

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 804 837**

51 Int. Cl.:

G01N 21/90 (2006.01)

G01N 21/88 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **15.07.2016** **E 16179818 (6)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **13.05.2020** **EP 3118609**

54 Título: **Herramienta de control de detección por láser de longitud de onda múltiple**

30 Prioridad:

17.07.2015 US 201562193863 P
27.06.2016 US 201615194088

45 Fecha de publicación y mención en BOPI de la
traducción de la patente:
09.02.2021

73 Titular/es:

EMHART GLASS S.A. (100.0%)
Hinterbergstrasse 22
6330 Cham, CH

72 Inventor/es:

HUIBREGTSE, DAVID y
FRENCH, SCOTT L.

74 Agente/Representante:

ELZABURU, S.L.P

ES 2 804 837 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

Herramienta de control de detección por láser de longitud de onda múltiple

Campo de la invención

Esta invención generalmente se refiere a máquinas que inspeccionan envases de vidrio en busca de defectos.

5 Antecedentes de la invención

En la industria de los envases de vidrio, las grietas pequeñas o fracturas en el vidrio se refieren como "defectos de control". Los controles pueden variar desde por debajo de milímetros hasta varios cientos de milímetros y pueden orientarse en cualquier dirección, desde la vertical hasta la horizontal. El vidrio no es una estructura cristalina por naturaleza, pero la mayoría de las grietas se propagan aproximadamente a lo largo de un plano de cierta orientación en el espacio, determinado principalmente por la forma del vidrio en esa ubicación. Por ejemplo, una grieta que comenzó como una grieta vertical en la superficie superior de la boca se propaga principalmente en un plano vertical. Los controles pueden aparecer en cualquier orientación y en cualquier parte de un envase y pueden existir totalmente dentro del vidrio o pueden penetrar en una o ambas superficies. Los controles se consideran objetos de fase y no absorben la luz como lo hacen los objetos sólidos. Los controles son principalmente de naturaleza reflectante si su separación de la superficie opuesta es de al menos media longitud de onda de la luz. Sin embargo, muy pocos controles con una separación menor reflejarán la luz y, en consecuencia, no es probable que sean detectables por métodos de reflexión directa, pero pueden tener puntos de dispersión cuando penetran en una o ambas superficies del envase y dispersarán la luz de regreso a los sensores.

La mayoría de estos defectos de grietas debilitarán drásticamente la botella, a menudo provocando la ruptura o fugas. Por lo tanto, los fabricantes de botellas quieren eliminar estos envases antes de que lleguen a las plantas de llenado. Los controles que aparecen cerca de la boca de los envases se llaman controles de acabado. En la industria de las botellas de vidrio, el término "acabado del envase" se refiere a la parte de la botella que define la boca, las roscas o el cordón y el anillo. La superficie superior de la boca se denomina superficie de sellado.

Casi todos los detectores de control disponibles en el mercado funcionan sobre el principio de la luz reflejada. Un detector de control convencional consiste en una serie de fuentes de luz puntuales que funcionan de manera continua y los foto-detectores asociados que se posicionan de manera que los controles conocidos en una botella que rota en una estación de inspección reflejarán la luz de una de las fuentes a uno de los foto-detectores. El procesamiento de la señal de las respuestas del foto-detector recupera los picos afilados mientras que rechaza las variaciones de la señal de frecuencia inferior provocadas por la luz ambiental, la reflexión de la pared lateral de la botella, las roscas, etc.

Si bien los detectores de control disponibles comercialmente se implementan con éxito en la mayoría de las líneas de producción de botellas de vidrio, existen varios inconvenientes en el tratamiento. Algunos de esos son: se requieren muchos sensores de punto para muchos ángulos de reflexión posibles; ciertos ángulos del sensor son difíciles de posicionar; se necesita añadir sensores y luces adicionales a medida que aparecen más defectos de producción; se requiere una configuración que requiere mucho tiempo para cada tipo de envase; y la dificultad de reproducir la misma configuración de una línea de inspección a otra.

