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

(11) PI 0712768-5 B1

(22) Data do Depósito: 07/06/2007

(45) Data de Concessão: 05/06/2018

(54) Título: MÉTODO PARA ADERIR UM FILME TENDO UM FORMATO INICIAL PLANO A UMA FACE CURVA DE UM SUBSTRATO E DISPOSITIVO PARA REALIZAR O MESMO

(51) Int.Cl.: B29C 63/00; B29C 51/10; B29C 51/16; B29D 11/00

(30) Prioridade Unionista: 13/06/2006 FR 06/05247
(73) Titular(es): ESSILOR INTERNATIONAL - COMPAGNIE GENERALE D'OPTIQUE. CENTRE NATIONAL DE LA RECHERCHE SCIENTIFIQUE - CNRS

(72) Inventor(es): PAUL LEFILLASTRE; ANTOINE MARTY

“MÉTODO PARA ADERIR UM FILME TENDO UM FORMATO INICIAL PLANO A UMA FACE CURVA DE UM SUBSTRATO E DISPOSITIVO PARA REALIZAR O MESMO”

[0001] A presente invenção refere-se a um método para aderir um filme a um substrato curvo. Refere-se também a um dispositivo projetado para implementar um tal método.

[0002] É frequentemente útil aderir um filme a uma face curva de uma lenta óptica ou uma lente de óculos para obter uma lente que possua uma propriedade desejada. Por exemplo, o filme pode ser um filme de polarização, um filme de aumentar contraste, um filme fotocrômico, etc. Dado que a face da lente é curva, não é possível aplicar o filme diretamente à lente quando o filme tem um formato inicial que é plano. Isso é devido ao fato de que delaminações, rasgadura e/ou pregas aparecem devido à diferença de curvatura entre o filme e a face da lente. Portanto, é necessário pré-formar o filme para dar ao mesmo uma curvatura inicial apropriada antes de aplicar o mesmo à lente.

[0003] Normalmente, o filme é pré-formado por termoformação, por pressão de um bloco sobre um lado do filme de modo que a face do filme que está localizada no mesmo lado que o bloco se torne côncava e a outra face do filme se torne convexa. O filme pode ter sido aquecido antecipadamente, para tornar o mesmo mais flexível quando é deformado pelo bloco. Entretanto, tal método de pré-formação gera grandes tensões em certas partes do filme, essencialmente em partes periféricas do último que resultam em estiramento local ou mesmo rasgadura do filme. Além disso, essa face do filme contra a qual o bloco é pressionado é frequentemente danificada, devido à esfregadura que ocorre entre essa face e o bloco. Tem micro-arranhões que podem ser visíveis ou podem causar leve dispersão. Finalmente, as partículas e sujeira também podem ser incrustadas no filme pelo bloco durante a pré-formação.

[0004] Um objetivo da presente invenção consiste, portanto, em propor um método novo para aderir um filme a um substrato curvo, para o qual as tensões geradas no filme são reduzidas, e que não cria defeitos de superfície no filme.

[0005] Para essa finalidade, a invenção propõe um método para aderir um filme

tendo um formato inicial substancialmente plano a uma face curva de um substrato, o método compreendendo as seguintes etapas:

a) quando o filme está em uma temperatura acima de 40ºC, uma borda periférica do filme é retida firmemente e uma diferença de pressão pneumática é aplicada entre dois lados do filme até que uma face de aplicação do filme se torne curva com uma curvatura maior do que uma curvatura média da face do substrato.

b) quando a temperatura do filme tiver caído abaixo de 40ºC, a diferença de pressão pneumática aplicada entre os dois lados do filme é ajustada de modo que a curvatura da face de aplicação do filme se torne aproximadamente igual a ou menor do que a curvatura da face do substrato; e

c) enquanto mantém a diferença de pressão pneumática ajustada na etapa b), a face do substrato é prensada contra a face de aplicação do filme até que um contato completo seja estabelecido entre o filme e a face do substrato, uma camada de um adesivo sendo colocada entre o filme e o substrato.

[0006] Graças à camada de adesivo utilizada na etapa c), um método de acordo com a invenção adere o filme ao substrato. O conjunto obtido é então permanente e provê um elemento que combina as propriedades respectivas do filme e do substrato. Nesse elemento de conjunto, o filme é aderido à face curva do substrato, com aquela face do filme denominada a face de aplicação voltada em direção ao substrato. O filme pode fornecer ao conjunto uma propriedade óptica, como coloração, uma potência de polarização, comportamento fotocrômico, etc., ou propriedades superficiais, como comportamento hidrofóbico, um efeito anti-sujeira, proteção contra arranhões, etc.

[0007] De acordo com a invenção, o método inclui uma primeira etapa a) de pré-formar o filme, que é realizada por aplicação de uma diferença de pressão pneumática entre as duas faces do filme. Tal pré-formação tem pelo menos duas vantagens. Primeiramente, as tensões que são geradas no filme, para dar ao

mesmo um formato curvo, são bem distribuídas e consequentemente não muito prováveis de formar estiramento localizado ou rasgadura do filme. Em segundo lugar, o filme é retido no lugar por sua borda periférica e a deformação do filme é criada por uma pressão de gás maior que é aplicada em um lado do filme. Nenhum objeto sólido, que poderia ter por exemplo, uma função de contra-forma, está, portanto, em contato com a parte central de cada face do filme durante pré-formação. Desse modo, não ocorre arranhão no filme, nem qualquer partícula estranha é incrustada nas faces do filme.

[0008] Além disso, graças ao uso de uma diferença de pressão pneumática para pré-formar o filme, a temperatura do último pode ser controlada precisamente durante pré-formação, especialmente em relação à temperatura de transição vítrea do filme. Desse modo, o formato conferido ao filme antes de ser montado com o substrato pode ser também bem controlado, enquanto ainda assegura que a temperatura do filme durante a etapa a) permanece abaixo de uma temperatura limite acima da qual o filme poderia ser degradado. Pelo controle da temperatura é possível, em particular, por um lado, estender, onde apropriado, a fase durante a qual o filme é submetido a fluxo de plástico e, por outro lado, evitar resfriamento brusco, que juntos contribuem para minimizar, durante montagem, as tensões residuais de origem termo-mecânica.

