



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

(11) BR 112012023274-6 B1



(22) Data do Depósito: 28/03/2011

(45) Data de Concessão: 26/05/2020

(54) Título: DISPOSITIVO DE ANÁLISE DE UMA SUPERFÍCIE TRANSPARENTE DE UM SUBSTRATO E PROCESSO DE ANÁLISE DE UMA SUPERFÍCIE TRANSPARENTE OU ESPECULAR DE UM SUBSTRATO

(51) Int.Cl.: G01N 21/958.

(30) Prioridade Unionista: 01/04/2010 FR 1052477.

(73) Titular(es): SAINT-GOBAIN GLASS FRANCE.

(72) Inventor(es): MICHEL PICHON; FRANC DAVENNE.

(86) Pedido PCT: PCT FR2011050675 de 28/03/2011

(87) Publicação PCT: WO 2011/121219 de 06/10/2011

(85) Data do Início da Fase Nacional: 14/09/2012

(57) Resumo: PROCESSO E DISPOSITIVO DE ANÁLISE DA QUALIDADE ÓPTICA DE UM SUBSTRATO TRANSPARENTE. Esse dispositivo de análise (1) de uma superfície transparente de um substrato (2) compreende uma mira (10) disposta em frente à superfície do substrato a medir. A mira é formada em um suporte (11) de pequena e grande extensões. Uma câmera (3) é prevista para captar pelo menos uma imagem de mira deformada pelo substrato medido. Um sistema de iluminação (4) da mira e meios de tratamento (5) da imagem e da análise digital são ligados à câmera (3). O suporte (11) tem uma forma oblonga, a mira é monodirecional sendo para isso constituída por um motivo (10) que se estende de acordo com a menor extensão do suporte. O motivo (10) é periódico transversalmente à menor extensão, e a câmera é linear.

“DISPOSITIVO DE ANÁLISE DE UMA SUPERFÍCIE TRANSPARENTE DE UM SUBSTRATO E PROCESSO DE ANÁLISE DE UMA SUPERFÍCIE TRANSPARENTE OU ESPECULAR DE UM SUBSTRATO”

[0001] A invenção se refere a um dispositivo de análise da qualidade óptica de um substrato transparente, que permite notadamente a detecção de defeitos ópticos deformantes presentes ou na superfície desse substrato, ou em sua massa.

[0002] Os defeitos ópticos dos substratos transparentes são caracterizados pelas deformações ópticas que eles provocam quando esses substratos estão em situação de utilização, como, por exemplo, as vidraças de automóveis, as vidraças de prédios, as telas de plasma ou LCD,

[0003] A detecção dos defeitos ópticos desses substratos no final da cadeia de fabricação, se ela pode se revelar eficaz em termos de controle de qualidade, é com frequência muito custosa, pois ela é realizada em um produto acabado, pronto para a expedição. É nitidamente preferível detectar esses defeitos o mais cedo possível, quer dizer, por ocasião da conformação do substrato que servirá para a realização do produto acabado.

[0004] Esses substratos sendo, com frequência, produzidos a partir de processos de estiramento ou de extrusão sob a forma de fita contínua, é preciso dispor de uma ferramenta de controle que se adapte a essa ferramenta, em linha industrial, em fita contínua, para um controle exaustivo e sem necessidade de modificação da linha de produção.

[0005] No caso de um vidro float formado por estiramento, defeitos que provocam deformações ópticas aparecem em uma só direção, paralela às bordas de folha, e correspondem à assinatura do processo de conformação. A intensidade desses defeitos sendo maior ou menor de acordo com a qualidade da conformação.

[0006] As técnicas habitualmente utilizadas para detectar e avaliar os defeitos consistem tipicamente:

- ou em observar os defeitos visualmente por técnicas de registro da sombra em linha que consistem em iluminar a folha com o auxílio de uma fonte luminosa pontual e potente e em recolher, depois de transmissão através do

substrato, o fluxo luminoso em uma tela. A análise visual dessa imagem permite na maior parte do tempo detectar os defeitos que apresentam um forte gradiente, quer dizer defeitos estreitos e intensos que fornecem uma imagem suficientemente contrastada para ser observável, sem fornecer informação precisa sobre a intensidade desses defeitos. Uma retirada é nesse caso necessária.

- ou para retirar regularmente uma amostra de vidro de grandes dimensões e em analisar a mesma visualmente fora da linha,

- ou para retirar amostras de pequenas dimensões que podem ser medidas com o auxílio de dispositivos de medição adequados.

[0007] Essas técnicas de controle são pouco eficazes, não exaustivas, imprecisas, implicam muito o pessoal e prejudicam notadamente os custos de produção. Elas são de baixo desempenho no caso de defeitos de média ou de baixa intensidade. As intensidades medidas são raramente verificáveis.

[0008] Existem por outro lado, no comércio, técnicas de controle de substrato transparente, que permitem detectar defeitos ópticos por medições em transmissão fundadas na observação de miras regulares através do substrato.

