

19



OFICINA ESPAÑOLA DE  
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 942 576**

51 Int. Cl.:

**H01L 21/66** (2014.01)  
**G01J 1/42** (2008.01)  
**G01J 1/04** (2008.01)  
**G01J 1/02** (2008.01)  
**G01N 21/958** (2010.01)  
**G01N 21/88** (2010.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **20.11.2018** E 18382831 (8)

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **15.02.2023** EP 3657535

54 Título: **Dispositivo de verificación de un circuito integrado con un emisor optoelectrónico, sistema de fabricación y procedimiento de verificación y de fabricación correspondiente**

45 Fecha de publicación y mención en BOPI de la traducción de la patente:  
**02.06.2023**

73 Titular/es:

**SIMULACIONS OPTIQUES S.L. (50.0%)**  
**Sant Quirze, 91, 5-2a**  
**08221 Terrassa (Barcelona), ES y**  
**UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE CATALUNYA**  
**(50.0%)**

72 Inventor/es:

**PIZARRO BONDIA, CARLES;**  
**SÁNCHEZ MARTÍNEZ, JORGE JULIÁN;**  
**BLANCO NIETO, PATRICIA;**  
**CASTILLA GONZÁLEZ, PAU y**  
**DOMÍNGUEZ ÁLVAREZ, NOEMÍ**

74 Agente/Representante:

**CURELL SUÑOL, S.L.P.**

ES 2 942 576 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

Dispositivo de verificación de un circuito integrado con un emisor optoelectrónico, sistema de fabricación y procedimiento de verificación y de fabricación correspondiente

5

**Campo de la invención**

La invención se refiere a un dispositivo de verificación de un circuito integrado con un emisor optoelectrónico apto para emitir un haz de radiación electromagnética y que define un eje de emisión del haz. La invención también se refiere a una instalación de fabricación de dichos circuitos integrados, y a unos procedimientos de verificación y de fabricación de los mismos.

10

**Estado de la técnica**

Dentro del campo de la óptica, y en especial el de las lentes, los sistemas de verificación y control de calidad en los procesos de fabricación son básicos y han sido objeto de grandes evoluciones a lo largo de la historia. Por lo general, el análisis de las lentes fabricadas se divide en dos grandes grupos: las lentes fabricadas en masa y las lentes (o conjuntos de lentes) de fabricación específica. Dependiendo en que grupo, los controles de calidad son más o menos exhaustivos, aunque todos tienen una característica común: la realización de estos controles siempre se realiza en un entorno y momento aislado del proceso de producción, por lo que no se pueden considerar "en línea".

15

20

En el caso de lentes y/o conjunto de lentes personalizadas y de alta precisión utilizados en sistemas formadores de imagen, como pueden ser objetivos fotográficos, el análisis es más minucioso y costoso, lo que repercute tanto en el precio comercial del producto como en la automatización del proceso. Principalmente, estos análisis exhaustivos se realizan mediante métodos basados en el enfoque, contraste, y otras características de la imagen producida por la lente o el conjunto de lentes a analizar.

25

Un caso especialmente notable de los sistemas formadores de imagen es el campo de las lentes oftálmicas, lentes fabricadas en masa y destinadas a formación de imagen pero con un control de calidad mucho menos estricto de otras lentes. En este caso, lo más común es un análisis de lentes aleatorio y normalmente a través de un proceso en el que interviene un observador, lo que lo hace inestable y subjetivo. En algunos casos, ya se considera un análisis objetivo con algún dispositivo de medida (normalmente basados en principios de interferometría) que realiza y valida una serie de medidas puntuales sobre las lentes escogidas. Aun así, este análisis automático puntual no excluye el control humano respecto otras cualidades de la lente. El control de estas lentes es así debido a la gran potencia óptica y versatilidad del ojo humano, que es capaz de compensar errores en las lentes oftálmicas intolerables para el caso de sistemas formadores de imagen más especializados.

30

35

Por lo que refiere a componentes ópticos dirigidos al campo de transferencia de energía, por ejemplo el campo de la iluminación, la calidad de la pieza obtenida no es tan exigente en cuanto a la geometría de la superficie, pues no es una variable tan crítica a la hora de obtener la funcionalidad determinada, una funcionalidad que en los sistemas actuales no se verifica.

40

La presente invención se centra en el proceso de verificación de los dispositivos que actúan como encapsulados de circuitos optoelectrónicos. Los circuitos optoelectrónicos son aquellos que contienen elementos activos en una banda de frecuencias determinada y que interactúan con el exterior a través de ventanas en su encapsulado. Dentro de estos circuitos se encuentran, como los más representativos, los que contienen diodos de emisión de luz (LED). Estos dispositivos, cuyas aplicaciones están en continuo crecimiento, se componen básicamente de una placa cerámica o de metal donde se encuentran las conexiones del circuito, un dado o pastilla (en inglés "die") correspondiente al diodo emisor de luz y que se suele fabricar por deposición de material, los correspondientes hilos de oro u otro metal que conectan la placa con el "die", y el encapsulado del componente, donde podemos encontrar el encapsulado del circuito eléctrico que dota al componente de protección, conductividad y propiedades de disipación térmica y el encapsulado del diodo, un encapsulado óptico que dota al componente de la funcionalidad adecuada. Hasta el momento, la funcionalidad completa del LED, es decir, qué patrón de emisión de luz determinado produce el componente, se consigue mediante la aplicación de una lente esférica o parabólica sobre el diodo (conocida como lente primaria y fabricada mediante la deposición de una gota de plástico óptico) y una lente secundaria, normalmente fabricada por inyección de plástico óptico en un sistema de producción diferente. El conjunto de estas ópticas, dotan al componente de la funcionalidad deseada. Sin embargo, es posible moldear sobre el circuito optoelectrónico una serie de capas de material plástico óptico para dotar al componente de la funcionalidad deseada en la misma cadena de producción del encapsulado del circuito. La inclusión, mediante sobremoldeo, de este componente óptico sobre el circuito en un único proceso de producción es sumamente importante por la disminución de costes asociados y por la mejora en las propiedades del componente, ya que se disminuyen las fuentes de error respecto la fabricación y el posicionamiento de los chips.

45

50

55

60

Aun así, dentro del proceso de sobremoldeo, al estar realizando un proceso de fabricación de un componente óptico de plástico, hay una serie de errores asociados que pueden afectar al comportamiento del sistema. Estos

65

errores pueden estar tanto en el material, por la creación por ejemplo de burbujas de aire o una compactación de material inhomogénea, en la forma del componente, por un incorrecto copiado de la geometría de la pieza en el proceso de moldeo, o por el posicionamiento relativo entre el circuito y la óptica. El conjunto de todas estas fuentes de error puede afectar drásticamente a la funcionalidad del componente en cuestión, por este motivo, es necesario un proceso de verificación de estas variables.

Existen algunos métodos de verificación en línea para ensamblaje de componentes como por ejemplo el descrito en US 2014/210982 A1 de Kewei Zuo *et al.*, que presentan un método de control de calidad automático basado en la inspección automática de todos los pasos de ensamblaje así como del producto final obtenido de una manera retroalimentada y mediante autoaprendizaje. Generalmente, los métodos se focalizan en la evaluación de defectos referentes al material y las características mecánicas, como la superficie de la pieza, pero dejan de lado una importante característica del producto, sobre todo en el campo de la iluminación donde se sitúa esta invención, la funcionalidad.

