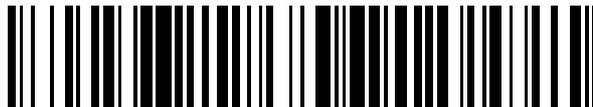


19



OFICINA ESPAÑOLA DE  
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 770 791**

51 Int. Cl.:

**G01B 11/06** (2006.01)  
**G01B 11/24** (2006.01)  
**G01N 21/00** (2006.01)  
**G01N 21/956** (2006.01)  
**G06T 7/00** (2007.01)  
**H04N 5/225** (2006.01)  
**H04N 5/33** (2006.01)  
**H04N 5/369** (2011.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **09.06.2016 E 16173747 (3)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **06.11.2019 EP 3104117**

54 Título: **Procedimiento para el análisis de defectos de conexiones de cable**

30 Prioridad:

**12.06.2015 DE 102015109431**

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

**03.07.2020**

73 Titular/es:

**WITRINS S.R.O. (100.0%)  
Mezi Zahradami 470  
25064 Hovorcovice, CZ**

72 Inventor/es:

**WIESER, ROMAN FRANZ**

74 Agente/Representante:

**GONZÁLEZ PECES, Gustavo Adolfo**

**ES 2 770 791 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 para el análisis de defectos de conexiones de cable

La invención se refiere a un procedimiento para análisis de defectos de una conexión de cable entre un sustrato y un componente de semiconductor de un producto con las características de la reivindicación 1.

5 Con el sistema de inspección descrito anteriormente o con el procedimiento de análisis de defectos de una conexión por cable, las conexiones de cables o uniones producidas por lo que se conoce como unión de conductores se analizan para determinar posibles defectos. El componente de semiconductor puede ser un circuito integrado, tal como un chip, o incluso un componente de semiconductor discreto, tal como un transistor o un diodo emisor de luz, estando conectado el componente de semiconductor a las caras terminales de un sustrato a través de un cable o cable de unión. La unión de la cara terminal del sustrato a una cara terminal del componente de semiconductor puede realizarse por medio de procedimientos suficientemente conocidos por el estado de la técnica, tales como unión TC, TS o de US. A este respecto, el cable utilizado consta generalmente de oro, aluminio, plata o cobre, y puede presentar un diámetro de 10 a 500  $\mu\text{m}$ . Los llamados cables finos presentan un diámetro de 10 a 20  $\mu\text{m}$  y permiten estructuras estrechas de las caras terminales y de este modo densidades de embalaje particularmente altas. Cuando las conexiones de cables de este tipo se producen por la unión por cable, sin embargo, se pueden producir defectos, tales como, por ejemplo, que se toquen cables adyacentes o que un extremo de cable no esté en contacto con una cara terminal. Por lo tanto, los correspondientes productos y conexiones de cables se analizan ópticamente en busca de defectos.

Se conocen procedimientos del estado de la técnica en los que las imágenes de las conexiones de cables entre un sustrato y un componente de semiconductor se toman por medio de una cámara de vídeo y se procesan. A este respecto, el producto a analizar se ilumina y las informaciones de la imagen capturada por la cámara de vídeo se procesan con el fin de reconocer las conexiones de cables respectivas y se analiza en busca de defectos. Por ejemplo, se sabe que las conexiones de cables se enfocan individualmente por una cámara de matriz, lo que consume relativamente mucho tiempo y por lo tanto es costoso en caso de una pluralidad de conexiones de cables o componentes de semiconductores sobre un sustrato. Además, se conoce escanear por completo en una sola pasada el sustrato con el componente de semiconductor y las conexiones de cables respectivas a través de una cámara de exploración de línea. A este respecto, el área de detección de la cámara de exploración de línea en el producto se ilumina con luz incidente oblicuamente desde dos direcciones, cada una paralela a la longitud de la cámara de exploración de línea. De esta manera, deberían evitarse sombras de los cables de las conexiones de cables o componentes de semiconductores como las que se producen en el caso de la utilización de una sola luz incidente. Por ejemplo, el uso de luz incidente solo no es adecuado en el caso de superposición de las conexiones de cables a causa de sombreado.

Para lograr un resultado de medición particularmente fiable, sin embargo, todavía es necesario en los procedimientos conocidos para el análisis de defectos llevar a cabo múltiples pasadas o exploraciones del producto en el sistema de inspección, posiblemente también con el fin de detectar diferentes tipos de defectos. El problema con el procesamiento de imagen de la información de la imagen recogida consiste en particular en reconocer de forma fiable las conexiones de cables respectivos y, dado el caso, la asociación de la información de la imagen entre sí en caso de múltiples pasos. Esta comparativamente consume mucho tiempo y por lo tanto está acompañada por altos costos debido a los pasos en consecuencia requeridos del producto en el sistema de inspección y de la cantidad de datos recopilados.

Por el documento DE 101 00 892 A1 se conoce un dispositivo o un procedimiento para inspeccionar conexiones de cables sobre una placa de circuitos impresos. Una hendidura de luz se proyecta oblicuamente sobre la placa de circuitos impresos por medio de un dispositivo de proyección y se registra mediante una cámara de exploración de línea dispuesta ortogonalmente por encima de la placa de circuitos impresos. Además, puede estar previsto un segundo dispositivo de proyección para generar una iluminación difusa. A este respecto, la intención es en primer lugar una toma con luz incidente y, con un escaneo adicional, una toma con luz entrante oblicuamente desde el frente, pudiéndose superponer estas fotografías en el contexto de una evaluación.

El documento DE 10 2012 104 745 A1 revela un sistema de inspección para inspeccionar superficies, en particular costuras soldadas o de soldadura blanda. El sistema de inspección comprende una cámara y un equipo de iluminación con el que se puede proyectar una hendidura de luz ortogonalmente respecto a una superficie sobre esta. La cámara está dispuesta a una distancia paralela al equipo de iluminación, de manera que se pueda capturar una imagen reflejada de la hendidura de luz sobre la superficie. El hecho de que la cámara esté dispuesta paralela al equipo de iluminación permite determinar una altura de la superficie en cuestión mediante triangulación y detectar cualquier abultamiento o muesca. Otro equipo de iluminación del sistema de inspección está formado por una serie de diodos emisores de luz, que están dispuestos asimismo sobre la superficie. La superficie debería iluminarse de manera difusa por estos diodos emisores de luz, realizándose entonces una segunda toma bidimensional de la superficie asimismo por medio de la cámara. En principio, en este caso se usa una cámara de área, pero está previsto evaluar solo líneas individuales de la cámara de área, a saber, aquellas con los mayores valores de brillantez.

Por lo tanto, la presente invención se basa en el objetivo de proporcionar un procedimiento para el análisis de defectos de conexiones de cables que permite un análisis de defectos fiable y rápido.

Este objetivo se resuelve con un procedimiento con las características de la reivindicación 1.

5 En el procedimiento de acuerdo con la invención para el análisis de defectos de una conexión de cable entre un sustrato y un componente semiconductor de un producto, con un sistema de inspección, el sistema de inspección comprende un primer dispositivo de proyección, una cámara de exploración de línea y un dispositivo de procesamiento, presentando el primer dispositivo de proyección al menos un equipo de proyección de hendidura, proyectándose por medio del equipo de proyección de hendidura una hendidura de luz sobre un cable de la conexión del cable, detectándose por medio de la cámara de exploración de línea luz de la hendidura de luz reflejada en el alambre en un plano de detección de la cámara de exploración de línea que discurre perpendicularmente, preferiblemente de manera ortogonal, a una superficie de sustrato, derivándose una información de imagen de análisis del producto de una pluralidad de informaciones de imagen de exploración de línea de la cámara de exploración de línea por medio del dispositivo de procesamiento, proyectándose la hendidura de luz sobre el producto de manera que discurre dentro del plano de detección, estando dispuesto el equipo de proyección de hendidura de forma lateralmente transversal relativamente a la cámara de exploración de línea de manera que la hendidura de luz se proyecta sobre el alambre, comprendiendo el sistema de inspección un segundo dispositivo de proyección, presentando el segundo dispositivo de proyección al menos un equipo de iluminación, proyectándose luz difusa sobre el producto por medio del equipo de iluminación, detectándose luz de la luz difusa reflejada en el producto en el plano de detección por medio de la cámara de exploración de línea, no estando iluminado el componente semiconductor por la hendidura de luz.