[0009] Além disso, a etapa c) é realizada utilizando dois meios de controle independentes: a diferença de pressão pneumática aplicada entre os dois lados do filme por um lado, e um dispositivo para prensar o substrato contra o filme no outro. Desse modo, o filme é retido no lugar pela diferença de pressão com o formato que é dado ao mesmo na etapa b) enquanto a adesão está ocorrendo. Desse modo, nenhum deslocamento não intencional do filme ocorre, de modo que a adesão pode ser realizada com alinhamento preciso do filme e o substrato que estão voltados um para o outro.

[0010] Um método de acordo com a invenção torna, portanto, possível obter um conjunto, consistindo do substrato e do filme, que tem qualidade óptica muito boa. Tal qualidade é compatível com muitas aplicações do substrato dotado do filme. Em

particular, o método é compatível com aplicações oftálmicas. O substrato pode ser, portanto, uma lente ótica, uma lente oftálmica, uma lente para óculos de sol, etc.

[0011] De acordo com um primeiro modo de implementar a invenção, que é apropriado quando a face do substrato é convexa, a diferença de pressão pneumática é aplicada entre os dois lados do filme na etapa a) de modo que a face de aplicação do filme se torna côncava com uma curvatura maior do que a curvatura da face do substrato. A seguir, na etapa b), a diferença de pressão pneumática é reduzida de modo que a face de aplicação do filme permanece côncava e a curvatura do último se torna menor do que a curvatura da face do substrato. Então, na etapa c), o contato entre o filme e a face do substrato, via a camada de adesivo, pode ser iniciado em uma zona central do filme e do substrato. A zona de contato cresce então progressiva e radialmente à medida que o substrato é aplicado com uma força crescente contra o filme até que a zona de contato corresponda à face inteira do substrato. Desse modo, nenhuma bolha é formada entre o substrato e o filme durante adesão, uma vez que a adesão é realizada expelindo o ar a partir do centro em direção à borda periférica do filme.

[0012] De acordo com um segundo modo de implementar a invenção, a diferença de pressão pneumática aplicada entre os dois lados do filme na etapa a) é tal que a face de aplicação do filme também se torna côncava com uma curvatura maior do que a curvatura da face do substrato. A etapa b) compreende então as seguintes duas subetapas:

b1) quando a temperatura do filme tiver caído abaixo de 40ºC, a diferença de pressão pneumática aplicada entre os dois lados do filme é reduzida de modo que a face de aplicação do filme permanece côncava e a curvatura da face de aplicação se torna substancialmente igual à curvatura da face do substrato; e então

b2) a diferença de pressão pneumática é modificada invertendo o sinal dessa diferença de pressão entre os dois lados do filme de modo que a face de aplicação do filme se torna convexa.

[0013] Esse segundo método de implementação é apropriado quando a face de

substrato é convexa ou côncava. Em particular, quando é convexa, a face de aplicação do filme se torna côncava novamente quando a face do substrato é progressivamente prensada contra a face de aplicação do filme na etapa c). Desse modo, a adesão do filme ao substrato é novamente iniciada em uma zona central, que propaga radialmente para uma zona cada vez maior. Desse modo, a adesão obtida é novamente livre de bolhas.

[0014] A invenção também se refere a um dispositivo apropriado para implementar um método de adesão, como descrito acima. Tal dispositivo compreende:

- uma câmara vedada dotada de um sistema para fixar a borda periférica do filme de modo a vedar hermeticamente essa câmara com o filme;
- um dispositivo para aquecer o filme e dispositivo para controlar a temperatura do filme, que é fixado na câmara;
- um dispositivo para variar a pressão pneumática dentro da câmara e um dispositivo para controlar essa pressão pneumática em relação à pressão fora da câmara;
- um suporte de substrato colocado na câmara; e
- um dispositivo para mover o suporte de substrato dentro da câmara, que são projetados para prensar o substrato contra o filme.

[0015] Um tal dispositivo é particularmente vantajoso quando torna possível realizar as etapas a) a c) sem desmontar ou manipular o filme entre duas dessas etapas. Desse modo, qualquer risco do filme ser arranhado ou danificado é reduzido. Isso é porque as etapas a) e b) podem ser realizadas por acionar o dispositivo para variar e controlar a pressão pneumática dentro da câmara por um lado, e a temperatura do filme por outro lado, e a etapa c) é realizada por acionar o dispositivo para mover o suporte de substrato.

[0016] Vantajosamente, o dispositivo pode incluir adicionalmente um sistema de controle automático projetado para acionar tanto o dispositivo para variar e controlar a pressão pneumática dentro da câmara, o dispositivo para variar e controlar a temperatura do filme, e finalmente o dispositivo para mover o suporte de substrato.

Portanto, é possível produzir em massa elementos compostos consistindo em um filme aderido a um substrato, em um modo reproduzível, barato e de alta qualidade.

[0017] Outras vantagens e características da presente invenção tornar-se-ão evidentes na seguinte descrição de modalidades exemplares não limitadoras com referência aos desenhos apensos, nos quais:

A figura 1 é uma vista em corte de um substrato que pode ser utilizado para implementar a invenção;

As figuras 2a-2d são vistas em corte respectivas de filmes que podem ser aderidos ao substrato da figura 1, de acordo com a invenção;

A figura 3 é uma vista em corte de um dispositivo apropriado para implementar um método de adesão, de acordo com a invenção;

As figuras 4a-4d ilustram um primeiro modo de implementar a invenção; e

As figuras 5a-5e ilustram um segundo modo de implementar a invenção.

[0018] Para fins de clareza das figuras, as dimensões dos elementos mostrados não estão em proporção com dimensões efetivas ou razões de dimensões efetivas. Além disso, referências idênticas nas várias figuras indicam elementos idênticos, enquanto N indica uma direção fixa que é repetida em várias figuras.