[0009] O documento US 6 509 967 descreve um método de detecção de defeitos ópticos fundada na análise das deformações de uma mira de duas dimensões observada em transmissão. Em caso de defeitos, a imagem da mira é deformada, e a deformação de um grande número de pontos da imagem é medida para deduzir daí, depois de aferição prévia, a potência óptica de acordo com duas direções, cujos valores são representativos da presença ou não e da importância dos ditos defeitos. Esse documento insiste na necessidade de um acoplamento estudado da mira em relação à câmera encarregada da aquisição das imagens em transmissão. Cada linha da mira deve corresponder exatamente a um número inteiro de pixels da câmera.

[0010] No entanto, o método dessa patente americana impõe conhecer ou adaptar as características da mira (suas dimensões, suas formas, sua posição) e da câmera (número de pixels, distância na mira, ...) para assegurar um alinhamento idôneo do padrão da mira com os pixels da câmera, o que restritivo, e raramente

possível em meio industrial (má regularidade da mira, dilatação da mira em função das variações de temperatura durante o dia, vibrações do solo, ...).

[0011] O documento US 6 208 412 propõe um outro método de medição por observação em transmissão de uma mira de uma dimensão. O dispositivo de medição desse documento utiliza um projetor para gerar uma mira que forma para isso, em uma tela de grandes dimensões, sempre substancialmente superiores às dimensões da vidraça a medir (tipicamente 2 x 3 m), um padrão periódico unidirecional variável no tempo, assim como uma câmera matricial que visualiza a mira através da vidraça a analisar. A mira deve estar em níveis de cinza progressivos, quer dizer que ela não deve apresentar contrastes locais elevados.

[0012] Esse dispositivo descrito nesse último documento, se ele pode dar satisfação no laboratório ou na borda da linha de produção para um controle por retirada, não pode em contrapartida ser utilizado para um controle em linha, em uma fita que se desloca de modo contínuo, no âmbito de um controle que deve ser exaustivo sem possibilidade de parar o vidro momentaneamente.

[0013] A integração de um projetor e de uma tela de grandes dimensões em uma linha industrial é também raramente possível ou desejável, por falta de espaço. Por outro lado, a imagem produzida por um projetor é em geral pouco luminosa. É nesse caso indispensável proteger a tela da luz parasita ambiente encapotando para isso a mesma e pintando até o solo de preto.

[0014] Finalmente, o método de medição descrito é aquele bem conhecido de "phase-shifting" que consiste, com a paralisação da vidraça, em projetar sucessivamente várias miras, tipicamente quatro, que são deslocadas no espaço, e em adquirir uma imagem para cada posição de mira. Essa série de aquisições é, portanto, muito consumidora de tempo e aumenta na mesma proporção o tempo de paralisação da vidraça. Esse modo de funcionamento é incompatível com uma medição em um substrato em deslocamento permanente.

[0015] Conseqüentemente, o dispositivo descrito em US 6 208 412 e seu processo de medição são incompatíveis com uma medição em linha industrial, em um substrato contínuo em deslocamento permanente, com como restrição um

controle exaustivo.

[0016] O requerente se deu assim como missão a concepção de um dispositivo de análise da qualidade óptica de um substrato transparente, que não apresenta os inconvenientes das técnicas precedentemente citadas e que permite detectar e quantificar os defeitos desse substrato em transmissão, de modo fácil, preciso, e repetitivo que responde assim a todas as restrições de uma execução em uma linha industrial para um controle do vidro na totalidade de seu comprimento, em um substrato em deslocamento contínuo ou não, e que assegura em especial a redução dos custos de controle de conformidade do vidro em uma linha de produção. Esse dispositivo inovador permite por outro lado utilizar processos de medição que levam a otimizar o tempo de análise.

[0017] Com essa finalidade, a invenção tem como objeto um dispositivo de análise de uma superfície transparente de um substrato que compreende uma mira formada em um suporte disposto em frente à superfície do substrato a medir, uma câmera para captar pelo menos uma imagem da mira deformada pelo substrato medido, um sistema de iluminação da mira, e meios de tratamento da imagem e de análise digital que estão ligados à câmera, caracterizado pelo fato de que o suporte tem uma forma oblonga de pequena e de grandes extensões, a mira sendo monodirecional e constituída por um padrão que se estende de acordo com a menor extensão do suporte, o padrão sendo periódico transversalmente à pequena extensão, e pelo fato de que a câmera é linear e posicionada para adquirir uma imagem linear em transmissão da mira através do substrato de acordo com a maior extensão do suporte.

