

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 921 001**

51 Int. Cl.:

G01N 21/88 (2006.01)

G01N 21/84 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **17.07.2018** **E 18183915 (0)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **04.05.2022** **EP 3450965**

54 Título: **Inspección automatizada de materiales extraños, grietas y otras anomalías superficiales**

30 Prioridad:

16.08.2017 US 201715678670

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

16.08.2022

73 Titular/es:

**THE BOEING COMPANY (100.0%)
100 North Riverside Plaza
Chicago, IL 60606-1596, US**

72 Inventor/es:

SAFAI, MORTEZA

74 Agente/Representante:

CARVAJAL Y URQUIJO, Isabel

ES 2 921 001 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

Inspección automatizada de materiales extraños, grietas y otras anomalías superficiales

5 Campo

Las presentes enseñanzas se relacionan con el campo de la inspección de fabricación y, más particularmente, con los sistemas de inspección que incluyen subsistemas de iluminación de superficie y obtención de imágenes.

10 Antecedentes

Es bien conocida la fabricación de componentes para vehículos tales como aviones y vehículos aeroespaciales, vehículos terrestres, etc., a partir de láminas de fibra. Una pieza compuesta que incluye una pluralidad de capas o láminas compuestas que están preimpregnadas con una resina sin curar (es decir, prepregs) puede ensamblarse durante un proceso de colocación. Durante la colocación, se apilan varias (por ejemplo, 20, 40 o más) capas compuestas sin curar, y luego el aire que puede quedar atrapado entre cada una de las varias capas se puede eliminar usando una aspiradora durante un proceso de "reducción de volumen". Posteriormente, la resina se puede curar en un horno o en un autoclave.

Las láminas de fibra deben permanecer libres de defectos tales como partículas contaminantes de material extraño (por ejemplo, materiales de embolsado, cinta, material de trenzado, etc.) y grietas, hoyos y otros defectos durante el proceso de colocación. Estos defectos pueden resultar en deslaminación, porosidad y arrugamiento del componente si permanecen después del curado, lo que a su vez puede resultar en el desguace del componente.

El documento DE 10 2015 217173 A1 se refiere, según su resumen, a un sistema de calibración para un sistema de inspección óptica que comprende una fuente de luz, un cuerpo dispersor, un espacio de inspección para un objeto de prueba y una cámara que produce una imagen de cámara real del objeto de prueba iluminado, donde la fuente de luz es un proyector, o la fuente de luz y el cuerpo de dispersión juntos son una pantalla, y el sistema de calibración incluye un puerto de proyector para una imagen de proyector, un puerto de cámara para una imagen de cámara real y una unidad de calibración para determinar la imagen del proyector en una operación de calibración de modo que la imagen real de la cámara corresponda a la imagen de la cámara de destino. El sistema de inspección anterior incluye el sistema de calibración.

El documento US 2016/366744 A1 se refiere, según su resumen, a dispositivos de iluminación, luminarias, sistemas de iluminación, módulos de iluminación y métodos para controlarlos. En varias realizaciones, un dispositivo de iluminación puede incluir una fuente de luz como un LED configurado para emitir luz hacia una parte objetivo de una superficie. Se puede configurar un controlador de LED para energizar el LED en respuesta a una señal compensada. Se puede configurar un sensor de luz para medir la luz reflejada desde la parte objetivo de la superficie y generar una señal de luz reflejada que represente una o más propiedades de la luz reflejada. Un controlador puede estar acoplado operativamente con el controlador de LED y el sensor de luz. El controlador puede configurarse para generar la señal compensada con base en la señal de luz reflejada y una señal de entrada que representa una o más propiedades deseadas de la luz para ser reflejada desde la parte objetivo de la superficie. El documento US 2005/225753 A1 se refiere, según su resumen, a un método para usar la luz para indicar ubicaciones de fallos y defectos en una estructura compuesta, que generalmente incluye acceder electrónicamente a datos posicionales que definen una o más ubicaciones de defectos en una estructura compuesta. Los datos de posición se pueden extraer de un archivo de fabricación de piezas en el que residen datos de control numérico (NC) que puede utilizar una máquina de colocación de material para fabricar la estructura compuesta. El método también incluye hacer que al menos una fuente de luz dirija automáticamente la luz a la estructura compuesta para indicar las ubicaciones de los defectos definidas por los datos de posición. En consecuencia, la luz permite determinar fácilmente las ubicaciones de los defectos para una acción posterior, como la reparación manual de defectos y/o la eliminación de FOD por parte de un operador.

50 Breve descripción

A continuación, se presenta una breve descripción simplificada para proporcionar una comprensión básica de algunos aspectos de una o más implementaciones de las presentes enseñanzas. Esta breve descripción no es una descripción general extensa, ni pretende identificar elementos clave o críticos de las presentes enseñanzas, ni delinear el alcance de la divulgación. Más bien, su propósito principal es simplemente presentar uno o más conceptos en forma simplificada como preludio a la descripción detallada que se presenta más adelante.

Un método para inspeccionar una pieza de trabajo de acuerdo con una implementación de las presentes enseñanzas, y como se define en la reivindicación 1, incluye emitir una luz con patrón sobre una primera sección de la pieza de trabajo usando una fuente de iluminación, donde la primera sección de la pieza de trabajo refleja la luz con patrón, formando una imagen de la luz con patrón reflejada desde la primera sección de la pieza de trabajo usando una cámara de retroalimentación para generar una primera salida, y formando una imagen de una segunda sección de la pieza de trabajo que no está iluminada por la fuente de iluminación usando una cámara de fondo para generar una segunda salida. El método incluye además comparar la primera salida con la segunda salida, y alterar la salida de luz con patrón por la fuente de iluminación cambiando uno o más de una intensidad, un tono, una saturación y un color de la luz con patrón en función

de la comparación de la primera salida a la segunda salida, aumentando de esta manera el contraste de uno o más defectos situados en la primera sección de la pieza de trabajo.

5 La fuente de iluminación puede incluir al menos un millón de diodos orgánicos emisores de luz (OLED), y la alteración de la salida de luz con patrón por la fuente de iluminación puede incluir el control individual de la intensidad de cada uno de los OLED, y cada OLED puede configurarse para emitir en menos 1000 lux. El método puede incluir además mostrar los datos obtenidos de la primera salida de la cámara de retroalimentación en una pantalla para que los inspeccione un operador, y también puede incluir la visualización de la luz reflejada en el patrón de la primera sección de la pieza de trabajo usando una cámara de inspección para generar una tercera salida, enviando datos obtenidos de la tercera salida de la cámara de inspección a un procesador y usando el procesador para analizar los datos obtenidos de la tercera salida para detectar uno o más defectos en la primera sección de la pieza de trabajo. En una implementación, el método puede incluir además la detección de uno o más defectos en o dentro de la pieza de trabajo durante la comparación, usando un controlador para colocar un sistema de transporte a presión en relación con uno o más defectos, y activando el sistema de transporte a presión para desalojar el uno o más defectos de la pieza de trabajo. La activación del sistema de transporte a presión puede incluir al menos uno de activar un soplador para generar una corriente de aire para desalojar uno o más defectos y activar un vacío para aplicar una fuerza de vacío a uno o más defectos.

20 La alteración de la luz con patrón puede dar como resultado la homogeneización de la luz reflejada desde la segunda sección de la pieza de trabajo, excepto la luz reflejada del único o más defectos. El método puede incluir además depositar una primera capa compuesta de la pieza de trabajo sobre una superficie de trabajo usando un sistema de colocación compuesto, donde la primera sección de la pieza de trabajo es una primera sección de un subensamblaje de aeronave y la segunda sección de la pieza de trabajo es una segunda sección de la pieza de trabajo, realizando la obtención de imágenes de la luz con patrón reflejada desde la primera sección del subensamblaje de la aeronave, depositando una segunda capa compuesta del subensamblaje de la aeronave sobre la primera capa compuesta, emitiendo la luz con patrón sobre una primera sección de la segunda capa compuesta usando la fuente de iluminación, donde la primera sección de la segunda capa compuesta refleja la luz con patrón y obteniendo imágenes de la luz con patrón reflejada desde la primera sección de la segunda capa compuesta usando la cámara de retroalimentación para generar una tercera salida.

