cor dependentes de ângulo de visão por meio de interferência.

20 Como um exemplo a WO 01/03945 A1 descreve um produto de segurança que tem um substrato transparente, a um lado do qual é aplicado um filme fino o qual produz uma mudança de cor perceptível na dependência do ângulo de visão da pessoa que o observa. Neste caso o filme fino compreende uma camada de absorção a qual é aplicada no substrato transparente e uma camada dielétrica a qual é aplicada na camada de absorção. A  
25 camada de absorção inclui um material o qual é composto de um dos materiais seguintes ou uma combinação destes materiais: cromo, níquel, paládio, titânio, cobalto, ferro, tungstênio, molibdênio, óxido de ferro ou carbono. A camada dielétrica compreende um dos materiais seguintes ou uma combinação dos materiais seguintes: óxido de silício, óxido de alumínio, fluoreto  
30 de magnésio, fluoreto de alumínio, fluoreto de bário, fluoreto de cálcio ou fluoreto de lítio.

Um padrão de difração é aplicado no lado oposto do substrato transparente de modo a adicionalmente aumentar o nível de segurança contra cópia. O padrão de difração atua como uma grade de difração de modo que por exemplo a ilusão de uma imagem tridimensional pode ser produzida para a pessoa que observa, por meio daquele padrão bidimensional.

É adicionalmente proposto que o padrão difrativo seja gravado no lado do substrato transparente ao qual o filme fino é também aplicado.

Estas duas configurações de um elemento de segurança opticamente variável provêm que os efeitos óticos produzidos pela camada de filme fino e os efeitos óticos produzidos pelo padrão difrativo fiquem sobrepostos em cada localização do elemento opticamente variável e que portanto fornece no total um efeito ótico o qual é composto destes dois efeitos, isto quer dizer por exemplo a sobreposição de um efeito de mudança de cor e um holograma.

Além disso a WO 02/00445 A1 descreve um elemento de segurança opticamente variável o qual compreende uma pluralidade de camadas mutuamente sobrepostas e o qual tem um filme fino o qual produz o efeito ótico, como já anteriormente aqui descrito, de uma mudança de cor dependente de ângulo de visão. O elemento de segurança opticamente variável ainda tem uma camada de replicação dentro da qual uma estrutura em relevo está gravada. Esta estrutura em relevo produz um efeito ótico adicional, a saber o efeito de difração o qual já foi anteriormente aqui descrito, por meio do qual hologramas e similares podem ser exibidos. Neste aspecto, em termos de procedimento de produção, primeiramente a camada de filme fino é aplicada na camada de replicação e então a estrutura em relevo é aplicada por gravação.

Neste aspecto, dois procedimentos são propostos para desacoplar os efeitos óticos produzidos pelo filme fino e pela estrutura em relevo: por um lado é proposto que uma camada opaca seja aplicada entre a estrutura em relevo a qual produz uma imagem holográfica por meio de difração e o filme fino o qual produz uma mudança de cor. A estrutura em relevo é separada da estrutura de filme fino por meio desta camada opaca. A segunda

possibilidade envolve dispor duas ou mais camadas de um meio substancialmente transparente entre a estrutura em relevo a qual produz uma imagem holográfica por difração, e o filme fino. Estas camadas podem incluir uma ou mais camadas altamente refrativas e uma camada de adesivo. A reflexão e assim a intensidade da luz na região da estrutura em relevo que produz uma imagem holográfica são aumentadas por meio destas camadas e a imagem holográfica portanto destaca-se em relação ao efeito de mudança de cor do filme fino.

Agora o objeto da invenção é de aperfeiçoar a produção de um elemento de segurança óticamente variável o qual tem um filme fino para produzir um efeito de mudança de cor dependente de ângulo de visão por meio de interferência ou prover um elemento de segurança óticamente aperfeiçoado que tem uma camada de filme fino deste tipo.

O objeto da invenção é atingido por um elemento de segurança na forma de um corpo de filme de múltiplas camadas, o qual tem uma camada de verniz de replicação e uma camada de filme fino para produzir um efeito de mudança de cor dependente de ângulo de visão por meio de interferência e no qual uma primeira estrutura em relevo está modelada em uma interface entre a camada de verniz de replicação e a camada de filme fino em uma primeira região do elemento de segurança, em que a primeira estrutura em relevo está adaptada para suprimir a produção do efeito de mudança de cor pela camada de filme fino de modo que na primeira região do elemento de segurança na qual a primeira estrutura em relevo está provida o efeito de mudança de cor não está presente e em uma segunda região do elemento de segurança na qual a primeira estrutura em relevo não está provida o efeito de mudança de cor produzido pela camada de filme fino está presente. O objeto da invenção é adicionalmente atingido por um processo para a produção de um elemento de segurança na forma de um corpo de filme de múltiplas camadas, no qual uma primeira estrutura em relevo está modelada em uma camada de verniz de replicação do corpo de filme de múltiplas camadas em uma primeira região do elemento de segurança e além disso uma camada de filme fino é aplicada na camada de verniz de replica-

ção para produzir um efeito de mudança de cor dependente de ângulo de visão por meio de interferência, em que modelada como a primeira estrutura em relevo na primeira região do elemento de segurança está uma estrutura em relevo a qual suprime a produção de um efeito de mudança de cor pela  
5 camada de filme fino de modo que nenhum efeito de mudança de cor esteja presente na primeira região do elemento de segurança no qual a primeira estrutura em relevo está provida e um efeito de mudança de cor produzido pela camada de filme fino está presente em uma segunda região do elemento de segurança na qual a primeira estrutura em relevo não está provida. O  
10 objeto da invenção é adicionalmente atingido por um processo para a produção de um elemento de segurança na forma de um corpo de filme de múltiplas camadas, no qual uma primeira estrutura em relevo é modelada em uma camada de verniz de replicação do corpo de filme de múltiplas camadas em uma primeira região do elemento de segurança e além disso uma cama-  
15 da de filme fino é aplicada na camada de verniz de replicação para produzir um efeito de mudança de cor dependente de ângulo de visão por meio de interferência, em que modelada como a primeira estrutura em relevo na primeira região do elemento de segurança está uma estrutura em relevo a qual altera o efeito de mudança de cor produzido pela camada de filme fino de modo que um primeiro efeito de mudança de cor seja produzido pela cama-  
20 da de filme fino na primeira região do elemento de segurança na qual a primeira estrutura em relevo está provida e um segundo efeito de mudança de cor o qual difere do primeiro efeito de mudança de cor é produzido pela camada de filme fino em uma segunda região do elemento de segurança na  
25 qual a primeira estrutura em relevo não está provida.

As camadas de filme fino são distinguidas em princípio por uma estrutura de camada de interferência (atendimento da condição de  $\lambda/2$  ou  $\lambda/4$ ) a qual produz as mudanças de cor dependentes de ângulo de visão. Neste aspecto a camada de filme fino pode estar na forma de um elemento  
30 refletivo ou um elemento transmissivo. Neste aspecto uma camada de filme fino pode em princípio compreender uma única camada com um índice refrativo muito alto (camada de  $\lambda/2$  ou  $\lambda/4$ ), três ou mais camadas dielétricas com

índices refrativos alternadamente altos e baixos ou duas ou mais camadas metálicas e dielétricas alternadas. Assim por exemplo a camada de filme fino tem uma camada de absorção metálica (de preferência com uma transmissão entre 30% e 65%), uma camada espaçadora transparente como uma  
 5 camada de produção de mudança de cor (camada de  $\lambda/2$  ou  $\lambda/4$ ), uma camada metálica como uma camada de reflexão (elemento refletivo) ou uma camada de separação ótica (elemento transmissivo).

Estritamente falando neste aspecto a condição de  $\lambda/2$  ou  $\lambda/4$  assume que  $\lambda$  é o comprimento de onda no filme fino de modo que o índice refrativo do filme fino é também considerável, para o atendimento desta con-  
 10 dição. No caso de reflexão (condição de  $\lambda/4$ ), uma interferência construtiva da luz ocorre em uma camada de filme fino para uma luz perpendicularmente incidente se a espessura da camada de filme fino for de  $1/4, 3/4, \dots$  do comprimento de onda  $\lambda$  da luz no filme fino, em termos gerais se

$$t = \frac{\left(m + \frac{1}{2}\right)\lambda_0}{2n} = \frac{\left(m + \frac{1}{2}\right)\lambda}{2} \quad m = 0, 1, 2, \dots$$

15 Em que  $\lambda$  é o comprimento de onda no ar e  $\lambda$  é o comprimento de onda no filme fino no qual tem um índice refrativo  $n$ .

Mais ainda neste aspecto é também possível que o índice refrativo de um filme fino não seja constante mas também seja mais complexo (por exemplo dependente de comprimento de onda) e que as camadas in-  
 20 termediárias tenham cores inerentes adequadas as quais não mudam na dependência do ângulo de visão e as quais possam sobrepor o efeito de mudança de cor gerado por interferência.

O seguinte aplica-se para uma incidência de luz a qual não é perpendicular ao plano do filme fino:

$$t = \frac{\lambda_0}{2n \cos \theta}$$

25 em que  $\theta$  é o ângulo de incidência da luz. Com uma escolha adequada em relação à espessura do filme fino, que proporciona o efeito de mudança de cor dependente de ângulo de visão o qual já foi anteriormente aqui referido.

Neste aspecto a invenção está baseada na noção de que, por meio de modelagem de uma estrutura em relevo adequada a interface entre

uma camada de verniz de replicação e a camada de filme fino, a produção do efeito de mudança de cor pela camada de filme fino na região daquela estrutura em relevo é suprimida e que portanto provê um modo possível altamente econômico, ambientalmente amigável e preciso de estruturar o efeito de mudança de cor em forma de padrão.

A invenção por um lado reduz o custo da produção de elementos de segurança nos quais o efeito de mudança de cor produzido pela camada de filme fino deve ser provido não sobre toda a área de superfície envolvida mas somente em uma região de padrão ou em uma região de fundo. A invenção economiza em etapas de processo dispendiosas e ambientalmente nocivas, na produção de elementos de segurança deste tipo. Assim por exemplo os processos de impressão, gravação e remoção os quais são necessários para a modelagem parcial da camada de filme fino são eliminados.

Foi adicionalmente descoberto que níveis de resolução muito altos podem ser conseguidos por meio da invenção e é assim possível implementar regiões de padrão que envolvem contornos muito finos. O processo de acordo com a invenção torna possível conseguir níveis de resolução os quais são melhores por um fator de 1000 do que os níveis de resolução os quais podem ser conseguidos por outros processos (por exemplo com uma largura para os elementos estruturais da primeira estrutura em relevo, a qual está na região do comprimento de onda mas também abaixo do comprimento de onda de luz visível). Neste aspecto também grandes vantagens são conseguidas em relação aos processos os quais foram até o momento utilizados e é possível com a invenção produzir elementos de segurança com um nível de proteção mais alto contra cópia e falsificação.

As configurações vantajosas da invenção estão apresentadas nas reivindicações anexas.

Foi descoberto que as estruturas em relevo as quais suprimem a produção de um efeito de mudança de cor pela camada de filme fino são distinguidas por uma alta razão de profundidade para largura dos elementos estruturais individuais da estrutura em relevo.

As estruturas em relevo deste tipo tem uma área de superfície

efetiva substancialmente maior do que as estruturas em relevo usuais as quais são modeladas para produzir os efeitos óticos nos elementos de segurança. Deste modo - de acordo com um modelo explicativo simplificado - a espessura efetiva da camada de filme fino e com esta também a espessura

5 efetiva da camada espaçadora da camada de filme fino, a qual produz a cor de mudança, são consideravelmente reduzidas de modo que a camada espaçadora, devido à estrutura em relevo, não mais atendem a condição de  $\lambda/2$  ou  $\lambda/4$ . Assim, um diferente efeito de mudança de cor ocorre na região daquela estrutura em relevo - ou com uma redução correspondentemente

10 grande na espessura efetiva da camada espaçadora - não existe mais nenhum efeito de mudança de cor, isto quer dizer não mais nenhum efeito de mudança de cor o qual seja visível para o observador. O observador percebe um diferente efeito de mudança de cor ou nenhum efeito de mudança de cor dependente de ângulo de observação, na região da estrutura em relevo.

15 Conseqüentemente, em virtude da redução da espessura efetiva da camada espaçadora que produz a mudança de cor pela estrutura em relevo, o efeito de mudança de cor produzido pelo filme fino é suprimido pela estrutura em relevo.