[0018] De acordo com modos especiais de realização, o dispositivo compreende uma ou várias das características seguintes, tomada(s) isoladamente ou de acordo com todas as combinações tecnicamente possíveis:

- a relação entre a grande extensão do suporte e a pequena extensão do suporte é, por exemplo, superior ou igual a 10, de preferência superior ou igual a 20;
- o padrão compreende pelo menos uma linha que apresenta, de acordo com a pequena extensão do suporte, uma largura compreendida entre 0,1 mm e 5

cm, de preferência entre 1 mm e 2 mm;

- o padrão é composto por uma sucessão alternativa de linhas claras e escuras;

- o suporte da mira é constituído por um painel retro-iluminado pelo sistema de iluminação;

- o suporte é, ao nível de sua face em frente à vidraça a medir, translúcido e difusor tal como uma placa de plástico branco;

- o sistema de iluminação é formado por um grande número de diodos eletroluminescentes;

- o substrato é disposto entre a mira e a câmara para uma medição em transmissão;

- o suporte da mira é montado móvel em relação ao substrato perpendicularmente ao plano de deslocamento do substrato;

- o dispositivo compreende um sistema mecânico de subida e descida para afastar e aproximar o suporte da mira em relação ao substrato ao mesmo tempo em que conserva uma nitidez suficiente na imagem da mira captada pela câmara;

- o dispositivo compreende uma memória na qual são gravados programas adaptados para:

- captar com o auxílio da câmara linear uma imagem linear em transmissão da mira iluminada, o substrato ou a mira estando em deslocamento um em relação ao outro de acordo com um só sentido de deslocamento paralelo à direção dos defeitos e às linhas da mira;

- (1) adquirir a linha de pixels da imagem linear captada de acordo com a maior extensão da mira, sem deslocar a câmara em relação à mira;

- (2) aplicar um tratamento digital à linha de pixels adquirida para calcular uma grandeza representativa, para cada pixel, do efeito do substrato sobre a luz transmitida pelo substrato, por exemplo a potência óptica de cada pixel;

- (3) memorizar os valores dessa grandeza para cada pixel da linha e exibir uma imagem da linha de pixels na qual a cor de cada pixel é representativa

dessa grandeza;

- repetir o ciclo de aquisição-tratamento-exibição (1)(2)(3) várias vezes de maneira periódica e empilhar as imagens das linhas de pixels a fim de reconstituir a imagem de uma parte do substrato;

- analisar por tratamento digital a imagem reconstituída para deduzir daí a posição dos defeitos e quantificar a gravidade dos mesmos.

- o período de aquisição das linhas é superior à duração de aquisição de cada linha, por exemplo de 0,1 segundo ou mais;

- cada linha é exibida depois de cada etapa (2) para que a imagem reconstituída de uma parte do substrato simule um efeito de deslocamento contínuo que corresponderá à exibição em tempo real de uma cartografia 2D dos defeitos;

- o substrato é uma fita de vidro contínua.

[0019] É lembrado que uma câmera linear compreende um único sensor de vídeo que fornece no sinal de saída uma só linha de pixels. O sensor compreende um só receptor composto por vários elementos sensíveis justapostos que correspondem respectivamente aos pixels do sinal de saída, os elementos sensíveis sendo alinhados em uma só linha. As câmeras lineares são pouco volumosas e realizam uma aquisição rápida.

[0020] A forma oblonga do suporte da mira acompanhada da utilização de uma câmera linear permite bastante vantajosamente reduzir a zona ocupada pela mira e limitar assim o local necessário ao dispositivo em uma linha de produção.

[0021] O tamanho dos padrões da mira e a posição da mira, do vidro e da câmera devem naturalmente ser adaptados a cada tipo de medição, esse dispositivo podendo ser adaptado ao controle de amostras de alguns centímetros de largura como o controle de uma fita de vidro de vários metros de largura em deslocamento permanente. Nesse último caso serão associados vários sistemas câmera-mira para cobrir a totalidade da largura da fita a analisar. Para substratos menores, a maior extensão do suporte poderá corresponder à largura do substrato a medir.

[0022] A relação entre a grande extensão do suporte e a pequena extensão do suporte é, por exemplo, superior ou igual a 10, de preferência superior ou igual a 20.

[0023] É sabido também que as deformações percebidas expressas em termos de ampliação óptica por um observador fixo posicionado de um lado do substrato observado em transmissão variam com a distância que separa o substrato da mira que desempenha o papel de objeto opticamente falando. Deve ser notado que a potência óptica é de maneira conhecida definida como o inverso da distância focal da lente óptica equivalente que daria, se ela estivesse posicionada no lugar do defeito, a mesma ampliação que aquele percebido pelo observador.

[0024] Assim para adaptar a sensibilidade do dispositivo, quer dizer para aumentar ou reduzir o efeito deformante de um defeito óptico dado, é possível modificar a distância que separa a mira desse defeito, e, portanto, do substrato. Esse efeito pode ser realizado com o auxílio de um sistema mecânico de subida e descida que afastará ou aproximará a mira do substrato ao mesmo tempo em que conserva uma nitidez suficiente na imagem da mira captada pela câmera. Nosso dispositivo não exigindo uma focagem em profundidade muito precisa da câmera sobre a mira, é possível facilmente dobrar a sensibilidade desse dispositivo aumentando para isso a distância mira - substrato de cerca de um fator 2. É nesse caso possível reconfigurar rapidamente, sem realizar novas regulagens ópticas, o dispositivo a fim de que ele se adapte a uma nova gama de defeitos caracterizada por potências ópticas diferentes.