30 En otra implementación de acuerdo con las presentes enseñanzas, como se define en la reivindicación 8, un sistema de inspección incluye una fuente de iluminación configurada para generar una luz con patrón y para iluminar una primera sección de una pieza de trabajo con la luz con patrón, una cámara de retroalimentación configurada para obtener imágenes a partir de la luz con patrón de la fuente de iluminación que se refleja desde la primera sección de la pieza de trabajo, y para generar una primera salida, una cámara de fondo configurada para obtener imágenes de una segunda sección de la pieza de trabajo que no está iluminada por la fuente de iluminación, y para generar una segunda salida, y un controlador acoplado a la fuente de iluminación, la cámara de retroalimentación y la cámara de fondo, donde el controlador está configurado para alterar la salida de luz con patrón por la fuente de iluminación cambiando uno o más de una intensidad, un tono, una saturación y un color de la luz con patrón con base en una comparación de la primera salida con la segunda salida, aumentando de esta manera un contraste de uno o más defectos ubicados en la primera sección de la pieza de trabajo. La fuente de iluminación puede ser una pantalla de diodos orgánicos emisores de luz (OLED) que comprenda al menos un millón de OLED. El controlador puede configurarse para alterar la salida de luz con patrón por la fuente de iluminación controlando individualmente cada OLED de la pluralidad de cada OLED con respecto a la intensidad de la luz. Cada OLED se puede configurar para generar una intensidad de al menos 1000 lux y tener una eficiencia luminosa de al menos 100 lúmenes por vatio.

45 El sistema de inspección puede incluir además una pantalla visual para mostrar los datos obtenidos de la primera salida generada por la cámara de retroalimentación, y la pantalla visual puede configurarse para mostrar una imagen de uno o más defectos ubicados en la primera sección de la pieza de trabajo fotografiada por la cámara de retroalimentación para que la revise un operador. El sistema de inspección puede incluir además una cámara de inspección para obtener imágenes de la primera parte de la pieza de trabajo durante la iluminación por la fuente de iluminación y proporcionar una tercera salida al controlador.

55 En una implementación, el sistema de inspección puede incluir un sistema de transporte de presión acoplado eléctricamente y controlado por el controlador, donde el controlador está configurado para posicionar el sistema de transporte de presión en relación con uno o más defectos detectados durante la comparación utilizando la tercera salida de la cámara de inspección, y para activar el sistema de transporte de presión para desalojar uno o más defectos de una superficie de la pieza de trabajo. El sistema de transporte a presión puede incluir al menos uno de un soplador configurado para generar una corriente de aire para desalojar uno o más defectos y un vacío configurado para aplicar una fuerza de vacío a uno o más defectos. La fuente de iluminación puede incluir una matriz de al menos un millón de elementos de iluminación que se pueden controlar individualmente con respecto a la intensidad, y el controlador está configurado para variar la intensidad, el matiz, la saturación, el color y el patrón de la salida de luz de la fuente de iluminación de manera que la cámara de retroalimentación obtenga imágenes de una superficie que es homogénea con respecto a la intensidad, tono, saturación y color, excepto por uno o más defectos en o dentro de la superficie de la pieza de trabajo.

65 En otra implementación, como se define en la reivindicación 15, una línea de fabricación de aeronaves incluye un sistema de colocación compuesto configurado para depositar una pluralidad de capas de un subensamblaje compuesto de aeronave sobre una superficie de trabajo y un sistema de inspección de cualquiera de las reivindicaciones 8 a 14 para

inspeccionar el subconjunto compuesto de aeronave durante una deposición de la pluralidad de capas.

Breve descripción de los dibujos

5 Los dibujos adjuntos, que se incorporan y constituyen una parte de la presente memoria descriptiva, ilustran implementaciones de las presentes enseñanzas y, junto con la descripción, sirven para explicar los principios de la divulgación. En las figuras:

10 La FIG. 1 es una representación esquemática de un sistema de inspección según una implementación de las presentes enseñanzas.

La FIG. 2 es una vista en planta con un corte ampliado de una pantalla de diodos orgánicos emisores de luz según cualquier implementación de las presentes enseñanzas.

La FIG. 3 muestra una representación de un fondo y un defecto de una pieza de trabajo bajo luz blanca u otra iluminación.

15 La FIG. 4 representa la estructura de la FIG. 3 cuando se ilumina con una luz con patrón de acuerdo con las presentes enseñanzas.

La FIG. 5 es una representación esquemática de otro sistema de inspección según una implementación de las presentes enseñanzas.

La FIG. 6 es un flujograma o diagrama de flujo de un método para inspeccionar una pieza de trabajo según una implementación de las presentes enseñanzas.

20 La FIG. 7 es un diagrama de bloques funcional según una implementación de las presentes enseñanzas.

Cabe señalar que algunos detalles de las figuras se han simplificado y están dibujados para facilitar la comprensión de las presentes enseñanzas más que para mantener una estricta precisión estructural, detalle y escala.

25 Descripción detallada

A continuación, se hará referencia en detalle a ejemplos de implementaciones de las presentes enseñanzas, cuyos ejemplos se ilustran en los dibujos adjuntos. En general, se utilizarán los mismos números de referencia a lo largo de los dibujos para referirse a partes iguales o similares.

30 La eliminación de defectos durante la fabricación de un componente grande tal como un subconjunto de aeronave compuesto a partir de una pluralidad de capas compuestas es importante para reducir costes. Sin embargo, los materiales extraños y otros defectos difíciles de detectar, por ejemplo, debido al color de la superficie de las estructuras metálicas o compuestas, pueden camuflar o enmascarar el material extraño, que puede ser del mismo color y material que la propia
35 capa compuesta. Una vez que la estructura compuesta ha sido curada en autoclave o con una bolsa de vacío, estos materiales extraños pueden resultar en el rechazo de una estructura grande y costosa durante la inspección visual posterior o las pruebas no destructivas. Actualmente, no existen técnicas de inspección que puedan detectar grietas y contaminación en una pieza terminada y, por lo tanto, es fundamental la detección de grietas y contaminación durante el proceso de fabricación.

40 Una implementación de las presentes enseñanzas incluye un sistema de inspección y un método para detectar defectos durante la fabricación de una pieza compuesta y otros artículos de fabricación. El sistema de inspección se analiza aquí con referencia a una línea de fabricación que incluye un proceso de colocación que forma una estructura tal como un componente de aeronave laminado, aunque se apreciará que la inspección puede emplearse para otros usos. Durante la
45 formación de un componente de aeronave, se pueden apilar y procesar hasta 40 o más capas de compuesto de carbono que están preimpregnadas con una resina adhesiva.

La FIG. 1 es una ilustración esquemática que representa un sistema de inspección 100 de acuerdo con una implementación de las presentes enseñanzas durante el uso para inspeccionar una pieza de trabajo tal como un laminado
50 compuesto durante un proceso de colocación. El proceso de colocación utiliza un sistema de colocación compuesto 102 que se puede utilizar para colocar una o más capas, como al menos una primera capa compuesta 104 sobre una base 106, por ejemplo, una superficie de trabajo como una mesa de colocación, y una segunda capa compuesta 108 sobre la primera capa compuesta 104. Se apreciará que la base 106 puede ser o incluir una o más estructuras subyacentes tales como una o más capas compuestas sobre las que se coloca la primera capa compuesta 104. Un cabezal de colocación
55 110 y un suministro de capas compuestas 112 pueden moverse a través de la base 106 durante la colocación de la primera capa compuesta 104 y la segunda capa compuesta 108 a una velocidad de hasta 7620 centímetros por minuto, lo que puede considerarse una velocidad relativamente alta para la fabricación. La formación de componentes utilizando un sistema de colocación 102 es bien conocida en la técnica.

