

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 751 989**

51 Int. Cl.:

G01N 21/958 (2006.01)

G01N 21/896 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **28.03.2011 PCT/FR2011/050675**

87 Fecha y número de publicación internacional: **06.10.2011 WO11121219**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **28.03.2011 E 11717302 (1)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **14.08.2019 EP 2553439**

54 Título: **Procedimiento y dispositivo de análisis de la calidad óptica de un sustrato transparente**

30 Prioridad:

01.04.2010 FR 1052477

45 Fecha de publicación y mención en BOPI de la traducción de la patente:

02.04.2020

73 Titular/es:

SAINT-GOBAIN GLASS FRANCE (100.0%)

18 avenue d' Alsace

92400 Courbevoie, FR

72 Inventor/es:

PICHON, MICHEL y

DAVENNE, FRANC

74 Agente/Representante:

ELZABURU, S.L.P

ES 2 751 989 T3

Aviso: En el plazo de nueve meses a contar desde la fecha de publicación en el Boletín Europeo de Patentes, de la mención de concesión de la patente europea, cualquier persona podrá oponerse ante la Oficina Europea de Patentes a la patente concedida. La oposición deberá formularse por escrito y estar motivada; sólo se considerará como formulada una vez que se haya realizado el pago de la tasa de oposición (art. 99.1 del Convenio sobre Concesión de Patentes Europeas).

DESCRIPCIÓN

Procedimiento y dispositivo de análisis de la calidad óptica de un sustrato transparente

La invención concierne a un dispositivo de análisis de la calidad óptica de un sustrato transparente, que permite especialmente la detección de defectos ópticos deformantes presentes en la superficie de este sustrato, o en su masa.

Los defectos ópticos de los sustratos transparentes están caracterizados por las deformaciones ópticas que los mismos provocan cuando estos sustratos están en situación de utilización, como por ejemplo los cristales de automóviles, los cristales de edificios, las pantallas de plasma o LCD...

La detección de los defectos ópticos de estos sustratos al final de la cadena de fabricación, si bien puede ser eficaz en términos de control de calidad, es con frecuencia muy costosa, ya que la misma se realiza en un producto acabado, listo para expedición. Es netamente preferible detectar estos defectos lo más pronto posible, es decir, durante la formación del sustrato que servirá para la realización del producto acabado.

Siendo producidos estos sustratos generalmente a partir de procedimientos de estirado o de extrusión en forma de cinta continua, es necesario disponer de una herramienta de control que se adapte a esta herramienta, en línea industrial, en cinta continua, para un control exhaustivo y sin necesidad de modificación de la línea de producción.

En el caso de un vidrio flotado formado por estirado, aparecen defectos que provocan deformaciones ópticas en una sola dirección, paralela a los bordes de la hoja, y que corresponden a la firma de proceso de formación. La intensidad de estos defectos es más o menos importante según la calidad de la formación.

Las técnicas habitualmente utilizadas para detectar y evaluar los defectos consisten típicamente:

- en observar los defectos visualmente por técnicas de ombroscopía en línea consistentes en iluminar la hoja con la ayuda de una fuente luminosa puntual y potente y en recoger, tras la transmisión a través del sustrato, el flujo luminoso en una pantalla. El análisis visual de esta imagen permite casi siempre detectar los defectos que presenten un elevado gradiente, es decir defectos estrechos e intensos que faciliten una imagen suficientemente contrastada para ser observable, sin facilitar información precisa sobre la intensidad de estos defectos. Una extracción es entonces necesaria,

- ya sea para extraer regularmente una muestra de vidrio de grandes dimensiones y para analizarla visualmente fuera de línea,

- o bien para tomar muestras de pequeñas dimensiones que puedan ser medidas con la ayuda de dispositivos de medición adecuados.

Estas técnicas de control son poco eficaces, no exhaustivas, imprecisas, implican mucho personal y perjudican especialmente a los costes de producción. Las mismas son poco eficientes en el caso de defectos de media o de baja intensidad. Las intensidades medidas son raramente verificables.

Por otra parte, existen en el comercio técnicas de control de sustrato transparente, que permiten detectar defectos ópticos por mediciones en transmisión fundadas en la observación de miras regulares a través del sustrato.

El documento US 6 509 967 describe un método de detección de defectos ópticos fundado en el análisis de las deformaciones de una mira de dos dimensiones observada en transmisión. En caso de defectos, la imagen de la mira se deforma, y se mide la deformación de una multitud de puntos de la imagen para deducir de la misma, tras calibración previa, la potencia óptica según dos direcciones, cuyos valores son representativos de la presencia o no y de la importancia de los citados defectos. Este documento insiste en la necesidad de un acoplamiento estudiado de la mira con respecto a la cámara encargada de la adquisición de las imágenes en transmisión. Cada línea de la mira debe corresponder exactamente a un número entero de líneas de píxeles de la cámara.