[0025] De acordo com uma característica, o padrão da mira é composto por uma sucessão alternativa de linhas claras e escuras, de preferência bastante contrastadas (por exemplo, brandas e pretas) e respectivamente de larguras iguais. A largura das linhas que formam cada padrão é de fato adaptada às condições de medições e de largura dos defeitos. A largura das linhas pode estar assim entre 0,1 mm e 10 mm, de preferência entre 1 mm e 2 mm.

[0026] Por outro lado, se o sistema de iluminação está associado diretamente à mira tal como por retro-iluminação, o painel de sustentação da mira pode nesse caso não exceder 5 cm de largura, o que reduz, portanto, consideravelmente as dimensões úteis para a implantação do dispositivo da invenção em relação àqueles que existem.

[0027] Como painel retro-iluminado, o painel é, ao nível de sua face em frente ao substrato a medir, translúcido e difusor. Trata-se, por exemplo, de uma placa de plástico branco. Pode também se tratar de um substrato transparente sobre o qual é impressa a mira. Nesse caso uma segunda placa translúcida associada à iluminação assegurará o fundo luminoso necessário a uma retro-iluminação aproximadamente homogênea da mira ainda que essa homogeneidade não seja crítica.

[0028] Vantajosamente, e em especial no caso de uma retro-iluminação, o sistema de iluminação é formado por um grande número de diodos eletroluminescentes. Essa iluminação pode ser cuidadosamente modulada em intensidade no tempo a fim, por exemplo, de aumentar a duração de vida da mesma ou para adaptá-la à transmissão de um substrato mais ou menos absorvente.

[0029] Para assegurar uma medição em transmissão, o substrato é disposto entre a mira e a câmera.

[0030] A invenção é também relativa a um processo de análise de uma superfície transparente ou especular de um substrato com o auxílio de um dispositivo que compreende uma mira formada em um suporte de forma oblonga de pequena e grande extensões, uma câmera linear para captar pelo menos uma imagem da mira deformada pelo substrato medido, um sistema de iluminação da mira, e meios de tratamento da imagem e de análise digital que são ligados à câmera, o processo compreendendo etapas que consistem em:

- captar com o auxílio da câmera linear uma imagem linear em transmissão da mira iluminada, o substrato ou a mira estando em deslocamento um em relação ao outro de acordo com um só sentido de deslocamento paralelo à direção dos defeitos e às linhas da mira;

- (1) adquirir a linha de pixels da imagem linear captada de acordo com a maior extensão da mira, sem deslocar a câmera em relação à mira;

- (2) aplicar um tratamento digital à linha de pixels adquirida para calcular uma grandeza representativa, para cada pixel, do efeito do substrato sobre a luz transmitida pelo substrato, por exemplo, a potência óptica de cada pixel;

- (3) memorizar os valores dessa grandeza para cada pixel da linha e

exibir uma imagem da linha de pixels na qual a cor de cada pixel é representativa dessa grandeza;

- repetir o ciclo de aquisição-tratamento-exibição (1)(2)(3) várias vezes de maneira periódica e empilhar as imagens das linhas de pixels a fim de reconstituir a imagem de uma parte do substrato;

- analisar por tratamento digital a imagem reconstituída para deduzir daí a posição dos defeitos e quantificar a gravidade dos mesmos.

[0031] De acordo com modos especiais de realização, o processo apresenta por outro lado uma ou várias das características seguintes, tomada(s) isoladamente ou de acordo com uma qualquer das combinações tecnicamente possíveis:

- cada linha é exibida depois de cada etapa (2) para que a imagem reconstituída de uma parte do substrato simule um efeito de deslocamento contínuo que corresponderá à exibição em tempo real de uma cartografia 2D dos defeitos;

- o substrato é uma fita de vidro contínuo;

- o período de aquisição das linhas é superior à duração de aquisição de cada linha, por exemplo, de 0,1 segundo ou mais.

[0032] O ritmo das tomadas de imagem de cada linha será subjugado à velocidade de deslocamento relativa do substrato em relação à mira para impedir qualquer recobrimento, no sentido do deslocamento, de uma imagem de uma linha de pixels com a seguinte. Para um ganho de tempo, será possível aceitar que o tempo de aquisição de uma linha seja mais curto do que seu tempo de tratamento, o que terá como efeito não registrar uma fração conhecida do substrato.

[0033] A análise só dirá respeito nesse caso aos defeitos de um tempo de passagem sob a câmera da ordem do segundo, os defeitos pontuais, de um tempo de passagem tipicamente do décimo de segundo só serão detectados de maneira aleatória.