[0019] Como mostrado na figura 1, um substrato 1 consiste em uma lente oftálmica. Essa lente pode ser um modelo de lente de óculos, isto quer dizer uma lente que não foi ainda cortada nas dimensões de uma armação para fins de ser encaixada na mesma. A lente 1 pode consistir em qualquer material comumente utilizado no campo oftálmico, esse sendo um material mineral, um material orgânico ou possivelmente um material composto. Pode ser uma lente de correção ou de não correção, por exemplo, do tipo unifocal, bifocal, trifocal ou progressiva. Essa lente pode ser opcionalmente tingida em volume. Será entendido que a invenção é independente do tipo de lente utilizada. S1 indica a face convexa da lente 1, ou a face traseira com referência à posição da lente quando é utilizada por uma pessoa que usa óculos.

[0020] Será lembrado que duas curvaturas são definidas em cada ponto em uma superfície, que são iguais ao inverso dos raios respectivos de dois círculos

tangenciais à superfície ao longo de duas direções perpendiculares. Desse modo, uma curvatura é definida por um número positivo, e a concavidade resultante pode ser orientada em um lado da superfície ou no outro. Doravante, o termo “curvatura média da face S1” é entendido como significando um valor médio de todas as curvaturas desse modo definidas em todos os pontos na face S1. Essa curvatura média é indicada em forma abreviada como a curvatura da face S1. No contexto da invenção, essa curvatura pode corresponder aos valores utilizados em oftálmica, em particular para corrigir várias ametropias. Por exemplo, a curvatura média da face S1 pode ser igual a 6 dioptrias, porém a invenção pode ser aplicada quando a face S1 tem uma curvatura mais elevada.

[0021] Como mostrado na figura 2a, um filme contínuo 2 é coberto com uma camada de adesivo em uma de suas faces. As faces do filme 2 podem ser paralelas. A face contendo a camada 3 é referenciada S2 e pretende ser virada em direção à lente 1 quando o filme 2 é aplicado contra a face S2 da lente 1. Por esse motivo, é chamada a face de aplicação. Essa face do filme 2 no lado oposto da face S2 é referenciado S3 e é chamado a face externa, em relação a sua posição na montagem final do filme 2 com a lente 1. O filme 2 pode ter uma espessura e_2 que está entre 10 e 500 μm (microns), por exemplo igual a aproximadamente 75 μm, e a camada 3 pode ter uma espessura e_3 que está entre 10 e 100 μm, por exemplo igual a aproximadamente 25 μm. O filme 2 e a camada 3 são preferivelmente transparentes. O filme 2 pode ser baseado em tereftalato de polietileno ou PET, triacetato de celulose ou CTA, álcool de polivinila ou PVA, uma poliimida, naftalato de polietileno ou PEN, ou policarbonato. O filme 2 pode ter também uma estrutura baseada em várias camadas sobrepostas aderindo entre si.

[0022] A camada de adesivo 3 pode ser disposta na face de aplicação S2 do filme 2 antes da última ser aplicada contra a lente 1. Alternativamente, o filme 2 pode ser colocado na face S1 da lente 1, ou tanto nas faces S1 e S2 da lente 1 como no filme 2 respectivamente, dependendo da natureza do adesivo utilizado. Esse adesivo pode compreender um adesivo sensível à pressão ou PSA, ou um adesivo curável a calor ou curável por UV. Em particular, esse pode ser um PSA baseado

em acrílico ou baseado em silicone. Tais adesivos são considerados como sendo conhecidos por si, e sua descrição e uso não serão discutidos adicionalmente aqui. Alternativamente, o adesivo da camada 3 também pode compreender um látex ou um poliuretano. Pode ser depositado no filme 2 utilizando um dos métodos conhecidos, entre os quais se pode mencionar revestimento por giro, revestimento por imersão, espalhamento por intermédio de uma pá, etc.

[0023] O filme 2 pode ter por si só um efeito óptico. Esse é o caso em particular de um filme de polarização, um filme tingido, um filme de aumentar contraste de cor, um filme de formação de filtro ou um filme fotocrômico.

[0024] O filme 2 pode servir também como um suporte para um ou mais revestimentos funcionais que podem ser dispostos na face externa S3. Tais revestimentos podem ser destinados a fornecer ao elemento óptico funcionais adicionais como, por exemplo, uma função anti-reflexo, uma função anti-sujeira , uma função antiarranhão, uma função hidrofóbica ou uma combinação dessas. Como exemplo, o filme 2 da figura 2b tem, em sua face S3, uma estrutura de camada 4 que compreende um revestimento anti-reflexo 4a, um revestimento antiarranhão 4b e um revestimento hidrofóbico 4c.

[0025] O filme 2 também pode incluir um conjunto de células 20 que são justapostas paralelas a uma face do filme. Células vizinhas desse conjunto são separadas por paredes 21 substancialmente perpendiculares à face do filme. Cada célula 20 forma uma cavidade que é capaz de conter uma substância introduzida na mesma. As células 20 podem ser colocadas em um modo regular ou irregular uma do lado da outra. Em particular, podem formar uma treliça hexagonal. Na figura 2c, o filme 2 está em um estado pronto para ser aderido à lente 1, enquanto as células 20 ainda estão vazias. Alternativamente, a figura 2d mostra um filme 2 contendo células, em que as células 20 foram cheias antecipadamente com uma substância e então hermeticamente vedadas por um filme adicional 5. O filme 5 é fixado nos topos das paredes 21. Nesse caso, o filme 2 é montado com a lente 1, ao passo que a substância já foi introduzida nas células 20. A substância contida nas células 20 pode ter, em um modo não limitador, um índice refrativo óptico variável,

especialmente um índice que pode ser subsequentemente ajustado por irradiação. Essa pode ser também uma substância fotocrômica, uma substância ativa com base em cristais líquidos, uma substância eletrocrômica, etc. Tais filmes são descritos, em particular, no pedido de patente WO 2006/013250.

[0026] Um dispositivo que é particularmente adaptado para implementar um método de adesão, de acordo com a invenção, será descrito agora. Esse dispositivo requer um número particularmente pequeno de operações para manipular o filme 2 e a lente 1. Além disso, seu uso é rápido e simples, e o conjunto obtido tem uma qualidade óptica compatível com uma aplicação oftálmica.

[0027] Como mostrado na figura 3, uma câmara 10, por exemplo de formato cilíndrico e eixo geométrico vertical, é aberta em sua face superior. Uma parede lateral 10a da câmara 10 é fornecida em sua extremidade superior com um sistema para fixar um filme a fim de vedar a câmara 10. Esse sistema de fixação pode incluir um dispositivo de vedação como, por exemplo, uma vedação de anel O destinado a ser comprimido entre a parede lateral 10a e uma borda periférica do filme por um anel de fixação 11, utilizando parafusos de fixação (não mostrados).

