



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

(11) PI 0017132-8 B1

(22) Data do Depósito: 20/06/2000

(45) Data de Concessão: 23/05/2017



(54) Título: LAMINADO, E, MÉTODO PARA PRODUZIR UMA IMAGEM COMPÓSITA EM UM LAMINADO DE MICROLENTES

(51) Int.Cl.: G02B 27/22; G02B 5/128

(30) Prioridade Unionista: 22/02/2000 US 09/510428

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

(72) Inventor(es): JEFFREY M. FLORCZAK; ROBERT T. KRASA; STEPHEN P. MAKI; RICHARD M. OSGOOD

“LAMINADO, E, MÉTODO PARA PRODUIR UMA IMAGEM COMPÓSITA EM UM LAMINADO DE MICROLENTE”

CAMPO DA INVENÇÃO

A presente invenção refere-se a laminado que provê uma ou mais imagens compósitas, que são percebidas por um observador, a serem suspensas no espaço em relação ao laminado e em que a perspectiva da imagem compósita muda com o ângulo de visão.

FUNDAMENTOS DA INVENÇÃO

Os materiais laminados, tendo uma imagem gráfica ou outra marca, têm sido usados largamente, particularmente como rótulos para autenticar um artigo ou documento. Por exemplo, laminados tais como aqueles descritos nas Patentes U.S. Nos. 3.154.872; 3.801.183; 4.082.426; e 4.099.838 têm sido usados como etiquetas adesivas de validação para placas de licença de veículo e como películas de segurança para carteiras de motorista, documentos governamentais, cassetes de fita, cartas de jogar, recipientes de bebida e similares. Outros usos incluem aplicações gráficas para fins de identificação, tais como em veículos de polícia, bombeiro ou de outra emergência, em mostradores de anúncio e promocionais e como etiquetas distintivas para prover realce da marca.

Outra forma de laminado com imagem formada é descrito na Patente U.S. No. 4.200.875 (Galanos). Galanos descreve o uso de um “laminado retrorreflexivo de um ganho particularmente elevado do tipo de lente exposta”, em que as imagens são formadas por irradiação a laser do laminado através de uma máscara ou configuração. Esse laminado compreende uma pluralidade de microesferas de vidro transparentes, parcialmente embutidas em uma camada de aglutinante e parcialmente expostas acima da camada de aglutinante, com uma camada reflexiva de metal revestida sobre a superfície embutida de cada uma das diversas microesferas. A camada de aglutinante contém negro de fumo, que é dito

minimizar qualquer luz extraviada que colida no laminado, enquanto está sendo formada a imagem. A energia do feixe de laser é mais concentrado focalizando-se o efeito das microlentes embutidas dentro da camada de aglutinante.

5 As imagens formadas no laminado retrorreflexivo de Galanos podem ser vistas se, e somente se, o laminado for visto pelo mesmo ângulo em que a irradiação a laser foi direcionada no laminado. Isto significa, em termos diferentes, que a imagem é somente visível durante um muito limitado ângulo de observação. Por essa e outras razões, deseja-se melhorar certas
10 propriedades de tal laminado.

Já no ano de 1908, Gabriel Lippman inventou um método para produzir uma verdadeira imagem tridimensional de uma cena em meio lenticular tendo uma ou mais camadas fotossensíveis. Esse processo, conhecido como fotografia integral, é também descrito em De Montebello,
15 “Processing and Display of Three-Dimensional Data II” in Proceedings of SPIE, San Diego, 1984. No método de Lippman, uma placa fotográfica é exposta através de uma formação de lentes (ou “lenticulas”), para que cada lenticula da formação transmita uma imagem em miniatura da cena sendo reproduzida, como visto pela perspectiva do ponto da lâmina ocupada por
20 aquela lenticula, para as camadas fotossensíveis de uma placa fotográfica. Após a placa fotográfica ter sido revelada, um observador olhando na imagem compósita sobre a placa através da formação de lenticulas vê uma representação tridimensional da cena fotografada. A imagem pode ser em preto e branco ou colorida, dependendo dos materiais fotossensíveis usados.

25 Em razão de a imagem formada pelas lenticulas durante exposição da placa ter sofrido somente uma única inversão de cada imagem em miniatura, a representação tridimensional produzida é pseudoscópica. Isto é, a profundidade percebida da imagem é invertida a fim de que o objeto apareça com o “lado interno para fora”. Isto é uma grande desvantagem,

porque, para corrigir a imagem, é necessário obterem-se duas inversões ópticas. Estes métodos são complexos, envolvendo múltiplas exposição com uma única câmara ou múltiplas câmaras, ou câmaras de multilentes, para gravar uma pluralidade de vistas do mesmo objeto, e requer registro
5 extremamente preciso de múltiplas imagens, para prover uma única imagem tridimensional. Além disso, qualquer método que se baseie em uma câmera convencional requer a presença de um objeto real na frente da câmara. Isto torna ainda esse método mal-adaptado para produzir imagens tridimensionais de um objeto virtual (significando um objeto que existe na verdade, mas não
10 de fato). Uma outra desvantagem de fotografia integral é que a imagem compósita deve ser iluminada pelo lado de visualização, para formar uma imagem real que pode ser vista.

SUMÁRIO DA INVENÇÃO

A presente invenção provê um laminado de microlentes, tendo
15 uma imagem compósita que parece ser suspensa acima ou abaixo do laminado. Estas imagens suspensas são referidas, por conveniência, como imagens flutuantes e podem ser localizadas acima ou abaixo do laminado (como imagens bi ou tridimensionais), ou podem ser uma imagem tridimensional que aparece acima, no plano e abaixo do laminado. As
20 imagens podem ser em preto e branco ou em cor e podem parecer mover-se com o observador. Diferente de alguns laminados holográficos, o laminado com imagem formada da presente invenção não pode ser usado para criar uma réplica de si próprio. Adicionalmente, a(s) imagem(s) flutuante(s) pode(m) ser observada(s) por um espectador com a olho nu.

25 O laminado inventivo, tendo uma imagem compósita como descrito, pode ser usado em uma variedade de aplicações, tais como imagens de segurança a prova de violação em passaportes, emblemas de ID, bilhetes de eventos, cartões de afinidade, formatos de identificação e promoções de propaganda de produtos para verificação e autenticidade, imagens de realce

de marca, que provêem uma imagem flutuante ou afundando ou flutuando e afundando da marca, imagens de apresentação de identificação em aplicações gráficas tais como emblemas para carros de polícia, de bombeiro ou de outra emergência; imagens de apresentação de informações em aplicações gráficas
5 tais como quiosques, anúncios noturnos e mostradores de painel de instrumentos automotivos; e realce de novidade através do uso de imagens compósitas em produtos tais como cartões de visita, rótulos para mercadorias, arte, sapatos e produtos engarrafados.

A presente invenção provê ainda um novo meio de formar
10 laminado com imagem formada, contendo as imagens compósitas descritas. Em uma versão, uma única imagem compósita é formada. São também descritas versões em que duas ou mais imagens compósitas são formadas, bem como imagens compósitas que parecem estar tanto acima como abaixo do laminado. Outras versões poderiam consistir de combinações de imagens
15 convencionalmente impressas e imagens compósitas formadas por esta invenção.

BREVE DESCRIÇÃO DOS DESENHOS

A invenção será descrita aqui com referência aos desenhos anexos, em que:

20 A Figura 1 é uma vista em seção transversal ampliada de um laminado de microlentes de “lente exposta”;

A Figura 2 é uma vista em seção transversal ampliada de um laminado de microlentes de “lente embutida”;

25 A Figura 3 é uma vista em seção transversal ampliada de um laminado de microlentes compreendendo uma lâmina de base plano-convexa.

A Figura 4 é uma representação gráfica de energia divergente colidindo em um laminado de microlentes construído de microesferas;

A Figura 5 é uma vista em planta de uma seção de um laminado de microlentes representando imagens de amostra registradas na

camada de material adjacente a microesferas individuais e mostrando ainda que as imagens registradas variam de réplica completa para réplica parcial da imagem compósita;

5 A Figura 6 é uma micrografia óptica de um laminado de microlentes com uma camada de material sensível a radiação produzido de uma película de alumínio que teve sua imagem formada para prover uma imagem compósita que parece flutuar acima do laminado, de acordo com a presente invenção.

10 A Figura 7 é uma micrografia óptica de um laminado de microlentes com uma camada de material sensível a radiação produzido de película de alumínio que teve sua imagem formada para prover uma imagem compósita que parece flutuar abaixo do laminado, de acordo com a presente invenção;

15 A Figura 8 é uma representação óptica geométrica da formação de uma imagem compósita que parece flutuar acima do laminado de microlentes;

A Figura 9 é uma representação esquemática de um laminado tendo uma imagem compósita que parece flutuar acima do laminado inventivo, quando o laminado é visto em luz refletida;

20 A Figura 10 é uma representação esquemática de um laminado tendo uma imagem compósita que parece flutuar acima do laminado inventivo, quando o laminado é visto em luz transmitida;

25 A Figura 11 é uma representação óptica geométrica da formação de uma imagem compósita que, quando vista, parece flutuar abaixo do laminado de microlentes;

A Figura 12 é uma representação esquemática de uma lâmina tendo uma imagem compósita que parece flutuar abaixo do laminado inventivo quando o laminado é visto em luz refletida;

A Figura 13 é uma representação esquemática de um laminado

tendo uma imagem compósita que parece flutuar abaixo do laminado inventivo, quando o laminado é visto em luz transmitida;

5 A Figura 14 é uma representação de um conjunto óptico para criar a energia divergente usada para formar as imagens compósitas desta invenção;

A Figura 15 é uma representação de um segundo conjunto óptico para criar a energia divergente usada para formar as imagens compósitas desta invenção; e

10 A Figura 16 é uma representação de um terceiro conjunto óptico para criar a energia divergente usada para formar as imagens compósitas desta invenção.

DESCRIÇÃO DETALHADA DA INVENÇÃO

15 O laminado de microlentes da presente invenção provê uma imagem compósita, provida por imagens individuais associadas com numerosas microlentes, que parecem estar suspensas, ou flutuar, acima, no plano e/ou abaixo do laminado.

20 Para prover uma completa descrição da invenção, os laminados de microlentes serão descritos na Parte I abaixo, seguido por descrições das camadas de material (preferivelmente camadas de material sensível a radiação) de tais laminados na Parte II, fontes de radiação na Parte III e processo de formação de imagem na Parte IV. Diversos exemplos são também providos para explicar mais várias versões da presente invenção.

I. LAMINADO DE MICROLENTE

25 O laminado de microlentes, em que as imagens desta invenção podem ser formada, compreende um ou mais camadas distintas de microlentes com uma camada de material (preferivelmente um material ou revestimento sensível a radiação, como descrito abaixo) disposta adjacente a um lado da camada ou camadas de microlentes. Por exemplo, a Figura 1 mostra uma tipo de “lente exposta” de laminado de microlentes 10, que inclui

uma monocamada de microesferas transparentes 12, que são parcialmente embutidas em uma camada aglutinante 14, que é tipicamente um material polimérico. As microesferas são transparentes tanto para os comprimentos de onda de radiação que podem ser usados para formar a imagem da camada de material, bem como para os comprimentos de onda de luz em que a imagem compósita será vista. A camada de material 16 é disposta na superfície traseira de cada microesfera e na versão ilustrada tipicamente contata somente uma parte da superfície de cada uma das microesferas 12. Este tipo de laminado é descrito com mais detalhes na Patente U.S. No. 2.326.634 e é atualmente disponível na 3M sob a designação Scotchlite 8910 série tecido reflexivo.

A Figura 2 mostra outro tipo adequado de laminado de microlentes. Este laminado de microlentes 20 é um tipo de laminado de “lentes-embutidas” em que as lentes de microesfera 22 são embutidas em um sobrerrevestimento protetor transparente 24, que é tipicamente um material polimérico. A camada de material 26 é disposta atrás das microesferas nas costas de uma camada espaçadora transparente 28, que é também tipicamente um material polimérico. Este tipo de laminado é descrito com maiores detalhes na Patente U.S. No. 3.801.183 e é presentemente disponível na 3M sob a designação Scotchlite 3290 série laminado retrorreflexivo grau Engenheiro. Outro tipo adequado de laminado de microlentes é referido como laminado de lentes encapsuladas, um exemplo do qual é descrito na Patente U.S. No. 5.064.272 e, presentemente é disponível na 3M sob a designação Scotchlite 3870 série laminado retrorreflexivo grau de Alta Intensidade.

A Figura 3 mostra ainda outro tipo adequado de laminado de microlentes. Este laminado compreende uma lâmina de base plano-convexa ou esférica transparente 20, tendo primeira e segundas faces largas, a segunda face 32 sendo substancialmente planar e a primeira face tendo uma formação de microlentes 34 substancialmente semi-esferoidais ou semi-asferoidais. O

formato das microlentes e a espessura da lâmina de base são selecionados de modo que a luz colimada, incidente na formação, é focalizada aproximadamente na segunda face. A camada de material 36 é provida na segunda face. O laminado desta espécie é descrito, por exemplo, na Patente
5 U.S. No. 5.254.390 e é atualmente disponível na 3M sob a designação 2600 série 3M receptor de Cartão Seguro.

As microlentes do laminado preferivelmente têm uma superfície refrativa formadora de imagem, a fim de que a formação de imagem ocorra; geralmente isto é provido por uma superfície de microlentes
10 curva. Para superfícies curvas, a microlente preferivelmente terá um índice de refração uniforme. Outros materiais úteis que provêm um índice refrativo gradiente (GRIN) não necessitará necessariamente de uma superfície curva para refratar a luz. As superfícies de microlentes são preferivelmente esféricas por natureza, porém superfícies asféricas são também aceitáveis. As
15 microlentes podem ter qualquer simetria, tal como cilíndrica ou esférica, desde que imagens reais sejam formadas pelas superfícies de refração. As próprias microlentes podem ser de forma distinta, tal como lenticulas plano-convexas redondas, lenticulas duplamente convexas redondas, hastes, microesferas, contas ou lenticulas cilíndricas. Materiais de que as microlentes
20 podem ser formadas incluem vidro, polímeros, minerais, cristais, semicondutores e combinações destes e de outros materiais. Elementos de microlentes não-distintos podem também ser usados. Assim, as microlentes formadas de um processo de réplica ou gravação em relevo (onde a superfície do laminado é alterada em formato para produzir um perfil repetitivo com
25 características de formação de imagem) podem também ser usadas.

