



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

**(11) BR 112015010181-0 B1**



**(22) Data do Depósito: 06/11/2013**

**(45) Data de Concessão: 07/12/2021**

**(54) Título:** CORPO DE MÚLTIPLAS CAMADAS E MÉTODO PARA PRODUZIR UM ELEMENTO DE SEGURANÇA

**(51) Int.Cl.:** B42D 15/00.

**(30) Prioridade Unionista:** 06/11/2012 DE 10 2012 110 630.4.

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

**(72) Inventor(es):** HARALD WALTER; WAYNE ROBERT TOMPKIN ( FALECIDO).

**(86) Pedido PCT:** PCT EP2013073193 de 06/11/2013

**(87) Publicação PCT:** WO 2014/072358 de 15/05/2014

**(85) Data do Início da Fase Nacional:** 05/05/2015

**(57) Resumo:** CORPO DE MÚLTIPLAS CAMADAS E MÉTODO PARA PRODUZIR UM ELEMENTO DE SEGURANÇA. Revelam-se corpo de múltiplas camadas (1, 2, 3) e método para produzir elemento de segurança. O corpo tem uma camada de metal (21). Relevo de superfície opticamente ativo é formado em algumas regiões de uma primeira superfície da camada de metal, que está voltada para o lado de cima do corpo de múltiplas camadas ou forma o lado de cima deste, e/ou uma segunda superfície da camada de metal voltada para o lado de baixo do corpo de múltiplas camadas ou que forma o fundo deste. O relevo é formado por uma primeira estrutura de relevo (61) em uma primeira região (31 a 39) do corpo. A primeira estrutura tem sequência de elevações (612) e depressões (614) em uma direção (617) determinada por ângulo de azimute correspondente, as elevações seguindo umas às outras com um período P inferior a um comprimento de onda de luz visível. Os mínimos das depressões ficam em uma superfície base, e a primeira estrutura de relevo tem profundidade t determinada pela distância entre máximos das elevações da primeira estrutura de relevo e da superfície base em uma direção perpendicular a esta. O perfil e/ou profundidade de relevo t da primeira estrutura (...).

Relatório Descritivo da Patente de Invenção para "**CORPO DE MÚLTIPLAS CAMADAS E MÉTODO PARA PRODUZIR UM ELEMENTO DE SEGURANÇA**".

[001] A presente invenção refere-se a um corpo de múltiplas camadas, em particular um elemento de segurança para documentos de segurança, bem como a um método para produzir um elemento de segurança.

[002] É conhecida a aplicação de elementos da segurança às notas de banco que têm um holograma ou uma reticulação de difração gerada por computador. Tais elementos de segurança geram normalmente um efeito opticamente variável pela difração focada da luz incidente na primeira ordem ou em ordens mais elevadas de difração e normalmente exibem desse modo somente a impressão de uma superfície espelhada na reflexão direta.

[003] Além disso, é conhecida a geração de efeitos de cores na reflexão direta pelos filtros de interferência que podem ser adicionados a uma tinta de impressão, por exemplo, na forma de pigmentos da camada de interferência. Estes filtros de interferência são baseados em sistemas de múltiplas camadas feitos de camadas (dielétricas) condutoras e/ou não condutoras, por exemplo, metal/não condutora/metal ou não condutora/não condutora/não condutora, em que as camadas não condutoras têm índices de refração diferentes.

[004] Além disso, no documento de patente WO 03/059643 A1 é descrita a estrutura de um elemento de segurança específico da segurança que tem um guia de ondas óptico integrado feito de um dielétrico transparente. O guia de ondas é embutido entre as camadas de plástico em que uma reticulação de difração da ordem zero é moldada. Os efeitos de cor também podem ser gerados na reflexão direta neste caso pelo acoplamento da luz incidente dentro e fora do guia de ondas.

[005] O objetivo da invenção consiste em especificar um corpo de

múltiplas camadas e um método para produzir um elemento de segurança que seja caracterizado por um nível elevado de proteção contra falsificação.

[006] Este objetivo é atingido por um corpo de múltiplas camadas com uma camada de metal em que um relevo de superfície opticamente ativo é moldado pelo menos nas áreas em uma primeira superfície da camada de metal que fica voltada para o lado de cima do corpo de múltiplas camadas ou que forma o lado de cima do corpo de múltiplas camadas e/ou em uma segunda superfície da camada de metal que fica voltada para o lado de baixo do corpo de múltiplas camadas ou que forma o lado de baixo do corpo de múltiplas camadas, em que em pelo menos uma primeira área do corpo de múltiplas camadas o relevo da superfície é formado por uma primeira estrutura de relevo que, em pelo menos uma direção determinada por um ângulo de azimute alocado, tem uma sequência de elevações e depressões, em que as elevações seguem umas às outras com um período  $P$  que é menor do que um comprimento de onda da luz visível, e em que os mínimos das depressões definem uma superfície base e a primeira estrutura de relevo tem uma profundidade de relevo  $t$  que é determinada pelo espaçamento dos máximos da elevação da primeira estrutura de relevo da superfície base em uma direção perpendicular à superfície base. Este objetivo também é atingido por um método para produzir um elemento de segurança em que é fabricado um corpo de múltiplas camadas que compreende uma camada de metal com um relevo de superfície opticamente ativo moldado em uma primeira superfície ou em uma segunda superfície oposta à primeira superfície, em que em pelo menos uma primeira área do corpo de múltiplas camadas o relevo de superfície é formado por uma primeira estrutura de relevo que, em pelo menos uma direção determinada por um ângulo de azimute alocado, tem uma sequência de elevações e depressões, em que as elevações seguem

umas às outras com um período  $P$  que é menor do que um comprimento de onda da luz visível, e em que os mínimos das depressões definem uma superfície base e a primeira estrutura de relevo tem uma profundidade de relevo  $t$  que é determinada pelo espaçamento dos máximos das elevações da estrutura de relevo da superfície base em uma direção perpendicular à superfície base. O formato do perfil e/ou a profundidade do relevo  $t$  da primeira estrutura de relevo neste caso são escolhidos particularmente de maneira tal que a aparência colorida da luz incidente na primeira área em pelo menos um primeiro ângulo de incidência e refletida diretamente pela camada de metal ou transmitida diretamente através da camada de metal é modificada, é particularmente modificada pela ressonância plasmônica da camada de metal com a luz incidente.

[007] As oscilações quantizadas da densidade do portador de carga nos semicondutores, nos metais e nos isolantes são chamadas de plasmons; o quantum é tratado mecanicamente como quasipartículas. O termo plasmon é uma abreviatura comum para o quantum de oscilação de plasma. O que o fóton é para as ondas eletromagnéticas, o plasmon é para as oscilações no gás de Fermi dos metais. Uma distinção é feita entre os plasmons de partículas, os plasmons de superfícies e os plasmons a granel. Os dois primeiros pertencem aos polaritons de plasmon, uma vez que neste caso as oscilações da densidade dos elétrons acopla com campos eletromagnéticos fora do metal. Falando de modo estrito, os plasmons de superfícies e de partículas devem desse modo receber o polariton adjunto. A ressonância plasmônica nos elementos de segurança descritos neste documento fica sob a categoria de polaritons de plasmon. Classicamente, os plasmons podem ser visualizados como elétrons que oscilam em relação aos íons positivos. Para um melhor esclarecimento, imagina-se um bloco cúbico de metal em um campo orientado para a direita. Os elétrons livres mo-

vem-se agora para a esquerda, até que o campo no interior seja desbalanceado. Os íons positivos ficam descobertos na borda do lado direito. Se o campo externo for agora desligado, os elétrons migram de volta para a direita porque eles se repelem entre si e são atraídos para os íons positivos. Desse modo, os elétrons oscilam agora para a frente e para trás na frequência do plasma até que a energia seja usada pelo atrito ou outros tipos de amortecimento. Os plasmons são a quantização dessa oscilação natural.

[008] A invenção oferece a vantagem de obter elementos de segurança com uma aparência óptica que se coloca claramente à parte dos efeitos de holograma previamente conhecidos com um brilho prateado e/ou em cores do arco-íris, e de obter novos efeitos de cor que aumentam ainda mais o nível da proteção contra a falsificação de documentos de segurança. Além disso, estes efeitos também não podem ser imitados por meio das técnicas holográficas usuais, e também não podem ser copiados por meio de matriz de pontos e dispositivos Kinemax, com o resultado que um aumento significativo no nível de proteção contra a falsificação também é causado por este meio. Além disso, este corpo de múltiplas camadas pode ser produzido de modo mais econômico do que os filtros de interferência conhecidos (por exemplo, filtros de Fabry-Pérot), que são construídos normalmente de três ou mais camadas, às vezes com tolerâncias de espessura muito baixas.

[009] A aparência óptica do corpo de múltiplas camadas é caracterizada em particular por uma impressão de cor definida (isto é, principalmente monocromática) (por exemplo, vermelha) que deve ser vista na reflexão direta e ou na transmissão (desse modo, sob condições "normais" de observação). A impressão da cor é estável em uma faixa relativamente ampla dos ângulos de inclinação (tipicamente pelo menos 10° a 20°). Esta impressão de cor muda, no caso de uma inclina-

ção aguda (por exemplo, em  $30^\circ$ ), para uma segunda impressão de cor definida e estável (por exemplo, verde), similar ao caso dos chamados filtros de película fina de Fabry-Pérot. Através desta estabilidade contra uma ligeira inclinação, difere claramente dos chamados efeitos de cor do arco-íris das reticulações de difração de primeira ordem ou de ordem mais elevada, que passam frequentemente através de toda a paleta da cor do arco-íris quando inclinadas somente em  $10^\circ$ . Além disso, os efeitos da cor do arco-íris de reticulações de difração aparecem, não na reflexão direta, mas a outros ângulos, que podem ser calculados ao usar a equação de difração.

[0010] De acordo com um exemplo preferido da modalidade da invenção, a primeira estrutura de relevo tem um formato de perfil que é assimétrica com relação a uma reflexão especular na superfície base. De modo surpreendente foi verificado, depois de longas investigações, que tais formatos de perfil geram uma impressão muito mais visível e mais clara da cor para o observador humano do que formatos de perfil simétricos, por exemplo, formatos de perfil sinusoidal ou retangular simétricas. Os formatos de perfil que são simétricas neste sentido são caracterizados por uma simetria de espelho com respeito às superfícies base. Estes formatos de perfil permanecem as mesmas durante esta reflexão especular, a estrutura de relevo é deslocada somente pela metade de um período  $P$ . Os efeitos ópticos no caso da observação dos dois lados (ao mesmo ângulo e sob as mesmas condições de iluminação) são os mesmos no caso desses formatos de perfil espelhadamente simétricas, se a primeira estrutura de relevo for moldada em ambas as superfícies da camada de metal e a camada de metal estiver embutida em ambos os lados em um material com o mesmo índice de refração. Os formatos de perfil assimétricas neste sentido não têm esta simetria de espelho no plano medido pela superfície base. Estes formatos de perfil são diferentes quando observadas dos

dois lados. Por exemplo, uma primeira estrutura de relevo com tal formato de perfil assimétrico pode consistir em um arranjo de picos estreitos com vales largos quando observada de um lado e pode consistir em montes largos com vales profundos e estreitos quando observada do outro lado. Desse modo, as investigações também mostraram de modo surpreendente que, no caso de tal formação dos formatos de perfil, com respeito à ressonância plasmônica, as depressões agem como furos de subcomprimento de onda em uma camada de metal e promovem a geração dos plasmons.

[0011] O campo elétrico excitante é localizado mais intensamente pelo formato de perfil assimétrico (por exemplo, nos picos estreitos da estrutura de relevo), o que pode conduzir a uma ressonância mais pronunciada, por exemplo, absorção. A excitação dos plasmons também difere nos dois lados no caso de formatos de perfil assimétricos.

[0012] Além disso, o formato de perfil da primeira estrutura de relevo é escolhida de preferência de maneira tal que a largura das elevações e das depressões da primeira estrutura de relevo (com período  $P$  e profundidade de relevo  $t$ ), em relação a uma distância de  $t/2$  da superfície base (isto é, "a largura completa em metade do máximo" ou FWHM), é de pelo menos  $0,6 \times P$ , de preferência pelo menos  $0,7 \times P$ , ou no máximo  $0,4 \times P$ , em particular no máximo  $0,3 \times P$  ("x" refere-se à operação matemática "vezes"). Desse modo, a largura das elevações ou a largura das depressões é determinada a uma distância da metade da profundidade de relevo  $t$  da superfície base paralela à superfície base, isto é, a distância entre as bordas vizinhas da primeira estrutura de relevo é determinada em relação a uma distância de  $t/2$ , e esta é escolhida de maneira tal que as condições acima mencionadas são satisfeitas. Foi mostrado que, se estas condições para os formatos de perfil da primeira estrutura de relevo forem satisfeitas, particularmente intensas e estéticas, isto é, bem definidas, as impressões de cor po-

dem ser obtidas para o observador humano.

[0013] De acordo com um exemplo preferido da modalidade da invenção, a inclinação de borda da primeira estrutura de relevo, em relação a uma distância de  $t/2$  da superfície base, fica entre  $60^\circ$  e  $90^\circ$ , e ainda de preferência entre  $70^\circ$  e  $85^\circ$ .

[0014] A inclinação de borda da primeira estrutura de relevo, significa neste caso o ângulo incluso com a superfície base pelas bordas da estrutura de relevo com relação a uma distância de  $t/2$ , isto é, o ângulo incluso com a superfície base pelas tangentes que são contíguas com as bordas a uma distância de  $t/2$  da superfície base. A distância da superfície base neste caso é determinada em uma direção perpendicular à superfície base.

[0015] As investigações mostraram que a intensidade da impressão em cor gerada pela primeira estrutura de relevo, em particular na reflexão direta ou na transmissão direta, também pode ser melhorada pela conformidade com essas condições.

[0016] A inclinação de borda da primeira estrutura de relevo em relação a cada distância entre  $1/4 \times t$  e  $3/4 \times t$  da superfície base é escolhida de preferência de maneira tal que fica entre  $40^\circ$  e  $90^\circ$ , ainda com mais preferência entre  $50^\circ$  e  $85^\circ$ . A força da impressão em cor que é gerada pela primeira estrutura de relevo também pode ser melhorada por este meio.

[0017] Além disso, é vantajoso escolher a inclinação de borda da primeira estrutura de relevo, em relação a cada distância entre 0 e  $1/4 \times t$  e/ou entre  $3/4 \times t$  e  $t$  da superfície base, para ficar entre  $0^\circ$  e  $50^\circ$ , de preferência entre  $0^\circ$  e  $40^\circ$ . A intensidade da impressão em cor que é gerada pela primeira estrutura de relevo também pode ser melhorada por este meio.

[0018] De acordo com um exemplo preferido da modalidade da invenção, a espessura de camada  $d$  da camada de metal na área das



bordas da primeira estrutura de relevo, em relação a uma distância de  $t/2$  da superfície base, é escolhida de maneira tal que é reduzida em pelo menos 30%, com mais preferência em pelo menos 50%, e com mais preferência ainda entre 50% e 100%, em comparação com a espessura da camada de metal na área dos máximos das elevações e/ou dos mínimos das depressões. Foi mostrado que a impressão da cor gerada na primeira área também pode ser intensificada por estas medidas, e a aparência óptica do corpo de múltiplas camadas é desse modo melhorada.

[0019] De acordo com um exemplo preferido da modalidade da invenção, a profundidade de relevo  $t$  da primeira estrutura de relevo fica entre 80 nm e 500 nm, em particular entre 100 nm e 400 nm e de preferência entre 120 nm e 300 nm. Foi mostrado que, em particular, se a profundidade de relevo  $t$  fosse escolhida para ficar na faixa entre 150 nm e 300 nm, a intensidade da impressão em cor gerada na primeira área pode ser melhorada.

[0020] O período  $P$  da primeira estrutura de relevo é escolhido de preferência para ser menor do que um comprimento de onda da luz visível (= faixa espectral entre 400 nm e 700 nm), escolhido de preferência para ficar entre 200 nm e 500 nm, em particular entre 220 nm e 400 nm, e com preferência entre 220 nm e 350 nm. Foi mostrado que a cor que aparece ao observador humano na primeira área em reflexão/transmissão direta é modificada pelo ajuste do período  $P$  da primeira estrutura de relevo, e desse modo o matiz da impressão em cor ou o efeito da cor que aparecem na reflexão direta ou transmissão a ângulos de incidência e emergência diferentes podem ser modificados pela modificação do período  $P$  da estrutura de relevo nas áreas especificadas acima.

[0021] A primeira estrutura de relevo pode ser formada como uma reticulação linear que tem uma sequência de elevações e depressões

em uma direção. As reticulações de linhas podem ser construídas a partir de linhas retilíneas ou também curvadas, em particular em formato de serpente (para as chamadas "reticulações de serpente"). No entanto, também possível que a primeira estrutura de relevo seja formada como uma reticulação cruzada ou reticulação hexagonal transversal ou reticulação circular que tenha uma sequência de elevações e depressões em duas direções. No caso de uma reticulação transversal, o período P da sequência de elevações e depressões com respeito às duas direções é escolhido de preferência para ficar na faixa especificada acima. Neste caso, o período pode ser o mesmo em ambas as direções no caso de uma reticulação cruzada. No entanto, o período também pode ser diferente. Isto se aplica analogamente às reticulações hexagonais e às reticulações circulares. As investigações mostraram ainda que a formação da primeira estrutura de relevo como uma reticulação cruzada ou como uma reticulação hexagonal deve ser preferida, uma vez que impressões de cor mais intensas aparecem no caso dessas reticulações.

[0022] Na primeira área, a camada de metal deve ser de preferência formada em uma espessura de camada  $d$  entre 10 nm e 100 nm, de preferência entre 15 nm e 80 nm e com mais preferência entre 20 nm e 50 nm, se o corpo de múltiplas camadas for projetado para a observação na luz refletida.

[0023] Os efeitos descritos já podem ser obtidos com apenas uma camada de metal, uma vez que o efeito do núcleo não é baseado na interferência de película fina.

[0024] Em pelo menos uma primeira área, o corpo de múltiplas camadas tem de preferência somente uma camada de metal, ou seja, a camada de metal na primeira e/ou segunda superfície a partir da qual a primeira estrutura de relevo é moldada.

[0025] Na primeira área, além da camada de metal e da camada

ou camadas que limitam a superfície ou superfícies com a primeira estrutura de relevo moldada da camada de metal, o corpo de múltiplas camadas não tem de preferência nenhuma camada adicional em que a primeira estrutura de relevo é moldada. O efeito gerado pela camada de metal com a primeira estrutura de relevo pode por este meio ser impedido de ser sobreposto com efeitos de interferência e de ser prejudicado em termos de seu fulgor.

[0026] Além disso, também é possível, pela combinação com as camadas finas adicionais, obter ainda outros efeitos baseados em um outro princípio funcional, em particular efeitos de interferência. Opcionalmente, portanto, uma outra camada de HRI, ou também uma sequência de camada de HRI e camada de LRI, por exemplo, uma camada de LRI e então uma camada de HRI, pode ser aplicada à camada de metal (HRI = elevado índice de refração; LRI = baixo índice de refração). A camada de HRI é de preferência formada de ZnS ou TiO<sub>2</sub>. A espessura de camada da camada de HRI fica de preferência na faixa de 20 nm a 500 nm e com mais preferência na faixa de 50 nm a 200 nm. A camada de LRI pode ser, por exemplo, de polímero ou SiO<sub>2</sub> ou MgF<sub>2</sub>. A espessura da camada de LRI fica de preferência entre 20 nm e 1.000 nm e com mais preferência na faixa de 50 nm a 500 nm.

[0027] A ressonância plasmônica depende, entre outras coisas, do índice de refração do material que circunda a camada de metal. Portanto, por exemplo, uma camada de HRI com um índice de refração elevado modifica a ressonância e desse modo a impressão em cor.

[0028] Além disso, foi mostrado que um corpo de múltiplas camadas de acordo com a invenção, no caso de um desenho correspondente da espessura de camada da camada de metal, gera efeitos de cor não somente na luz refletida, mas também na luz transmitida. Foi neste caso mostrado que a profundidade óptica (OD) da camada de metal para isto deve ser de preferência escolhida para ficar entre 0,5 e 2,5,

em particular entre 0,7 e 2,3, com mais preferência entre 1,0 e 2,0. A unidade de profundidade óptica (OD) é neste caso baseada na transmitância da camada de metal em relação a uma superfície não estruturada e desse modo lisa, e tem a seguinte relação com a transmitância T:

$$T = 10^{-(OD)}$$

[0029] Desse modo, há uma relação algorítmica entre a transmitância T e a profundidade óptica OD. Uma profundidade óptica igual a 1,0 corresponde a uma transmitância de 10% e uma profundidade óptica igual a 2,0 corresponde a uma transmitância de 1%. Uma profundidade óptica igual a 0,5 - 2,5 corresponde desse modo a uma camada de alumínio com uma espessura de 6 nm a 34 nm, uma profundidade óptica igual a 0,7 - 2,3 corresponde a uma espessura da camada de uma camada de alumínio de 8 nm a 31 nm e uma profundidade óptica igual a 1,0 - 2,0 corresponde a uma espessura da camada de uma camada de alumínio de 13 nm a 27 nm.

[0030] De modo surpreendente foi neste caso mostrado que na área em que a primeira estrutura de relevo é moldada na camada de metal, o espectro da transmissão, e desse modo a cor vista na transmissão, muda, e neste caso a transmitância para comprimentos de onda particulares da luz é mais elevada do que seria o caso com uma superfície espelhada. A razão para a transmitância aumentada na área da primeira estrutura de relevo encontra-se provavelmente na excitação dos plasmons pela luz incidente. Os plasmons na "superfície limite" superior da camada de metal excitam os plasmons na "superfície limite" inferior e, através deste acoplamento, aumentam a intensidade da luz transmitida para esta faixa de comprimento de onda. Na vizinhança imediata da camada de metal neste caso, os campos elétricos se formam com uma intensidade de campo superelevada, o que torna possível que os plasmons "canalizem" a luz através da camada de me-

tal.

[0031] É desse modo possível, por meio de um corpo em camadas de acordo com a invenção, prover uma característica de segurança metalizada que indique um primeiro efeito opticamente variável na observação da luz refletida no lado de cima, exibir um segundo efeito óptico, diferente deste, quando observado do lado de baixo – com um desenho correspondente do formato de relevo, tal como indicado acima – e exibe do mesmo modo um efeito óptico na observação da luz transmitida (dependendo da densidade óptica ajustada OD do metal) com um desenho correspondente – tal como descrito acima. Além disso, no caso da observação da luz transmitida, também resulta a grande vantagem que – ao contrário de quando as estruturas de difração transmissivas de primeira ordem ou ordem mais elevada são usadas – um efeito óptico correspondente também se torna visível no caso da transmissão direta, isto é, também no caso da observação a um ângulo perpendicular, e desse modo é obtida uma característica de segurança que só pode ser imitada com grande dificuldade ao usar a tecnologia existente.

[0032] O corpo de múltiplas camadas é de preferência desenhado de maneira tal que uma ou mais camadas do corpo de múltiplas camadas possivelmente provido acima da camada de metal e/ou uma ou mais camadas do corpo de múltiplas camadas possivelmente providas de baixo da camada de metal são formadas transparentes ou semi-transparentes, têm em particular uma transmitância de mais de 15%, em particular de mais de 50%, com mais preferência mais de 90%, pelo menos em uma área parcial da primeira área. É por este meio assegurado que o efeito óptico gerado pela camada de metal e pela primeira estrutura de relevo seja visível na observação da luz refletida do lado de cima, na observação da luz refletida do lado de baixo e/ou na observação da luz transmitida. Por este meio, também é possível que

esta área parcial seja formada padronizada e para que a área parcial da primeira área que circunda esta área parcial tenha pelo menos uma camada que é formada opaca, com o resultado que o efeito óptico gerado pela camada de metal e pela primeira estrutura de relevo é visível somente na área determinada pelo sombreamento da primeira área parcial. Também é neste caso possível que uma camada de máscara seja provida no corpo de múltiplas camadas, acima da camada de metal e/ou debaixo da camada de metal, em que a camada de máscara tem um rebaixo que corresponde à primeira área parcial, em que o rebaixo da camada de máscara provido acima da camada de metal e aquele da camada de máscara provido debaixo da camada de metal também podem ser formados de maneiras diferentes, com o resultado que os itens diferentes de informação se tornam visíveis no caso da observação da luz refletida do lado de cima e do lado debaixo.

[0033] Além disso, é vantajoso se a primeira superfície da camada de metal for revestida com uma primeira camada dielétrica e o lado debaixo da camada de metal for revestido com uma segunda camada dielétrica, em que os índices de refração da primeira camada dielétrica e da segunda camada dielétrica diferem em pelo menos 0,1, com mais preferência em pelo menos 0,2. Por este meio, pode ser possível que a aparência óptica da primeira área no caso da observação da luz refletida e/ou da observação da luz transmitida do lado de cima difere da aparência correspondente no caso da observação da luz refletida e/ou da observação da luz transmitida do lado debaixo.

[0034] Além disso, é vantajoso se a primeira superfície da camada de metal e/ou a segunda superfície da camada de metal forem cobertas nas áreas com as camadas dielétricas transparentes com índices de refração diferentes e a aparência óptica do corpo de múltiplas camadas em áreas parciais diferentes da primeira área for desse modo diferente por causa dos índices de refração diferentes desta camada

dielétrica.

[0035] O formato de perfil e/ou a profundidade de relevo  $t$  da primeira estrutura de relevo são de preferência escolhidos de maneira tal que, no caso da reflexão direta, a camada de metal tem uma refletância menor do que 15%, em particular menor do que 10%, para a luz incidente ao primeiro ângulo de incidência na primeira área em uma primeira faixa espectral visível ao olho humano com uma largura de pelo menos 50 nm, e em uma segunda faixa espectral visível ao olho humano com uma largura entre 10 nm e no máximo 200 nm, em particular de 20 nm a 150 nm, tem uma refletância direta que é pelo menos duas vezes tão elevada, e além disso pelo menos 2,5 vezes, de preferência pelo menos 3 vezes e em particular pelo menos 4 vezes, mais elevada em relação ao valor médio da refletância na primeira faixa espectral.

[0036] Isto resulta em uma impressão em cor ou uma aparência colorida que é definida para o observador humano e relativamente estável. Para uma impressão definida e relativamente estável da cor na transmissão, os valores da transmitância podem ser muito mais baixos do que na reflexão, e podem mesmo ficar na faixa de algumas porcentagens. É importante neste caso que em uma segunda faixa espectral visível ao olho humano com uma largura entre 10 nm e no máximo 200 nm, em particular de 20 nm a 150 nm, haja uma transmitância direta que seja pelo menos duas vezes tão elevada, além disso pelo menos 2,5 vezes, de preferência pelo menos 3 vezes e em particular pelo menos 4 vezes, mais elevada em relação ao valor médio de transmitância em uma primeira faixa espectral com uma largura de pelo menos 50 nm. A largura da primeira faixa espectral é de preferência a pelo menos mais 100 nm.

[0037] O formato de perfil e/ou a profundidade de relevo da primeira estrutura de relevo também é de preferência escolhida de maneira

tal que, no caso de um segundo ângulo de incidência diferente do primeiro ângulo de incidência, a aparência colorida da luz refletida diretamente na primeira área parcial ou transmitida diretamente através da camada de metal é modificado distintamente e, em particular, cores diferentes relativamente estáveis aparecem ao observador humano a estes ângulos de incidência no caso da observação da luz refletida ou da observação da luz transmitida (por exemplo, vermelho no caso da observação quase perpendicular e verde no caso da inclinação em, por exemplo, 30°). Isto corresponde a uma mudança definida da cor durante a inclinação. O primeiro ângulo de incidência difere de preferência do segundo ângulo de incidência por um valor entre 10° e 45°.

[0038] Para um reconhecimento simples da mudança da cor, é vantajoso se a extensão lateral da primeira área for de pelo menos 10 mm<sup>2</sup>, com mais preferência de pelo menos 20 mm<sup>2</sup>, e desse modo é claramente reconhecível como uma área de superfície a olho nu.

[0039] De acordo com um exemplo preferido da modalidade da invenção, na primeira área ou em pelo menos uma das primeiras áreas, o corpo de múltiplas camadas tem pelo menos um corante e/ou uma substância luminescente que são arranjados a menos de 2 µm, em particular a menos de 1 µm, de preferência e menos de 500 nm, com mais preferência a menos de 300 nm afastados da primeira superfície e/ou da segunda superfície da camada de metal. De modo surpreendente foi demonstrado que os corantes e/ou as substâncias luminescentes no caso de tal arranjo perto das superfícies da camada de metal provida com a primeira estrutura de relevo têm uma absorção maciçamente intensificada ou fluorescência, em comparação com o que é normalmente o caso com essas substâncias, por exemplo, no caso de um arranjo perto de uma superfície espelhada ou estruturas de difração "normais". Este efeito deve provavelmente ser atribuído ao fato que a excitação do plasmon causada pela primeira estrutura de



relevo gera uma maior intensidade de campo. Esta maior intensidade de campo está presente no campo próximo, isto é, acima de tudo até uma distância de cerca de um comprimento de onda da luz excitante. Essa maior intensidade de campo é a responsável pelo aumento na absorção ou na fluorescência dos corantes ou substâncias luminescentes.

[0040] Efeitos análogos são usados, por exemplo, na análise na chamada Surface Enhanced Raman Scattering (SERS). Se a molécula estiver localizada perto de uma superfície metálica (sobretudo prata e ouro), o sinal de Raman pode ser bastante realçado. O realce eletromagnético é baseado na excitação dos plasmons de superfície no metal, que pode gerar localmente campos muito elevados em picos na superfície ou nas partículas. Este campo em conjunto com a luz incidente excita a molécula e desse modo conduz a mesma a uma dispersão de Raman realçada. Este efeito cai rapidamente sobre a superfície, mas a molécula não tem que ser ligada à superfície.

[0041] Os mecanismos de realce por trás disto são chamados de absorção realçada de polariton de plasmon de superfície (ou SPP) e emissão acoplada de plasmon de superfície (SPCE).

[0042] Este efeito descoberto de uma camada de corante e/ou camada de substância luminescente pode, tal como descrito a seguir, ser usado de várias maneiras a fim de prover as características de segurança que estão em destaque e podem ser imitadas somente com dificuldade.

[0043] A primeira e/ou segunda camada neste caso é aplicada de preferência à primeira ou segunda superfície da primeira camada de metal nas áreas ou o excesso a superfície inteira na primeira área e cobre desse modo a primeira superfície ou a segunda superfície nas áreas ou sobre a superfície inteira na primeira área. A primeira e/ou segunda camada limita desse modo diretamente, nas áreas, a superfí-

cie ou áreas de superfície da camada de metal em que a primeira estrutura de relevo é moldada na camada de metal. A primeira estrutura de relevo é coberta desse modo de preferência nas áreas ou completamente pela primeira ou segunda camada. Além disso, também é vantajoso se a primeira ou segunda camada for aplicada somente à camada de metal na primeira área e desse modo provida somente onde a camada de metal limita a primeira estrutura de relevo, e desse modo os efeitos descritos acima são gerados.