O que é essencial para a ocorrência deste efeito é uma alta razão

20 média de profundidade para largura dos elementos estruturais individuais da estrutura em relevo, a qual deve ser maior do 0,5, assim como um espaçamento correspondentemente pequeno em relação aos elementos estruturais, o qual deve ser menor do que 200  $\mu\text{m}$ , de preferência menor do que 10  $\mu\text{m}$  (estrutura em relevo difrativa). Neste aspecto, a escolha específica

25 da razão de profundidade para largura é dependente da estrutura em relevo específica e da camada de filme fino, substancialmente da espessura da camada espaçadora ou das camadas que produzem a mudança de cor, e pode ser determinada experimentalmente ou analiticamente, como aqui após mostrado por meio de um número de modalidades como exemplos.

30 As investigações revelaram que, de uma razão de profundidade para largura de 1, existe uma redução bastante grande na espessura de camada efetiva e as estruturas em relevo difrativas com uma razão de profun-

didade para largura na faixa entre 1 e 10 são especificamente adequadas para assegurar que um efeito de mudança de cor não seja mais produzido na região da primeira estrutura em relevo.

Como anteriormente já aqui apresentado, estas estruturas em relevo podem ser utilizadas não somente para prover que um efeito de mudança de cor não seja mais produzido pela camada de filme fino na região da estrutura em relevo, mas estas podem também ser utilizadas para prover que, na região da estrutura em relevo, um efeito de mudança de cor seja produzido o qual é diferente daquele o qual é predeterminado pelos parâmetros estruturais da estrutura em relevo (a espessura da camada espaçadora). É também possível deste modo prover que a impressão ótica na primeira região difira marcadamente da impressão ótica na segunda região na qual aquela estrutura em relevo não está provida. Assim por exemplo na primeira região foi descoberto que existe um efeito de mudança de cor dependente de ângulo de visão de verde para azul enquanto que na segunda região existe um efeito de mudança de cor dependente de ângulo de visão de vermelho para verde.

Neste aspecto este efeito pode também ser utilizado para produzir um tipo de imagem de cor verdadeira por estruturação adequada por um procedimento por meio de que a razão de aspecto (a razão de profundidade para largura dos elementos estruturais) é variada localmente de modo que a cor é determinada localmente para cada pixel da imagem de cor verdadeira, em virtude da seleção da razão de aspecto. É assim possível por exemplo que a profundidade da estrutura em relevo seja variada, com uma frequência de grade constante, de acordo com a cor a ser provida para o respectivo pixel.

De acordo com uma modalidade preferida da invenção a primeira ou a segunda região forma uma região de padrão na forma de um logotipo, um texto ou uma imagem e a respectiva outra das duas regiões forma uma região de fundo de modo que a região de padrão destaca-se claramente em virtude da ação diferenciada da primeira e da segunda regiões. Neste aspecto uma segunda estrutura em relevo está de preferência modelada na

interface na segunda região de modo que, na segunda região, o efeito ótico gerado pela segunda estrutura em relevo é sobreposto com o efeito ótico gerado pela camada de filme fino.

É adicionalmente possível por exemplo que um padrão de linha  
5 fina, por exemplo um padrão de guilochê, estenda-se sobre a primeira e a segunda regiões. A vantagem específica de utilizar a presente invenção neste aspecto é que este padrão de linha fina pode ser especificamente uma filigrana que pode estar em uma relação de registro com todos os aspectos de segurança difrativos. Como um exemplo a região de padrão é de forma  
10 modelada em V, em que a região de fundo apresenta um efeito de mudança de cor e a região modelada em V não apresenta nenhum tal efeito de mudança de cor. Além disso um padrão de guilochê estende-se sobre a região de padrão e a região de fundo. Uma estrutura em relevo com uma alta razão de profundidade para largura está modelada na região de padrão modelada  
15 em V. Uma estrutura em relevo com uma baixa razão de profundidade para largura, de preferência com uma razão de profundidade para largura menor do que 0,2, é utilizada para formar as linhas do padrão de guilochê o qual estende-se tanto sobre o padrão quanto também sobre a região de fundo.

A segunda estrutura em relevo está aqui de preferência formada  
20 por uma estrutura que tem um efeito de difração ótica, por exemplo um holograma ou um KINEGRAM®. É no entanto também possível que a estrutura em relevo utilizada seja uma macroestrutura ou uma estrutura fosca a qual gera efeitos óticamente variáveis correspondentes.

É aqui possível em virtude da utilização da invenção que regiões  
25 nas quais um efeito de mudança de cor dependente de ângulo de visão é gerado pela camada de filme fino e regiões nas quais um efeito óticamente variável adicional é produzido por uma estrutura de preferência difrativa sejam dispostas em uma relação de registro mutuamente sobreposta e por meio disto que uma característica de segurança seja gerada, na qual os dois  
30 efeitos óticos acima mencionados estão sobrepostos em uma relação de registro precisa. Uma tal característica de segurança pode ser imitada somente com uma dificuldade muito grande em virtude da aplicação de uma

camada de filme fino parcial em uma camada de replicação provida com uma estrutura difrativa, já que aplicar ou remover uma camada de filme fino, em uma relação de registro, a qual está acoplada com a estrutura difrativa, impõe demandas tecnológicas muito altas.

5 De acordo com uma modalidade preferida adicional da invenção, uma progressão contínua pode ser produzida para o observador de uma região na qual um forte efeito de mudança de cor é visível para o observador para uma região na qual um efeito de mudança de cor não é mais visível para o observador. Para este propósito, a intensidade do efeito de mudança  
10 de cor local é determinada por um "valor de cinza" local no modo de uma imagem de escala de cinza. Neste aspecto o "valor de cinza" local é determinado pela proporção local da área de superfície envolvida em relação à primeira estrutura em relevo. Assim, "imagens de mudança de cor" podem ser geradas por meio da invenção, em virtude dos altos níveis de resolução  
15 os quais podem ser conseguidos por meio da invenção. A geração de tais "imagens de mudança de cor" por meio de uma aplicação parcial da camada de filme fino é em contraste a estas possível somente com uma dificuldade muito grande e com um nível muito alto de complicação tecnológica e esforço.

20 Neste aspecto o "sombreamento de cinza" de uma "imagem de mudança de cor" é de preferência determinado pela razão das primeiras regiões de retícula nas quais a primeira estrutura em relevo é modelada e das segundas regiões de retícula nas quais a primeira estrutura em relevo não é modelada. Neste aspecto o dimensionamento das regiões de retícula individuais é de preferência menor do que 300  $\mu\text{m}$ , de preferência aproximadamente 50  $\mu\text{m}$ .

É possível neste aspecto que a camada de filme fino esteja na forma de uma camada de filme fino transmissiva ou uma camada de filme fino refletiva e que a camada de filme fino seja composta de uma pluralidade  
30 de camadas dielétricas, uma pluralidade de camadas dielétricas e metálicas ou uma camada perolizada. É adicionalmente possível que uma camada de reflexão parcial seja disposta entre a camada de verniz de replicação e a

camada de filme fino, para por meio disto produzir regiões nas quais por exemplo somente um efeito de difração ótica refletivo é visível. É também possível aplicar uma camada refletiva parcial em uma camada de filme fino a qual é transparente sobre a sua área de superfície inteira, para por meio disto  
5 prover um elemento de segurança que tenha regiões transmissivas e refletivas. Em virtude destas variantes ou de uma combinação sua é possível implementar elementos de segurança complexos e óticamente atraentes com base na noção fundamental da invenção.

De preferência uma estrutura difrativa com uma alta razão de  
10 profundidade para largura dos elementos estruturais individuais da estrutura em relevo é utilizada como a estrutura em relevo a qual está adaptada para suprimir ou produzir um efeito de mudança de cor pela camada de filme fino. Neste aspecto foi descoberto que bons resultados podem ser conseguidos especificamente com uma razão de profundidade para largura entre 0,75 e  
15 5. As razões de profundidade para largura com um fator de 10 são também possíveis.

De acordo com uma modalidade preferida adicional da invenção a estrutura em relevo a qual está adaptada para suprimir ou produzir um efeito de mudança de cor pela camada de filme fino é uma estrutura em relevo  
20 na qual a profundidade da estrutura em relevo é variada tanto na direção x quanto também na direção y, na qual o espaçamento médio de porções elevadas adjacentes da estrutura em relevo é menor do que a profundidade de perfil média da estrutura em relevo e na qual as porções elevadas adjacentes da estrutura em relevo estão menos de 200  $\mu\text{m}$  afastadas umas das  
25 outras e então assim abaixo da capacidade de resolução do olho humano. As estruturas deste tipo podem também envolver estruturas com um perfil de superfície estocástico o qual atende as condições acima. As estruturas deste tipo podem ser especificamente bem incorporadas por meio de um processo de replicação de UV.

30 De preferência no entanto as estruturas em relevo são utilizadas como tais estruturas em relevo, as quais são uma função periódica das coordenadas x e y, nas quais a profundidade da estrutura em relevo é periodi-

camente variada tanto na direção x quanto na direção y e nas quais o comprimento de período na direção x e na direção y é menor do que ou igual à profundidade estrutural da estrutura em relevo. Uma modalidade vantajosa de uma tal estrutura em relevo compreende uma grade cruzada a qual é  
5 composta de duas grades de base dispostas em uma relação substancialmente em ângulo reto uma com a outra, e na qual o comprimento de período das grades de base é menor do que ou igual à profundidade estrutural da primeira estrutura em relevo.

Resultados especificamente bons podem ser conseguidos com  
10 as estruturas em relevo acima descritas se o espaçamento médio de porções elevadas adjacentes ou pelo menos um dos comprimentos de período for mais curto do que o comprimento de onda limite de luz visível.

Foi adicionalmente descoberto que resultados especificamente bons podem ser conseguidos quando a camada de filme fino é aplicada na  
15 camada de verniz de replicação por meio de crepitação ou de posição por vapor após a operação de modelagem das estruturas em relevo acima descritas. Neste caso a camada de filme fino é aplicada na primeira região e na segunda região no mesmo modo e assim com a mesma densidade nominal em relação à área de superfície.

20 Um elemento de segurança de acordo com a invenção é de preferência utilizado para proteger papel moeda, cartões de crédito, cartões de débito, documentos ou artigos. Neste aspecto o elemento de segurança está de preferência formado por um corpo de filme de múltiplas camadas o qual forma um filme de transferência, especificamente um filme de estampagem a  
25 quente, ou um filme laminado.

A invenção está descrita por meio de exemplos daqui em diante através de um número de modalidades com referência aos desenhos acompanhantes nos quais:

Figura 1 mostra uma vista diagramática de um elemento de se-  
30 gurança de acordo com a invenção,

Figura 2 mostra uma vista diagramática de um documento de segurança com um elemento de segurança de acordo com a invenção,

Figura 3 mostra uma representação gráfica da função  $\varepsilon = f(h, d)$ ,

Figura 4 mostra uma vista em corte diagramático de uma estrutura em relevo com uma alta razão de profundidade para largura,

Figuras 5a a 5d mostram vistas em corte diagramáticos de estruturas em relevo com diferentes razões de profundidade para largura.

Figura 6 mostra uma representação gráfica da dependência do grau de reflexão de uma modalidade de uma camada de filme fino sobre o comprimento de onda da luz incidente e da espessura efetiva,

Figura 7 mostra uma representação gráfica da dependência do grau de reflexão da camada de filme fino na figura 6 em dependência do comprimento de onda e do ângulo de incidência de luz polarizada em OR,

Figuras 8a a 8c cada uma mostra uma representação de imagem de uma vista plana por sobre um elemento de segurança de acordo com a invenção.

Figura 9 mostra uma vista diagramática de uma estrutura em relevo para utilização em um elemento de segurança de acordo com a invenção,

Figura 10 mostra uma vista diagramática de um elemento de segurança de acordo com a invenção para uma modalidade adicional da invenção, e

Figuras 11a e 11b mostram vistas diagramáticas de estruturas em relevo as quais são utilizadas no elemento de segurança da Figura 10.

A figura 1 mostra um elemento de segurança 11 na forma de um corpo de filme de múltiplas camadas o qual tem um filme de suporte 10, uma camada de liberação 20, uma camada de verniz protetor 21, uma camada de verniz de replicação 22, uma camada de filme fino 23 e uma camada de adesivo 24.