Microlentes com um índice refrativo uniforme, entre 1,5 e 3,0, nos comprimentos de onda visíveis e infravermelhos, são mais utilizáveis. Os materiais de microlentes adequados terão absorção mínima da luz visível e, em versões em que uma fonte de energia é usada para formar imagem em

uma camada sensível a radiação, os materiais devem exibir absorção mínima da fonte de energia também. A potência refrativa da microlente, quer a microlente seja distinta ou replicada, e independente do material de que as microlentes sejam feitas, é preferivelmente de modo que a luz incidente sobre a superfície de refração refrate e focalize sobre o lado oposto da microlente. Mais especificamente, a luz será focalizada na superfície traseira da microlente ou sobre o material adjacente à microlente. Em versões em que a camada de material seja sensível a radiação, as microlentes preferivelmente formam uma imagem real desampliada na posição apropriada daquela camada. A desampliação da imagem em aproximadamente 100 a 80 vezes é particularmente útil para formar imagens que têm boa resolução. A construção do laminado de microlentes para prover as necessárias condições de focalização, a fim de que a energia incidente na superfície da frente do laminado de microlentes seja focalizada em uma camada de material que seja preferivelmente sensível a radiação, é descrita nas patentes U.S. referenciadas no início desta seção.

As microesferas com diâmetros variando de 15 micrometros a 275 micrometros são preferíveis, embora outras microesferas dimensionadas possam ser usadas. Boa resolução de imagem compósita pode ser obtida utilizando-se microesferas tendo diâmetros na extremidade menor da faixa supracitada para imagens compósitas que são para parecerem ser afastadas da camada de microesferas em uma distância relativamente curta, e utilizando-se microesferas maiores para imagens compósitas que são para parecerem ser afastadas da camada de microesferas em distâncias maiores. Outras microlentes, tais como microlentes plano-convexas, cilíndricas, esféricas ou asféricas, tendo dimensões de lenticulas comparáveis àquelas indicadas para as microesferas, podem ser esperadas produzirem similares resultados ópticos.

II. CAMADA DE MATERIAL

Como citado acima, uma camada de material é provida adjacente às microlentes. Imagens individuais formadas no material associado com uma pluralidade de microlentes, quando vistas por um observador sob luz refletida ou transmitida, provêm uma imagem compósita que parece ser suspensa, ou flutuar, acima, no plano e/ou abaixo do laminado. Embora outros métodos possam ser usados, o método preferido para prover tais imagens é prover um material sensível a radiação como a camada de material e utilizar-se radiação para alterar aquele material em uma maneira desejada para prover a imagem. Assim, embora a invenção não seja limitada desse modo, a discussão restante da camada de material adjacente às microlentes será provida grandemente no contexto de uma camada de material sensível a radiação.

Os materiais sensíveis a radiação, úteis para esta invenção, incluem revestimentos e películas de materiais metálicos, poliméricos e semicondutores, bem como misturas destes. Como usado na referência à presente invenção, um material é “sensível a radiação” se, na exposição a um dado nível de radiação visível ou outra, a aparência do material exposto mudar para prover um contraste com o material que não foi exposto àquela radiação. A imagem criada desse modo poderia assim ser o resultado de uma mudança composicional, uma remoção ou ablação do material, uma mudança de fase ou uma polimerização do revestimento sensível a radiação. Exemplos de alguns materiais peliculares metálicos sensíveis a radiação incluem alumínio, prata, cobre, ouro, titânio, zinco, estanho, cromo, vanádio, tântalo e ligas destes metais. Estes metais tipicamente provêm um contraste devido à diferença entre a cor nativa do metal e uma cor modificada do metal, após exposição a radiação. A imagem, como citado acima, pode também ser provida por ablação ou por aquecimento por radiação do material até que uma imagem seja provida por modificação óptica do material. A Patente U.S. No. 4.743.526, por exemplo, descreve o aquecimento de uma liga metálica para

prover uma mudança de cor.

Além das ligas metálicas, óxidos metálicos e subóxidos metálicos podem ser usados como um meio sensível a radiação. Materiais desta classe incluem compostos de óxido formados de alumínio, ferro, cobre, estanho e cromo. Materiais não metálicos tais como sulfeto de zinco, seleneto de zinco, dióxido de silício, óxido de índio estanho, óxido de zinco, fluoreto de magnésio e silício podem também prover uma cor ou contraste que seja útil para esta invenção.

Múltiplas camadas de materiais de película delgada podem também ser usados para prover materiais sensíveis a radiação únicos. Estes materiais de multicamadas podem ser configurados para prover uma mudança de contraste pelo aparecimento ou remoção de um agente de cor ou contraste. Construções exemplificativas incluem pilhas ópticas ou cavidades sintonizadas que são projetadas para terem imagem formada (por uma mudança de cor, por exemplo) por comprimentos de onda de radiação específicos. Um exemplo específico é descrito na Patente U.S. No. 3.801.183, que descreve o uso de criolita/sulfeto de zinco ($\text{Na}_3\text{AlF}_6/\text{ZnS}$) como um espelho dielétrico. Outro exemplo é uma pilha óptica composta de cromo/polímero (tal como butadieno polarizado por plasma)/dióxido de silício/alumínio, onde a espessura das camadas são nas faixas de 4 nm para cromo, entre 20 nm e 60 nm para o polímero, entre 20 nm e 60 nm para o dióxido de silício e entre 80 nm e 100 nm para o alumínio e onde as espessuras de camada individual são selecionadas para proverem específica refletividade de cor no espectro visível. Cavidades sintonizadas de película poderiam ser usadas com qualquer uma das películas delgadas de camada única anteriormente discutidas. Por exemplo, uma cavidade sintonizada com uma camada de aproximadamente 4 nm de espessura de cromo e a camada de dióxido de silício entre cerca de 100 nm e 300 nm, com a espessura da camada de dióxido de silício sendo ajustada para prover uma imagem

colorida em resposta a específicos comprimentos de onda de radiação.

Os materiais sensíveis a radiação, úteis para esta invenção, também incluem materiais termocrômicos. “Termocrômico” descreve um material que muda de cor quando exposto a uma mudança de temperatura.

5 Exemplos de materiais termocrômicos úteis nesta invenção são descritos na Patente U.S. No. 4.424.990 e incluem carbonato de cobre, nitrato de cobre com tiouréia e carbonato de cobre com compostos contendo enxofre, tais como tióis, tioéteres, sulfóxidos e sulfonas. Exemplos de outros compostos termocrômicos adequados são descritos na Patente U.S. No. 4.121.011,
10 incluindo sulfatos e nitretos hidratados de boro, alumínio e bismuto e os óxidos e óxidos hidratados de boro, ferro e fósforo.

Naturalmente, se a camada de material não for para ter imagem formada utilizando-se uma fonte de radiação, então a camada de material pode, mas não é necessário que seja, ser sensível a radiação. Os
15 materiais sensíveis a radiação são, entretanto, preferidos para facilidade de manufatura e, assim, uma fonte de radiação adequada é preferivelmente também usada.

III. Fontes de Radiação

Como citado acima, uma maneira preferida de prover-se
20 padrões de imagem sobre a camada de material adjacente às microlentes é utilizar-se uma fonte de radiação para formar imagem de um material sensível a radiação. Qualquer fonte de energia provendo radiação da intensidade e comprimento de onda desejados pode ser usado com o método da presente invenção. Dispositivos capazes de prover radiação tendo um comprimento de
25 onda entre 200 nm e 11 micrometros acredita-se serem particularmente preferidos. Exemplos de fontes de radiação de alta potência de pico, úteis para esta invenção, incluem lâmpadas de flash excímeras, lasers de microchips passivamente comutados-Q e lasers de ítrio alumínio granada dopado com Neodímio comutados-Q (abreviado Nd:YAG), fluoreto de ítrio

lítio dopado com Neodímio (abreviado Nd:YLF) e de safira dopada com Titânio (abreviado Ti:safira). Estas fontes de alta potência de pico são mais úteis com materiais sensíveis a radiação que formam imagens através de ablação -- a remoção de material ou em processos de absorção de multifótons.

- 5 Outros exemplos de fontes de radiação úteis incluem dispositivos que fornecem baixa potência de pico, tais como diodos de laser, lasers iônicos, lasers de estado sólido não comutados-Q, lasers de vapor de metal, lasers de gás, lâmpadas de arco voltaico e fontes de luz incandescente de alta potência. Estas fontes são particularmente úteis quando o meio sensível a
10 radiação tem imagem formada por um método não ablativo.

Para todas as fontes de radiação úteis, a energia da fonte de radiação é direcionada para o material de laminado de microlentes e controlada para fornecer um feixe altamente divergente de energia. Para fontes de energia das partes ultravioleta, visível e infravermelha do espectro
15 eletromagnético, a luz é controlada por elementos ópticos apropriados, cujos exemplos são mostrados nas Figuras 14, 15 e 16 e descritos com maiores detalhes abaixo. Em uma versão, um requisito deste arranjo de elementos ópticos, comumente referido como um conjunto óptico, é que o conjunto óptico dirige a luz para o material de laminado com apropriada divergência
20 ou dispersão a fim de irradiar as microlentes e, assim, a camada de material nos ângulos desejados. As imagens compósitas da presente invenção são preferivelmente obtidas utilizando-se dispositivos de dispersão de luz com aberturas numéricas (definidas como o seno do meio ângulo dos máximos raios divergentes) maiores do que ou iguais a 0,3. Os dispositivos de
25 dispersão de luz com maiores aberturas numéricas produzem imagens compósitas tendo um ângulo de visão maior e uma maior faixa de movimento aparente da imagem.

IV. Processo de Formação de Imagem

Um processo de formação de imagem exemplificativo de

acordo com a invenção consiste em direcionar a luz colimada de um laser através de uma lente para o laminado de microlentes. Para criar um laminado tendo uma imagem flutuando, como descrito mais abaixo, a luz é transmitida através de uma lente divergente com uma elevada abertura numérica (NA) para produzir um cone de luz altamente divergente. Uma lente de alta NA é uma lente com uma NA igual a ou maior do que 0,3. O lado de revestimento sensível a radiação das microesferas é posicionado afastado da lente, a fim de que o eixo geométrico do cone de luz (o eixo geométrico óptico) seja perpendicular ao plano do laminado de microlentes.

10 Em razão de cada microlente individual ocupar uma única posição em relação ao eixo geométrico óptico, a luz colidindo em cada microlente terá um único ângulo de incidência relativo à luz incidente em cada outra microlente. Assim, a luz será transmitida por cada microlente a uma única posição da camada de material e produzirá uma única imagem.

15 Mais precisamente, um único pulso de luz produz somente um único ponto de imagem na camada de material, a fim de prover uma imagem adjacente a cada microlente, múltiplos pulsos de luz são usados para criar aquela imagem de múltiplos pontos de imagem formada. Para cada pulso, o eixo geométrico óptico é localizado em uma nova posição em relação à posição do eixo

20 geométrico óptico durante o pulso anterior. Estas mudanças sucessivas da posição do eixo geométrico óptico em relação às microlentes resulta em uma correspondente mudança no ângulo de incidência sobre cada microlente e, portanto, na posição do ponto com imagem formada criado na camada de material por aquele pulso. Como resultado, a luz incidente focalizando no

25 lado detrás da microesfera forma a imagem de um padrão selecionado na camada sensível a radiação. Em razão de a posição de cada microesfera ser única em relação a cada eixo geométrico óptico, a imagem formada no material sensível a radiação para cada microesfera será diferente da imagem associada com cada outra microesfera.

Outro método para formar imagens compósitas flutuantes utiliza uma formação de lentes para produzir luz altamente divergentes para formar imagem do material submetido às microlentes. A formação de lentes consiste de múltiplas pequenas lentes, todas com elevadas aberturas numéricas dispostas em uma geometria planar. Quando a formação é iluminada por uma fonte de luz, a formação produzirá múltiplos cones de luz altamente divergente, cada cone individual sendo centrado em sua correspondente lente da formação. As dimensões físicas da formação são escolhidas para acomodar o maior lado lateral de uma imagem compósita. Em virtude do tamanho da formação, os cones individuais de energia formados pelas lenticulas expõem o material submetido a microlentes como se uma lente individual fosse posicionada seqüencialmente em todos os pontos da formação, enquanto recebendo pulsos de luz. A seleção das lentes que recebem a luz incidente ocorre pelo uso de uma máscara refletiva. Esta máscara tem áreas transparentes correspondendo a seções da imagem compósita que são para ser expostas e áreas refletivas em que a imagem não deve ser exposta. Devido à extensão lateral da formação de lente, não é necessário utilizarem-se múltiplos pulsos de luz para reconstituir a imagem.

Tendo-se a máscara totalmente iluminada pela energia incidente, as partes da máscara que permitem que a energia atravesse formarão muitos cones individuais de luz altamente divergente delineando a imagem flutuante como se a imagem fosse reconstituída por uma única lente. Como resultado, somente um único pulso de luz é necessário para formar a inteira imagem compósita no laminado de microlentes. Alternativamente, em lugar de uma máscara refletiva, um sistema de posicionamento de feixe, tal como um explorador xy galvométrico, pode ser usado para localmente iluminar a formação de lentes e reconstituir a imagem compósita da formação. Uma vez que a energia é espacialmente localizada com esta técnica, somente algumas lenticulas da formação são iluminadas em qualquer

determinado tempo. Aquelas lenticulas que são iluminadas proverão os cones de luz altamente divergente, necessários para expor o material submetido a microlentes para formar a imagem compósita dos laminados.

5 A própria formação de lentes pode ser fabricada de distintas lenticulas ou por um processo de cauterização, para produzir uma formação monolítica de lentes. Materiais adequados para as lentes são aqueles que são não-absorvedores no comprimento de onda da energia incidente. As lentes individuais da formação preferivelmente têm aberturas numéricas maiores do que 0,3 e diâmetros maiores do que 30 micrometros, porém menores do que 10 mm. Estas formações podem ter revestimentos antirreflexão para reduzir os efeitos das retro-reflexões que podem causar dano interno ao material de lente. Além disso, lentes únicas, com um comprimento focal negativo efetivo e dimensões equivalentes à formação de lentes, podem ser usadas para aumentar a divergência da luz deixando a formação. Formas das lenticulas individuais em uma formação monolítica são escolhidas para terem uma elevada abertura numérica e prover um grande fator de enchimento de aproximadamente maior do que 60%.

20 A Fig. 4 é uma representação gráfica esquemática de energia divergente colidindo em um laminado de microlentes. A parte da camada de material na ou dentro da qual uma imagem I é formada é diferente para cada microlente, porque cada microlente “vê” a energia próxima por uma diferente perspectiva. Assim, uma única imagem é formada dentro da camada de material associada com cada microlente.