[0028] Um suporte de lente 12 é colocado na câmara 10 na extremidade de um cilindro 13. O cilindro 13 é combinado com um pistão 14 de modo a permitir que o suporte 12 se eleve dentro da câmara 10, além do nível do anel de fixação 11. O deslocamento do suporte 12, por intermédio do cilindro 13 e pistão 14, é controlado a partir do exterior da câmara 10 utilizando, por exemplo, um dispositivo de controle elétrico ou hidráulico. Tal dispositivo de controle remoto é considerado como conhecido e não será descrito adicionalmente aqui.

[0029] A câmara 10 é dotada de um orifício 15 que é conectado via um conduto apropriado a uma fonte de gás externa (não mostrada). Essa fonte torna possível estabelecer uma pressão pneumática controlada dentro da câmara 10. Desse modo, o interior da câmara 10 pode estar em uma pressão mais elevada ou pressão mais baixa em relação à pressão ambiente que existe fora da câmara 10. A pressão na câmara 10 pode ser variada e controlada independentemente da posição e do deslocamento do suporte 12. Em outras palavras,a pressão na câmara 10 e a

posição do suporte 12 são ajustadas por controles separados.

[0030] Finalmente, um sistema de aquecimento 16 é colocado acima da câmara 10, voltado para o filme de fechamento da câmara. Um sistema de aquecimento de radiação infravermelha permite uso particularmente simples e rápido, porém como alternativa outros sistemas de aquecimento podem ser utilizados.

[0031] Vantajosamente, o sistema de aquecimento 160, a pressão dentro da câmara 10 e a posição do pistão 14 são controlados por um controlador programável que realiza uma sequência de variações dos vários parâmetros do dispositivo para realizar adesão, de acordo com a invenção.

[0032] A lente 1 é instalada no suporte 12 com a face S1 voltada para cima. O suporte 12 é então colocado em uma posição baixa dentro da câmara 10. O filme 2 é fixado na câmara 10 por intermédio do anel 11, com a face S2 contendo a camada de adesivo 3 virada em direção ao interior da câmara. Nessa configuração, a face S1 da lente 1 está a uma certa distância abaixo da face S2 do filme 2, e a câmara 10 é hermeticamente vedada pelo filme 2.

[0033] Um primeiro método de operação será descrito agora, que é adequado quando a superfície S1 da lente 1 é convexa.

[0034] Durante uma primeira etapa, a pressão dentro da câmara 10 é aumentada de modo a criar uma diferença de pressão pneumática ΔP_1 entre os dois lados do filme, cuja diferença de pressão está entre 10000 Pa (0,1 bar) e 400000 Pa (4,0 bar), preferivelmente entre 10000 Pa (0,1 bar) e 100000 Pa (1,0 bar). A pressão fora da câmara 10 é a pressão atmosférica e a câmara 10 é pressurizada. Durante essa etapa, o filme 2 é aquecido por intermédio do sistema 16, para tornar o mesmo mais flexível e mais extensível. A temperatura T_1 do filme 2 está então entre 80ºC e 180ºC. Opcionalmente, pode ser vantajoso aquecer o filme 2 antes de aumentar a pressão na câmara 10, e continuar a aquecer de modo a manter a temperatura do filme 2 enquanto a pressão na câmara 10 está sendo aumentada. O filme 2 então adota um formato aproximadamente esférico por ser inflado em direção ao exterior da câmara 10, como ilustrado na figura 4a.

[0035] O aquecimento do filme é então parado e a temperatura do filme 2 é

retornada a um valor aproximadamente igual à temperatura ambiente T_0, entre 10ºC e 40ºC. Durante uma segunda etapa, a pressão dentro da câmara 10 é reduzida de modo a obter uma diferença de pressão pneumática ΔP_2 entre os dois lados do filme 2 que está entre 5000 Pa (0,05 bar) e 30000 Pa (0,3 bar). A câmara 10 é desse modo mantida continuamente pressurizada. Devido ao comportamento particularmente elástico do filme 2, o enchimento do filme 2 em direção ao exterior da câmara 10 diminui. A sobrepressão ΔP_2 é selecionada de modo que a curvatura do filme 2 se torne levemente menor do que a curvatura da face convexa S1 da lente 1 (figura 4b). Essas primeira e segunda etapas constituem a pré-formação do filme 2 em uma curvatura intermediária entre a curvatura inicialmente zero do filme 2 e a curvatura da face S1 da lente 1.

[0036] Durante uma terceira etapa, o pistão 13 é elevado de modo que a face S1 da lente 1 entre em contato com a camada de adesivo 3 que está presente na face S2 do filme 2. Devido às respectivas curvaturas das duas faces S1 e S2, o contato ocorre primeiramente no centro da lente 1 (figura 4c) e então se estende radialmente à medida que o pistão 13 continua a elevar. A face S1 da lente 1 portanto empurra o filme 2 em direção ao exterior da câmara 10, além da posição do filme antes do pistão 13 começar a se elevar. A face S1 da lente 1 é, desse modo, progressivamente prensada contra a face S2 do filme 2, com uma taxa de movimento relativo que pode estar entre 0,1 e 1,0 mm/s. Um valor de limite superior dessa velocidade depende do comportamento plástico do filme 2. Desse modo, o filme 2 adota o formato da face S2 sem formar uma prega ou uma rasgadura (figura 4d). Durante essa terceira etapa, a temperatura do filme é constante, permanecendo por exemplo igual à temperatura ambiente.

[0037] A lente 1 pode ser mantida prensada contra o filme 2 por um tempo de retenção que pode estar entre 0,5 segundo e 2 minutos. A sobrepressão na câmara 10 é então removida, o cilindro 13 é abaixado novamente, e o anel de fixação 11 é removido. A lente 1 é então recuperada, com o filme 2 aderido à face S1. Quando a camada 3 consiste em um adesivo curável, a lente 1 e o filme 2 são expostos à radiação UV ou a um fluxo de calor de modo a fixar permanentemente a adesão.