O elemento de segurança 11 é um filme de estampagem especificamente um filme de estampagem a quente. É no entanto também possível que o elemento de segurança 11 esteja na forma de um filme laminado ou um filme de adesivo.

A camada de suporte 10 compreende por exemplo um filme de

PET ou de POPP com uma espessura de camada entre 10  $\mu\text{m}$  e 50  $\mu\text{m}$ , de preferência de uma espessura entre 19  $\mu\text{m}$  e 23  $\mu\text{m}$ . A camada de liberação 20 e a camada de verniz protetor 21 são então aplicadas no filme de suporte por meio de um rolo de retícula de entalhe. As camadas de verniz de libera-  
5 ção e protetor 20 e 21 neste caso são de preferência de uma espessura entre 0,2 e 1,2  $\mu\text{m}$ . Seria também possível dispensar estas camadas.

A camada de verniz de replicação 22 é então aplicada.

A camada de verniz de replicação 22 de preferência compreende um verniz de replicação de ligação cruzada de radiação. De preferência  
10 um processo de replicação de UV é utilizado para modelar as estruturas em relevo 25 e 26 na camada de verniz de replicação 22. Neste caso um verniz endurecível por UV é utilizado como o verniz de replicação. Neste aspecto a operação para produzir as estruturas em relevo 25 e 26 na camada de verniz de replicação de ligação cruzada de UV é efetuada por exemplo por irradia-  
15 ção UV na operação de modelagem da estrutura em relevo na camada de verniz enquanto está ainda macia ou fluida ou por irradiação parcial e endurecimento da camada de verniz de ligação cruzada de UV. Neste caso ao invés de um verniz de ligação cruzada de UV é também possível utilizar outro verniz de ligação cruzada de radiação.

20 É possível que a camada de verniz de replicação 22 compreenda um material termoplástico transparente. Uma ou mais estruturas em relevo, por exemplo as estruturas em relevo 25 e 26, são então gravadas na camada de verniz de replicação 22 por meio de uma ferramenta de estampagem.

25 A espessura a qual deve ser adotada para a camada de verniz de replicação 22 é determinada pela profundidade de perfil adotada para as estruturas em relevo 25 e 26. É necessário assegurar que a camada de verniz de replicação 22 seja de uma espessura suficiente para permitir que as estruturas em relevo 25 e 26 sejam formadas. De preferência neste aspecto  
30 a camada de verniz de replicação 22 é de uma espessura entre 0,3 e 1,2  $\mu\text{m}$ .

Como um exemplo a camada de verniz de replicação 22 é apli-

cada na camada de verniz protetor 21 sobre a área de superfície total envolvida por meio de um cilindro de impressão de entalhe de retícula de linha com um peso de aplicação de 2,2 g/m<sup>2</sup> antes da secagem. Neste aspecto uma camada de seguinte composição é selecionada como o verniz de repli-

5 cação:

	<u>Componentes</u>	<u>Proporção por peso</u>
	Resina de PMMA de alto peso molecular	2000
	Silicone alquídico sem óleo	300
	Agente umectante não iônico	50
10	Nitrocelulose de baixa viscosidade	12000
	Tolueno	2000
	Álcool diacetona	2500

A camada de verniz de replicação 22 é então seca em uma passagem de secagem em uma temperatura entre 100 e 120° C.

15 Então as estruturas em relevo 25 e 26 são gravadas dentro da camada de verniz de replicação 22 por exemplo por meio de uma matriz fêmea que consiste em níquel em aproximadamente 130° C. A matriz é de preferência eletricamente aquecida para gravar as estruturas em relevo 25 e 26 na camada de verniz de replicação. Antes da matriz ser levantada da ca-

20 mada de verniz de replicação 22 após a operação de gravação a matriz pode ser resfriada novamente neste caso. Após as estruturas em relevo 25 e 26 terem sido gravadas na camada de verniz de replicação o verniz de replicação da camada de verniz de replicação 22 endurece por ligação cruzada ou de algum outro modo.

25 Além disto é também possível que as estruturas em relevo 25 e 26 são produzidas na camada de verniz de replicação 22 pelo processo de reparação.

Além disto é também possível que as estruturas em relevo 25 e 26 envolvam estruturas em relevo 25 e 26 as quais suprimem a produção de

30 um efeito de mudança de cor pela camada de filme fino 23.

As estruturas as quais apresentam este efeito tem uma alta razão de profundidade para largura nos elementos estruturais individuais da

estrutura em relevo e assim uma área de superfície efetiva a qual é multipicamente mais alta do que as estruturas em relevo usuais as quais estão modeladas em elementos de segurança para a produção de efeitos óticos.

Deste modo - de acordo com um modelo explicativo simplificado

5 - a espessura efetiva da camada de filme fino e com esta também a espessura efetiva da camada espaçadora, a qual produz a mudança de cor, da camada de filme fino é consideravelmente reduzida de modo que um diferente efeito de mudança de cor - ou com uma redução correspondentemente grande na espessura efetiva da camada espaçadora - nenhum efeito de mudança de cor ocorre já que a camada espaçadora não mais satisfaz a condição de  $\lambda/2$  ou  $\lambda/4$ , devido à estrutura em relevo. Em outras palavras, na região da estrutura em relevo, o observador percebe um diferente efeito de mudança de cor ou não mais percebe nenhum efeito de mudança de cor dependente de ângulo de visão. Deste modo, o efeito de mudança de cor

10 produzido pelo filme fino é suprimido pela estrutura em relevo em virtude da redução na espessura local efetiva da camada espaçadora que produz a mudança de cor, pela estrutura em relevo.

O que é essencial para a ocorrência deste efeito é uma alta razão de profundidade para largura média dos elementos estruturais individuais da estrutura em relevo, a qual deve ser maior do que 0,5, assim como um espaçamento correspondentemente pequeno dos elementos estruturais, o qual deve ser menor do que 200  $\mu\text{m}$ , de preferência menor do que 10  $\mu\text{m}$  (estrutura em relevo difrativa). A escolha específica da razão de profundidade para largura neste caso é dependente da estrutura em relevo específica e da camada de filme fino, substancialmente da espessura da camada ou camadas espaçadoras que produzem a mudança de cor, e pode ser determinada experimentalmente ou analiticamente, como está demonstrado pelos seguintes exemplos:

20

25

De modo a suprimir confiavelmente a produção de um efeito de mudança de cor pela camada de filme fino, é vantajoso que as estruturas em relevo 25 e 26 não sejam uma grade simples em relação à qual a profundidade da estrutura em relevo é periodicamente variada somente em uma di-

30

reção, mas que a profundidade da estrutura em relevo seja variada em duas direções, por exemplo na direção de dois diferentes vetores os quais definem as interfaces entre a camada de verniz de replicação 22 e a camada de filme fino 23. Isto também provê que a área de superfície efetiva resultante das estruturas em relevo 25 e 26 é consideravelmente aumentada em comparação com as estruturas em relevo usuais as quais são utilizadas para produzir os efeitos óticos.

Foi adicionalmente descoberto que um aumento considerável na área de superfície efetiva da estrutura em relevo e assim bons resultados podem também ser conseguidos com as grades lineares: a área de superfície efetiva  $S$  em uma região  $R$  cuja profundidade estrutural é determinada pela função  $z = f$  de  $(x, y)$ , pode ser descrita pela seguinte equação:

$$S = \iint_R \sqrt{1 + f_x^2 + f_y^2} dA$$

Uma grade cruzada com um período  $d$  e uma profundidade de perfil  $h$  pode ser descrita por exemplo pela seguinte função:

$$f(x, y) = h \sin^2\left(\frac{\pi x}{d}\right) \sin^2\left(\frac{\pi y}{d}\right)$$

Se os períodos  $x$  e  $y$  forem idênticos, isto resulta nos seguintes quocientes diferenciais parciais:

$$f_x = \frac{\partial}{\partial x} h \sin^2\left(\frac{\pi x}{d}\right) \sin^2\left(\frac{\pi y}{d}\right) = \frac{h\pi}{d} \sin\left(\frac{2\pi x}{d}\right) \sin^2\left(\frac{\pi y}{d}\right)$$

$$f_y = \frac{\partial}{\partial y} h \sin^2\left(\frac{\pi x}{d}\right) \sin^2\left(\frac{\pi y}{d}\right) = \frac{h\pi}{d} \sin^2\left(\frac{\pi x}{d}\right) \sin\left(\frac{2\pi y}{d}\right)$$

A área de superfície efetiva é assim determinada pela seguinte equação:

$$S = \iint_R \sqrt{1 + f_x^2 + f_y^2} dA$$

$$= \int_0^d \int_0^d \sqrt{1 + \left(\frac{h\pi}{d}\right)^2 \left[ \left( \sin\left(\frac{2\pi x}{d}\right) \sin^2\left(\frac{\pi y}{d}\right) \right)^2 + \left( \sin^2\left(\frac{\pi x}{d}\right) \sin\left(\frac{2\pi y}{d}\right) \right)^2 \right]} dx dy$$

Esta equação não pode ser facilmente resolvida analiticamente.

Por uma solução numérica para esta equação no entanto foi surpreendentemente descoberto que o fator  $\epsilon$  o qual especifica o modo no qual a área de superfície efetiva muda na dependência da razão de profundidade para largura é significativamente aumentado se a razão de profundidade para largura  $h/d$  for  $> 1$ .

Em virtude da estrutura em relevo a espessura  $t$  em relação à espessura nominal  $t_0$  (a espessura nas regiões "planas"), é influenciada pela razão de espessura  $\varepsilon$  ou o seu inverso, o fator de redução de espessura  $1/\varepsilon$ , como segue:

$$t = \frac{t_0}{\varepsilon}$$

5 A tabela 1 fornece os valores numéricos para a razão de profundidade para largura de  $0 < h/d \leq 5$  tanto para a razão de espessura  $\varepsilon$  quanto também para o fator de redução de espessura  $1/\varepsilon$  de uma grade cruzada;

Por exemplo com  $h = 2d$ , isto quer dizer quanto a profundidade de perfil for o dobro do período de grade, a área de superfície efetiva é aumentada pelo fator  $\varepsilon = 3,5$ . A espessura efetiva  $t$  é assim reduzida pelo fator

10 de redução de espessura  $1/\varepsilon = 1/3,5$  para aproximadamente 28% da espessura nominal  $t_0$ . No caso de uma estrutura em relevo com uma razão de profundidade para largura de 2 a espessura efetiva da camada de filme fino é assim  $t_0/\varepsilon = 0,3 t_0$ , isto quer dizer naquela região a espessura da camada de

15 filme fino é somente um terço da espessura da camada de filme fino em uma região plana.

razão de profundidade para largura $h/d$	fator de espessura $\varepsilon$	fator de redução de espessura $1/\varepsilon$
0	1,00	1,00
0,5	1,36	0,74
1,0	2,02	0,50
1,5	2,75	0,36
2,0	3,52	0,28
2,5	4,30	0,23
3,0	5,09	0,20
3,5	5,88	0,17
4,0	6,88	0,15
4,5	7,47	0,13
5,0	8,28	0,12

Tabela 1

A Figura 3 mostra os valores numéricos da Tabela 1 na forma de

um gráfico e mostra a dependência da razão de espessura  $\varepsilon$  sobre a razão de profundidade para largura  $h/d$ .

A Figura 4 mostra uma vista em corte diagramática que ilustra uma camada 230 com regiões 310 e 320 com diferentes estruturas em relevo as quais estão providas com uma camada de filme fino 230s. A camada de filme fino é da espessura nominal  $t_0$  nas regiões planas 320 as quais tem uma superfície lisa e é da menor espessura  $t$  na região 310 a qual tem uma alta razão de profundidade para largura.

As Figuras 5a a 5d são vistas diagramáticas que mostram o efeito da razão de profundidade para largura sobre a espessura local efetiva  $t$ . A estrutura em relevo da camada 230 é de uma largura constante  $d = 350$  nm, com uma profundidade que muda  $h$ . A camada de filme fino 230s é da espessura nominal  $t_0 = 40$  nm.

Na Figura 5a a camada 230 é lisa. A camada de filme fino 230s é portanto da espessura máxima, a saber a espessura nominal  $t_0 = 40$  nm.