25 Após formação de imagem, dependendo do tamanho do objeto ampliado, uma imagem total ou parcial do objeto estará presente no material sensível a radiação atrás de cada microesfera. A extensão em que o objeto real é reproduzido como uma imagem atrás de uma microesfera depende da densidade de energia incidente sobre a microesfera. Partes de um objeto estendido pode ficar bastante distante de uma região de microlentes, de modo

que a energia incidente sobre aquelas microesferas tenha uma densidade de energia mais baixa do que o nível de radiação requerido para modificar aquele material. Além disso, para uma imagem espacialmente estendida, quando formando imagem com uma lente NA fixa, nem todas as partes do laminado serão expostas à luz de radiação incidente para todas as partes do objeto estendido. Como resultado, aquelas partes do objeto não serão modificadas no meio sensível a radiação e somente uma imagem parcial do objeto aparecerá atrás das microesferas. A Figura 5 é uma vista em perspectiva de uma seção de um laminado de microlentes representando imagens amostra formadas na camada sensível a radiação adjacente a microesferas individuais e ainda mostrando que as imagens registradas variam de réplica completa para réplica parcial da imagem compósita. As Figuras 6 e 7 são micrografias opcionais de um laminado de microlentes com imagem formada de acordo com esta invenção, em que a camada sensível a radiação é uma camada de alumínio. Como ali mostrado, algumas das imagens são completas e outras são parciais.

Estas imagens compósitas podem também ser supostas como o resultado da soma entre si de muitas imagens, tanto parciais como completas, todas com diferentes perspectivas de um objeto real. As muitas imagens únicas são formadas através de uma formação de lentes miniatura, todas “vendo” o objeto ou imagem por um diferente ponto de vantagem. Atrás das lentes miniatura individuais, uma perspectiva da imagem é criada na camada de material, que depende do formato da imagem e da direção que a fonte de energia formadora de imagem foi recebida. Entretanto, nem tudo que a lente vê é gravado no material sensível a radiação. Somente aquela parte da imagem ou objeto visto pela lente, que tem suficiente energia para modificar o material sensível a radiação, será registrada.

O “objeto” a ter a imagem formada é formado através do uso de uma fonte de luz intensa reconstituindo o contorno do “objeto” ou pelo uso

de uma máscara. Para a imagem assim registrada ter um aspecto composto, a luz do objeto deve irradiar-se sobre uma larga faixa de ângulos. Quando a luz irradiando-se de um objeto está vindo de um único ponto do objeto e está irradiando sobre uma larga faixa de ângulos, todos os raios de luz estão transportando informação acerca do objeto, porém somente daquele único ponto. embora a informação seja da perspectiva do ângulo do raio de luz. Consideremos agora que, a fim de ter-se informação relativamente completa acerca do objeto, quando transportado pelos raios de luz, a luz deve irradiar-se sobre uma larga faixa de ângulos da coleção de pontos que constituem o objeto. Nesta invenção, a faixa de ângulos dos raios de luz emanando de um objeto é controlada por elementos ópticos interpostos entre o objeto e o material de microlentes. Estes elementos ópticos são escolhidos para fornecer a faixa ótima de ângulos necessária para produzir uma imagem compósita. A melhor seleção de elementos ópticos resulta em um cone de luz, por meio do qual o vértice do cone termina na posição do objeto. Ângulos ótimos de cone são maiores do que cerca de 40 graus.

O objeto é desampliado pelas lentes miniatura e a luz do objeto é focalizada sobre o revestimento sensível a energia, contra o lado detrás da lente miniatura. A posição real do ponto ou imagem focalizado na parte detrás da lente depende da direção dos raios de luz incidente originando-se do objeto. Cada cone de luz emanando de um ponto do objeto ilumina uma fração das lentes miniatura e somente aquelas lentes miniatura, iluminadas com suficiente energia, registrarão uma imagem permanente daquele ponto do objeto.

Óptica geométrica será usada para descrever a formação de várias imagens compósitas de acordo com a invenção. Como citado anteriormente, os processos de formação de imagem descritos abaixo são versões preferidas, porém não exclusivas, da invenção.

A. Criando uma Imagem compósita que Flutua Acima do Laminado

Com referência à Figura 8, a energia incidente 100 (luz, neste exemplo) é dirigida sobre um difusor de luz 101 para homogeneizar quaisquer não-uniformidades da fonte de luz. A luz difusamente dispersa 100a é capturada e colimada por um colimador de luz 102, que direciona a
 5 lua uniformemente distribuída 100b para uma lente divergente 105a. Da lente divergente, os raios de luz 100c divergem para o laminado de microlentes 106.

A energia dos raios de luz colidindo no laminado de microlentes 106 é focalizada pelas microlentes individuais 111 sobre a
 10 camada de material (um revestimento sensível a radiação 112, na versão ilustrada). Esta energia focalizada modifica o revestimento sensível a radiação 112, para prover uma imagem, cujos tamanho, formato e aparência dependem da interação entre os raios de luz e o revestimento sensível a radiação.

O arranjo mostrado na Figura 8 forneceria um laminado tendo uma imagem compósita que parece a um observador flutuar acima do laminado, como descrito abaixo, porque os raios divergentes 100c, se estendidos para trás através da lente, intersectar-se-iam no ponto focal 108a da lente divergente. Dito diferentemente, se “raios de imagem” hipotéticos
 15 fossem reconstituídos da camada de material através de cada uma das microesferas e de volta através da lente divergente, eles encontrar-se-iam em 108a, que é onde a imagem compósita aparece.

B. Vendo uma Imagem compósita que Flutua Acima do Laminado

Um laminado que tem uma imagem compósita pode ser visto
 25 utilizando-se luz que colide no laminado pelo mesmo lado do observador (luz refletida) ou pelo lado oposto do laminado que do observador (luz transmitida), ou ambos. A Figura 9 é uma representação esquemática de uma imagem compósita que parece ao olho nu de um observador A flutuar acima do laminado, quando vista sob luz refletida. Um olho nu pode ser corrigido

para visão normal, mas não é por outro lado auxiliado, por exemplo, por amplificação ou um espectador especial. Quando o laminado com imagem formada é iluminado pela luz refletida, que pode ser colimada ou difusa, os raios de luz são refletidos de volta do laminado com imagem formada de uma maneira determinada pela camada de material atingida pelos raios de luz. Por definição, as imagens formadas na camada de material parecem diferentes das partes sem imagem formada da camada de material e, assim, uma imagem pode ser percebida.

Por exemplo, a luz L1 pode ser refletida pela camada de material de volta para o observador. Entretanto, a camada de material pode não refletir bem luz L2 de volta para o observador, ou absolutamente, de suas partes com imagem formada. Assim, o observador pode detectar a ausência de raios de luz em 108a, cujo somatório cria uma imagem compósita que parece flutuar acima do laminado a 108a. Em resumo, luz pode ser refletida do inteiro laminado, exceto as partes com imagem formada, o que significa que uma imagem compósita relativamente escura será evidente em 108a.

É também possível que o material sem imagem formada absorva ou transmita luz incidente e que o material com imagem formada reflita ou parcialmente absorva luz incidente, respectivamente, para prover o efeito de contraste requerido para prover uma imagem compósita. A imagem compósita sob essas circunstâncias pareceria como uma imagem compósita relativamente brilhante, em comparação com o resto do laminado, que pareceria relativamente escuro. Esta imagem compósita pode ser referida como uma “imagem real”, porque é a luz real, e não a ausência de luz, que cria a imagem no ponto focal 108a. Várias combinações destas possibilidades podem ser selecionadas como desejado.

Certos laminados com imagem formada podem também ser visto por luz transmitida, como mostrado na Figura 10. Por exemplo, quando as partes com imagem formada da camada de material são translúcidas e as

partes sem imagem formada não o são, então a maior parte da luz L3 será absorvida ou refletida pela camada de material, enquanto a luz transmitida L4 será passada através das partes com imagem formada da camada de material e direcionada pelas microlentes para o ponto focal 108a. A imagem compósita
 5 será evidente no ponto focal, onde ela, neste exemplo, parecerá mais brilhante do que o resto do laminado. Esta imagem compósita pode ser referida como uma “imagem real”, porque é a luz real, e não a ausência de luz, que cria a imagem no ponto focal 108a.

Alternativamente, se as partes com imagem formada da
 10 camada de material não forem translúcidas, porém o resto da camada de material o for, então a ausência da luz transmitida nas áreas das imagens proverão uma imagem compósita que parece mais escura do que o resto do laminado.

C. Criando uma Imagem compósita que Flutua Abaixo do Laminado

Uma imagem compósita pode também ser provida que parece
 15 ser suspensa no lado oposto do laminado pelo observador. Esta imagem flutuando que flutua abaixo do laminado pode ser criada utilizando-se uma lente convergente, em vez da lente divergente 105, mostrada na Figura 8. Com referência à Figura 11, a energia incidente 100 (luz, neste exemplo) é
 20 dirigida sobre um difusor 101, para homogeneizar quaisquer não-uniformidades na fonte de luz. A luz difusa 100a é então coletada e colimada em um colimador 102, que direciona a luz 100b para uma lente convergente 105b. Da lente convergente, os raios de luz 100d são incidentes sobre o laminado de microlentes 106, que é colocado entre a lente convergente e o
 25 ponto focal 106 da lente convergente.

A energia dos raios de luz colidindo no laminado de microlentes 106 é focalizada pelas microlentes individuais 111 sobre a camada de material (um revestimento sensível a radiação 112, na versão ilustrada). Esta energia focalizada modifica o revestimento sensível a

radiação 112, para prover uma imagem, cujo tamanho, formato e aparência dependem da interação entre os raios de luz e o revestimento sensível a radiação. O arranjo mostrado na Figura 11 proverá um laminado tendo uma imagem compósita que parece, a um observador, flutuar abaixo do laminado, como descrito abaixo, porque os raios convergentes 100d, se estendidos através do laminado, intersectar-se-iam no ponto focal 108b da lente divergente. Dito diferentemente, se “raios de imagem” hipotéticos fossem reconstituídos pela lente convergente 105b através de cada uma das microesferas e através das imagens da camada de material associada com cada microlente, eles encontrar-se-iam em 108b, que é onde a imagem compósita aparece.

D. Vendo uma Imagem compósita que Flutua Abaixo do Laminado

Laminado tendo uma imagem compósita que parece flutuar abaixo do laminado pode também ser visto em luz refletida, luz transmitida ou ambas. A Figura 12 é uma representação esquemática de uma imagem compósita que parece flutuar abaixo do laminado, quando vista sob luz refletida. Por exemplo, a luz L5 pode ser refletida pela camada de material de volta para o observador. Entretanto, a camada de material pode não refletir b em a luz L6 de volta para o observador, ou em absoluto, de suas partes com imagem formada. Assim, o observador pode detectar a ausência dos raios de luz em 108b, cujo somatório cria uma imagem compósita que parece flutuar abaixo do laminado em 108b. Em resumo, a luz pode ser refletida do inteiro laminado, exceto das partes com imagem formada, o que significa que uma imagem compósita relativamente escura será evidente em 108b.

É também possível que o material sem imagem formada absorva ou transmita luz incidente e que o material com imagem formada reflita ou parcialmente absorva luz incidente, respectivamente, para prover o efeito de contraste requerido para prover uma imagem compósita. A imagem compósita sob essas circunstâncias apareceria como uma imagem compósita

relativamente brilhante, em comparação com o resto do laminado, que pareceria relativamente escuro. Várias combinações destas possibilidades podem ser selecionadas como desejado.

5 Certos laminados com imagem formada podem também ser vistos pela luz transmitida, como mostrado na Figura 13. Por exemplo, quando as partes com imagem formada da camada de material são translúcidas e as partes sem imagem formada não o são, então a maior parte da luz L7 será absorvida ou refletida pela camada de material, enquanto a luz transmitida L8 será passada através das partes com imagem formada da
10 camada de material. A extensão desses raios, referidos aqui como “raios de imagem”, de volta na direção da luz incidente, resulta na formação de uma imagem compósita em 108b. A imagem compósita será evidente no ponto focal, onde ela, neste exemplo, aparecerá mais brilhante do que o resto do laminado.

15 Alternativamente, se as partes com imagem formadas da camada de material não forem translúcidas, porém o resto do material o for, então a ausência de luz transmitida nas áreas das imagens fornecerá uma imagem compósita que parece mais escura do que o resto do laminado.

E. Imagens Complexas

20 As imagens compósitas produzidas de acordo com os princípios da presente invenção podem parecer ser bidimensionais, significando que elas têm um comprimento e largura, e parecer abaixo, no plano ou acima do laminado, ou tridimensional, significando que elas têm um comprimento, largura e altura. As imagens compósitas tridimensionais podem
25 parecer abaixo ou acima do laminado somente ou em qualquer combinação de abaixo, no plano e acima do laminado, como desejado. A expressão “no plano do laminado” refere-se somente geralmente ao plano do laminado quando o laminado é colocado plano. Isto é, o laminado que não é plano pode também ter imagens compósitas que parecem estar pelo menos em parte “no

plano do laminado”, como aquela frase é aqui usada.

Imagens compósitas tridimensionais não parecem em um único ponto focal, mas, ao contrário, como um compósito de imagens tendo um contínuo de pontos focais, com os pontos focais variando de um lado do laminado para ou através do laminado para um ponto do outro lado. Isto é preferivelmente conseguido movendo-se seqüencialmente o laminado ou a fonte de energia em relação entre si (em vez de provendo-se múltiplas diferentes lentes) a fim de formar imagem da camada de material em múltiplos pontos focais. A imagem espacialmente complexa resultante consiste essencialmente de muitos pontos individuais. Esta imagem pode ter uma extensão espacial em qualquer uma das três coordenadas cartesianas relativas ao plano do laminado.

Em outro tipo de efeito, uma imagem compósita pode ser feita mover-se para uma região do laminado de microlentes, onde ela desaparece. Este tipo de imagem é fabricada de um modo similar aos exemplos de levitação, com a adição de colocação de uma máscara opaca em contato com os materiais de microlentes, para parcialmente bloquear a luz formadora de imagem para parte do material de microlentes. Quando vendo tal imagem, a imagem pode ser feita mover-se para dentro da região em que a luz formadora de imagem foi reduzida ou eliminada pela máscara de contato. A imagem parece “desaparecer” naquela região.

As imagens compósitas formadas de acordo com a presente invenção podem ter ângulos de visão largos, significando que um observador pode ver a imagem compósita através de uma larga faixa de ângulos entre o plano do laminado e o eixo geométrico de visão. As imagens compósitas, formadas no laminado de microlentes consistindo de uma monocamada de microesferas de vidro, tendo um diâmetro médio de aproximadamente 70 - 80 micrometros e, quando usando-se uma lente asférica com uma abertura numérica de 0,64, são visíveis dentro de um campo de visão cônico, cujo eixo

central é determinado pelo eixo geométrico óptico da energia incidente. Sob luz ambiente, a imagem compósita assim formada é visível através de um cone de cerca de 80 - 90 graus de ângulo total. Utilizando-se uma lente formadora de imagem, com menos divergência ou menor NA, podem formar-se menores cones de meio-ângulo.