Sin embargo, el método de esta patente americana impone conocer o adaptar las características de la mira (sus dimensiones, sus formas, su posición) y de la cámara (número de píxeles, distancia a la mira, ...) para asegurar una alineación idónea del motivo de la mira con los píxeles de la cámara, lo que es restrictivo, y raramente posible en medio industrial (mala regularidad de la mira, dilatación de la mira en función de las variaciones de temperatura en el día, vibraciones del suelo, ...).

El documento US 6 208 412 propone otro método de medición por observación en transmisión de una mira de una dimensión. El dispositivo de medición de este documento utiliza un proyector para generar una mira formando, en una pantalla de grandes dimensiones, siempre sensiblemente superiores a las dimensiones del cristal que haya que medir (típicamente 2 m x 3 m), un motivo periódico unidireccional variable en el tiempo, así como una cámara matricial que visualice la mira a través del cristal que haya que analizar. La mira debe ser en niveles de gris progresivos, es decir que la misma no debe presentar contrastes locales elevados.

Este dispositivo descrito en este último documento, si bien puede ser satisfactorio en laboratorio o en borde de línea

de producción para un control por extracción, por el contrario no puede ser utilizado para un control en línea, en una cinta en paso continuo, en el marco de un control que deba ser exhaustivo sin posibilidad de detener el cristal momentáneamente.

5 La integración de un proyector y de una pantalla de grandes dimensiones en una línea industrial es también raramente posible o deseable, por falta de espacio. Por otra parte, la imagen producida por un proyector es en general poco luminosa. Es indispensable entonces proteger la pantalla de la luz parásita ambiente cubriéndola ampliamente e incluso pintando el suelo en negro.

10 Finalmente, el método descrito es el bien conocido de « phase shifting » que consiste, con la parada del vidrio, en proyectar sucesivamente varias miras, típicamente cuatro, que estén desplazadas en el espacio, y en adquirir una imagen para cada posición de mira. Esta serie de adquisiciones es entonces consumidora de mucho tiempo y aumenta más el tiempo de parada del cristal. Este método de funcionamiento es incompatible con una medición en un sustrato en paso permanente.

15 Por consiguiente, el dispositivo descrito en el documento US 6 208 412 y su proceso de medición son incompatibles con una medición en línea industrial, en un sustrato continuo en paso permanente, con la exigencia de un control exhaustivo.

Los documentos US 2006/158664 A1, JP S61 176839 A, JP H10 111252A y WO 2010/016137 A1 describen diferentes dispositivos de análisis de una superficie transparente.

20 El solicitante se ha encomendado la misión del diseño de un dispositivo de análisis de la calidad óptica de un sustrato transparente, que no presente los inconvenientes de las técnicas anteriormente citadas y que permita detectar y cuantificar los defectos de este sustrato en transmisión, de modo fácil, preciso, y repetitivo, respondiendo a todas las exigencias de una puesta en práctica en una línea industrial para un control del vidrio en el conjunto de su longitud, en sustrato en paso continuo o no, y que en particular asegure la reducción de los costes de control de conformidad del vidrio en una línea de producción. Este dispositivo innovador debe permitir además utilizar procedimientos de medición que conduzcan a optimizar el tiempo de análisis.

25 A tal efecto, la invención tiene por objeto un dispositivo de análisis de una superficie transparente de un sustrato según la reivindicación 1, comprendiendo el citado dispositivo una mira formada en un soporte dispuesto enfrente de la superficie del sustrato que haya que medir, una cámara para tomar al menos una imagen de la mira deformada por el sustrato medido, un sistema de iluminación de la mira, y medios de tratamiento de la imagen y de análisis digital que estén conectados con la cámara, caracterizado por que el soporte es de forma oblonga de extensiones pequeña y grande, siendo la mira mono-direccional y estando constituida de un motivo que se extiende según la extensión más pequeña del soporte, siendo el motivo periódico transversalmente a la extensión pequeña, y por que la cámara es lineal y está posicionada para adquirir una imagen lineal en transmisión de la mira a través del sustrato según la extensión grande del soporte.