Opcionalmente, essa etapa de exposição pode ser executada antes da lente 1 e o filme 2 serem removidos da câmara 10, enquanto a sobrepressão ΔP_2 ainda é aplicada.

[0038] A lente 1 pode ser então aparada. Durante essa operação, partes periféricas da lente 1 e do filme 2 são simultaneamente removidas, e uma lente de óculos é obtida na qual o filme 2 e a face S1 da lente 1 têm dimensões idênticas.

[0039] Um segundo método de operação pode ser implementado com base na configuração correspondendo à figura 4a. O filme 2 é então resfriado substancialmente para baixo até a temperatura ambiente T_0, porém a sobrepressão na câmara 10 é agora ajustada de modo que o filme 2 adote uma curvatura substancialmente idêntica àquela da face S1 da lente 1 (figura 5a). A sobrepressão dentro da câmara 10, indicada por $\Delta P_{2'}$, pode novamente estar entre 5000 Pa (0,05 bar) e 30000 Pa (0,3 bar), porém é levemente acima do valor ΔP_2 do primeiro método de operação, todas as outras coisas sendo idênticas.

[0040] Durante uma etapa adicional ilustrada pela figura 5b, o interior da câmara 10 está sob pressão reduzida em comparação com o exterior da câmara, que permanece em pressão atmosférica. A curvatura do filme 2 é então invertida e o filme 2 expande em direção ao interior da câmara 10. A face S2 do filme 2 é então convexo. Durante essa terceira etapa, a diferença de pressão pneumática aplicada entre os dois lados do filme 2, indicado por ΔP_3 pode estar entre 5000 Pa (0,05 bar) e 50000 Pa (0,5 bar) em valor absoluto, correspondendo a uma pressão reduzida obtida por sucção através do orifício 15.

[0041] O pistão 13 é elevado enquanto o filme 2 permanece na temperatura T_0 e a diferença de pressão é mantida no valor ΔP_3. As faces S1 e S2 da lente 1 e filme 2 entram respectivamente em contato na zona central da lente 1 (figura 5c). A zona de contato entre a lente 1 e o filme 2, através da camada 3, estende então radialmente à medida que o pistão 13 se eleva. A face S1 da lente 1 então empurra o filme 2 em direção ao exterior da câmara 10. Quando a face S1 da lente 1 é convexa, a face S2 do filme 2 se torna côncava novamente enquanto a face S1 é progressivamente prensada contra a face S2. O filme 2 desse modo recupera a direção da curvatura

adquirida inicialmente durante a primeira etapa do método, ilustrado na figura 5a. A figura 5d mostra a configuração do filme 2 quando a zona de contato entre a lente 1 e o filme 2 não atingiu ainda a face inteira S1. A curvatura do filme 2 é invertida no limite da zona de contato entre o filme e a lente, enquanto essa zona de contato continua a aumentar radialmente. A velocidade de movimento do cilindro 13 pode novamente estar entre 0,1 e 1,0 mm/s.

[0042] A figura 5e corresponde ao término da elevação do cilindro 13 quando a lente 1 é prensada contra o filme 2 sobre a face inteira S1. O segundo método de operação pode ser então continuado do mesmo modo que o primeiro método de operação.

[0043] Deve ser entendido que os valores numéricos indicados acima na descrição detalhada da invenção, de acordo com dois métodos diferentes de implementação, foram meramente dados como ilustração. Em particular, os valores de diferença de temperatura e pressão têm de ser adaptados quando a curvatura da face S1 da lente 1 varia. De modo semelhante, devem ser adaptados quando o material e/ou a espessura do filme 2 varia, de acordo com as propriedades termomecânicas desse material.

[0044] Deve ser também indicado que o segundo método de operação descrito pode ser utilizado quando a face S1 da lente 1 é côncava. Nesse caso, a subpressão ΔP_3 é vantajosamente apropriada para o filme 2 para adotar uma curvatura inversa, que é levemente maior do que aquela da face S1 da lente 1. Finalmente, deve ser também entendido que a invenção pode ser implementada para substratos diferentes de uma lente oftálmica. Em particular, pode ser utilizada para aderir um filme a uma lente de instrumento de medição ou uma lente de visor óptico, a um vidro de máscara, um vidro de janela, etc.

REIVINDICAÇÕES

1. Método para aderir um filme (2) tendo um formato inicial plano a uma face curva de um substrato (1), o método sendo caracterizado por compreender as seguintes etapas:

a) quando o filme está em uma temperatura acima de 40ºC, uma borda periférica do filme (2) é mantida firmemente e uma diferença de pressão pneumática é aplicada entre dois lados do filme até que uma face de aplicação (S2) do filme se torne curva com uma curvatura maior do que uma curvatura média da face (S1) do substrato;

b) quando a temperatura do filme tiver caído abaixo de 40ºC, a diferença de pressão pneumática aplicada entre os dois lados do filme é ajustada de modo que a curvatura da face de aplicação (S2) do filme se torne igual a ou menor do que a curvatura da face (S1) do substrato; e

c) enquanto mantém a diferença de pressão pneumática ajustada na etapa b), a face (S1) do substrato é prensada contra a face de aplicação (S2) do filme até que um contato completo seja estabelecido entre o filme e a face do substrato, uma camada de um adesivo (3) sendo colocada entre o filme (2) e o substrato (1).

2. Método, de acordo com a reivindicação 1, caracterizado pelo fato de que a etapa a) é realizada enquanto simultaneamente aquecendo o filme (2), e a etapa (b) é realizada quando a temperatura do filme é igual à temperatura ambiente.

3. Método, de acordo com a reivindicação 1 ou 2, caracterizado pelo fato de que a temperatura do filme durante a etapa a) está entre 80ºC e 180ºC.

4. Método, de acordo com qualquer uma das reivindicações anteriores, caracterizado pelo fato de que a diferença de pressão pneumática aplicada na etapa a) entre os dois lados do filme está entre 10000 Pa (0,1 bar) e 400000 Pa (4,0 bar).

5. Método, de acordo com a reivindicação 4, caracterizado pelo fato de que a diferença de pressão pneumática aplicada na etapa a) entre os dois lados do filme está entre 10000 Pa (0,1 bar) e 100000 Pa (1,0 bar).