Imagens formadas pelo processo desta invenção podem também ser construídos que têm um ângulo de visão restringido. Em outras palavras, a imagem somente seria vista se visualizada por uma direção particular, ou menores variações angulares daquela direção. Tais imagens são formadas similares ao método descrito no Exemplo Um abaixo, exceto que a luz incidente na lente esférica final é ajustada para que somente uma parte da lente seja iluminada pela radiação laser. O enchimento parcial da lente com energia incidente resulta em um cone limitado de luz divergente incidente no laminado de microlentes. Para laminado de microlentes revestido de alumínio, a imagem compósita parece somente dentro de um cone de visão limitado como uma imagem cinza escuro em um fundo cinza claro. A imagem parece estar flutuando em relação ao laminado de microlentes.

EXEMPLOS

Esta invenção será mais explicada pelos seguintes Exemplos, que podem, por conveniência, referir-se a certas das Figuras.

Exemplo Um

Este exemplo descreve um laminado de lentes embutidas com uma camada de material de alumínio e uma imagem compósita que parecia flutuar acima do laminado. Um conjunto óptico, do tipo representado na Figura 14, foi usado para formar a imagem flutuante. O conjunto óptico consistiu de um laser Spectra Physics Quanta-Ray[®] DCR-2(10) Nd:YAG 300, operando em um modo comutado-Q em seu comprimento de onda fundamental de 1,06 micrometros. A largura de pulso deste laser é tipicamente de 10-3 ns. Em seguida ao laser, a energia foi redirecionada por

um espelho giratório 99% refletivo 302, um difusor de vidro opaco 304, um telescópio de expansão de feixe de 5X 306 e uma lente esférica 308, com uma abertura numérica de 0,64 e um comprimento focal de 39,0 mm. A luz da lente esférica 308 foi direcionada para um estágio XYZ 310. O estágio foi
5 composto de três estágios lineares e é disponível na Aerotech Inc. of Pittsburgh, Pennsylvania sob a designação ATS50060. Um estágio linear foi usado para mover a lente esférica ao longo do eixo geométrico entre o ponto focal esférico e o laminado de microlentes (o eixo geométrico-z) e os outros dois estágios possibilitaram que o laminado fosse movido em dois eixos
10 geométricos horizontais mutuamente ortogonais, em relação ao eixo geométrico óptico.

A luz laser foi direcionada para o difusor de vidro opaco 304, para eliminar quaisquer inhomogeneidades causadas por lente térmica. Imediatamente adjacente ao difusor, um telescópio de expansão de feixe 5X
15 306 colimou a luz divergente do difusor e ampliou o feixe de luz para encher a lente esférica 308.

Neste exemplo, a lente esférica foi posicionada acima do plano XY do estágio XYZ, a fim de que o ponto focal da lente ficasse 1 cm acima do laminado de microlentes 312. Um medidor de energia provido de
20 abertura, disponível na Gentec, Inc., de Saint-Fey, Quebec, Canadá, sob a designação ED500, com uma máscara mecânica, foi usado para controlar a densidade de energia no plano do laminado. A saída do laser foi ajustada para obterem-se aproximadamente 8 miliJoules por centímetro quadrado (8 mJ/cm^2) sobre a área iluminada do medidor de energia 1 cm do ponto focal da
25 lente esférica. Uma amostra de laminado de lentes embutido 312, com uma camada sensível a radiação de alumínio com espessura de 80 nm, foi afixada ao estágio XYZ 310, a fim de que o lado revestido de alumínio ficasse voltado para longe da lente esférica 308.

Um controlador disponível da Aerotech, Inc. of Pittsburgh,

Pennsylvania, sob a designação U21, proveu os necessários sinais de controle para movimento do estágio XYZ 312 e as voltagens de controle para pulsação do laser 300. Os estágios foram movidos importando-se um arquivo CAD para dentro do controlador, com informação de coordenadas x-y-z, comandos de movimento e comandos de disparo de laser, necessários para produzir a imagem. Uma imagem compósita complexa arbitrária foi formada coordenando-se o movimento dos estágios X, Y e Z com a pulsação do laser, para reconstituir a imagem no espaço acima do material com microlentes. A velocidade do estágio foi ajustada a 50,8 cm/min para uma taxa de pulso laser de 10 Hz. Isto formou linhas compósitas contínuas na camada de alumínio adjacente às microlentes.

Quando o laminado de microlentes foi visto em luz ambiente, as imagens eram cinza escuro contra um fundo cinza claro. Para um espaçamento fixo de 1 cm entre o ponto focal e a superfície do laminado em contas, a imagem resultante era uma imagem compósita planar, que parecia flutuar aproximadamente 1 cm acima do laminado. Além disso, a imagem compósita exibiu movimento razoavelmente grande em relação a um perspectiva de visão de um observador, de modo que um observador pudesse facilmente ver diferentes aspectos da imagem compósita, dependendo do ângulo de visão.

Exemplo Dois

Neste exemplo, uma construção de laminado de lentes expostas, com uma camada sensível a radiação de espelho transparente, foi usada para formar uma imagem compósita que pareceu flutuar abaixo do laminado de microlentes. O conjunto óptico usado no Exemplo Um foi também usado neste Exemplo. O laminado de microlentes foi posicionado em relação à lente asférica 308, de modo que a lente ficasse quase em contato com o laminado de microlentes. A saída do laser foi ajustada para obterem-se aproximadamente 14 mJ/cm^2 diretamente embaixo da lente asférica. O

laminado de lente exposta consistiu de microesferas parcialmente embutidas, como descrito na Patente U.S. No. 3.801.183, com um vapor espelho dielétrico de zinco-sulfeto (ZnS) depositado sobre um lado das microesferas. A espessura da camada ZnS foi nominalmente de 60 nm. Como no Exemplo Um, o laser foi operado a 10 Hz, enquanto o laminado foi movido a 50,8 cm/min, resultando na formação de linhas compostas contínuas no laminado de microlentes. Um padrão “globo” (um círculo com quatro arcos inscritos) foi traçado pelo sistema de estágio.

Sob luz ambiente, o globo pareceu como uma imagem escura contra um fundo branco/amarelo. A imagem composta escura pareceu flutuar aproximadamente 39 mm abaixo do laminado. O local da imagem composta correspondeu ao local do ponto focal da lente esférica, que, para este Exemplo, correlacionou-se com aproximadamente 39 mm atrás da lente.

Exemplo Três

Este Exemplo descreve a formação de uma imagem composta em um laminado de lentes expostas, com uma camada sensível a radiação de alumínio utilizando uma formação de lentes em lugar de uma única lente esférica. Um conjunto óptico do tipo representado na Figura 15 foi usado para formar uma imagem composta flutuante. O conjunto óptico consistiu de um laser comutado-Q 300, um espelho 99% refletivo 301, um difusor óptico 304 e um telescópio de expansão de feixe 306. Estes componentes do conjunto óptico usado neste exemplo são idênticos àqueles descritos no Exemplo Um. Também foi incluída no conjunto óptico deste exemplo foi uma formação de lentes bidimensional 407, uma máscara refletiva 409 e uma lente bicôncava negativa 411. As áreas da máscara refletiva 409 eram transparentes, para coincidir com as áreas do material de microlentes 412 a ser exposto à radiação laser, enquanto o resto da superfície da máscara era opaco ou refletivo.

A formação de lentes 407 consistia de uma formação de

microlentes refrativas de sílica pirogênica, disponível na MEMS Optical, LLC of Huntsville, Alabama, sob a designação 3038. Esta formação de lentes esféricas estreitamente acondicionadas foi colocada quase em contato com uma lente bicôncava 411, tendo um diâmetro de 75 mm e comprimento focal negativo de 150 mm. O laminado de lentes expostas 412, com uma camada sensível a radiação de alumínio com a espessura de 80 nm, foi colocado dentro de 25 mm da lente bicôncava negativa 411. O material de microlentes foi colocado aproximadamente 1 cm do comprimento focal do trajeto óptico combinado das formações de microlentes e a lente bicôncava negativa. A saída do laser foi ajustada para produzir aproximadamente 4 mJ/cm^2 na superfície da face de lentes expostas do laminado de microlentes. Um único pulso laser foi ativado para expor a inteira imagem.

O laminado de microlentes com imagem formada resultante, quando visto em luz ambiente, revelou imagens que pareciam flutuar a aproximadamente 1 cm acima do laminado. A imagem pareceu cinza escuro contra um fundo cinza claro.

Exemplo Quatro

Neste exemplo, a fonte de luz divergente foi obtida por reflexão de uma fonte de dispersão. O refletor de dispersão consistia de uma conta de cerâmica de aproximadamente 5 mm de diâmetro. Um conjunto óptico do tipo representado na Figura 16 foi usado neste Exemplo. Ele consistiu de um laser comutado-Q Nd:YAG 500, similar àquele descrito no Exemplo Um, seguido por um telescópio 502, que reduziu o tamanho do feixe de laser incidente a um diâmetro de aproximadamente 1 mm. A luz foi então colidida na conta de cerâmica 504, em um ângulo suficientemente desviado da perpendicular, a fim de iluminar aproximadamente um quarto do hemisfério da conta cerâmica 504 voltado para o laminado de microlentes 512. Isto foi confirmado observando-se a radiação dispersa através de uma câmera de infravermelho.

A conta cerâmica 504 foi posicionada acima do estágio XY 510 a uma distância de aproximadamente 25 mm. A luz incidente do laser foi ajustada para ser paralela ao estágio de amostra. O laminado de lentes embutidas 512, com uma camada sensível a radiação de alumínio, foi afixada em um estágio XY 510 e um controlador forneceu sinais de controle para o estágio e laser. A saída do laser foi ajustada para obterem-se aproximadamente 8 mJ/cm^2 na superfície do laminado de microlentes. A iluminação da conta cerâmica 504 foi ajustada para obter-se a mais uniforme exposição a luz para a superfície do laminado de microlentes 512. O estágio XY 510 foi movido a 50,8 cm/minuto, com o laser pulsando a 10 Hz. Uma imagem complexa foi reconstituída com o estágio, enquanto o laminado de microlentes foi exposto à radiação dispersa do refletor cerâmico.

Em luz ambiente, uma imagem compósita flutuou a aproximadamente 25 mm acima do laminado e pareceu cinza escuro contra um fundo cinza claro. A imagem tinha grande movimento em relação à posição de visão do observador. Sob luz transmitida, uma imagem compósita luminosa flutuou a aproximadamente 25 mm acima do laminado.

Exemplo Cinco

Neste exemplo, a camada de material de um laminado de lentes embutidas consistiu de pilhas ópticas de multicamadas, sintonizadas para cores específicas do espectro visível. Em uma face da lâmina de base com microlentes, camadas de película fina foram depositadas por evaporação em vácuo e polimerização de plasma, para obter-se uma seqüência de camada consistindo de cromo/butadieno polimerizado com plasma/dióxido de silício/alumínio, com a camada de cromo sendo adjacente às lentes embutidas. As espessuras dos materiais individuais foram ajustadas para obterem-se cores nas partes vermelha, verde e azul do espectro visível. A Tabela 1 provê as espessuras específicas dos materiais individuais preparados.

Tabela 1: Construção de Multicamadas

Amostra	Cr (nm)	PP (nm)	SiO ₂ (nm)	Al (nm)	Cor
1	4	97	0	80	Azul
2	4	65	65	80	Azul claro
3	4	89	65	80	Verde
4	4	165	20	80	Vermelho/Azul

As lâminas base de microlentes revestidas foram então laminadas em uma camada traseira com as multicamadas em contato com o material laminante. O revestimento do laminado de microlentes foi então removido para expor a superfície da frente das lentes embutidas às cores dadas na tabela acima.

Um conjunto óptico, como descrito no Exemplo Um, foi usado para formar imagem das amostras deste exemplo. Neste exemplo, o ponto focal da asfera foi posicionado 1 cm acima do laminado de microlentes. A saída do laser foi ajustada para obter-se uma densidade de energia de 5 mJ/cm² na superfície do laminado de microlentes. As propriedades ópticas das pilhas de multicamadas foram modificadas nas regiões irradiadas. Um padrão globo foi traçado para prover imagens nas pilhas de multicamadas de uma maneira similar àquela descrita no Exemplo Um.

Em iluminação ambiente, as regiões irradiadas pareceram de cor amarelo claro a laranja contra a cor de fundo do laminado de microlentes. Todas as imagens compósitas pareceram flutuar acima do laminado e moverem-se em relação ao observador.

Exemplo Seis

Este exemplo descreve um segundo tipo de pilha sintonizada de multicamadas como a camada sensível a radiação, para produzir uma imagem compósita colorida. As pilhas ópticas foram preparadas em uma lâmina de base de microlentes consistindo de laminado de lentes embutidas. Em uma face das lâminas de base de microlentes, as camadas de película delgada foram depositadas por evaporação em vácuo, para obter-se uma sequência de camada consistindo de cromo/criolita/alumínio (Cr/Na₃AlF₆/Al),

cromo/dióxido de silício/alumínio (Cr/SiO₂/Al), ou cromo/fluoreto de magnésio/alumínio (Cr/MgF₂/Al), como mostrado na Tabela 2 abaixo. As espessuras dos materiais dielétricos, SiO₂, Na₃AlF₆ e MgF₂, foram ajustadas para obter-se uma variedade de cores no espectro visível. A Tabela 2 provê as espessuras específicas dos materiais individuais preparados nas várias amostras.

Tabela 2: Construção de Multicamadas

Amostra	Espessura Cr (nm)	Espessura Na ₃ AlF ₆ (nm)	Espessura SiO ₂ (nm)	Espessura MgF ₂ (nm)	Espessura Al (nm)	Cor	Densidade Energia Formação de Imagem (mJ/cm ²)
A	4,8	200	0	0	83	Azul	12,7
B	4,2	0	135	0	83	Azul carregado	8,6
C	4,2	0	0	259	83	verde água	8,6
D	4,2	0	275	0	83	Violeta	7,5
E	4,2	0	160	0	83	Verde	7,5
F	4,2	0	225	0	83	Laranja-bronze	7,5

As lâminas baseadas em microlentes revestidas foram então laminadas em uma parte traseira, de modo que as multicamadas ficassem em contato com o material laminante. O revestimento do laminado de microlentes foi então removido para expor a superfície da frente das lentes embutidas às cores dadas na tabela acima.