35 Según modos particulares de realización, el dispositivo comprende una o varias de las características siguientes, tomadas aisladamente o según todas las combinaciones técnicamente posibles:

- la relación entre la extensión grande del soporte y la extensión pequeña del soporte es por ejemplo superior o igual a 10, preferentemente superior o igual a 20;
- el motivo comprende al menos una línea que presenta, según la extensión pequeña del soporte, una anchura comprendida entre 0,1 mm y 5 cm, preferentemente entre 1 mm y 2 mm;
- 40 - el motivo se compone de una sucesión alternada de líneas claras y oscuras,
- el soporte de la mira está constituido por un panel retro-iluminado por el sistema de iluminación;
- el soporte es, a nivel de su cara enfrente del cristal que haya que medir, traslucido y difusor tal como una placa de plástico blanco,
- el sistema de iluminación está formado de una multitud de diodos electroluminiscentes;
- 45 - el sustrato está dispuesto entre la mira y la cámara para una medición en transmisión;
- el soporte de la mira está montado móvil con respecto al sustrato perpendicularmente al plano de paso del sustrato,
- el dispositivo comprende un sistema mecánico de subida y bajada para alejar y aproximar el soporte de la mira con respecto al sustrato al tiempo que se conserve una nitidez suficiente en la imagen de la mira captada por la cámara;
- el dispositivo comprende una memoria en la cual están registrados programas adaptados para:

- 50 • tomar con la ayuda de la cámara lineal una imagen lineal en transmisión de la mira iluminada, estando el sustrato o la mira en desplazamiento de uno con respecto al otro según un solo sentido de paso

paralelo a la dirección de los defectos y a las líneas de la mira;

- 5 • (1) adquirir la línea de píxeles de la imagen lineal tomada según la extensión grande de la mira, sin desplazar la cámara con respecto a la mira;
- (2) aplicar un tratamiento digital a la línea de píxeles adquirida para calcular una magnitud representativa, para cada píxel, del efecto del sustrato sobre la luz transmitida por el sustrato, por ejemplo la potencia óptica de cada píxel;
- (3) memorizar los valores de esta magnitud para cada píxel de la línea y visualizar una imagen de la línea de píxeles en la cual el color de cada píxel es representativo de esta magnitud;
- 10 • repetir el ciclo de adquisición-tratamiento-visualización (1) (2) (3) varias veces de manera periódica y apilar las imágenes de las líneas de píxeles a fin de reconstituir la imagen de una parte del sustrato;
- analizar por tratamiento digital la imagen reconstituida para deducir de la misma la posición de los defectos y cuantificar su gravedad.

- el periodo de adquisición de las líneas es superior a la duración de adquisición de cada línea, por ejemplo de 0,1 segundos o más;

- 15 - cada línea es visualizada después de cada etapa (2) para que la imagen reconstituida de una parte del sustrato simule un efecto de paso continuo que corresponderá a la visualización en tiempo real de una cartografía en 2D de los defectos;

- el sustrato es una cinta de vidrio continua.

- 20 Se recuerda que una cámara lineal comprende un solo sensor de video que facilita en señal de salida una sola línea de píxeles. El sensor comprende un solo receptor compuesto de varios elementos sensibles yuxtapuestos que corresponden respectivamente a los píxeles de la señal de salida, estando los elementos sensibles alineados en una sola línea. Las cámaras lineales son poco voluminosas y realizan una adquisición rápida.

- 25 La forma oblonga del soporte de la mira acompañada de la utilización de una cámara lineal permite muy ventajosamente reducir la zona ocupada por la mira y limitar así el emplazamiento necesario para el dispositivo en una línea de producción.

- 30 La magnitud de los motivos de la mira y la posición de la mira, del vidrio y de la cámara deben naturalmente adaptarse a cada tipo de medición, pudiendo este dispositivo adaptarse al control de muestras de algunos centímetros de anchura como al control de una cinta de vidrio de varios metros de anchura en paso permanente. En este último caso se asociarán varios sistemas cámara-mira para cubrir la totalidad de la anchura de la cinta que haya que analizar. Para sustratos más pequeños, la extensión grande del soporte podrá corresponder a la anchura del sustrato que haya que medir.

La relación entre la extensión grande del soporte y la extensión pequeña del soporte es por ejemplo superior o igual a 10, preferentemente superior o igual a 20.

- 35 Se sabe igualmente que las deformaciones percibidas expresadas en términos de agrandamiento óptico por un observador fijo colocado en un lado del sustrato observado en transmisión varían con la distancia que separa el sustrato de la mira que desempeña la función de objeto ópticamente hablando. Debe observarse que la potencia óptica se define de manera conocida como la inversa de la distancia focal de la lente óptica equivalente que daría, si la misma estuviera situada en el lugar del defecto, el mismo agrandamiento que el percibido por el observador.