Por lo que respecta a la inspección de material, existen diferentes variables a tener en cuenta y que afectan al correcto comportamiento del dispositivo. Por una parte, la formación de burbujas en el proceso de moldeo puede producir una dispersión de la luz que interacciona negativamente con el objetivo final del producto. También la incorrecta compactación del material moldeado puede crear una distribución de índice de refracción anisótropa, creando zonas con birrefringencia, lo que es un indicador de stress interno de la pieza que puede provocar la fractura una vez fabricada. En este sentido, existen instrumentos de medida de estas características. En US 5.598.262 A, Jutard *et al.* presentan un procedimiento para la inspección de material transparente mediante la iluminación uniforme del material y el análisis por contraste de la transparencia obtenida. Mediante este método se pueden detectar burbujas de aire en el material así como otros defectos, aunque no considera la medida de birrefringencia.

En el caso de la inspección de la superficie, la metodología de medición es amplia y bien estudiada, aunque todos los métodos se caracterizan por realizarse en un momento y espacio fuera del sistema de producción. Esto es debido a los característicos tiempos de medida de las superficies, demasiado altos para realizarlos dentro de la línea de fabricación. Además, estos métodos se utilizan sobre todo en sistemas formadores de imagen, donde la precisión necesaria en la fabricación se encuentra al nivel de decenas de nanómetros, mientras que en el caso de componentes de transferencia de energía como la iluminación, las tolerancias necesarias se encuentran entre las decenas y las centenas de micras, de manera que el análisis de las superficies obtenidas en el proceso de moldeo no tiene tanta importancia como las otras dos componentes básicas, el material y la funcionalidad

Sin embargo, la tercera de las cualidades a verificar comentada anteriormente, la funcionalidad del dispositivo no es una característica de la que se encuentren invenciones ni instrumentos, a pesar de ser posiblemente la característica más importante en el campo de la iluminación. Sí que podemos encontrar en el estado de la técnica invenciones que validen la calidad del patrón de radiación de un punto obtenido por la reflexión en una superficie de un haz de radiación determinado como muestra Peter Idit en WO 2016/009440 A1, donde mide las diferentes características del punto luminoso reflejado a grandes distancias.

El documento US 2015/369695 A1 describe un sistema de detección para detectar una luz bajo prueba de un objeto bajo prueba que incluye una unidad de distribución espacial de luz, una unidad divisora de luz de dispersión cromática y una unidad de detección. La unidad de distribución espacial de luz está dispuesta sobre un lado del objeto bajo prueba para recibir la luz bajo prueba y formar una pluralidad de fuentes de luz puntual. La unidad divisora de luz de dispersión cromática está dispuesta sobre un lado de la unidad de distribución espacial de luz para recibir las fuentes de luz puntiforme y producir una señal divisora de luz. La unidad de detección está dispuesta sobre un lado de la unidad divisora de luz de dispersión cromática para recibir la señal divisora de luz y producir una distribución del campo óptico de la luz bajo prueba.

El documento KR 101291914 B1 describe un método de medición de eje óptico para un módulo de diodo de emisión de luz (LED) que está previsto para medir un eje óptico de un cuerpo luminoso que incluye un LED y una lente, que son objeto diana, mediante la medición de la luminosidad de ambos lados de un punto central sobre una imagen tras las luces de fotografía emitidas por el cuerpo luminoso con un difusor. El método incluye las siguientes etapas: disponer el módulo LED en una posición de inspección (S110); aplicar potencia a un LED (S120); difundir las luces del LED, que salen a través de una lente, por medio de un difusor dispuesto sobre el lado frontal del módulo LED (S130); producir una imagen fotografiando un cuerpo luminoso en el que las luces están difusas (S140); determinar un eje óptico del cuerpo luminoso obteniendo un punto de inflexión según la luminosidad de los lados izquierdo y derecho de un punto central sobre la imagen (S150); establecer una línea de medición sobre la imagen; medir la luminosidad de la línea de medición; visualizar la luminosidad medida; y hacer girar la línea de medición en un ángulo predeterminado.

En el documento JP 2010286339 A, el problema que debe resolverse es proporcionar unos medios de inspección que puedan inspeccionar la directividad de una fuente de luz a una elevada velocidad mediante una estructura simplificada y puedan incorporarse en una línea de producción para LED o similar. La solución propuesta consiste en una pantalla semitransparente 4 que está colocada entre una fuente de luz 2 para ser inspeccionada y una

cámara 3, y la fuente de luz 2 se gira para proyectar tanto la imagen de fuente de luz 2a como la imagen de luz de proyección 2b de la fuente de luz 2 sobre la pantalla semitransparente 4. La imagen de fuente de luz 2a y la imagen de luz de proyección 2b son recogidas por la cámara 3, y la imagen recogida 8 es procesada, detectando, de este modo, cualquiera de entre la distribución de luz distribuida, el ángulo direccional y el ángulo de dirección como característica de directividad en relación con la diferencia del nivel de luminancia sobre las imágenes recogidas 8.

Considerando el estado de la técnica existente, podemos observar que en el campo de esta invención, el sobremoldeo de circuitos optoelectrónicos mediante un encapsulado con funcionalidad óptica, los sistemas de verificación existentes no son suficientes, ya sea porque el control se realiza en un entorno totalmente diferente a la línea de producción, porque la mayoría de los sistemas de verificación están destinados al análisis de lentes con dos superficies (que no es el caso presentado, ya que solo existe una interfaz entre el material plástico y el aire), porque utilizan métodos de transmisión de un frente de onda determinado (imposible de realizar en el caso de óptica embebida en el circuito) o porque no verifican la funcionalidad final del componente.

### Exposición de la invención

La invención tiene por objeto superar estos inconvenientes y ofrecer un proceso que permita verificar una pluralidad de características de manera automatizada y eficiente. Esta finalidad se consigue mediante un dispositivo de verificación, tal como se establece en las reivindicaciones adjuntas.

Efectivamente, como se comentará con más detalle más adelante, el dispositivo de acuerdo con la invención permite realizar el control de la lente fabricada en la propia línea de producción, ya que puede ser instalado en la propia línea de producción. Además, permite la verificación de una lente embebida en un circuito, ya que analiza la luz emitida (en general, la radiación electromagnética emitida) por el dispositivo optoelectrónico y no necesita tener acceso a la superficie "anterior" de la lente ni necesita que la lente sea iluminada con un frente de onda determinado sino que se analiza directamente la luz emitida por el dispositivo optoelectrónico. También presenta la ventaja que se analiza directamente la funcionalidad final del circuito integrado. Por otro lado, el dispositivo permite ser totalmente automatizado.

El dispositivo de verificación de acuerdo con la invención permite ser empleado de una manera muy flexible. Así, puede ser empleado únicamente durante la fase de arranque del proceso productivo, de manera que permita el ajuste de los parámetros de producción hasta que la instalación de fabricación está a punto para iniciar la producción seriada. También es posible emplear el dispositivo de verificación durante la producción seriada, de manera que, en determinados momentos, pueda verificar si la producción seriada sigue manteniendo los parámetros de producción óptimos inicialmente establecidos o si es necesario introducir alguna corrección en alguno de los parámetros de producción. Finalmente, es posible emplear el dispositivo de verificación para controlar el total de la producción. Por ello, la presente invención también tiene por objeto:

- A - un procedimiento de verificación, tal como se establece en el conjunto de reivindicaciones adjunto.
- B - una instalación de fabricación de un circuito integrado con un emisor optoelectrónico apto para emitir un haz de radiación electromagnética y que define un eje de emisión del haz, tal como se establece en el conjunto de reivindicaciones adjunto.
- C - un procedimiento de fabricación de un circuito integrado con un emisor optoelectrónico apto para emitir un haz de radiación electromagnética y que define un eje de emisión del haz, tal como se establece en el conjunto de reivindicaciones adjunto.
- C1 -preferentemente, el procedimiento de fabricación incluye una etapa de verificación que incluye el procedimiento de verificación de acuerdo con la invención del emisor optoelectrónico antes de la primera etapa de deposición.
- C2 -en una alternativa ventajosa, el procedimiento de fabricación comprende una etapa de arranque que incluye el procedimiento de verificación y una etapa de producción en serie que no incluye el procedimiento de verificación.
- C3 -es asimismo ventajoso que en el procedimiento de fabricación el circuito integrado sea trasladado desde una estación de deposición donde tiene lugar la etapa de deposición a una estación de verificación donde tiene lugar la etapa de verificación mediante unos medios de transporte automatizados.