60 Durante el proceso de colocación, las fibras compuestas sueltas, los materiales de embolsado, los materiales de trenzado, la cinta y otros materiales extraños pueden desprenderse y colocarse entre las capas compuestas 104, 108. Si estos materiales extraños no se detectan y permanecen, pueden causar arrugas, porosidad y/o deslaminación de la estructura terminada que, a su vez, puede resultar en la reelaboración o el desguace de la estructura terminada. Estos materiales extraños, así como las grietas que pueden desarrollarse, son difíciles de detectar, por ejemplo, debido a que el color de
65 la superficie de las capas compuestas o las estructuras metálicas pueden camuflar o enmascarar el material extraño. Una vez que la estructura compuesta se ha curado en autoclave o con una bolsa de vacío, estos materiales extraños pueden

provocar el rechazo de una estructura grande durante la inspección visual posterior o las pruebas no destructivas.

El sistema de inspección 100 de la FIG. 1 incluye una cámara de fondo 114, una cámara de retroalimentación 116, una fuente de iluminación 118 configurada para emitir una luz con patrón 120 (es decir, un patrón de luz, salida de luz, salida de luz con patrón) y una pantalla 122, cada uno acoplado eléctricamente con un controlador 124. El sistema de inspección 100 puede incluir además un procesador 126 como uno o más microprocesadores o un sistema de procesamiento, que puede ser parte del controlador 124 como se muestra o puede ser un componente del sistema separado acoplado eléctricamente al controlador 124.

La fuente de iluminación 118 está configurada para emitir la luz 120 con patrón sobre una primera sección 130 de una de las capas compuestas, por ejemplo, la primera capa compuesta 104 como se muestra en la FIG. 1. La fuente de iluminación 118 puede ser o incluir una matriz 200 de diodos orgánicos emisores de luz (OLED) (FIG. 2) que incluye una pluralidad de OLED 202 (representados en el detalle de corte ampliado de la FIG. 2) u otra fuente de iluminación configurable como se describe este documento. Cada OLED de la pluralidad de OLED 202 puede configurarse para generar una intensidad de al menos 1000 lux y puede tener una eficiencia luminosa de al menos 100 lúmenes por vatio (lm/W), o al menos 125 lm/W, o al menos 150 lm/W, para permitir una iluminación muy brillante del fondo, lo que ayuda a poder distinguir diferentes colores. La fuente de iluminación 118 está eléctricamente acoplada y puede ser controlada por el controlador 124 y/o el procesador 126. La luz con patrón 120 es variable o configurable con respecto a uno o más de una intensidad de luz, un matiz de la luz con patrón emitida por la fuente de iluminación 118, una saturación de la luz con patrón 120 y uno o más colores emitidos por la fuente de iluminación 118.

La primera sección 130 de la primera capa compuesta 104 está iluminada por la luz con patrón 120 de la fuente de iluminación 118, mientras que una segunda sección 132 de la primera capa compuesta 104 no está iluminada por la luz con patrón 120, pero está iluminada por otra fuente de iluminación (no representados individualmente por simplicidad) como la iluminación ambiental o una fuente de luz dedicada. Como se representa, la cámara de retroalimentación 116 está configurada para generar imágenes de la primera sección 130 de la primera capa compuesta 104 (es decir, la luz con patrón que se refleja desde la primera sección 130). La cámara de fondo 114 está configurada para generar imágenes de la segunda sección 132 de la primera capa compuesta 104 (es decir, la luz que se refleja desde la segunda sección 132), por ejemplo, bajo iluminación de luz blanca. Una o más de la cámara de fondo 114 y la cámara de retroalimentación 116 pueden incluir un generador de imágenes de dispositivo de carga acoplada (CCD), un generador de imágenes de semiconductor de óxido de metal complementario (CMOS) u otro generador de imágenes adecuado. Una o más de la cámara de fondo 114 y la cámara de retroalimentación 116 pueden ser una videocámara de alta velocidad.

La pantalla 122 acoplada al controlador 124 muestra la salida de la cámara de retroalimentación 116 para que la revise un operador como se describe a continuación.

Como se discutió anteriormente, el color de la superficie de las estructuras compuestas o metálicas puede camuflar o enmascarar materiales extraños en la superficie del compuesto. Los sistemas de inspección convencionales son generalmente ineficaces para detectar de manera confiable estos materiales extraños, particularmente cuando el material extraño tiene la misma composición, color y textura que la capa compuesta o similar. Las capas compuestas pueden tener un alto contenido de carbono que proporciona un fondo oscuro y los defectos pueden incluir fibras de carbono oscuras que son difíciles de visualizar en el fondo de carbono oscuro.

En una implementación de las presentes enseñanzas, el procesador 126 del sistema de inspección 100 representado en la FIG. 1 realiza el procesamiento de imágenes y la comparación de una primera salida (por ejemplo, un primer conjunto de datos) derivada de la cámara de retroalimentación 116 con una segunda salida (un segundo conjunto de datos) derivada de la cámara de fondo 114. El procesador 126, a través del controlador 124, puede entonces modificar la salida de luz 120 con patrón por la fuente de iluminación 118. Una vez que la luz con patrón 120 se ha modificado de acuerdo con un patrón determinado por el procesador 126 con base en el procesamiento y la comparación de imágenes, la primera salida de la cámara de retroalimentación 116 se puede comparar nuevamente con la segunda salida de la cámara de fondo 114, que se utiliza para modificar la salida de luz con patrón 120 por la fuente de iluminación 118. Esta serie de comparaciones o cambios resultantes en la salida de luz con patrón por la fuente de iluminación puede continuar en un intento de igualar o camuflar el fondo (es decir, la cancelación o los colores de fondo; para homogeneizar la luz reflejada desde el fondo de la primera sección de la primera capa compuesta) de manera que solo se detecten el (los) material(es) extraño(s), la(s) grieta(s), la(s) picadura(s) y/u otras anomalías o defectos de la superficie diferenciada del fondo dentro de la imagen tomada por la cámara de retroalimentación 116. Las cualidades y características de la luz con patrón 120 pueden ser ajustadas por el controlador 124, por ejemplo, hasta que las características de fondo de la primera capa compuesta 104 representada por la cámara de retroalimentación 116 se eliminen de manera suficiente como para que cualquier defecto se visualice con un alto contraste en comparación con el fondo. Además, se puede tomar una primera imagen de la superficie de la primera capa compuesta 104 antes de la iluminación con la luz con patrón 120 y compararla y evaluarla con una segunda imagen de la superficie de la primera capa compuesta 104 tomada después de la iluminación con la luz con patrón 120 para determinar la eficacia de la luz 120 con patrón, que puede ajustarse adicionalmente para contrastar más cualquier defecto(s) superficial(es) con la superficie de fondo. Una vez que el procesador 126 determina que se ha alcanzado o aproximado este estado final a través del proceso de control de retroalimentación de la fuente de iluminación 118, el controlador 124 puede mostrar la imagen en la pantalla 122 para que la vea un operador, quien luego puede corregir anomalía de la superficie. La corrección puede incluir la eliminación del material extraño, el

reposicionamiento de la primera capa compuesta 104, la reparación de un defecto superficial u otro defecto en la primera capa compuesta 104 u otra corrección.

Esta técnica está habilitada, al menos en parte, por el control de retroalimentación en la selección individual de más de un millón de colores, tono variable, saturación variable y patrones variables que pueden ser emitidos por la fuente de iluminación 118 en la primera sección 130 de la primera capa compuesta 104. Una luz con patrón adecuada 120 que sustrae el fondo se habilita, además, al menos en parte, por la segunda salida derivada por la cámara de fondo cuando el fondo está iluminado por luz tal como luz blanca. El fondo fotografiado por la cámara de fondo 114 puede ser analizado por el procesador 126, que luego altera la luz con patrón 120 para homogeneizar la reflectancia del fondo, y/o para camuflar el fondo en la primera sección 130. Al homogeneizar la reflectancia y/o al camuflar el fondo de la primera sección 130, se aumenta el contraste de anomalías y/o defectos tales como materiales extraños, grietas, picaduras, etc., mejorando de esta manera la detección de estas anomalías y/o defectos. La fuente de iluminación 118 puede producir simultáneamente varios millones de tonos de color por segundo mientras varía el tono, la saturación, la intensidad y el patrón, que puede seleccionar el procesador 126, adaptando de esta manera el entorno de visualización para mejorar la capacidad de detectar defectos. El ajuste de la luz con patrón 120 con respecto a uno o más de color, intensidad, matiz y saturación ayuda a distinguir un patrón inherente del fondo de anomalías que pueden camuflarse bajo la luz blanca.