[0044] O corpo de múltiplas camadas tem de preferência pelo menos uma primeira camada que limita a primeira superfície da camada de metal e/ou pelo menos uma segunda camada que limita a segunda superfície da camada de metal, em que a segunda camada tem pelo menos um corante e/ou pelo menos uma substância luminescente. O termo substâncias luminescentes neste caso inclui, em particular, substâncias fluorescentes ou fosforescentes.

[0045] A espessura da camada de pelo menos uma primeira camada e/ou de pelo menos uma segunda camada fica de preferência entre 20 nm e 2  $\mu$ m, em particular entre 50 nm e 1  $\mu$ m, em particular entre 100 nm e 500 nm. Através de uma escolha correspondente da espessura de camada da primeira camada e/ou da segunda camada pode ser assegurado neste caso que o efeito previamente descrito predomina na área em que pelo menos uma primeira camada e/ou segunda camada cobre a primeira área, com o resultado que as impressões ópticas claramente diferentes resultam na área em que pelo menos uma primeira camada e/ou pelo menos uma segunda camada cobre a primeira área e na área em que pelo menos uma primeira camada e/ou segunda camada não cobre a primeira área.

[0046] A concentração dos corantes ou das substâncias luminescentes na área da primeira e/ou segunda camada de menos do que 1  $\mu$ m, com mais preferência de menos do que 500 nm, com maior prefe-

rência de menos do que 300 nm afastada da primeira ou da segunda superfícies da camada de metal é de preferência maior do que a área restante da primeira ou da segunda camada. A ação descrita acima pode desse modo ser mais intensificada.

[0047] Pelo menos uma primeira camada e/ou segunda camada pode ser aplicadas à camada de metal diretamente, por exemplo, por meio de um processo de impressão, e em particular pode consistir em uma camada de verniz ou uma camada protetora de verniz em que pelo menos um corante ou uma substância luminescente foram adicionados. Além disso, também é possível que pelo menos uma primeira camada e/ou segunda camada seja formada por uma camada de verniz de replicação ou por uma camada aplicada a uma camada de verniz de replicação e que a camada de metal seja depositada nesta camada de verniz de replicação ou na camada aplicada à camada de verniz de replication, por exemplo, pela deposição de vapor a vácuo.

[0048] Pelo menos um corante e/ou uma substância luminescente são de preferência um corante solúvel ou uma substância luminescente solúvel. Alternativamente, as nanopartículas, tais como, por exemplo, quantum dot (QD), ou também os materiais híbridos, tais como, por exemplo, cristais de zeólito carregados com corante (tal como descrito, por exemplo, no documento de patente EP 1873202 A1), também são levados em consideração. Os corantes dos seguintes grupos de substâncias são usados de preferência como corante: corantes de complexos de metais, em particular com  $\text{Cr}^{3+}$  ou  $\text{Co}^{2+}$  como o átomo central. Os exemplos são os corantes Neozapon da BASF e os corantes Orasol da BASF (anteriormente Ciba). As substâncias luminescentes dos seguintes grupos de substâncias são usadas de preferência: cumarinas, rodaminas e cianinas.

[0049] Pelo menos uma primeira camada e/ou pelo menos uma segundo camada têm de preferência uma transmissividade de pelo

menos 70%, de preferência de pelo menos 90%, na faixa de comprimento de onda visível ao olho humano. Em particular se o corante for aplicado sobre a superfície inteira, é vantajoso se a transmitância da camada colorida for modificada somente um mínimo pelo corante, com o resultado que nenhuma coloração é reconhecível fora das primeiras áreas. De acordo com um exemplo preferido da modalidade da invenção, a concentração de pelo menos um corante e/ou substância luminescente em pelo menos uma primeira camada e/ou pelo menos uma segunda camada são escolhidos de maneira tal que a sua ação óptica em uma segunda área em que o relevo de superfície é formado por uma superfície espelhada, uma estrutura de difração, uma macroestrutura ou uma estrutura de esteira não é visível ao observador humano a uma distância de observação de mais de 30 cm e sob uma iluminação com luz branca (D65) com uma iluminância de pelo menos 100 lux, de preferência pelo menos 500 lux e ao mesmo tempo de menos de 10.000 lux, mas uma ação opticamente reconhecível se desenvolve na primeira área por causa da intensificação previamente descrita da absorção ou luminescência.

[0050] Alternativamente, no entanto, o corante é aplicado, em particular a uma concentração mais elevada, apenas onde as estruturas da primeira área foram replicadas, ou estas estruturas da primeira área são replicadas (com as tolerâncias de registro usuais) onde o corante está presente. Uma influência maior no efeito da cor é desse modo possível sem ao mesmo tempo tingir áreas fora da primeira área de maneira reconhecível ao olho humano.

[0051] Além da aplicação parcial de corante na primeira área, também é possível aplicar o corante a concentrações diferentes dentro e fora da primeira área ou aplicar dois corantes diferentes dentro e fora da primeira área.

[0052] A porcentagem em peso de pelo menos um corante ou

substância luminescente no peso seco da primeira e/ou segunda camada fica de preferência entre 0,1% e 20%, em particular entre 0,5% e 10%.

[0053] A proporção em peso de corante ou substância luminescente no peso seco da primeira e/ou segunda camada fica de preferência entre 1 mg/m<sup>2</sup> e 200 mg/m<sup>2</sup>, ainda entre 2 mg/m<sup>2</sup> e 50 mg/m<sup>2</sup> e de preferência entre 3 mg/m<sup>2</sup> e 30 mg/m<sup>2</sup> e particularmente de preferência entre 3 mg/m<sup>2</sup> e 15 mg/m<sup>2</sup>. Isto provou ser vantajoso para obter o efeito especificado acima.

[0054] A cor de pelo menos um corante ou substância luminescente de pelo menos uma primeira e/ou pelo menos uma segunda camada é escolhida de preferência de maneira tal que a sua cor, ou sua cor quando excitada, corresponde à cor gerada pela primeira estrutura de relevo para um ângulo de incidência particular da luz incidente na reflexão ou transmissão direta, ou difere desta cor. Dependendo da cor, os efeitos de cor diferentes, que desse modo no mínimo só podem ser imitados com grande dificuldade por outras tecnologias e um desse modo um aumento adicional do nível de proteção contra a falsificação, podem desse modo ser gerados a ângulos de observação diferentes na reflexão direta e na transmissão direta por misturas de cores correspondentes.

[0055] Duas ou mais primeiras camadas e/ou segundas camadas são de preferência providas, cujos corantes ou substâncias luminescentes são escolhidos de maneira tal que as cores dos corantes dessas camadas, ou as cores das substâncias luminescentes dessas camadas, quando excitadas, diferem mutuamente. Desse modo é possível, por exemplo, que uma primeira camada com um primeiro corante seja aplicada à primeira superfície da camada de metal em uma primeira região que se sobrepõe parcialmente à primeira área, que uma primeira camada com um segundo corante seja aplicada à primeira

superfície da camada de metal em uma segunda região que se sobrepõe à primeira região nas áreas, e que uma segunda camada com um terceiro corante seja aplicada à segunda superfície da camada de metal em uma terceira região que se sobrepõe à primeira área pelo menos nas áreas e se sobrepõe à primeira e segunda regiões nas áreas, em que as cores do primeiro, segundo e terceiro corantes diferem. Por um lado, com uma escolha correspondente da espessura da camada das primeiras camadas e das segundas camadas, o efeito já descrito acima por este meio resulta em que a ação do primeiro, segundo e terceiro corantes é muito mais forte na área em que estas camadas se sobrepõem à primeira área do que fora. Além disso, resultam os efeitos de mistura de cores correspondentes com os efeitos ópticos gerados pela primeira estrutura de relevo da camada de metal na primeira área, com o resultado que, no caso da observação da luz refletida da parte dianteira e do lado traseiro, bem como no caso da observação a luz transmitida, efeitos ópticos de modo correspondentes diferentes também são causados em cada caso.

[0056] Além disso, também é possível que uma ou mais primeiras camadas ou uma ou mais segundas camadas se sobreponham nas áreas. Efeitos ópticos interessantes também podem ser obtidos por este meio: tal como já foi indicado acima, a ação de filtro dos corantes e a luminescência das substâncias luminescentes dependem da distância destas substâncias da primeira ou segunda superfície da camada de metal, com o resultado que, dependendo da sequência em que estas camadas se encontram umas sobre as outras, estas ações de cores diferentes se desenvolvem, ao contrário de uma misturar usual de cores das camadas de cores que se encontram umas sobre as outras, em cujo caso a sua sequência não tem nenhuma influência na cor misturada resultante.

[0057] De acordo com um exemplo preferido da modalidade da

invenção, o relevo de superfície é formado por uma segunda e/ou outra estrutura de relevo em uma ou mais em segundas áreas e/ou outras áreas. A segunda e/ou outra estrutura de relevo é uma estrutura de relevo que é formada de preferência por uma estrutura de relevo de difração, uma estrutura de relevo holográfica, uma estrutura de esteira, uma superfície espelhada, um macroestrutura de refração quase acromática (isto é, uma estrutura com um período de mais de 5  $\mu\text{m}$ ), uma lente, uma grade de microlentes ou uma combinação de tais estruturas de relevo.

[0058] Estrutura de relevo de difração refere-se em particular a uma estrutura de relevo que tem uma frequência espacial entre de 200 e 2.000 linhas/mm e gera em particular um efeito opticamente variável pela difração da luz incidente na primeira ordem ou uma ordem mais elevada de difração. Os exemplos disto são reticulações lineares ou cruzadas. Além disso, as estruturas de difração de relevo também podem ser formadas por hologramas gerados por computador, por exemplo, por kinoformas.

[0059] Estruturas de esteira isotrópicas ou anisotrópicas podem ser usadas como estruturas de esteira. Estrutura de esteira refere-se a uma estrutura com propriedades de dispersão da luz que tem de preferência um perfil de superfície de esteira estocástico. As estruturas de esteira têm de preferência uma profundidade de relevo (Pico-a-Vale = P-V) entre 100 nm e 5.000 nm, e com mais preferência entre 200 nm e 2.000 nm. As estruturas de esteira têm de preferência uma aspereza de superfície ( $R_a$ ) entre 50 nm e 2.000 nm, e com mais preferência entre 100 nm e 1.000 nm. O efeito de esteira pode ser ou isotrópico, isto é, o mesmo a todos os ângulos de azimute, ou anisotrópico, isto é, variando a ângulos de azimute diferentes. Macroestrutura refere-se a uma estrutura cuja frequência espacial é menor do que 100 linhas/mm e que gera um efeito óptico substancialmente por meio da refração. O

efeito é desse modo quase acromático. As lentes podem ser moldadas como lentes agindo de modo refrativo ou também como lentes difrativas. Uma grade de microlentes é de preferência formada por um arranjo unidimensional ou bidimensional de microlentes, por exemplo, lentes cilíndricas ou lentes esféricas. A largura de grade de uma grade de microlentes fica de preferência entre 300  $\mu\text{m}$  e 50  $\mu\text{m}$ .

[0060] A segunda e outras estruturas de relevo são formadas de preferência pelas estruturas de relevo que diferem em pelo menos um parâmetro da estrutura e geram desse modo efeitos ópticos diferentes.

[0061] Pelo menos uma primeira área ou uma das primeiras áreas e pelo menos uma segunda área em cada caso são de preferência formadas por uma pluralidade de áreas parciais. Estas áreas parciais neste caso têm de preferência pelo menos uma dimensão lateral que é menor do que 300  $\mu\text{m}$ .

[0062] As áreas parciais da primeira área e as áreas parciais da segunda área também são arranjadas de preferência gradeadas umas nas outras (intercaladas). A intercalação ocorre de preferência com um tamanho das áreas parciais abaixo do limite de resolução do olho humano, isto é, em particular menor do que 300  $\mu\text{m}$ . Desse modo, é possível, por exemplo, que as áreas parciais da primeira área e as áreas parciais da segunda área sigam umas as outras se alternando em uma direção ou em duas direções. É por este meio possível que o efeito seja obtido para o observador humano em que o efeito óptico gerado pela primeira estrutura de relevo na primeira área e o efeito óptico gerado pela segunda estrutura de relevo na segunda área são sobrepostos. Desse modo, por exemplo, para o observador humano em uma e mesma posição do corpo de múltiplas camadas, o efeito óptico gerado pela primeira estrutura de relevo é visível a um primeiro ângulo de visão e o efeito óptico gerado pela segunda estrutura de relevo é visível a um segundo ângulo de observação. De preferência, pelo menos na



área em que as áreas parciais da primeira área e da segunda área são intercaladas, a relação de área entre a área de superfície total das áreas parciais da primeira área e a área de superfície total das áreas parciais da segunda área é escolhida para que seja maior do que 5:1, e com mais preferência maior do que 10:1. Esta proporção elevada da primeira área é útil a fim de garantir um efeito de cor muito visível.

[0063] Além disso, é vantajoso se pelo menos uma segunda área for formada por uma pluralidade de áreas parciais separadas umas das outras e se a primeira área circundar estas áreas parciais como área de fundo. Desse modo, é possível, por exemplo, arranjar pseudorrandomicamente as áreas parciais da segunda área ou escolher a sua orientação de superfície, por exemplo, a orientação de seus eixos longitudinais, para que sejam pseudorrandômicos, e circundar estas áreas parciais, desse modo arranjados e/ou orientados pseudorrandomicamente, com a primeira área como área de fundo. A primeira estrutura de relevo pode neste caso ser formada, por exemplo, por uma superfície espelhada ou por uma estrutura acromática, desse modo a fim de obter a superimposição da aparência óptica da primeira área com um efeito de brilho ou efeito de bruxuleio. As áreas parciais da segunda área neste caso têm de preferência dimensões de superfície laterais entre 50  $\mu\text{m}$  e 300  $\mu\text{m}$ .

[0064] De acordo com um exemplo adicional da modalidade da invenção, a primeira área ou pelo menos uma das primeiras áreas tem um formato padronizado e é moldada desse modo, por exemplo, na forma de letras, números, um símbolo ou um motivo. Esta primeira área pode ser moldada tal como contornada por uma segunda área, em que esta segunda área tem uma segunda estrutura, por exemplo, uma estrutura de esteira. Isto também acentua o contorno da primeira área.

[0065] É ainda vantajoso neste caso se a moldagem da primeira

área ou de pelo menos uma das primeiras áreas neste caso for escolhida de maneira tal que essa moldagem contenha um item de informação que só possa somente se tornar visível ao usar um auxiliar. Desse modo, é possível, por exemplo, que a primeira área ou pelo menos uma das primeiras áreas a ser formadas na forma de um nanotexto que pode se tornar visível pelo observador humano somente com o auxílio de um dispositivo de ampliação. Além disso, também é possível que a primeira a área ou pelo menos uma das primeiras áreas a ser moldadas na forma de um padrão de moiré em que um item de informação oculto que é codificado pode se tornar visível, por exemplo, por meio de uma grade de microlentes ou uma camada de máscara de modo correspondente moldada, por exemplo, uma grade de linhas, em que a grade ou camada pode do mesmo modo fazer parte do corpo de múltiplas camadas.

[0066] De acordo com um exemplo preferido da modalidade da invenção, a primeira área ou pelo menos uma das primeiras áreas tem uma ou mais primeiras zonas e uma ou mais segundas zonas em que um ou mais parâmetros da primeira estrutura de relevo diferem. A primeira estrutura de relevo nas primeiras zonas difere de preferência daquela nas segundas zonas em termos de um ou mais dos parâmetros: período  $P$ , ângulo de azimute, profundidade de relevo  $t$ , área de superfície base e formato de perfil. Desse modo, por exemplo, a primeira estrutura de relevo em uma ou mais primeiras zonas difere da primeira estrutura de relevo em uma ou mais segundas zonas em termos da orientação de azimute, por exemplo, a fim de codificar a informação que só é reconhecível por meio de um polarizador, ou também em termos do período, profundidade de relevo ou em termos da inclinação da superfície base em relação a um plano base, por exemplo, a fim de gerar efeitos de movimento ou efeitos 3D.

[0067] Além disso, também é possível que a primeira área ou pelo

menos uma das primeiras áreas compreenda uma outra ou mais ter-  
ceiras ou zonas adicionais que diferem de das primeiras zonas e se-  
gundas zonas em que um ou mais dos parâmetros acima menciona-  
dos da primeira estrutura de relevo nestes são escolhidos para serem  
diferente daqueles nas primeiras e segundas zonas.

[0068] As primeira e segunda zonas vizinhas e/ou primeira, se-  
gunda, terceiras outras zonas são de preferência espaçadas umas das  
outras a pelo menos 10  $\mu\text{m}$ , de preferência a menos de 1.000 nm.

[0069] Os parâmetros da primeira estrutura de relevo são escolhi-  
dos de preferência para serem idênticos nas primeiras zonas, idênticos  
nas segundas zonas, idênticos nas terceiras zonas e/ou idênticos nas  
zonas adicionais.

[0070] De acordo com um exemplo preferido da modalidade, as  
primeiras e segundas zonas em cada caso têm dimensões laterais de  
mais de 300  $\mu\text{m}$ , em particular uma largura e um comprimento em ca-  
da caso de 500  $\mu\text{m}$  e de preferência de mais de 2 mm. Uma ou mais  
primeiras e segundas zonas também são de preferência moldadas pa-  
ra formar um motivo, em que as primeiras zonas formam uma área de  
primeiro plano do motivo e as segundas zonas formam uma área de  
fundo do motivo. Além disso, também é possível que uma ou mais  
primeiras zonas sejam moldadas para formar um primeiro motivo e  
uma ou mais segundas zonas para formar um segundo motivo.

[0071] De acordo com um exemplo preferido da modalidade, as  
primeiras, segundas e/ou terceiras zonas têm pelo menos uma dimen-  
são lateral de menos de 300  $\mu\text{m}$ , em particular de menos de 150  $\mu\text{m}$ , e  
de preferência de menos de 80  $\mu\text{m}$ . Além disso, as primeiras, segun-  
das e/ou terceiras zonas são arranjadas intercaladas pelo menos nas  
áreas. Desse modo, é possível, por exemplo, que as primeiras, segun-  
das e terceiras zonas sejam arranjadas umas seguindo as outras al-  
ternando em uma ou em duas direções.

[0072] Tal formação e arranjo das primeiras, segundas e terceiras zonas tornam possível, por exemplo, gerar efeitos de movimento, efeitos de conformação (efeitos de metamorfose), representações multicoloridas ou representações coloridas que são geradas por meio da mistura de cores aditivas. Desse modo, é possível, por exemplo, arranjar de modo intercalado as primeiras zonas para representar um primeiro motivo, as segundas zonas para representar um segundo motivo e as terceiras zonas para representar opcionalmente um terceiro motivo, em que o primeiro, segundo e terceiro motivos são visíveis ao observador em cada caso a um ângulo de visão alocado. Além disso, os parâmetros da primeira estrutura de relevo na primeira, segunda e terceira zonas podem ser escolhidos, por exemplo, de maneira tal que, a um ângulo particular de observação, cores diferentes, por exemplo, vermelho, verde e azul, são geradas na primeira, segunda e terceira zonas. Através da escolha correspondente do arranjo da primeira, segunda e terceira zonas em uma área alocada a uma ponta da imagem, a cor da ponta da imagem gerada a este ângulo de visão pode então ser gerada pela mistura de cores aditivas.

[0073] De acordo com um exemplo preferido da modalidade da invenção, na primeira área ou em pelo menos uma das primeiras áreas, a superfície base da primeira estrutura de relevo é formada por uma estrutura grosseira ou uma estrutura de esteira. A superfície base não é desse modo constituída na forma de uma superfície plana, mas é modelada de acordo com a estrutura grosseira ou a estrutura da esteira. Estrutura grosseira refere-se neste caso a uma estrutura cujo período é maior do que o período da primeira estrutura de relevo pelo menos por um fator de 5, ainda por um fator de 10, e em particular fica entre 1  $\mu\text{m}$  e 10  $\mu\text{m}$ . A profundidade de relevo das estruturas grosseiras fica de preferência entre 50 nm e 5.000 nm, e de preferência entre 100 nm e 2.000 nm. A estrutura grosseira pode desse modo ter super-

fícies inclinadas diferentemente nas áreas, com o resultado que o efeito gerado pelas primeiras estruturas de relevo na reflexão/transmissão direta muda de modo correspondente em sua faixa angular e desse modo é visível em áreas parciais diferentes da primeira área a ângulos de observação diferentes ou, com um arranjo de modo correspondente aleatório se uma estrutura de esteira for usada, é visível em uma faixa mais larga de ângulos de observação.

[0074] De acordo com um exemplo preferido da modalidade da invenção, na primeira área ou em pelo menos uma das primeiras áreas o período P da primeira estrutura de relevo é variado nas áreas. A variação do período P da primeira estrutura de relevo neste caso é de preferência de até 10%, e com preferência de até 5%. O período P da primeira estrutura de relevo é de preferência aumentado/reduzido em uma ou mais das áreas da borda da primeira área ou aumentado ou diminuído dependendo da distância a partir do centro de área da primeira área. Foi mostrado que efeitos opticamente variáveis interessantes podem ser gerados por este meio e, por exemplo, um efeito de "barra de rolamento" pode ser gerado. Alternativa ou adicionalmente, o ângulo de azimute da primeira estrutura de relevo também pode ser variado (ligeiramente) nas áreas.

[0075] Um efeito de "barra de rolagem" refere-se normalmente a um efeito óptico similar a uma lente cilíndrica reflexiva. No processo, as áreas da lente cilíndrica que refletem a luz na direção de um observador parecem mais brilhantes do que as áreas que refletem a luz em outras direções. Desse modo, esta função produz um tipo de "faixa de luz" que parece se mover sobre a lente cilíndrica quando o corpo de múltiplas camadas é inclinado na direção do ângulo de visão. No caso das estruturas reivindicadas neste documento, resulta um efeito "de barra de rolagem" um tanto diferente em que, em vez da "faixa de luz", agora uma "faixa de cor" parece se mover sobre a lente cilíndrica. Por

exemplo, um núcleo avermelhado de uma lente cilíndrica (com uma área externa amarelada ou esverdeada da lente cilíndrica) pode se mover quando o corpo de múltiplas camadas é inclinado na direção do ângulo de visão.

[0076] De acordo com um exemplo preferido adicional da modalidade da invenção, a primeira área ou pelo menos uma das primeiras áreas tem uma pluralidade de áreas parciais. Cada uma das áreas parciais tem uma dimensão mínima de mais de  $3\ \mu\text{m}$  e uma dimensão máxima de menos de  $300\ \mu\text{m}$ . Um ou mais dos parâmetros selecionados do grupo: formato da área parcial, tamanho da área parcial, posição da área do centro de área da área parcial, ângulo da superfície base da primeira estrutura de relevo em relação a um plano base, ângulo de rotação da superfície base da primeira estrutura de relevo em torno de um eixo perpendicular ao plano base, ângulo da primeira estrutura de relevo, período P da inclinação de azimute da estrutura de relevo, são variados pseudorrandomicamente, para a respectiva área parcial, dentro de uma faixa de variação predefinida em cada caso para a primeira área.

[0077] Para os parâmetros acima mencionados, as seguintes faixas de variação são de preferência escolhidas:

[0078] Formato da área parcial: retângulo, quadrado, círculo, oval, hexágono, octágono, rombo.

[0079] Tamanho de área da área parcial: entre  $5\ \mu\text{m}^2$  e  $6.000\ \mu\text{m}^2$ , com mais preferência entre  $5\ \mu\text{m}^2$  e  $300\ \mu\text{m}^2$ . Se o tamanho de área das áreas parciais for variado pseudorrandomicamente, então a faixa de variação é de preferência de 10% a 50% do tamanho de área médio das áreas parciais.

[0080] Posição do centro de área da área parcial: neste caso, provou em particular que vale a pena escolher a faixa da variação da mudança aleatória entre  $+D/2$  e  $-D/2$ , em que D é a dimensão das áreas

parciais na direção do eixo x ou do eixo y, e fixar a largura de grade da grade na direção do eixo x e/ou do eixo y em 3/2 vezes a dimensão D das áreas parciais na direção do eixo x ou do eixo y.

[0081] Ângulo de inclinação da superfície base da primeira estrutura de relevo em relação a um plano base: de preferência, o ângulo de inclinação, em particular o ângulo de inclinação  $A_x$  e/ou  $A_y$ , das áreas parciais é variado pseudorrandomicamente em uma faixa de variação de  $-45^\circ$  a  $+45^\circ$ , com mais preferência de  $-30^\circ$  a  $+30^\circ$ , particularmente de preferência  $-15^\circ$  a  $+15^\circ$ , para obter particularmente um efeito de brilho. O plano base neste caso é medido pelo eixo x e o eixo y, e o ângulo de inclinação  $A_x$  representa o ângulo de inclinação no caso de uma rotação em torno do eixo x e o ângulo de inclinação  $A_y$  representa o ângulo de inclinação no caso de uma rotação em torno do eixo y.

[0082] Ângulo de rotação da superfície base da primeira estrutura de relevo em torno de um eixo perpendicular ao plano base: é vantajoso variar pseudorrandomicamente este ângulo de rotação das áreas parciais em uma faixa de variação de  $-90^\circ$  a  $+90^\circ$ , com mais preferência de  $-45^\circ$  a  $+45^\circ$  e particularmente de preferência de  $-15^\circ$  a  $+15^\circ$ .

[0083] Ângulo de azimute da primeira estrutura de relevo: a faixa de variação de  $-90^\circ$  a  $+90^\circ$ , com mais preferência de  $-45^\circ$  a  $+45^\circ$  e particularmente de preferência de  $-15^\circ$  a  $+15^\circ$ .

[0084] Período P da estrutura de relevo: a variação do período P é de preferência de até 10%, com mais preferência de até 5% em torno de um valor médio.

[0085] Além disso, também é vantajoso se a primeira área ou pelo menos uma das primeiras áreas tiverem uma pluralidade de áreas parciais e os parâmetros da primeira estrutura de relevo em cada uma das áreas parciais forem escolhidos de acordo com uma estrutura de relevo que é selecionada de um conjunto de estruturas de relevo predefinidas pseudorrandomicamente para a respectiva área parcial.

[0086] Através deste procedimento, efeitos opticamente variáveis interessantes podem ser gerados, por exemplo, movimentos de cores, brilho, bruxuleio e efeitos 3D.

[0087] O corpo de múltiplas camadas é de preferência formado como uma película de transferência, película de laminação ou linha de segurança. Além da camada metálica, o corpo de múltiplas camadas também tem de preferência uma ou mais camadas adicionais selecionadas do grupo: camada de replicação, camada de verniz, camada promotora de aderência, camada de adesivo, camada de verniz protetora, camada portadora e camada de decoração. O corpo de múltiplas camadas tem desse modo, por exemplo, uma película portadora, de preferência uma película de plástico transparente, por exemplo, feita de PET, PC, PE, BOPP, com uma espessura entre 10 µm e 500 µm, uma camada de replicação transparente, por exemplo, feita de um verniz termoplástico ou curável com radiação UV e uma camada de adesivo, por exemplo, uma camada de adesivo frio, uma camada de adesivo de fusão a quente ou uma camada de adesivo curável com radiação UV.

[0088] De preferência, o corpo de múltiplas camadas também é formado como um elemento de segurança de um documento de segurança, em particular uma nota de banco ou um documento de ID, e moldado desse modo, por exemplo, na forma de um remendo ou uma tira. Além disso, também é possível que o corpo de múltiplas camadas forme um documento de segurança, por exemplo, uma nota de banco, um cartão (por exemplo, um cartão de crédito, cartão de ID) ou um documento de ID. O documento de segurança também pode ser uma etiqueta, uma embalagem para um produto comercial, um bilhete, um certificado ou um selo de receita ou imposto.

[0089] Se o corpo de múltiplas camadas for formado como uma película de transferência, então uma área parcial do corpo de múltiplas



camadas é estampada de preferência em um substrato por meio de uma estampa de gravação formada padronizada. Se o corpo de múltiplas camadas tiver, por exemplo, uma primeira estrutura de relevo homogênea que gere um dos efeitos de cor descritos acima, por exemplo, uma mudança da cor vermelha à verde no caso de uma rotação, então, por uma estampa de gravação com um formato correspondente, por exemplo, o formato de um diamante, um elemento com este formato, por exemplo, um diamante, com este efeito de cor pode ser produzido no substrato alvo. Além disso, também é possível que o corpo de múltiplas camadas neste caso seja aplicado a um substrato sobre a superfície inteira por meio de um rolo de laminação não específico. Além disso, é particularmente vantajoso neste caso se a superfície do substrato em que o corpo de múltiplas camadas é estampado tiver uma estrutura de superfície, em particular uma estrutura grosseira ou uma estrutura de esteira, e se a pressão de estampagem for escolhida de maneira tal que a superfície base da primeira estrutura de relevo é deformada de acordo com a estrutura grosseira ou a estrutura de esteira durante a estampagem.

[0090] Além disso, também é possível e também é vantajoso processar o corpo de múltiplas camadas em uma operação com uma matriz de gravação cega, em cuja superfície de estampagem uma estrutura grosseira é moldada. A pressão de estampagem neste caso é escolhida de maneira tal que a superfície base da primeira estrutura de relevo é deformada de acordo com a estrutura grosseira da matriz de gravação cega quando a matriz de gravação cega estiver sendo pressionada. Este método também torna possível customizar subsequentemente o corpo de múltiplas camadas em uma etapa de trabalho subsequente pela deformação correspondente da superfície base da primeira estrutura de relevo e introduzir desse modo os efeitos ópticos adicionais já descritos acima em um elemento de segurança ou um

documento de segurança.

[0091] A invenção é explicada a título de exemplo a seguir com referência a vários exemplos de modalidades com o auxílio dos desenhos anexos.

[0092] A Fig. 1a mostra uma vista superior esquemática de um documento de segurança com um elemento de segurança.

[0093] A Fig. 1b mostra uma representação seccional esquemática do documento de segurança de acordo com a Fig. 1a.

[0094] A Fig. 2 mostra uma representação seccional esquemática de uma seção de corte de um elemento de segurança.

[0095] A Fig. 3 mostra uma representação seccional esquemática de uma seção de corte de um elemento de segurança.

[0096] A Fig. 4a mostra uma representação esquemática de uma estrutura de relevo.

[0097] A Fig. 4b mostra uma vista superior esquemática da estrutura de relevo de acordo com a Fig. 4a.

[0098] A Fig. 4c mostra uma representação seccional esquemática de uma estrutura de relevo.

[0099] A Fig. 4d mostra uma representação seccional esquemática de uma estrutura de relevo.

[00100] A Fig. 4e mostra um diagrama para ilustrar o comportamento da reflexão de uma camada de metal com uma estrutura de relevo moldada em uma superfície.

[00101] As Figuras 4f e 4g em cada caso mostram uma representação seccional esquemática de uma estrutura de relevo.

[00102] A Fig. 5a a Fig. 5g mostram diagramas para ilustrar o comportamento da reflexão ou o comportamento da transmissão de uma camada de metal com uma estrutura de relevo moldada em uma superfície.

[00103] A Fig. 6a mostra uma representação seccional esquemática

de uma seção de corte de um elemento de segurança.

[00104] A Fig. 6b mostra uma representação seccional esquemática de uma seção de corte de um elemento de segurança.

[00105] A Fig. 6c mostra um diagrama para ilustrar o comportamento da reflexão do elemento de segurança de acordo com a Fig. 6a.

[00106] A Fig. 6d mostra uma representação seccional esquemática de uma seção de corte de um elemento de segurança.