Um conjunto óptico, como descrito no Exemplo Um, foi usado para formar imagem destas amostras. Neste exemplo, a posição da lente esférica final foi posicionada para ficar quase em contato com a amostra, para prover uma imagem compósita que parecia flutuar abaixo do laminado. A energia laser foi ajustada para obter-se uma densidade de energia que alteraria permanentemente as propriedades ópticas das respectivas pilha de multicamadas, como mostrado na Tabela 2. Os caracteres alfanuméricos “SAMPLE” foram traçados para a imagem neste material de uma maneira

similar àquela descrita no Exemplo Um. Em iluminação ambiente, a imagem compósita pareceu escura com um contorno branco/amarelo contra a cor de fundo do laminado de microlentes. Todas as imagens compósitas pareceram flutuar a aproximadamente 39 mm abaixo do laminado e moverem-se com respeito a um observador vendo o laminado.

Exemplo Sete

Neste exemplo, uma imagem compósita colorida foi formada em um laminado de lentes embutidas utilizando uma liga de mudança de fase de 50 por cento atômica de prata e 50 por cento atômica de zinco ($\text{Ag}_{50}\text{Zn}_{50}$) e uma pilha de bicamadas sintonizada consistindo de cromo e dióxido de silício como a camada sensível a radiação. A liga de mudança de fase não foi ablada pela radiação aplicada, enquanto a bicamada sintonizada aumenta a refletância espacial na parte azul do espectro eletromagnético visível. A camada sensível a radiação foi depositada sobre a camada espaçadora do laminado de lentes incluídas de uma maneira similar ao procedimento usado para depositar as camadas de película delgada da pilha de multicamadas sobre a lâmina baseada em microlentes do Exemplo Cinco. Primeiro, as camadas de cromo e dióxido de silício foram depositada em vácuo sobre a camada espaçadora polimérica até as espessuras de 40 nm e 260 nm, respectivamente. Em seguida, uma camada com a espessura de 80 nm de liga $\text{Ag}_{50}\text{Zn}_{50}$ foi depositada por bombardeamento sobre a camada de dióxido de silício. As amostras foram então laminadas e extraídas para expor a parte clara do laminado de microlentes.

O laminado, quando visto sob luz ambiente (refletida), pareceu ser azul-violeta. Um conjunto óptico similar ao Exemplo Um foi usado para formar imagem da camada sensível a radiação $\text{Ag}_{50}\text{Zn}_{50}$. Em lugar do laser comutado-Q, um laser de onda contínua Nd:YAG, operando em um comprimento de onda de 1,06 μm , foi usado como a fonte de energia. A largura de pulso foi controlada pelo uso de um modulador acústico-óptico do

conjunto óptico. O feixe de difração de primeira ordem foi remetido através de um conjunto óptico do tipo representado na Figura 14. Amostras do laminado de lentes inclusas foram afixadas a um estágio XYZ. A potência laser dentro do modulador acústico-óptico foi ajustado para fornecer 810 mW de potência ao material de microlentes. O modulador acústico-óptico foi ajustada para obter pulsação de 20 Hz em larguras de pulso de 100 microssegundos. Uma lente asférica positiva, como descrito no Exemplo Um, foi colocada 12 mm acima da superfície do material de microlentes. Uma imagem foi reconstituída com o estágio XYZ, enquanto a radiação laser expunha a camada sensível a radiação.

Quando o laminado foi visto em luz ambiente, as regiões com formação de imagem pareceram de cor azul claro e flutuavam cerca de 12 mm acima do laminado de microlentes.

Exemplo Oito

Neste Exemplo, uma estrutura de lente replicada com uma camada sensível a radiação de cobre foi usada como o laminado de microlentes. Laminado replicado, do tipo descrito na Patente U.S. No. 5.254.390, foi usado como o laminado de microlentes. Uma camada sensível a radiação de cobre foi evaporada no vácuo sobre a superfície plana do laminado a uma espessura de 80 nm. O material de microlentes microrreplicado foi exposto a radiação laser por um conjunto óptico como descrito no Exemplo Um. A lente asférica final foi posicionada com o ponto focal 6,5 mm afastado da superfície do material de microlentes. A saída do laser foi ajustada para fornecer aproximadamente 7 mJ/cm^2 na superfície do laminado. O laser foi ajustado para pulsar a 10 Hz, enquanto o estágio XYZ movia-se a uma velocidade de 50,8 cm/minuto. Um padrão “globo” (um círculo com quatro arcos inscritos) foi traçado acima da amostra.

Quando o laminado foi visto em iluminação ambiente, uma imagem esbranquiçada de um globo flutuando pôde ser vista contra a cor

cúprica da camada sensível a radiação. Esta imagem compósita parecia flutuar a cerca de 6 mm acima do laminado.

Exemplo Nove

5 Este exemplo descreve a combinação de uma imagem compósita plana com uma imagem compósita que parecia flutuar abaixo do laminado. Laminado de microlentes com lentes expostas, com uma camada sensível a radiação de alumínio com a espessura de 80 nm, teve sua imagem formada usando-se a configuração óptica descrita no Exemplo Um. A lente asférica foi posicionado quase em contato com o laminado de microlentes e a
10 saída do laser foi ajustada para produzir 4 mJ/cm^2 na superfície da amostra. O controlador foi programado para traçar os caracteres alfanuméricos “SAMPLE”. Uma máscara absorvente foi colocada no topo do laminado aberto. Esta máscara foi produzida imprimindo-se fileiras dos caracteres alfanuméricos “3M” sobre lâminas de transparência por meio de uma
15 fotocopiadora convencional. Os caracteres alfanuméricos absorveram a radiação, enquanto as áreas circundantes transmitiam a radiação laser. O laminado de lentes expostas com esta máscara absorvente foi posicionado para que os caracteres “SAMPLE” fossem formados sobre o topo da posição de máscara.

20 Quando vistos sob iluminação ambiente, os caracteres “SAMPLE” pareceram flutuar cerca de 39 mm abaixo do laminado, enquanto os caracteres não expostos “3M” pareceram estar no plano do laminado. Os caracteres “3M” foram somente observáveis contra os caracteres escuros dos caracteres “SAMPLE”.

25 Exemplo Dez

Este Exemplo descreve um laminado com uma imagem complexa tridimensional. Um laminado de microlentes com lentes embutidas com uma camada sensível a radiação de alumínio de 80 nm foi usado neste Exemplo. O conjunto óptico usado no Exemplo Um foi usado. O laminado de

microlentes foi fixado ao plano XY de um estágio de translação XYZ, enquanto uma lente asférica foi fixada ao eixo geométrico-z. A lente asférica tinha uma NA de 0,64 e um comprimento focal de 39 mm. O controlador foi programado para traçar o contorno de um cubo isométrico com cubos com comprimento de 5 cm diagonais (a distância entre dois cantos opostos do cubo). A posição relativa e a orientação do cubo como programadas no controlador colocou uma extremidade da imagem de cubo compósita a aproximadamente 5 mm acima da superfície do laminado e a outra extremidade da imagem de cubo compósita 5,5 cm acima daquela superfície.

10 A imagem de cubo foi orientada para colocar um canto do cubo mais próximo do observador.

Durante o tracejamento do cubo isométrico, a energia por pulso do laser foi controlada para produzir uma densidade de energia constante de 8 mJ/cm^2 na superfície da amostra, independente do espaçamento entre a lente divergente e o laminado. O laser operado a 10 Hz e os estágios X, Y e X moveram-se em uma velocidade de 50,8 cm/minuto. A imagem do cubo isométrico foi continuamente reconstituída no espaço acima do laminado de microlentes pelo controlador.

15

Quando visto em iluminação ambiente, a imagem de cubo compósita isométrica pareceu cinza escuro contra uma luz de fundo cinza, flutuando de entre 5 mm e 5,5 cm acima da superfície. Além disso, quando um observador mudava sua perspectiva de visão, o cubo isométrico parecia girar no espaço acima do laminado de microlentes, para expor os lados do cubo que eram previamente obscurecidos em diferentes ângulos de visão.

20

25 Exemplo Onze

Este Exemplo descreve uma imagem flutuante que pode ser feita desaparecer. Isto é, a imagem compósita pode, ao mudar o ângulo de visão, ser feita desaparecer da ou reaparecer à visão. Um laminado de lentes embutidas com uma camada sensível a radiação de alumínio com 80 nm foi

usada. Um conjunto óptico, similar àquele do Exemplo Um, foi usado para formar as imagens e a distância da lente esférica do laminado foi ajustada para posicionar o ponto focal 1 cm acima do laminado de microlentes. O controlador foi programado para produzir um padrão “globo” (um círculo com quatro arcos inscritos) e a saída laser foi ajustada para prover 8 mJ/cm² na superfície da amostra. Na própria amostra, uma seção quadrada de fita translúcida foi fixada à superfície do laminado de lentes embutidas. A seção quadrada da fita foi posicionada de modo que, durante formação de imagem do globo, uma parte da área com imagem formada pelo laser se sobrepusse à seção coberta pela fita translúcida.

Quando o laminado com imagem formada foi visto sob luz ambiente, um padrão de globo flutuante foi observado como uma imagem cinza escuro contra um fundo cinza claro, flutuando 1 cm acima do laminado. Variando-se o ângulo de visão, o “globo” moveu-se para dentro ou fora da região que estava mascarada pela fita translúcida. Quando o globo movia-se para dentro da região mascarada, a parte do globo naquela região desaparecia. Quando o globo movia-se para fora da região mascarada, a parte do globo naquela região reapareceu. A imagem compósita não simplesmente desaparecia gradualmente à medida que passava para dentro da região mascarada, como também desaparecia completamente, exatamente quando ela passava para dentro daquela região.

O laminado com imagem formada contendo as imagens compósitas desta invenção é distintivo e impossível de duplicar com equipamento comum. As imagens compósitas podem ser formada em laminado que seja especificamente dedicado a aplicações tais como passaportes, emblemas de identificação, gráficos de identificação e cartões de afinidade. Documentos requerendo verificação podem ter estas imagens formadas na folha laminada para identificação, autenticidade e realce. Meios de união convencionais, tais como laminação, com ou sem adesivos, podem

ser usados. Fornecedores de itens de valor, tais como produtos eletrônicos embalados, discos compactos, carteiras de motorista, documentos de título, passaportes ou produtos de marca registrada, podem simplesmente aplicar a película de multicamadas desta invenção a seus produtos e instruir seus
5 clientes a somente aceitar como autênticos artigos de valor assim rotulados. Para produtos requerendo estas proteções, seu atrativo pode ser aumentado pela inclusão de laminado contendo imagens compósitas dentro de sua construção ou aderindo-se tal laminado aos produtos. As imagens compósitas podem ser usadas como materiais de exibição para anúncios, para placas de
10 licença e para numerosas outras aplicações em que a representação visual de uma única imagem seja desejável.

Múltiplas imagens compósitas podem ser formadas no mesmo laminado e aquelas imagens compósitas podem ser iguais ou diferentes. Imagens compósitas podem também ser usadas juntamente com outras
15 imagens convencionais, tais como imagens impressas, hologramas, isogramas, grades de difração, cinegramas, fotografias e similares.

Várias modificações e combinações das versões descritas serão evidentes àqueles hábeis na arte e aquelas modificações destinam-se a situar-se dentro do escopo da invenção, como definido nas reivindicações
20 anexas.

REIVINDICAÇÕES

1. Laminado (10, 20, 30), compreendendo:

a. pelo menos uma camada de uma pluralidade de microlentes (12, 22, 34), a camada tendo primeiro e segundo lados;

5 b. uma camada de material sensível à radiação (16, 26, 36), disposta adjacente ao primeiro lado da camada de microlentes;

caracterizado pelo fato de que muda sua aparência com a exposição à um dado nível de radiação para prover um contraste com o material que não foi exposto àquela radiação;

10 uma pluralidade de diferentes imagens individuais de um objeto formado dentro do material, tais imagens sendo formadas direcionando um feixe convergente ou divergente de energia a partir de uma fonte de radiação em direção a pluralidade de microlentes, tal feixe de energia tendo um ponto focal, a radiação encontrando cada microlente tendo um único ângulo de
15 incidência relativo à radiação incidente em cada outra microlente, de tal forma que cada uma das microlentes transmite a energia de radiação à uma única posição no material sensível à radiação tal que cada imagem é associada com uma microlente diferente da referida pluralidade de microlentes, em que a extensão em que o objeto é reproduzido como uma
20 imagem atrás de uma microlente depende da densidade de energia incidente sobre as referidas microlentes tal que pelo menos uma das imagens é uma imagem parcial do objeto, e em que as imagens contrastam com o material não exposto à referida radiação, as diferentes imagens individuais do objeto sendo tais que a imagem compósita, provida pelo somatório das diferentes
25 imagens individuais, parece, a olho nu, estar flutuando acima ou abaixo do laminado, ou ambos, no referido ponto focal.

2. Laminado de acordo com a reivindicação 1, caracterizado pelo fato da imagem compósita parecer, sob luz refletida, flutuar acima do laminado.

3. Laminado de acordo com a reivindicação 1, caracterizado pelo fato da imagem compósita parecer na luz transmitida flutuar acima do laminado.

5 4. Laminado de acordo com a reivindicação 1, caracterizado pelo fato da imagem compósita parecer, sob luz refletida, flutuar abaixo do laminado.

5. Laminado de acordo com a reivindicação 1, caracterizado pelo fato da imagem compósita parecer, em luz transmitida, flutuar abaixo do laminado.

10 6. Laminado de acordo com qualquer uma das reivindicações 1 a 5, caracterizado pelo fato da imagem compósita também parecer, a olho nu, estar pelo menos em parte no plano do laminado.

7. Laminado de acordo com a reivindicação 1, caracterizado pelo fato do material ser um material metálico sensível à radiação.

15 8. Laminado de acordo com a reivindicação 7, caracterizado pelo fato do material metálico sensível à radiação ser selecionado dentre alumínio, prata, cobre, ouro, titânio, zinco, estanho, cromo, vanádio, tântalo e ligas destes materiais.

20 9. Laminado de acordo com a reivindicação 1, caracterizado pelo fato do material ser um material não metálico sensível à radiação.

10. Laminado de acordo com a reivindicação 9, caracterizado pelo fato do material não metálico sensível à radiação ser selecionado dentre sulfeto de zinco, seleneto de zinco, dióxido de silício, óxido de índio e estanho, óxido de zinco, fluoreto de magnésio e silício.

25 11. Laminado de acordo com a reivindicação 1, caracterizado pelo fato do material ser um composto de óxido metálico sensível à radiação.

12. Laminado de acordo com a reivindicação 11, caracterizado pelo fato do material composto de óxido metálico sensível à radiação ser selecionado dentre compostos de óxido formados de alumínio, ferro, cobre,

estanho e cromo.