La FIG. 3 representa una primera vista 300 de un fondo 302 de una parte de una pieza de trabajo tal como la primera capa compuesta 104 que podría ser reflejada por una cámara bajo iluminación de luz blanca. La pieza de trabajo incluye un defecto 304 que está camuflado por el fondo 302 y es difícil de detectar, ya sea visualmente o mediante el procesamiento de imágenes convencional. La FIG. 4 representa una segunda vista 400 del mismo fondo 302 que podría ser captado por la cámara de retroalimentación 116 bajo luz con patrón 120 después de realizar el control de retroalimentación de la fuente de iluminación 118 como se describió anteriormente. En la FIG. 4, la luz reflejada desde el fondo 302 se homogeneiza y el contraste del defecto 304 en relación con el fondo 302 aumenta y se detecta más fácilmente bajo la luz 120 con patrón después de realizar el control de retroalimentación que bajo la iluminación con luz blanca o luz ambiental de la FIG. 3.

En contraste con técnicas tales como la "ruptura del camuflaje", la presente divulgación no implica ni se basa en la polarización para mejorar la detección de defectos. En cambio, las presentes enseñanzas pueden incluir la homogeneización de la reflectancia de fondo de manera que la reflectancia del fondo se vuelva uniforme con respecto al patrón y la intensidad de la luz reflejada, camuflando de esta manera el fondo y mejorando el contraste y la detección de defectos. El sistema de inspección 100 usa la imagen de fondo de la cámara de fondo 114 en la segunda sección 132 para estimar el fondo en la primera sección 130 y para alterar la luz con patrón 120 para mejorar aún más el camuflaje del fondo en la primera sección 130. El efecto de luz o el patrón de luz que se aplica a la luz con patrón 120 camufla de esta manera el fondo en la primera sección 130 introduciendo un mecanismo de luz que sustrae el fondo de la imagen visualizada. En otras palabras, la luz con patrón 120 se ajusta, controla y/o varía de manera que la luz reflejada desde la primera sección 130 de la primera capa compuesta 104 sea homogénea o uniforme en toda la imagen con respecto a uno o más patrones, tonos, saturación, color e intensidad. En efecto, se crea un nuevo fondo homogéneo o camuflado que, cuando se visualiza usando la cámara de retroalimentación 116, muestra anomalías en la superficie. Por ejemplo, mientras que el fondo 302 de la FIG. 3 bajo iluminación de luz blanca camufla el defecto 304, el fondo 302 de la FIG. 4 bajo la iluminación de la luz con patrón 120 posterior al control de retroalimentación resalta el defecto 304 y facilita la detección del defecto 304.

Como se discutió anteriormente, el sistema de inspección 100 de la FIG. 1 incluye una pantalla 122 que muestra la salida de la cámara de retroalimentación 116 que puede ver un operador. Si se detecta una anomalía en la superficie, un operador puede corregir la anomalía utilizando uno de los métodos descritos anteriormente o un método diferente. La FIG. 5 representa otro sistema de inspección 500 que incluye la corrección automática de una anomalía superficial. Se observará que las características o subestructuras del sistema de inspección que son similares a las representadas y descritas con referencia a la FIG. 1 están numeradas de manera similar y no se describen en detalle para la representación de la FIG. 5 por simplicidad.

El sistema de inspección 500 incluye una cámara de inspección 502 conectada eléctricamente al controlador 124 y al procesador 126. La cámara de inspección 502 toma imágenes de la primera sección 130 de la primera capa compuesta 104 y envía una tercera salida (por ejemplo, un tercer conjunto de datos) al procesador 126. El procesador 126 analiza los datos de la cámara de retroalimentación 116 y la cámara de fondo 114 para detectar defectos. Tras la detección de un defecto 304 (FIG. 4) en o dentro de la pieza de trabajo 104, el procesador 126 usa la cámara de inspección 502 para controlar el movimiento de un sistema de transporte de presión 504 para posicionar el sistema de transporte de presión 504, por ejemplo, una boquilla 506 del sistema de transporte a presión, de forma relativa al defecto. El sistema de transporte de presión puede ser o incluir un soplador que emite una corriente de aire hacia el defecto, un vacío para aplicar una fuerza de vacío al defecto, o un soplador y un vacío que pueden activarse o acoplarse individual y selectivamente. Una vez que el procesador 126 coloca correctamente la boquilla 506 en relación con el defecto utilizando el controlador 124 y la cámara de inspección 502, el controlador 124 activa o acopla el sistema de transporte de presión en un intento de desalojar el defecto de la pieza de trabajo 104.

En el diagrama de flujograma o diagrama de flujo de la FIG. 6 se muestra un método 600 para inspeccionar una pieza de trabajo. El método 600 puede proceder mediante la operación o el uso de una o más de las estructuras representadas en

las figuras como se describe anteriormente y, por lo tanto, se describe con referencia a las FIGS. 1-5; sin embargo, se apreciará que el método 600 no está limitado a ninguna estructura o uso en particular a menos que se indique expresamente en este documento. Se apreciará además que mientras el método 600 se describe como una serie de actos o eventos, las presentes enseñanzas no están limitadas por el orden de tales actos o eventos. Algunos actos pueden ocurrir en diferente orden y/o concurrentemente con otros actos o eventos distintos a los que se describen en la presente. Además, un método de acuerdo con las presentes enseñanzas puede incluir otros actos o eventos que no se han representado por simplicidad, mientras que otros actos o eventos representados pueden eliminarse o modificarse.

El método para inspeccionar una pieza de trabajo puede comenzar emitiendo una luz con patrón 120 en una primera sección 130 de una pieza de trabajo 104 como en 602. La luz con patrón 120 puede emitirse usando una fuente de iluminación 118 como una matriz OLED 200 u otra fuente de iluminación 118. La luz con patrón 120 reflejada desde la primera sección 130 de la pieza de trabajo 104 se refleja posteriormente para generar una primera salida como en 604, por ejemplo, usando una cámara de retroalimentación 116 para producir la primera salida. Como se muestra en 606, se forma una imagen de una segunda sección 132 de la pieza de trabajo 104 que no está iluminada por la luz 120 con patrón para generar una segunda salida, por ejemplo, usando una cámara de fondo 114 para producir la segunda salida. La primera salida se compara con la segunda salida en 608 usando, por ejemplo, análisis de patrones. Si se determina en 610 que la luz con patrón no es suficiente para camuflar el fondo de la pieza de trabajo como en 612, la luz con patrón 120 se modifica, por ejemplo, utilizando el procesador 126 y el controlador 124, y la luz con patrón alterado 120 se envía a la primera sección 130 de la pieza de trabajo 104 como en 602, donde el proceso (por ejemplo, el proceso de control de realimentación) continúa de acuerdo con el diagrama de flujo de la FIG. 6. Si se determina en 610 que la luz con patrón 120 es suficiente para camuflar el fondo de la pieza de trabajo, la primera salida se verifica o analiza para determinar si existen defectos en la primera sección 130 como en 614. Por ejemplo, la primera salida puede visualizarse en una pantalla 122 para revisión por parte de un operador de acuerdo con la FIG. 1, o el procesador 126 puede realizar un análisis de los datos disponibles según la FIG. 5. Si la primera salida indica que hay defectos presentes como en 616, los defectos son corregidos, por ejemplo, por un operador o utilizando la cámara de inspección 502 y el sistema de transporte a presión 504.