6. Método, de acordo com qualquer uma das reivindicações anteriores,

caracterizado pelo fato de que na etapa c), a face (S1) do substrato é prensada contra a face de aplicação (S2) do filme com uma taxa de movimento relativo entre 0,1 e 1,0 mm/s.

7. Método, de acordo com qualquer uma das reivindicações 1 a 6, caracterizado pelo fato de que a face (S1) do substrato é convexa e em que:

na etapa a) a diferença de pressão pneumática é aplicada entre os dois lados do filme de modo que a face de aplicação (S2) do filme se torna côncava com uma curvatura maior do que a curvatura da face (S1) do substrato; e

na etapa b), a diferença de pressão pneumática aplicada entre os dois lados do filme é reduzida de modo que a face de aplicação (S2) do filme permanece côncava e a curvatura da face de aplicação se torna menor do que a curvatura da face (S1) do substrato.

8. Método, de acordo com a reivindicação 7, caracterizado pelo fato de que a diferença de pressão pneumática aplicada entre os dois lados do filme após a etapa b) está entre 5000 Pa (0,05 bar) e 30000 Pa (0,3 bar).

9. Método, de acordo com qualquer uma das reivindicações 1 a 6, caracterizado pelo fato de que na etapa a), a diferença de pressão pneumática é aplicada entre os dois lados do filme de modo que a face de aplicação (S2) do filme se torna côncava com uma curvatura maior do que a curvatura da face (S1) do substrato e em que a etapa b) compreende então as seguintes duas subetapas:

b1) quando a temperatura do filme tiver caído abaixo de 40ºC, a diferença de pressão pneumática aplicada entre os dois lados do filme é reduzida de modo que a face de aplicação (S2) do filme permanece côncava e a curvatura da face de aplicação se torna igual à curvatura da face (S1) do substrato; e então

b2) a diferença de pressão pneumática é modificada invertendo o sinal da diferença de pressão entre os dois lados do filme de modo que a face de aplicação (S2) do filme se torna convexa.

10. Método, de acordo com a reivindicação 9, caracterizado pelo fato de que a face (S1) do substrato é convexa e em que a face de aplicação (S2) do filme se torna côncava novamente quando a face do substrato é progressivamente

prensada contra a face de aplicação do filme na etapa c).

11. Método, de acordo com a reivindicação 9 ou 10, caracterizado pelo fato de que a diferença de pressão pneumática aplicada entre os dois lados do filme após a etapa b1) está entre 5000 Pa (0,05 bar) e 30000 Pa (0,3 bar).

12. Método, de acordo com qualquer uma das reivindicações 9 a 11, caracterizado pelo fato de que a diferença de pressão pneumática aplicada entre os dois lados do filme após a etapa b2) está entre 5000 Pa (0,05 bar) e 50000 Pa (0,5 bar) em valor absoluto.

13. Método, de acordo com qualquer uma das reivindicações anteriores, caracterizado pelo fato de que, após a etapa c), o substrato 1) é mantido prensado contra o filme (2) por um tempo entre 0,5 segundo e 2 minutos.

14. Método, de acordo com qualquer uma das reivindicações anteriores, caracterizado pelo fato de que a camada de adesivo (3) é disposta na face de aplicação (S2) do filme antes da etapa c).

15. Método, de acordo com qualquer uma das reivindicações anteriores, caracterizado pelo fato de que a camada de adesivo (3) compreende um adesivo sensível à pressão ou um adesivo curável a calor ou curável por UV.

16. Método, de acordo com qualquer uma das reivindicações anteriores, caracterizado pelo fato de que o substrato (1) compreende uma lente óptica.

17. Método, de acordo com a reivindicação 16, caracterizado pelo fato de que o substrato (1) compreende uma lente oftálmica.

18. Método, de acordo com qualquer uma das reivindicações anteriores, caracterizado pelo fato de que o filme (2) compreende um material baseado em tereftalato de polietileno, triacetato de celulose, álcool de polivinila, uma poliimida, naftalato de polietileno ou policarbonato.

19. Método, de acordo com qualquer uma das reivindicações anteriores, caracterizado pelo fato de que o filme (2) inclui um revestimento funcional (4) em uma face externa (S3) do filme oposto a partir da face de aplicação (S2).

20. Método, de acordo com a reivindicação 19, caracterizado pelo fato de que o revestimento funcional (4) compreende um revestimento anti-reflexo, um

revestimento anti-sujeira, um revestimento antiarranhão, um revestimento hidrofóbico ou uma combinação de alguns dos revestimentos.

21. Método, de acordo com qualquer uma das reivindicações anteriores, caracterizado pelo fato de que o filme (2) inclui um conjunto de células (20) justapostas paralelas a uma face do filme, células vizinhas do conjunto sendo separadas por paredes (21) perpendiculares à face do filme.

22. Método, de acordo com qualquer uma das reivindicações anteriores, caracterizado pelo fato de que as etapas a) a c) são realizadas utilizando um dispositivo que compreende:

- uma câmara vedada (10) dotada de um sistema (11) para fixar a borda periférica do filme (1) de modo a vedar hermeticamente a câmara com o filme;

- um dispositivo (16) para aquecer o filme fixado à câmara e um dispositivo para controlar a temperatura do filme fixado à câmara;

- um dispositivo (15) para variar a pressão pneumática dentro da câmara e um dispositivo para controlar a pressão pneumática em relação à pressão fora da câmara;

- um suporte de substrato (12) colocado na câmara; e

- dispositivos (13, 14) para mover o suporte de substrato dentro da câmara, que são projetados para prensar o substrato contra o filme,

em que as etapas a) e b) são realizadas acionando o dispositivo (15) para variar e controlar a pressão pneumática dentro da câmara e a etapa c) é realizada acionando o dispositivo para mover o suporte de substrato (13, 14).

23. Dispositivo para realizar o método, tal como definido em qualquer uma das reivindicações 1 a 22, caracterizado por compreender:

uma câmara vedada (10) dotada de um sistema (11) para fixar uma borda periférica de um filme de modo a vedar hermeticamente a câmara com o filme;

um dispositivo (16) para aquecer o filme quando fixado à câmara;

um dispositivo (15) para variar uma pressão pneumática dentro da câmara e um dispositivo para controlar a pressão pneumática em relação a uma pressão fora da câmara;

um suporte de substrato (12) colocado na câmara; e

dispositivos (13, 14) para mover o suporte de substrato dentro da câmara, os quais são projetados para prensar o substrato contra o filme.