- 40 Así para adaptar la sensibilidad del dispositivo, es decir para aumentar o reducir el efecto deformante de un defecto óptico dado, se puede modificar la distancia que separa la mira de este defecto, por tanto del sustrato. Este efecto puede ser realizado con la ayuda de un sistema mecánico de subida y bajada que aleje o aproxime la mira del sustrato al tiempo que se conserve una nitidez suficiente en la imagen de la mira captada por la cámara. Al no exigir este dispositivo una puesta a punto en profundidad muy precisa de la cámara sobre la mira, se puede fácilmente doblar la sensibilidad de este dispositivo aumentando la distancia mira sustrato aproximadamente en un factor de 2. Es posible entonces reconfigurar rápidamente el dispositivo, sin realizar de nuevo regulaciones ópticas, a fin de que el mismo se adapte a una nueva gama de defectos caracterizada por potencias ópticas diferentes.
- 45

Según una característica, el motivo de la mira se compone de una sucesión alternada de líneas claras y oscuras, preferentemente muy contrastadas (por ejemplo blancas y negras) y respectivamente de anchuras iguales. La anchura de las líneas que forman cada motivo está de hecho adaptada a las condiciones de mediciones y de anchura de los defectos. La anchura de las líneas puede ser así entre 0,1 mm y 10 mm, preferentemente entre 1 mm y 2 mm.

- 50 Además, si el sistema de iluminación está asociado directamente a la mira tal como por retroiluminación, el panel de soporte de la mira no puede exceder entonces de 5 cm de anchura, lo que por tanto reduce considerablemente las dimensiones útiles para la implantación del dispositivo de la invención con respecto a los existentes.

5 Como panel retro-iluminado, el panel, a nivel de su cara enfrente del sustrato que haya que medir, es traslúcido y difusor. Se trata por ejemplo de una placa de plástico blanco. Puede tratarse también de un sustrato transparente sobre el cual esté impresa la mira. En este caso una segunda placa traslúcida asociada a la iluminación asegurará el fondo luminoso necesario para una retro-iluminación aproximadamente homogénea de la mira aunque esta homogeneidad no sea crítica.

Ventajosamente, y en particular en el caso de una retro-iluminación, el sistema de iluminación está formado por una multitud de diodos electroluminiscentes. Esta iluminación puede ser modulada adecuadamente en intensidad en el tiempo a fin de, por ejemplo, aumentar su duración de vida de servicio para adaptarla a la transmisión de un sustrato más o menos absorbente.

10 Para asegurar una medición en transmisión, el sustrato es dispuesto entre la mira y la cámara.

La invención se refiere igualmente a un procedimiento de análisis de una superficie transparente o especular de un sustrato con la ayuda de un dispositivo que comprenda una mira formada sobre un soporte de forma oblonga de extensiones pequeña y grande, una cámara lineal para tomar al menos una imagen de la mira deformada por el sustrato medido, un sistema de iluminación de la mira, y medios de tratamiento de la imagen y de análisis digital que están conectados a la cámara, comprendiendo el procedimiento etapas consistentes en:

- tomar con la ayuda de la cámara lineal una imagen lineal en transmisión de la mira iluminada, estando el sustrato o la mira en desplazamiento de uno con respecto al otro según un solo sentido de paso paralelo a la dirección de los defectos y a las líneas de la mira;

20 - (1) adquirir la línea de píxeles de la imagen lineal tomada según la extensión grande de la mira, sin desplazar la cámara con respecto a la mira;

- (2) aplicar un tratamiento digital a la línea de píxeles adquirida para calcular una magnitud representativa, para cada píxel, del efecto del sustrato sobre la luz transmitida por el sustrato, por ejemplo la potencia óptica de cada píxel;

- (3) memorizar los valores de esta magnitud para cada píxel de la línea y visualizar una imagen de la línea de píxeles en la cual el color de cada píxel es representativo de esta magnitud;

25 - repetir el ciclo de adquisición-tratamiento-visualización (1) (2) (3) varias veces de manera periódica y apilar las imágenes de las líneas de píxeles a fin de reconstituir la imagen de una parte del sustrato;

- analizar por tratamiento digital la imagen reconstituida para deducir de la misma la posición de los defectos y cuantificar su gravedad.

30 Según modos de particulares de realización, el procedimiento presenta además una o varias de las características siguientes, tomadas aisladamente o según una cualquiera de las combinaciones técnicamente posibles:

- cada línea es visualizada después de cada etapa (2) para que la imagen reconstituida de una parte del sustrato simule un efecto de paso continuo que corresponderá a la visualización en tiempo real de una cartografía 2D de los defectos;

- el sustrato es una cinta de vidrio continua;

35 - el período de adquisición de las líneas es superior a la duración de adquisición de cada línea, por ejemplo de 0,1 segundos o más.