Se contempla que cada uno de los componentes o subsistemas del sistema de inspección puedan estar interconectados eléctrica y comunicativamente en varias configuraciones, dependiendo del diseño del sistema de inspección. La FIG. 7 es un diagrama de bloques funcional ejemplar que representa un sistema de inspección 700 según una implementación de las presentes enseñanzas. Los elementos que son opcionales para algunas implementaciones se representan con líneas discontinuas, aunque otros elementos que no se muestran con líneas discontinuas también pueden ser opcionales para algunas otras implementaciones. Además, un sistema de inspección 700 puede incluir otras estructuras que, por simplicidad, no se han representado ni descrito.

El sistema de inspección 700 incluye un controlador 702 y un procesador 704, que pueden ser parte del controlador 702 o estar separados del mismo. Una cámara de inspección 706, una cámara de fondo 708 y una cámara de retroalimentación 710 cada una proporciona datos de imagen al procesador 704 para el análisis, que se usa para controlar una fuente de iluminación 712, una pantalla 714 y un transportador de presión 716 como se muestra. El sistema de inspección 700 se puede emplear para realizar la inspección de una pieza de trabajo como se describe anteriormente para otros usos.

En una realización preferida que puede combinarse con cualquiera de las realizaciones anteriores, un sistema de inspección para detectar defectos en una pieza de trabajo puede incluir una fuente de iluminación para iluminar una primera sección de la pieza de trabajo con una luz con patrón, donde la fuente de iluminación no ilumina una segunda sección de la pieza de trabajo. El sistema de inspección incluye además una cámara de retroalimentación para obtener imágenes de la primera sección y producir una primera salida, y una cámara de fondo para obtener imágenes de la segunda sección y producir una segunda salida. Un procesador compara la primera salida con la segunda salida, y un controlador altera la luz con patrón que emite la fuente de iluminación en función de la comparación. Este control de retroalimentación continúa hasta que el fondo es adecuadamente homogéneo o camuflado en comparación con el defecto, de manera que se incrementa la visibilidad y/o la detectabilidad del defecto.

A pesar de que los rangos numéricos y los parámetros que establecen el amplio alcance de las presentes enseñanzas son aproximaciones, los valores numéricos establecidos en los ejemplos específicos se informan con la mayor precisión posible. Sin embargo, cualquier valor numérico contiene inherentemente ciertos errores que resultan necesariamente de la desviación estándar encontrada en sus respectivas mediciones de prueba. Además, se debe entender que todos los intervalos descritos en el presente documento abarcan todos y cada uno de los subintervalos incluidos en el mismo. Por ejemplo, un rango de "menos de 10" puede incluir todos y cada uno de los subrangos entre (e incluyendo) el valor mínimo de cero y el valor máximo de 10, es decir, todos y cada uno de los subrangos que tienen un valor mínimo de igual o superior a cero y un valor máximo igual o inferior a 10, por ejemplo, de 1 a 5. En determinados casos, los valores numéricos indicados para el parámetro pueden tomar valores negativos. En este caso, el valor de ejemplo del rango establecido como "menos de 10" puede asumir valores negativos, por ejemplo, -1, -2, -3, -10, -20, -30, etc.

Si bien las presentes enseñanzas se han ilustrado con respecto a una o más implementaciones, el alcance de la presente invención se define en las reivindicaciones adjuntas. Por ejemplo, se apreciará que mientras el proceso se describe como una serie de actos o eventos, las presentes enseñanzas no están limitadas por el orden de tales actos o eventos. Algunos actos pueden ocurrir en diferente orden y/o concurrentemente con otros actos o eventos distintos a los que se describen

5 en la presente. Además, no todas las etapas del proceso pueden requerir implementar una metodología de acuerdo con uno o más aspectos o implementaciones de las presentes enseñanzas. Se apreciará que pueden añadirse componentes estructurales y/o etapas de procesamiento o pueden eliminarse o modificarse componentes estructurales y/o etapas de procesamiento existentes. Además, uno o más de los actos que se describen en la presente pueden llevarse a cabo en uno o más actos y/o fases separados. Además, en la medida en que los términos "incluyendo", "incluye", "teniendo", "tiene", "con" o variantes de los mismos se utilicen en la descripción detallada y en las reivindicaciones, dichos términos pretenden ser inclusivos en una manera similar al término "que comprende". El término "al menos uno de" se utiliza para indicar que se pueden seleccionar uno o más de los elementos enumerados. Tal como se usa en la presente, el término "uno o más de" con respecto a una lista de elementos como, por ejemplo, A y B, significa A solo, B solo o A y B. Además, 10 en la discusión y las reivindicaciones de la presente, el término "sobre" usado con respecto a dos materiales, uno "sobre" el otro, significa al menos algún contacto entre los materiales, mientras que "por encima de" significa que los materiales están en proximidad, pero posiblemente con uno o más materiales intermedios adicionales de tal manera que el contacto es posible pero no obligatorio. Ni "sobre" ni "por encima de" implican ninguna direccionalidad como se usa en la presente. El término "conformal" describe un material de revestimiento en el que los ángulos del material subyacente se conservan mediante el material de conformación. El término "alrededor de" indica que el valor enumerado puede alterarse un poco, siempre que la alteración no resulte en una falta de conformidad del proceso o la estructura con la implementación 15 ilustrada. Finalmente, "ejemplar" indica que la descripción se usa como un ejemplo, en lugar de implicar que es un ideal.

20 Los términos de posición relativa, tal como se utilizan en esta solicitud, se definen con base en un plano paralelo al plano convencional o superficie de trabajo de una pieza de trabajo, independientemente de la orientación de la pieza de trabajo. El término "horizontal" o "lateral", como se usa en esta solicitud, se define como un plano paralelo al plano convencional o superficie de trabajo de una pieza de trabajo, independientemente de la orientación de la pieza de trabajo. El término "vertical" se refiere a una dirección perpendicular a la horizontal. Términos como "sobre", "lateral" (como en "pared lateral"), "más alto", "más bajo", "por encima de", "superior" y "debajo" se definen con respecto al plano convencional o 25 superficie de trabajo que está en la superficie superior de la pieza de trabajo, independientemente de la orientación de la pieza de trabajo.

REIVINDICACIONES

1. Un método para inspeccionar una pieza de trabajo, que comprende:

5 emitir una luz con patrón (120) sobre una primera sección de la pieza de trabajo (104) usando una fuente de iluminación (118), donde la primera sección de la pieza de trabajo (130) refleja la luz con patrón;
 obtener imágenes a partir de la luz con patrón reflejada desde la primera sección de la pieza de trabajo usando una cámara de retroalimentación (116) para generar una primera salida;
 10 obtener imágenes de una segunda sección de la pieza de trabajo (132) que no está iluminada por la fuente de iluminación usando una cámara de fondo (114) para generar una segunda salida;
 comparar la primera salida con la segunda salida y
 alterar la luz con patrón (120) emitida por la fuente de iluminación (118) cambiando uno o más de una intensidad, un matiz, una saturación y un color de la luz con patrón con base en la comparación de la primera salida con la segunda salida, aumentando de esta manera el contraste de uno o más defectos situados en la primera sección de la pieza de
 15 trabajo.

2. El método de la reivindicación 1, donde la fuente de iluminación (118) comprende al menos un millón de diodos orgánicos emisores de luz (OLED), y la alteración de la salida de luz con patrón por la fuente de iluminación comprende controlar individualmente la intensidad de cada uno de los OLED,
 20 donde cada OLED está preferiblemente configurado para emitir al menos 1000 lux.

3. El método de la reivindicación 1 o 2, que además comprende mostrar los datos obtenidos de la primera salida de la cámara de retroalimentación en una pantalla (122, 714) para que los inspeccione un operador.