Preferentemente, el dispositivo de verificación comprende unos medios de posicionado aptos para posicionar dicho emisor optoelectrónico de manera que dicho eje de emisión coincide con dicho eje óptico. De esta manera, los medios de posicionado pueden tomar un circuito integrado de la línea de fabricación, posicionarlo adecuadamente para realizar el proceso de verificación y, si es el caso, devolverlo a la línea de producción tras el proceso de verificado.

Los medios de reflexión son un reflector parabólico. Preferentemente el reflector parabólico tiene un diámetro de abertura comprendido entre 20 y 80 mm, muy preferentemente comprendido entre 47 y 53 mm. Ventajosamente la relación entre el diámetro de apertura y la distancia entre la apertura y el punto focal de dicho reflector está comprendida entre 0,5 y 1,5.

5 Preferentemente, los medios de reflexión (y, en particular, el reflector parabólico) tienen un ángulo de apertura superior a 20°, preferentemente superior a 25°. Adicionalmente, es ventajoso que tengan un ángulo de apertura inferior a 45°.

10 Preferentemente, la lente convergente tiene una distancia focal comprendida entre 20 y 100 mm, muy preferentemente comprendida entre 37 y 43 mm. Ventajosamente, la lente convergente tiene un diámetro exterior igual al diámetro de abertura de los medios de reflexión.

15 Preferentemente, el dispositivo de verificación es apto para ser dispuesto sobre el emisor optoelectrónico de tal manera que la distancia entre la lente convergente y el emisor optoelectrónico es igual a la distancia focal de la lente convergente.

20 Ventajosamente, los orificios de la lámina opaca tienen un tamaño tal que la difracción experimentada por dicho haz es despreciable. Así, preferentemente, los orificios tienen un diámetro comprendido entre 0,25 y 2 mm, muy preferentemente entre 0,9 y 1,1 mm. Ventajosamente los orificios están separados entre sí una distancia comprendida entre 1 y 3 mm, preferentemente entre 1,8 y 2,2 mm.

25 Preferentemente, el módulo de medida comprende un sensor CCD. Ventajosamente el módulo de medida está dispuesto a una distancia de dicha lente convergente igual a la distancia focal de dicha lente convergente.

30 En la alternativa [a] de la reivindicación 1, es ventajoso que la segunda lente convergente tenga una distancia focal comprendida entre 10 y 50 mm, preferentemente comprendida entre 18 y 22 mm. También es ventajoso que el segundo módulo de medida comprenda un sensor CCD y/o que el segundo módulo de medida esté dispuesto a una distancia de la segunda lente convergente igual a la distancia focal de la segunda lente convergente.

35 Preferentemente, en el procedimiento de verificación de acuerdo con la invención hay una etapa de conexión de dicho emisor optoelectrónico a una fuente de energía eléctrica, previa a la evaluación. Asimismo es ventajoso que previa a la evaluación haya una etapa de posicionado de unos medios de reflexión alrededor del emisor optoelectrónico. Por otro lado, es ventajoso que la evaluación comprenda la comparación de la imagen real de cada uno de los orificios obtenida en el módulo de medida o el segundo módulo de medida con una imagen preestablecida. Esta comparación incluye preferentemente tanto la comparación de la posición de la imagen real de cada uno de los orificios de la lámina respecto de unas posiciones preestablecidas como la comparación de la intensidad de radiación real recibida en la imagen de cada uno de los orificios de la lámina respecto de unas intensidades preestablecidas.

#### 40 **Breve descripción de los dibujos**

45 Otras ventajas y características de la invención se aprecian a partir de la siguiente descripción, en la que, sin ningún carácter limitativo, se relatan unos modos preferentes de realización de la invención, haciendo mención de los dibujos que se acompañan, en los que:

figura 1, un árbol de decisiones que describe el proceso de puesta a punto de la línea de producción.

50 figuras 2 y 3, un esquema y un gráfico con las variables que describen la funcionalidad de un circuito optoelectrónico emisor de luz.

figuras 4 y 5, el esquema y los gráficos de las figuras 2 y 3 aplicadas a un ejemplo de distribución asimétrica de intensidad de un dispositivo optoelectrónico emisor de luz.

55 figura 6, un esquema de la máquina que permite la aplicación de la invención.

figura 7, un esquema de un circuito optoelectrónico con un diodo emisor de luz

60 figura 8, el producto obtenido por la encapsulación óptica del circuito optoelectrónico de la figura 7.

figura 9, un esquema del proceso de verificación llevado a cabo para la puesta en marcha de la fabricación del componente descrito en la figura 8.

65 figura 10, una vista lateral de un circuito optoelectrónico emisor de luz con un reflector parabólico.

figura 11, un esquema de un posible montaje para la determinación de la funcionalidad de un circuito

optoelectrónico.

figura 12, una simulación de la imagen obtenida por un sensor del montaje de la figura 11.

5 figura 13, una simulación de la señal en intensidad obtenida por el sensor de la figura 11 en el ejemplo de la figura 12.

figura 14, una comparación entre la señal simulada y la señal medida en el sensor del montaje de la figura 11.

10 figura 15, una comparación entre la señal en intensidad simulada y la obtenida en el sensor de la figura 11 en el ejemplo de la figura 12.

figura 16, un esquema de otro posible montaje para la determinación de la funcionalidad de un circuito optoelectrónico.

15

### Descripción detallada de unas formas de realización de la invención

La presente invención se basa en la verificación paso a paso del proceso de fabricación de los componentes obtenidos durante la puesta en marcha del proceso industrial, validando el proceso de manufactura y el componente obtenido. Para ello, es necesaria la verificación de todos los pasos que componen el proceso de sobremoldeo, desde la correcta inyección del material verificando que no se generan burbujas ni compactaciones anisótropas, que dan lugar a procesos de stress interno y que pueden acabar en rotura de la pieza, hasta la comprobación de la funcionalidad final del componente. La medida y el control de estas características del producto obtenido durante la puesta en marcha del sistema productivo permiten realizar la puesta a punto del proceso modificando los parámetros de moldeo adecuados. Sin embargo, la puesta a punto del proceso productivo tiene unos requisitos de rapidez muy altos, por lo que es necesario un sistema de verificación rápido e integrado en la misma línea de producción.

La presente invención presenta un método de inspección automático para los componentes de encapsulado de circuitos optoelectrónicos obtenidos por moldeo de plástico. En la invención, se considera el proceso de verificación del componente para la puesta a punto del sistema productivo. Para ello, se realiza un procedimiento de puesta a punto en el que se van analizando de manera secuencial, y con el objetivo de retroalimentar el proceso de moldeo, las diferentes etapas de moldeo de los componentes. La figura 1 muestra un esquema del proceso de verificación para el moldeo de un número indeterminado de capas sobre un dispositivo con una funcionalidad determinada. En función de las medidas obtenidas los parámetros de moldeo de estas capas de plástico se van modificando para tener un ajuste del proceso. Este proceso de ajuste continuo se ha de realizar en un entorno que replique las condiciones de fabricación de los componentes, por lo que, considerando las máquinas a utilizar (por lo general inyectoras u otras máquinas de moldeo con unas condiciones de trabajo específicas en cuanto a temperaturas, presión, etc.), se necesitan sistemas que permitan una medición rápida de las características del componente para poder actuar lo antes posible y disminuir el coste del proceso de ajuste al mínimo. Por este motivo, el proceso de verificación propuesto utiliza novedosos sistemas de medida que aportan la información básica necesaria en el menor tiempo posible y que son fácilmente instalables dentro de la línea de fabricación.