24. Dispositivo, de acordo com a reivindicação 23, caracterizado por adicionalmente incluir um sistema de controle automático projetado para controlar o dispositivo (15) para variar e controlar a pressão pneumática dentro da câmara, o dispositivo para variar e controlar o aquecimento do filme e os dispositivos (13, 14) para mover o suporte de substrato.

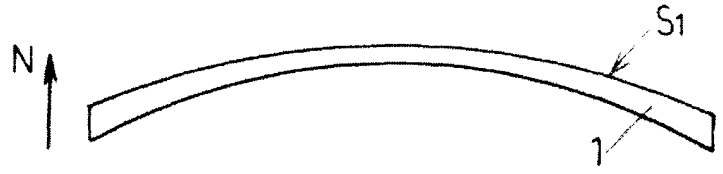


FIG.1.

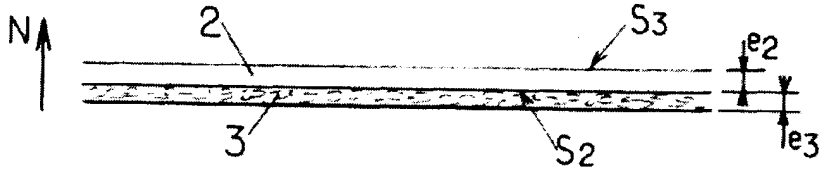


FIG.2a.

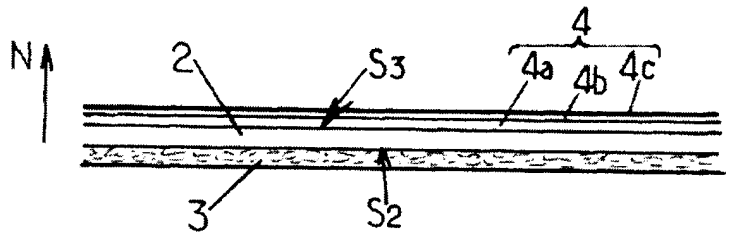


FIG.2b.

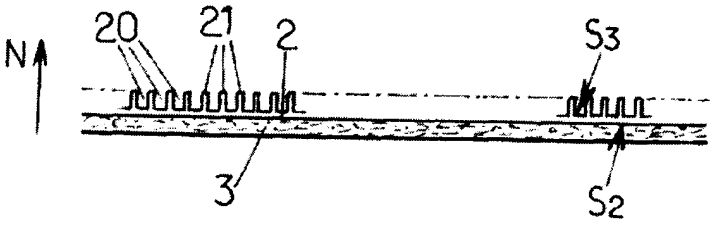


FIG.2c.

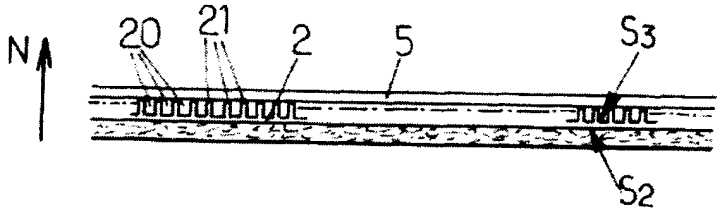


FIG.2d.

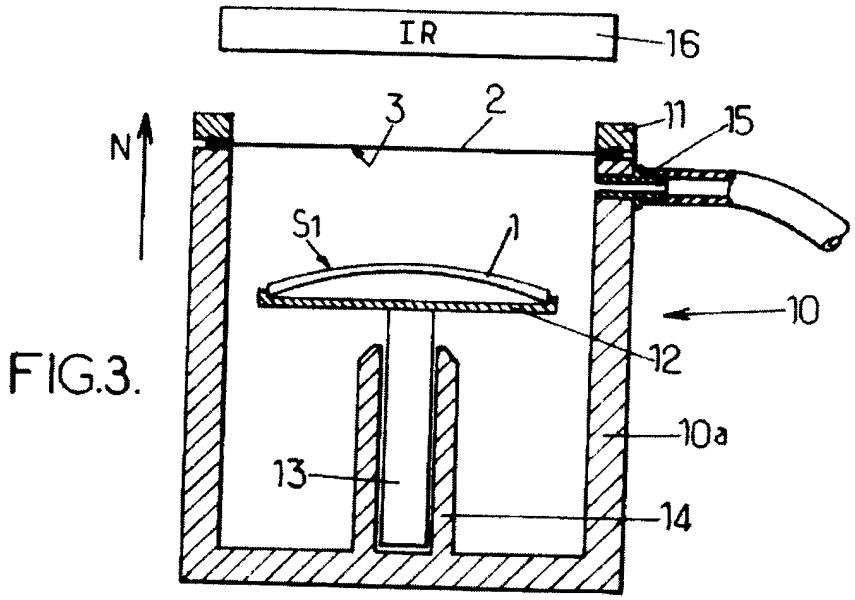


FIG.3.

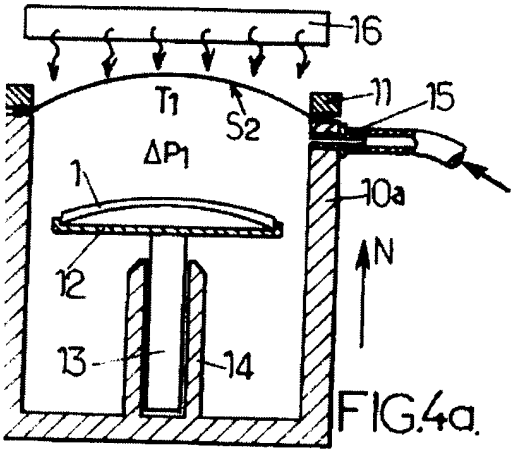


FIG.4a.