[0034] Desse modo, graças ao dispositivo e ao processo de acordo com a invenção, é possível efetuar um controle rápido e confiável em uma amostra representativa de linhas regularmente espaçadas do substrato. A totalidade do substrato pode assim ser controlada rapidamente, mesmo se os espaços entre as

linhas não o são. Se fosse necessário controlar também os espaços entre as linhas analisadas, seria vantajoso multiplicar o dispositivo colocando-se para isso um ou vários dispositivos idênticos a jusante, todos sincronizados para analisar uma parte diferente do substrato, quer dizer os espaços entre as linhas analisadas pelos outros dispositivos, todos os dispositivos sendo de preferência sincronizados na mesma periodicidade de aquisição de imagem.

[0035] O tratamento digital de cada linha é efetuado de maneira conhecida. Trata-se, por exemplo, de extrair fases locais da linha de pixels adquirida com o auxílio da câmera linear e deduzir daí variações de fases, para deduzir daí a posição do defeito, mas também quantificá-los por uma medição da deformação das linhas da mira a partir da qual é possível fornecer, graças a um modelo óptico de cálculo, uma grandeza dimensionada da deformação ou uma potência óptica representativa do defeito.

[0036] Deve ser notado que o tratamento digital de extração das fases pode ser realizado graças ao método bem conhecido por outro lado de transformada de Fourier.

[0037] É evidente que o processo de acordo com a invenção leva a resultados satisfatórios em linhas industriais sem modificação dessas últimas, por custos reduzidos e permite um controle muito mais rápido do que na arte anterior.

[0038] O dispositivo da invenção e o processo de execução podem ser aplicados a substratos transparentes tais como vidraças monolíticas ou laminadas, planas ou recurvadas, de todas as dimensões para diversas utilizações (prédios, automóvel, aeronáutica, ferroviária). Em especial o dispositivo e o processo podem ser aplicados de modo vantajoso à fita de vidro plano em linha float. Eles podem também ser aplicados a vidraças planas destinadas às aplicações em prédios ou às vidraças especiais destinadas às aplicações eletrônicas (telas de plasma ou LCD, ...) e a qualquer outro substrato transparente.

[0039] A presente invenção é agora descrita com o auxílio de exemplos unicamente ilustrativos e de nenhuma forma limitativos do alcance da invenção, e a partir das ilustrações anexas, nas quais:

- a figura 1 representa uma vista esquemática em corte de um dispositivo de análise de acordo com a invenção para uma medição em transmissão;
- a figura 2 ilustra um exemplo de mira de acordo com a invenção; e
- a figura 3 ilustra uma imagem reconstituída do substrato que mostra em seu centro um defeito.

[0040] As figuras 1 e 2 não estão na escala para facilitar a leitura das mesmas.

[0041] O sistema de iluminação 4 pode ser um sistema de retro-iluminação quando o painel de sustentação 11 é translúcido, tal como uma placa de plástico branco. De preferência, o sistema de iluminação 4 é nesse caso constituído por um grande número de diodos eletroluminescentes que são dispostos na parte de trás do painel translúcido.

[0042] Em variante, quando o painel de sustentação 11 é opaco, o sistema de iluminação 4 é formado por uma fonte de luz disposta na parte da frente da mira, por exemplo, um spot orientado para iluminar a face dianteira do painel de sustentação da mira.

[0043] A câmara 3 é linear; ela gera uma trama de tomadas de imagem que, por tratamento digital, é empilhada com as precedentes para formar uma imagem global em duas dimensões do substrato em deslocamento. A mira sendo de pequenas dimensões em relação ao substrato como será visto, o substrato 2 ou a mira é próprio para se deslocar em translação um em relação ao outro para assegurar o número necessário de tomadas de imagem no conjunto do substrato. A frequência de dispar da câmara para cada tomada de imagem é subjugada à velocidade de deslocamento.

[0044] A câmara é posicionada a uma distância d adaptada de maneira a visualizar o conjunto ou uma fração da extensão do substrato que é transversal à direção de deslocamento do substrato ou da mira. Assim, se o deslocamento é feito em um plano horizontal, a câmara é disposta verticalmente.

[0045] A câmara 3 poderia formar um ângulo em relação à vertical que seria adaptado às condições de implantação na linha industrial.

[0046] A mira 10, tal como ilustrada na figura 2, é formada em um suporte 11 de

forma oblonga. Ela é monodirecional e constituída por um padrão 10a.

[0047] A mira de acordo com a invenção tem uma pequena extensão de pequena dimensão em relação ao substrato a medir. Por exemplo, para medir um substrato contínuo de 0,80 m de largura, a mira se estende em 5 cm por 1,0 m.

[0048] O padrão 10a da mira se estende de acordo com a menor extensão do suporte, sendo periódico transversalmente à pequena extensão, quer dizer de acordo com a maior extensão do suporte.

[0049] O padrão 10a é composto por uma sucessão alternativa de linhas claras e escuras nitidamente contrastadas.

[0050] Os meios de tratamento e de cálculo 5 são conectados à câmera para elaborar os tratamentos e análises matemáticas que seguem as tomadas de imagem sucessivas.