La calidad del moldeo de la lente se basa en la medición y detección de posibles defectos tales como burbujas o distribución de material inhomogéneas. En cuanto a la funcionalidad de un dispositivo emisor de luz, ésta viene descrita por la direccionalidad de la luz emitida y la cantidad de luz emitida en cada dirección. Comúnmente, para describir estas variables se utilizan gráficas de emisión donde en el eje horizontal se representan los grados de emisión de luz y en el eje vertical la intensidad emitida (usualmente normalizada). La figura 2 muestra un esquema de un circuito optoelectrónico con una óptica embebida y el rayo emitido en un ángulo  $\theta$ . En la figura 3 se muestra el gráfico correspondiente, en el que la energía emitida alrededor de este ángulo, con valores de energía normalizados, se representa en el eje vertical, en función del grado  $\theta$ . La figura 4 muestra un ejemplo de funcionalidad óptica de un circuito emisor. En este caso, se puede observar que el lóbulo de emisión no es simétrico respecto el ángulo de emisión  $\theta=0$  y que hay una cantidad mayor de energía emitida en los valores de ángulos negativos que en los positivos, tal como se representa en la gráfica de la figura 5. Así pues, la determinación de la funcionalidad de un dispositivo optoelectrónico se determina midiendo la cantidad de energía emitida para cada ángulo de emisión.

El proceso se inicia con una comprobación del comportamiento del circuito optoelectrónico a encapsular. Posteriormente se analiza, de manera independiente y en bucle, todas las capas de moldeo que se vayan a moldear.

Para el análisis de cada capa de moldeo se analizan en el mismo procedimiento de medida la calidad del material moldeado así como la funcionalidad de esa capa de moldeo. Respecto la calidad del material, la detección de impurezas, como las burbujas y la evaluación de la birrefringencia es clave y se realiza mediante uno de los métodos de medida basados en polariscopios de los muchos presentes en la literatura. El sistema de adquisición dispone de un software de reconocimiento de imágenes capaz de detectar estos defectos y evaluar de una manera

65

objetiva la idoneidad del material moldeado. Aunque la calidad del material moldeado depende de muchos factores, estos procesos de creación de defectos en el material están fuertemente relacionados con la temperatura de fusión del material y las propiedades de éste al fluir, por lo que, entre otras características, el control y ajuste de los ciclos de temperatura del proceso de moldeo es muy importante para reajustar el comportamiento de la máquina de una manera iterativa hasta conseguir la validación.

Respecto a la evaluación de la funcionalidad del componente formado por el circuito optoelectrónico y la correspondiente capa de moldeo en la que se encuentre el proceso, se realiza mediante un sistema totalmente novedoso con el que se evalúa la dirección de la luz emitida por el circuito así como la cantidad de luz emitida en cada dirección y se compara con la funcionalidad esperada por diseño, validándose según si el resultado de la funcionalidad medida se encuentra dentro de la correspondiente tolerancia.

Este procedimiento de puesta a punto dependerá de la aplicación final del dispositivo optoelectrónico y del número de capas de moldeo que sean necesarias para esta aplicación. Además, el procedimiento de puesta a punto se considera tanto en el primer momento de la instalación del proceso como en posteriores reajustes de este, ya que puede variar su comportamiento con el paso del tiempo y el desgaste de las piezas del sistema.

El sistema de verificación de proceso considera la opción de moldear varias capas de material plástico por medio de diferentes tecnologías de moldeo (inyección, ultrasonidos, extrusión, etc.) de manera que actúa de manera secuencial sobre cada una de las capas a moldear.

La invención también protege el instrumento apropiado para realizar las medidas necesarias del proceso de verificación de la funcionalidad. Una forma de realización de este instrumento, esquematizado en la figura 6, consiste en una máquina con un sistema óptico de doble brazo. En particular, aunque sin limitar a modificaciones en las tecnologías aplicadas que no alteren la funcionalidad del instrumento, el instrumento se compone de:

- unos medios de posicionado 1 automatizados en la línea de producción que alberga el circuito optoelectrónico y la capa de moldeo,
- un sistema 2 que permite la disposición de diferentes elementos ópticos y mecánicos sobre el circuito optoelectrónico,
- unos medios divisores de haz 3 que permiten la división del haz emitido por el elemento optoelectrónico según el eje de emisión, lo que permite la aplicación de dos sistemas ópticos con dos módulos de medida 4 y 5 independientes entre sí.

En las figuras 7 y 8, se presenta el caso de un encapsulado de dos capas de plástico sobre un circuito optoelectrónico que contiene un diodo emisor de luz LED. El objetivo es sobremoldear el circuito con dos capas de material plástico transparente que modifiquen el perfil de emisión original del LED a un perfil de emisión de haz colimado. En el estado inicial del proceso, se comienza con la obtención de un componente externo (es decir, proveniente de un método de fabricación ajeno al campo de la invención) como el de la figura 7 formado por el circuito optoelectrónico adecuado que contiene un substrato 6, un diodo emisor de luz 7 y las conexiones 8 entre estos dos componentes. Este diodo emisor emite rayos 9 en todas las direcciones con un patrón de emisión lambertiano. El proceso de fabricación tiene como objetivo encapsular este circuito mediante dos capas de moldeo de plástico transparente y conformar una colimación de los rayos emitidos. En la figura 8 se observa el componente en el que se ha sobremoldeado una primera 10 y una segunda 11 capa de plástico, obteniendo un haz de rayos colimado 12 en una misma dirección.

Para realizar el proceso de verificación de este dispositivo se sigue el esquema de la figura 1 teniendo en cuenta que el número de capas a moldear es de 2. Así, el proceso de ajuste de fabricación, esquematizado en la figura 9, viene dado por:

- S1. Análisis circuito inicial
  - 1.1. Recepción del circuito optoelectrónico con el LED.
  - 1.2. Medición del patrón de emisión del LED. Este paso es importante ya que el diseño de las geometrías de los componentes ópticos depende mucho de la emisión de la fuente y hay que verificar que el patrón de emisión real es el mismo que el utilizado a la hora de realizar el diseño óptico del componente
- S2. Análisis de la primera capa de moldeo
  - 2.1. Sobremoldeo de la primera geometría en el correspondiente circuito optoelectrónico.
  - 2.2. Medida de las propiedades del material moldeado

- 2.2.1. Si es necesario, reajuste de las condiciones de moldeo y vuelta al punto 2.1 del proceso.
- 2.2.2. Si las propiedades del material son las correctas, pasa al punto 2.3
- 5 2.3. Medida de la funcionalidad del conjunto obtenido
- 2.3.1. Si es necesario, reajuste de las condiciones de moldeo y vuelta al punto 2.1 del proceso.
- 2.3.2. Si las propiedades del material son las correctas, pasa al punto 2.4
- 10 2.4. Se establecen los parámetros obtenidos de moldeo como los adecuados para esta primera capa del componente
- S3. Análisis de la segunda capa de moldeo
- 15 3.1. Sobremoldeo de la segunda geometría en el correspondiente conjunto de circuito optoelectrónico y primera capa de moldeo.
- 3.2. Medida de las propiedades del material moldeado
- 20 3.2.1. Si es necesario, reajuste de las condiciones de moldeo y vuelta al punto 3.1 del proceso.
- 3.2.2. Si las propiedades del material son las correctas, pasa al punto 3.3
- 25 3.3. Medida de la funcionalidad del conjunto obtenido
- 3.3.1. Si es necesario, reajuste de las condiciones de moldeo y vuelta al punto 3.1 del proceso.
- 3.3.2. Si las propiedades del material son las correctas, pasa al punto 3.4
- 30 3.4. Se establecen los parámetros obtenidos de moldeo como los adecuados para este segundo componente
- S4. Fin del proceso de ajuste
- 35

Dentro del proceso de verificación se tienen en cuenta los parámetros de calidad que rigen la aceptación de las piezas en los diferentes puntos. Estos parámetros dependerán de la aplicación final a la que vaya destinado el componente.