En particular, dado que la hendidura de luz se proyecta sobre el cable de manera que discurre dentro del plano de detección, el cable que se encuentra en el plano de detección puede iluminarse esencialmente solo en el plano de detección oblicuamente desde arriba, es decir, con la hendidura de luz como luz incidente. La cámara de exploración de línea también está enfocada entonces en el cable, de manera que pueda detectarse muy fácilmente. Esto hace posible mejorar esencialmente una detección de un cable durante un procesamiento de imagen posterior de la información de imagen de análisis y evitar fallos. La pluralidad de informaciones de imagen de exploración de línea unidimensional de la cámara de exploración de línea se combina o compone en el dispositivo de procesamiento para formar la información de imagen de análisis bidimensional. En consecuencia, con el sistema de inspección, el producto se escanea a través de la cámara de exploración de línea al moverse el producto relativamente al sistema de inspección. La hendidura de luz discurre preferentemente en vertical con relación al sustrato o componente semiconductor y se dirige o colima al menos en la dirección longitudinal de una sección transversal de la hendidura de luz. La detección mejorada de una conexión de cable permite someter un producto a un análisis de fallos fiable ya en un paso o exploración. Además, con el equipo de iluminación puede proyectarse luz difusa u homogénea sobre el producto, pudiendo capturarse la luz reflejada de la luz difusa en el plano de detección por la cámara de exploración de línea. Así, se hace posible determinar una posición del componente semiconductor en el sustrato y una posición relativa de las conexiones de cable o cables mediante el procesamiento de imágenes por el dispositivo de procesamiento. Además, cualquier sombra causada por la luz orientada de la hendidura de luz puede iluminarse con la luz difusa y, por lo tanto, registrarse o reconocerse. Puede realizarse una iluminación del producto con la luz difusa mediante el equipo de iluminación o el segundo dispositivo de proyección en un paso separado del producto con el sistema de inspección o incluso junto con la proyección de la hendidura de luz solo en un paso.

Opcionalmente, en lugar de una cámara de exploración de línea original, también puede usarse un sensor de imágenes de contacto (CIS, por sus siglas en inglés) o una cámara de área, en la que, como en el caso de una cámara de exploración de línea, se usan solo una o unas pocas líneas.

45 De acuerdo con la invención, el equipo de proyección de hendidura está dispuesto de forma lateral transversalmente con relación a la cámara de exploración de línea de manera que la hendidura de luz se proyecta sobre el cable de tal manera que el componente semiconductor no esté iluminado por la hendidura de luz. El equipo de proyección de hendidura puede estar dispuesto en un extremo longitudinal de la cámara de exploración de línea. Esto también asegura que entonces la hendidura de luz discurra dentro del plano de detección. La hendidura de luz también puede proyectarse entonces lateralmente desde arriba sobre el cable. Como resultado, la hendidura de luz discurre en relación con la cámara de exploración de línea con esta de forma alineada y transversal u ortogonalmente respecto a la dirección del movimiento. El hecho de que la hendidura de luz discurra exclusivamente dentro del plano de detección y, en consecuencia, se pueda proyectar sobre el producto lateralmente al lado de la cámara de exploración de línea, abre la posibilidad de no iluminar o dejar sin iluminación el componente semiconductor y, dado el caso, también el sustrato con la hendidura de luz. Puesto que entonces al menos el componente semiconductor no se ilumina por la hendidura de luz, el componente semiconductor esencialmente no aparece en absoluto en la información de imagen de análisis o la imagen capturada del producto o es reconocible oscuro con un alto contraste en relación con el cable directamente iluminado con la hendidura de luz.

60 Por medio del dispositivo de procesamiento, un desplazamiento puede ser superpuesto sobre la pluralidad de información de imagen de exploración de línea de la cámara de exploración de línea en una dirección de movimiento del producto, pudiendo ser el desplazamiento más pequeño que una resolución de imagen física de la cámara de exploración de línea. Al escanear el producto por medio del sistema de inspección, el producto se puede iluminar en

una primera posición con el equipo de proyección de hendidura y/o el equipo de iluminación y luego se puede mover a una segunda posición y posiciones posteriores con respecto a la cámara de exploración de línea, siendo detectada la información de imagen de exploración de línea de forma análoga a la primera posición. De esta manera, puede llevarse a cabo una exploración de una superficie completa del producto o incluso de solo las conexiones de cable del producto, estando así el producto o las conexiones de cable completamente iluminados por los dispositivos de proyección. A este respecto, puede estar previsto que siga una desviación desde la primera posición hasta la segunda posición y posiciones posteriores con una superposición de al menos 1/3 píxeles. Si un cable tiene un diámetro de 18  $\mu\text{m}$ , por ejemplo, el producto puede moverse desde la primera posición en la respectiva posición posterior en etapas de 2  $\mu\text{m}$ , pudiéndose lograr entonces una resolución de la imagen correspondiente o de la información de imagen de análisis de 3 a 8  $\mu\text{m}$ . De esta manera, se puede obtener una resolución completa o información de imagen de análisis, encontrándose áreas de imágenes potencialmente no detectadas por debajo de una posible resolución de la cámara de exploración de línea. Además, también es posible detectar cualquier número de imágenes en color n en una exploración, representando las imágenes en color n posibilidades de información n. En este caso, dependiendo de las características a ser inspeccionadas del producto, las variaciones se pueden adoptar en consecuencia en términos de nivel de iluminación, color de luz, ángulo de iluminación y tecnología de iluminación.

El producto se puede mover una vez en la dirección de un eje X y/o un eje Y del producto en relación con la cámara de exploración de línea y se puede explorar ópticamente, pudiendo obtenerse la información de imagen de análisis asociada con los dispositivos de proyección. Dependiendo de la disposición de las conexiones de cable, el producto se puede mover en la dirección del eje X y, si es necesario, posteriormente, mover una vez en la dirección del eje Y con relación a la cámara de exploración de línea. Esto también puede ser posible, en particular, porque los dispositivos de proyección y la cámara de exploración de línea pueden estar sincronizados, permitiendo la sincronización entonces la asignación de la información de imagen de análisis. De este modo, un análisis de defectos de un producto se puede limitar a un análisis de una sola vez de la superficie del producto o de las conexiones de cable y por lo tanto se puede acortar y simplificar esencialmente.

Además, el producto se puede explorar ópticamente en al menos dos planos de un eje Z del producto. Dado que las conexiones de cable o cables están generalmente dispuestos en una forma de arco situadas en vertical sobre la superficie del producto, puede ser necesario dado el caso variar un foco de la cámara de exploración de línea con el fin de capturar completamente un cable o cambiar una distancia entre la cámara de exploración de línea y el producto con el fin de lograr una imagen totalmente nítida del alambre. Dependiendo de la altura del alambre en relación a la superficie o extensión en el eje Z, el producto o el área en cuestión de las conexiones de cable se puede explorar en al menos dos planos del eje Z.