[0051] A figura 3 ilustra uma imagem registrada pela câmera, a imagem da mira sendo deformada pela presença de defeitos em uma direção. A utilização do dispositivo consiste em:

- captar com o auxílio da câmera linear uma imagem linear em transmissão da mira iluminada, o substrato ou a mira estando em deslocamento um em relação ao outro de acordo com um só sentido de deslocamento paralelo à direção dos defeitos e às linhas da mira;

- (1) adquirir a linha de pixels da imagem linear captada de acordo com a maior extensão da mira, sem deslocar a câmera em relação à mira;

- (2) aplicar um tratamento digital à linha de pixels adquirida para calcular uma grandeza representativa, para cada pixel, do efeito do substrato sobre a luz transmitida pelo substrato, por exemplo, a potência óptica de cada pixel;

- (3) exibir uma imagem da linha de pixels na qual a cor de cada pixel é representativa da potência óptica do pixel;

- repetir o ciclo de aquisição-tratamento-exibição (1)(2)(3) várias vezes de maneira periódica e empilhar as imagens das linhas de pixels a fim de reconstituir a imagem de uma parte do substrato simulando para isso um efeito de deslocamento contínuo que corresponderá à exibição em tempo real de uma cartografia 2D dos

defeitos;

- analisar por tratamento digital a imagem reconstituída para deduzir daí a posição dos defeitos e quantificar a gravidade dos mesmos.

[0052] A aquisição de uma série de n linhas de pixels por ocasião do deslocamento do substrato diante da mira permite reconstituir, por simples empilhamento de linhas, uma imagem única em duas dimensões. O requerente coloca em evidência que esse tipo de mira é especialmente interessante devido a seu volume limitado e desempenhos de detecção de defeito em fita contínua obtidos com o dispositivo.

[0053] É possível calcular para cada linha adquirida a intensidade dos defeitos ópticos. Não é necessário, com esse processo, conhecer o estado da linha precedente, nem aquele da seguinte.

[0054] Em contrapartida, para analisar a gravidade de um defeito é preciso vê-lo em sua totalidade e portanto utilizar uma imagem constituída por numerosas linhas (um defeito pode durar vários minutos, e mesmo várias horas). Cada linha é portanto “convertida” em potência óptica e a cartografia em 2D dessa potência óptica é submetida a um tratamento de imagem para analisar a gravidade dos defeitos. Em resumo, a linha é submetida a um tratamento do sinal, a cartografia a um tratamento de imagem, o que é especialmente vantajoso. O tratamento de imagem mais simples é uma simples definição do nível de cinza como limite.

[0055] Uma mira é um sinal espacialmente periódico. A análise matemática consiste de maneira conhecida em caracterizar esse sinal por sua fase local módulo 2π , ao nível de um pixel da câmera, e define-se assim uma cartografia em duas dimensões das fases (que corresponde ao conjunto dos pixels) da imagem em duas dimensões vistas por transmissão, chamada mapa das fases.

[0056] Essa extração do mapa de fases módulo 2π pode ser obtida de acordo com a técnica da análise por transformada de Fourier seguinte bem conhecida.

[0057] Esse método é correntemente descrito na literatura. Ele se decompõe assim:

- aquisição de uma imagem linear da mira deformada pela amostra;

- cálculo da transformada de Fourier da linha de pixels (transformada em uma dimensão);
- procura automática do pico característico da frequência fundamental f_0 da mira;
- filtragem passa-faixa com o auxílio de um filtro passa-faixa gaussiano ou outro, dessa frequência fundamental f_0 . Essa filtragem tem como efeito eliminar o fundo contínuo da imagem da mira e os harmônicos do sinal da mira;
- decalagem do espectro filtrado de f_0 a fim de levar de volta o pico característico da mira imagem à frequência 0. Essa decalagem faz desaparecer a trama da mira e faz subsistir só as deformações da mira;
- cálculo da transformada de Fourier inversa da imagem, coluna por coluna de pixels. A imagem obtida mostra as deformações sozinhas. Essa imagem é uma imagem complexa que compreende uma parte real R e uma parte imaginária I;
- cálculo da fase local ao nível de um pixel, módulo 2π , da imagem. Essa fase é obtida calculando-se, pixel por pixel, o valor de $\arctg(I/R)$.

[0058] Uma vez que a etapa de cálculo da fase módulo 2π da imagem foi efetuada para cada pixel, deduz-se daí facilmente o mapa das derivadas da fase, chamado ainda de mapa dos gradientes. Esse cálculo do gradiente de fase da imagem é obtido por simples diferença da fase pixel a pixel, os saltos de fase de 2π sendo facilmente eliminados. Esse cálculo pode ser conduzido depois da aquisição de cada uma das linhas ou então em um grupo de linhas.

[0059] Depois de dedução do mapa das fases da imagem completa reconstituída a partir da série de imagens lineares captadas pela câmera, é então possível ligar o valor da derivada da fase em cada ponto da imagem à potência óptica PI dos defeitos da vidraça na origem dessas variações de fase local com o auxílio de um modelo de cálculo óptico que permite calcular a potência óptica PI a partir da derivada dessa fase. A avaliação da potência óptica e sua comparação com um valor de limite permite quantificar o defeito.