40 La cadencia de las tomas de vista de cada línea estará sometida a la velocidad de desplazamiento relativo del sustrato con respecto a la mira para impedir cualquier recubrimiento, en el sentido del paso, de una imagen de una línea de píxeles con la siguiente. Para ahorrar tiempo, se podrá aceptar que el tiempo de adquisición de una línea sea más corto que su tiempo de tratamiento, lo que tendrá por efecto no registrar una fracción conocida del sustrato.

El análisis concernirá entonces solamente a los defectos de una duración de paso bajo la cámara del orden del segundo, los defectos puntuales, de una duración de paso típicamente de la décima de segundo se detectarán solamente de manera aleatoria.

45 De este modo, gracias al dispositivo y al procedimiento según la invención, es posible efectuar un control rápido y fiable en una muestra representativa de líneas regularmente espaciadas del sustrato. La totalidad del sustrato puede así ser controlada rápidamente, incluso si los espacios entre las líneas no lo son. Si fuera necesario controlar igualmente los espacios entre las líneas analizadas, sería ventajoso multiplicar el dispositivo colocando aguas abajo uno o varios dispositivos idénticos, todos sincronizados, para analizar una parte diferente del sustrato, es decir los espacios entre las líneas analizadas por los otros dispositivos, estando todos los dispositivos preferentemente sincronizados

50 con la misma periodicidad de adquisición de imagen.

El tratamiento digital de cada línea se efectúa de manera conocida. Se trata por ejemplo de extraer fases locales de la línea de píxeles adquirida con la ayuda de la cámara lineal y deducir variaciones de fases de la misma, para deducir

la posición del defecto pero igualmente cuantificarles por una medición de la deformación de las líneas de mira a partir de la cual se puede facilitar, gracias a un modelo óptico de cálculo, una magnitud dimensionada de la deformación o una potencia óptica representativa del defecto.

5 Hay que observar que el tratamiento digital de extracción de las fases puede ser realizado también gracias al bien conocido método de transformada de Fourier.

Se ve que el procedimiento según la invención conduce a resultados satisfactorios en líneas industriales sin modificación de las mismas, con costes reducidos, y hace posible un control mucho más rápido que en la técnica anterior.

10 El dispositivo de la invención y el procedimiento de puesta en práctica pueden ser aplicados a sustratos transparentes tales como los cristales monolíticos o laminados, planos o curvados, de cualesquiera dimensiones para diversas utilizaciones (construcción, automóvil, aeronáutica, ferroviaria). En particular el dispositivo y el procedimiento pueden ser aplicados de modo ventajoso en línea a la cinta de vidrio plano flotado. Los mismos pueden ser aplicados igualmente a cristales planos destinados a las aplicaciones de construcción o a los cristales especiales destinados a las aplicaciones electrónicas (pantalla de plasma o LCD,...) y a cualquier otro sustrato transparente.

15 Se describe ahora la presente invención con la ayuda de ejemplos únicamente ilustrativos y en modo alguno limitativos del alcance de la invención, y a partir de las ilustraciones adjuntas, en las cuales:

- la figura 1 representa una vista esquemática en corte de un dispositivo de análisis según la invención para una medición en transmisión;
- la figura 2 ilustra un ejemplo de mira según la invención; y
- la figura 3 ilustra una imagen reconstituida del sustrato que muestra en su centro un defecto.

20 Las figuras 1 y 2 no están a escala para facilitar su lectura.

El sistema de iluminación 4 puede ser un sistema de retro-iluminación cuando el panel de soporte 11 es traslúcido, como una placa de plástico blanco. Preferentemente, el sistema de iluminación 4 está constituido entonces por una multitud de diodos electroluminiscentes que se disponen en la parte trasera del panel traslúcido.

25 En variante, cuando el panel de soporte 11 es opaco, el sistema de iluminación 4 está formado por una fuente de luz dispuesta por delante de la mira, por ejemplo un sitio orientado para iluminar la cara delantera del panel de soporte de la mira.

30 La cámara 3 es lineal; la misma genera una trama de tomas de vista que, por tratamiento digital, es apilada con las precedentes para formar una imagen global en dos dimensiones del sustrato en paso. Siendo la mira de pequeñas dimensiones con respecto al sustrato como se verá, el sustrato 2 o la mira es apto para pasar en traslación uno con respecto al otro para asegurar el número necesario de tomas de vista sobre el conjunto del sustrato. La frecuencia de activación de la cámara para cada toma de vista está sometida a la velocidad de paso.

La cámara es situada a una distancia d adaptada de manera que visualice el conjunto o una fracción de la extensión del sustrato, que es transversal a la dirección de paso del sustrato o de la mira. De esta manera, si el paso se hace en un plano horizontal, la cámara es dispuesta verticalmente.

35 La cámara 3 podría formar un ángulo con respecto a la vertical que estuviera adaptado a las condiciones de implantación en la línea industrial.