A Figura 5b mostra a camada 230 com uma estrutura em relevo cuja profundidade é  $h = 100$  nm. A razão de profundidade para largura é  $h/d = 0,29$ . Isto envolve uma estrutura em relevo com uma baixa razão de profundidade para largura. A espessura da camada de filme fino 230s, sobre os flancos da estrutura em relevo, é somente ligeiramente menor do que a espessura nominal  $t_0$ .

A Figura 5c mostra a camada 230 com uma estrutura em relevo cuja profundidade é  $h = 400$  nm, isto quer dizer quatro vezes maior do que a profundidade da estrutura em relevo mostrado na Figura 5b. A razão de profundidade para largura é agora  $h/d = 1,14$ . A espessura da camada de filme fino 230s, sobre os flancos da estrutura em relevo, é agora substancialmente menor do que a espessura nominal  $t_0$ .

A Figura 5d mostra a camada 230 com uma estrutura em relevo cuja profundidade é  $h = 800$  nm. A razão de profundidade para largura é portanto  $h/d = 2,3$ . A espessura da camada de filme fino 230s, sobre os flancos da estrutura em relevo, é reduzida novamente em relação à espessura da estrutura em relevo mostrada na Figura 5c.

A Figura 6 agora mostra uma vista na forma de um gráfico que ilustra a dependência, apurada com o programa de computador "Gsolver", da capacidade de reflexão de uma camada de filme fino sobre o comprimento de onda  $\lambda$  da luz incidente e da espessura efetiva  $t$ .

5           A camada de filme fino está na forma de um sistema de camada de filme fino com uma camada de  $\text{SiO}_2$  de uma espessura de 275 nm, a qual está disposta entre duas camadas de  $\text{TiO}_2$  cada uma de uma espessura de 70 nm. Neste caso a camada de  $\text{SiO}_2$  forma a camada espaçadora a qual é responsável pela mudança de cor e a qual satisfaz a condição de  $\lambda/2$  ou  $\lambda/4$   
10 para produzir o efeito de interferência. A espessura nominal  $t_0$  da camada de filme fino é portanto  $t_0 = (70 + 275 + 70) \text{ nm} = 415 \text{ nm}$ . A camada de filme fino está disposta sobre um substrato plástico o qual tem um índice refrativo de 1,5 e anexa ar.

O substrato plástico tem estruturas em relevo as quais provêm  
15 deferentes espessuras efetivas  $t$  para a camada de filme fino. Como pode ser visto da figura 6 as cores refletidas estão correspondentemente mais mudadas na direção da cor azul, quanto mais fina a respectiva camada de filme fino é.

Como pode adicionalmente ser visto da Figura 6 a camada de  
20 filme fino parece na maior parte ser transparente se a espessura efetiva  $t < 100 \text{ nm}$ .

Isto corresponde a um filme fino com um efeito de mudança de cor na extremidade inferior do espectro de luz visível (vermelho), com um fator de redução de espessura  $1/\varepsilon = t/t_0 = 100 \text{ nm} / 415 \text{ nm} = 0,24$ . Por uma  
25 comparação com a Tabela 1 e Figura 3 acima, segue disto que a razão de profundidade para largura  $h/d$  deve ser  $> 2,4$  de modo a alcançar o fator de redução de espessura  $\varepsilon = 4,15$ .

Pode adicionalmente ser visto que a razão de profundidade para largura pode ser menor, para produzir transparência, em comparação com a  
30 luz vermelha, se a luz envolvida for uma luz verde ou azul. Mais ainda o resultado é também dependente do ângulo de visão. A razão de profundidade para largura deve assim ser  $h/d > 0,5$  para um efeito de mudança de cor na

extremidade superior do espectro de luz visível. Já que, como anteriormente já apresentado, uma grande redução na espessura efetiva do filme fino ocorre de uma razão de profundidade para largura  $h/d \geq 1$ , a razão de profundidade para largura deve geralmente ser selecionada ser  $\geq 1$  de modo a suprimir confiavelmente o efeito de mudança de cor na região da estrutura em relevo.

A Figura 7 mostra um gráfico que ilustra a dependência, calculada com o programa de computador "Gsolver", do grau de reflexão  $R$  sobre o comprimento de onda e o ângulo de incidência de luz polarizada em OR. Isto está baseado na camada de filme fino anteriormente aqui descrita com referência à Figura 6. Pode ser visto da Figura 7, com um ângulo de incidência crescente da luz, uma mudança de cor ocorre no grau de reflexão na direção do azul. Deve ser assumido que neste caso a camada de filme fino parece transparente em uma razão de profundidade para largura  $h/d > 2,4$  - ou mesmo em uma menor razão de profundidade para largura (ver acima).

Uma grade de linha de um período  $d$  e de uma profundidade de perfil  $h$  pode ser descrita pela seguinte equação:

$$f(x, y) = h \sin^2\left(\frac{\pi x}{d}\right)$$

Que proporciona os seguintes quocientes diferenciais parciais:

$$f_x = \frac{\partial}{\partial x} h \sin^2\left(\frac{\pi x}{d}\right) = \frac{h\pi}{d} \sin\left(\frac{2\pi x}{d}\right)$$

$$f_y = \frac{\partial}{\partial y} h \sin^2\left(\frac{\pi x}{d}\right) = 0$$

A área de superfície efetiva pode ser descrita pela seguinte equação:

$$\begin{aligned} S &= \iint_R \sqrt{1 + f_x^2 + f_y^2} dA \\ &= \int_0^d \int_0^d \sqrt{1 + \left(\frac{h\pi}{d}\right)^2 \left[\sin\left(\frac{2\pi x}{d}\right)\right]^2} dx dy \\ &= \frac{2d^2}{\pi} \left(\frac{-h^2\pi^2}{d^2}\right) \end{aligned}$$

Neste caso  $E(\alpha)$  representa a integral de segunda ordem elíptica inteira.

Nesta caso também as soluções numéricas para esta equação surpreendentemente mostraram que o fator  $\varepsilon$  é significativamente aumenta-

do se a razão de profundidade para largura  $h/d > 1$ . Surpreendentemente também foi descoberto que o aumento no fator  $\varepsilon$  no caso de grade de linha é maior do que no caso da grade cruzada acima considerada com a mesma razão de profundidade para largura.

5                    Como um exemplo, com uma razão de profundidade para largura  $h = 2d$ , isto fornece um fator  $\varepsilon = 4,2$  o que é maior do que o valor para a grade cruzada aqui anteriormente considerada.

                    As considerações acima correspondentemente aplicam-se em termos da adoção da razão de profundidade para largura para suprimir o  
10    efeito de mudança de cor.

                    O efeito de transparência descrito da camada de filme fino em regiões com uma alta razão de profundidade para largura não está limitado à configuração acima descrita da camada de filme fino. Em uma segunda modalidade de uma camada de filme fino, isto pode envolver uma camada de  
15    filme fino a qual compreende uma camada de  $\text{TiO}_2$  (camada espaçadora) de uma espessura de 275 nm e a qual está disposta entre duas camadas plásticas as quais por exemplo tem um índice refrativo de 1,5. Em uma terceira modalidade isto pode envolver três camadas as quais estão dispostas entre duas camadas plásticas, mais especificamente uma camada de Cr de uma  
20    espessura de 8 nm, uma camada de  $\text{MgF}_2$  de uma espessura de 215 nm e uma camada de Al de uma espessura de 50 nm.

                    É de preferência provido que as estruturas em relevo são estruturas em relevo cujo período  $d$ , isto quer dizer o seu espaçamento entre duas porções elevadas, é selecionado como  $d < \lambda$  ou ainda mais de preferência  
25    como  $d < \lambda/2$ , em que  $\lambda$  é de preferência o comprimento de onda do efeito de cor o qual ocorre quando visto perpendicularmente. É possível deste modo assegurar que nenhum efeito de difração o qual influencia a imagem para o observador humano ocorra na região da estrutura em relevo. A faixa de luz visível está entre 450 nm e 670 nm. Portanto  $d$  deve ser  $< 555$  nm  
30    para o comprimento de onda  $\lambda = 555$  nm para o qual o olho humano é mais sensível. As investigações mostraram que efeitos de difração problemáticos podem ser substancialmente impedidos se  $d < 450$  nm, e de preferência na

faixa de 300 nm - 350 nm.

A Figura 9 mostra uma vista diagramática de uma parte de uma estrutura em relevo a qual pode ser utilizada para a estrutura em relevo 25 e a qual está adaptada para suprimir a produção de um efeito de mudança de cor pela camada de filme fino 23.

Como mostrado na Figura 9, a estrutura em relevo 25 é uma função periódica  $f(x, y)$ , em que duas setas 257 e 258 na Figura 4 representam os eixos geométricos de coordenadas associados. A função  $f(x, y)$  varia a profundidade da estrutura em relevo 25 periodicamente, por exemplo senoidalmente, tanto na direção  $x$  quanto também na direção  $y$ . Isto proporciona o perfil de relevo mostrado na Figura 4 com uma pluralidade de porções elevadas, por exemplo as porções elevadas 254, 255 e 256, as quais estão cada uma espaçadas umas das outras por um comprimento de período da função  $f(x, y)$ , por exemplo um comprimento de período 253 umas das outras na direção  $x$  e um comprimento de período 252 umas das outras na direção  $y$ . Neste aspecto os comprimentos de período 252 e 253 estão selecionados de tal modo que estes sejam menores do que ou iguais à profundidade estrutural da estrutura em relevo 25, mais especificamente menores do que uma profundidade estrutural 251.

A estrutura em relevo 25 mostrada na Figura 9 assim tem por exemplo comprimentos de período 252 e 253 de 330 nm e uma profundidade estrutural de mais do que 500 nm.

É também possível neste aspecto que tanto a forma de perfil, quanto os comprimentos de período 252 e 253 e a profundidade de perfil 251 sejam de uma diferente configuração da vista mostrada na Figura 9. É essencial neste aspecto que pelo menos um dos comprimentos de período 252 e 253 sejam menores do que ou iguais à profundidade estrutural 251 e que os comprimentos de período 252 e 253 sejam espaçados uns dos outros de menos do que 200  $\mu\text{m}$  (limite de resolução do olho humano). Resultados especificamente bons são conseguidos se pelo menos um dos comprimentos de período 252 e 253 for menor do que o comprimento de onda limite de luz visível.

É também possível que a supressão da produção de um efeito de mudança de cor pela camada de filme fino seja conseguida por meio de estruturas de relevo as quais tem um perfil de superfície complexo com porções elevadas e rebaixos de diferentes alturas. Os perfis de superfície deste tipo podem também envolver perfis de superfície estocásticos. Com tais perfis de superfície, a supressão do efeito de mudança de cor é geralmente conseguida se o espaçamento médio de porções elevadas adjacentes da estrutura em relevo for menor do que a profundidade de perfil média da estrutura em relevo e as porções elevadas adjacentes da estrutura em relevo forem espaçadas umas das outras de menos do que  $200 \mu\text{m}$ . Se o efeito de mudança de cor gerado pela camada de filme fino estiver na região de verde ou azul, então a supressão do efeito - como já anteriormente aqui mostrado em relação a estruturas periódicas - pode geralmente ser conseguida por uma razão de profundidade para largura média a qual é maior do que 0,5. De preferência neste aspecto o espaçamento médio de porções elevadas adjacentes é selecionado para ser menor do que  $30 \mu\text{m}$  de modo que a estrutura em relevo seja uma estrutura em relevo difrativa especial.

É adicionalmente vantajoso utilizar estruturas de combinação como uma estrutura de combinação que consiste em uma microestrutura e uma macroestrutura, em relação à qual uma primeira estrutura profunda bruta é sobreposta por uma segunda estrutura de alta frequência fina. Exemplos de estruturas de combinação deste tipo são uma estrutura simétrica bruta com uma grade de seno fina ou uma estrutura triangular bruta com uma grade de seno fina. Foi descoberto que as demandas acima descritas para conseguir uma boa supressão do efeito de mudança de cor podem ser conseguidas mais facilmente por meio de uma tal estrutura de combinação.

A camada de filme fino 23 é distinguida em princípio por uma estrutura de camada de interferência a qual produz mudanças de cor dependentes de ângulo de visão. Neste aspecto a camada de filme fino 23 pode estar na forma de um elemento refletivo ou um elemento transmissivo. Informações mais detalhadas referentes aos sistemas de camada de filme fino os quais podem ser utilizados para a camada de filme fino 23 podem ser

descobertas por exemplo no Capítulo 13 do livro "Optical document security", R. L. van Renesse, ed., Artech House, London, por J. A. Dobrowolski. As opções seguintes em princípio estão disponíveis neste aspecto para a construção para a camada de filme fino 23.