Para poder llevar a cabo un análisis de defectos del producto o de las conexiones de cable lo más rápidamente posible, los haces de luz o la luz de los dispositivos de proyección se pueden proyectar sobre el producto en una secuencia de tiempo, pudiendo estar sincronizada la cámara de exploración de línea con los dispositivos de proyección. Por ejemplo, un producto puede moverse por debajo de la cámara de exploración de línea en la dirección de un eje X, realizándose en primer lugar una iluminación de un área de examen de la superficie del producto por medio del primer dispositivo de proyección o equipo de proyección de hendidura con el fin de detectar un lugar geométrico de un cable en una primera posición, capturando la cámara de exploración de línea una información de imagen del área de superficie. La información de imagen puede ser procesada y almacenada por el dispositivo de procesamiento por medio de un capturador de fotogramas. Posteriormente, la superficie puede ser iluminada por el segundo dispositivo de proyección o el equipo de iluminación del área de superficie y una información de imagen correspondiente, por ejemplo, una información de material, se puede registrar por la cámara de exploración de línea así como procesarse por el dispositivo de procesamiento. En el caso del segundo dispositivo de proyección, también puede estar previsto que el área de superficie se ilumine sucesivamente con luz en los colores básicos rojo, verde y azul, pudiendo registrar la cámara de exploración de línea entonces los colores básicos por separado unos de otros. Es decir, una serie de diferente información de imagen puede registrarse en serie para el área de superficie de la primera posición. Para este propósito, será necesario que la cámara de exploración de línea esté sincronizada con los dispositivos de proyección. Por ejemplo, si la luz roja se proyecta sobre el producto por medio del segundo dispositivo de proyección, puede estar previsto que se registre luz roja por la cámara de exploración de línea para la duración de la proyección. Alternativamente, también es posible que la cámara de exploración de línea registre los colores básicos por separado el uno del otro o en conjunto, pero que siempre sea posible una asociación de la información de imagen con la respectiva situación iluminar. En particular, si los colores básicos son registrados de forma sucesiva o en serie para una posición, puede obtenerse una imagen de resolución completa o una información de imagen de análisis del producto.

Una información de altura y/o información geométrica del alambre se pueden obtener a partir de una distribución del haz de luz reflejada sobre una superficie del cable por medio del dispositivo de procesamiento. El dispositivo de procesamiento puede estar configurado de manera que el dispositivo de procesamiento pueda obtener una posición relativa de la hendidura de luz sobre la superficie del producto o alambre a partir de una distribución de la hendidura de luz del equipo de proyección de hendidura reflejada sobre la superficie del producto o del alambre. A partir de una imagen de reflexión del producto o del alambre, con el dispositivo de procesamiento puede obtenerse, por ejemplo, una información geométrica del alambre sobre mediante una distribución normal de una densidad de luz. De esta manera, también pueden determinarse un valor máximo o máximo de la función de densidad de la distribución

normal de la densidad de la luz sobre la superficie del alambre, de lo cual entonces también puede derivarse una información de altura. Alternativamente, también es posible obtener una información de altura del alambre por triangulación con una segunda cámara de exploración de línea, que está dispuesta en paralelo a la cámara de exploración de línea o primera cámara de exploración de línea.

- 5 En particular, puede estar previsto que la luz de la luz homogénea o difusa reflejada por el producto se analice por medio del dispositivo de procesamiento en términos de tono, brillo y/o saturación. De este modo, el dispositivo de procesamiento puede analizar la información de imagen de análisis o información de imagen de color RGB por separado en términos de tono, saturación de color y valor en un espacio de color (HSV, HSL, HSB). La información de imagen puede usarse en particular para analizar el tipo de material y la distribución, puesto que diferentes materiales presentan diferentes valores H, S y V. Puede realizarse una selección de un espacio de color dependiendo de los materiales a ser analizados, pudiendo servir como base un espacio de color RGB.

Por lo tanto, pueden determinarse un material y/o una propiedad del material de un producto por medio del dispositivo de procesamiento a partir de la información de imagen de análisis obtenida con el segundo dispositivo de proyección.

- 15 Otra información respecto a los materiales y la estructura de un producto se puede obtener si la información de imagen de análisis asociada con los dispositivos de proyección se superpone y se evalúa por medio del dispositivo de procesamiento. Con una combinación de información de imagen de análisis, como, por ejemplo, en el caso de imágenes de alto contraste (HDRI, por sus siglas en inglés), también puede lograrse, por ejemplo, una mayor mejora del contraste y también se analizan mezclas de materiales en una superficie del producto. Especialmente pueden inspeccionarse de manera combinada entonces superficies que tienen un contraste muy débil. A este respecto, al menos dos grabaciones de imágenes de análisis de un área de, por ejemplo, conexiones de cables se registran con diferente brillo o en diferentes niveles de iluminación y se combinan por medio de procesamiento de imágenes del dispositivo de procesamiento. Opcionalmente, puede realizarse de manera secuencial una iluminación con el equipo de proyección de hendidura y el equipo de iluminación. A este respecto, se graba entonces en primer lugar una primera información de imagen de línea o información de imagen de análisis bajo iluminación con el equipo de proyección de hendidura solamente, y a continuación una segunda información de imagen de línea o información de imagen de análisis bajo iluminación solamente con el equipo de iluminación. La respectiva información de imagen de análisis se combina posteriormente por medio de procesamiento de imágenes. A este respecto, puede reconocerse no solo una posición de las conexiones de los cables, sino también una posición de caras terminales.

- 30 Además, en el contexto de un análisis de defectos, puede realizarse una comparación de la información de imagen de análisis con información de imagen de referencia por medio del dispositivo de procesamiento. La información de imagen de referencia del producto o de las respectivas conexiones de cables puede comprender datos CAD y datos de distribución de material del producto. La comparación puede llevarse a cabo por medio de procesamiento de imágenes, pudiendo analizarse imágenes de diferencia para diferentes estructuras del producto o disposición de los alambres, respectivamente, por separado en cada caso. Además, esta información de material puede combinarse con información de altura con el fin de identificar claramente, por ejemplo, un alambre. En consecuencia, la información de imagen de referencia puede incluir todos los datos geométricos del producto, información del material, información de los componentes e incluso información de altura. Si la información de imagen de análisis se desvía de la información de imagen de referencia, puede señalizarse un defecto. Sin embargo, esto no es absolutamente necesario si se definen intervalos de tolerancia, que permiten, por ejemplo, una desviación geométrica de una conexión de cable desde una posición de referencia. De esta manera, las conexiones de cables adyacentes pueden aproximarse entre sí o estar separadas unas de otras dentro del intervalo de tolerancia, siempre y cuando se evite un cortocircuito. Este examen de una imagen de diferencia requiere entonces una clara asociación de información de imagen de análisis con la información de imagen de referencia. En principio, sin embargo, no requiere necesariamente una comparación de la información de imagen de análisis con la información de imagen de referencia. Puede ser ya suficiente para un análisis de defectos simplemente detectar una ubicación de las respectivas conexiones de cables y señalar un defecto si las respectivas conexiones de cables se aproximan entre sí dentro de un intervalo de tolerancia definido.

- 50 La cámara de exploración de puede disponerse transversalmente respecto a una dirección de movimiento de un producto, discurriendo el plano de detección entonces en paralelo o transversalmente al cable. Esto hace posible capturar los cables esencialmente completa o al menos parcialmente con una sola imagen de la cámara de imagen de línea o una información de imagen de línea de la cámara de exploración de línea. En consecuencia, los cables a probar están dispuestos transversalmente a la dirección de movimiento del producto cuando el producto pasa a través del sistema de inspección. Por ejemplo, puede estar previsto alinear el producto en relación con la cámara de exploración de línea en cada caso según la posición de los cables o las conexiones de cables. Si el producto no solo dispone de conexiones de cables dispuestas en paralelo, sino también, por ejemplo, de conexiones de cables dispuestas desplazadas 90 grados, también pueden estar previstos dos pasos en el sistema de inspección con una orientación correspondientemente adaptada del producto en relación con la cámara de exploración de línea.