[0060] Em variante, a derivada das fases poderá de preferência ser comparada com uma largura local de aferição que fornecerá uma largura de deformação

representativa também da amplitude do defeito.

[0061] A quantificação do defeito permite assim estabelecer a qualidade óptica de um substrato diretamente em linha de produção.

[0062] Conseqüentemente, o processo de acordo com a invenção de análise do substrato consiste:

- em captar com o auxílio de uma câmera linear uma série de imagens lineares em transmissão de uma mira única estreita sobre o dito substrato, sem a necessidade, como na arte anterior, de um acoplamento estudado da mira em relação à câmera ou da utilização de um projetor e de uma tela de grandes dimensões;

- em extrair por tratamento digital fases locais, em calcular a derivada dessas fases, e deduzir por cálculo matemático o perfil em intensidade dos defeitos (de preferência de acordo com um cálculo da potência óptica e sua comparação com um valor de limite);

- em empilhar verticalmente esses perfis em uma tela a fim de reconstituir, linha por linha, uma imagem da cartografia dos defeitos do substrato;

- em proceder a uma análise dessa cartografia a fim de detectar aí automaticamente a presença de defeitos situados acima dos limites tolerados utilizando para isso técnicas de tratamento de imagem clássicas como a detecção de bordas ou a definição dinâmica do nível de cinza como limite.

[0063] Finalmente, o dispositivo de medição proposto permite um controle em todo o comprimento dos substratos presentes em uma linha industrial, sem retirada de amostra do substrato, sem paralisação nem desaceleração do substrato, sem modificação de sua posição no sistema de transporte, sem utilização de um sistema de projeção de miras sucessivas, sem nenhuma restrição de regulagem óptica ou mecânica. Ele gera uma área de utilização reduzida em relação a dimensões da mira que são bem inferiores às existentes; tipicamente o painel de sustentação da mira da invenção é de 1 m de comprimento por 5 cm de largura.

REIVINDICAÇÕES

1. Dispositivo de análise (1) de uma superfície transparente de um substrato (2) que compreende:

uma mira (10) formada em um suporte (11) disposto em frente à superfície do substrato a medir;

uma câmera (3) para captar pelo menos uma imagem da mira deformada pelo substrato medido;

um sistema de iluminação (4) da mira; e

meios de tratamento (5) da imagem e de análise digital que estão ligados à câmera (3);

caracterizado pelo fato de que o suporte (11) tem uma forma oblonga de pequenas e de grandes extensões, a mira sendo monodirecional e constituída por um padrão (10) que se estende de acordo com a menor extensão do suporte, o padrão (10) sendo periódico transversalmente à pequena extensão, e

em que a câmera é linear e posicionada para adquirir uma imagem linear em transmissão da mira através do substrato de acordo com a grande extensão do suporte (11).

2. Dispositivo (1), de acordo com a reivindicação 1, caracterizado pelo fato de que a relação entre a grande extensão do suporte (11) e a pequena extensão do suporte (11) é superior ou igual a 10, de preferência superior ou igual a 20.

3. Dispositivo (1), de acordo com a reivindicação 1, caracterizado pelo fato de que o padrão (10) compreende pelo menos uma linha que apresenta, de acordo com a pequena extensão do suporte (11), uma largura compreendida entre 0,1 mm e 5 cm, de preferência entre 1 mm e 2 mm.

4. Dispositivo (1), de acordo com a reivindicação 1, caracterizado pelo fato de que o padrão é composto por uma sucessão alternativa de linhas claras e escuras.

5. Dispositivo (1), de acordo com a reivindicação 1, caracterizado pelo fato de que o suporte (11) da mira é constituído por um painel retro-iluminado pelo sistema de iluminação (4).

6. Dispositivo (1), de acordo com a reivindicação 5, caracterizado pelo fato de que o suporte (11) é, ao nível de sua face em frente à vidraça a medir, translúcido e difusor tal como uma placa de plástico branco.

7. Dispositivo (1), de acordo com a reivindicação 1, caracterizado pelo fato de que o substrato (2) é disposto entre a mira (10) e a câmera (3) para uma medição em transmissão.

8. Dispositivo (1), de acordo com a reivindicação 1, caracterizado pelo fato de que o suporte (11) da mira (10) é montado móvel em relação ao substrato (2) perpendicularmente ao plano de deslocamento do substrato (2).

9. Dispositivo (1), de acordo com a reivindicação 8, caracterizado pelo fato de que ele compreende um sistema mecânico de subida e descida para afastar e aproximar o suporte da mira em relação ao substrato ao mesmo tempo em que conserva uma nitidez suficiente na imagem da mira captada pela câmera.