40 Respecto a la medida de la funcionalidad de la capa de moldeo, se realizan, por ejemplo, con el siguiente procedimiento y montaje.

45 En la figura 10, se considera el circuito optoelectrónico inicial con emisión de luz en todas las direcciones. Mediante la colocación de un reflector parabólico 13 en los laterales (que es parte del sistema 2 indicado anteriormente), se consigue que la luz emitida hasta un cierto ángulo 14 (ángulo de apertura del reflector parabólico 13), determinado por la dimensión del reflector 13 y con un valor preferente de 60 grados respecto la horizontal, sea reflejada en dirección vertical (rayos reflejados 15), mientras que la restante luz sale con la dirección de emisión original (rayos no reflejados 16), preferentemente en un cono de luz de  $\pm 30$  grados respecto el eje de emisión (que, en la figura 10 es vertical). De esta manera, se consigue modificar la dirección de los rayos emitidos en los ángulos superiores al ángulo de apertura 14 y concentrarlos dentro del sistema óptico que será utilizado.

50 En la figura 11, se describe, mediante una visión lateral de un ejemplo del equipo de medida, el comportamiento del sistema. La luz emitida por el diodo emisor 7 y la reflejada por el reflector parabólico 13 se dirige a un sistema óptico con una lente convergente 17 y una lámina 18 opaca con un patrón de aberturas (que forman también parte del sistema 2 indicado anteriormente), y unos medios divisores de haz 3. El reflector parabólico 13 utilizado tiene simetría de revolución y una apertura con una dimensión preferente de 50 mm de diámetro.

55 La lente convergente 17, con una distancia focal de 40 mm preferentemente y un diámetro de 50 mm, en concordancia con la abertura del reflector 13, focaliza la luz que viene en dirección vertical (los rayos reflejados 15) a un punto focal determinado. Esta luz, pasa por los orificios de la lámina 18 de 1 mm de diámetro (no han de ser muy pequeños para evitar patrones difractivos) y dispuestos preferentemente en matriz cuadrada con una separación de 2 mm entre ellos (para la optimización del contraste), que se encuentra posterior a la lente 17. La luz que emerge de la lámina entra en los medios divisores de haz 3, siguiendo la mitad de la energía de los rayos la trayectoria recta (rayos transmitidos convergentes 20) hacia un módulo de medida 4 y la otra mitad desviándose en la dirección perpendicular (rayos desviados convergentes 21) hacia un módulo de medida 5. Por otra parte, la lente convergente 17 está colocada a la distancia focal del circuito optoelectrónico emisor de energía, por lo que

la luz en el rango  $\pm 30$  grados respecto la vertical se refracta al atravesar la lente 17 colimándose en dirección paralela y vertical (según el eje óptico de la lente convergente 17, que es vertical respecto a la representación mostrada en la figura 11, si bien todo el dispositivo puede tener cualquier orientación en el espacio). Son los rayos paralelos 22. Esta luz sufre el mismo efecto que la anterior al atravesar los medios divisores de haz 3: la mitad de la luz se transmite (rayos transmitidos paralelos 23) hacia el módulo de medida 4 y la otra mitad (rayos desviados paralelos 24) se refleja hacia el módulo de medida 5.

El módulo de medida 4, comprende un sensor CCD, se ha colocado a la distancia focal de la lente convergente 17, de manera que la luz que viene del rango de emisión con ángulos mayores a 30 grados respecto la vertical (los rayos transmitidos convergentes 20), focaliza en el sensor CCD obteniendo una imagen del patrón de aperturas de la lámina 18, mientras que la luz que viene paralela (los rayos transmitidos paralelos 23) no focaliza en el sensor CCD. De esta manera, en el sensor del módulo de medida 4 se recoge una imagen de los rayos emitidos por el circuito en el rango de ángulos mayores a 30 grados respecto a la vertical (o sea, el eje de emisión).

El módulo de medida 5 se compone de una segunda lente convergente 25 de distancia focal corta, 20 mm preferentemente, y un sensor CCD de captura de imagen situado en el plano focal de esta segunda lente convergente 25. Así, la luz que viene colimada desde los medios divisores de haz 3 (los rayos desviados paralelos 24) será enfocada, proyectada y registrada en el sensor CCD, mientras que la luz que viene convergiendo desde la lente convergente 17 (los rayos desviados convergentes 21) no será focalizada en este sensor CCD. De esta manera, en el módulo de medida 5 solo se recogen los rayos emitidos por el circuito en el rango de ángulos menores a los 30 grados respecto la vertical.

Este montaje nos permite registrar en un solo proceso de medida la luz emitida por el circuito tanto en ángulos de emisión pequeños como grandes. A partir de estas medidas se pueden obtener los datos de la calidad del material y la funcionalidad de la siguiente manera:

- teniendo en cuenta el patrón de emisión esperado por el circuito inicial, las superficies moldeadas sobre el circuito (considerando según el punto del proceso en el que nos encontremos una capa de moldeo, varias, o el total) y los componentes ópticos utilizados en el montaje, se pueden realizar simulaciones de la medida esperada tanto para el módulo de medida 4 como para el módulo de medida 5. El punto de medida teórico a registrar tiene una posición en el sensor determinada por la localización de la apertura de la lámina por la que pase la luz, por lo que si consideramos una matriz rectangular de apertura en la lámina 18, la imagen esperada en los sensores CCD es una matriz aproximadamente rectangular. La figura 12 muestra un esquema de la imagen esperada en un sensor CCD 26 donde cada una de las cruces 27 marcan la posición esperada de cada rayo. Cada uno de estos puntos en el sistema simulado debe tener una intensidad como la esquematizada en la figura 13, cuya altura y anchura dependerá de la posición y la cantidad de energía esperada. La localización de esta señal sobre el sensor CCD por tanto marca la direccionalidad del rayo analizado así como el flujo energético transmitido, siendo este el área bajo la curva simulada de la figura 13.

En el caso de una medida real, la luz puede sufrir variación tanto en la posición esperada como en la forma de la señal detectada por el sensor CCD. En la figura 14, se muestra mediante circunferencias un esquema de una medida obtenida 28 comparada con la medida simulada mediante cruces 27. La variación en la posición implica una variación en la direccionalidad del rayo lo que implica una variación en la funcionalidad esperada del dispositivo que puede venir por una superficie irregular o un error de centrado entre la lente y la óptica. Por otra parte, la variación en la forma de la medida nos proporciona información sobre la cantidad energía transmitida. La figura 15 muestra un esquema de la diferencia entre la lectura de una medida 29 (línea discontinua) y la simulada 30 (línea continua). El conjunto de las dos variables de posición y área bajo la curva, nos permiten validar la funcionalidad del dispositivo.

En la figura 16, se muestra otra forma de realización de un dispositivo de verificación de acuerdo con la invención. En este caso el dispositivo tiene un reflector parabólico 13, una lámina 18 opaca con orificios, una lente convergente 17 y un módulo de medida 4. En esta forma de realización, la lámina 18 está dispuesta entre el emisor optoelectrónico (el diodo 7) y la lente convergente 17. El dispositivo de verificación también incluye una placa difusora 31, dispuesta entre la lámina 18 y la lente convergente 17. El módulo de medida 4 capta la imagen formada en la placa difusora, a partir de la cual puede determinar la funcionalidad del dispositivo.