25 4. El método de cualquiera de las reivindicaciones 1 a 3, que además comprende:

obtener imágenes de la luz con patrón reflejada desde la primera sección de la pieza de trabajo (130) usando una cámara de inspección (502, 706) para generar una tercera salida;
 enviar los datos obtenidos de la tercera salida desde la cámara de inspección a un procesador (126, 704); y
 30 usar el procesador para analizar los datos obtenidos de la tercera salida para detectar uno o más defectos en la primera sección de la pieza de trabajo.

5. El método de cualquiera de las reivindicaciones 1 a 4, que además comprende:

35 detectar uno o más defectos sobre o dentro de la pieza de trabajo durante la comparación;
 usar un controlador (124, 702) para colocar un sistema de transporte a presión (504) en relación con uno o más defectos y
 activar el sistema de transporte a presión para desalojar uno o más defectos de la pieza de trabajo,
 40 donde la activación del sistema de transporte a presión (504) comprende preferiblemente al menos uno de activar un soplador para generar una corriente de aire para desalojar uno o más defectos y activar un vacío para aplicar una fuerza de vacío a uno o más defectos.

6. El método de cualquiera de las reivindicaciones 1 a 5, que además comprende:

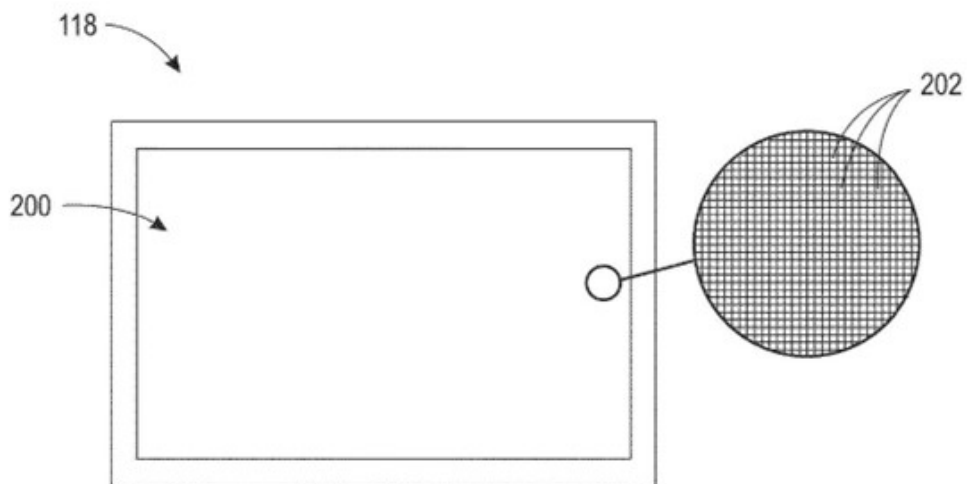
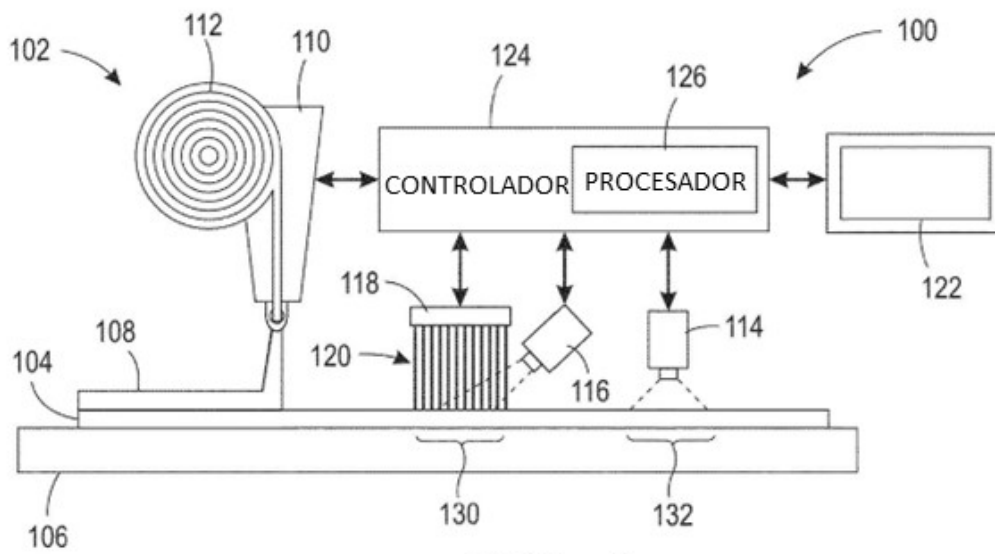
45 depositar una primera capa compuesta (112) de la pieza de trabajo (104) sobre una superficie de trabajo utilizando un sistema de colocación compuesto (102), donde la primera sección de la pieza de trabajo (130) es una primera sección de un subconjunto de aeronave y la segunda sección de la pieza de trabajo (132) es una segunda sección de la pieza de trabajo;
 50 realizar la obtención de imágenes de la luz con patrón (120) reflejada desde la primera sección del subconjunto de aeronave;
 depositar una segunda capa compuesta (108) del subconjunto de aeronave sobre la primera capa compuesta;
 enviar la luz con patrón (120) a una primera sección de la segunda capa compuesta utilizando la fuente de iluminación (118, 712), donde la primera sección de la segunda capa compuesta refleja la luz con patrón y
 55 obtener imágenes de la luz con patrón reflejada desde la primera sección de la segunda capa compuesta usando la cámara de retroalimentación (116, 710) para generar una tercera salida.

7. El método de una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 6, donde la alteración de la luz con patrón (120) da como resultado la homogeneización de la luz reflejada desde la segunda sección de la pieza de trabajo (132), excepto la luz reflejada desde uno o más defectos.
 60

8. Un sistema de inspección, preferiblemente para llevar a cabo el método de inspección de cualquiera de las reivindicaciones 1 a 7, donde el sistema comprende:

65 una fuente de iluminación (118, 712) configurada para emitir una luz con patrón (120) y para iluminar una primera sección de una pieza de trabajo (130) con la luz con patrón;
 una cámara de retroalimentación (116, 710) configurada para generar imágenes de la luz con patrón desde la fuente de