- 5                   A camada de filme fino assim tem por exemplo uma camada de absorção (de preferência com uma transmissão entre 30% e 65%), uma camada espaçadora transparente como uma camada de produção de mudança de cor (camada de  $\lambda/2$  ou  $\lambda/4$ ), uma camada metálica como uma camada de reflexão (elemento refletivo) ou uma camada de separação ótica (elemento transmissivo). Neste aspecto é também possível que a camada de adesivo 24 atue como uma camada de separação ótica se o seu índice refrativo diferir marcadamente daquele da camada espaçadora. Se a camada de filme fino 23 atuar como um elemento refletivo então a espessura da camada espaçadora deve ser selecionada de modo que a condição de  $\lambda/4$  seja satisfeita. Se a camada de filme fino 23 atuar como uma camada transmissiva a
- 10
- 15                   camada espaçadora precisa satisfazer a condição de  $\lambda/2$ .

Uma camada de filme fino deste tipo está formada por exemplo de um sistema de camada de filme fino composto de uma ou mais camadas dielétricas e metálicas. Como um exemplo a camada de filme fino 23 assim

20                   compreende uma camada de cromo de uma espessura de 8 nm, uma camada de  $MgF_2$  de uma espessura de 215 nm e uma camada de Al de uma espessura de 50 nm.

Além disso, é também possível que a camada de filme fino 23 seja composta de uma sucessão de camadas de alta refração e de baixa refração. Uma camada de filme fino deste tipo compreende por exemplo

25                   uma pluralidade de camadas dielétricas sucessivas de diferentes índices refrativos. Como um exemplo a camada de filme fino 23 compreende uma camada de  $TiO_2$  de uma espessura de 70 nm, uma camada de  $SiO_2$  de uma espessura de 275 nm como uma camada espaçadora de produção de mudança de cor e uma camada de  $TiO_2$  de 70 nm. Uma camada de filme fino

30                   deste tipo compreende uma sucessão entre três e nove tais camadas (número ímpar) ou um número entre duas e dez tais camadas (número par).

Quanto maior o número de camadas, correspondentemente mais preciso é possível determinar o comprimento de onda para a mudança de cor.

Além disso, é também possível que a camada de filme fino 23 compreenda uma única camada de um óxido metálico com um alto índice refrativo, por exemplo uma camada de  $\text{TiO}_2$  de uma espessura de 275 nm. As camadas de filme fino deste tipo são também referidas como camadas perolizadas. Neste caso, a espessura da camada de filme fino precisa satisfazer a condição de  $\lambda/4$  ou  $\lambda/2$  (dependendo se esta envolve um elemento refletivo ou um transmissivo).

De preferência, as camadas da camada de filme fino 23 são aplicadas sobre toda a área de superfície envolvida com o verniz de replicação 22 por meio de crepitação. Dependendo se a camada de filme fino 23 envolve um elemento refletivo ou um elemento transmissivo, a camada de filme fino 23 neste caso inclui uma camada de reflexão a qual é de preferência composta de uma camada metálica fina, por exemplo de Al, Ag, Cr, Ni, Cu, Au ou uma combinação destes metais.

A camada de adesivo 24 é então aplicada na camada de filme fino 23. A camada de adesivo 24 é de preferência uma camada de adesivo termicamente ativável. Dependendo do respectivo uso do elemento de segurança 11, no entanto, é também possível dispensar a camada de adesivo 24.

Neste caso as estruturas em relevo 25 e 26 são modeladas nas regiões 31 e 33 do elemento de segurança 11. As regiões 31 e 33 estão circundadas pelas regiões 32 nas quais nenhuma estrutura em relevo está modelada na camada de verniz de replicação 22 de modo que, nestas regiões, a camada de verniz de replicação 22 tem uma superfície substancialmente plana.

Dependendo se as regiões 31 e 33 são formadas como regiões de padrão ou como regiões de fundo para um padrão o qual está em primeiro plano, os efeitos mostrados como exemplo nas Figuras 8a a 8c ocorrem sendo vistos:

A Figura 8a mostra uma região de padrão 51 a qual está na forma de uma árvore e uma região de fundo 52 a qual circunda a região de pa-

drão 51. A região de fundo 52 está ocupada com a estrutura em relevo 25 de modo que a produção de um efeito de mudança de cor pela camada de filme fino 23 é suprimida na região de fundo 52. Nenhuma estrutura em relevo 25 está provida na região de padrão 51 de modo que o efeito de mudança de cor produzido pela camada de filme fino 23 é visível nesta região. Isto portanto proporciona a representação de uma árvore, a cor da qual muda de uma coloração vermelha para uma coloração verde na dependência da direção de observação, contra um fundo o qual não apresenta nenhum efeito de mudança de cor.

10 A Figura 8b mostra uma região de padrão 53 na forma de uma árvore contra uma região de fundo 54, em que a estrutura em relevo 25 está formada na região de padrão 53 e nenhuma estrutura em relevo está formada na região de fundo 54. A pessoa que a observa assim tem a impressão de uma árvore (translúcida), o fundo da qual muda a sua cor dependendo da respectiva direção do ângulo de visão.

A Figura 8c mostra uma representação de Clara Schumann 55 contra uma região de fundo 56. Neste caso também a estrutura em relevo 25 está disposta na região de padrão que forma a representação de Clara Schumann de modo que a representação de Clara Schumann resulta do contraste da região de fundo 56 a qual está sujeita a mudança de cor e a configuração de linha transparente da região de padrão.

A Figura 2 mostra uma utilização preferida do filme de estampagem mostrado na Figura 1.

25 A Figura 2 assim mostra a camada de transferência 2 de um filme de transferência o qual é aplicado em um documento 4 a ser protegido. Neste caso a camada de transferência 2 forma um elemento de segurança 12 o qual é composto da camada de verniz protetor 21 da camada de verniz de replicação 22, da camada de filme fino 23 e da camada de adesivo 24. As estruturas em relevo 25 e 26 estão modeladas na camada de verniz de replicação 22 nas regiões 31 e 33. Na região 32 que as circunda, nenhuma estrutura em relevo está modelada na camada de interface entre a camada de verniz de replicação 22 e a camada de filme fino 23 de modo que aqui a ca-

mada de interface é substancialmente plana. Em relação à configuração das camadas 21, 22, 23 e 24 e à configuração das estruturas em relevo 25 e 26, a atenção é direcionada para a descrição relativa à Figura 1 e à Figura 9.

Para propósitos de personalização uma impressão individualizada 41 é aplicada por exemplo por meio de um processo de transferência térmica no documento 4 o qual por exemplo é um documento de cartão de identidade. A camada de transferência 2 é então aplicada no documento 4 de modo que o elemento de segurança 12 cubra a impressão individualizada 41. Nesta modalidade a camada de filme fino 23 está na forma de um elemento transmissivo de modo que a impressão individualizada 41 é perceptível para o observador através da camada de filme fino 23 e a impressão individualizada 41 está sobreposta nas regiões 32 pelo efeito de mudança de cor dependente de ângulo de observação gerado pela camada de filme fino 23.

A Figura 10 mostra uma modalidade adicional de um elemento de segurança 13 de acordo com a invenção.

O elemento de segurança 13 é um filme de transferência o qual está formado por um corpo de filme de múltiplas camadas com uma camada de suporte 10, a camada de liberação 20, a camada de verniz protetor 21, a camada de verniz de replicação 22, a camada de filme fino 23 e a camada de adesivo 24. As camadas 10 a 24 são de uma configuração que corresponde às camadas identificadas no mesmo modo na Figura 1. Uma estrutura em relevo está modelada dentro da interface entre a camada de verniz de replicação 22 e a camada de filme fino 23 nas regiões 35 e 37, esta estrutura em relevo sendo de uma configuração que corresponde às estruturas em relevo 25 e 26 mostradas na Figura 1 e na Figura 9. As estruturas em relevo 28 e 29 estão modeladas dentro das interfaces nas regiões 28 e 29 do elemento de segurança 13. Nenhuma estrutura em relevo está modelada dentro da interface nas regiões 34 e 39 do elemento de segurança 13 de modo que nestas regiões a interface é substancialmente plana.

As estruturas em relevo 28 e 29 são estruturas em relevo as quais geram um efeito ótico o qual está sobreposto com o efeito ótico gerado

pela camada de filme fino 23.

Assim a estrutura em relevo 28 é por exemplo uma estrutura de difração ótica, por exemplo um holograma de matriz de pontos, um KINEGRAM® ou uma grade de difração usual.

5 A estrutura em relevo 29 é por exemplo uma macroestrutura, por exemplo uma estrutura com um espaçamento de valor extremo de mais do que 30  $\mu\text{m}$ . Além disso a estrutura em relevo 29 pode também ser uma estrutura de microlente ou uma estrutura fosca, por exemplo uma estrutura fosca anisotrópica com uma característica de dispersão direcionada.

10 Neste caso as estruturas em relevo 28 e 29 são de preferência selecionadas de modo que o espaçamento entre as porções elevadas destas estruturas em relevo seja maior do que a profundidade estrutural das estruturas em relevo. Isto substancialmente evita a atenuação do efeito de difração ótica produzido pela camada de filme fino 23, pelas estruturas em  
15 relevo 28 e 29 sobrepostas.

As Figuras 11a e 11b mostram como exemplo vistas diagramáticas de uma porção das estruturas em relevo 28 (Figura 11b) e 29 (Figura 11a).

É ressaltado neste aspecto que a Figura 1, a Figura 2, a Figura  
20 9, a Figura 10, a Figura 11a e a Figura 11b são vistas diagramáticas nas quais as dimensões de tamanho e a razão das dimensões de tamanho não correspondem aos valores reais.

A configuração do elemento de segurança mostrado na Figura  
25 10 provê que uma sobreposição dos efeitos óticos produzidos pela camada de filme fino 23 e pela estrutura em relevo 28 é perceptível para o observador na região 36. Nas regiões 35 e 37 que circundam a região 36, o efeito ótico produzido pela camada de filme fino 23 é suprimido pela estrutura em relevo 27 de modo que um elemento de segurança óticamente variável não é reconhecível para o observador naquela região. O resultado disto é que a  
30 região 36 na qual os dois efeitos óticos estão sobrepostos é precisamente e exatamente delimitada em relação às regiões 35 e 37 circundantes nas quais nenhum elemento de segurança óticamente variável pode ser reco-

nhecido. Com uma configuração adequada em relação à característica de segurança produzida pela estrutura em relevo 28, apenas desvios menores nas características de segurança mutuamente sobrepostas são claramente reconhecíveis de modo que a cópia por meio de outras tecnologias as quais  
5 não proporcionam este alto nível de precisão de registro é imediatamente reconhecível.

Além disso, o efeito de mudança de cor dependente de ângulo de visão produzido pela camada de filme fino 23 pode ser visto pelo observador nas regiões 34 e 39. Na região 39 o observador vê um efeito ótico o  
10 qual surge da sobreposição do efeito de mudança de cor dependente de ângulo de visão da camada de filme fino 23 e do efeito ótico gerado pela estrutura em relevo 29. Isto portanto fornece uma respectiva impressão de observação diferente para o observador em cada uma das regiões 34, 35, 36, 37,  
38 e 39.

15 Mais ainda é também possível que uma camada metálica a qual é parcialmente modelada seja disposta entre a camada de verniz de replicação 22 e a camada de filme fino 23. Esta camada metálica parcial é utilizada para prover regiões nas quais o efeito ótico produzido pelas estruturas em relevo 28 e 29 deve ser reconhecível desacoplado do efeito ótico gerado  
20 pela camada de filme fino 23. Assim a camada metálica parcial por exemplo cobre sub-regiões da região 36 e/ou da região 38. Mais ainda é também possível que a camada metálica parcial seja provida nas (sub)regiões 34 e 39 e assim provenha superfícies refletivas parciais como características de segurança adicionais do elemento de segurança 13.