13. Laminado de acordo com a reivindicação 1, caracterizado pelo fato do material ser um material termocrômico sensível à radiação.

5 14. Laminado de acordo com a reivindicação 13, caracterizado pelo fato do material termocrômico sensível à radiação ser selecionado dentre carbonato de cobre, nitrato de cobre com tiouréia, carbonato de cobre com compostos de tióis contendo enxofre, tioéteres, sulfóxidos e sulfonas, sulfatos hidratados, nitretos de boro, alumínio e bismuto.

10 15. Laminado de acordo com a reivindicação 1, caracterizado pelo fato do material ser um material sensível a radiação de película delgada de multicamadas.

16. Laminado de acordo com a reivindicação 1, caracterizado pelo fato de compreender ainda uma camada espaçadora, disposta entre a camada de material e as microlentes.

15 17. Laminado de acordo com a reivindicação 1, caracterizado pelo fato do laminado ser um laminado de lentes expostas.

18. Laminado de acordo com a reivindicação 1, caracterizado pelo fato do laminado ser um laminado de lentes embutidas.

20 19. Laminado de acordo com a reivindicação 1, caracterizado pelo fato das microlentes serem selecionadas dentre lentículas plano-convexas, lentículas redondas duplamente convexas, hastes, microesferas, contas e lentículas cilíndricas.

25 20. Laminado de acordo com a reivindicação 1, caracterizado pelo fato da imagem compósita ser perceptível através de um ângulo de visão menor do que cem (100) graus.

21. Laminado de acordo com a reivindicação 1, caracterizado pelo fato da imagem compósita parecer mover-se em relação ao laminado, à medida em que a posição de visão muda em relação ao laminado.

22. Laminado de acordo com a reivindicação 1, caracterizado

pelo fato da imagem compósita desaparecer e reaparecer quando o ângulo em que o laminado é visto muda.

23. Laminado de acordo com a reivindicação 1, caracterizado pelo fato de compreender mais do que uma imagem compósita.

5 24. Laminado de acordo com a reivindicação 1, caracterizado pelo fato de compreender ainda uma camada adesiva para aplicar o laminado a um substrato.

25. Laminado de acordo com qualquer uma das reivindicações 1 a 24, caracterizado pelo fato do laminado ser aderido a um substrato.

10 26. Laminado de acordo com a reivindicação 24 ou 25, caracterizado pelo fato do substrato ser um documento.

27. Laminado de acordo com a reivindicação 24 ou 25, caracterizado pelo fato do substrato ser um componente de um cartão de identificação.

15 28. Laminado de acordo com a reivindicação 24 ou 25, caracterizado pelo fato do substrato ser um recipiente.

29. Laminado de acordo com a reivindicação 1, caracterizado pelo fato da imagem compósita ser uma imagem bidimensional.

20 30. Laminado de acordo com a reivindicação 1, caracterizado pelo fato da imagem compósita ser uma imagem tridimensional.

31. Método para produzir uma imagem compósita em um laminado de microlentes, caracterizado pelo fato de compreender as etapas de:

25 a. prover um laminado (10, 20, 30) tendo pelo menos uma camada de uma pluralidade de microlentes (12, 22, 34), a camada tendo primeiro e segundo lados, e uma camada de material sensível à radiação (16, 26, 36), disposta adjacente ao primeiro lado da camada de microlentes, a qual muda sua aparência com a exposição à um dado nível de radiação para prover um contraste com o material que não foi exposto àquela radiação;

b. prover uma fonte de radiação (300, 500); e

5 c. produzir uma pluralidade de diferentes imagens de um objeto dentro do material direcionando um feixe convergente ou divergente de energia, tal feixe de energia tendo um ponto focal, a partir de uma fonte de radiação em direção a pluralidade de microlentes, a radiação encontrando cada microlente tendo um único ângulo de incidência relativo à radiação incidente em cada outra microlente, de tal forma que cada uma das microlentes transmite a energia de radiação à uma única posição no material

10 sensível à radiação tal que cada imagem é associada com uma microlente diferente da referida pluralidade de microlentes, em que a extensão em que o objeto é reproduzido como uma imagem atrás de uma microlente depende da densidade de energia incidente sobre as referidas microlentes tal que pelo menos uma das imagens é uma imagem parcial do objeto, e em que as

15 imagens contrastam com o material não exposto à referida radiação, as diferentes imagens individuais do objeto sendo tais que a imagem compósita, provida pelo somatório das diferentes imagens individuais, parece, a olho nu, estar flutuando acima ou abaixo do laminado, ou ambos, no referido ponto focal.

20 32. Método de acordo com a reivindicação 31, caracterizado pelo fato de cada imagem ser produzida por múltiplas exposições padronizadas da fonte de radiação, com o laminado ficando em uma diferente posição em relação à fonte de radiação durante cada exposição.

25 33. Método de acordo com a reivindicação 31, caracterizado pelo fato de cada imagem ser produzida como uma imagem por pelo menos uma exposição da fonte de radiação através de um conjunto de lentes.

34. Método de acordo com a reivindicação 31, caracterizado pelo fato de ser repetido para prover mais do que uma imagem compósita sobre o laminado.

35. Método de acordo com a reivindicação 31, caracterizado pelo fato das imagens serem produzidas por múltiplas exposições da fonte de radiação, com o laminado ficando em uma diferente distância afastado da fonte de radiação durante cada exposição.

5 36. Método de acordo com a reivindicação 31, caracterizado pelo fato da fonte de radiação prover radiação com um comprimento de onda entre 200 nm e 11 um.

10 37. Método de acordo com a reivindicação 31, caracterizado pelo fato da imagem compósita também parecer, a olho nu, estar, pelo menos em parte, no plano do laminado.

 38. Método de acordo com a reivindicação 31, caracterizado pelo fato da imagem compósita ser uma imagem bidimensional.

 39. Método de acordo com a reivindicação 31, caracterizado pelo fato da imagem compósita ser uma imagem tridimensional.

15 40. Laminado, conforme definido em qualquer uma das reivindicações 1 a 30, caracterizado pelo fato de ser produzido pelo método definido em qualquer uma das reivindicações 31 a 39.

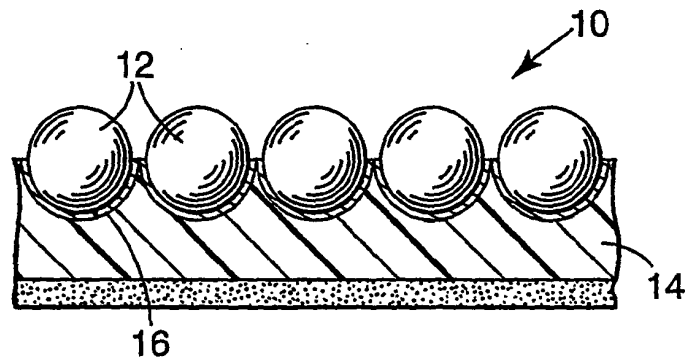


Fig. 1

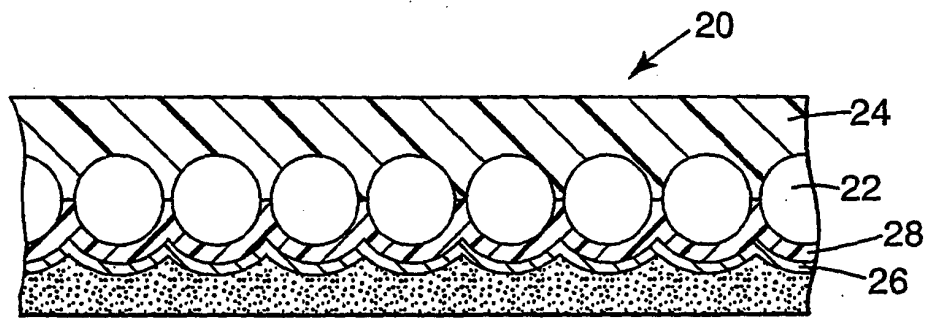


Fig. 2

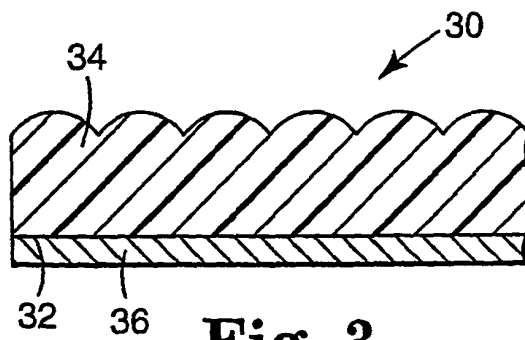
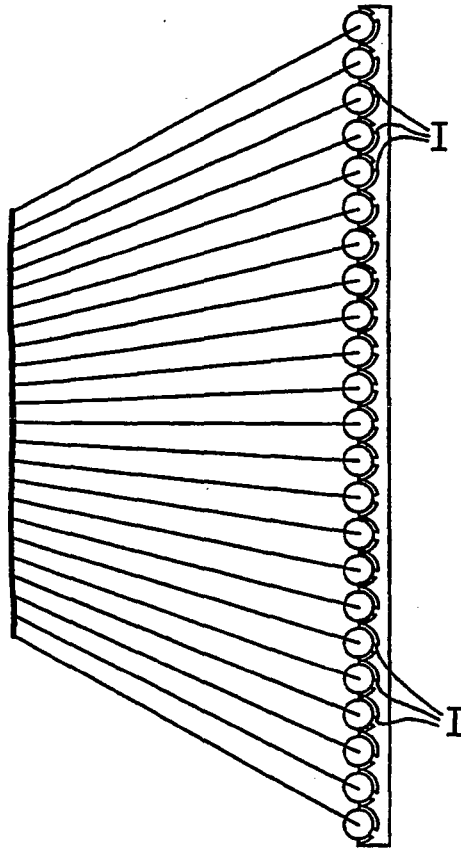