[00107] A Fig. 6e e a Fig. 6f mostram diagramas para ilustrar o comportamento da reflexão de um elemento de segurança.

[00108] A Fig. 7a mostra uma vista superior esquemática de um elemento de segurança.

[00109] A Fig. 7b mostra uma vista superior esquemática do elemento de segurança de acordo com a Fig. 7a depois de uma aplicação de duas camadas que contêm um corante ou substância luminescente.

[00110] A Fig. 8a e a Fig. 8b mostram vistas superiores esquemáticas de uma área de um elemento de segurança.

[00111] A Fig. 9a e a Fig. 9b mostram vistas superiores esquemáticas de uma área de um elemento de segurança.

[00112] A Fig. 9c mostra um diagrama para ilustrar o comportamento da reflexão do elemento de segurança de acordo com as Figs. 9a e b.

[00113] A Fig. 10a e a Fig. 10b mostram vistas superiores esquemáticas de uma área de um elemento de segurança.

[00114] A Fig. 11 mostra uma vista superior esquemática de uma seção de corte de um elemento de segurança que compreende uma segunda área, formada de diversas áreas parciais, e uma primeira área.

[00115] A Fig. 12a mostra uma representação seccional esquemática de uma película de transferência.

[00116] A Fig. 12b mostra uma representação seccional esquemática

de um arranjo para estampar a película de transferência de acordo com a Fig. 12a em um substrato.

[00117] A Fig. 12c mostra uma vista superior esquemática de uma seção de corte da camada de transferência da película de transferência de acordo com a Fig. 12a.

[00118] A Fig. 12d mostra uma vista superior esquemática de uma seção de corte do substrato de acordo com a Fig. 12b depois da estampagem.

[00119] A Fig. 13 mostra uma representação seccional esquemática de uma seção de corte de um elemento de segurança.

[00120] A Fig. 1a mostra uma representação esquemática de uma seção de corte de um elemento de segurança em que uma área coberta com uma estrutura de relevo é formada por diversas áreas parciais.

[00121] A Fig. 14b mostra uma representação esquemática para ilustrar a orientação da superfície base de uma estrutura de relevo provida nas áreas parciais de acordo com a Fig. 14a.

[00122] A Fig. 1a e a Fig. 1b mostram um documento de segurança 1. O documento de segurança 1 é de preferência uma nota de banco. No entanto, também é possível que o documento de segurança 1 seja, por exemplo, um documento de ID, uma etiqueta para a garantia do produto, um cartão de ID ou um cartão de crédito, um cartão de pagamento antecipadamente, uma etiqueta de pendurar para um produto comercial, ou um certificado, em particular um certificado de software.

[00123] O documento de segurança 1 tem um substrato portador 10 e um elemento de segurança 2 aplicado ao substrato portador 10.

[00124] O substrato portador 10 é de preferência um substrato de papel, por exemplo, com uma espessura da camada entre 50 ou 500 µm. No entanto, também é possível que o substrato 10 seja um substrato de plástico ou um substrato composto por uma ou mais camadas de plástico e/ou de papel. Além disso, também é possível que um ou

mais elementos de segurança adicionais, além do elemento de segurança 2, sejam aplicados ao substrato 10 ou sejam integrados na estrutura de camada ou nas camadas do substrato 10. O substrato 10 tem desse modo, por exemplo, um ou mais dos seguintes elementos como elementos de segurança adicionais: uma marca d'água, uma cópia de segurança, uma linha de segurança, um remendo com uma ou mais características de segurança que são providas, por exemplo, por uma estrutura holográfica ou de difração óptica.

[00125] O elemento de segurança 2, no caso da modalidade de acordo com a Fig. 1a e a Fig. 1b, tem um formato parecido com uma tira e se estende por toda a largura ou comprimento do documento de segurança 1. Além disso, o elemento de segurança 2 cobre uma área de janela 12 do substrato 10, em que o substrato 10 tem um rebaixo ou furo passante ou é formado transparente. Desse modo, nesta área, o elemento de segurança 2 é visível no caso de observação do lado da frente e no caso de observação do lado de trás do documento de segurança 1. No entanto, também é possível que o elemento de segurança 2 tenha outros formatos, por exemplo, seja formado como um remendo, ou não ser arranjado em uma área de janela do documento de segurança 1, mas ser aplicado completamente em uma área opaca do substrato 10.

[00126] O elemento de segurança 2 é de preferência uma película de laminação que tem um substrato portador, uma camada de metal, uma ou mais camadas de decoração opcionais e uma camada de adesivo, com o que a película de laminação é fixada ao substrato 10. O substrato portador é de preferência uma película de plástico transparente com uma espessura de camada entre 10  $\mu\text{m}$  e 500  $\mu\text{m}$ , em particular entre 15  $\mu\text{m}$  e 150  $\mu\text{m}$ , feito, por exemplo, de BOPP ou PET ou PC (policarbonato). A camada de adesivo é de preferência uma camada de adesivo de fusão a quente, uma camada de adesivo frio ou

uma camada de adesivo curável com radiação UV, ou uma camada de adesivo curável a quente ou reticulável a quente, ou uma camada de adesivo com componentes termoplásticos e curáveis a quente e/ou com radiação.

[00127] Além disso, também é possível que o elemento de segurança 2 seja formado como uma camada de película de transferência ou camada de transferência de uma película de transferência. Neste caso, uma camada de liberação também é provida entre a camada portadora e a camada de metal, ou a película portadora não é provida. Além disso, também é possível que o elemento de segurança 2 seja formado como uma linha da segurança e, tal como mostrado na Fig. 1b, não seja aplicado à superfície do substrato 10, mas, ao invés disto, seja embutido pelo menos nas áreas no substrato 10 ou seja arranjado alternado no lado de cima e no lado de baixo do substrato 10. Neste caso, o elemento de segurança 2 consiste, de preferência, em uma película portadora, a camada de metal, uma ou mais camadas de decoração opcionais e, opcionalmente, uma camada promotora de aderência que é provida no lado de cima e/ou no lado de baixo do elemento de segurança 2.

[00128] Além disso, também é possível que o elemento de segurança 2 seja provido por camadas do substrato 10, em particular se o documento de segurança 1 for um documento de segurança na forma de um cartão. Neste caso, o elemento de segurança consiste em uma camada de metal e uma ou mais camadas de decoração opcionais que executam as funções descritas a seguir.

[00129] O elemento de segurança 2 tem de preferência uma ou mais áreas 31, 32, 41 e 42 em que uma camada de metal é pelo menos provida nas áreas. Um relevo de superfície opticamente ativo é pelo menos moldado nas áreas na superfície da camada de metal que fica voltada para o lado de cima do documento de segurança e/ou na

superfície da camada de metal que fica voltada para o lado de baixo do documento de segurança 1. Em uma ou mais áreas 31 e 32, este relevo de superfície é formado neste caso por uma primeira estrutura de relevo que, em pelo menos uma direção determinada por um ângulo de azimute alocado, tem uma sequência de elevações e depressões, em que as elevações seguem umas às outras com um período  $P$  que é menor do que um comprimento de onda da luz visível. A estrutura mais precisa desta primeira estrutura de relevo é explicada a seguir outra vez com referência aos numerosos exemplos de modalidades. Em uma ou mais áreas 41 e 42, o relevo de superfície é formado por uma segunda e/ou estrutura de relevo adicional que é ou são selecionadas do grupo: estrutura de relevo de difração, estrutura de relevo holográfica, superfície espelhada, estrutura de esteira, macroestrutura, lente ou grade de microlentes. Além disso, também é possível que a segunda e/ou estrutura de relevo adicional não sejam moldadas em uma superfície de uma camada de metal em uma ou mais das áreas 41 e dos 42, mas, ao invés disso, seja moldada entre duas camadas transparentes do elemento de segurança 2 que diferem em termos do seu índice de refração por mais de 0,2, ou seja moldada na superfície de uma camada dielétrica de índice de refração baixo ou alto, por exemplo, uma camada de ZnS.

[00130] As áreas 32 e 42 sobrepõem neste caso a área de janela 12 pelo menos nas áreas, com o resultado que o elemento de segurança 2 nas áreas 32 e 42 é visível pelo menos nas áreas do lado de cima e do lado de baixo do documento de segurança 1. Nas áreas 32 e 42, o efeito óptico gerado pela primeira ou segunda estrutura de relevo é desse modo visível no caso da observação do lado de cima do documento de segurança 1, no caso da observação do lado de baixo do documento de segurança 1 e/ou no caso da observação na luz transmitida. As áreas 31 e 41 não são arrançadas de preferência na área de

janela 12. O efeito óptico formado pela primeira estrutura de relevo ou pela segunda estrutura de relevo nas áreas 31 ou 41 só é desse modo de preferência visível no caso da observação da luz refletida do lado da frente do documento de segurança 1.

[00131] Além disso, também é possível que o elemento de segurança 2 tenha ainda características de segurança adicionais, por exemplo, tenha uma cópia de segurança, uma ou mais camadas contendo pigmentos opticamente variáveis, uma ou mais camadas que contêm substâncias fluorescentes ou fosforescentes ou uma ou mais camadas que propiciam uma característica de segurança que pode ser lida por máquina, por exemplo, um código de barras, uma tira magnética, pigmentos que podem ser lidos por máquina, substâncias da característica ou etiquetas.

[00132] Tal como também é representado na Fig. 1a e na Fig. 1b, as áreas 31, 32, 41 e 42 representam as áreas do documento de segurança 1 ou do elemento de segurança 2 que resultam no caso de uma observação da vista superior do elemento de segurança 2, isto é, de áreas com respeito a uma observação perpendicular a um plano definido pelo lado de cima ou pelo lado de baixo do documento de segurança 1 ou do elemento de segurança 2. Isto também se aplica às outras áreas, zonas e áreas parciais neste caso descritas.

[00133] Além disso, o número das áreas 31, 32, 41 e 42 e seus tipos de moldagem são representados a título de exemplo na Fig. 1a, com o resultado que as áreas 31, 32, 41 e 42 podem ter outros formatos, podem ser providas em um outro número, e além disso também é suficiente se somente uma área 31 ou uma área 32 for provida no elemento de segurança 2.

[00134] A estrutura do elemento de segurança 2 em uma área parcial 31 é explicada a seguir a título de exemplo com referência à Fig. 2.

[00135] A Fig. 2 mostra uma seção de corte do elemento de segu-



rança 1 que tem um lado de cima 201 e um lado de baixo 202. Além disso, o elemento de segurança 2 tem uma camada de metal 21 – opcionalmente também somente provida parcialmente – em cuja superfície que fica voltada para o lado de cima 201 uma estrutura de relevo 61 é moldada e/ou em cuja superfície voltada para o lado de baixo 202 uma estrutura de relevo 61 é moldada. Tal como mostrado na Fig. 2, a estrutura de relevo 61 é neste caso moldada de preferência em ambas as superfícies da camada de metal 21.

[00136] Além da camada de metal 21, o elemento de segurança 2 também tem de preferência uma ou mais camadas não mostradas na Fig. 2, por exemplo, uma camada de replicação de verniz, uma ou mais camadas de verniz, uma ou mais camadas promotoras de aderência e um ou mais camadas de decoração adicionais.

[00137] A superfície superior da camada de metal 21 forma de preferência o lado de cima 201 do elemento de segurança 2, ou uma ou mais camadas do elemento de segurança 2 que são providas entre o lado de cima 201 e a camada de metal 21 são formadas – pelo menos nas áreas 31 – transparentes ou translúcidas e, pelo menos nas áreas 31, têm de preferência uma transmitância na faixa de comprimento de onda visível ao olho humano de mais de 30%, em particular de mais de 50%, e de preferência de mais de 80%.

[00138] Durante a produção do elemento de segurança 2, de preferência uma camada de verniz de replicação transparente é aplicada, por exemplo, a uma película portadora de preferência transparente, opcionalmente com uma camada promotora de aderência de preferência transparente interposta. Um relevo de superfície é moldado então pelo menos nas áreas na camada de verniz de replicação por meio de replicação com radiação UV ou por meio de calor/pressão. A estrutura de relevo 61 é moldada neste caso como primeira estrutura de relevo nas áreas 31 e 32, e opcionalmente as segundas estruturas de relevo

descritas acima são moldadas nas áreas 41 e 42. A camada de metal 21 é aplicada então, por exemplo, por meio de deposição de vapor a vácuo e opcionalmente estruturada padronizada por meio de um método de desmetalização. Em seguida, uma camada de verniz protetora de preferência transparente e/ou a camada de adesivo são opcionalmente aplicadas. Além disso, também é possível que uma ou mais outras camadas adicionais sejam introduzida no elemento de segurança 2 durante a fabricação do elemento de segurança 2, tal como já foi indicado acima.

[00139] A estrutura de relevo 61, em pelo menos uma direção determinada por um ângulo de azimute alocado, tem uma sequência de elevações 612 e depressões 614, cujas elevações seguem umas às outras com um período  $P$  que é menor do que um comprimento de onda da luz visível. A estrutura de relevo 61 tem uma profundidade de relevo  $t$  que é determinada pelo espaçamento dos máximos 613 das elevações 612 das estruturas de relevo 61 de uma superfície base, que é definida pelos mínimos 615 da depressão 614 da estrutura de relevo 61, em relação a uma direção perpendicular a esta superfície base.

[00140] A relação a seguir resulta da equação de difração, em que  $m$  refere-se à ordem de difração ( $m = 0, +1, +2\dots$ ),  $\theta_m$  ao ângulo de difração e  $\theta_{inc}$  ao ângulo da luz incidente:

$$\frac{m\lambda}{P} = \text{sen}\theta_m + \text{sen}\theta_{inc}$$

[00141] Se  $P < \lambda$  (e  $m$  não é igual a 0), os seguintes resultados disto no caso da incidência de luz perpendicular:

$$|\text{sen}\theta_m| = \left| \frac{m\lambda}{P} \right| > 1$$

[00142] Pode ser observado a partir disto que, no caso de um período  $P$  que fica entre  $\lambda$  e  $\lambda/2$ , em quase todas as situações de observação, uma difração da luz em ordens de difração mais elevadas não

ocorre mais e se  $P < \lambda/2$  uma difração em ordens de difração mais elevadas ocorre para nenhum ângulo mais, com o resultado que os fenômenos de difração "clássica" são somente de importância secundária.

[00143] A estrutura de relevo 61 é escolhida agora de maneira tal que o período  $P$  é escolhido para ficar na faixa entre 220 nm e 500 nm, em particular entre 220 nm e 400 nm e de preferência na faixa entre 220 nm e 350 nm. A profundidade  $t$  da estrutura de relevo 61 é escolhida de preferência para ficar entre 80 nm e 500 nm, em particular entre 100 nm e 400 nm e particularmente de preferência entre 150 nm e 300 nm.

[00144] A camada de metal 21 consiste de preferência em alumínio, cobre, ouro, prata, cromo ou uma liga com estes metais.

[00145] A espessura da camada de metal  $d$  é escolhida de preferência para ficar entre 10 nm e 100 nm, em particular entre 15 nm e 80 nm e particularmente de preferência entre 20 nm e 50 nm.

[00146] A estrutura de relevo 61 é de preferência formada por uma reticulação linear, uma reticulação cruzada, uma reticulação hexagonal, uma reticulação circular ou formatos de reticulação ainda mais complexos.

[00147] A impressão da cor ou o efeito da cor da estrutura de relevo 61 é visível na reflexão direta, isto é, na reflexão do espelho ou na condição que  $\alpha_{in} = \alpha_{ex}$ , em que  $\alpha_{in}$  é o ângulo da luz incidente 51 e  $\alpha_{ex}$  é o ângulo da luz direta 52, em relação às normais da superfície da superfície base 616, tal como mostrado na Fig. 2. De preferência, através de uma escolha correspondente da profundidade de relevo  $t$  e do formato de perfil da estrutura de relevo 61, uma mudança de cor claramente reconhecível também é gerada se o ângulo de incidência e o de emergência forem mudados ao mesmo tempo, por exemplo, de  $10^\circ$  para  $30^\circ$ . Tais mudanças da cor também podem ser facilmente verifi-

cada pelos leigos e também podem ser particularmente reconhecidas facilmente na luz difusa. Às vezes ocorre uma mudança de uma cor (por exemplo, vermelho) em outra (por exemplo, verde), às vezes ocorre uma mudança de uma cor intensa em particular com uma elevada saturação de cor (por exemplo, amarelo escuro) em uma cor fraca em particular com uma baixa saturação de cor (por exemplo, amarelo claro) e às vezes uma cor muda para uma impressão de cor prata, em particular acromática.

[00148] O formato de perfil da estrutura de relevo 61 é escolhida de preferência de maneira tal que as bordas no espectro da reflexão são relativamente intensas, em particular com uma mudança na refletância de mais de 10%, de preferência de mais de 15%, em uma faixa de comprimento de onda de 50 nm. O passo médio de pelo menos uma borda ou flanco no espectro de reflexão, portanto, é de preferência maior do que 2%/10 nm em uma faixa de comprimento de onda de pelo menos 50 nm. Além disso, o espectro de reflexão tem de preferência uma primeira área com uma largura de pelo menos 50 nm, com uma refletância de menos de 15%, de preferência de menos de 10% e uma segunda área com uma largura de pelo menos 10 nm e uma largura de no máximo 200 nm (borda da reflexão), com uma refletância que é pelo menos duas vezes tão alta, de preferência 2,5 vezes mais alta, do que na primeira área. Além disso, a segunda área tem pelo menos 20 nm de largura, e de preferência no máximo 150 nm de largura.

[00149] A reflexão de 100% neste caso é definida de preferência como a refletância medida da camada de metal em uma superfície lisa, isto é, não estruturada, com então as mesmas condições da estrutura (tal como, por exemplo, a camada de metal embutida ou na superfície, etc.).

[00150] Foi revelado agora de modo surpreendente que o formato

de perfil da estrutura de relevo 61 é de importância decisiva para obter impressões de cor claramente visíveis na reflexão direta. Isto é explicado agora em mais detalhes a seguir com referência à Fig. 4a a Fig. 4g:

[00151] A Fig. 4a mostra uma vista esquemática em 3D de uma estrutura de relevo 61 na forma de uma reticulação cruzada com um período  $P$  em uma direção  $x$  e uma direção  $y$  perpendicular à direção  $x$ , por exemplo, em cada caso 350 nm, bem como uma profundidade de relevo de, por exemplo, 200 nm. A estrutura de relevo 61 mostrada na Fig. 4a tem desse modo em uma sequência de elevações 612 e depressões 614 na direção  $x$  e na direção  $y$ . A distância entre os máximos 613 das elevações 612 e os mínimos 615 das depressões 614 define a profundidade de relevo neste caso. Os máximos 613 das elevações 612 neste caso representam em cada caso o ponto mais elevado ou, se as elevações tiverem uma superfície plana em seu ponto mais elevado, representam os pontos mais elevados das elevações 612. Os mínimos 615 das depressões em cada caso representam o ponto mais baixo das depressões ou os pontos mais baixos das depressões.

[00152] Aqui, baixo e elevado são relativos a uma observação de vista superior da superfície da camada de metal 21 em que a estrutura de relevo 61 é moldada, isto é, neste caso são relativos a uma observação do lado de cima do elemento de segurança 2. Neste sentido, a Fig. 4a mostra uma vista superior do lado de cima da camada de metal 21 do elemento de segurança 2.

[00153] Uma superfície base 616, que é uma superfície plana no caso mostrado na Fig. 4a, também é definida, tal como mostrado na Fig. 4a, pelos mínimos 615 das depressões. No entanto, também é possível que a superfície base 616 não seja formada por uma superfície plana, mas, ao invés disto, seja formada, por exemplo, de uma es-

trutura grosseira ou uma estrutura de esteira ou uma superfície dobrada ou curvada, tal como também é explicado de modo mais amplo mais adiante.

[00154] A Fig. 4b mostra uma vista superior esquemática da estrutura de relevo 61 de acordo com a Fig. 4a com as elevações 612, as depressões 614, os máximos 613 das elevações 612 e os mínimos 615 das depressões 614. Além disso, na Fig. 4b, são desenhados nos eixos das coordenadas x e y, que descrevem as direções em que as elevações 612 e as depressões 614 seguem umas às outras.

[00155] As Figuras 4c e 4d, assim como a Fig. 4f e Fig. 4g, ilustram agora um corte através da estrutura de relevo 61 de acordo com a Fig. 4a e a Fig. 4b ao longo da linha de corte S-S' ilustrada na Fig. 4b.

[00156] Na Fig. 4c e na Fig. 4d, assim como na Fig. 4f e na Fig. 4g, em cada caso uma seção de corte da estrutura de relevo 61 de acordo com a Fig. 4a e Fig. 4b com várias elevações 612 e depressões 614 é mostrada, em um plano de corte perpendicular à superfície base 616 e seguindo ao longo da linha S-S'.

[00157] Tal como mostrado na Fig. 4c e na Fig. 4d, as elevações 612 têm os máximos 613 e as depressões 614 têm os mínimos 615. Além disso, na Fig. 4c, a largura 618 das elevações 612 é desenhada em relação a uma distância  $t/2$  da superfície base 616 e, na Fig. 4d, a largura 618 das depressões 614 é desenhada do mesmo modo em relação a uma distância  $t/2$ . Ambas correspondem a "meio máximo da largura completa" (FWHM).

[00158] De modo surpreendente, foi agora mostrado que os formatos de perfil que são assimétricos com relação a uma reflexão especular na superfície base 616, e desse modo, em particularmente tal como já foi explicado acima, com seu formato de perfil refletido na superfície base, diferem em mais do que somente um deslocamento da fase, produzem impressões de cores muito mais fortes e estéticas para o

olho humano do que os formatos de perfil simétricos. Os formatos de perfil simétricos neste sentido são caracterizados por uma simetria espelhada na superfície base 616, isto é, no caso da modalidade de acordo com a Fig. 4a a Fig. 4d por uma simetria espelhada no plano  $x/y$ . O formato de perfil continua o mesmo no caso de tal estrutura de relevo com tal reflexão especular, a estrutura de relevo é deslocada somente pela metade de um período (vide o perfil sinusoidal A nas Figuras 4c e 4d). Os efeitos ópticos no caso da observação dos dois lados (sob as mesmas condições do ângulo e da iluminação) são desse modo os mesmos no caso desses formatos de perfil simétricos, se a camada de metal 21 for embutida em ambos os lados em um material com o mesmo índice de refração. Os formatos de perfil assimétricos neste sentido não têm esta simetria espelhada na superfície base 616 ou no plano  $x/y$ . Os formatos de perfil diferem claramente no caso da observação dos dois lados (vide, por exemplo, o perfil E nas Figs. 4c e 4d). Por exemplo, tal estrutura de relevo consiste em um arranjo de picos estreitos com vales largos quando observada de um lado e montes largos com vales estreitos e profundos quando observada do outro lado. De modo surpreendente, foi mostrado que os "platôs" formados desse modo, com respeito à geração dos plasmons, têm uma ação similar nos furos em uma camada de metal, que é provavelmente como as vantagens em relação aos formatos de perfil simétricos são obtidas. Para determinar a simetria de uma estrutura de relevo, a estrutura de relevo é refletida desse modo na superfície base 616 ou no plano  $x/y$  e então é verificado se o formato de perfil ainda é idêntico, isto é, corresponde ao formato de perfil não refletido, e desse modo a estrutura de relevo continua idêntica exceto quanto a uma mudança pela metade de um período. Os experimentos e as teorias (cálculos com base na chamada difração rigorosa) mostraram que o comportamento óptico de tais reticulações assimétricas difere quando a reticulação é obser-

vada dos dois lados.

[00159] Além disso, é vantajoso se a largura das elevações 612 ou das depressões 614 da estrutura de relevo, em relação a uma distância de  $t/2$  da superfície base, for pelo menos  $0,6 \times P$ , de preferência pelo menos  $0,7 \times P$ , ou no máximo  $0,4 \times P$ , em particular no máximo  $0,3 \times P$ . Isto é explicado na Fig. 4c e na Fig. 4d com respeito às estruturas de relevo 61 com vários formatos de perfil A a E.

[00160] A Fig. 4c ilustra agora a largura 618 das elevações 612 em relação a uma distância  $t/2$  da superfície base 616. Tal como ali mostrado, a largura 618 das elevações 612 é verificada neste caso na direção da sequência das elevações 612 e das depressões 614, a uma distância  $t/2$  da superfície base 616. O formato de perfil A tem uma largura 618 de  $0,5P$ , o formato de perfil B uma largura de  $0,57 \times P$ , o formato de perfil C uma largura de  $0,63 \times P$ , o formato de perfil D uma largura de  $0,69 \times P$  e o formato de perfil E uma largura de  $0,75 \times P$ . O formato de perfil A representa um formato de perfil que é simétrico no espelho com respeito a uma reflexão especular na superfície base 616 ou no plano x/y e que, tal como indicado acima, não deve ser de preferência escolhida neste caso. Os formatos de perfil B a E representam os formatos de perfil que são assimétricos no sentido acima e que são de preferência escolhidos.

[00161] A Fig. 4d mostra uma formação correspondente das estruturas de relevo 61 com formatos de perfil A a E, em que neste caso os formatos de perfil A a E são determinados por uma largura 618 correspondente das depressões 614 em relação a uma distância  $t/2$  da superfície base 616.

[00162] Foi mostrado agora que a largura 618 deve ser de preferência escolhida como sendo  $= 0,6 \times P$  ou  $= 0,4 \times P$ , em particular  $= 0,7 \times P$  ou  $= 0,3 \times P$ , a fim de gerar impressões de cor e/ou efeitos de cor que são particularmente esteticamente claros ao olho humano.



Além disso, a largura 618 deve ser de preferência escolhida para ficar na faixa de  $0,9 \times P$  a  $0,6 \times P$  ou de  $0,1 \times P$  a  $0,4 \times P$ , com mais preferência de  $0,85 \times P$  a  $0,7 \times P$ , ou de  $0,15 \times P$  a  $0,3 \times P$ .

[00163] Os cálculos baseados na chamada difração rigorosa com os formatos de perfil A a E da Fig. 4c resultaram nos espectros de reflexão representados na Fig. 4e para um exemplo de uma reticulação cruzada com os seguintes parâmetros e condições de iluminação:  $P = 300 \text{ nm}$ ,  $t = 150 \text{ nm}$ ,  $\alpha = 30^\circ$ ,  $\phi = 45^\circ$ .

[00164] Tal como pode ser visto, a refletância do formato de perfil simétrico A fica claramente acima de 10% quase na faixa espectral visível inteira. Isto resulta em uma impressão da cor clara de baixo contraste. Além disso, o pico de reflexão a cerca de 550 nm é formado muito estreito. A impressão da cor é um amarelo relativamente claro.

[00165] À medida que a largura 618 do formato de perfil aumenta – e desse modo à medida que a assimetria aumenta – o espectro da reflexão muda de maneira significativa. O pico da reflexão torna-se mais largo e os mínimos da reflexão tornam-se mais baixos (refletância < 10%), o que é necessário para uma cor de elevado contraste. O formato de perfil C mostra baixos mínimos da reflexão com reflexão de até somente 3%, por exemplo, em ambos os lados do pico a cerca de 550 nm, o que conduz a uma impressão de cor verde forte. Os formatos de perfil assimétricos, portanto, são os preferidos.

[00166] Cada uma dentre a Fig. 4f e a Fig. 4g mostra dois outros exemplos de variantes assimétrica de formato de perfil (linhas tracejadas e contínuas), os formatos de perfil F, G, H e I, Os formatos de perfil tracejados F e H foram deslocados na direção z para fins de melhor clareza. A Fig. 4f mostra exemplos dos formatos de perfil F e G com picos pronunciados nas elevações 612. A Fig. 4g mostra formatos de perfil assimétricos com um platô estreito nas elevações 612.

[00167] Além disso, de modo surpreendente, também foi mostrado

que uma impressão da cor e/ou um efeito de cor claramente reconhecíveis também podem ser obtidos na transmissão por meio da moldagem da estrutura de relevo 61 em uma camada de metal. Isto é ilustrado a seguir com referência à Fig. 3.

[00168] A Fig. 3 mostra uma seção de corte do elemento de segurança 2 na área 32. O elemento de segurança 2 é construído como tal como o elemento de segurança 2 de acordo com a Fig. 2 e tem desse modo a camada de metal 21 e a estrutura de relevo 61 que são moldadas na superfície superior e/ou na superfície inferior da camada de metal 21 e que, tal como já foi explicado acima com referência à Fig. 2 e à Fig. 4a à Fig. 4d, consiste em uma sequência de elevações 612 e depressões 614.

[00169] Ao contrário do exemplo da modalidade de acordo com a Fig. 2, a camada de metal 21 é escolhida neste caso de maneira tal que a camada de metal tem uma profundidade óptica OD na faixa de 0,5 a 2,5, em particular de 0,7 a 2,3 e particularmente de preferência de 1,0 a 2,0.

[00170] A unidade de profundidade óptica (OD) é verificada neste caso em relação a uma superfície não estruturada e desse modo lisa (corresponde a uma superfície espelhada). A seguinte relação existe neste caso entre a profundidade óptica OD e a transmitância T:

$$T = 10^{-(OD)}$$

[00171] Uma relação algorítmica existe desse modo entre a profundidade óptica e a transmitância T. Uma profundidade óptica igual a 1,0 corresponde a uma transmitância de 10% e uma profundidade óptica igual a 2,0 corresponde a uma transmitância de 1%.

[00172] De modo surpreendente, foi mostrado que a impressão da cor ou o efeito da cor da estrutura de relevo 61 é visível na transmissão direta, isto é, visível na condição que  $\alpha_{in} = \alpha_{ex}$  ou a luz incidente e a luz emergente ficam em uma linha (sem levar em consideração a

refração da luz dentro do elemento de segurança 2), em que  $\alpha_{in}$  é o ângulo da luz incidente 51 e  $\alpha_{ex}$  é o ângulo da luz transmitida 53 em relação à normal da superfície da superfície base 616.

[00173] Também neste caso, a profundidade de relevo  $t$  e o formato de perfil são de preferência escolhidos de maneira tal que uma mudança de cor claramente reconhecível pode ser reconhecida quando os ângulos de incidência e de emergência são mudados ao mesmo tempo, por exemplo, são mudados de  $0^\circ$  para  $20^\circ$ . Tais mudanças da cor também podem ser facilmente verificadas por um leigo.

[00174] É surpreendente o fato que tal efeito ocorre na transmissão no caso de uma camada de metal e além disso também que muito mais luz em uma faixa espectral da luz incidente é transmitida através das áreas da camada de metal 21 que são cobertos com a estrutura de relevo 61 do que através de uma área com superfícies espelhadas ou também com reticulações holográficas "normais". Esta diferença na transmitância resulta mesmo que a densidade de massa dos metais seja a mesma em todas as áreas. A estrutura de relevo 61 tem o efeito que uma área espectral da luz visível é de preferência transmitida, isto é, com uma intensidade mais elevada através da camada de metal 21, por meio do que a luz transmitida parece colorida. O espectro de transmissão neste caso é dependente, entre outras coisas, do ângulo do período  $P$  e da profundidade de relevo  $t$ , do formato de perfil, bem como do ângulo de iluminação e de observação. O espectro de transmissão, e desse modo também a impressão da cor, podem mudar no caso da inclinação (isto é, no caso de rotação em torno de um eixo que se encontra no plano transpassado pelo corpo de múltiplas camadas) e no caso de giro do elemento de segurança 2, por meio do que resultam os efeitos facilmente verificáveis já descritos acima.