## REIVINDICAÇÕES

1. Elemento de segurança (11, 12, 13) na forma de um corpo de filme de múltiplas camadas, em que o corpo de filme tem uma camada de verniz de replicação (22) e uma estrutura de camada de filme fino - camada de interferência (23) a qual está aplicada na camada de verniz de replicação (22) em uma espessura nominal  $t_0$  e a qual inclui pelo menos uma camada espaçadora que satisfaz a condição de  $\lambda/4$  ou  $\lambda/2$  para a faixa de luz visível e produz um primeiro efeito de mudança de cor dependente de ângulo de visão por meio de interferência e em um plano definido por eixos geométricos de coordenadas x e y (257, 258) uma primeira estrutura em relevo está modelada em uma interface entre a camada de verniz de replicação (22) e a estrutura de camada de filme fino - camada de interferência (23) em uma primeira região (31, 33, 35, 37) do elemento de segurança (11, 12, 13), caracterizado pelo fato de que a primeira estrutura em relevo (25, 26, 27) está adaptada de tal modo que a espessura  $t_0$  da estrutura de camada de filme fino - camada de interferência (23) é reduzida na região da primeira estrutura em relevo (25, 26, 27) de modo que o primeiro efeito de mudança de cor da estrutura de camada de filme fino - camada de interferência (23) é suprimida de modo que na primeira região do elemento de segurança (31, 33, 35, 37) na qual a primeira estrutura em relevo (25, 26, 27) está modelado o primeiro efeito de mudança de cor da estrutura de camada de filme fino - camada de interferência (23) não está presente e em uma segunda região (32, 34, 36, 38, 39) do elemento de segurança (11, 12, 13) na qual a primeira estrutura em relevo (25, 26, 27) não está modelada o primeiro efeito de mudança de cor produzido pela estrutura de camada de filme fino - camada de interferência (23) está presente.

2. Elemento de segurança, de acordo com a reivindicação 1, caracterizado pelo fato de que a primeira estrutura em relevo (25, 26, 27) é uma estrutura com uma razão de profundidade para largura média dos elementos estruturais individuais maior do que 0,5.

3. Elemento de segurança, de acordo com qualquer uma das reivindicações precedentes, caracterizado pelo fato de que a razão de pro-

fundidade para largura dos elementos estruturais individuais da primeira estrutura em relevo é selecionado para ser tão grande que não exista nenhum efeito de mudança de cor produzido por meio de interferência na primeira região do elemento de segurança (31, 33, 35, 37), na qual a primeira estrutura em relevo (25, 26, 27) está modelada.

4. Elemento de segurança, de acordo com qualquer uma das reivindicações precedentes, caracterizado pelo fato de que a primeira estrutura em relevo (25, 26, 27) é uma estrutura difrativa com uma razão de profundidade para largura dos elementos estruturais individuais da estrutura em relevo na faixa entre 0,5 e 10.

5. Elemento de segurança, de acordo com a reivindicação 4, caracterizado pelo fato de que a razão de profundidade para largura é maior do que 1.

6. Elemento de segurança, de acordo com qualquer uma das reivindicações precedentes, caracterizado pelo fato de que a razão de profundidade para largura da primeira estrutura em relevo é selecionada para ser tão grande que a espessura efetiva de uma camada espaçadora de produção de mudança de cor da estrutura de camada de filme fino - camada de interferência é tão grandemente reduzida pela primeira estrutura em relevo na região da primeira estrutura em relevo que a camada espaçadora não mais satisfaz a condição de  $\lambda/2$  ou  $\lambda/4$  para a faixa de luz visível.

7. Elemento de segurança, de acordo com qualquer uma das reivindicações precedentes, caracterizado pelo fato de que a razão de profundidade para largura dos elementos estruturais individuais da primeira estrutura em relevo é selecionada para ser tão grande que exista um segundo efeito de mudança de cor na primeira região do elemento de segurança (31, 33, 35, 37), a qual difere do primeiro efeito de mudança de cor produzido na segunda região do elemento de segurança pela estrutura de camada de filme fino - camada de interferência.

8. Elemento de segurança, de acordo com qualquer uma das reivindicações precedentes, caracterizado pelo fato de que a profundidade da primeira estrutura em relevo (25, 25, 27) varia tanto na direção x quanto

também na direção  $y$ , que o espaçamento médio de porções elevadas adjacentes (254, 255, 256) da primeira estrutura em relevo (25, 26, 27) é menor do que a profundidade de perfil média (251) da estrutura em relevo e que as porções elevadas adjacentes (254, 255, 256) da estrutura em relevo estão

5 afastadas uma das outras por menos de 200  $\mu\text{m}$ .

9. Elemento de segurança, de acordo com a reivindicação 8, caracterizado pelo fato de que a primeira estrutura em relevo (25, 26, 27) é uma função periódica das coordenadas  $x$  e  $y$  a qual periodicamente varia a profundidade da primeira estrutura em relevo tanto na direção  $x$  quanto tam-

10 bém na direção  $y$  e que os comprimentos de período (252, 253) da função são menores do que ou iguais à profundidade estrutural (251) da primeira estrutura em relevo (25, 26, 27).

10. Elemento de segurança, de acordo com a reivindicação 8, caracterizado pelo fato de que a primeira estrutura em relevo (25, 26, 27) é

15 uma grade cruzada composta de duas grades de base dispostas em uma relação mutuamente em ângulo reto, em que os comprimentos de período das grades de base são menores do que ou iguais à profundidade estrutural da primeira estrutura em relevo (25, 26, 27).

11. Elemento de segurança, de acordo com qualquer uma das

20 reivindicações precedentes, caracterizado pelo fato de que o espaçamento médio de porções elevadas adjacentes ou pelo menos um dos comprimentos de período é mais curto do que 400 nm.

12. Elemento de segurança, de acordo com qualquer uma das

25 reivindicações precedentes, caracterizado pelo fato de que o espaçamento médio de porções elevadas adjacentes (254, 255, 256) da primeira estrutura em relevo (25, 26, 27) é menor do que o comprimento de onda limite de luz visível, de preferência menor do que metade do comprimento de onda limite de luz visível.

13. Elemento de segurança, de acordo com a reivindicação 1,

30 caracterizado pelo fato de que a segunda região (32, 34, 36, 38) é uma região de padrão (51), e a primeira região (31, 33, 35, 37) é uma região de fundo (52).

14. Elemento de segurança, de acordo com a reivindicação 13, caracterizado pelo fato de que a segunda região (32, 34, 36, 38) é uma região de padrão (51) na forma de um logotipo ou um texto.

5 15. Elemento de segurança, de acordo com qualquer uma das reivindicações precedentes, caracterizado pelo fato de que uma segunda estrutura em relevo (28, 29) está modelada na interface na segunda região (36, 38), em que um efeito ótico gerado pela segunda estrutura em relevo (28, 29) é sobreposto com o primeiro efeito de mudança de cor gerado pela estrutura de camada de filme fino - camada de interferência.

10 16. Elemento de segurança, de acordo com qualquer uma das reivindicações precedentes, caracterizado pelo fato de que a segunda estrutura em relevo (28, 29) é uma estrutura em relevo com uma razão de profundidade para largura em relação aos elementos estruturais individuais da estrutura em relevo menor do que 0,2.

15 17. Elemento de segurança, de acordo com a reivindicação 16, caracterizado pelo fato de que a primeira e a segunda regiões estão diretamente contíguas uma à outra.

18. Elemento de segurança, de acordo com a reivindicação 16, caracterizado pelo fato de que o período de grade da segunda estrutura em relevo (28,29) é maior do que a profundidade estrutural da segunda estrutura em relevo.

19. Elemento de segurança, de acordo com a reivindicação 16, caracterizado pelo fato de que a segunda estrutura em relevo (28, 29) é uma estrutura a qual tem um efeito de difração ótico, especificamente uma estrutura em relevo que gera um holograma.

20. Elemento de segurança, de acordo com a reivindicação 16, caracterizado pelo fato de que a segunda estrutura em relevo é uma macro-estrutura.

21. Elemento de segurança, de acordo com a reivindicação 16, caracterizado pelo fato de que a segunda estrutura em relevo é uma estrutura fosca.

22. Elemento de segurança, de acordo com qualquer uma das

reivindicações precedentes, caracterizado pelo fato de que a estrutura de camada de filme fino - camada de interferência (23) é uma estrutura de camada de filme fino - camada de interferência transmissiva.

5 23. Elemento de segurança, de acordo com qualquer uma das reivindicações 1 a 21, caracterizado pelo fato de que a estrutura de camada de filme fino - camada de interferência (23) é uma estrutura de camada de filme fino - camada de interferência refletiva.

10 24. Elemento de segurança, de acordo com qualquer uma das reivindicações precedentes, caracterizado pelo fato de que a estrutura de camada de filme fino - camada de interferência é um sistema de camada de filme fino que compreende uma pluralidade de camadas dielétricas.

15 25. Elemento de segurança, de acordo com qualquer uma das reivindicações 1 a 23, caracterizado pelo fato de que a estrutura de camada de filme fino - camada de interferência é um sistema de camada de filme fino que compreende uma pluralidade de camadas dielétricas e metálicas.

26. Elemento de segurança, de acordo com qualquer uma das reivindicações 1 a 23, caracterizado pelo fato de que a estrutura de camada de filme fino - camada de interferência compreende uma camada perolizada.

20 27. Elemento de segurança, de acordo com qualquer uma das reivindicações 24 a 26, caracterizado pelo fato de que a estrutura de camada de filme fino - camada de interferência tem uma camada de reflexão.

25 28. Elemento de segurança, de acordo com qualquer uma das reivindicações precedentes, caracterizado pelo fato de que uma camada de reflexão está parcialmente disposta entre a camada de verniz de replicação e a estrutura de camada de filme fino - camada de interferência.

29. Elemento de segurança, de acordo com qualquer uma das reivindicações precedentes, caracterizado pelo fato de que o corpo de filme de múltiplas camadas (11) é um filme de transferência, especificamente um filme de estampagem a quente.

30 30. Processo para a produção de um elemento de segurança (11, 12, 13) na forma de um corpo de filme de múltiplas camadas, em que uma primeira estrutura em relevo (25, 26, 27) está modelada em uma cama-

da de verniz de replicação (22) do corpo de filme de múltiplas camadas em uma primeira região do elemento de segurança (11, 12, 13) e, além disso, uma estrutura de camada de filme fino - camada de interferência (23) é aplicada na camada de verniz de replicação em uma espessura nominal  $t_0$ , cuja

5 estrutura de camada de filme fino - camada de interferência (23) inclui pelo menos uma camada espaçadora que satisfaz a condição de  $\lambda/4$  ou  $\lambda/2$  para a faixa de luz visível e produz um primeiro efeito de mudança de cor dependente de ângulo de visão por meio de interferência caracterizado pelo fato de que a primeira estrutura em relevo (25, 26, 27) está modelada na primeira

10 região (31, 33, 35, 37) do elemento de segurança de modo que a espessura  $t_0$  da estrutura de camada de filme fino - camada de interferência (23) é reduzida na região da primeira estrutura em relevo (25, 26, 27) de tal modo que o primeiro efeito de mudança de cor da estrutura de camada de filme fino - camada de interferência (23) é suprimido de modo que nenhum efeito

15 de mudança de cor seja produzido na primeira região (31, 33, 35, 37) do elemento de segurança no qual a primeira estrutura em relevo (25, 26, 27) está modelada e o primeiro efeito de mudança de cor da estrutura de camada de filme fino - camada de interferência (23) é produzido em uma segunda região (32, 34, 36, 38, 39) do elemento de segurança na qual a primeira estrutura em relevo (25, 26, 27) não está provida.

20

31. Processo de acordo com a reivindicação 30, caracterizado pelo fato de que a primeira estrutura em relevo é modelada na camada de verniz de replicação por meio de replicação de UV.

32. Processo de acordo com a reivindicação 30, caracterizado

25 pelo fato de que a estrutura de camada de filme fino - camada de interferência é aplicada na camada de verniz de replicação por crepitação ou deposição de vapor.

33. Processo de acordo com a reivindicação 30, caracterizado pelo fato de que uma camada espaçadora da estrutura de camada de filme

30 fino - camada de interferência é aplicada por crepitação ou deposição de vapor na primeira e na segunda regiões em igual densidade em relação à área de superfície.

34. Processo de acordo com a reivindicação 30, caracterizado pelo fato de que a primeira estrutura em relevo (25, 26, 27) está modelada na primeira região (31, 33, 35, 37) do elemento de segurança de tal modo que a espessura  $t_0$  da estrutura de camada de filme fino - camada de interferência (23) é reduzida na região da primeira estrutura em relevo (25, 26, 27) de tal modo que o primeiro efeito de mudança de cor produzida pela estrutura de camada de filme fino - camada de interferência (23) é variado de modo que um segundo efeito de mudança de cor é produzido na primeira região (31, 33, 35, 37) do elemento de segurança na qual a primeira estrutura em relevo (25, 26, 27) está modelada pela estrutura de camada de filme fino - camada de interferência de espessura reduzida.