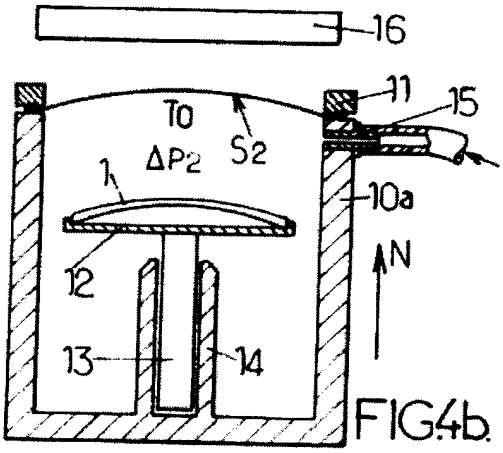


FIG.4b.

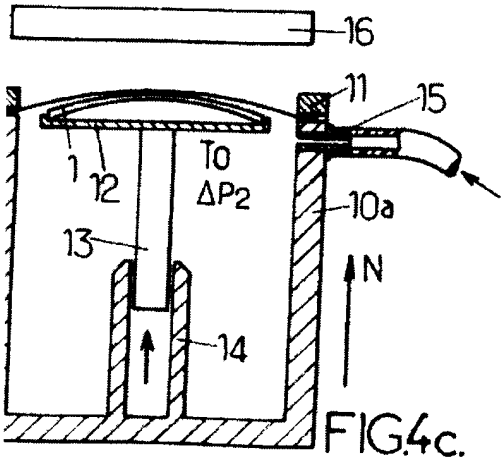


FIG.4c.

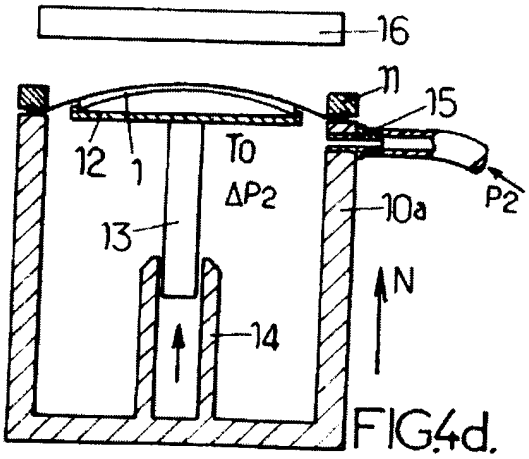


FIG.4d.

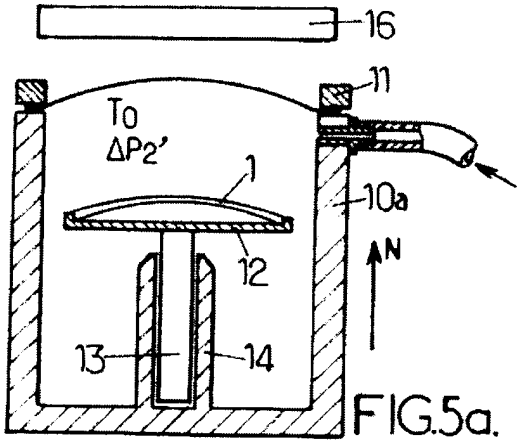


FIG.5a.

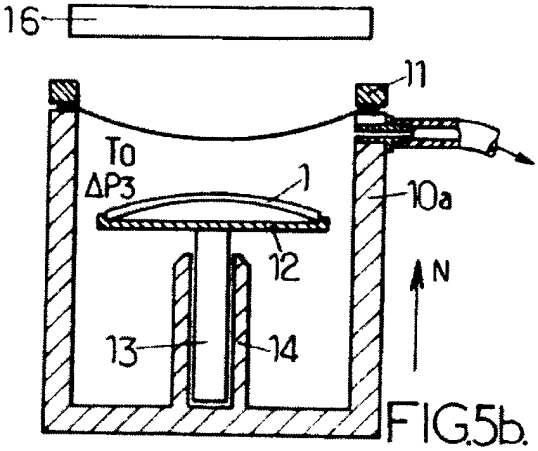


FIG.5b.

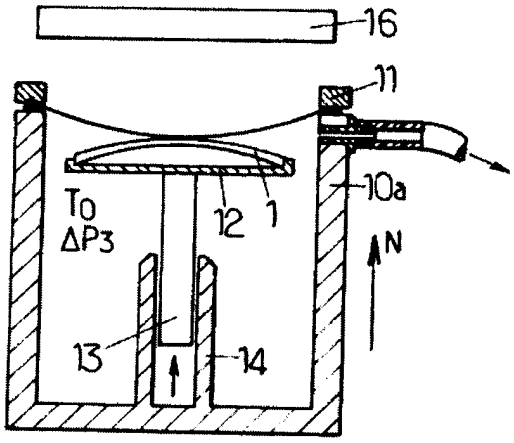


FIG.5c.

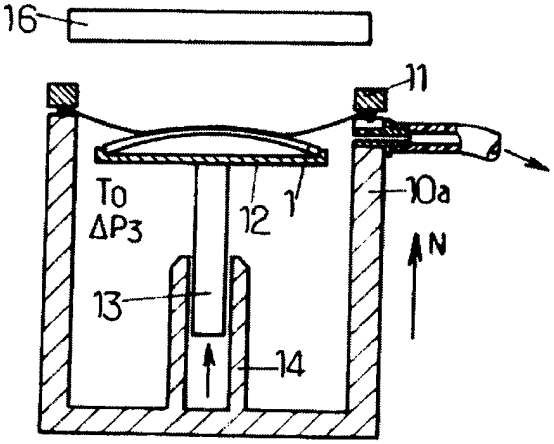


FIG.5d.

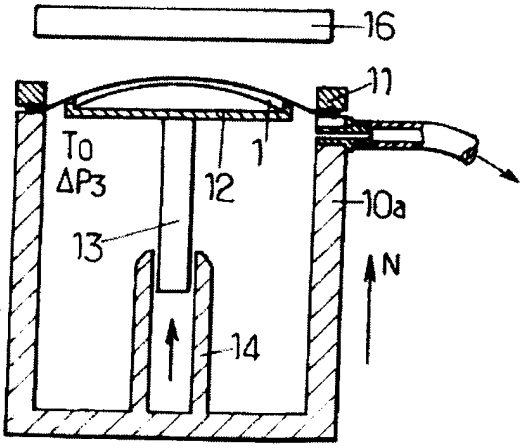


FIG.5e.