La mira 10, como está ilustrada en la figura 2, está formada sobre un soporte 11 de forma oblonga. La misma es mono-direccional y está constituida de un motivo 10a.

40 La mira según la invención tiene una extensión pequeña de pequeña dimensión con respecto al sustrato que haya que medir. Por ejemplo, para medir un sustrato continuo de 0,80 m de anchura, la mira se extiende sobre 5 cm por 1,0 m.

El motivo 10a de la mira se extiende según la extensión más pequeña del soporte, siendo periódico transversalmente a la extensión pequeña, es decir según la extensión grande del soporte.

El motivo 10a se compone de una sucesión alternada de líneas claras y oscuras netamente contratadas.

45 Los medios de tratamiento y de cálculo 5 están conectados a la cámara para elaborar los tratamientos y análisis matemáticos que siguen las tomas de vistas sucesivas.

La figura 3 ilustra una imagen registrada por la cámara, estando la imagen de la mira deformada por la presencia de defectos en una dirección. La puesta en práctica del dispositivo consiste en:

50 - tomar con la ayuda de la cámara una imagen lineal en transmisión de la mira iluminada, estando el sustrato o la mira en desplazamiento de uno con respecto al otro según un solo sentido de paso paralelo a la dirección de los

defectos y a las líneas de la mira,

- (1) adquirir la línea de píxeles de la imagen lineal tomada según la extensión grande de la mira, sin desplazar la cámara con respecto a la mira,

5 - (2) aplicar un tratamiento digital a la línea de píxeles adquirida para calcular una magnitud representativa, para cada píxel, del efecto del sustrato sobre la luz transmitida por el sustrato, por ejemplo la potencia óptica de cada píxel,

- (3) visualizar una imagen de la línea de píxeles en la cual el color de cada píxel es representativo de la potencia óptica del píxel,

10 - repetir el ciclo de adquisición-tratamiento-visualización (1) (2) (3) varias veces de manera periódica y apilar las imágenes de las líneas de píxeles a fin de reconstituir la imagen de un parte del sustrato simulando un efecto de paso continuo que corresponderá a la visualización en tiempo real de una cartografía 2D de los defectos;

- analizar por tratamiento digital la imagen reconstituida para deducir de la misma la posición de los defectos y cuantificar su gravedad.

15 La adquisición de una serie de n líneas de píxeles durante el paso del sustrato delante de la mira permite reconstituir, por simple apilamiento de líneas, una imagen única en dos dimensiones. El solicitante pone en evidencia que este tipo de mira es particularmente interesante por su volumen limitado y las prestaciones de detección de defecto en cinta continua obtenidas con el dispositivo.

Se puede calcular para cada línea adquirida la intensidad de los defectos ópticos. Con este procedimiento no es necesario conocer el estado de la línea precedente, ni el de la línea siguiente.

20 Por el contrario, para analizar la gravedad de un defecto es necesario verle en su totalidad y por tanto utilizar una imagen constituida de numerosas líneas (un defecto puede durar varios minutos, o varias horas). Cada línea es por tanto « convertida » en potencia óptica y la cartografía en 2D de esta potencia óptica es sometida a un tratamiento de imagen para analizar la gravedad de los defectos. En resumen, la línea es sometida a un tratamiento de la señal, la cartografía a un tratamiento de imagen, lo que es particularmente ventajoso. El tratamiento de imagen más simple es una simple umbralización.

25 Una mira es una señal espacialmente periódica. El análisis matemático consiste de manera conocida en caracterizar esta señal por su fase local módulo 2π , a nivel de un píxel de la cámara, y se define así una cartografía en dos dimensiones de las fases (correspondiente al conjunto de los píxeles) de la imagen en dos dimensiones vistas por transmisión, denominada mapa de las fases

30 Esta extracción del mapa de fases módulo 2π puede ser obtenida según la siguiente técnica bien conocida del análisis por transformada de Fourier.

Este método está descrito habitualmente en la literatura. El mismo se descompone así:

- adquisición de una imagen lineal de la mira deformada por la muestra;

- cálculo de la transformada de Fourier de la línea de píxeles (transformada en una dimensión);

- búsqueda automática del pico característico de la frecuencia fundamental f_0 de la mira;

35 - filtrado de paso de banda con la ayuda de un filtro de paso de banda gaussiano u otro, de esta frecuencia fundamental f_0 . Este filtrado tiene por efecto eliminar el fondo continuo de la imagen y los armónicos de la señal de la mira;

- desplazamiento del espectro filtrado de f_0 , a fin de llevar el pico característico de la mira imagen a la frecuencia 0. Este desplazamiento hace desaparecer la trama de la mira y hace subsistir solo las deformaciones de la mira;

40 - cálculo de la transformada de Fourier inversa de la imagen, columna por columna de píxeles. La imagen obtenida muestra las deformaciones solas. Esta imagen es una imagen compleja que comprende un parte real R y un parte imaginaria I;

- cálculo de la fase local a nivel de un píxel, módulo 2π , de la imagen. Esta fase es obtenida calculando, píxel por píxel, el valor de $\arctg(I / R)$.