[00175] A razão para a transmitância seletivamente aumentada na área 32 das estruturas de relevo 61 encontra-se provavelmente na ex-

citação dos plasmons pela luz incidente. Um campo elétrico com intensidade de campo aumentada é formado por este meio na vizinhança imediata da camada de metal. Os plasmons na "superfície limite superior" da camada de metal 21 excitam os plasmons na "superfície limite inferior" e, através deste acoplamento, aumentam a transmissão da luz transmitida. Através de uma escolha correspondente da espessura de camada da camada de metal, o que ocorre é que resulta tal acoplamento e desse modo a luz pode ser "canalizada" através da camada de metal 21.

[00176] Na transmissão e na reflexão, foi mostrado neste caso que os seguintes efeitos podem ser obtidos pela modificação dos parâmetros da estrutura de relevo 61:

[00177] Foi divulgado que as cores e os efeitos de cor gerados na reflexão direta ou na transmissão dependem bastante do período  $P$  da estrutura de relevo 61. À medida que o período  $P$  aumenta, o pico da reflexão ou a borda da reflexão ou o pico da transmissão e o deslocamento da borda da transmissão mudam para comprimentos de onda maiores nos espectros de reflexão ou de transmissão.

[00178] A Fig. 5a e a Fig. 5b mostram os dados de simulação calculados com base na chamada difração rigorosa, para a intensidade refletida ( $R^0$ ) e, respectivamente, transmitida ( $T^0$ ) como uma função do comprimento de onda  $\lambda$  e do período  $P$ . É tirada a média dos dados da simulação em relação à polarização de TE e TM e correspondem desse modo ao caso de iluminação e observação não polarizadas. O formato de perfil simétrico A foi usado. A borda de passagem elevada (relativamente lentamente crescente) da reflexão correlaciona com os picos na transmissão. Na Fig. 5a e na Fig. 5b a intensidade elevada é representada como clara e a intensidade baixa é representada como escura. A faixa de iluminação é representada de 0 a 70% para a reflexão e de 0 a 10% para a transmissão.

[00179] A Fig. 5c mostra agora um diagrama correspondente para três espectros simulados da reflexão para os períodos  $P = 250$  nm,  $P = 300$  nm e  $P = 350$  nm. Tal como é revelado nos três espectros de reflexão esboçados na Fig. 5c, a borda de reflexão nos três movimentos representados move-se pela faixa espectral visível e se desloca por cerca de 80 nm do período de 250 nm ao período de 350 nm. No entanto, o formato dos espectros também muda à medida que o período aumenta.

[00180] O período  $P$  pode desse modo ser usado para ajustar uma impressão de cor particular. Para uma otimização do contraste da cor, no entanto, para cada período o formato de perfil e a profundidade da reticulação devem ser adaptados. Isto não foi realizado na Fig. 5c, a fim de variar somente um parâmetro e mostrar o deslocamento de pico.

[00181] Nas Figuras 5d a 5f, a influência da escolha dos parâmetros da estrutura de relevo 61 nos efeitos ópticos que aparecem na reflexão é ilustrada ainda mais com referência a vários exemplos. A Fig. 5g mostra o efeito óptico na transmissão. Os dados nas Figuras 5d a 5g bem como 6c são espectros de reflexão medidos de modelos de película. O espectrômetro usado, AvaSpec-2048, é da Avantes. A iluminação ocorreu ao usar a fonte de luz branca Ls-1 com uma temperatura de cor de 3100°K da Ocean Optics por meio de fibras ópticas e uma cabeça de medição que pode ser usada para ângulos de incidência e emergência diferentes (isto é,  $\alpha = 8^\circ$  e  $\alpha = 30^\circ$ ). A referência escura foi medida contra uma superfície preta de esteira. A referência clara (100% definido) para a reflexão foi medida contra um espelho de alumínio. Para a transmissão, a luz incidente diretamente da fibra de iluminação na fibra de medição foi usada como referência de luz.

[00182] Uma reticulação cruzada assimétrica com um período  $P$  de 300 nm, uma profundidade de reticulação de 150 nm e uma largura

618 das depressões 614 de  $0,7 \times P$  é escolhida neste caso como a estrutura de relevo 61, a respeito disto, vide também as indicações referentes à Fig. 4a até Fig. 4d. Uma camada de alumínio com uma espessura  $d = 24$  nm é usada como camada de metal 21.

[00183] A iluminação e a medição de espectros de reflexão ocorrem no plano  $x/z$ , isto é, a um ângulo de azimute  $\Phi = 45^\circ$ . A respeito da definição dos eixos, é feita referência à Fig. 4a até Fig. 4d. A linha contínua mostra o espectro de reflexão medido na reflexão direta a um ângulo  $\alpha = 8^\circ$ , a linha tracejada a  $\alpha = 30^\circ$ .

[00184] Tal como pode ser reconhecido a partir da Fig. 5d, a  $\alpha = 8^\circ$  a luz a um comprimento de onda de cerca de 530 nm é refletida cada vez mais intensamente à medida que o comprimento de onda aumenta, ao passo que a refletância abaixo de 530 nm fica principalmente abaixo de 10%. Isto resulta em uma boa impressão de cor avermelhada sob condições usuais de observação. O espectro da reflexão medido a um ângulo de incidência de  $30^\circ$  (linha tracejada), por outro lado, mostra um pico de reflexão a um comprimento de onda de cerca de 535 nm bem como uma borda de reflexão acima de 600 nm. Este espectro resulta em uma impressão de cor verde metálica.

[00185] Além disso, um elemento da segurança com tal estrutura de relevo 61 também exhibe um efeito de cor no caso da rotação no plano  $x/y$ , isto é, quando o ângulo de azimute  $\Phi$  é mudado. Isto é mostrado na Fig. 5e. A Fig. 5e mostra os espectros de reflexão medidos a um ângulo  $\alpha$  de iluminação e de observação de  $30^\circ$ , em que a linha tracejada mostra o espectro em uma reticulação orientada pelo ângulo de azimute  $\Phi = 45^\circ$ , isto é, de acordo com o plano  $x/z$ , e a linha contínua mostra o espectro após a rotação através de  $45^\circ$ , isto é,  $\Phi = 0^\circ$ .

[00186] Tal como mostrado na Fig. 5e, um deslocamento claro do pico de reflexão de 535 nm para cerca de 600 nm deve ser reconhecido. A borda de reflexão também se desloca para comprimento de on-

das maiores. A impressão da cor muda do verde metálico ao amarelado.

[00187] Uma vez que a estrutura de relevo 61 escolhida tal como indicado acima é assimétrica, as impressões de cor que resultam no caso da observação do lado de cima 201 (pol. 1) e do lado de baixo 202 (pol. 2) também diferem como uma consequência. Isto é mostrado na Fig. 5f.

[00188] A Fig. 5f mostra dois espectros medidos a um ângulo  $\alpha$  de iluminação e de observação =  $8^\circ$ , bem como no caso de uma direção da vista no plano x/z ( $\Phi = 45^\circ$ ). A linha contínua representa o espectro no caso da observação da luz refletida do lado da frente (corresponde à situação da observação de acordo com a Fig. 5d) e a linha tracejada representa o espectro no caso da observação do lado de trás (pol. 2). A linha tracejada tem um pico de reflexão claro a cerca de 490 nm. Além disso, a borda de reflexão é deslocada por cerca de 25 nm a comprimentos de onda mais elevados e é um tanto menos agudamente pronunciada. Por causa do pico de reflexão, a impressão da cor no caso da observação do lado de trás é uma impressão menos forte da cor vermelha (desse modo um vermelho mais claro) do que no caso da observação do lado da frente. Pol. 1 é preferido neste exemplo.

[00189] A Fig. 5g mostra três espectros medidos na transmissão. A iluminação e a medição dos espectros de transmissão ocorrem a um ângulo de azimute  $\Phi = 0^\circ$ . Com respeito à definição dos eixos, é feita referência à Fig. 4a até Fig. 4d. A linha contínua mostra o espectro de transmissão medido na transmissão direta a um ângulo  $\alpha = 0^\circ$ , a linha tracejada mostra isto a  $\alpha = 25^\circ$  e a linha pontilhada mostra isto a  $\alpha = 45^\circ$ . Um deslocamento de pico da transmissão claro de 512 nm através de 587 nm a 662 nm deve ser reconhecido. A impressão da cor que estes picos de transmissão geram também é modificada pelas outras características espectrais, por exemplo, os picos ou os platôs en-

tre 450 nm e 500 nm. No total, estes espectros de transmissão resultam em uma mudança da cor de acinzentado ( $\alpha = 0^\circ$ ) através de cinzento ( $\alpha = 25^\circ$ ) a avermelhado ( $\alpha = 45^\circ$ ).

[00190] A impressão de cor na reflexão e na transmissão pode ser modificada de maneira significativa por uma camada adicional de HRI. Desse modo, o modelo de acordo com a Fig. 5d mostra, em vez da impressão da cor vermelha a  $\alpha = 8^\circ$ , uma impressão de cor verde escura, se uma camada de HRI de cerca de 60 nm de espessura feita, por exemplo, de ZnS, limitar a camada de alumínio no lado de observação. A espessura desta camada de HRI fica de preferência na faixa de 20 nm a 80 nm.

[00191] A Fig. 6a mostra uma formação adicional do elemento de segurança 2, em que os corantes e/ou as substâncias luminescentes são arranjados na vizinhança imediata da camada de metal 21.

[00192] A Fig. 6a mostra o elemento de segurança 2 com a camada de metal 21. Na área 31, a estrutura de relevo 61 é moldada na camada de metal 21 e uma segunda estrutura de relevo 62 ou uma superfície espelhada (não mostrada) são moldadas na área 41. Com respeito ao desenho da camada de metal 21 e da estrutura de relevo 61 e da estrutura da camada do elemento de segurança 2, é feita referência às indicações precedentes de acordo com a Fig. 1 até Fig. 5f. O elemento de segurança 2 de acordo com a Fig. 6a também tem uma outra camada 22 que contém um ou mais corantes e/ou substâncias luminescentes.

[00193] De modo surpreendente, foi mostrado que a impressão da cor e/ou o efeito da cor que são gerados pela estrutura de relevo 61 tal como descrito previamente também podem ser intensificados de maneira significativa e também ser espectralmente modificados, se um corante e/ou uma substância luminescente for localizado na vizinhança imediata da camada de metal 21. A vizinhança imediata neste caso



significa mais perto do que 2  $\mu\text{m}$ , em particular mais perto do que 1  $\mu\text{m}$ , com mais preferência mais perto do que 500 nm, e ainda com maior preferência mais perto do que 300 nm. O corante e/ou a substância luminescente neste caso são providos de preferência em uma camada dielétrica do elemento de segurança 2 que limita diretamente a camada de metal 21, tal como mostrado na Fig. 6a a título de exemplo com referência à camada 22. A camada dielétrica 22 neste caso pode ser uma camada aplicada à camada de metal 21, em particular formada padronizada. No entanto, também é possível que o corante ou a substância luminescente seja contido em uma camada que é introduzida no elemento de segurança 2 antes da aplicação da camada de metal 21. Desse modo, a camada 22 pode ser, por exemplo, uma camada de verniz de replicação ou uma camada aplicada a uma camada de verniz de replicação. Também é possível que a camada de verniz de replicação consista em uma pilha de duas ou mais camadas, das quais somente a camada superior, que forma a superfície limite para a camada de metal 21, é provida com o corante e/ou a substância luminescente. Isto tem a vantagem que a camada 22 pode ser escolhida como sendo muito fina, no entanto, a espessura total da camada de verniz de replicação fica em uma faixa de espessura usual, tal como foi provado que é de valia na produção. Alternativamente, a camada 22 também pode ser aplicada a vácuo, por exemplo, depositada a vapor ou depositada por meio de PECVD.

[00194] Os corantes e/ou as substâncias luminescentes dissolvidos são usados de preferência como corantes e/ou substâncias luminescentes. Em particular, o uso de corantes de complexos de metal provou ser de valia. Alternativamente, nanopartículas tais como, por exemplo, o quantum dot (QD), também são levadas em consideração, ou também materiais híbridos tais como, por exemplo, cristais de zeólito carregados com corante (tal como descrito, por exemplo, no docu-

mento de patente EP 1873202 A1). Além disso, o uso das seguintes substâncias luminescentes provou ser de valia: cumarinas, rodaminas e cianinas.

[00195] A camada 22 à qual um ou mais corantes ou substâncias luminescentes são adicionados é preferênciamente formada muito permeável à luz. Ela tem de preferênciamente uma transmitância de pelo menos 70%, em particular de 90%, na faixa de comprimento de onda de 400 a 700 nm. Para muitas aplicações é importante que a transparência da camada colorida 22 seja tão elevada que nenhum efeito do corante seja reconhecível nas áreas com a estrutura 62.

[00196] É vantajoso neste caso em particular se o corante ou a substância luminescente for principalmente arranjada na vizinhança imediata da superfície da camada de metal 21 em que a estrutura de relevo 61 é moldada. Isto é mostrado na Fig. 6a. De modo surpreendente, foi mostrado que em um arranjo de substâncias luminescentes e corantes na vizinhança imediata da superfície da camada de metal 21 em que a estrutura de relevo 61 é formada a absorção do corante ou a luminescência da substância luminescente é aumentada claramente. Isto deve provavelmente ser atribuído ao fato que uma intensidade de campo aumentada no campo próximo, isto é, até uma distância de cerca de um comprimento de onda da luz de excitação, é gerada pelos plasmons gerados pela estrutura de relevo 61. O campo elétrico (campo E) cai, tal como ilustrado na Fig. 6a, exponencialmente com a distância da superfície, isto é, na direção z. Isto conduz provavelmente a um aumento claro na absorção/luminescência dos corantes ou das substâncias luminescentes, se estes forem arranjados na vizinhança imediata, tal como indicado acima, da superfície da camada de metal 21 em que a estrutura de relevo 61 é moldada. Se a camada 22, tal como ilustrado na Fig. 6a, for desse modo desenhada de modo correspondente fina ou a distribuição da concentração de corante na ca-

mada 22 for escolhida de maneira tal que é principalmente arranjada na vizinhança imediata da camada de metal, os corantes ou as substâncias luminescentes da camada 22 contribuem principalmente para a intensificação do efeito acima mencionada, por meio do que permitem que os efeitos explicados a seguir sejam implementados de uma maneira particularmente notável. A Fig. 6b mostra o elemento de segurança de acordo com a Fig. 6a, com a diferença que a camada 22 é escolhida neste caso como sendo relativamente grossa. Mesmo se a quantidade total de corantes na camada 22 for escolhida como sendo a mesma nos exemplos da modalidade de acordo com a Fig. 6a e a Fig. 6b, então no caso da modalidade de acordo com a Fig. 6b muito menos corante ou substância luminescente é arranjado a uma distância com o campo E aumentado e a absorção ou a luminescência intensificadas ocorrem somente até uma extensão pequena, uma vez que o corante que está a uma distância de mais de um comprimento de onda da superfície da camada de metal 21 age principalmente como um filtro de cor "normal". Nos exemplos das modalidades de acordo com a Fig. 6a e a Fig. 6b, a luz refletida 54 ou 55 é influenciada de modo correspondente diferentemente pelo corante ou pela substância luminescente.

[00197] A espessura de camada da camada 22 deve ser de preferência escolhida particularmente de preferência para ficar na faixa de 20 nm a 2  $\mu$ m, em particular de 50 nm a 1  $\mu$ m e na faixa de 100 nm a 500 nm.

[00198] Numerosos efeitos ópticos notáveis e surpreendentes podem ser obtidos pela utilização do efeito descrito acima.

[00199] Se um corante que tem uma impressão de cor similar à estrutura de relevo 61 for usado, o seguinte efeito pode ser obtido: se um corante vermelho for aplicado, por exemplo, à camada de metal 21 em uma área com uma estrutura de relevo 61 que (sem corante) tenha

uma impressão de cor vermelha no caso da observação quase perpendicular e tenha uma impressão de cor verde no caso da observação inclinada (por exemplo, a 30°), então a impressão da cor vermelha é intensificada claramente. Se a concentração do corante vermelho na camada 22 for muito baixa, então a impressão de cor verde continua quase inalterada. No total, isto resulta em um efeito mais intensamente visível da inclinação da cor do vermelho ao verde. Foi mostrado que, para isto, a concentração do corante vermelho pode ser tão baixa que um espelho metálico que foi revestido do mesmo modo com a camada de cor parece quase inalterado, isto é, sem efeito de cor adicional ou máscara de cor. Isto tem a vantagem que a camada de cor pode ser aplicada sobre a superfície inteira e não precisa ser aplicada parcialmente e com registro exato em relação às áreas com a estrutura de relevo 61.

[00200] Alternativamente, um corante amarelo também pode causar uma intensificação do vermelho e da impressão da cor verde. Além disso, tal corante amarelo aplicado sobre a superfície inteira pode produzir a impressão de uma folha de ouro nas áreas sem a estrutura de relevo 61 se a concentração do corante for suficientemente alta. Dependendo da seleção do corante, a impressão da cor pode desse modo ser modificada de uma maneira visada.

[00201] Opcionalmente, o corante também pode ter ainda outras funções adicionais. Por exemplo, o corante pode ter propriedades fluorescentes, que podem ser examinadas ao usar um ponteiro laser simples. Se, por exemplo, o vermelho de Lumogen for usado como corante e o corpo de múltiplas camadas for irradiado por um ponteiro laser com o comprimento de onda 532 nm, então a cor do ponto de luz muda de verde (áreas sem o corante) para amarelo (áreas com o corante).

[00202] Alternativamente, o corante é aplicado, em particular a uma

concentração mais elevada, somente onde as estruturas da primeira área são replicadas, ou estas estruturas da primeira área são replicadas (com as tolerâncias de registro usuais) onde o corante está presente. Uma influência mais forte no efeito da cor é desse modo possível sem ao mesmo tempo tingir as áreas fora da primeira área reconhecíveis ao olho humano.

[00203] Isto é mostrado a título de exemplo na Fig. 6d: a Fig. 6d mostra o elemento de segurança 2 com a camada de metal 21 e com várias camadas adicionais opcionais, em particular uma camada de verniz de replicação, em particular uma camada de verniz de replicação transparente, provida debaixo da camada de metal 21, uma ou mais camadas adicionais, em particular camadas adicionais transparentes, por exemplo, uma camada de verniz de replicação, uma ou mais camadas de verniz e uma camada promotora de aderência. Na área 31 a estrutura de relevo 61 é moldada na camada de metal 21, e uma segunda estrutura de relevo 62 ou uma superfície espelhada é moldada na área 41. A respeito do desenho da camada de metal 21 e da estrutura de relevo 61 e da estrutura da camada do elemento de segurança 2, é feita referência às indicações precedentes de acordo com a Fig. 1 à Fig. 5f. O elemento de segurança 2 de acordo com a Fig. 6a também tem a camada 22 que contém um ou mais corantes e substâncias luminescentes. A respeito do desenho da camada 22, é feita referência às indicações precedentes, em particular a respeito da Fig. 6a à Fig. 6c. Tal como mostrado na Fig. 6d, a camada 22 é aplicada somente à camada de metal 21 na área 31 e aplicada desse modo somente à camada de metal 21 na área em que a estrutura de relevo 61 é moldada na camada de metal 21.

[00204] Além da aplicação parcial do corante na primeira área, também é possível aplicar o corante a concentrações diferentes dentro e fora da primeira área ou aplicar dois corantes diferentes dentro e fora

da primeira área.

[00205] Exatidão de registro ou precisão de registro refere-se à exatidão posicional de duas áreas de superfície e/ou camadas uma em relação à outra. Esta exatidão posicional é ajustada através das chamadas marcas de registro ou indicações de registro ou outros auxiliares técnicos, por exemplo, sensores ópticos. Dependendo dos processos usados, as tolerâncias de exatidão posicional, isto é, as tolerâncias do registro, diferem no tamanho e podem, por exemplo, variar dentro da faixa de alguns micrômetros a alguns milímetros.

[00206] Se a concentração for escolhida para ser muito mais elevada, então a impressão da cor vermelha da estrutura de relevo 61 também é maciçamente intensificada. No caso da observação inclinada, no entanto, a impressão da cor vermelha também pode então estar presente. Isto corresponde a uma cor vermelha estável que só é visível na área da estrutura de relevo 61, desse modo com registro exato em relação à área da estrutura de relevo 61. Desse modo, por exemplo, a camada 22 pode ser aplicada sobre a superfície inteira na área 31 e na área 41. Uma vez que o efeito de intensificação descrito acima não ocorre na área 41, se a concentração do corante e/ou da substância luminescente na camada 22 for escolhida para ser de modo correspondente baixa, a impressão da cor vermelha é desse modo não visível ou muito pouco visível ao observador humano na área 41, mas é visível na área 31 por causa do efeito de intensificação descrito acima. Desse modo, por exemplo, uma impressão da cor vermelha pode por este meio ser estruturada com uma exatidão de registro muito mais elevada do que é possível por meio de um método de impressão, e pode ser arranjada com um registro absolutamente exato em relação aos efeitos opticamente variáveis que são gerados, por exemplo, pelas segundas ou primeiras estruturas de relevo.

[00207] Se, por exemplo, for usado um corante que tem uma im-

pressão de cor diferente da estrutura de relevo 61, a impressão de cor do elemento de segurança 2 não é apenas intensificada, mas também é modificada. Se, por exemplo, um corante azul for aplicado a uma estrutura de relevo que pareça vermelha, então uma impressão de cor intensamente roxa pode ser gerada.

[00208] Além disso, também é possível que a cor do corante seja escolhida de maneira tal que combine com a cor da estrutura de relevo 61 que é gerada a um ângulo de reflexão maior (por exemplo  $\alpha_{in} = \alpha_{ex} = 30^\circ$ ). O que segue pode ser causado por este meio: se, por exemplo, a estrutura de relevo 61 causar uma mudança da cor em que as duas cores têm uma refletividade intensamente diferente (em que, por exemplo, a cor a  $\alpha_{in} = \alpha_{ex} = 0^\circ$  tem uma reflexão muito mais forte do que a cor que ocorre em  $\alpha_{in} = \alpha_{ex} = 30^\circ$ ), a cor do corante pode ser escolhida de maneira tal que combina com a mais fraca das duas cores. A visibilidade da impressão de cor mais fraca pode por este meio ser melhorada. Além disso, é possível aplicar a camada 21 modelada, por exemplo, na forma de um logo, um texto ou uma imagem, e escolher a cor do corante de maneira tal que combine com a cor que aparece quando o elemento de segurança 2 é girado. Desta maneira pode-se conseguir que, por exemplo, o logo ou a imagem apareçam de repente com intensidade luminosa maior quando o elemento de segurança 2 é girado.

[00209] A influência da camada 22 na impressão de cor do elemento de segurança 2 é ilustrada ainda na Fig 6c. A Fig. 6c mostra agora a impressão da cor do elemento de segurança 2 na reflexão sem corante (linha contínua) e com corante (linha tracejada) no caso de um desenho da estrutura de relevo 61 de acordo com a Fig. 5a à Fig. 5f. O ângulo de iluminação e o ângulo de observação são de  $8^\circ$ . neste caso, uma camada de 150 nm de polímero tingida foi aplicada densamente à camada de metal 21 feita de alumínio. A camada de polímero tem um

corante vermelho, ou seja, a tinta de teste Arcotest 42 mN, que é embutida em uma matriz de ácido poliacrílico e é diluída tão intensamente que uma área não estruturada da camada de metal, isto é, uma área espelhada, parece quase inalterada ao observador humano. Além disso, a transmitância da camada de polímero é escolhida de maneira tal que pelo menos 90% da luz visível incidente na faixa de comprimento de onda de 400 nm a 700 nm passa através da camada de polímero. No entanto, os dois espectros de reflexão medidos com e sem os corantes diferem de modo marcante, tal como mostrado na Fig. 6c. A interação do corante com a camada de metal com estrutura de relevo moldada 61 conduz, tal como mostrado na Fig. 6c, por um lado a um deslocamento da borda de alta passagem em cerca de 60 nm a comprimentos de onda mais elevados. Ao mesmo tempo, a intensidade refletida aumenta acima de um comprimento de onda de 600 nm. No total, um mínimo mais largo de reflexão e uma forma mais intensamente pronunciada da borda de reflexão, que resulta em um matiz vermelho mais forte. A  $\alpha = 30^\circ$  (não mostrado) a borda da reflexão muda do mesmo modo para comprimentos de onda maiores devido ao corante. Ao mesmo tempo, a intensidade do pico da reflexão a cerca de 535 nm é reduzida.

[00210] As Figuras 6e e 6f mostram os espectros de reflexão medidos de um exemplo de um elemento de segurança 2 que é provido com uma camada 22 que tem um corante a uma concentração tão elevada que o elemento de segurança 2 parece ser tingido. As Figs. 6e e 6f mostram agora a impressão de cor do elemento de segurança 2 na reflexão sem corante (linha contínua) e com corante (linha pontilhada) no caso de um desenho da estrutura de relevo 61 de acordo com a Fig. 5a a Fig. 5f. O ângulo de iluminação e o ângulo de observação são de  $8^\circ$  na Fig. 6e e de  $30^\circ$  na Fig. 6f. Neste caso, uma camada de polímero tingida cerca de 240 nm de espessura foi aplicada à



camada de metal 21 feita de alumínio. A camada de polímero tem um corante amarelo, em particular o Solvent Yellow 82, que é embutido em uma matriz de metacrilato de polimetila (PMMA). A concentração do corante amarelo é tão elevada que o elemento de segurança 2 se parece com o que é chamado de "folha de ouro" nas áreas sem a estrutura de relevo 61. Para fins de comparação, o espectro de reflexão do elemento de segurança 2 tingido medido a 8° em uma área sem o corante da estrutura de relevo – isto é, apenas corante no alumínio – deve ser visto em ambas as figuras como uma linha tracejada fina.

[00211] A interação do corante amarelo com a camada de metal com estrutura de relevo 61 moldada conduz, tal como mostrado na Fig. 6e, por um lado a uma intensidade maciçamente refletida mais elevada acima de um comprimento de onda de 560 nm. A borda do espectro de reflexão também é muito mais aguda. Por outro lado, a intensidade refletida abaixo de 500 nm é comprimida até abaixo da reflexão de 10%. Ambas resultam em uma impressão mais forte e um contraste mais rico da cor vermelha a este ângulo de observação de 8°. A um ângulo da observação de 30° ocorre do mesmo modo uma impressão de cor com um contraste mais forte e mais rico – neste caso verde – (Fig. 6f). O pico da reflexão relevante para a impressão de cor verde é deslocado ligeiramente para comprimentos de onda mais elevados e, acima de tudo, tem bordas mais agudas.

[00212] Através do uso de uma ou mais camadas 22 que contêm um ou mais corantes e/ou substâncias luminescentes, os efeitos explicados com referência à Fig. 7a e à Fig. 7b podem desse modo ser implementados:

[00213] A Fig. 7a e a Fig. 7b em cada caso mostram uma seção de corte do elemento de segurança 2 que tem várias áreas 31 e uma área de fundo 41 que cerca as mesmas. Nas áreas 31 – tal como indicado acima – a estrutura de relevo 61 é moldada na camada de metal 21 e

uma estrutura de relevo 62 diferente desta, por exemplo, uma estrutura holográfica, ou uma superfície espelhada, é moldada na área 41. A estrutura de relevo 61 pode ser idêntica nas áreas 31, ou pode diferir, por exemplo, diferir em termos do período P.

[00214] Tal como mostrado na Fig. 7b, uma primeira camada 22 também é arranjada nas áreas 81 e uma segunda camada 22 é arranjada na vizinhança da camada de metal 21, por exemplo, impressa sobre a camada de metal 21, em uma área 82. A camada 22 provida nas áreas 81 tem neste caso um primeiro corante e a camada 22 provida na área 82 tem um segundo corante, em que o primeiro corante e o segundo corante são corantes diferentes, que têm cores diferentes. Através da interação entre a estrutura de relevo 61 nas áreas 31 e os corantes das camadas 22 arranjadas nas áreas 81 e 82, resultam duas impressões de cores diferentes que, no entanto, são ficam limitadas precisamente à área da estrutura de relevo 61, isto é, às áreas 31. Esta ocorrência das impressões de cores fortes fica limitada na Fig. 7b às áreas de superfície identificadas em preto. As outras áreas do elemento de segurança 2, por exemplo, as áreas 41, são cobertas com as estruturas de relevo que não influenciam os corantes das camadas 22, com o resultado que nestas áreas que as camadas de efeitos de cores 22 não são visíveis ou então são parcamente visíveis. Para isto, a concentração dos corantes com as camadas 22 deve ser de preferência escolhida, tal como indicado acima, de maneira tal que as áreas que são impressas com estas camadas e não têm nenhuma estrutura de relevo formada como estrutura de relevo 61 ficam quase inalteradas, isto é, parecem não ser coloridas. Alternativamente, as áreas 81 e 82 com os corantes podem provar ser menores do que as áreas 31. No caso de replicação com precisão de registro nestas áreas 81 e 82, é por este meio possível assegurar que os corantes estejam somente presentes nas áreas 31 com a estrutura de relevo.

[00215] Além disso, as interações descritas acima entre os corantes ou substâncias luminescentes e as estruturas de relevo 61 também ocorrem na transmissão, com o resultado que os exemplos de modalidades acima de acordo com as Figuras 6a a 7b também podem ser transferidos de modo correspondente a um desenho do elemento de segurança de acordo com a Fig. 3.

[00216] Os parâmetros da estrutura de relevo 61, isto é, em particular o período  $P$ , o ângulo de azimute, a profundidade de relevo  $t$ , a área de superfície base e o formato de perfil, podem ser escolhidos de modo a serem constantes em toda a região de uma área 31 ou 32. Desse modo, é possível, por exemplo, que uma área 31 moldada no formato da letra "A" seja coberta, em uma área retangular, com uma estrutura de relevo 61 que pareça vermelha no caso da observação perpendicular e verde no caso da observação inclinada, isto é, em declive. Além disso, é provida uma área 32 moldada no formato de uma letra "B" que é coberta com uma estrutura de relevo 61 diferente que aparece amarela no caso da observação perpendicular, e em que esta cor desaparece quando inclinada. Além disso, é provida uma área de fundo 41 em que a estrutura de relevo é formada por uma estrutura de esteira. No caso da observação perpendicular, um vermelho "A" e um "B amarelo" aparecem desse modo contra um fundo cinzento.

[00217] Também é possível que um ou mais destes parâmetros variem na área 31 ou 32. Desse modo, é possível, por exemplo, que o período da estrutura de relevo 61 aumente ligeiramente outra vez da borda ao centro de uma área 31 ou 32 e então diminua ligeiramente para a borda oposta. A variação do período neste caso deve ser menor do que  $\pm 10\%$ , ainda melhor de menos de  $\pm 5\%$ , e em particular deve ficar entre 10, nm e 50 nm. Através de tal procedimento, os efeitos do movimento podem ser obtidos. Foi mostrado que a borda aguda e também o pico nos espectros de reflexão ou de transmissão da estru-

tura de relevo 61 se movem com um período de reticulação crescente para os comprimentos de onda maiores. Este deslocamento de pico ou o deslocamento de borda são utilizados para o efeito de movimento acima mencionado. Além disso, também é concebível que um efeito de movimento seja imitado pela variação do ângulo de azimute  $\Phi$ . No caso de reticulações cruzadas, no entanto, deve ser levado em conta o fato que o ângulo de azimute só pode ser variado entre  $0^\circ$  e  $45^\circ$ , e no caso de reticulações hexagonais somente entre  $0^\circ$  e  $30^\circ$ .