**REIVINDICACIONES**

1. Dispositivo de verificación de un circuito integrado con un emisor optoelectrónico apto para emitir un haz de radiación electromagnética y que define un eje de emisión de dicho haz, comprendiendo el dispositivo:

- unos medios de conexionado eléctrico para conectar dicho emisor optoelectrónico a una fuente de energía eléctrica,
- unos medios de reflexión (13) aptos para ser posicionados alrededor de dicho emisor optoelectrónico, de manera que reflejen una parte de dicho haz, siendo dichos medios de reflexión (13) un reflector parabólico,
- una lente convergente (17) cuyo eje óptico coincide con dicho eje de emisión, que recibe una radiación electromagnética emitida por dicho emisor optoelectrónico y la reflejada por dichos medios de reflexión (13),
- una lámina opaca (18) con una pluralidad de orificios, que recibe una radiación electromagnética emitida por dicho emisor optoelectrónico y la reflejada por dichos medios de reflexión (13), y
- un módulo de medida (4), dispuesto para recibir la radiación electromagnética procedente de la lente convergente (17),

en el que

[a] dicha lente convergente (17) está dispuesta entre dicho emisor optoelectrónico y dicha lámina (18), y dicho dispositivo comprende adicionalmente:

- unos medios divisores de haz (3), dispuestos entre dicha lámina (18) y dicho módulo de medida (4) y aptos para dividir la radiación electromagnética que procede dicha lente convergente (17) en un primer haz (20, 23) que se propaga en una primera dirección y un segundo haz (21, 24) que se propaga en una segunda dirección, donde dicho primer haz está dirigido hacia dicho módulo de medida (4),
- una segunda lente convergente (25) cuyo eje óptico coincide con dicha segunda dirección, y
- un segundo módulo de medida (5) apto para recibir la radiación electromagnética que procede de dicha segunda lente convergente (25),

o en el que

[b] dicha lámina (18) está dispuesta entre dicho emisor optoelectrónico y dicha lente convergente (17), y dicho dispositivo comprende, adicionalmente, una placa difusora (31) dispuesta entre dicha lámina (18) y dicha lente convergente (17).

2. Dispositivo según la reivindicación 1, caracterizado por que dicho reflector parabólico tiene un diámetro de apertura comprendido entre 20 y 80 mm, y preferentemente comprendido entre 47 y 53 mm.

3. Dispositivo según la reivindicación 2, caracterizado por que la relación entre el diámetro de apertura y la distancia entre la apertura y el punto focal de dicho reflector está comprendida entre 0,5 y 1,5.

4. Dispositivo según una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 3, caracterizado por que dichos medios de reflexión (13) tienen un ángulo de apertura superior a 20°, preferentemente superior a 25°.

5. Dispositivo según una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 4, caracterizado por que dichos medios de reflexión (13) tienen un ángulo de apertura inferior a 45°.

6. Dispositivo según una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 5, caracterizado por que dicha lente convergente (17) tiene una distancia focal comprendida entre 20 y 100 mm, preferentemente comprendida entre 37 y 43 mm.

7. Dispositivo según una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 6, caracterizado por que dichos orificios tienen un diámetro comprendido entre 0,25 y 2 mm, preferentemente entre 0,9 y 1,1 mm.

8. Dispositivo según una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 7, caracterizado por que dichos orificios están separados entre sí una distancia comprendida entre 1 y 3 mm, preferentemente entre 1,8 y 2,2 mm.

9. Dispositivo según una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 8, donde, en dicha alternativa [a], dicha segunda lente convergente (25) tiene una distancia focal comprendida entre 10 y 50 mm, preferentemente comprendida entre 18 y 22 mm.

10. Instalación de fabricación de un circuito integrado con un emisor optoelectrónico apto para emitir un haz de radiación electromagnética y que define un eje de emisión de dicho haz, caracterizada por que comprende un dispositivo de verificación según una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 9.

5 11. Procedimiento de verificación de un circuito integrado con un emisor optoelectrónico apto para emitir un haz de radiación electromagnética y que define un eje de emisión de dicho haz, caracterizado por que se realiza una evaluación de unos valores reales indicativos de la cantidad de radiación electromagnética emitida por dicho emisor optoelectrónico en función de la dirección y se compara con unos rangos de valores de referencia preestablecidos, y por que dicha evaluación se realiza con un dispositivo según una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 9.

10 12. Procedimiento según la reivindicación 11, caracterizado por que dicha evaluación comprende la comparación de la imagen real de cada uno de dichos orificios obtenida en el módulo de medida o el segundo módulo de medida con una imagen preestablecida donde, preferentemente, dicha comparación incluye tanto la comparación de la posición de la imagen real de cada uno de dichos orificios de dicha lámina respecto de unas posiciones preestablecidas, como la comparación de la intensidad de radiación real recibida en la imagen de cada uno de los orificios de dicha lámina respecto de unas intensidades preestablecidas.

15 13. Procedimiento de fabricación de un circuito integrado con un emisor optoelectrónico apto para emitir un haz de radiación electromagnética y que define un eje de emisión de dicho haz, caracterizado por que comprende un procedimiento de verificación según una cualquiera de las reivindicaciones 11 a 12.

20 14. Procedimiento según la reivindicación 13, caracterizado por que comprende:

- 25 - una etapa de deposición de una capa de material polimérico sobre dicho emisor optoelectrónico,
  - una etapa de verificación que incluye dicho procedimiento de verificación, y
  - si dichos valores reales están fuera de dichos rangos de valores preestablecidos, una etapa de ajuste de por lo menos un parámetro de fabricación.
- 30