10. Dispositivo (1), de acordo com a reivindicação 1, caracterizado pelo fato de que ele compreende ainda uma memória não transitória na qual são gravados programas adaptados para:

- captar com o auxílio da câmera linear uma imagem linear em transmissão da mira iluminada, o substrato ou a mira estando em deslocamento um em relação ao outro de acordo com um só sentido de deslocamento paralelo à direção dos defeitos e às linhas da mira;

- (1) adquirir a linha de pixels da imagem linear captada de acordo com a maior extensão da mira, sem deslocar a câmera em relação à mira.

- (2) aplicar um tratamento digital à linha de pixels adquirida para calcular uma grandeza representativa, para cada pixel, do efeito do substrato sobre a luz transmitida pelo substrato, por exemplo a potência óptica de cada pixel;

- (3) memorizar os valores dessa grandeza para cada pixel da linha e exibir uma imagem da linha de pixels na qual a cor de cada pixel é representativa dessa grandeza;

- repetir o ciclo de aquisição-tratamento-exibição (1)(2)(3) várias vezes de maneira periódica e empilhar as imagens das linhas de pixels a fim de reconstituir a

imagem de uma parte do substrato;

- analisar por tratamento digital a imagem reconstituída para deduzir daí a posição dos defeitos e quantificar a gravidade dos mesmos.

11. Dispositivo (1), de acordo com a reivindicação 10, caracterizado pelo fato de que o período de aquisição das linhas é superior à duração de aquisição de cada linha, por exemplo de 0,1 segundo ou mais.

12. Processo de análise de uma superfície transparente ou especular de um substrato (2) com o auxílio de um dispositivo que compreende uma mira (10) formada em um suporte (11) de forma oblonga de pequena e grande extensões, uma câmera linear (3) para captar pelo menos uma imagem da mira deformada pelo substrato medido, um sistema de iluminação da mira (4), e meios de tratamento (5) da imagem e de análise digital que são ligados à câmera, o processo sendo caracterizado pelo fato de que ele compreende etapas que consistem em:

- captar com o auxílio da câmera linear uma imagem linear em transmissão da mira iluminada, o substrato ou a mira estando em deslocamento um em relação ao outro de acordo com um só sentido de deslocamento paralelo à direção dos defeitos e às linhas da mira;

- (1) adquirir a linha de pixels da imagem linear captada de acordo com a maior extensão da mira, sem deslocar a câmera em relação à mira;

- (2) aplicar um tratamento digital à linha de pixels adquirida para calcular uma grandeza representativa, para cada pixel, do efeito do substrato sobre a luz transmitida pelo substrato, por exemplo a potência óptica de cada pixel;

- (3) memorizar os valores dessa grandeza para cada pixel da linha e exibir uma imagem da linha de pixels na qual a cor de cada pixel é representativa dessa grandeza;

- repetir o ciclo de aquisição-tratamento-exibição (1)(2)(3) várias vezes de maneira periódica e empilhar as imagens das linhas de pixels a fim de reconstituir a imagem de uma parte do substrato;

- analisar por tratamento digital a imagem reconstituída para deduzir daí a posição dos defeitos e quantificar a gravidade dos mesmos.

13. Processo, de acordo com a reivindicação 12, caracterizado pelo fato de que cada linha é exibida depois de cada aplicação de tratamento digital para que a imagem reconstituída de uma parte do substrato simule um efeito de deslocamento contínuo que corresponderá à exibição em tempo real de uma cartografia 2D dos defeitos.

14. Processo, de acordo com a reivindicação 12, caracterizado pelo fato de que o substrato é uma fita de vidro contínua.

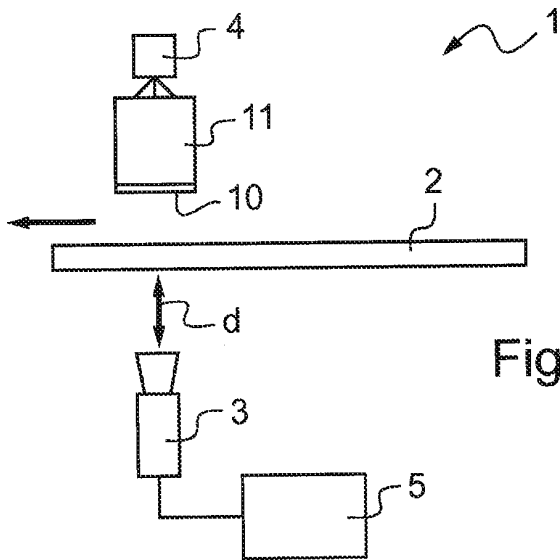


Fig. 1

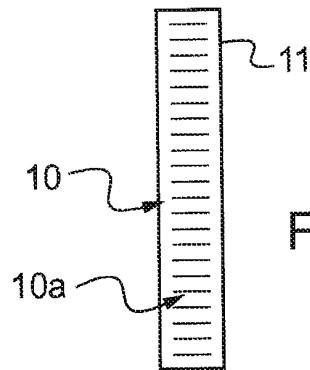


Fig. 2

Fig. 3