- 60 Ventajosamente, el equipo de proyección de hendidura puede presentar al menos un diafragma de protección para delimitar la hendidura de luz frente al componente semiconductor y, dado el caso, el sustrato, pudiendo proyectarse la hendidura de luz sobre el cable en un ángulo agudo  $\alpha$  con respecto a una superficie del producto. Con el

diafragma de protección es posible entonces limitar la hendidura de luz, de manera que la hendidura de luz solo incide sobre el cable o, dado el caso, el sustrato. A este respecto, puede estar previsto que una altura del equipo de proyección de hendidura con respecto a la superficie del producto y el diafragma de protección estén configurados de manera ajustable. Además, el equipo de proyección de hendidura puede presentar un diafragma de protección adicional para delimitar la hendidura de luz frente a la cámara de exploración de línea, de manera que se garantice que la luz de la hendidura de luz no caiga en la cámara de exploración de línea. Si el equipo de proyección de hendidura o el diafragma de protección está configurado para ser variablemente ajustable, el sistema de inspección o el equipo de proyección de hendidura puede ajustarse para una amplia variedad de productos, de manera que el sistema de inspección puede utilizarse de manera flexible para estos productos. Al ajustar el equipo de proyección de hendidura, por ejemplo, el diafragma de protección o el propio equipo de proyección de hendidura pueden estar dispuestos de manera que la hendidura de la luz caiga sobre el cable y el sustrato en un ángulo  $\alpha$  sin que el componente semiconductor se ilumine de manera reconocible por la luz de la hendidura de la luz.

El dispositivo de proyección de hendidura puede presentar una disposición de elementos ópticos, un diafragma de apertura y/o una disposición de conductor de luz, pudiendo ser la hendidura de luz una hendidura de luz colimada. Los elementos ópticos pueden ser, por ejemplo, una o varias lentes o lentes cilíndricas. El diafragma de apertura puede estar configurado en forma de hendidura correspondientemente a la forma de la hendidura de luz, pudiendo estar previstos también más diafragmas de apertura y una combinación del diafragma de apertura con elementos ópticos. Aparte de eso, puede estar prevista una disposición de conductor de luz, estando configurada la disposición de conductor de luz a partir de un único conductor de luz en forma de una hendidura o de una pluralidad de fibras de conductor de luz que están dispuestas en forma de una hendidura. Como una fuente de luz pueden servir, por ejemplo, diodos emisores de luz. Así, puede estar previsto un diodo emisor de luz para acoplar la luz en la disposición de conductor de luz o una pluralidad de diodos emisores de luz en una disposición en serie. En particular, el uso de una disposición de conductor de luz resulta especialmente ventajoso porque entonces la fuente de luz se dispone más separada, y el dispositivo de proyección de hendidura puede configurarse comparativamente pequeño en un área al lado de la cámara de exploración de línea y/o paralela a ella y, con ello, también de manera fácilmente ajustable o posicionable.

El equipo de iluminación puede presentar un difusor en forma de arco, pudiendo disponerse el difusor en forma de arco lateralmente en paralelo relativamente a la cámara de exploración de línea u ortogonalmente a una dirección de movimiento de un producto. Si el difusor tiene forma de arco, el difusor puede estar adaptado especialmente bien a una forma del cable, de manera que es posible una iluminación mejorada del cable para grabar con la cámara de exploración de línea. Además, también se asegura que se evitan sombras eventuales por el alambre o los bordes de componente del componente semiconductor, puesto que el cable o el componente semiconductor pueden iluminarse desde varios lados por el difusor en forma de arco. Esto también resulta especialmente ventajoso en particular si hay varias conexiones de cables superpuestas, por ejemplo, en un chip con superficies terminales desplazadas a una altura. Por la configuración en forma de arco del difusor es posible además acercar mucho el difusor al área que se va a analizar del producto o al componente semiconductor. Si el producto o el componente semiconductor ya está instalado en una carcasa o el componente semiconductor ya está instalado en una carcasa de chip, la luz difusa puede llevarse directamente a las proximidades de las conexiones de cable moviendo al menos parcialmente el difusor en forma de arco hacia la carcasa o disponiéndolo ahí. Así, también puede evitarse el posible sombreado a través de la carcasa. El difusor también puede estar provisto de un diafragma o apertura, que está configurada de manera que el sustrato o el componente semiconductor esté esencialmente sin iluminación. Aparte de eso, el difusor en forma de arco o el equipo de iluminación pueden estar configurados para que sean ajustables, de tal modo que el difusor en forma de arco se mueva sobre el sistema de inspección y se adapte a una geometría del producto que se va a examinar en cada caso.

De manera complementaria, el equipo de iluminación puede presentar un difusor plano, pudiendo disponerse el difusor plano en paralelo al producto. Así, el producto o sustrato aún puede iluminarse con una luz difusa directamente desde arriba, es decir, ortogonalmente en relación con el producto o sustrato. Por ello, puede obtenerse más información independiente.

El equipo de iluminación puede usarse con una disposición de conductor de luz o diodos emisores de luz en una disposición en forma de arco y/o plana. La disposición de conductor de luz puede ser un único conductor de luz o un haz de fibras de conductor de luz, en las cuales se acopla respectivamente luz de, por ejemplo, diodos emisores de luz. Resulta esencial que cuando se usan fibras de conductor de luz, la fuente de luz también pueda disponerse lejos del equipo de iluminación real, mediante lo cual el equipo de iluminación se puede ajustar entonces de manera compacta y simple. Dependiendo de la configuración de la disposición del conductor de luz o los diodos emisores de luz, estos pueden utilizarse solos planos y/o en forma de arco o junto con un difusor plano o en forma de arco, por ejemplo, un disco difusor o película.

El equipo de iluminación y/o el equipo de proyección de hendidura pueden emitir luz en los intervalos de longitud de onda rojo, verde y azul (RGB, por sus siglas en inglés), infrarrojo (IR) y/o ultravioleta (UV). En particular, es posible entonces usar luz policromática, denominada luz blanca, en el área visible para la iluminación. También puede estar previsto seleccionar cualquier componente de color de la luz para mezclar determinados intervalos de longitud de onda. Por ejemplo, la luz azul y amarilla es adecuada para iluminar el material oro, mediante lo cual los cables que constan de oro pueden reconocerse especialmente bien por medio de la cámara de exploración de línea.

Dependiendo del material usado del sustrato, el componente semiconductor y las respectivas superficies de conexión, puede obtenerse entonces un alto contraste de color. El equipo de iluminación y el equipo de proyección de hendidura también pueden accionarse de forma sincronizada con un movimiento relativo del producto respecto al sistema de inspección o en un solo paso del producto o incluso por separado uno de otro o sincronizado en serie. Además, puede estar previsto que el equipo de iluminación y/o el equipo de proyección de hendidura presenten un filtro de polarización.

En una forma de realización ventajosa del sistema de inspección, pueden detectarse colores básicos por medio de la cámara de exploración de línea, pudiendo derivarse una información sobre una superficie de un producto a partir de un valor de color de la información de imagen de línea por medio del dispositivo de procesamiento. La cámara de exploración de línea no solo puede capturar valores grises, sino que también puede presentar al menos dos o tres filas paralelas de píxeles para capturar los colores básicos rojo, verde y azul. Especialmente cuando el producto se ilumina con diferentes colores primarios, los colores primarios son particularmente fáciles de separar, es decir, puede realizarse una iluminación simultánea con colores básicos respectivamente diferentes. Aparte de eso, al menos una información sobre la superficie del producto puede derivarse del valor de color de la información de imagen de línea. Esto puede ser, por ejemplo, una información de material o una información sobre una condición de superficie.