[00218] Além disso, também é possível que as áreas 31 e 32 compreendam uma ou mais zonas em que um ou mais dos parâmetros da primeira estrutura de relevo 61 são escolhidos para serem diferentes.

[00219] Desse modo, a Fig. 8a e a Fig. 8b em cada caso mostram uma área 35 que é moldada no formato de um "I" e um "F", respectivamente e que em cada caso é dividida em várias zonas 351, 352, 353 e 354. Nas zonas 351, 352, 353 e 354, em cada caso um ou mais dos parâmetros das estruturas de relevo 61 são escolhidos para serem diferentes, em particular o período P, a profundidade de relevo t ou o ângulo de azimute da estrutura de relevo 61. Além disso, também é possível que um ou mais dos parâmetros acima mencionados sejam variados distintamente nas respectivas zonas 351, 352, 353 e 354, tal como também já foi indicado previamente.

[00220] As zonas 351, 352, 353 e 354 também têm de preferência pelo menos uma dimensão lateral menor do que  $300\ \mu\text{m}$ , por exemplo, uma largura menor do que  $300\ \mu\text{m}$  e um comprimento de mais de 2 mm. Desta maneira, por exemplo, os efeitos do movimento em direções opostas também podem ser realizados nas áreas 35.

[00221] No caso de "I" da Fig. 8a, resulta um efeito de "barra de rolagem" em que uma faixa da cor parece se mover sobre o "I". Por exemplo, um núcleo avermelhado do "I" (com uma área externa amarelada ou esverdeada) pode se mover quando o corpo de múltiplas

camadas é inclinado na direção do ângulo de visão.

[00222] No caso de "F" da Fig. 8b, o efeito de "barra de rolagem" pode até mesmo ser desenhado de maneira tal que se mova da esquerda para a direita na barra vertical do "F" e de cima para baixo nas barras horizontais do "F". Estes são efeitos muito impressionantes, até mesmo para os leigos.

[00223] A Fig. 9a e a Fig. 9b também mostram uma área 36 do elemento de segurança 2 que consiste em duas zonas 361 e 362. Nas zonas 361 e 362, os parâmetros da estrutura de relevo 61 são escolhidos de maneira tal que estas áreas diferem em termos de suas propriedades da polarização. Desse modo, a Fig. 9c mostra a refletância de uma reticulação cruzada com um período de 300 nm e uma profundidade de 150 nm para o componente TEE-polarizado da luz refletida, bem como para o componente TM-polarizado da luz refletida (a um ângulo de observação de 25°). Quando o componente TE-polarizado é observado, uma impressão de cor substancialmente amarela aparece. Se o polarizador for girado em 90°, o componente de TM que aparece vermelho é visto. O espectro com a média calculada TE e TM é visto não polarizado. Quando observada sem polarizador, a impressão da cor da estrutura de relevo 61 é tipicamente muito similar a quase idêntico, no caso da rotação no plano x/y, isto é, independentemente do ângulo de azimute. Isto se aplica em particular às reticulações cruzadas. Quando observado resolvido através de um polarizador, este não é necessariamente o caso, com o resultado que também pode ser feito um desenho que, quando observado sem polarizador, tem uma superfície monocromática, mas, quando observado com polarizador, por outro lado, revela um item adicional de informação.

[00224] Para isto, a estrutura de relevo 61 nas zonas 361 e 362 é escolhida de maneira tal que o ângulo de azimute  $\Phi$  da estrutura de relevo 61 difere nas zonas 361 e 362, o ângulo de azimute  $\Phi$  na zona

362 é escolhido, por exemplo, para ser girado em pelo menos  $15^\circ$  em relação à zona 361. De preferência, quando as reticulações cruzadas são usadas, os ângulos de azimute  $\Phi$  nas zonas 361 e 362 são arranjados girados em cerca de  $45^\circ$  uns em relação aos outros.

[00225] Através deste procedimento, uma característica de segurança pode desse modo ser obtida em que, no caso da observação sem polarizador, uma área, por exemplo, a área 36, aparece em uma cor uniforme, mas, no caso da observação através de um polarizador um item da informação que se apresenta devido a uma coloração diferente se torna visível, desse modo, por exemplo a zona 361 aparece amarela e a zona 362 aparece vermelha.

[00226] Além disso, também é possível, através de um desenho correspondente da estrutura de relevo 61, integrar efeitos de brilho ou efeitos de bruxuleio na aparência colorida. Isto é ilustrado a seguir com referência à Fig. 10a a Fig. 10d.

[00227] A Fig. 10a e a Fig. 10b mostram uma área 37 que é composta de uma pluralidade de áreas parciais 371. As áreas parciais 371 têm de preferência um formato tão irregular quanto possível. Em cada uma das áreas parciais 371, os parâmetros da estrutura de relevo 61 são escolhidos de acordo com uma estrutura de relevo predeterminada que é selecionada de um conjunto de estruturas de relevo predefinidas pseudorrandomicamente para respectiva a área parcial 371. Várias estruturas de relevo, por exemplo, as estruturas de relevo G1, G2, G3 e G4, são predefinidas, as quais diferem, por exemplo, em termos de sua orientação do azimute e/ou seu período e sua profundidade de relevo. A partir deste conjunto de estruturas de relevo G1 a G4, para cada uma das áreas parciais 371, uma das estruturas de relevo G1 a G4 é então selecionada pseudorrandomicamente e uma estrutura de relevo correspondente é moldada como estrutura de relevo 61 na respectiva área parcial 371.

[00228] Além disso, tais efeitos de brilho também podem ser obtidos por meio do arranjo das áreas mostradas na Fig. 11.

[00229] A Fig. 11 mostra uma seção de corte de um elemento de segurança 2 que tem uma área, que consiste em uma pluralidade de áreas parciais 431, em que a estrutura de relevo 62 é moldada, e consiste em uma área 39 em que a estrutura de relevo 61 é moldada e que forma a área de fundo das áreas parciais 431. A estrutura de relevo 62 consiste de preferência em uma superfície espelhada ou em uma estrutura acromática, por exemplo, uma reticulação de fulgor, cuja orientação de azimute é escolhida randomicamente. Além disso, as áreas parciais 431 são arranjadas de preferência randomicamente na frente do fundo da área 39 e/ou escolhidas pseudorandomicamente em termos de sua orientação, por exemplo, a orientação de suas bordas longitudinais. O brilho metálico é adicionado por este meio à superfície da cor, que tem um efeito de alta qualidade similar às pinturas metálicas para carros.

[00230] Com respeito à formação da estrutura de relevo 61 na área 39, é feita referência às afirmações precedentes.

[00231] Além disso, também é possível que a estrutura de relevo 61 seja moldada nas áreas parciais 431 e que a estrutura de relevo 62 seja moldada na área 39.

[00232] Além disso, também é possível que o elemento de segurança 2 seja provido ao estampar uma área parcial de uma camada de transferência de uma película de transferência. A Fig. 12a mostra desse modo, a título de exemplo, uma película de transferência 3 com uma película portadora 25, uma camada de liberação 24, uma camada de verniz protetora 23, uma camada de verniz de replicação 27, a camada de metal 21, uma camada de verniz protetora 28 e uma camada de adesivo 26. A estrutura de relevo 61 é moldada na camada de metal 21. Com respeito ao desenho da camada de metal 21 e da estru-

ra de relevo 61 é neste caso feita referência às afirmações acima e em particular à Fig. 1 a Fig. 11.

[00233] A película de transferência 3, tal como mostrado na Fig. 12b, é então moldada por meio de uma matriz de gravação 9 na superfície de um substrato, por exemplo, do substrato 10 do documento de segurança 1. Após a estampagem, a película portadora 25 é então arrencada com as áreas da camada de transferência que não foram pressionadas contra ao substrato 10 pela matriz de gravação 9. Dois efeitos diferentes podem ser obtidos por este meio: desse modo, em primeiro lugar, a camada de metal 21 provida na área 33 por toda a superfície na película de transferência 3, com a estrutura de relevo 61 (vide a Fig. 12c), não é transferida completamente ao substrato 10, mas é transferida somente padronizada na área em que a matriz de gravação pressiona a película de transferência 3 contra ao substrato 10. Após a estampagem, por exemplo, resulta desse modo o desenho da camada de metal 21 mostrada na Fig. 12d, com a estrutura de relevo 61, isto é, a camada de metal 21 com a estrutura de relevo 61 são providos em uma área 34 no substrato 10 que é moldado, por exemplo, no formato do número "50". Além disso, dependendo do tipo de substrato, resulta o seguinte efeito: tal como indicado na Fig. 12b, a superfície do substrato 10 não tem de preferência uma superfície lisa e plana, mas tem uma superfície em que tem um determinado grau de aspereza de superfície, por exemplo, mostra uma aparência de esteira, ou em que uma estrutura grosseira já está moldada. A pressão de estampagem com a qual a matriz de gravação 9 pressiona agora a película de transferência 3 contra o substrato 10 é agora de preferência escolhida de maneira tal que a superfície base 616 da estrutura de relevo 61 é deformada de acordo com a estrutura de relevo da superfície do substrato 10, por exemplo, é deformada do mesmo modo no formato de uma estrutura de esteira ou uma estrutura grosseira. Foi mostra-



do que, através de tal procedimento, por exemplo, o ângulo de visão em que os efeitos de cor da estrutura de relevo 61 na área 34 são visíveis pode ser aumentado de maneira significativa, ou que, adicionalmente, movimentos de movimento, mudança de forma (deformação) ou 3D podem ser introduzidos desta maneira no elemento de segurança 2 pela escolha correspondente de uma estrutura grosseira.

[00234] Alternativamente, também é possível processar um elemento de segurança 2 com a camada de metal 21 e a estrutura de relevo 61 moldada na mesma em uma operação adicional por meio de uma matriz de gravação cega, em cuja superfície de estampagem uma estrutura grosseira ou a estrutura de esteira é moldada. Também neste caso, a pressão de estampagem com a qual a matriz de gravação cega é pressionada contra o elemento de segurança 2 é escolhida de preferência de maneira tal que a superfície base da estrutura de relevo 61 é deformada de acordo com a estrutura grosseira ou a estrutura de esteira da matriz de gravação cega, por meio do que as vantagens descritas acima também podem ser obtidas por este procedimento.

[00235] Além disso, também é possível desenhar a estrutura de relevo 61, mesmo durante a produção do elemento de segurança 2, de maneira tal que a superfície base da estrutura de relevo 61 não tem a forma de uma superfície plana, mas tem a forma de uma estrutura grosseira ou uma estrutura de esteira. No entanto, a profundidade de tais estruturas é normalmente muito menor do que pode ser obtido no caso de gravação cega. A Fig. 13 mostra, a título de exemplo, uma seção de corte de um elemento de segurança 2 com a camada de metal 21 em que tal estrutura de relevo 61 é moldada. Com respeito ao desenho do elemento de segurança 2, é feita referência às afirmações precedentes de acordo com a Fig. 1 à Fig. 11. Em uma área 38, a superfície base 616 da estrutura de relevo 61, tal como mostrado na Fig. 13, é moldada agora não como um plano, mas na forma de uma estru-

tura grosseira, por meio do que os efeitos descritos acima podem ser obtidos.

[00236] Além disso, também é possível obter efeitos de movimento e efeitos de brilho pelo seguinte procedimento: uma área ou várias áreas do elemento de segurança 2 têm uma pluralidade de áreas parciais, em que cada uma das áreas parciais tem uma dimensão mínima de 3  $\mu\text{m}$  e uma dimensão máxima de menos de 300  $\mu\text{m}$ . A Fig. 14a mostra, a título de exemplo, a seção de corte de tal área do elemento de segurança 2 com uma pluralidade de áreas parciais 30.

[00237] Nas áreas parciais 30, a estrutura de relevo 61 é moldada agora na camada de metal 21. Para cada uma das áreas parciais 30, um ou mais dos parâmetros da estrutura de relevo 61 e/ou da área parcial 30 também são variados pseudorrandomicamente. É particularmente vantajoso neste caso variar pelo menos um dos parâmetros: formato da área parcial, tamanho da área parcial, posição da área do centro de área da área parcial, ângulo de inclinação da superfície base 616 da estrutura de relevo 61 em relação a um plano base, ângulo de rotação da superfície base 616 da estrutura de relevo 61 em torno de um eixo perpendicular ao plano base, ângulo de azimute da estrutura de relevo 61, período P da estrutura de relevo, pseudorrandomicamente dentro de uma faixa de variação respectivamente predefinida. A Fig. 14b ilustra desse modo, por exemplo, uma variação pseudorrandômica correspondente do ângulo de inclinação da superfície base 616 da estrutura de relevo 61 para as áreas parciais 30.

[00238] Fora das áreas parciais 30 a estrutura de relevo 61 não é moldada de preferência na camada de metal 21. Nestas áreas, a estrutura de relevo 62 é de preferência moldada, ou a camada de metal 21 não é provida nestas áreas, com o resultado que nestas áreas nenhuma ação óptica é desenvolvida pela camada de metal 21.

## REIVINDICAÇÕES

1. Corpo de múltiplas camadas (1, 2, 3), em particular um elemento de segurança para documentos de segurança, com um lado de cima (201) e um lado de baixo (202), em que o corpo de múltiplas camadas tem uma camada de metal (21), em que em uma primeira superfície da camada de metal (21) que fica voltada para o lado de cima (201) do corpo de múltiplas camadas ou que forma o lado de cima do corpo de múltiplas camadas e/ou em uma segunda superfície da camada de metal (21) que fica voltada para o lado de baixo (202) do corpo de múltiplas camadas ou que forma o lado de baixo do corpo de múltiplas camadas um relevo de superfície opticamente ativo é moldado pelo menos nas áreas, em que em pelo menos uma primeira área (31 a 39) do corpo de múltiplas camadas do relevo de superfície é formada por uma primeira estrutura de relevo (61) que, em pelo menos uma direção (617) determinada por um ângulo de azimute alocado, tem uma sequência de elevações (612) e de depressões (614), cujas elevações (612) seguem umas as outras com um período  $P$  que é menor do que um comprimento de onda da luz visível, em que os mínimos (615) das depressões (614) ficam em uma superfície base e a primeira estrutura de relevo (61) tem uma profundidade de relevo  $t$  que é determinada pelo espaçamento dos máximos (613) das elevações (612) da primeira estrutura de relevo (61) da superfície base (616) em uma direção perpendicular à superfície base (616), e em que o formato de perfil e/ou a profundidade de relevo  $t$  da primeira estrutura de relevo (61) são escolhidos de maneira tal que a aparência colorida (52, 53) da luz incidente na primeira área (31 a 39) pelo menos em um primeiro ângulo de incidência e refletido diretamente pela camada de metal (21) na primeira área ou transmitido diretamente através da camada de metal é modificada, e em particular é modificada pela ressonância plasmônica da camada de metal com a

luz incidente,

**caracterizado** pelo fato de que

a primeira estrutura de relevo (61) tem um formato de perfil que é assimétrico com relação a uma reflexão especular na superfície base (616), e

sendo que a largura (618) das elevações (612) ou das depressões (614) da primeira estrutura de relevo (61), em relação a uma distância  $t/2$  da superfície base (616), é de pelo menos  $0,6 \times P$ , de preferência de  $0,7 \times P$ , ou no máximo de  $0,4 \times P$ .

2. Corpo de múltiplas camadas (1, 2, 3) de acordo com a reivindicação 1, **caracterizado** pelo fato de que o formato de perfil e/ou a profundidade de relevo  $t$  da primeira estrutura de relevo (61) são escolhidos de maneira tal que a camada de metal (21), no caso da reflexão direta para a luz (51) incidente ao primeiro ângulo de incidência, na primeira área (31 a 39), em uma primeira faixa espectral visível ao olho humano com uma largura de pelo menos 50 nm, tem uma refletância de menos de 15%, em particular de menos de 10%, e em uma segunda faixa espectral visível ao olho humano com uma largura de 10 nm e no máximo de 200 nm, em particular de 20 nm a 150 nm, tem uma refletância que é pelo menos duas vezes tão alta, de preferência pelo menos 2,5 vezes, com mais preferência pelo menos 3 vezes e em particular 4 vezes mais alta, em relação ao valor médio da refletância na primeira faixa espectral, e/ou o formato de perfil e/ou a profundidade de relevo  $t$  da primeira estrutura de relevo (61) é escolhidos de maneira tais que a um segundo ângulo de incidência diferente do primeiro ângulo de incidência a aparência colorida da luz refletida diretamente pela camada de metal na primeira área parcial ou transmitida diretamente através da camada de metal é modificada distintamente e, em particular, cores diferentes aparecem a estes ângulos de incidência no caso da observação da luz refletida e no

caso da observação da luz transmitida.

3. Corpo de múltiplas camadas (1, 2, 3) de acordo com qualquer uma das reivindicações precedentes, **caracterizado** pelo fato de a inclinação de borda da primeira estrutura de relevo (61), em relação a uma distância  $t/2$  da superfície base (616), fica entre  $60^\circ$  e  $90^\circ$ , e em particular entre  $70^\circ$  e  $85^\circ$ , e/ou a inclinação de borda da primeira estrutura de relevo (61), em relação a cada distância entre  $t/4$  e  $3/4 t$  da superfície base (616), fica entre  $40^\circ$  e  $90^\circ$ , e em particular entre  $50^\circ$  e  $85^\circ$ , e/ou a inclinação de borda da primeira estrutura de relevo (61), em relação a cada distância entre 0 e  $t/4$  e/ou entre  $t \times 3/4$  e  $t$  da superfície base (616), fica entre  $0^\circ$  e  $50^\circ$ , e em particular entre  $0^\circ$  e  $40^\circ$ .

4. Corpo de múltiplas camadas (1, 2, 3) de acordo com qualquer uma das reivindicações precedentes, **caracterizado** pelo fato de que a espessura de camada  $d$  da camada de metal (21) na área das bordas da primeira estrutura de relevo (61), em relação a uma distância de  $t/2$  da superfície base (616), é reduzida em pelo menos 30%, com mais preferência em pelo menos 50%, em comparação com a espessura da camada de metal na área dos máximos (613) das elevações e/ou dos mínimos (615) das depressões (614).

5. Corpo de múltiplas camadas (1, 2, 3) de acordo com qualquer uma das reivindicações precedentes, **caracterizado** pelo fato de que o período  $P$  da primeira estrutura de relevo (61) fica entre 200 nm e 500 nm, em particular entre 250 nm e 450 nm e de preferência entre 250 nm e 400 nm, e/ou a profundidade de relevo  $t$  da primeira estrutura de relevo (61) fica entre 80 nm e 500 nm, em particular entre 100 nm e 400 nm, e de preferência entre 200 nm e 300 nm.

6. Corpo de múltiplas camadas (1, 2, 3) de acordo com qualquer uma das reivindicações precedentes, **caracterizado** pelo fato de que na primeira área a camada de metal (21) tem uma espessura

de camada entre 10 nm e 100 nm, de preferência entre 15 nm e 80 nm, e com mais preferência entre 20 nm e 50 nm, e/ou na primeira área a camada de metal (21) tem uma espessura de camada  $d$  que corresponde a uma profundidade óptica entre 0,5 e 2,5, em particular entre 0,7 e 2,3, e de preferência entre 1,0 e 2,0.

7. Corpo de múltiplas camadas (1, 2, 3) de acordo com qualquer uma das reivindicações precedentes, **caracterizado** pelo fato de que o relevo de superfície em uma ou mais segundas áreas (41, 42) e/ou outras áreas é formado por uma segunda e/ou outra(s) m estrutura(s) de relevo que é ou são selecionadas do grupo: estrutura de relevo de difração, estrutura de relevo holográfica, superfície espelhada, estrutura de esteira, macroestrutura, lente, grade de microlentes.

8. Corpo de múltiplas camadas (2) de acordo com qualquer uma das reivindicações precedentes, **caracterizado** pelo fato de que na primeira área (38) ou em pelo menos uma das primeiras áreas a superfície base (616) da primeira estrutura de relevo (61) é formada por uma estrutura grosseira, em particular uma estrutura de esteira.

9. Corpo de múltiplas camadas (1, 2, 3) de acordo com qualquer uma das reivindicações precedentes, **caracterizado** pelo fato de que na primeira área (31) ou em pelo menos uma das primeiras áreas o corpo de múltiplas camadas tem corantes e/ou substâncias luminescentes que são arrançados a menos de 2  $\mu\text{m}$ , em particular menos de 1  $\mu\text{m}$ , de preferência a menos de 500 nm, com mais preferência a menos de 300 nm, afastados da primeira superfície e/ou da segunda superfície da camada de metal (21).

10. Corpo de múltiplas camadas (1, 2, 3) de acordo com qualquer uma das reivindicações precedentes, **caracterizado** pelo fato de que o corpo de múltiplas camadas tem pelo menos uma primeira camada (22) que limita a primeira superfície da camada de metal (21)

e/ou uma segunda camada (23) que limita a segunda superfície da camada de metal (21), em que a segunda camada tem corantes e/ou substâncias luminescentes, em que a primeira e/ou segunda camada cobre de preferência a primeira superfície ou a segunda superfície da camada de metal nas áreas ou por toda a superfície na primeira área ou em pelo menos uma das primeiras áreas em que a primeira estrutura de relevo é moldada na primeira ou segunda superfície.

11. Corpo de múltiplas camadas de acordo com a reivindicação 10, **caracterizado** pelo fato de que a primeira camada e/ou a segunda camada são aplicadas à primeira superfície ou à segunda superfície da camada de metal somente na primeira área, ou a primeira camada e/ou a segunda camada são aplicadas à primeira ou segunda superfície da camada de metal somente nas áreas da primeira superfície ou da segunda superfície em que a primeira estrutura de relevo é moldada na primeira superfície ou na segunda superfície, em particular a primeira camada (22) e/ou a segunda camada (23) têm uma espessura de camada entre 50 nm e 1  $\mu$ m e de preferência entre 20 nm e 2  $\mu$ m, e em particular entre 100 nm e de 500 nm.

12. Corpo de múltiplas camadas (1, 2, 3) de acordo com qualquer uma das reivindicações 10 ou 11, **caracterizado** pelo fato de que a concentração do corante e/ou das substâncias luminescentes na primeira camada (22) e/ou na segunda camada (23) é escolhida de maneira tal que a sua ação óptica em uma segunda área (41) em que o relevo de superfície é formado por uma superfície espelhada, em uma estrutura de difração, em uma macroestrutura ou em uma estrutura de esteira, não é visível ao observador humano a uma distância de observação de mais de 30 cm e sob uma iluminação com uma iluminância de menos de 10.000 LUX, e/ou a cor do corante e/ou da substância luminescente da primeira e/ou segunda camada é

escolhida de maneira tal que a sua cor, ou a sua cor quando excitada, corresponde à cor gerada pela primeira estrutura de relevo para um ângulo de incidência particular da luz incidente na reflexão ou transmissão direta ou difere destas cores.

13. Método para produzir um elemento de segurança (1, 2, 3) **caracterizado** pelo fato de que compreende:

a fabricação de um corpo de múltiplas camadas que compreende uma camada de metal (21) com um relevo de superfície opticamente ativo moldado em uma primeira superfície e/ou em uma segunda superfície oposta à primeira superfície, em que, em pelo menos uma primeira área (31 a 39) do corpo de múltiplas camadas, o relevo de superfície é formado por uma primeira estrutura de relevo (61) que, em pelo menos uma direção determinada por um ângulo de azimute alocado, tem uma sequência de elevações (612) e de depressões (614), cujas elevações seguem umas às outras com um período P que é menor do que um comprimento de onda da luz visível, em que os mínimos (615) das depressões (614) define uma superfície base (616) e a primeira estrutura de relevo (61) tem uma profundidade de relevo t que é determinada pelo espaçamento dos máximos (613) das elevações (612) da estrutura de relevo da superfície base (616) em uma direção perpendicular à superfície base, e em que o formato de perfil e/ou a profundidade de relevo t da primeira estrutura de relevo (61) são escolhidos de maneira tal que a aparência colorida (52, 53) da luz incidente na primeira área (31 a 39) pelo menos a um primeiro ângulo de incidência e refletido diretamente pela camada de metal (21) na primeira área ou transmitido diretamente através da camada de metal é modificado, e em particular é modificado pela ressonância plasmônica da camada de metal com a luz incidente,

sendo que a primeira estrutura de relevo (61) tem um formato de perfil que é assimétrico com relação a uma reflexão



especular na superfície base (616),

sendo que a largura (618) das elevações (612) ou das depressões (614) da primeira estrutura de relevo (61), em relação a uma distância  $t/2$  da superfície base (616), é de pelo menos  $0,6 \times P$ , de preferência de  $0,7 \times P$ , ou no máximo de  $0,4 \times P$ .