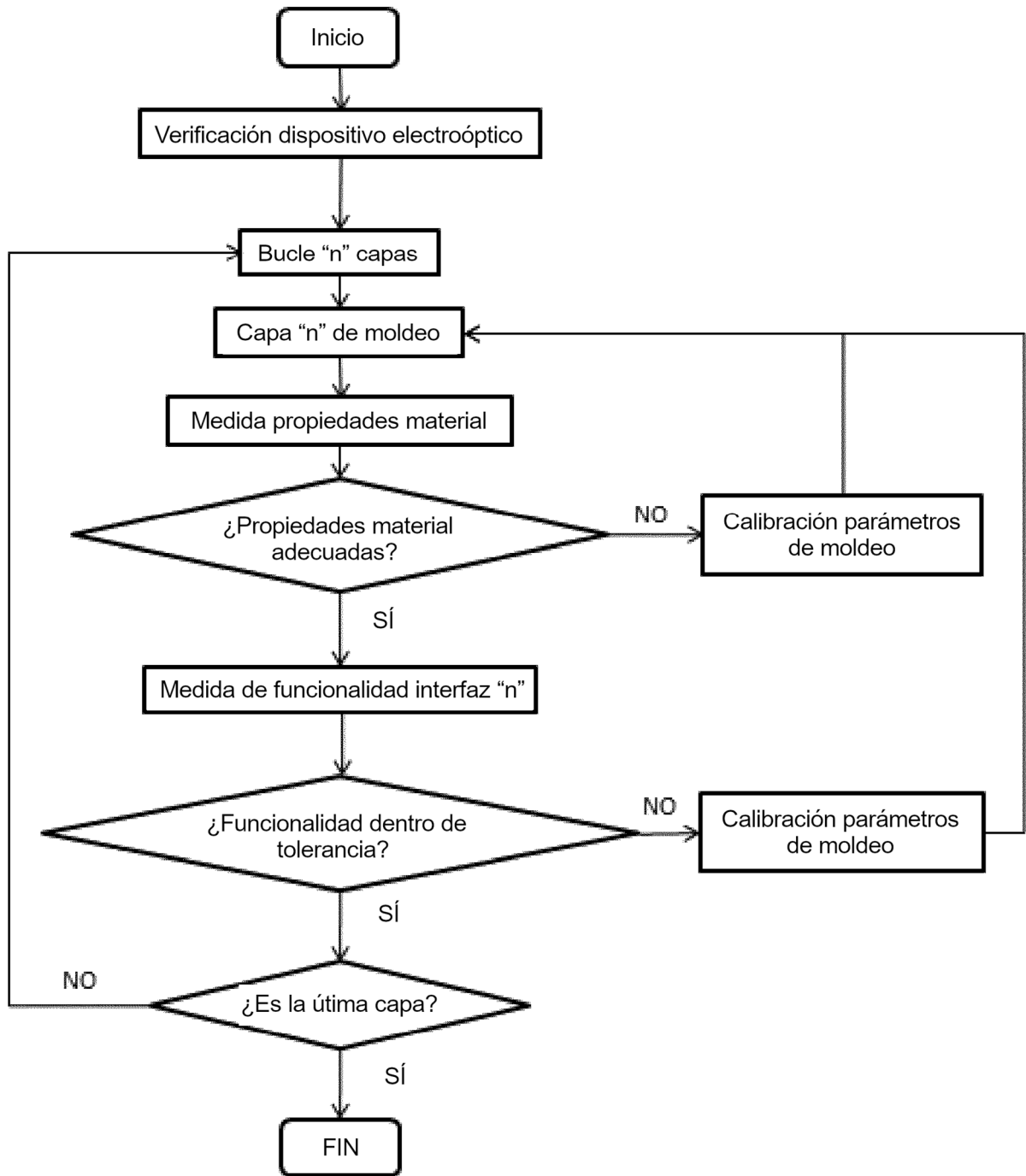


Fig. 1

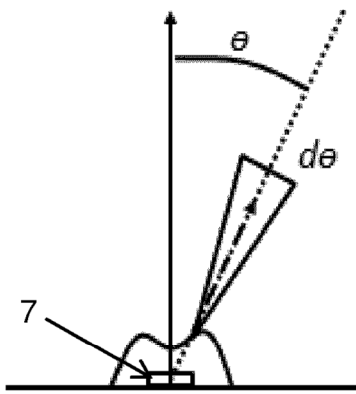


Fig. 2

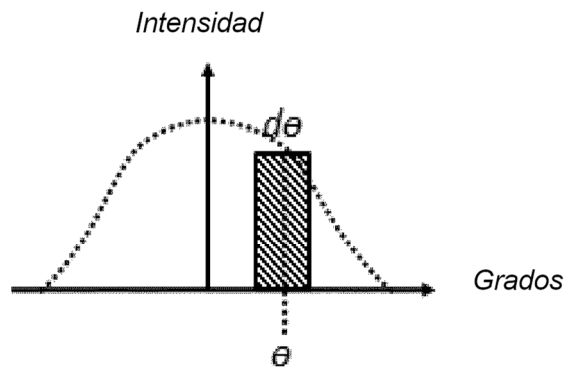


Fig. 3

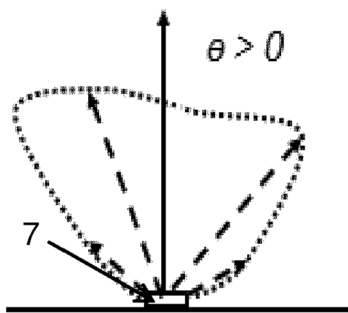


Fig. 4

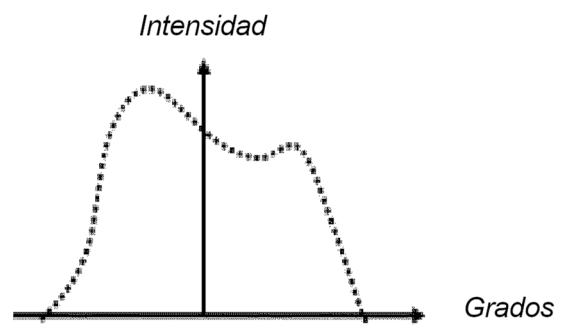


Fig. 5

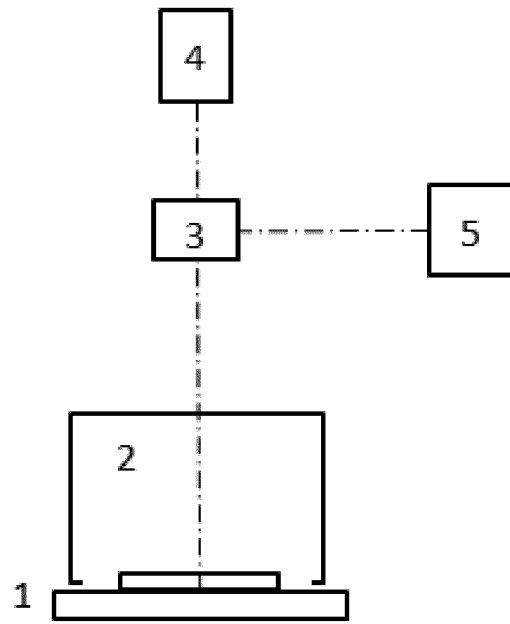


Fig. 6

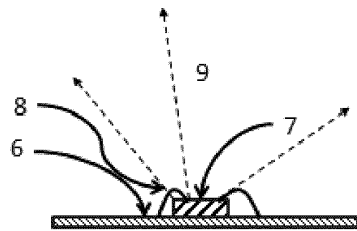


Fig. 7

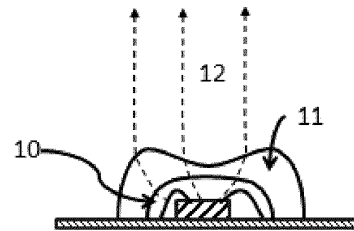


Fig. 8