Preferentemente, el primer dispositivo de proyección puede presentar un segundo dispositivo de proyección de hendidura, pudiendo presentar el segundo dispositivo de proyección un segundo equipo de iluminación, pudiendo disponerse el primer y el segundo equipo de proyección de hendidura así como el primer y el segundo equipo de iluminación coaxialmente en relación con la cámara de exploración de línea. Los semiconductores contactados en particular en su perímetro, tales como chips o chips desnudos, pueden analizarse de manera particularmente rápida, puesto que dos lados longitudinales paralelos del semiconductor pueden iluminarse simultáneamente con respectivamente conexiones de cables. La disposición coaxial en relación con la cámara de exploración de línea da como resultado, aparte de eso, una iluminación uniforme de las conexiones de cables o del producto.

El sistema de inspección también puede presentar una cámara de exploración de línea adicional, pudiendo disponerse la cámara de exploración de línea adicional en paralelo a la cámara de exploración de línea o la primera cámara de exploración de línea. Con la cámara de exploración de línea adicional dispuesta en paralelo, es posible adquirir información de imagen de línea simultáneamente con la primera cámara de exploración de línea y derivar información de imagen de análisis del producto. En consecuencia, la cámara de exploración de línea adicional presenta un plano de detección adicional, cruzándose el plano de detección adicional con el plano de detección o primer plano de detección en el área del producto o cable que se va a analizar, pudiendo estar dispuesto el plano de detección adicional ya no ortogonalmente a la superficie del producto o la superficie del sustrato. Por ejemplo, una información de altura del cable o del componente semiconductor con respecto a una superficie del producto o superficie del sustrato también puede determinarse mediante triangulación utilizando la cámara de exploración de línea adicional. Aparte de eso, es posible detectar de manera fiable los cables superpuestos. Las sombras eventualmente existentes son de poca importancia para el resultado del análisis debido a la grabación paralela con la cámara de exploración de línea adicional.

En lo sucesivo, se explicará una forma de realización preferida de la invención en más detalle con referencia al dibujo adjunto.

Muestran:

**fig. 1** un diagrama esquemático de una forma de realización de un sistema de inspección en una vista frontal;

**fig. 2** un diagrama esquemático del sistema de inspección en una vista frontal;

**fig. 3** un diagrama esquemático del sistema de inspección en una vista lateral;

**fig. 4** un diagrama esquemático del sistema de inspección en una vista lateral;

**fig. 5** un diagrama esquemático s del sistema de inspección en una vista superior;

**fig. 6** una representación en perspectiva de un equipo de iluminación;

**fig. 7** una representación en perspectiva de un equipo de proyección de hendidura.

Una vista combinada de las **fig. 1** a **7** muestra un sistema de inspección 10 para el análisis de defectos de conexiones de cable 11 de un producto 12. El producto 12 comprende un sustrato 13 sobre cuya superficie 14 están dispuestos uno encima del otro dos componentes semiconductores 15 y 16. Los componentes semiconductores 15 y 16 configuran un chip 17. Las conexiones de cable 11 están configuradas entre las superficies terminales 18 en la superficie 14 del sustrato 13 y las superficies terminales 19 sobre una superficie 20 del chip 17 o de los componentes semiconductores 15 o 16 junto con los cables 21 y 22 que conectan las superficies terminales 18 y 19. A este respecto, el producto 12 ya se ha insertado en una carcasa 23.

El sistema de inspección 10 comprende un primer dispositivo de proyección 24 con dos equipos de proyección de

hendidura 25, un segundo dispositivo de proyección 26 con dos equipos de iluminación 27, y una cámara de exploración de línea 28, así como un dispositivo de procesamiento no representado en este caso para procesar la información de imagen de exploración de línea obtenida por medio de la cámara de imagen de exploración de línea 28. La cámara de exploración de línea 28 está configurada de manera que pueden detectarse colores básicos con la cámara de exploración de línea 28. A este respecto, las **fig. 1 y 2** muestran respectivamente el primer dispositivo de proyección 24 y el segundo dispositivo de proyección 26 por separado uno del otro para la ilustración simplificada.

El equipo de proyección de hendidura 25 presenta un soporte 29 con una disposición de conductor de luz 30. La disposición de conductor de luz 30 consta de fibras de conductor de luz, que se llevan al soporte 29 en forma de haces y están dispuestas en forma de la hendidura 31 representada en este caso. El soporte 29 forma además un diafragma de abertura 32 para configurar una hendidura de luz 33. La luz necesaria para ello se acopla en las fibras de conductor de luz no representadas en este caso. Aparte de eso, en el soporte 29 está dispuesto un diafragma de protección 34, que delimita la hendidura de luz 33 sustancialmente colimada.

El equipo de iluminación 27 presenta una carcasa 35 así como un difusor 36 configurado en forma de arco. El difusor 36 está configurado por una película de plástico 37. Dentro de la carcasa 35 están dispuestos diodos emisores de luz no representados en este caso, pudiendo emitirse luz homogénea difusa en los colores básicos (RGB) sobre el producto 12 con el equipo de iluminación 27 a través del difusor 36.

La cámara de exploración de línea 28 está dispuesta por encima del producto 12, siendo móvil el producto 12 con relación a la cámara de exploración de línea 28 en la dirección de una flecha 38. A este respecto, es básicamente irrelevante si lo que se mueve es el producto 12 o el sistema de inspección 10. La cámara de exploración de línea 28 configura un plano de detección 39, que discurre ortogonalmente a la superficie 14 del sustrato 13, pero, en principio, también puede estar dispuesto en la desviación de la misma transversalmente a la superficie 14. El producto 12 se mueve completamente a través del plano de detección 39 a lo largo de una trayectoria de movimiento 40, de manera que el producto 12 puede explorarse o escanearse ópticamente con la cámara de exploración de línea 28. Los equipos de proyección de hendidura 25 y los equipos de iluminación 27 están dispuestos respectivamente de forma coaxial a la cámara de exploración de línea 28. La hendidura de luz 33 generada por el equipo de proyección de hendidura 25 discurre exclusivamente dentro del plano de detección 39 y posteriormente, por lo tanto, se superpone con este. La hendidura de luz 33 está dispuesta y configurada por medio de la disposición del equipo de proyección de hendidura 25 y con la ayuda del diafragma de protección 34 de manera que la hendidura de luz 33 está delimitada frente al chip 17 así como ilumina los cables 21 y 22 y, en parte, el sustrato 13. Para ello, la hendidura de luz 33 se proyecta sobre los cables 21 y 22 en un ángulo  $\alpha$  en relación a la superficie 14 del sustrato 13. Esto significa que el chip 17 no se ilumina o solo se ilumina mínimamente con la hendidura de luz 33. Además, un área 41 del sustrato 13 por debajo de los cables 21 y 22 tampoco está iluminada con la hendidura de luz 33. Por ello, la superficie 20 así como el área 41 aparecen muy oscuras, de manera que los cables 21 y 22 pueden reconocerse particularmente de manera fiable y rápida en un procesamiento posterior de la información de imagen de exploración de línea o información imagen de análisis.

Los equipos de iluminación 27 están dispuestos comparativamente compactos frente al chip 17, de manera que la luz difusa permite una iluminación óptima desde todos los lados de los cables 21 y 22. Los equipos de iluminación 27 también están dispuestos de manera inclinada en relación a la superficie 14 del sustrato 13. Dependiendo de cuál de los diodos emisores de luz del equipo de iluminación 27 se activen, puede generarse una luz homogénea policromática o monocromática. Debido a la disposición del difusor 36, se hace posible que se evite una formación de sombras, que podría hacer más difícil un procesamiento de imagen de la información de imagen de análisis. La cámara de exploración de línea 28, los equipos de iluminación 27 y los equipos de proyección de hendidura 25 están configurados de manera ajustable, es decir, se pueden cambiar y fijar a voluntad en función de su distancia y de su inclinación en relación con el producto 12. Por lo tanto, se hace posible analizar de forma flexible una pluralidad de productos con diferentes geometrías y dimensiones.