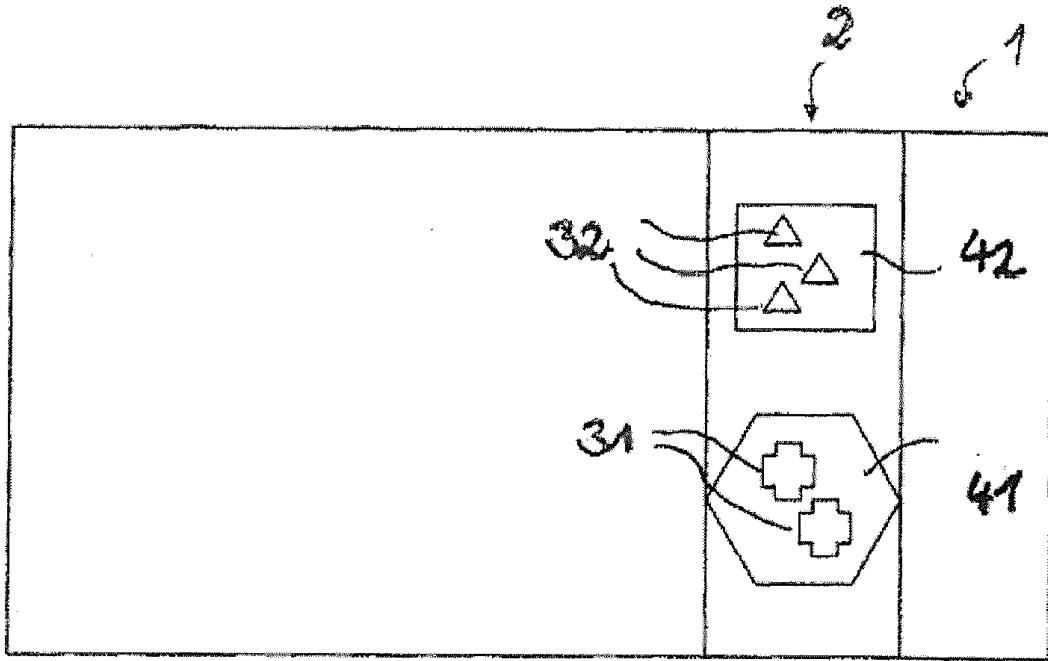


Fig. 1a

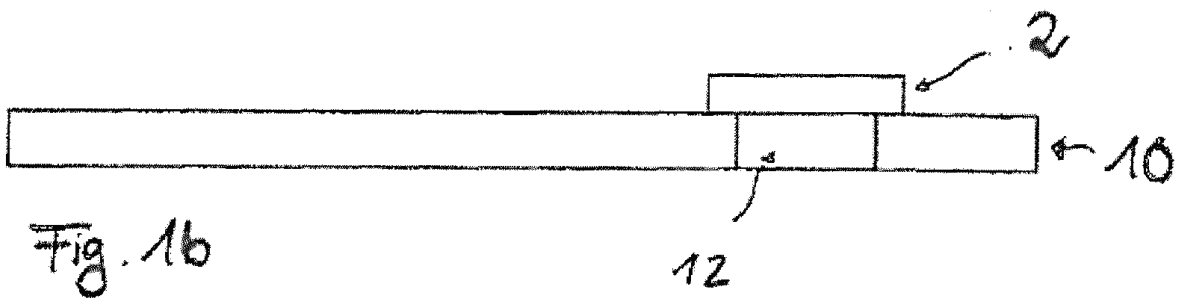


Fig. 1b

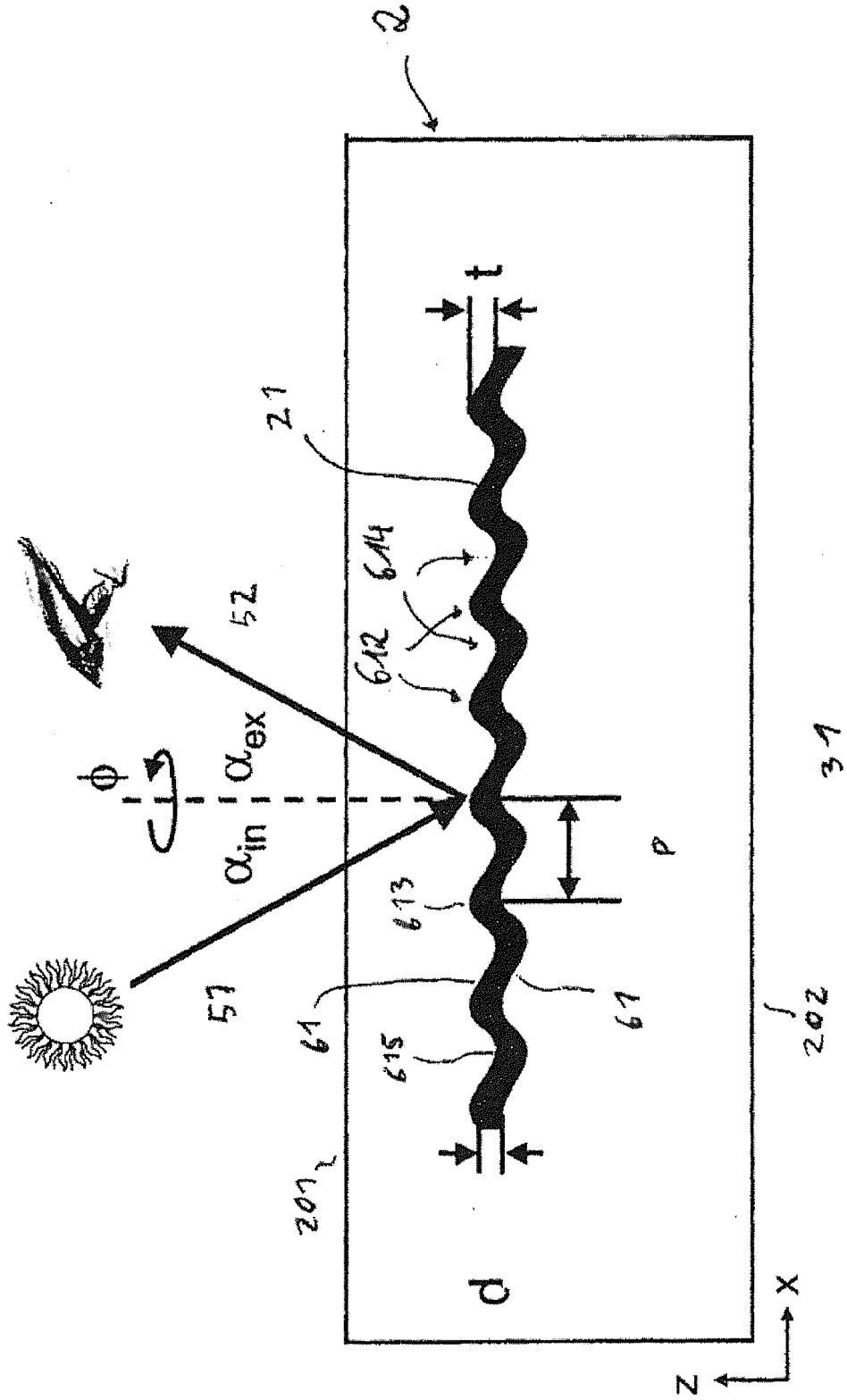


Fig. 2

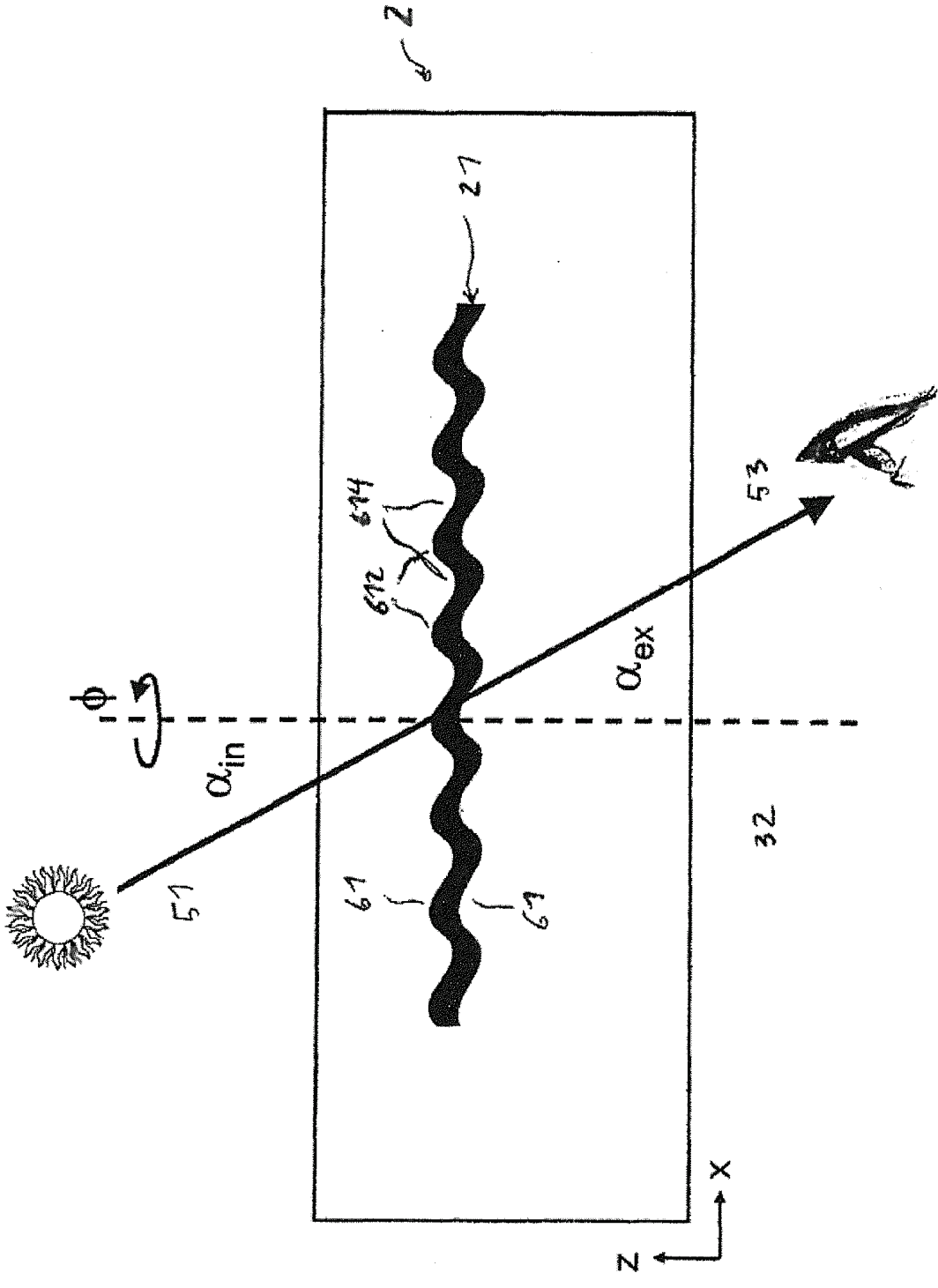


Fig. 3

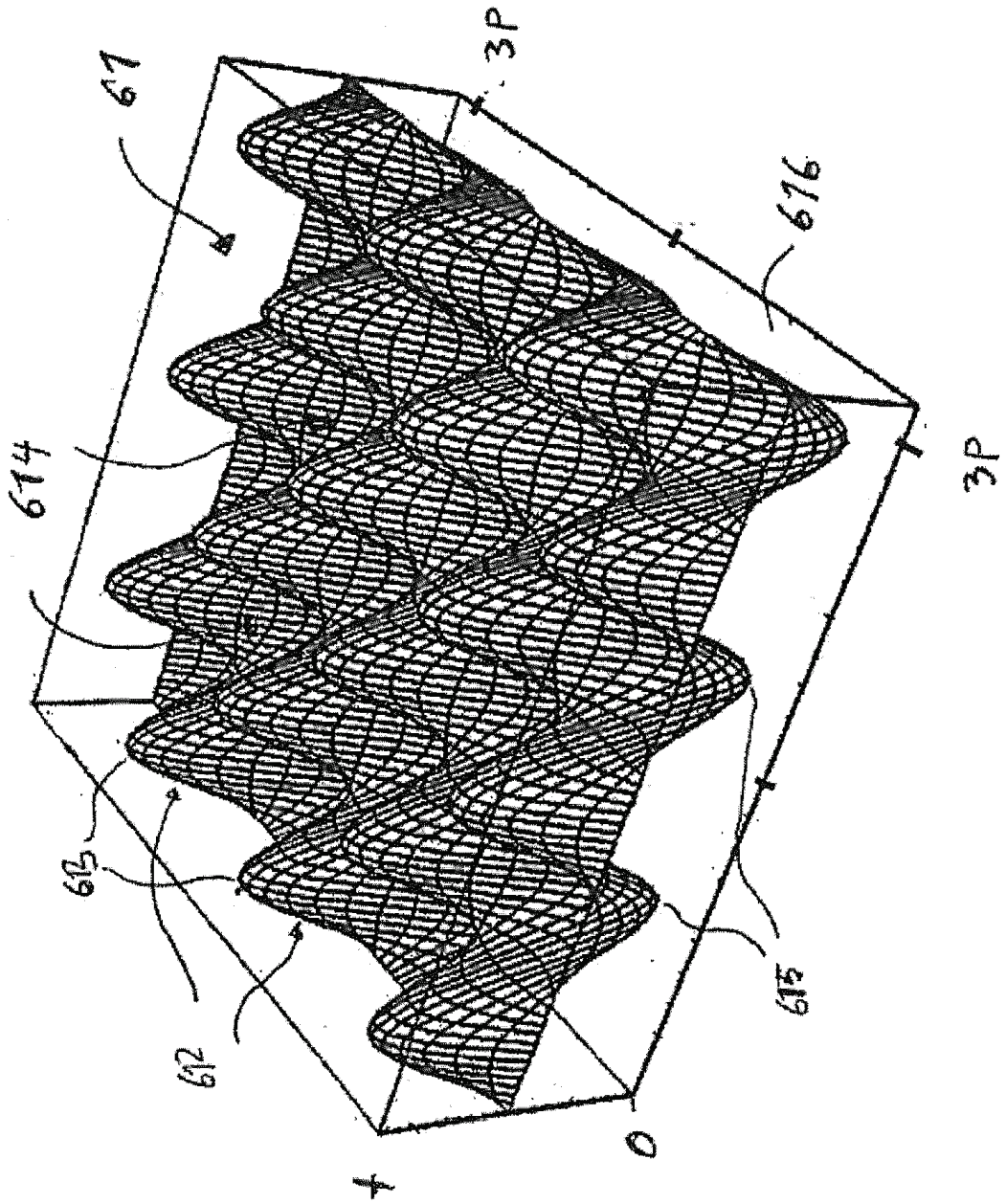


Fig. 4a

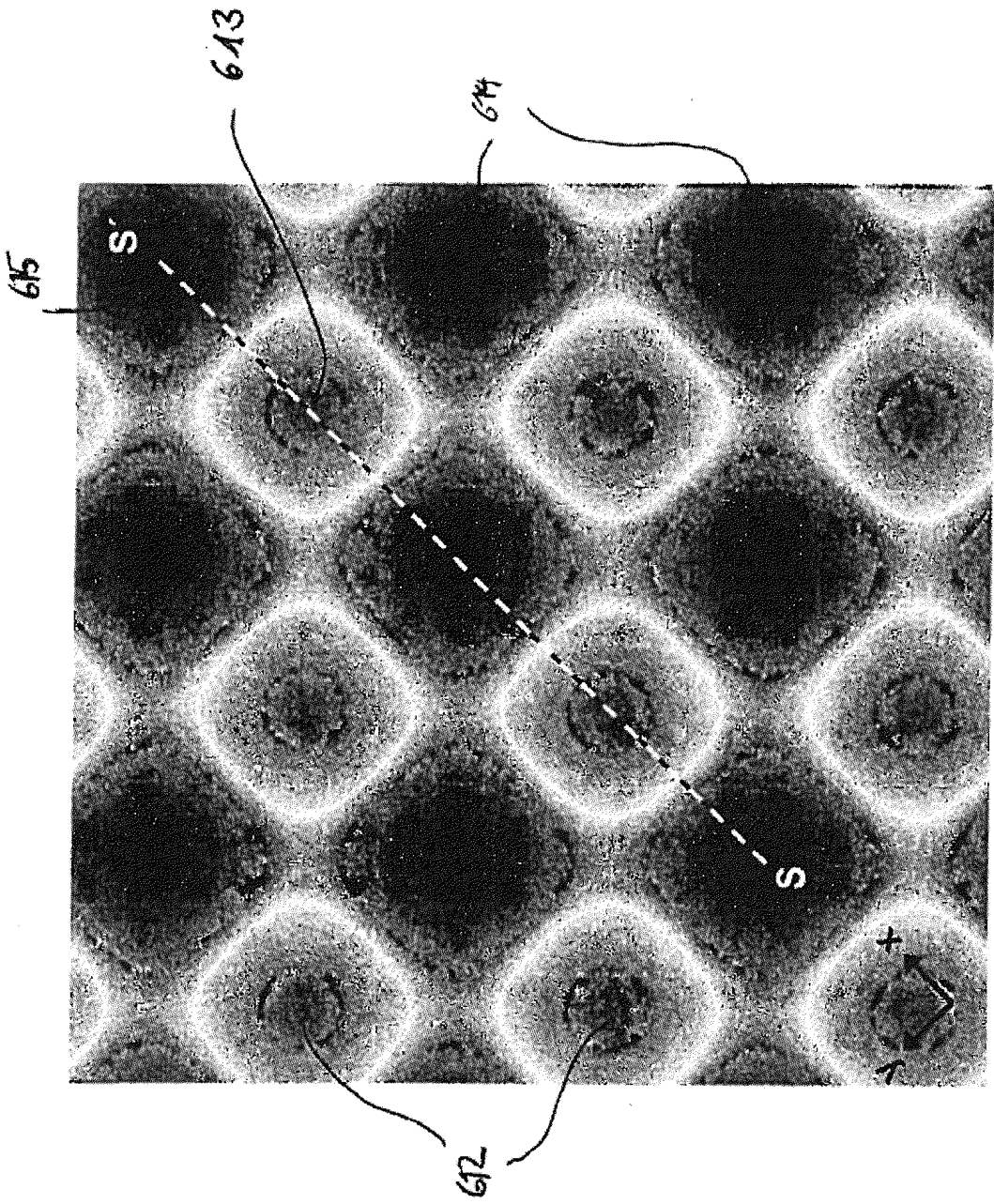


Fig. 4b

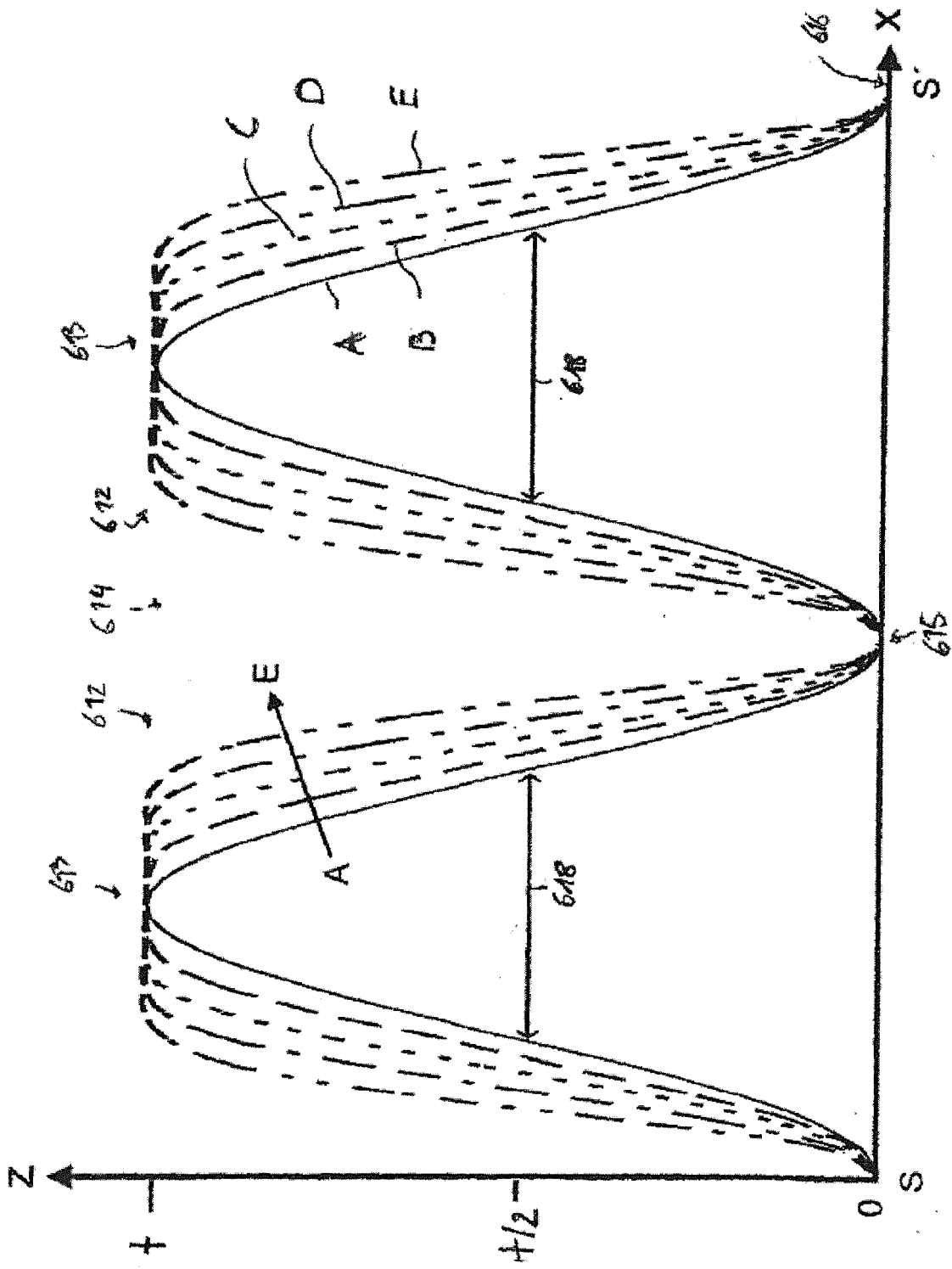


Fig. 4c

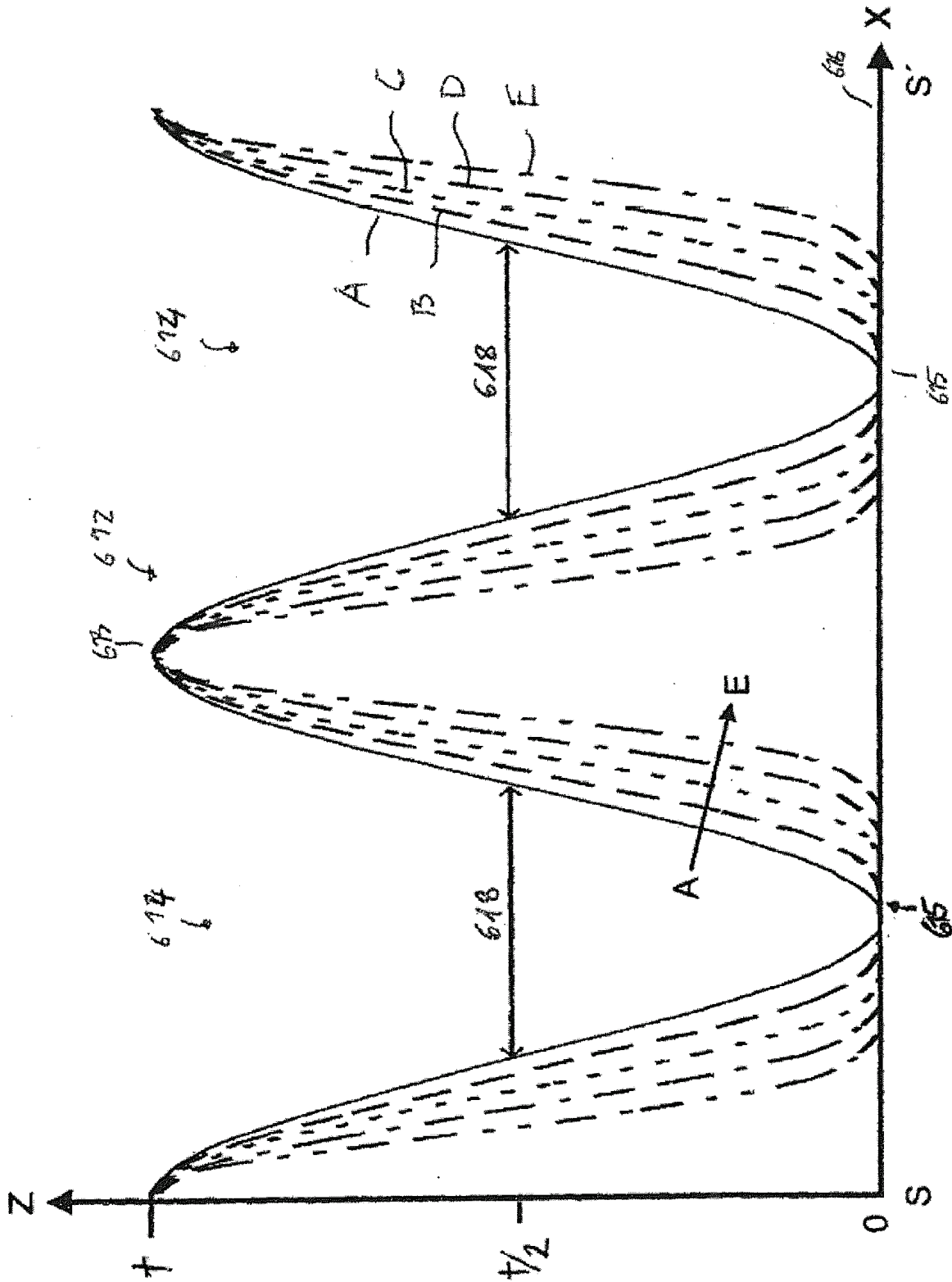


Fig. 4d



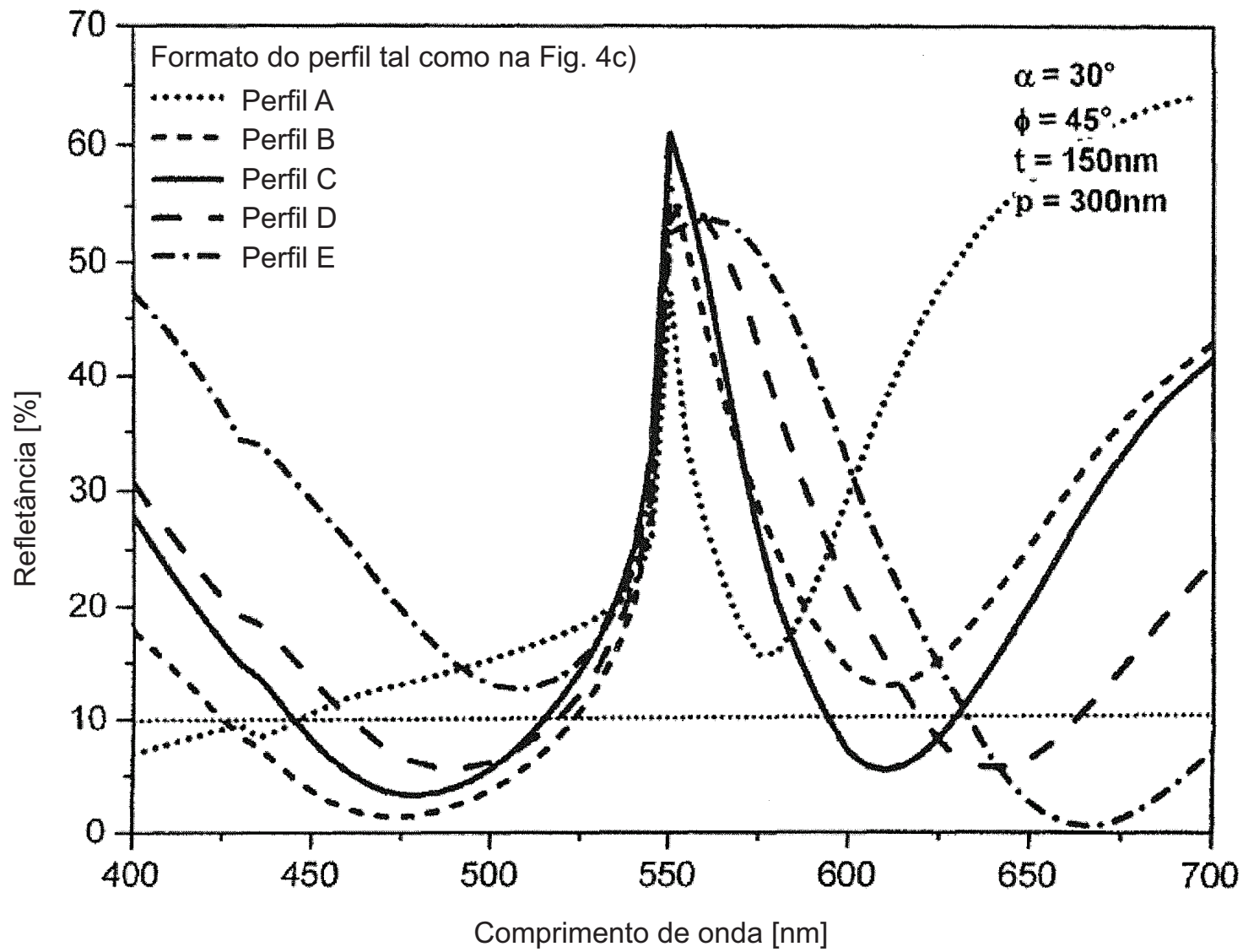


Fig. 4e

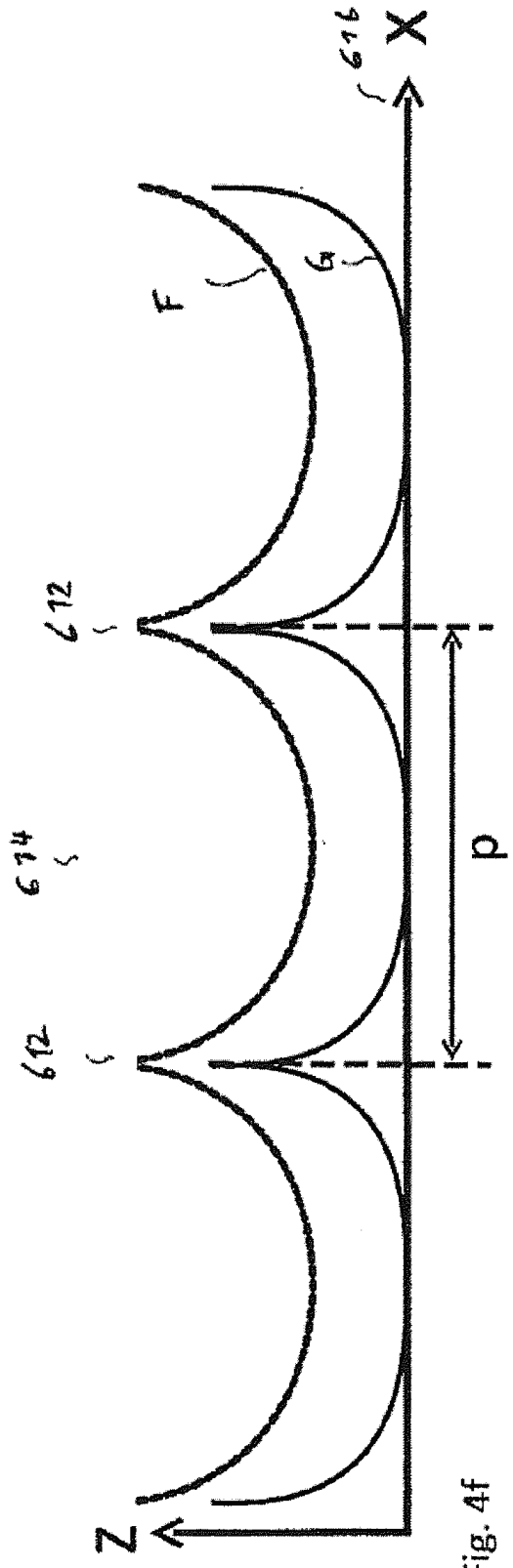


Fig. 4f

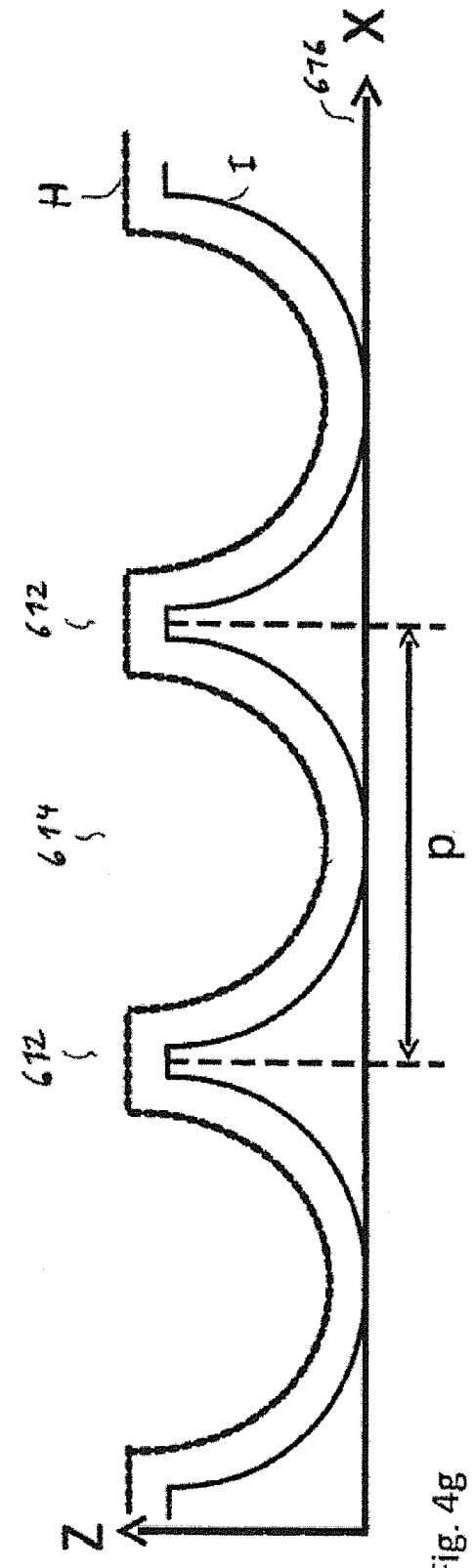


Fig. 4g

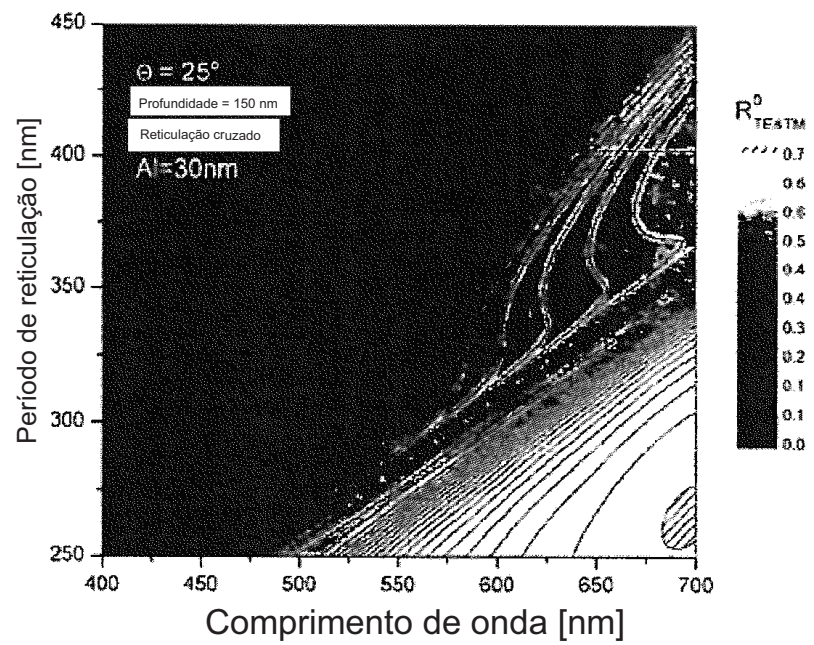


Fig. 5a

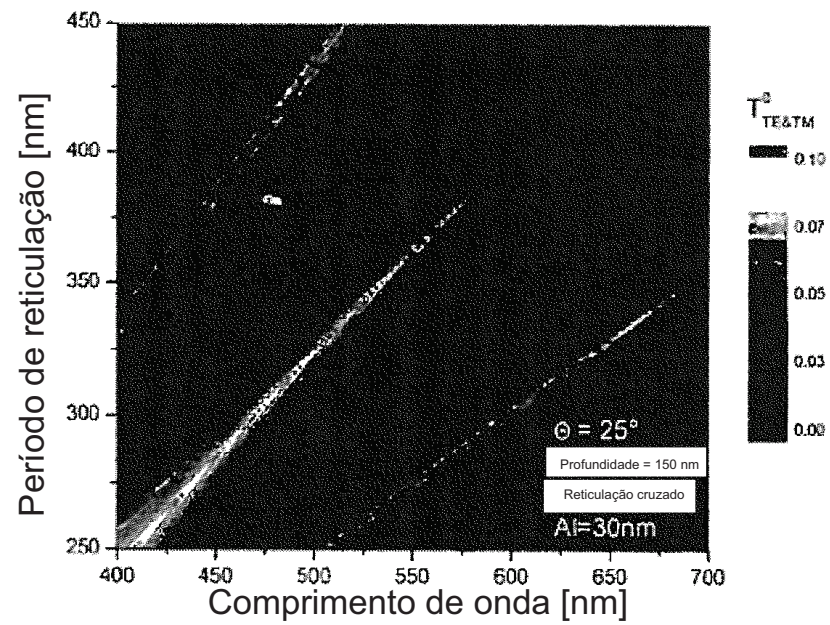


Fig. 5b

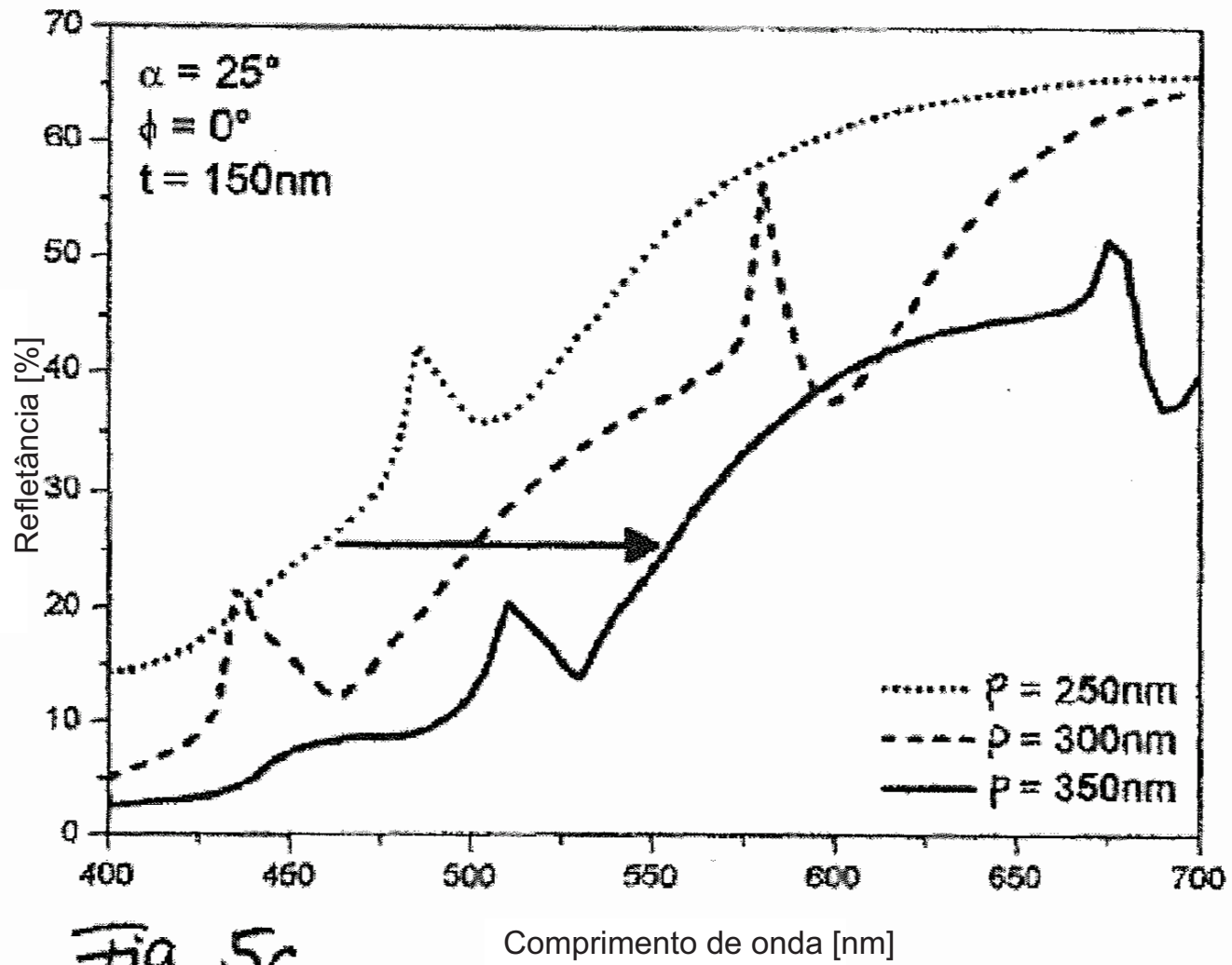