35. Processo de acordo com a reivindicação 34, caracterizado pelo fato de que a razão de profundidade para largura dos elementos estruturais individuais da primeira estrutura em relevo é selecionada de modo que o segundo efeito de mudança de cor o qual está presente na primeira região do elemento de segurança (31, 33, 35, 37) difere do primeiro efeito de mudança de cor o qual está presente na segunda região do elemento de segurança.

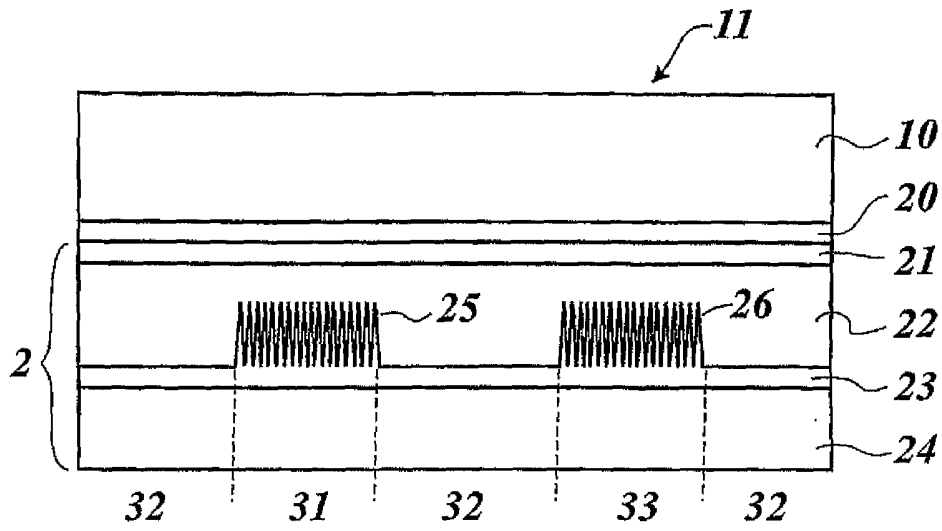
36. Processo de acordo com a reivindicação 35, caracterizado pelo fato de que a razão de profundidade para largura é maior do que 0,5.

37. Processo de acordo com a reivindicação 34, caracterizado pelo fato de que uma segunda estrutura em relevo a qual difere da primeira estrutura em relevo está modelada em uma terceira região (31, 33, 35, 37) do elemento de segurança, a qual altera o primeiro efeito de mudança de cor produzido pela estrutura de camada de filme fino - camada de interferência (23), de modo que na terceira região (31, 33, 35, 37) do elemento de segurança na qual a segunda estrutura em relevo (25, 25, 27) está provida, um terceiro efeito de mudança de cor é produzido pela estrutura de camada de filme fino - camada de interferência, o qual difere do primeiro e do segundo efeitos de mudança de cor.

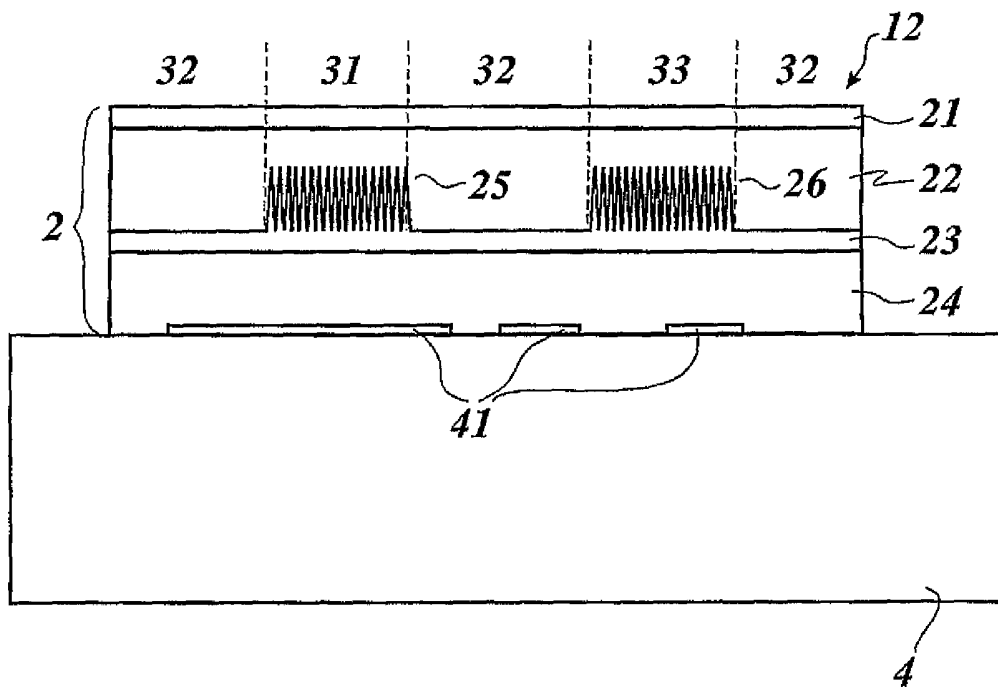
38. Processo de acordo com a reivindicação 34, caracterizado pelo fato de que as razões de profundidade para largura dos elementos es-

truturais individuais da primeira e da segunda estruturas em relevo são diferentes e são respectivamente selecionadas de modo que o primeiro, o segundo e o terceiro efeitos de mudança de cor passam diferir.

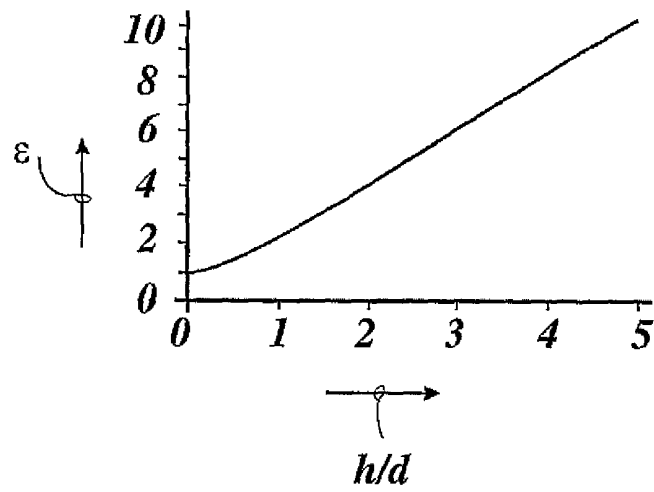
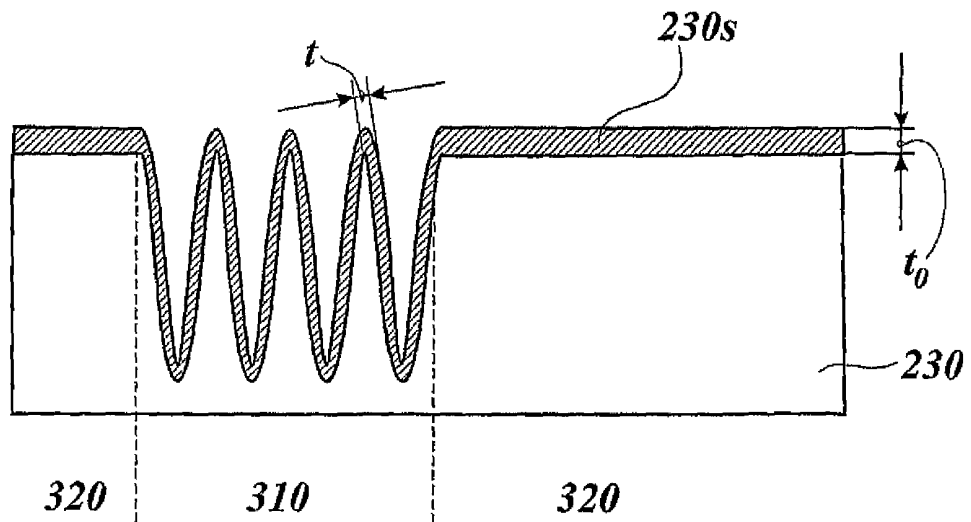
- 5 39. Processo de acordo com a reivindicação 38, caracterizado pelo fato de que a razão de profundidade para largura da primeira e da segunda estruturas em relevo difere pelo fator de 0,2 e são respectivamente selecionadas para serem maiores do que 0,5.