La **fig. 4** muestra un equipo de proyección de hendidura 43 del primer dispositivo de proyección 24, que puede ser componente del primer dispositivo de proyección 24 junto con el equipo de proyección de hendidura 25. El equipo de proyección de hendidura 43 está dispuesto en paralelo con respecto a la cámara de exploración de línea 28 y presenta una disposición de prisma 44 en forma de barra, que configura un espejo 45 parcialmente transparente. La disposición del prisma 44 está dispuesta dentro del plano de detección 39 entre la cámara de exploración de línea 28 y el producto 12. Una hendidura de luz 46, que discurre en este caso en paralelo al producto 12 y llena completamente un ancho del plano de detección 39, se proyecta sobre la disposición de prisma 44 desde una carcasa 47 con una fuente de luz no representada en este caso del primer dispositivo de proyección 24. La hendidura de luz 46 se desvía en  $90^\circ$  y acopla en el plano de detección 39 por el espejo 45 parcialmente transparente. Una reflexión total de la hendidura de luz 46 en el producto 12 puede detectarse por la cámara de exploración de línea 28 a través del espejo 45 parcialmente transparente. Por ello, los cables 21 y 22 parecen muy oscuros, de manera que estos pueden reconocerse particularmente de manera fiable y rápida en un procesamiento posterior de la información de imagen de exploración de línea o información imagen de análisis.

Cuando se exploran las conexiones de cable 11, el plano de detección 39 puede limitarse a un área de análisis 42, que encierra al menos las conexiones de cable 11 y no se extiende sustancialmente más allá de eso. Así, puede llevarse a cabo un análisis de defectos incluso más rápido. En un primer paso o exploración del producto 12, el

5 producto 12 se mueve en etapas de 3  $\mu\text{m}$  desde una primera posición a una segunda posición y adicionalmente a la posición final, registrándose una información de imagen de exploración de línea en cada posición por medio de la cámara de exploración de línea 28. A este respecto, se realiza una iluminación del área de análisis 42 con el primer dispositivo de proyección 24 y, posteriormente o previamente, una iluminación del área de análisis con el segundo dispositivo de proyección 26, grabándose respectivamente una información de imagen de exploración de línea. El dispositivo de procesamiento configura una información de imagen de análisis del producto 12 a partir de la pluralidad de información de imagen de exploración de línea de las respectivas posiciones por superposición. Por una exploración en la dirección de un eje X del producto 12, los cables 21 y 22 que discurren en paralelo a la cámara de exploración de línea 28 se analizan en primer lugar, girándose el producto 12 en 90° en una exploración posterior, de manera que se analizan los cables 21 y 22 que discurren entonces en paralelo a la cámara de exploración de línea 28. Por consiguiente, el producto 12 se escanea en primer lugar a lo largo de su eje X y, posteriormente, a lo largo de su eje Y. Por ello, se hace posible reconocer también los cables 21 y 22 relativamente delgados con, por ejemplo, 18  $\mu\text{m}$  de diámetro con la cámara de exploración de línea 28 a una resolución más baja mediante la superposición de la información de imagen de exploración de línea y las distancias de las respectivas posiciones a la grabación de una información de imagen de exploración de línea. En una dirección longitudinal de los cables 21 y 22, sin embargo, no es necesaria una resolución mejorada de la cámara de exploración de línea de 28 por superposición de la información de imagen de exploración de línea. Por eso, los cables 21 y 22 que discurren transversalmente al plano de detección 39 pueden escanearse sin una superposición de la información de imagen de exploración de línea, lo cual acelera aún más un análisis de defectos.

20 **Lista de referencias**

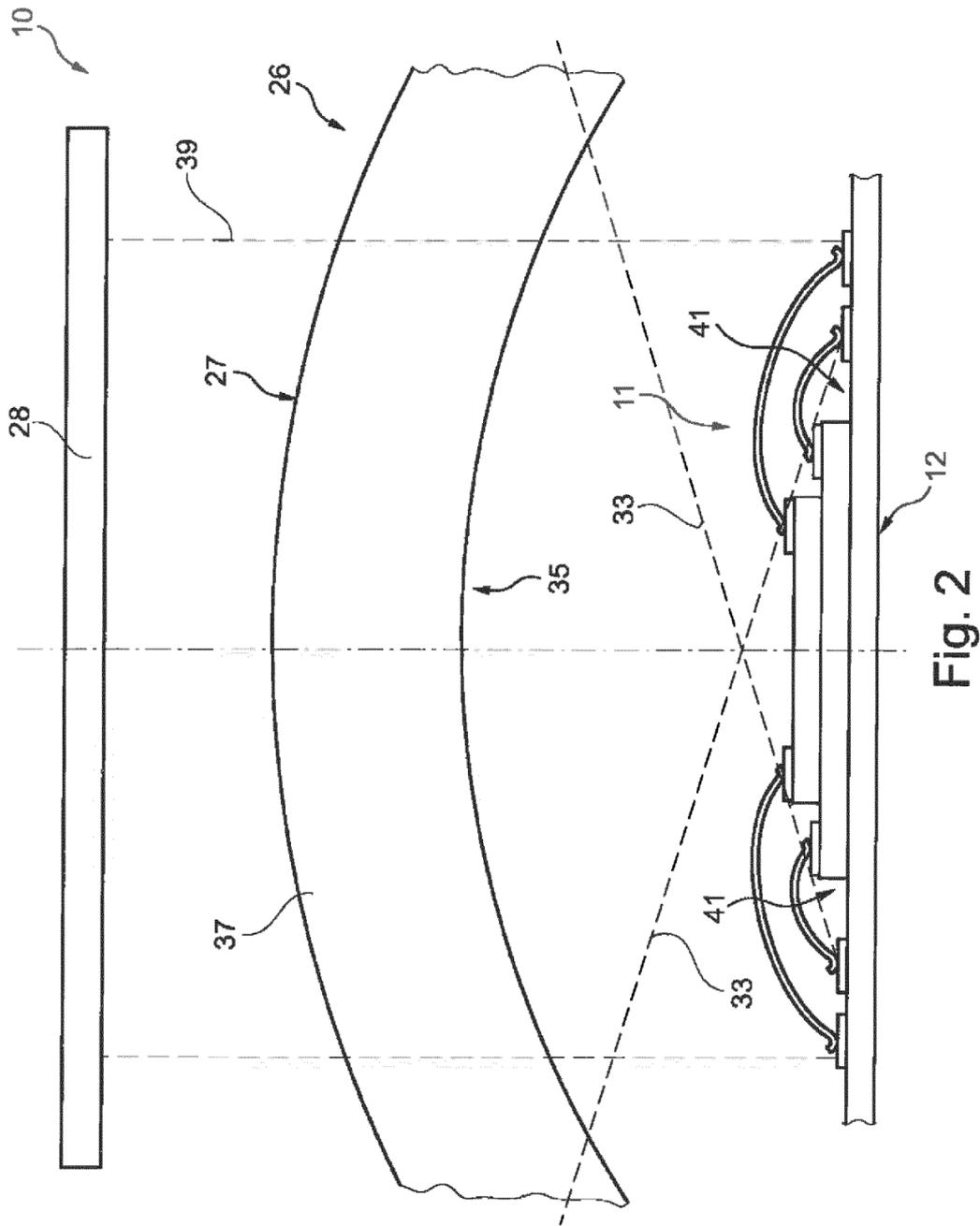
- 10 sistema de inspección
- 11 conexión de cable
- 12 producto
- 13 sustrato
- 25 14 superficie
- 15 componente semiconductor
- 16 componente semiconductor
- 17 chip
- 18 superficie terminal
- 30 19 superficie terminal
- 20 superficie
- 21 cable
- 22 cable
- 23 carcasa
- 35 24 primer dispositivo de proyección
- 25 equipo de proyección de hendidura
- 26 segundo dispositivo de proyección
- 27 equipo de iluminación
- 28 cámara de exploración de línea
- 40 29 soporte
- 30 disposición de conductor de luz
- 31 hendidura
- 32 diafragma de apertura
- 33 hendidura de luz
- 45 34 diafragma de protección
- 35 carcasa
- 36 difusor
- 37 película de plástico
- 38 flecha
- 50 39 plano de detección
- 40 trayectoria de movimiento
- 41 área
- 42 área de análisis
- 43 equipo de proyección de hendidura
- 55 44 disposición de prisma
- 45 espejo
- 46 hendidura de luz
- 47 carcasa