Fig. 5c

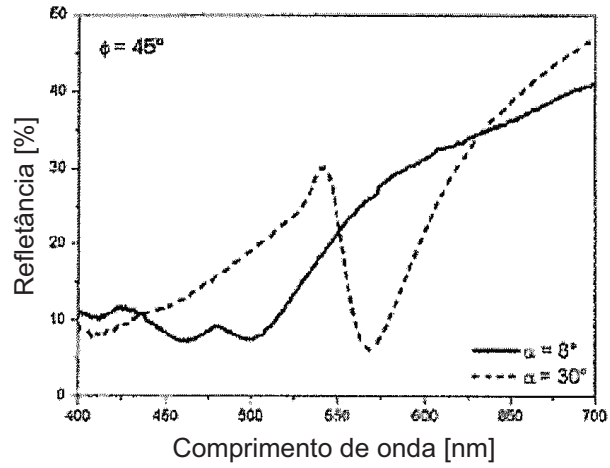


Fig. 5d

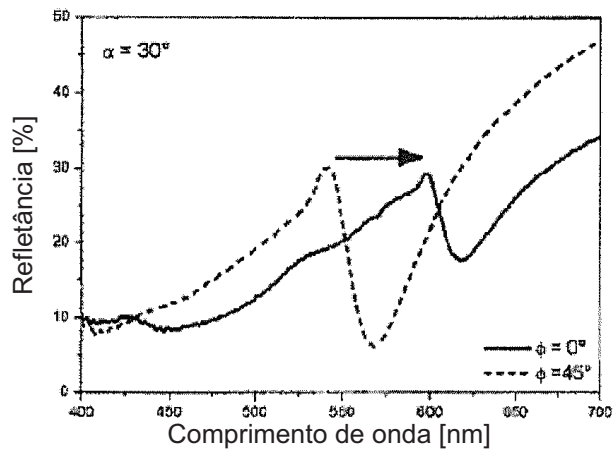


Fig. 5e

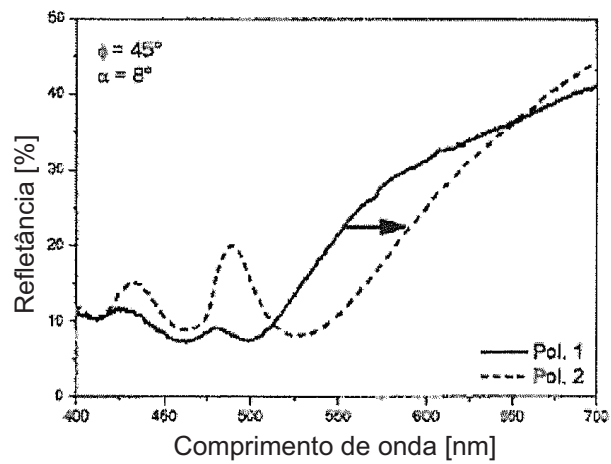


Fig. 5f

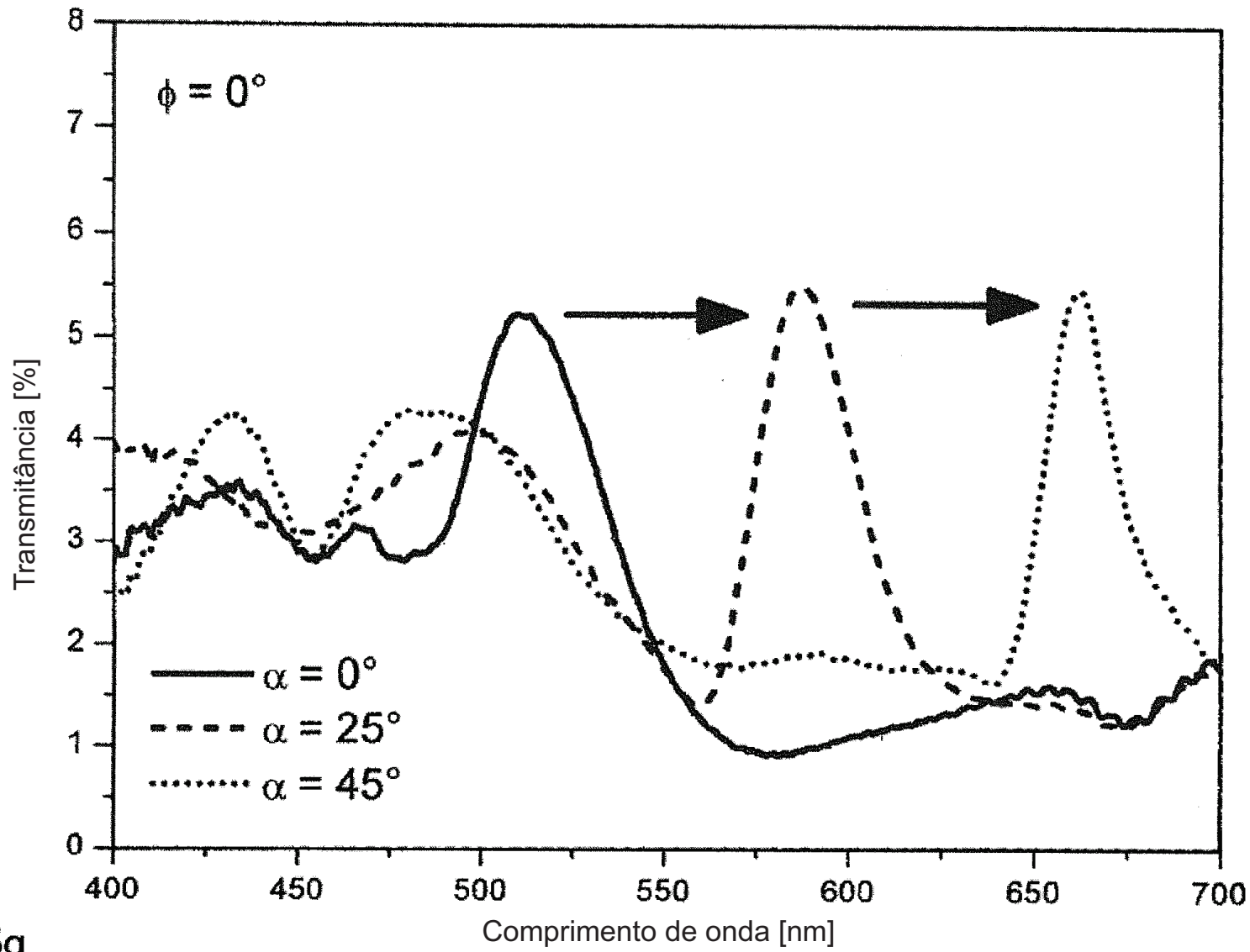


Fig. 5g

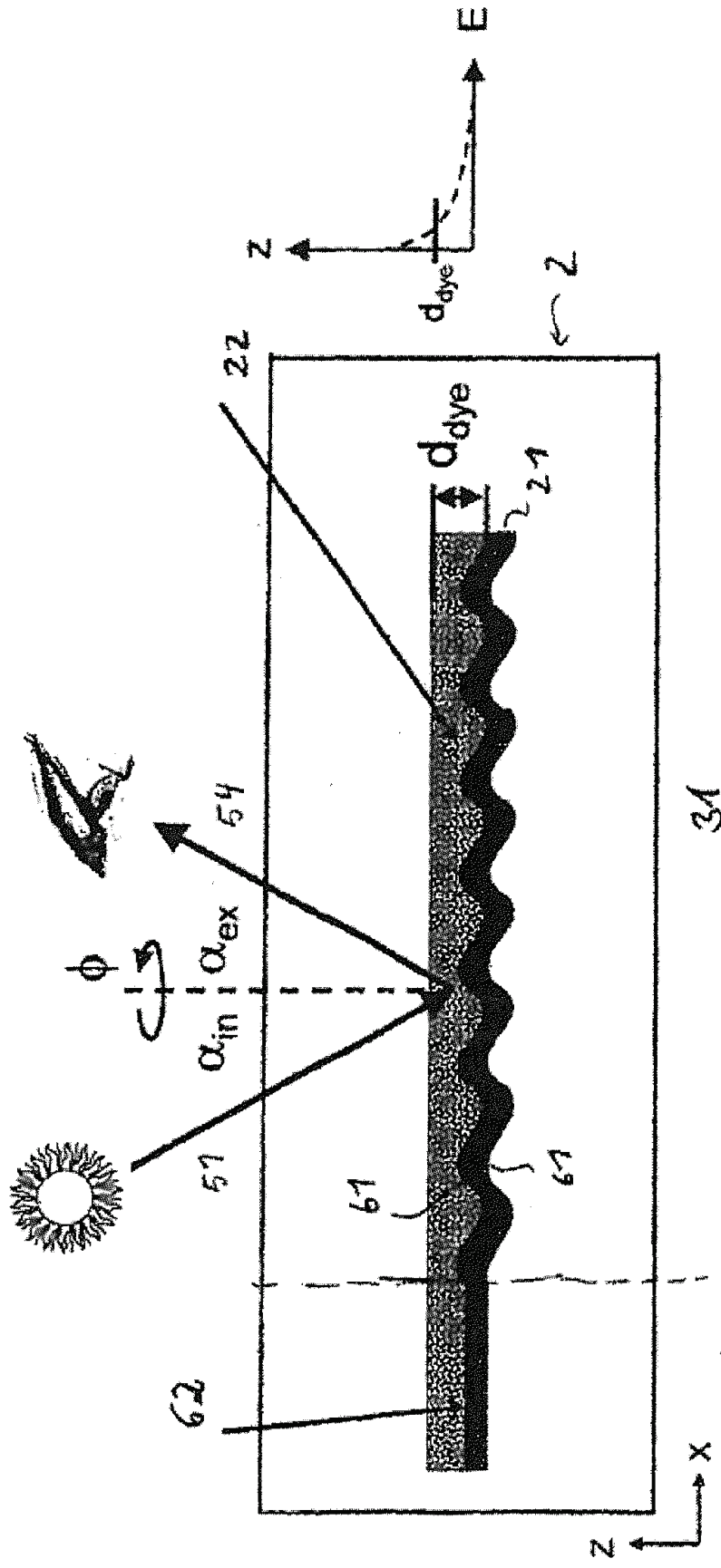


Fig. 60a 41

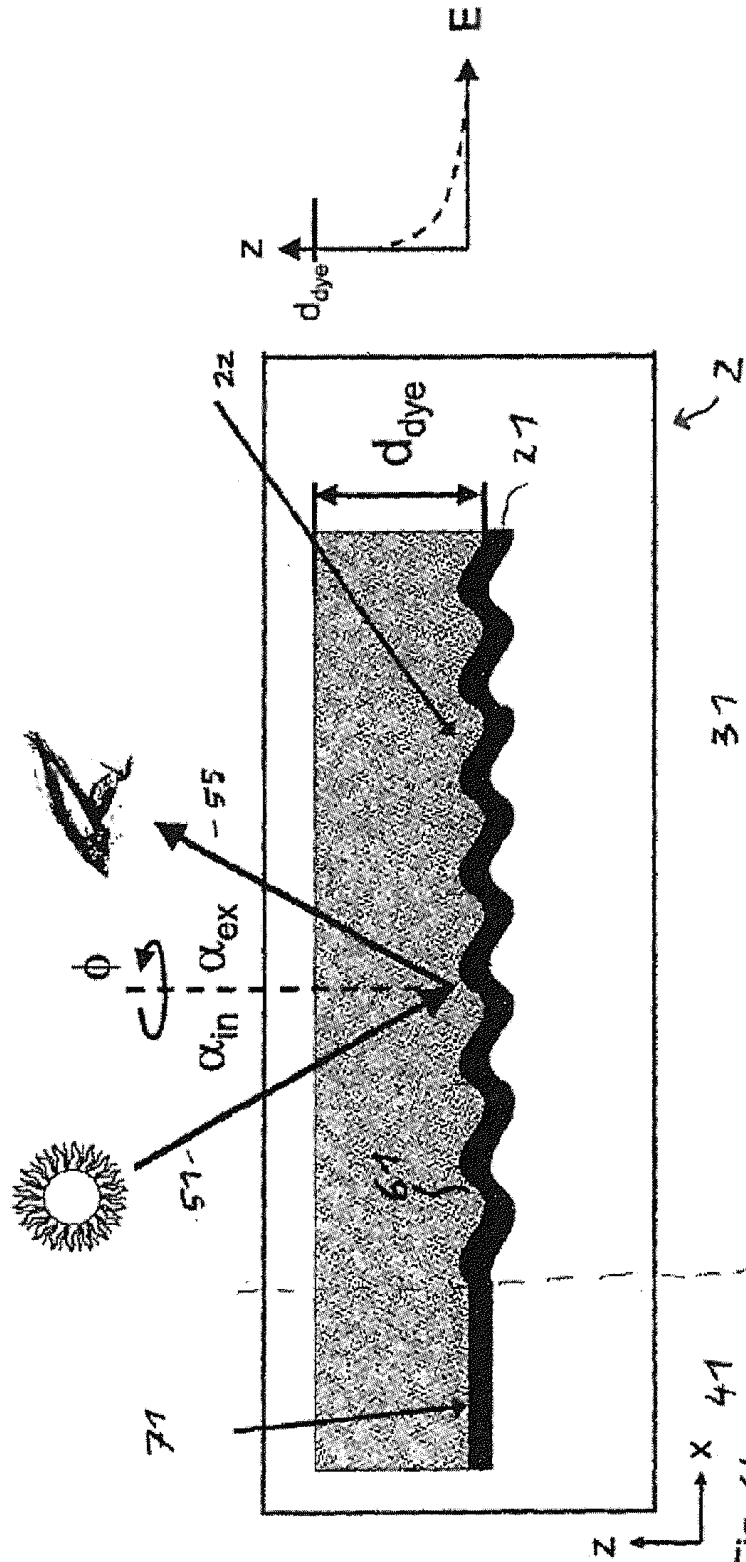


Fig. 6b



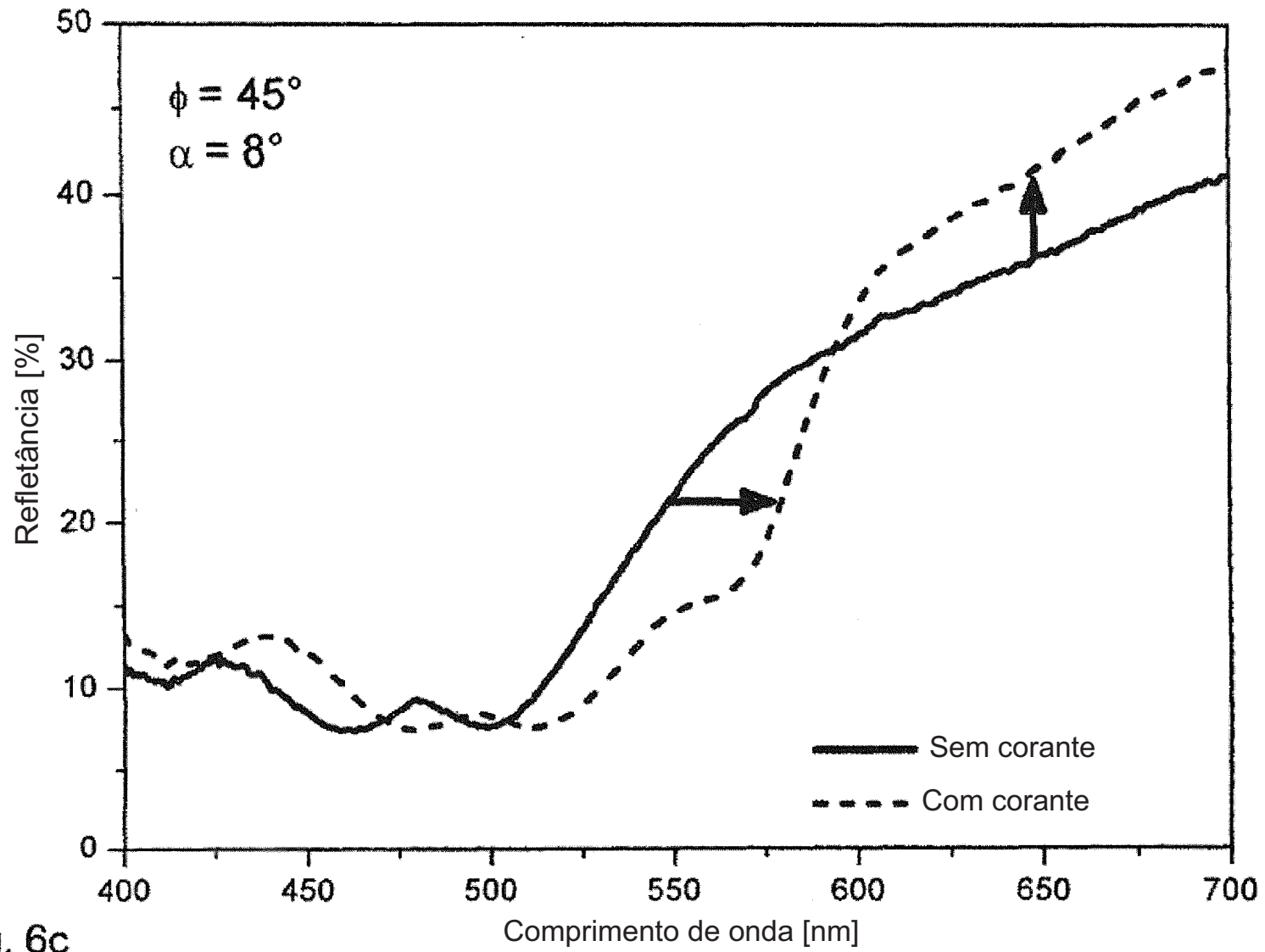


Fig. 6c

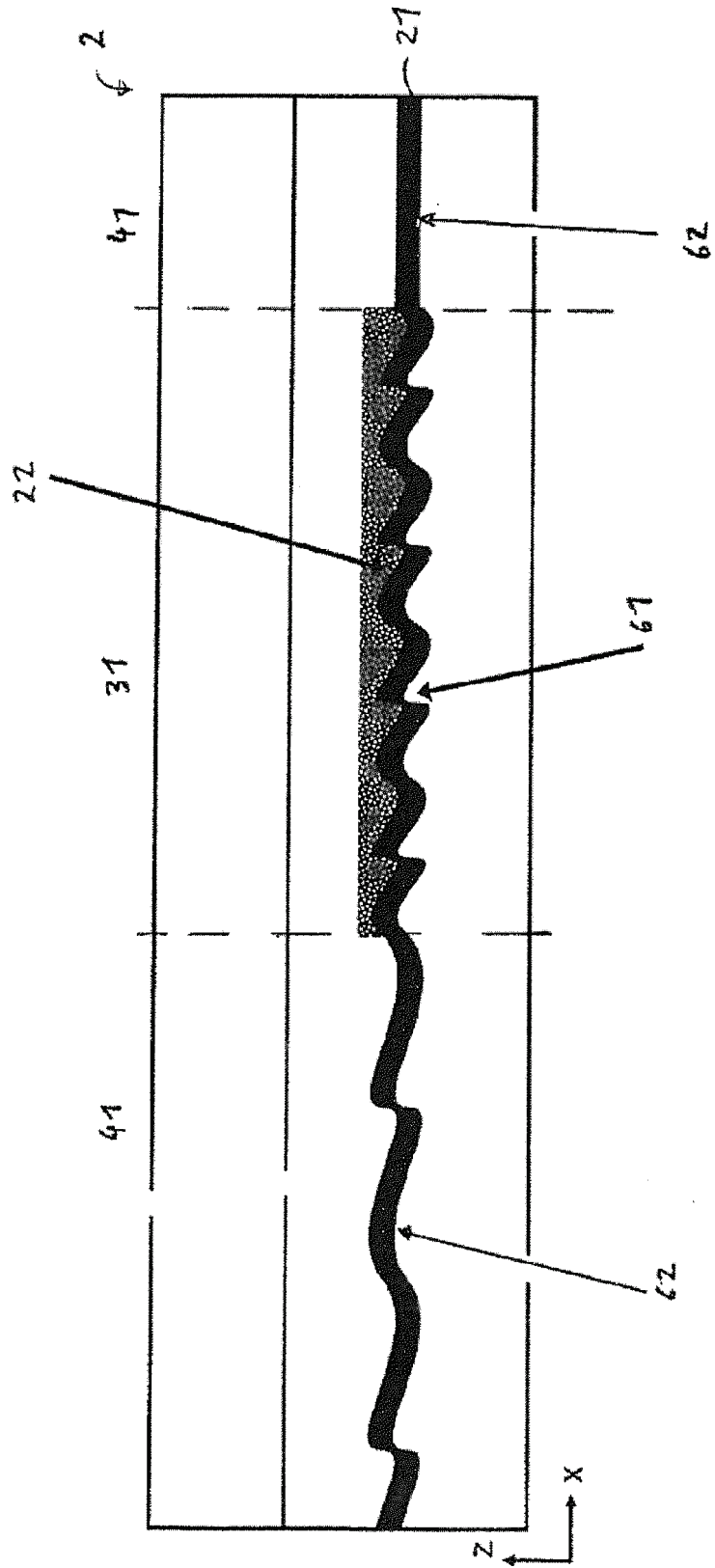


Fig. 6d

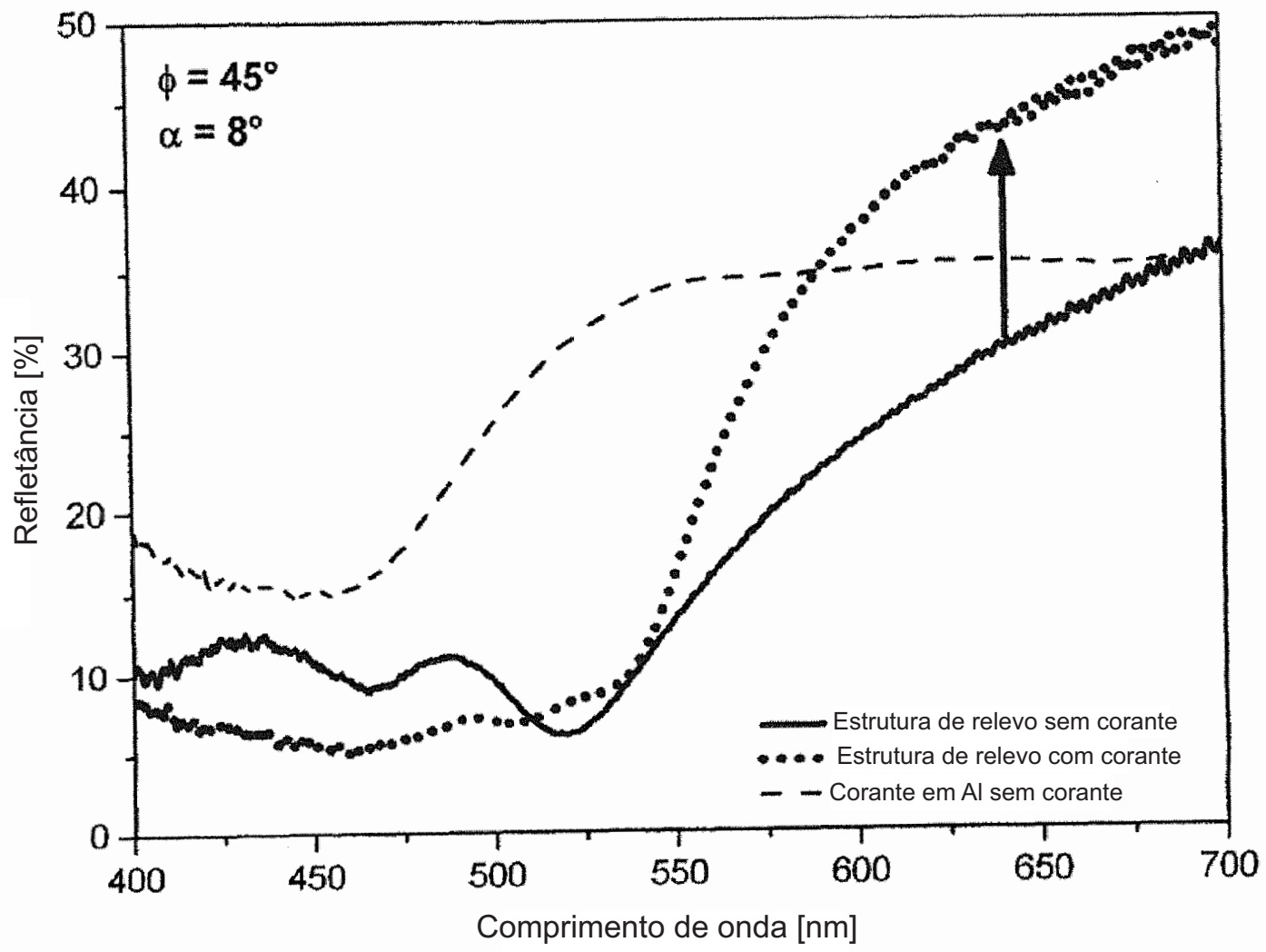


Fig. 6e

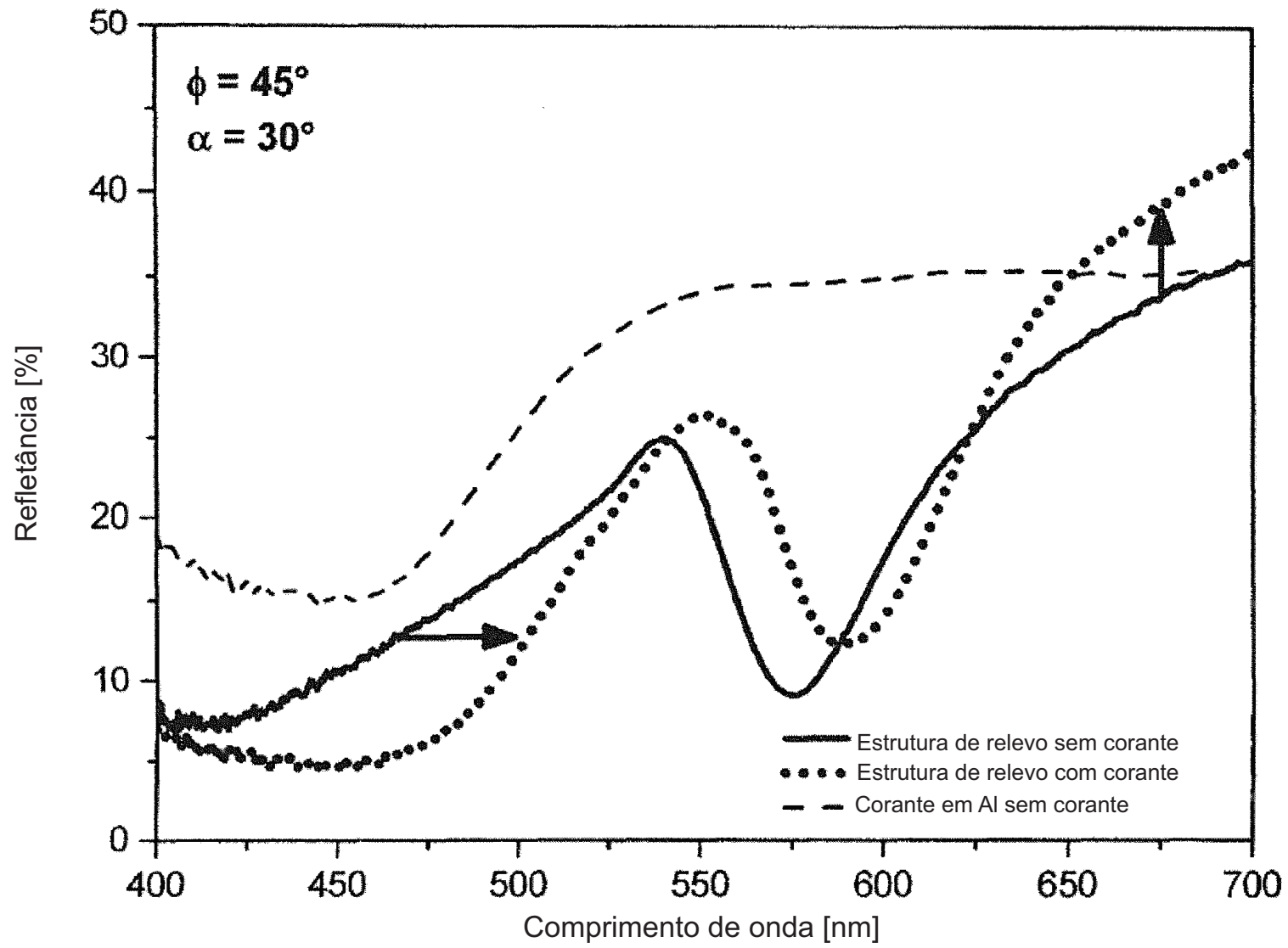


Fig. 6f

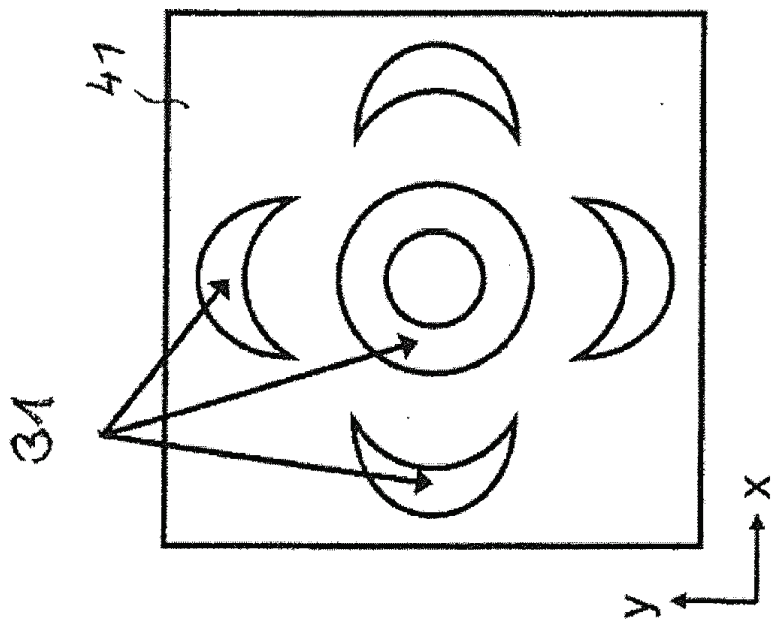


Fig. 7a

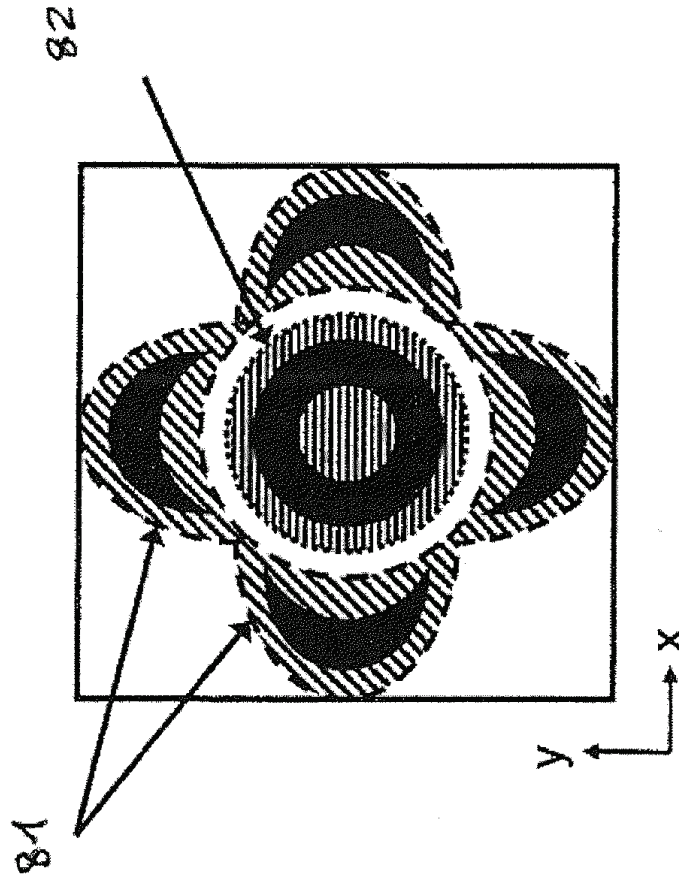


Fig. 7b

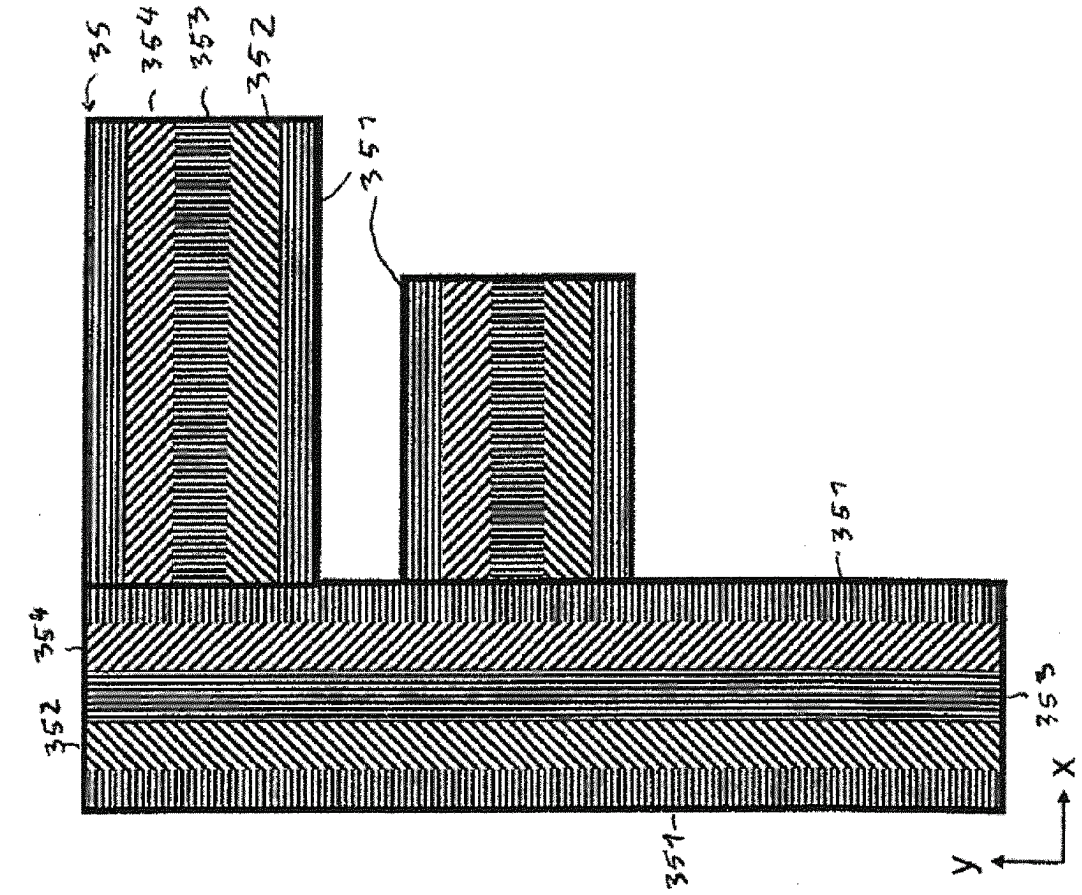


Fig. 8b

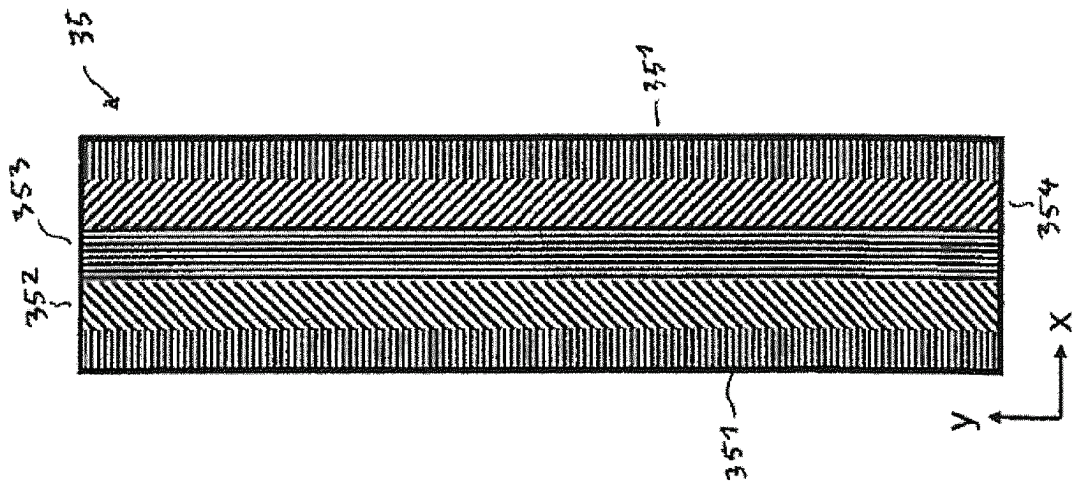