45 Una vez efectuada la etapa de cálculo de la fase módulo 2π de la imagen para cada píxel, se deduce fácilmente el mapa de las derivadas de la fase, denominado también mapa de los gradientes. Este cálculo del gradiente de fase de la imagen es obtenido por simple diferencia de la fase píxel a píxel, siendo eliminados fácilmente los saltos de fase de 2π . Este cálculo puede ser realizado incluso después de la adquisición de cada una de las líneas o bien en un grupo de líneas.

Después de la deducción del mapa de las fases de la imagen completa reconstituida a partir de la serie de imágenes

lineales tomadas por la cámara, es posible entonces relacionar el valor de la derivada de la fase en cada punto de la imagen con la potencia óptica P_i de los defectos del cristal origen de estas variaciones de fase local con la ayuda de un modelo de cálculo óptico que permita calcular la potencia óptica P_i a partir de la derivada de esta fase. La evaluación de la potencia óptica y su comparación con un valor de umbral permite cuantificar el defecto.

- 5 En variante, la derivada de las fases podrá más bien ser comparada con una anchura local de calibrado que facilitará una anchura de deformación representativa igualmente de la amplitud del defecto.

La cuantificación del defecto permite así establecer la calidad óptica de un sustrato directamente en línea de producción.

Por consiguiente, el procedimiento según la invención de análisis del sustrato consiste:

- 10 - en tomar con la ayuda de una cámara lineal una serie de imágenes lineales en transmisión de una mira única estrecha en el citado sustrato, sin la necesidad, común en la técnica anterior, de un acoplamiento estudiado de la mira con respecto a la cámara o de la utilización de un proyector y de una pantalla de grandes dimensiones;
- 15 - en extraer por tratamiento digital fases locales, en calcular la derivada de estas fases, y deducir por cálculo matemático el perfil en intensidad de los defectos (preferentemente según un cálculo de la potencia óptica y su comparación con un valor de umbral);
- en apilar verticalmente estos perfiles en una pantalla a fin de reconstituir, línea por línea, una imagen de la cartografía de los defectos del sustrato;
- 20 - en proceder a un análisis de esta cartografía a fin de detectar automáticamente en la misma la presencia de defectos situados más allá de los límites tolerados utilizando técnicas clásicas de tratamiento de imagen como la detección de bordes o la umbralización dinámica.

- Finalmente, el dispositivo de medición propuesto hace posible un control sobre toda la longitud de los sustratos presentes en una línea industrial, sin extracción del sustrato, sin parada ni ralentización del sustrato, sin modificación de su posición en el sistema de transporte, sin utilización de un sistema de proyección de miras sucesivas, sin ninguna limitación de regulación óptica o mecánica. El mismo genera un área de utilización reducida con respecto a las dimensiones de la mira que son muy inferiores a las existentes; típicamente el panel de soporte de la mira de la invención es de 1 m de largo por 5 cm de ancho.
- 25