Fig. 3

**Fig. 4**

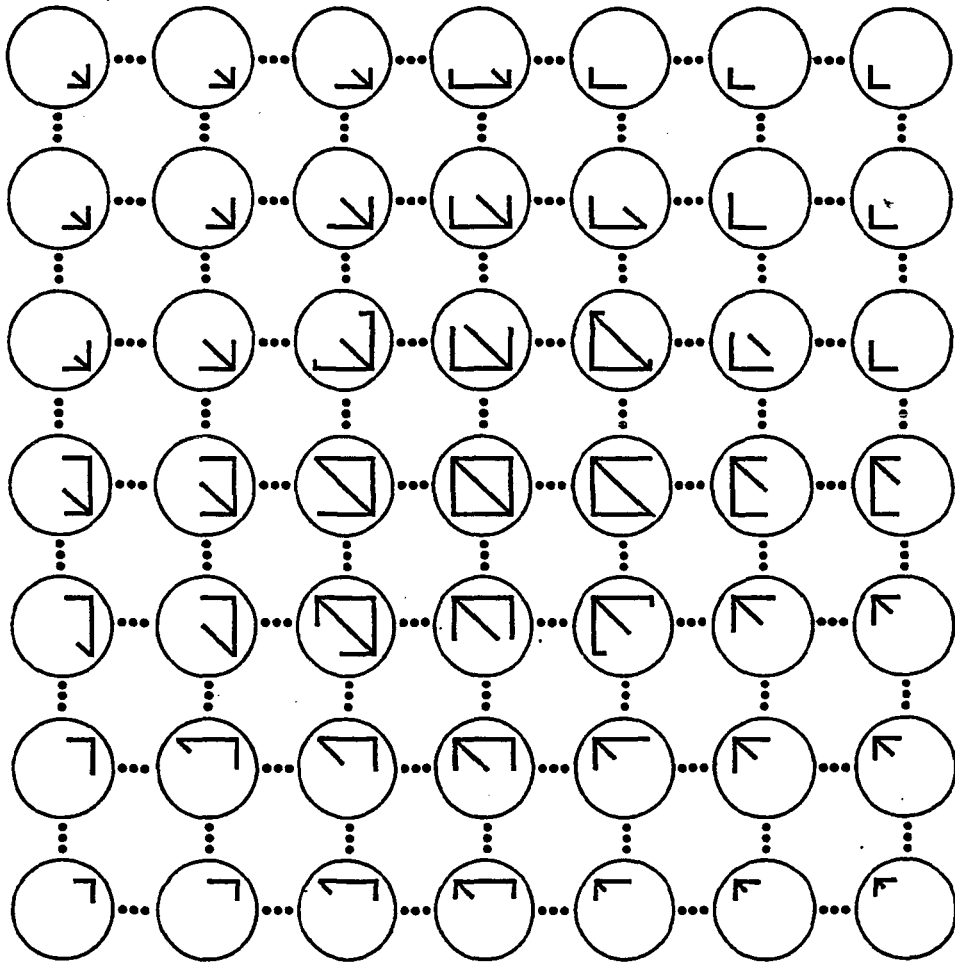


Fig. 5

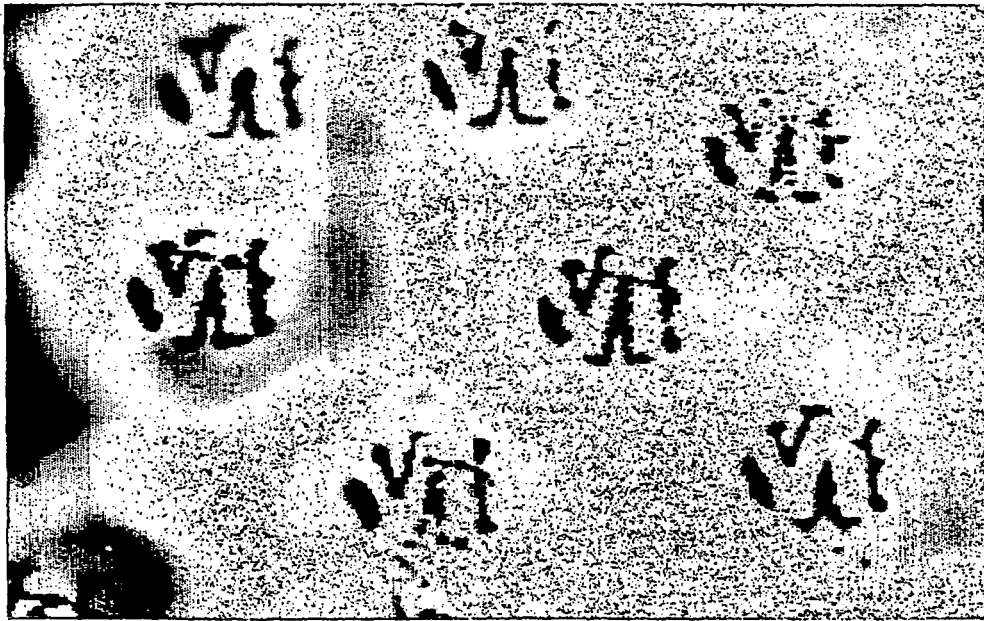


Fig. 6

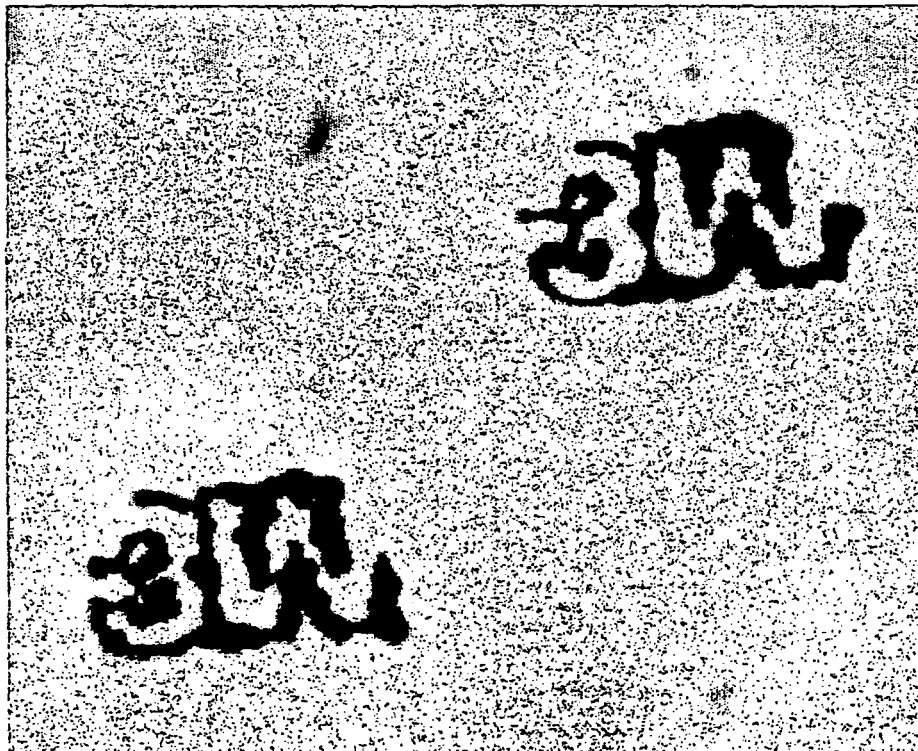


Fig. 7

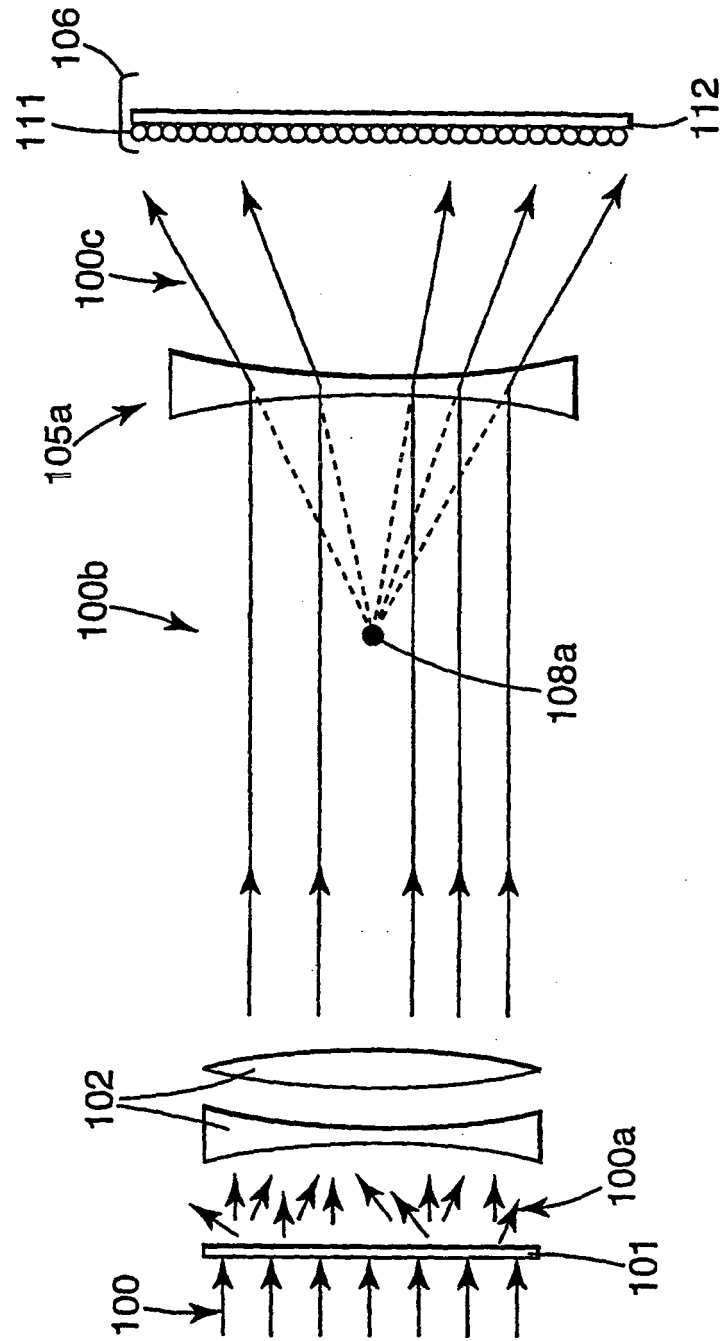
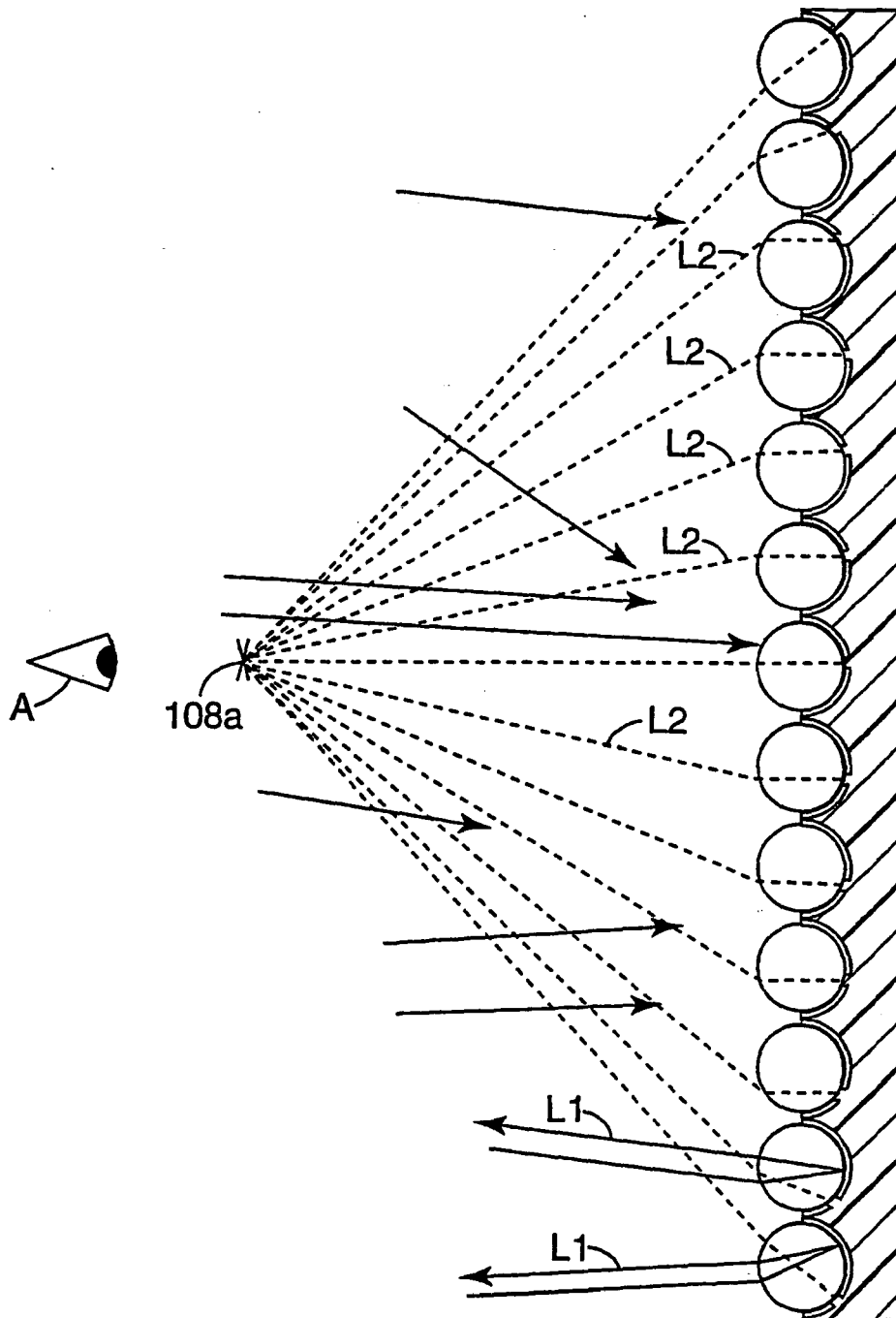
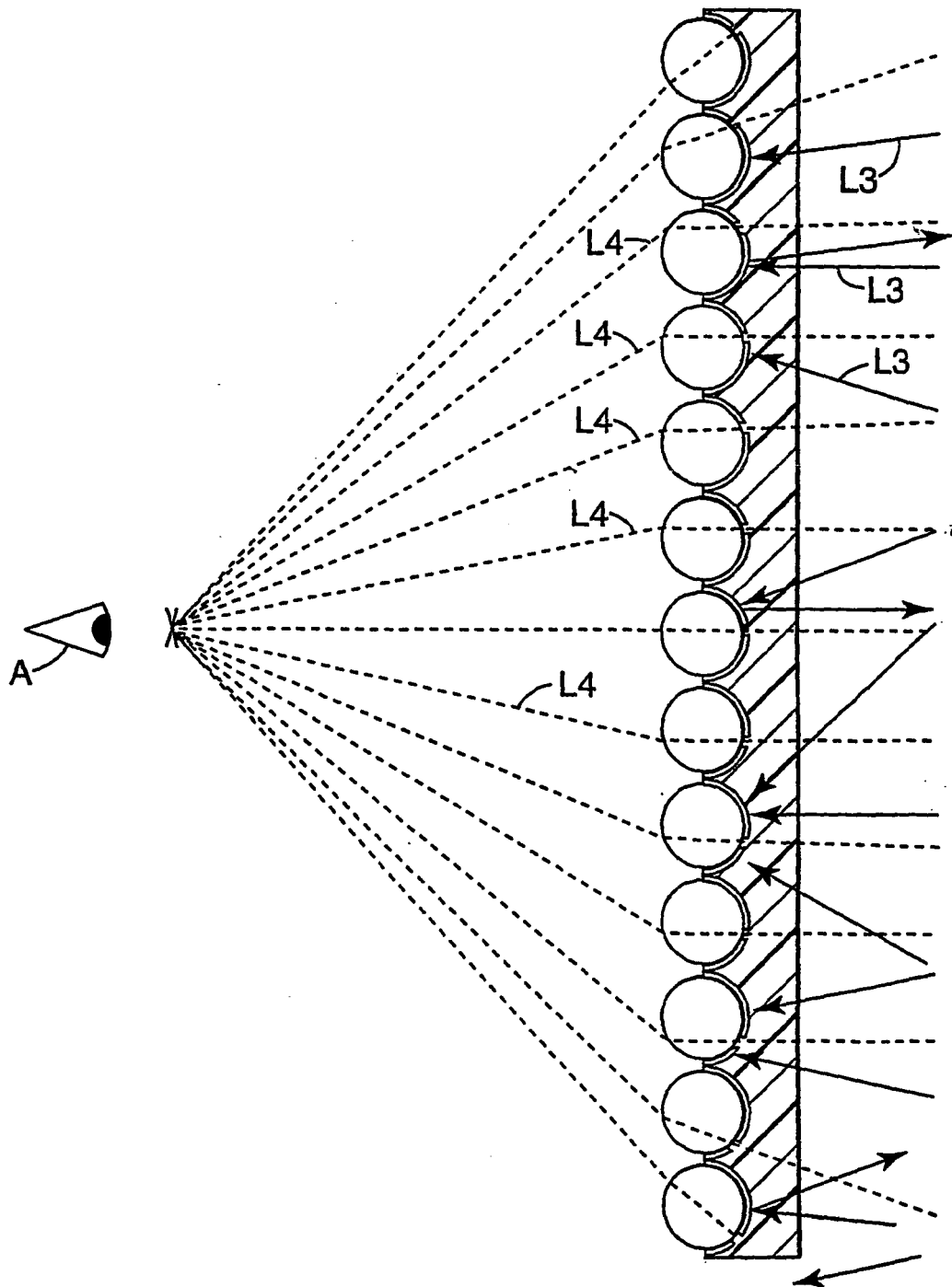
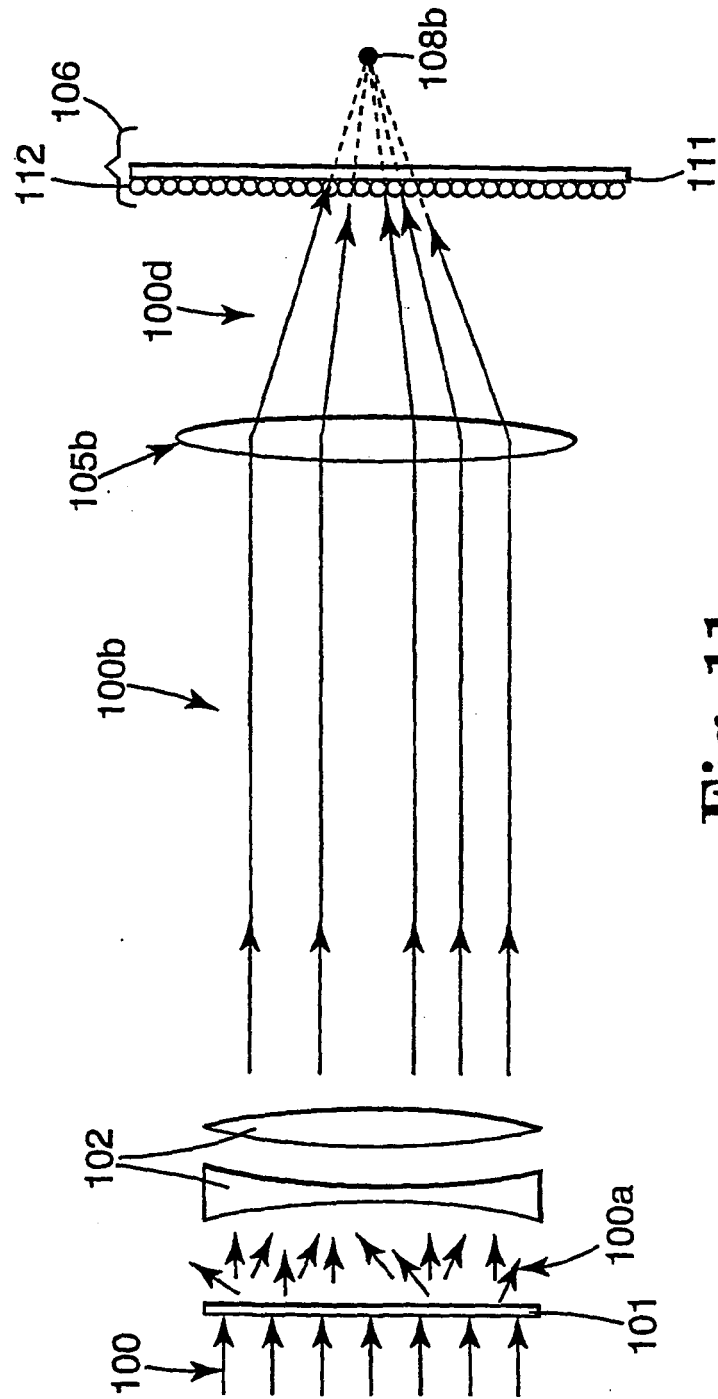
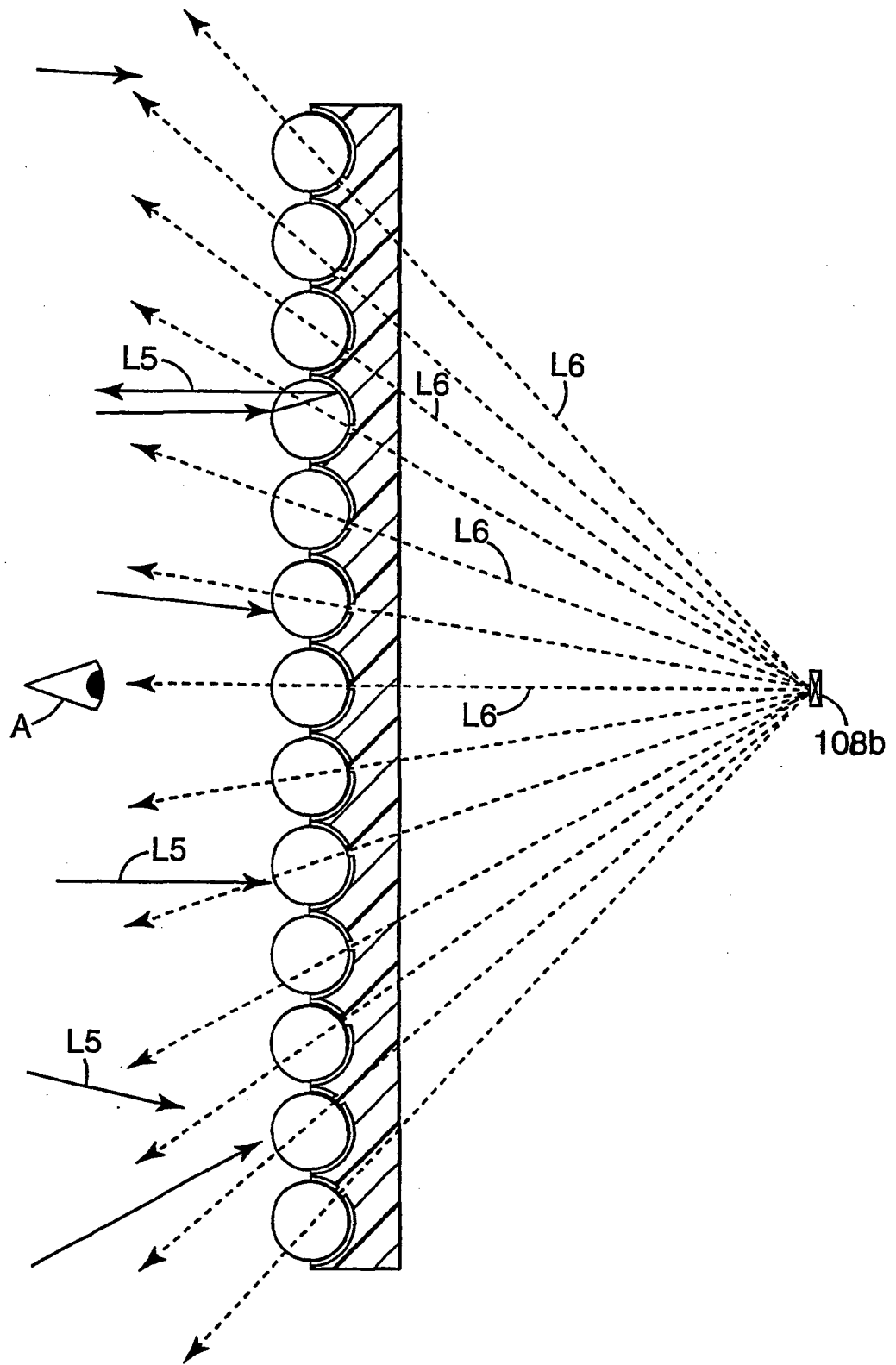