**Fig. 1**



**Fig. 2**

**Fig. 3****Fig. 4**

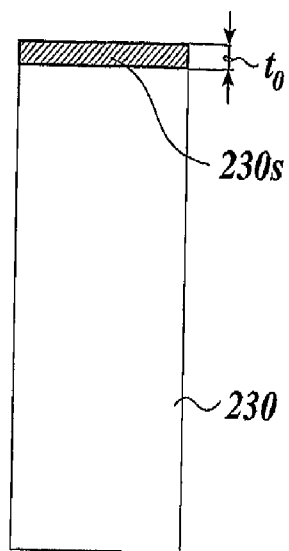


Fig. 5a

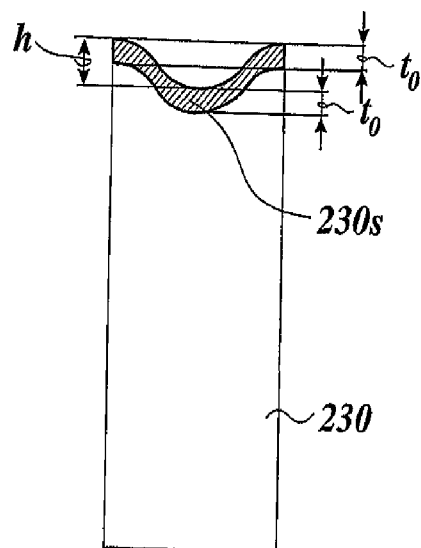


Fig. 5b

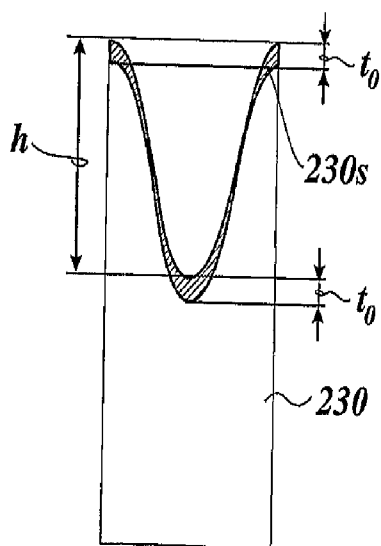


Fig. 5c

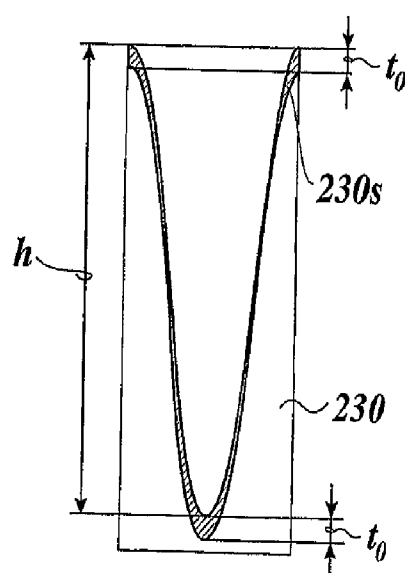
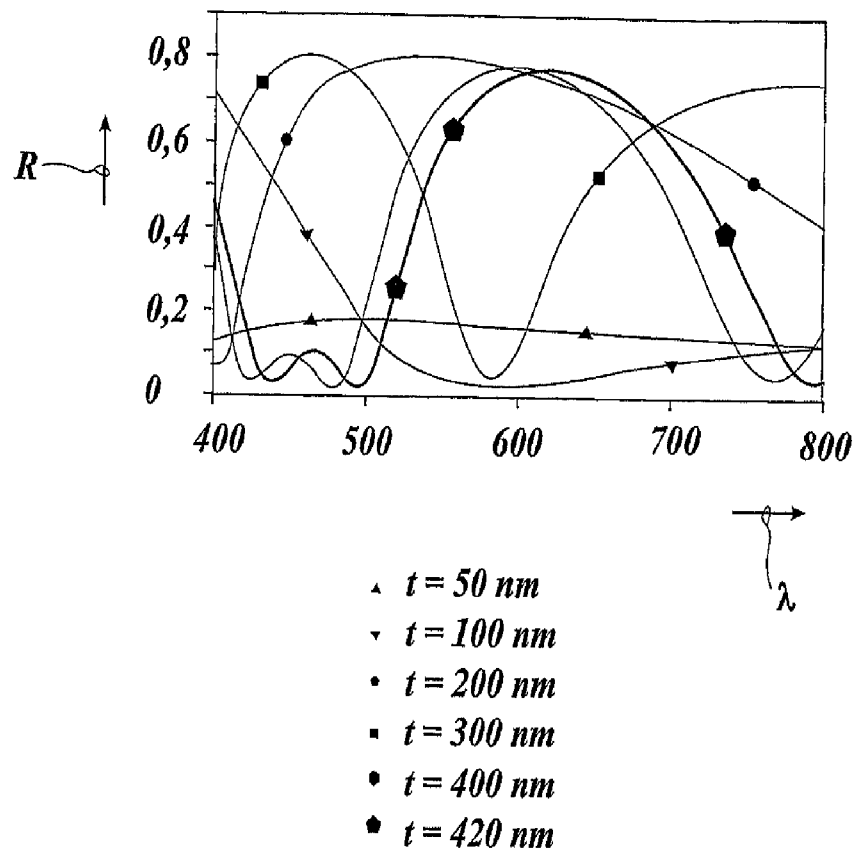
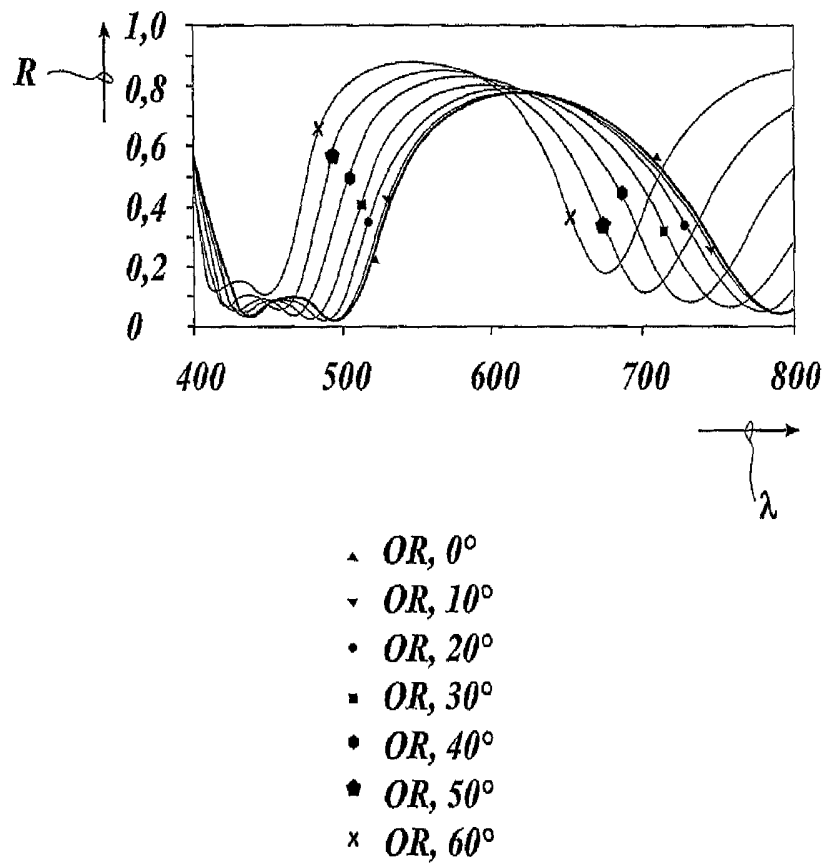
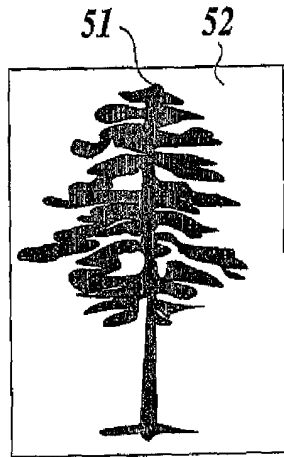


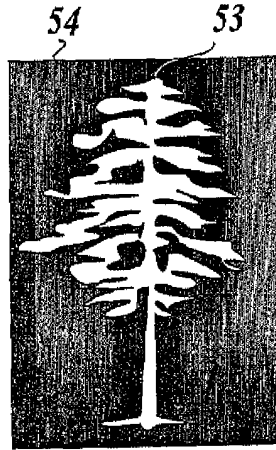
Fig. 5d

**Fig. 6**

**Fig. 7**



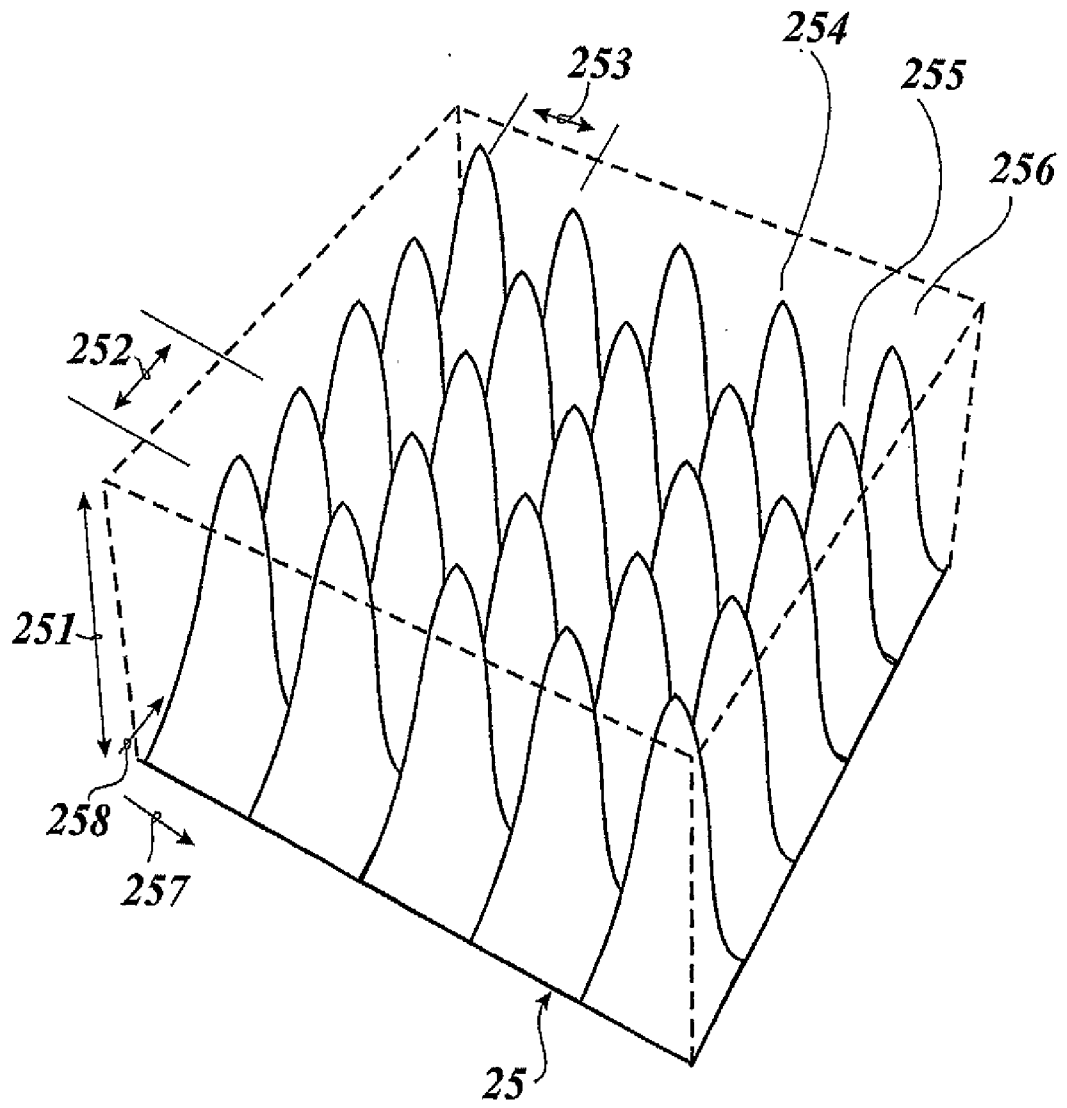
*Fig. 8a*



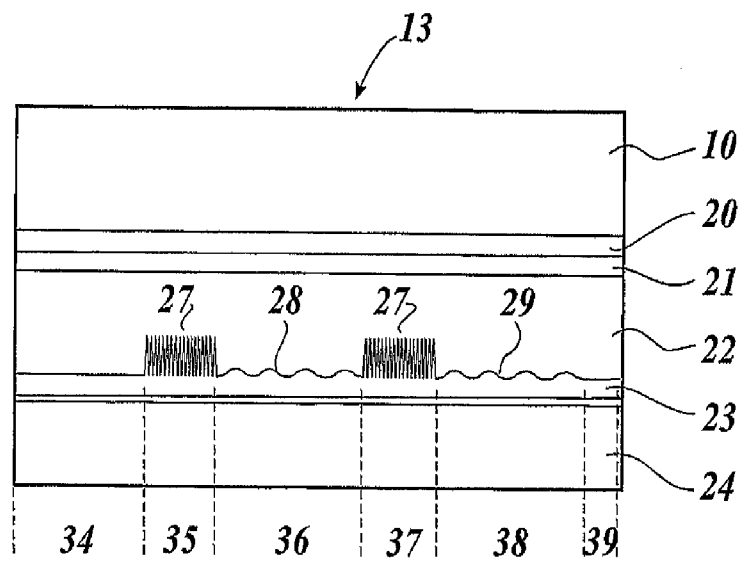
*Fig. 8b*



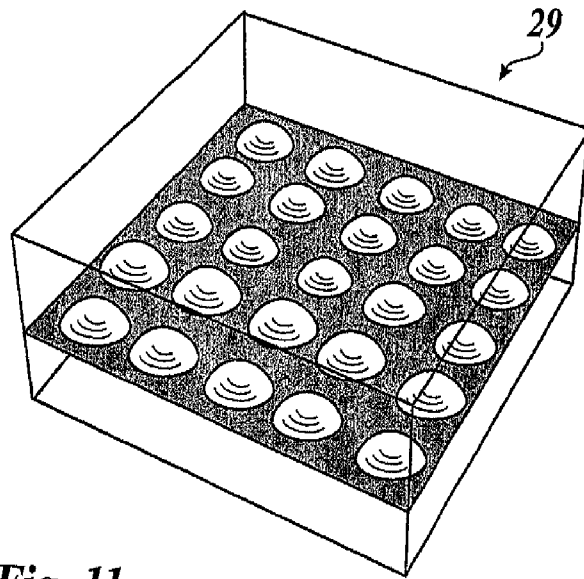
*Fig. 8c*



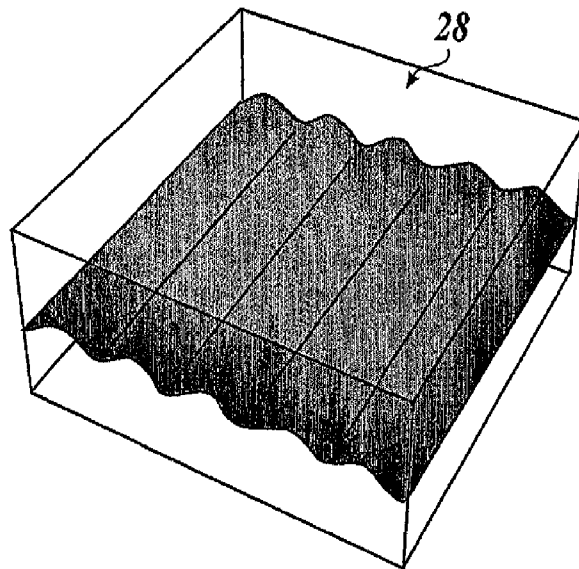
**Fig. 9**



*Fig. 10*



*Fig. 11a*



*Fig. 11b*