**REIVINDICACIONES**

1. Procedimiento para el análisis de defectos de una conexión de cable (11) entre un sustrato (13) y un componente semiconductor (15, 16) de un producto (12), con un sistema de inspección (10), comprendiendo el sistema de inspección un primer dispositivo de proyección (24), una cámara de línea de exploración (28) y un dispositivo de procesamiento, presentando el primer dispositivo de proyección al menos un equipo de proyección de hendidura (25), proyectándose una hendidura de luz (33) sobre un cable (21, 22) de la conexión de cable por medio del equipo de proyección de hendidura, detectándose por medio de la cámara de exploración de línea luz de la hendidura luz reflejada en el cable en un plano de detección (39) de la cámara de exploración de línea que discurre de manera transversal, preferentemente de manera ortogonal, a una superficie de sustrato (14), derivándose una información de imagen de análisis del producto a partir de una pluralidad de informaciones de imagen de exploración de línea de la cámara de exploración de línea por medio del dispositivo de procesamiento, proyectándose la hendidura de luz sobre el producto de manera que discurre dentro del plano de detección, estando dispuesto el equipo de proyección de hendidura (25) de manera lateralmente transversal con relación a la cámara de exploración de línea (28) de manera que la hendidura de luz (33) se proyecta sobre el cable (21, 22), comprendiendo el sistema de inspección un segundo dispositivo de proyección (26), presentando el segundo dispositivo de proyección al menos un equipo de iluminación (27), proyectándose luz difusa sobre el producto a través del equipo de iluminación, detectándose luz de la luz difusa reflejada sobre el producto en el plano de detección por medio de la cámara de exploración de línea, **caracterizado porque** el componente semiconductor (15, 16) no está iluminado por la hendidura de luz (33).
2. Procedimiento según la reivindicación 1, **caracterizado porque** con un desplazamiento se superpone la pluralidad de informaciones de exploración de imagen de línea de la cámara de exploración de línea (28) en una dirección de movimiento del producto (12) por medio del dispositivo de procesamiento, siendo el desplazamiento menor que una resolución de imagen física de la cámara de exploración de línea.
3. Procedimiento según las reivindicaciones 1 o 2, **caracterizado porque** el producto (12) se mueve una vez en la dirección de un eje X y/o de un eje Y del producto con relación a la cámara de exploración de línea (28) y se explora ópticamente, obteniéndose las informaciones de imagen de análisis asociadas a los dispositivos de proyección (24, 26).
4. Procedimiento según una de las reivindicaciones anteriores, **caracterizado porque** el producto (12) se explora ópticamente en al menos dos planos de un eje Z del producto.
5. Procedimiento según una de las reivindicaciones anteriores, **caracterizado porque** la luz de los dispositivos de proyección (24, 26) se proyecta sobre el producto (12) en una secuencia temporal, estando sincronizada la cámara de exploración lineal (28) con los dispositivos de proyección.
6. Procedimiento según una de las reivindicaciones anteriores, **caracterizado porque** una información de altura y/o una información geométrica del cable se obtiene por medio del dispositivo de procesamiento a partir de una distribución del haz de luz reflejado sobre una superficie del cable (21, 22).
7. Procedimiento según una de las reivindicaciones anteriores, **caracterizado porque** la luz de la luz difusa reflejada por el producto (12) se analiza por medio del dispositivo de procesamiento en términos de tono, brillo y/o saturación.
8. Procedimiento según una de las reivindicaciones anteriores, **caracterizado porque** las informaciones de imagen de análisis asociadas a los dispositivos de proyección (24, 26) se superponen y se evalúan por medio del dispositivo de procesamiento.
9. Procedimiento según una de las reivindicaciones anteriores **caracterizado porque** la cámara de exploración de línea (28) se dispone transversalmente a una dirección de movimiento de un producto (12), discurriendo el plano de detección (39) en paralelo o transversalmente al cable (21, 22).
10. Procedimiento según una de las reivindicaciones anteriores, **caracterizado porque** se realiza una delimitación de la hendidura de luz (33) frente al componente semiconductor (15, 16) y/o el sustrato (13) el equipo de proyección de hendidura (25) con al menos un diafragma de protección (34), proyectándose la hendidura de luz sobre el cable (21, 22) en un ángulo agudo ( $\alpha$ ) con relación a una superficie (14, 20) del producto.

11. Procedimiento según una de las reivindicaciones anteriores,  
**caracterizado porque**  
un difusor en forma de arco (36) del equipo de iluminación (27) se dispone lateralmente en paralelo respecto a la cámara de exploración de línea (28).
- 5 12. Procedimiento según una de las reivindicaciones anteriores  
**caracterizado porque**  
un difusor plano del equipo de iluminación (27) se dispone en paralelo con relación al producto (12).
13. Procedimiento según una de las reivindicaciones anteriores,  
**caracterizado porque**  
10 se usan una disposición de conductor de luz o diodos emisores de luz en una disposición en forma de arco y/o de plano del equipo de iluminación (27).
14. Procedimiento según una de las reivindicaciones anteriores,  
**caracterizado porque**  
15 el equipo de iluminación (27) y/o el equipo de proyección de hendidura (25) emiten luz en los intervalos de longitud de onda rojo, verde y azul (RGB), infrarrojo (IR) y/o ultravioleta (UV).
15. Procedimiento según una de las reivindicaciones anteriores,  
**caracterizado porque**  
20 por medio de la cámara de exploración de línea (28) se detectan colores primarios, derivándose una información con respecto a una superficie (14, 20) del producto a partir de un valor de color de las informaciones de imagen de exploración de línea por medio del dispositivo de procesamiento.
16. Procedimiento según una de las reivindicaciones anteriores,  
**caracterizado porque**  
25 el primer dispositivo de proyección (24) presenta un segundo equipo de proyección de hendidura (25), y porque el segundo dispositivo de proyección (26) presenta un segundo equipo de iluminación (27), disponiéndose el primer y el segundo equipo de proyección de hendidura así como el primer y el segundo equipo de iluminación coaxialmente con relación a la cámara de exploración de línea (28).
17. Procedimiento según una de las reivindicaciones anteriores,  
**caracterizado porque**  
30 una cámara de exploración de línea adicional del sistema de inspección (10) se dispone en paralelo a la cámara de exploración de línea (28).