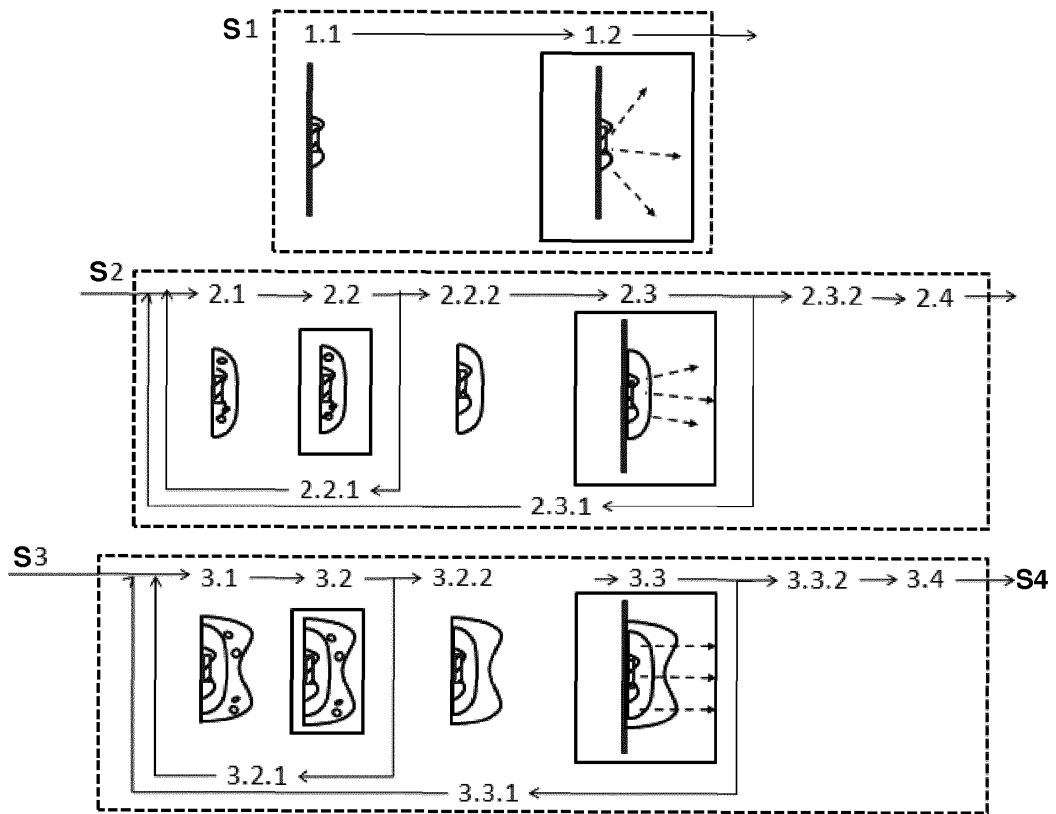


Fig. 9

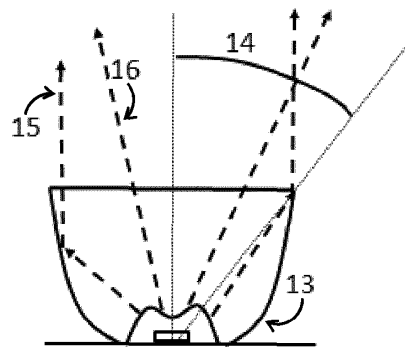


Fig. 10

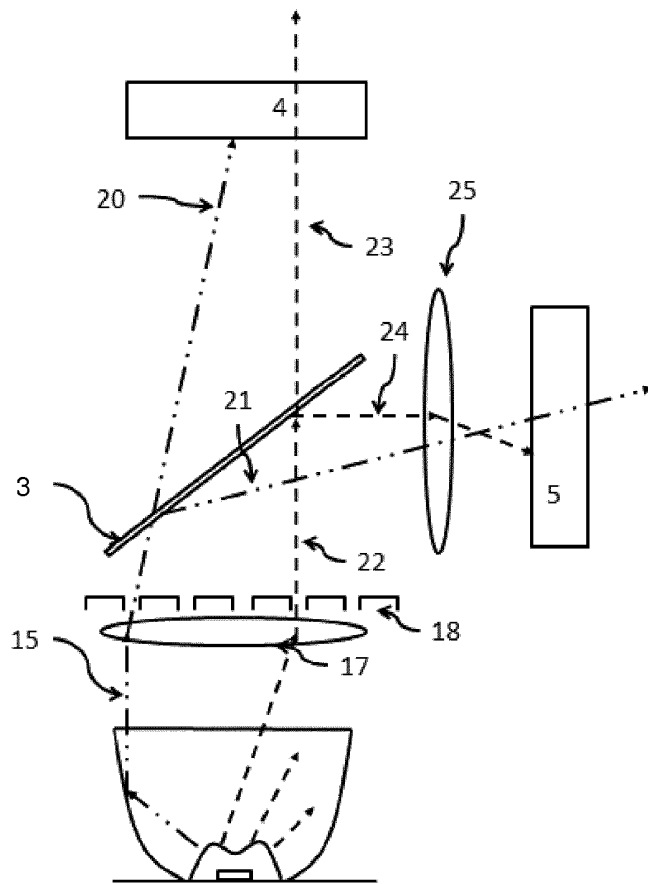


Fig. 11

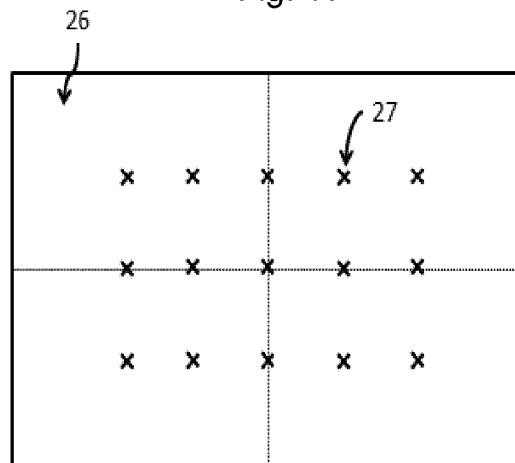


Fig. 12

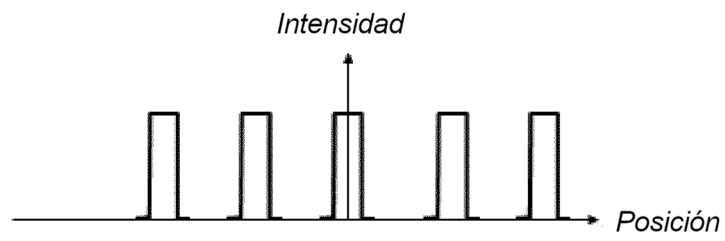


Fig. 13

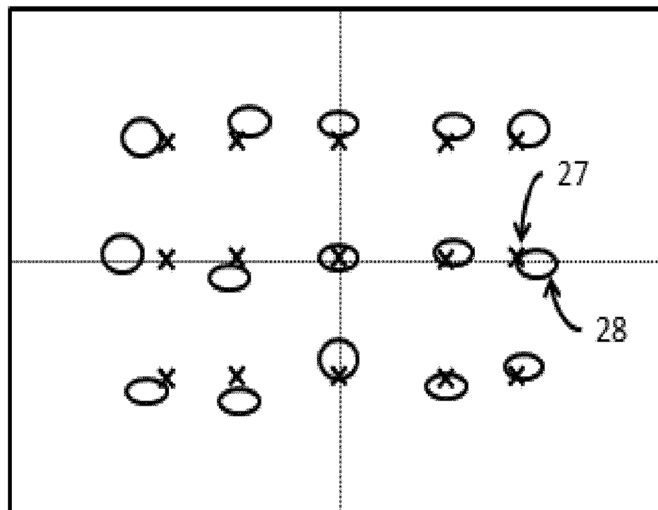


Fig. 14

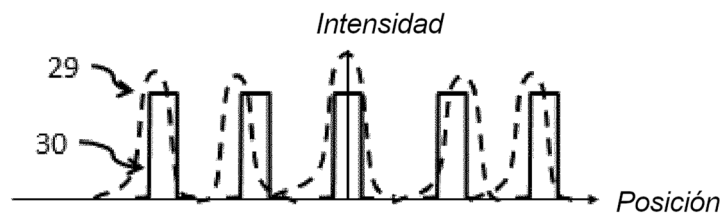


Fig. 15

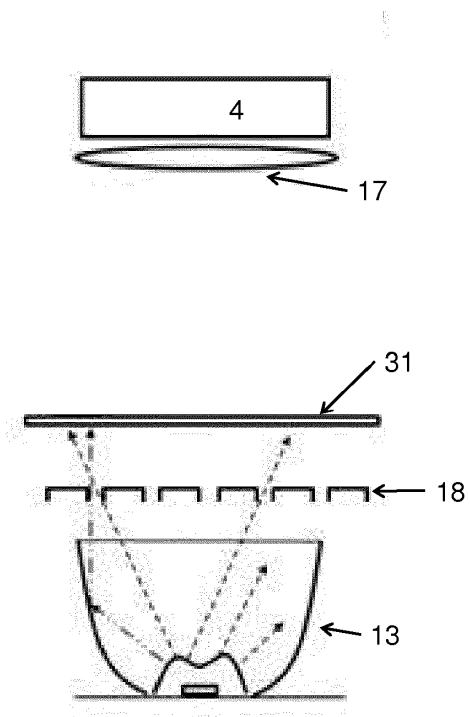


Fig. 16