- iluminación que se refleja desde la primera sección de la pieza de trabajo y para generar una primera salida;
 una cámara de fondo (114, 708) configurada para generar imágenes de una segunda sección de la pieza de trabajo (132)
 que no está iluminada por la fuente de iluminación y para generar una segunda salida y
 un controlador (124, 702) acoplado a la fuente de iluminación, la cámara de retroalimentación y la cámara de fondo, donde
 5 el controlador está configurado para alterar la salida de luz con patrón por la fuente de iluminación cambiando uno o más
 de una intensidad, un tono, una saturación y un color de la luz con patrón con base en una comparación de la primera
 salida con la segunda salida, aumentando de esta manera el contraste de uno o más defectos ubicados en la primera
 sección de la pieza de trabajo.
- 10 9. El sistema de inspección de la reivindicación 8, donde la fuente de iluminación (118, 712) es una pantalla de diodos
 orgánicos emisores de luz (OLED) que comprende preferiblemente al menos un millón de OLED.
- 15 10. El sistema de inspección de la reivindicación 8 o 9, donde la fuente de iluminación (118, 712) es una pantalla de diodos
 orgánicos emisores de luz (OLED) que comprende una pluralidad de OLED, donde el controlador (124, 702) está
 configurado para alterar el patrón salida de luz (120) por la fuente de iluminación controlando individualmente cada OLED
 de la pluralidad de cada OLED con respecto a la intensidad de la luz,
 donde cada OLED está preferiblemente configurado para emitir una intensidad de al menos 1000 lux y/o para tener una
 eficiencia luminosa de al menos 100 lúmenes por vatio.
- 20 11. El sistema de inspección de cualquiera de las reivindicaciones 8 a 10, que comprende además una pantalla visual
 (122, 714) para mostrar los datos obtenidos de la primera salida generada por la cámara de retroalimentación,
 donde la pantalla visual (122, 714) está configurada preferiblemente para mostrar una imagen de uno o más defectos
 ubicados en la primera sección de la pieza de trabajo reflejada por la cámara de retroalimentación para que la revise un
 operador.
- 25 12. El sistema de inspección de cualquiera de las reivindicaciones 8 a 11, que comprende además una cámara de
 inspección (502, 706) para obtener imágenes de la primera sección de la pieza de trabajo (130) durante la iluminación por
 la fuente de iluminación y para proporcionar una tercera salida al controlador.
- 30 13. El sistema de inspección de la reivindicación 12, que además comprende un sistema de transporte de presión (504)
 acoplado eléctricamente y controlado por el controlador, donde el controlador está configurado para posicionar el sistema
 de transporte de presión en relación con uno o más defectos detectados durante la comparación utilizando la tercera
 salida de la cámara de inspección y para activar el sistema de transporte de presión con el fin de desalojar uno o más
 defectos de una superficie de la pieza de trabajo, donde el sistema de transporte de presión 504 comprende
 35 preferiblemente al menos uno de un soplador configurado para generar una corriente de aire para desalojar uno o más
 defectos y un vacío configurado para aplicar una fuerza de vacío a uno o más defectos.
- 40 14. El sistema de inspección de cualquiera de las reivindicaciones 8 a 13, donde la fuente de iluminación (118, 712)
 comprende una matriz de al menos un millón de elementos de iluminación que son controlables individualmente con
 respecto a la intensidad, y el controlador está configurado para variar la intensidad, matiz, saturación, color y patrón de la
 salida de luz por la fuente de iluminación de tal manera que la cámara de retroalimentación obtiene imágenes de una
 superficie que es homogénea con respecto a la intensidad, matiz, saturación y color, excepto por uno o más defectos en
 o dentro de la superficie de la pieza de trabajo.
- 45 15. Una línea de fabricación de aeronaves, que comprende:
 un sistema de colocación compuesto configurado para depositar una pluralidad de capas de un subconjunto de aeronave
 compuesto sobre una superficie de trabajo;
 un sistema de inspección (100, 700) de cualquiera de las reivindicaciones 8 a 14 para inspeccionar el subconjunto
 50 compuesto de aeronave durante una deposición de la pluralidad de capas.