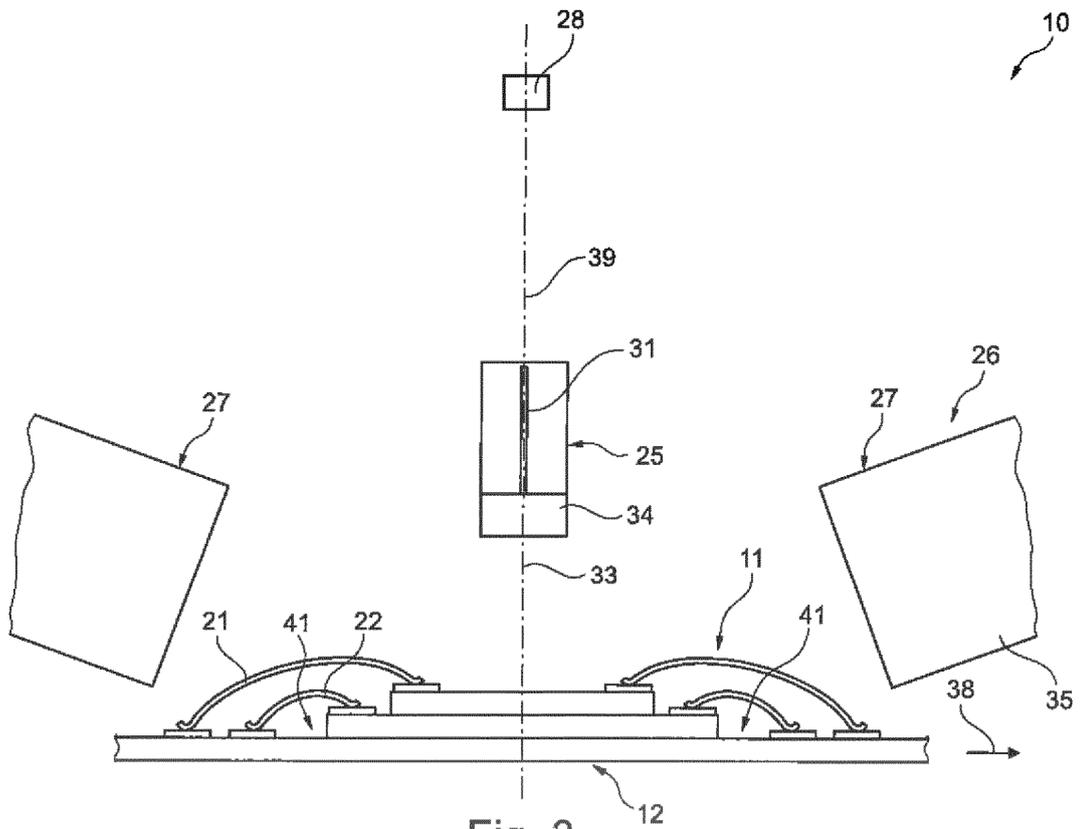
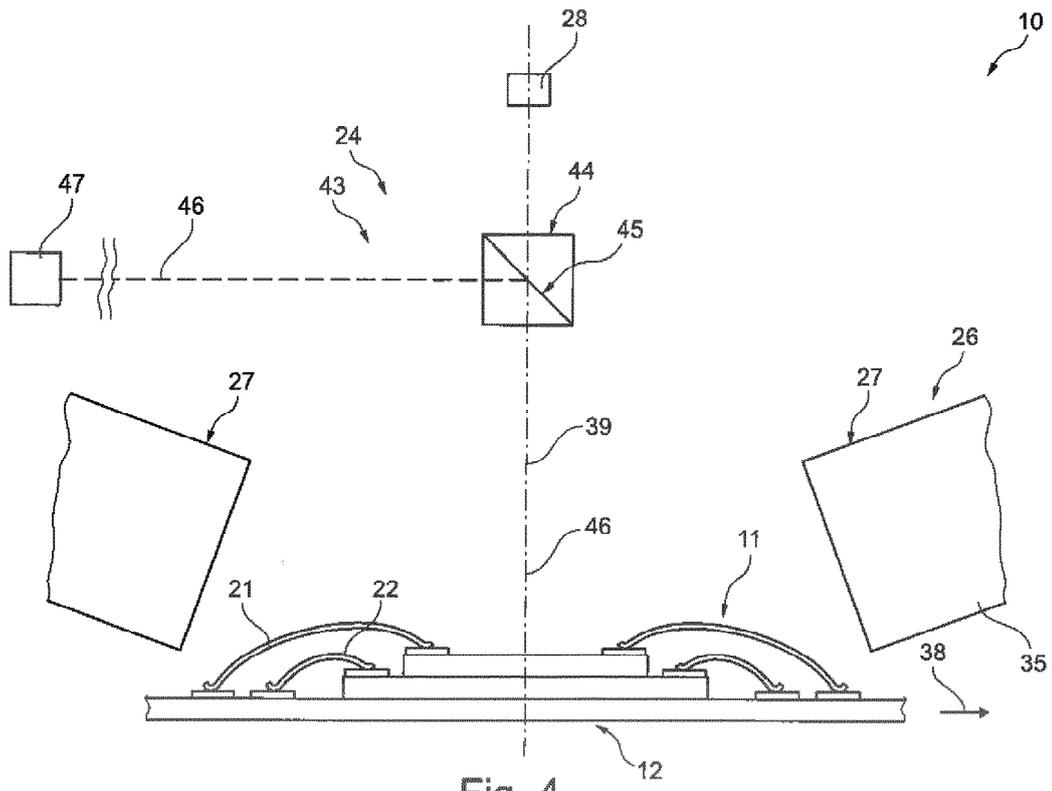


Fig. 3





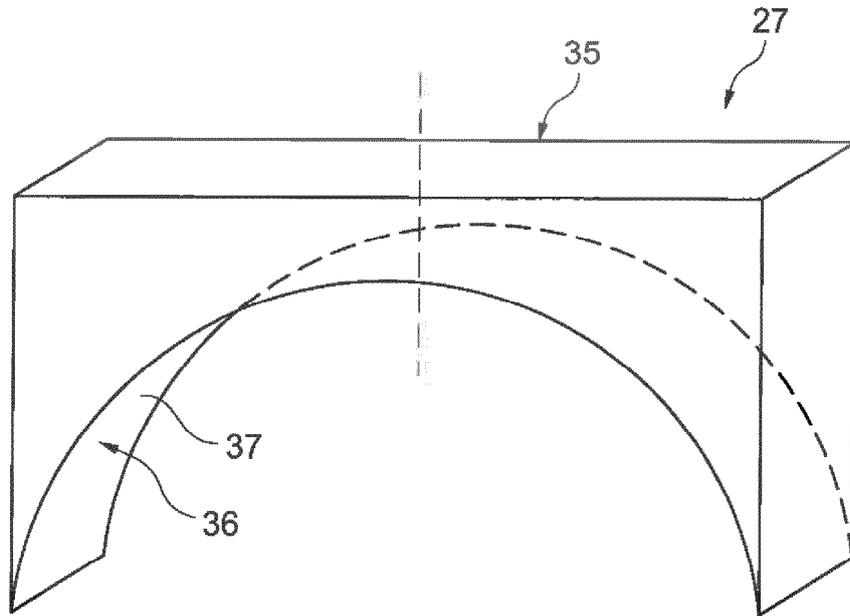


Fig. 6

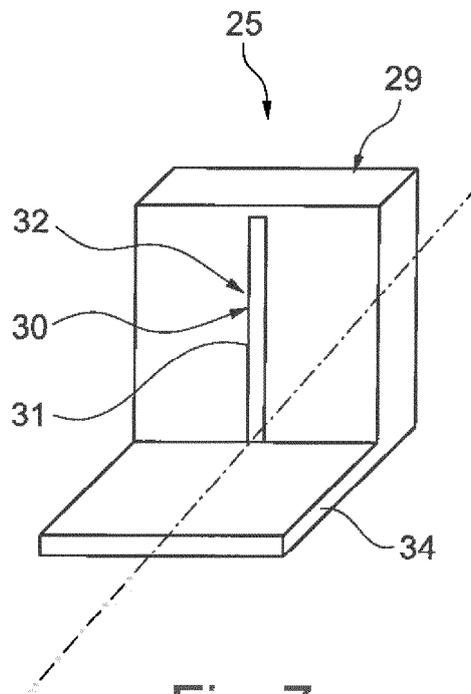


Fig. 7