REIVINDICACIONES

- 5 1. Dispositivo de análisis (1) de una superficie transparente de un sustrato (2) transparente que comprende una mira (10) formada en un soporte (11) depuesto enfrente de la superficie del sustrato que haya que medir, una cámara (3) para tomar al menos una imagen de la mira deformada por el sustrato medido, un sistema de iluminación (4) de la mira, y medios de tratamiento (5) de la imagen y de análisis digital que están conectados a la cámara (3), siendo el soporte (11) de forma oblonga de extensiones pequeña y grande, siendo la mira mono-direccional y estando constituida de un motivo (10) que se extiende según la extensión más pequeña del soporte, siendo el motivo (10) periódico transversalmente a la extensión pequeña, caracterizado por que la cámara es lineal y está situada para adquirir una imagen lineal en transmisión de la mira a través del sustrato según la extensión grande del soporte (11) y por que el soporte (11) de la mira (10) está montado móvil con respecto al sustrato (2) perpendicularmente el plano de paso del sustrato (2), y por que el dispositivo comprende un sistema mecánico de subida y bajada para alejar y aproximar el soporte de la mira con respecto al sustrato al tiempo que se conserve una nitidez suficiente en la imagen de la mira captada por la cámara.
- 10 2. Dispositivo (1) según las reivindicación 1, en el cual la relación entre la extensión grande del soporte (11) y la extensión pequeña del soporte (11) es superior o igual a 10, preferentemente superior o igual a 20.
- 15 3. Dispositivo (1) según las reivindicaciones 1 o 2, en el cual el motivo (10) comprende al menos una línea que presenta, según la extensión pequeña del soporte (11), una anchura comprendida entre 0,1 mm y 5 cm, preferentemente entre 1 mm y 2 mm.
- 20 4. Dispositivo (1) según una cualquiera de las reivindicaciones precedentes, en el cual el motivo se compone de una sucesión alternada de líneas claras y oscuras.
5. Dispositivo (1) según una cualquiera de las reivindicaciones precedentes, en el cual el soporte (11) de la mira está constituido de un panel retro-iluminado por el sistema de iluminación (4).
6. Dispositivo (1) según la reivindicación 5, en el cual el soporte (11), a nivel de su cara enfrente del sustrato transparente que es un cristal que haya que medir, es traslúcido y difusor tal como una placa de plástico blanco.
- 25 7. Dispositivo (1) según una cualquiera de las reivindicaciones precedentes, en el cual el sustrato (2) está dispuesto entre la mira (10) y la cámara (3) para una medición de transmisión.
8. Dispositivo (1) según una cualquiera de las reivindicaciones precedentes, que comprende una memoria en la cual estarán registrados programas adaptados para:
- 30 - tomar con la ayuda de una cámara lineal una imagen lineal en transmisión de la mira iluminada, estando el sustrato o la mira en desplazamiento de uno con respecto al otro según un solo sentido de paso paralelo a la dirección de los defectos y a las líneas de la mira:
- (1) adquirir la línea de píxeles de la imagen lineal tomada según la extensión grande de la mira, sin desplazar la cámara con respecto a la mira;
- 35 - (2) aplicar un tratamiento digital a la línea de píxeles adquirida para calcular una magnitud representativa, para cada píxel, del efecto del sustrato sobre la luz transmitida por el sustrato, por ejemplo la potencia óptica de cada píxel;
- (3) memorizar los valores de esta magnitud para cada píxel de la línea y visualizar una imagen de la línea de píxeles en la cual el color de cada píxel es representativo de esta magnitud;
- 40 - repetir el ciclo de adquisición-tratamiento-visualización (1) (2) (3) varias veces de manera periódica y apilar las imágenes de las líneas de píxeles a fin de reconstituir la imagen de una parte del sustrato,
- analizar por tratamiento digital la imagen reconstituida para deducir de la misma la posición de los defectos y cuantificar su gravedad.
9. Dispositivo según la reivindicación 8, caracterizado por que el período de adquisición de las líneas es superior a la duración de adquisición de cada línea, por ejemplo de 0,1 segundos o más.

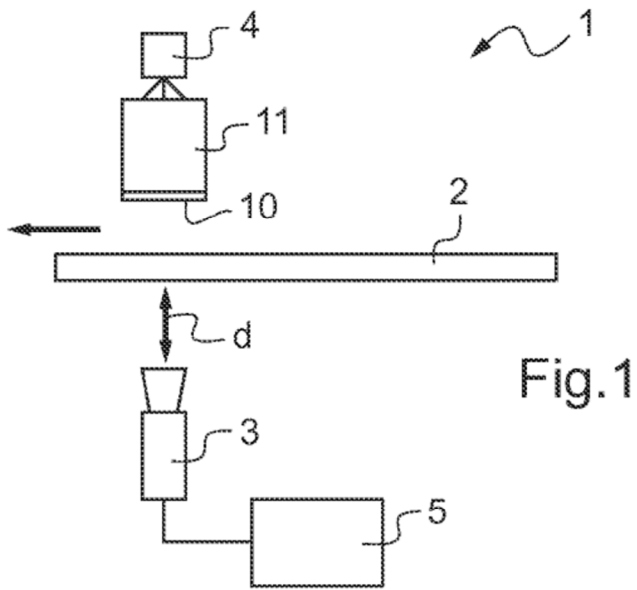


Fig. 1

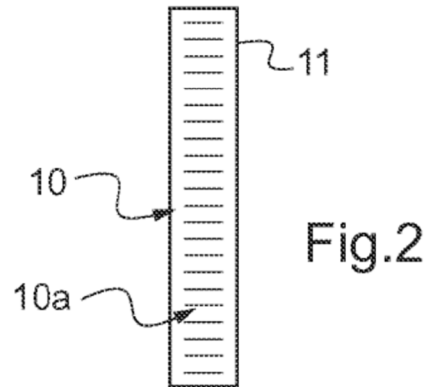


Fig. 2

Fig. 3