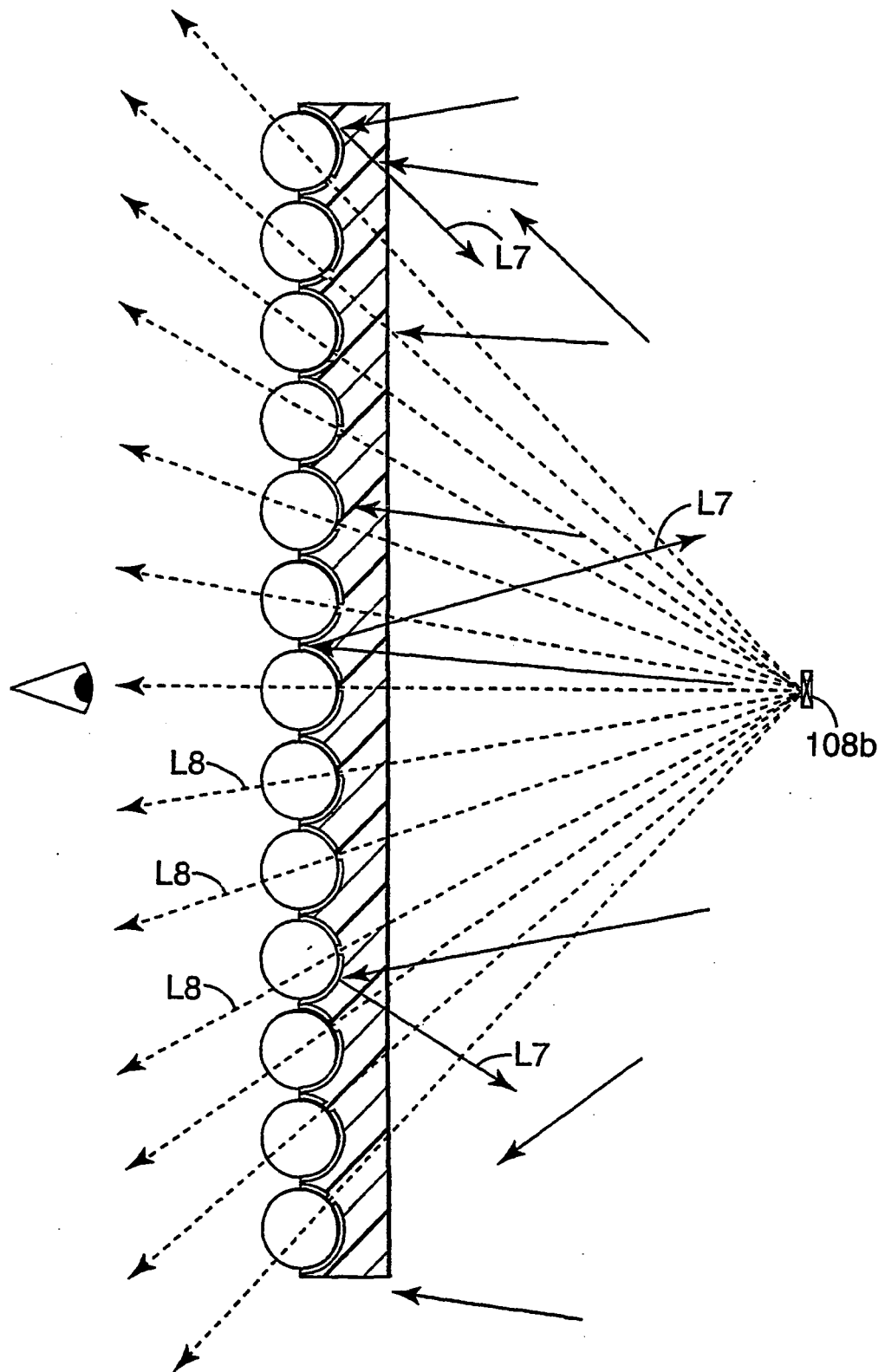
Fig. 8

**Fig. 9**

**Fig. 10**

**Fig. 11**

**Fig. 12**

**Fig. 13**

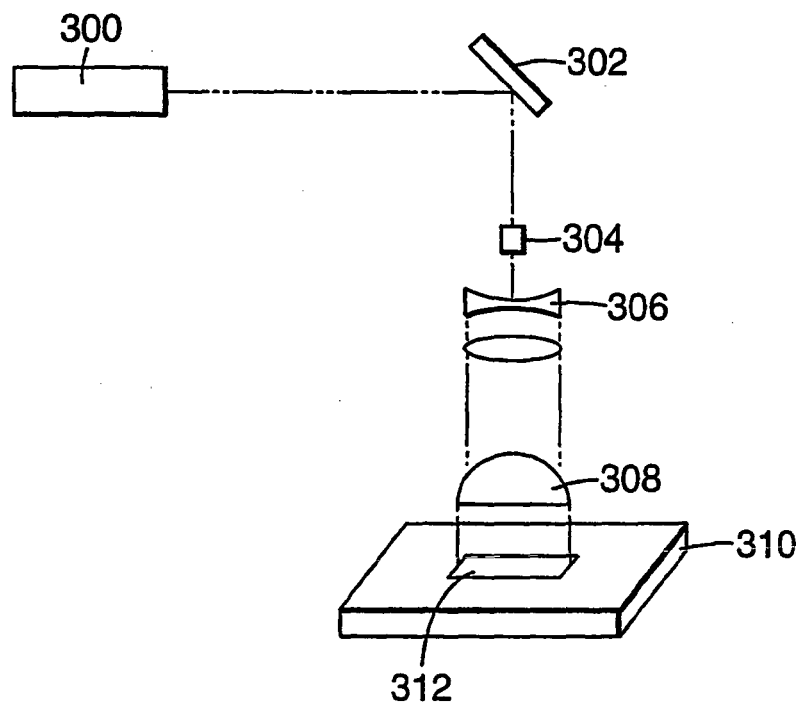


Fig. 14

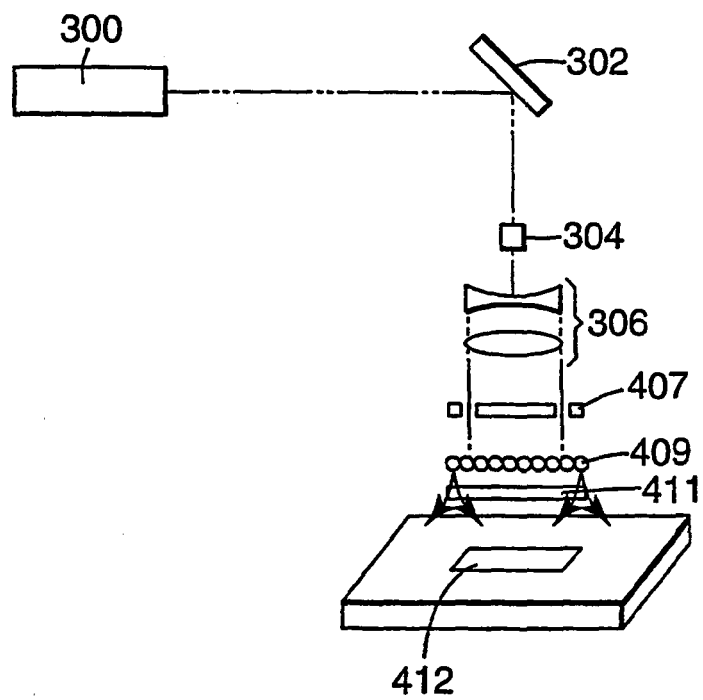
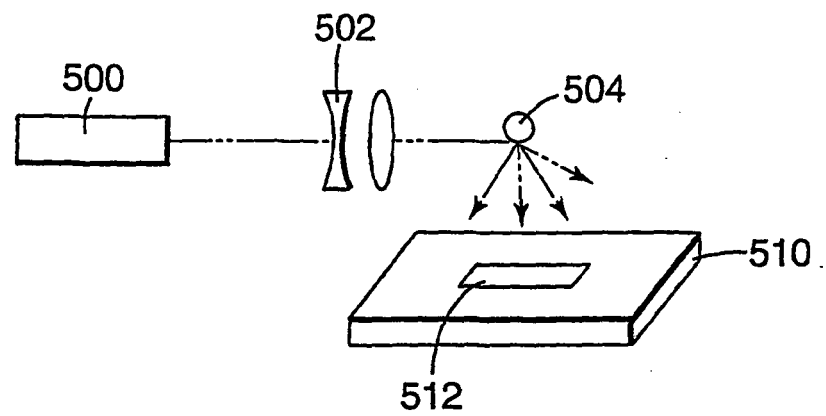


Fig. 15

**Fig. 16**

RESUMO

“LAMINADO, E, MÉTODO PARA PRODUZIR UMA IMAGEM COMPÓSITA EM UM LAMINADO DE MICROLENTE”

São descritos laminados de microlentes, com imagens compósitas, em que a imagem compósita flutua acima ou abaixo do laminado, ou ambas. A imagem compósita pode ser bidimensional ou tridimensional. São também descritos métodos para prover tal laminado com imagem formada, incluindo a aplicação de radiação a uma camada de material sensível a radiação, adjacente às microlentes.