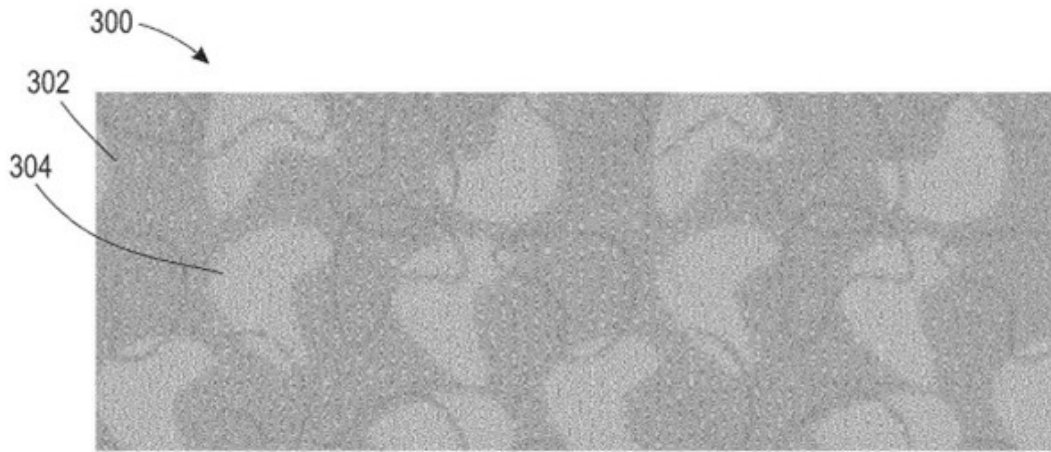


FIG. 3

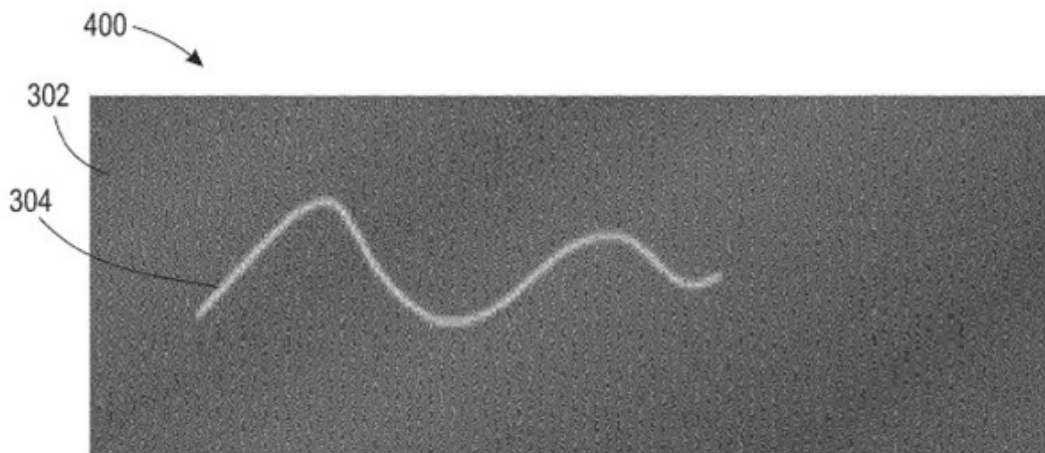


FIG. 4

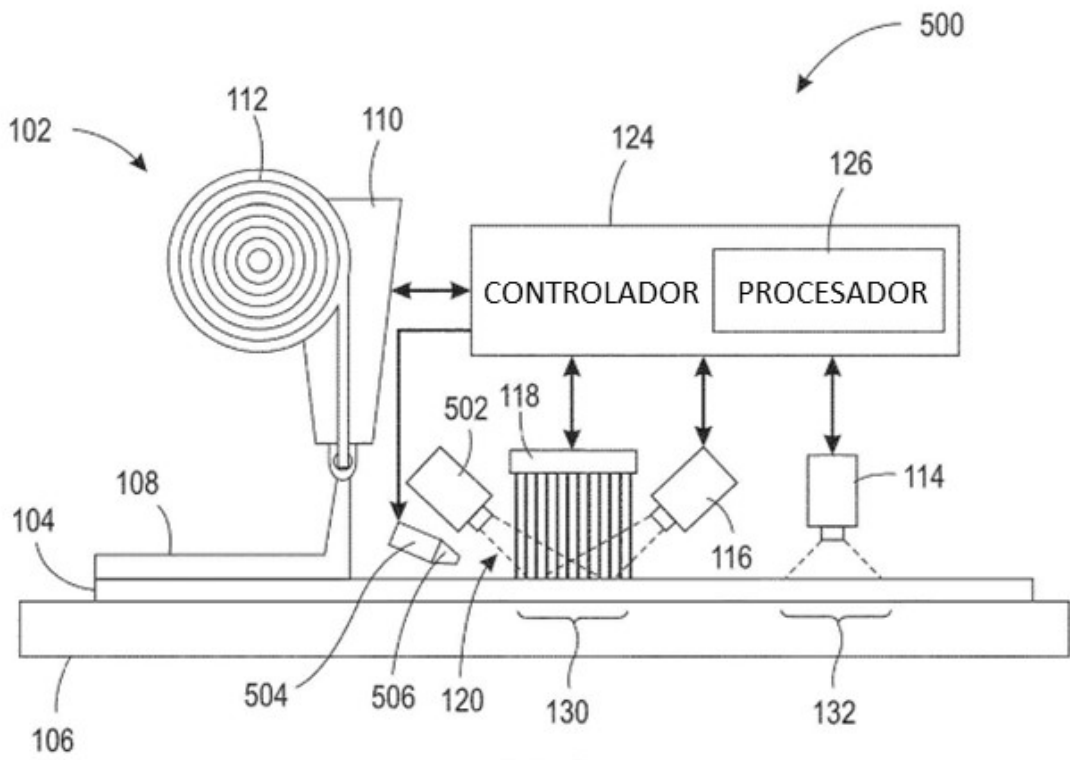


FIG. 5

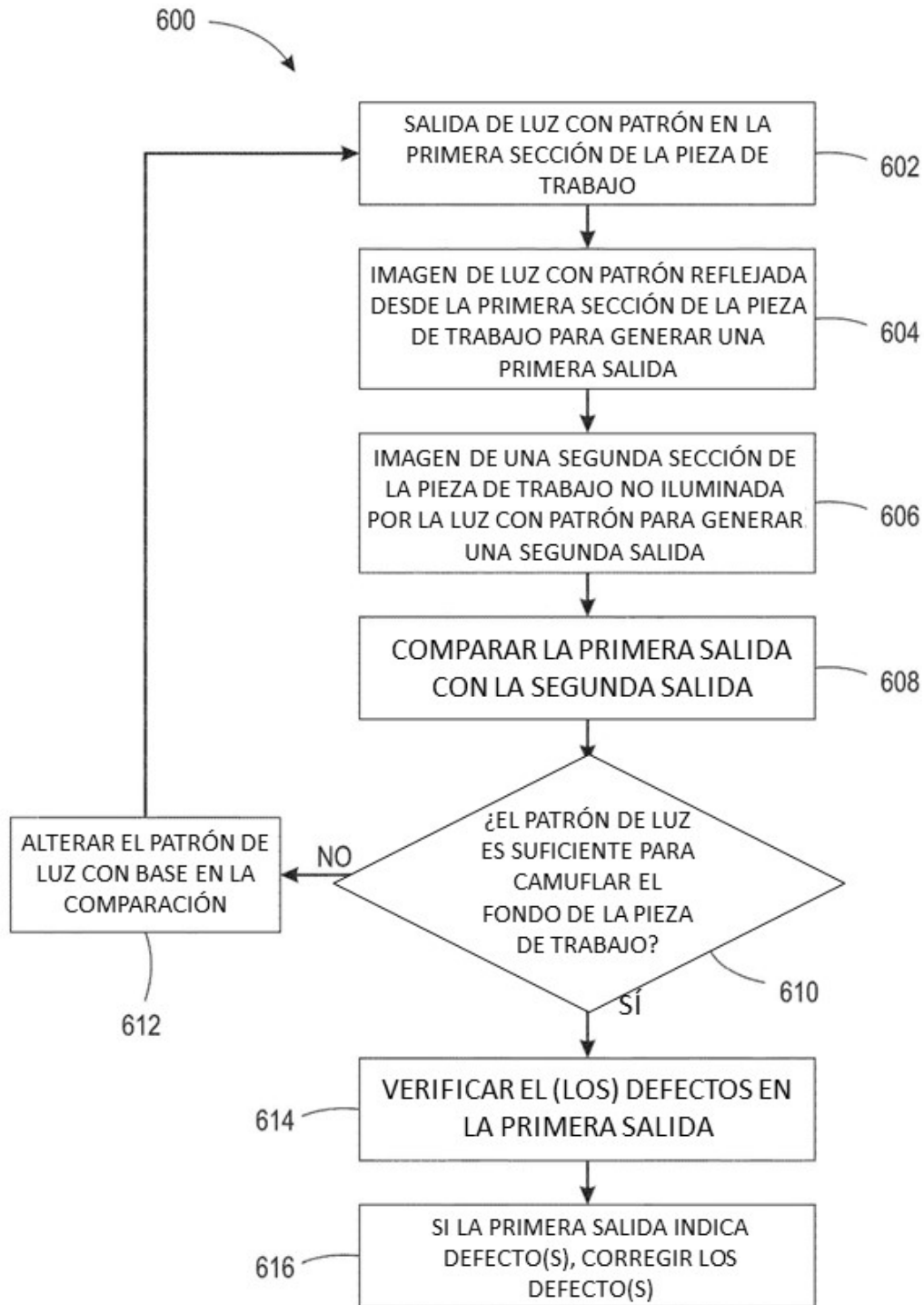


FIG. 6

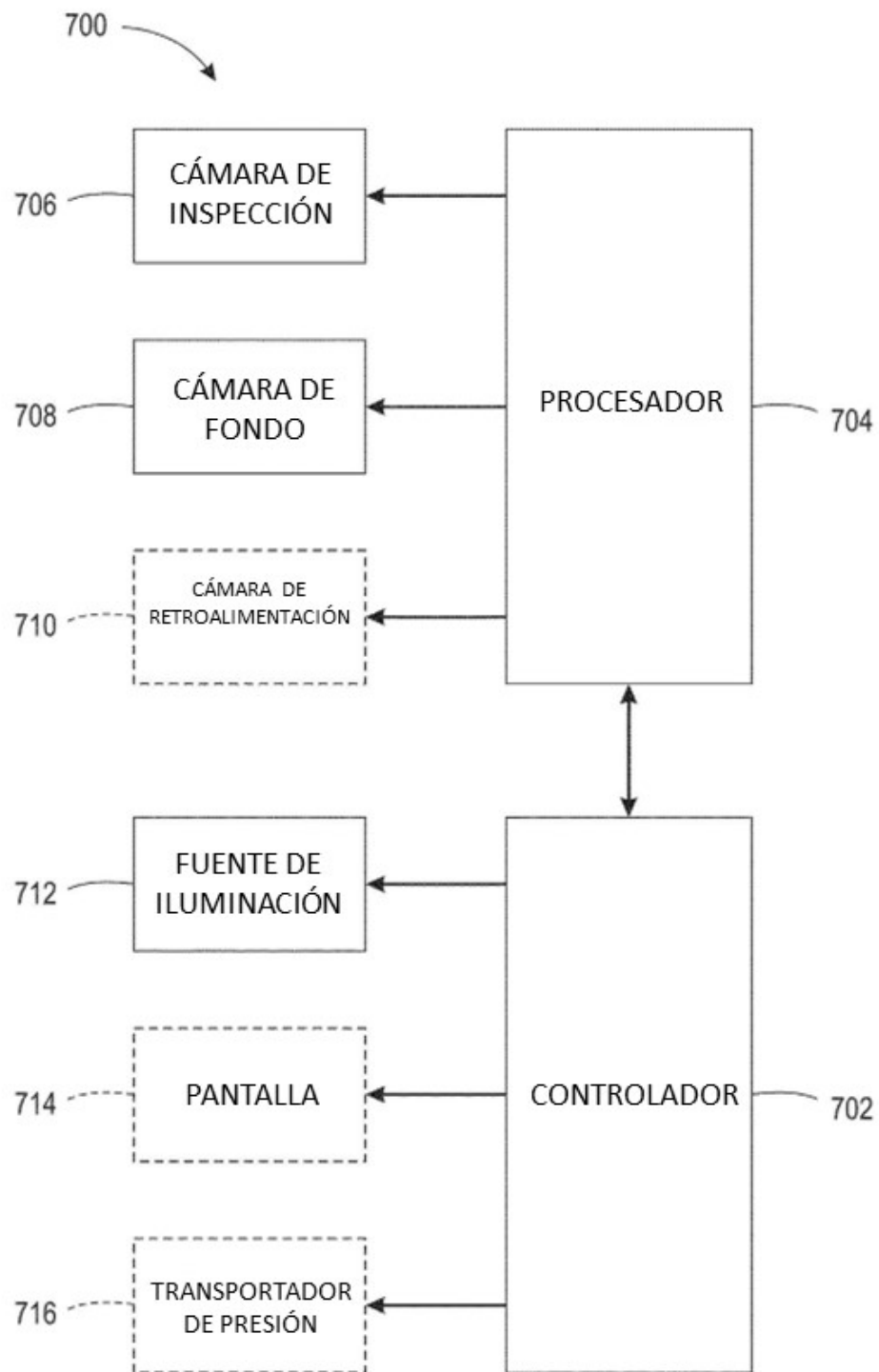


FIG. 7