Fig. 8a

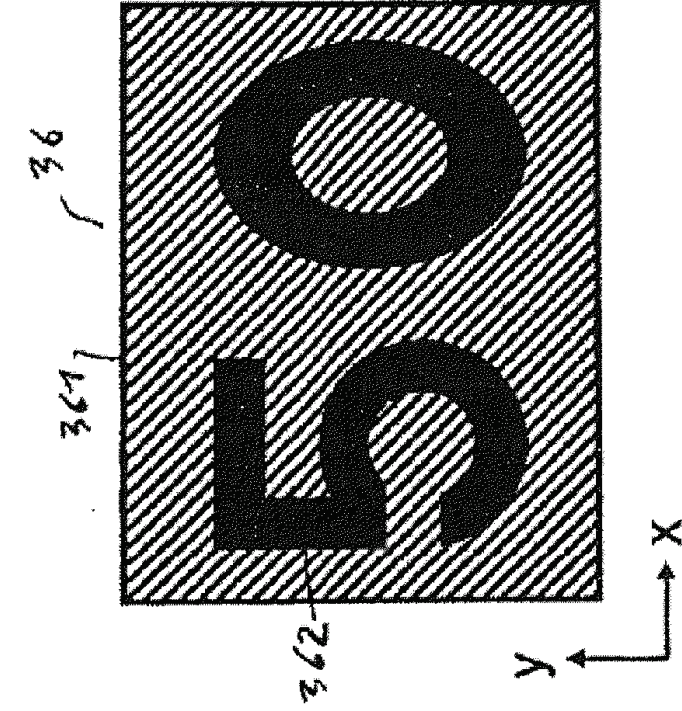


Fig. 96a

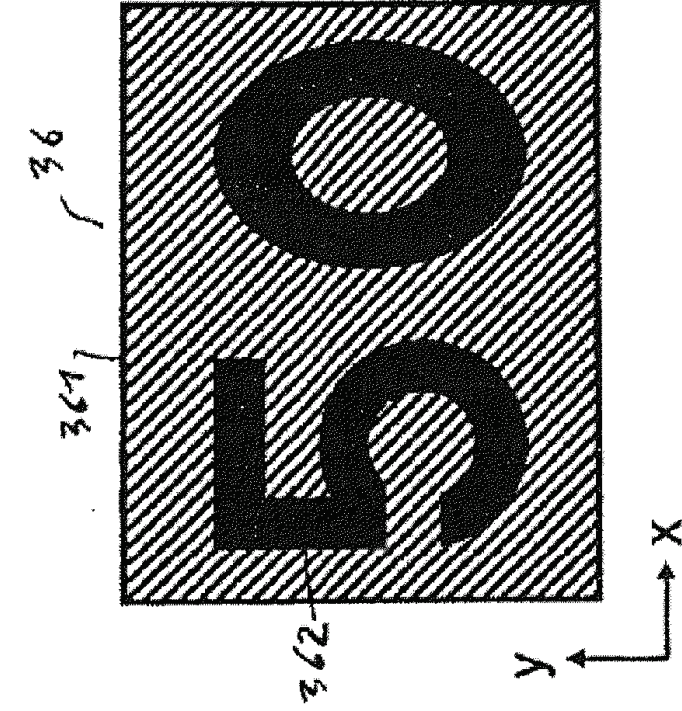


Fig. 96b

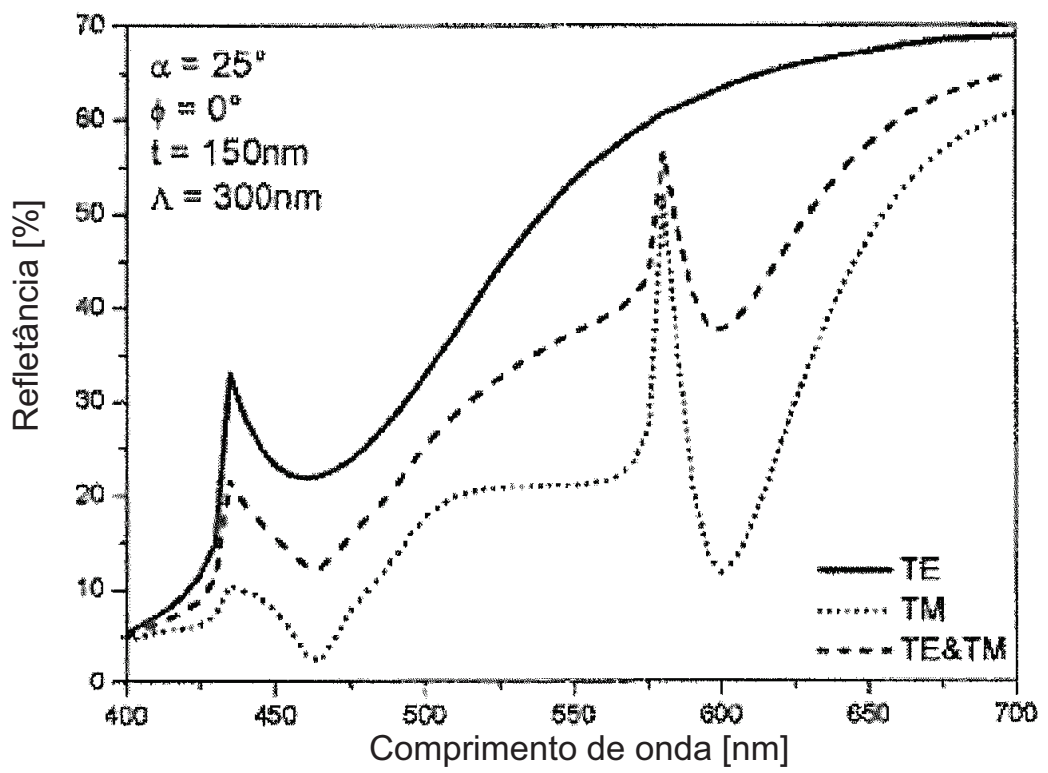


Fig. 9c



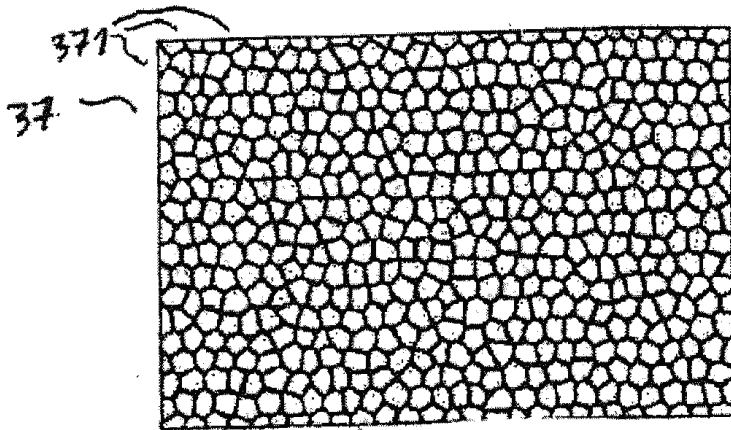


Fig. 10a

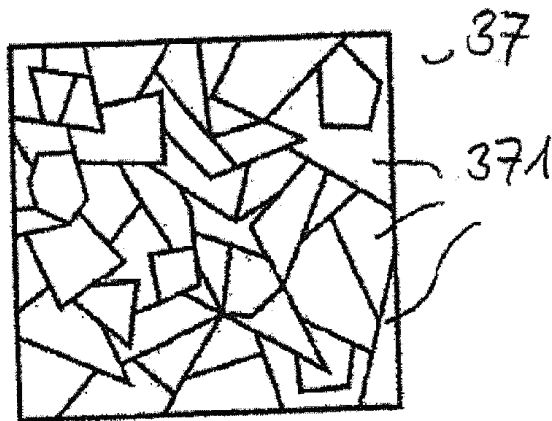


Fig. 10b

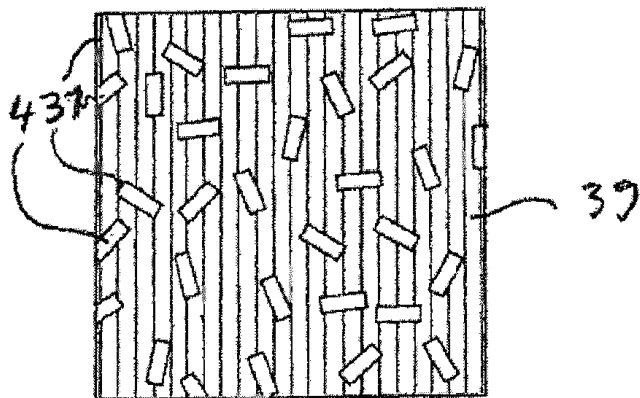


Fig. 11

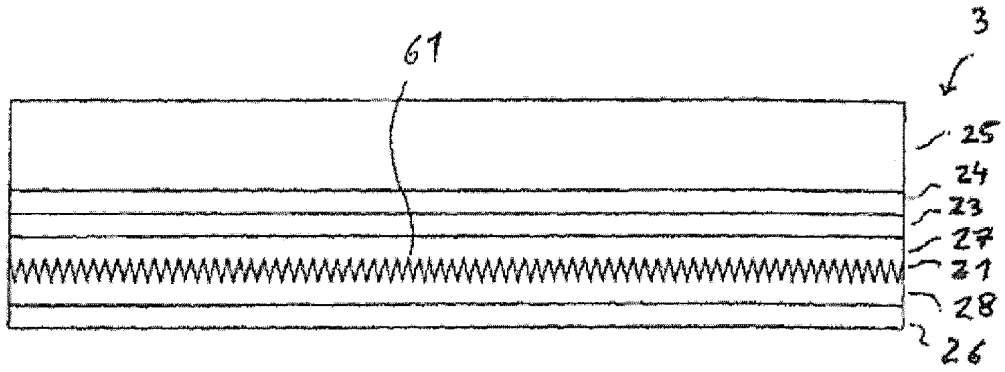


Fig. 12a

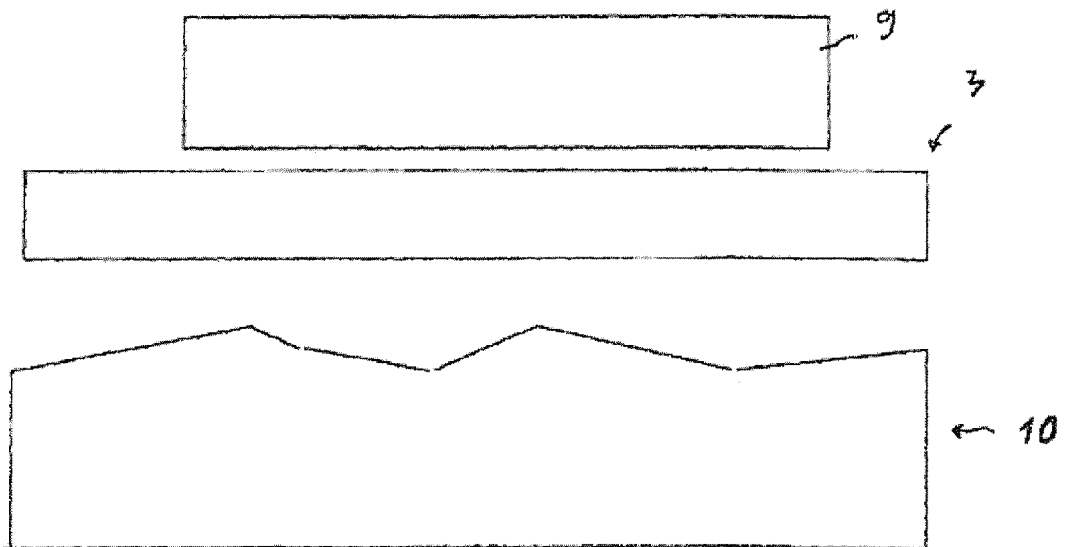


Fig. 12b

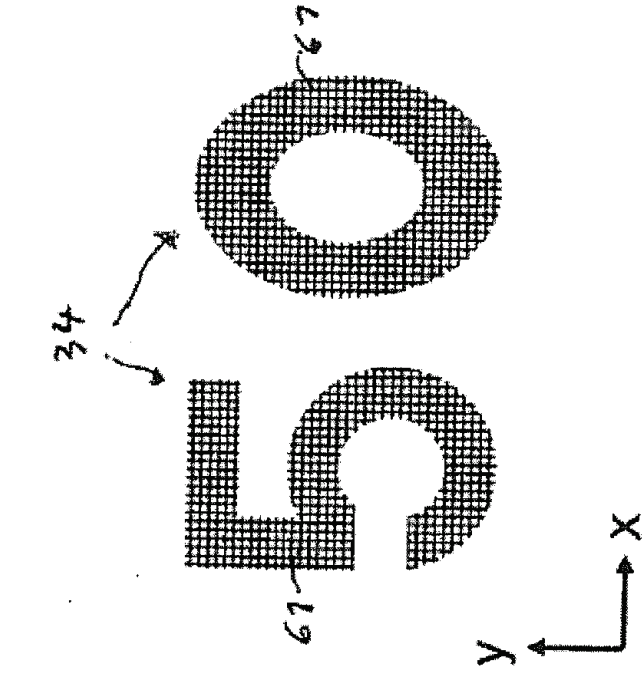


Fig. 12c

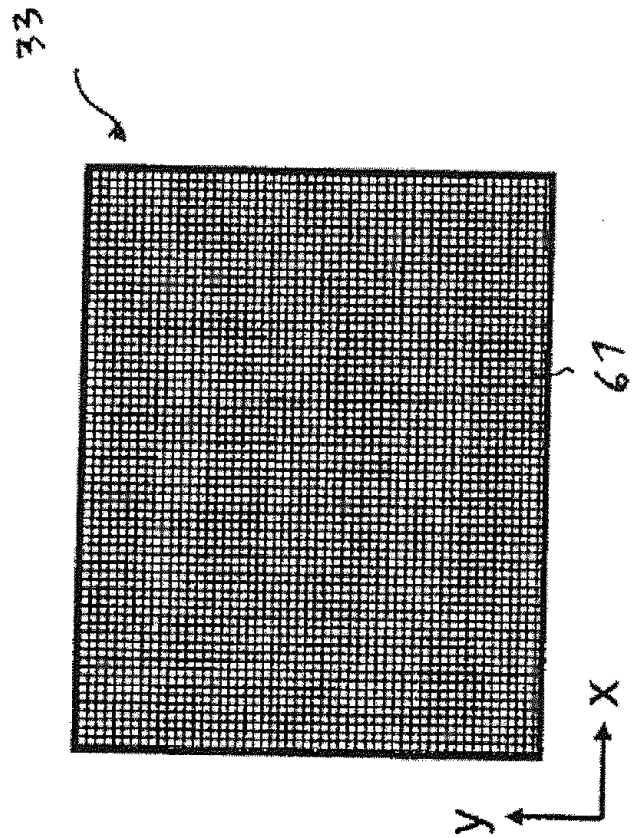
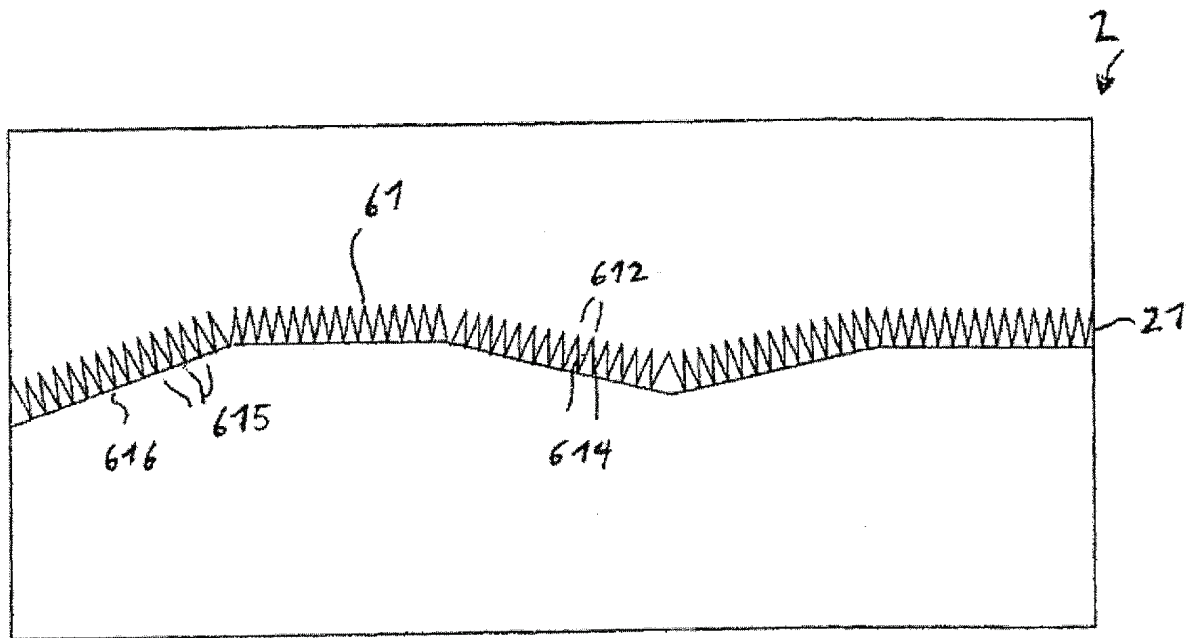


Fig. 12d



38

Fig. 13

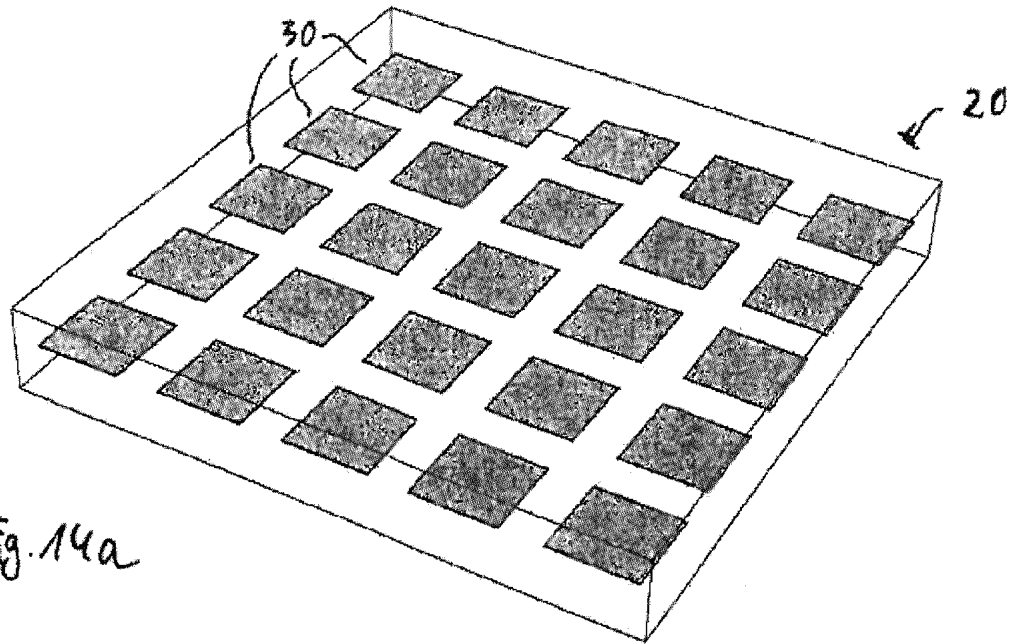


Fig. 14a

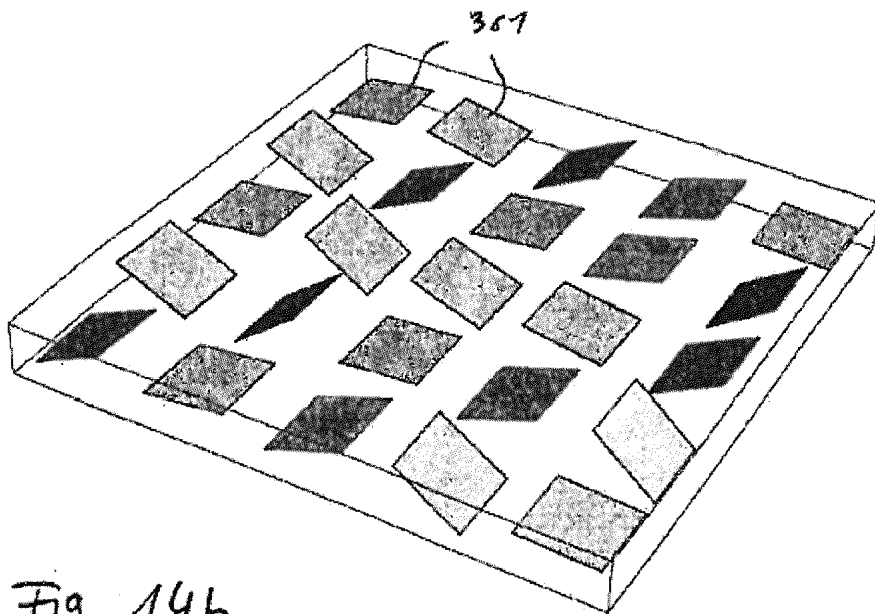


Fig. 14b