Las siguientes patentes de EE.UU. nº. 4,701,612; 4,945,228; 4,958,223; 5,020,908; 5,200,801; 5,895,911; 6,104,482; 6,211,952; 6,275,287 y 7,815,539 se refieren todos a dispositivos que detectan defectos en el acabado de un envase. El documento US 3,302,786 divulga la inspección de un borde de un envase de vidrio con un láser. El haz láser se refleja internamente dentro de la pared del envase y cuando el haz láser incide sobre un defecto, una parte del haz láser se redirige y se detecta.

Las realizaciones de la presente invención proporcionan mejoras sobre el estado actual de la técnica en relación con el control de detección y particularmente al control de detección para controlar defectos dentro del acabado de un envase de vidrio. Sin embargo, esta técnica se puede aplicar a toda la inspección del envase.

Breve compendio de la invención

Según la invención, se proporciona un dispositivo de inspección de envases de vidrio según una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 15 adjuntas. Se proporciona además un método según la reivindicación 16 adjunta. La invención proporciona una inspección mejorada de envases de vidrio y más particularmente una inspección mejorada de control de defectos de la zona de acabado de los envases de vidrio. Se puede usar la inspección mejorada de los envases de vidrio para controlar los sistemas para retirar un envase de vidrio de un flujo de envases de vidrio de tal manera que solo queden los envases de vidrio que pasen la inspección.

El dispositivo de inspección de envases de vidrio para inspeccionar una zona acabada del envase de vidrio incluye un rotador, una primera fuente láser y una cámara. El rotador está configurado para hacer rotar un envase de vidrio seleccionado ubicado en una ubicación de inspección al menos 360 grados. La primera fuente láser está configurada para producir un primer haz láser. La primera fuente láser está configurada para dirigir el primer haz láser hacia la ubicación de inspección para formar un ángulo de incidencia con el envase de vidrio seleccionado que es mayor o

igual que un ángulo crítico para producir la reflexión interna del primer haz láser dentro del envase de vidrio seleccionado. La cámara se dirige hacia la ubicación de inspección para detectar la luz que escapa del envase de vidrio seleccionado como resultado del haz láser reflejado internamente que intersecta un defecto en el envase de vidrio seleccionado.

- 5 La primera fuente láser es una fuente láser de longitud de onda múltiple configurada de tal manera que el primer haz láser es un haz láser de longitud de onda múltiple. Al proporcionar una fuente láser de longitud de onda múltiple, se puede inspeccionar una pluralidad de colores de vidrio. La fuente láser de longitud de onda múltiple incluye fuentes láser de primera, segunda y tercera longitud de onda. La fuente láser de primera longitud de onda está configurada para producir un haz láser de primera longitud de onda de una primera longitud de onda de luz. La fuente láser de
10 segunda longitud de onda está configurada para producir un haz láser de segunda longitud de onda de una segunda longitud de onda de luz diferente a la primera longitud de onda de luz. La fuente láser de tercera longitud de onda está configurada para producir un haz láser de tercera longitud de onda de una tercera longitud de onda de luz diferente de la primera y segunda longitudes de onda de luz. La fuente de luz de longitud de onda múltiple está configurada para dirigir el haz láser de longitud de onda múltiple hacia la ubicación de inspección con un ángulo de incidencia mayor que o igual a un ángulo crítico para producir una reflexión interna total de al menos uno de los haces láser de
15 la primera, segunda y tercera longitudes de onda del haz láser de longitud de onda múltiple dentro del envase de vidrio seleccionado.

En una realización, la primera longitud de onda de luz está entre 440-490 nm, la segunda longitud de onda de luz está entre 495-570 nm y la tercera longitud de onda de luz está entre 620-750 nm.

- 20 En una realización más particular, la primera longitud de onda de luz está entre 440-460 nm, la segunda longitud de onda de luz está entre 510-530 nm y la tercera longitud de onda de luz está entre 625-665 nm.

En una realización, la primera fuente láser tiene una fuente de excitación que tiene un valor de potencia de entre 5-150 milivatios de potencia media de onda continua y más preferiblemente entre 25-100 milivatios de potencia media de onda continua.

- 25 En una realización, la primera fuente láser está ubicada y orientada funcionalmente con relación a la ubicación de inspección de tal manera que el primer haz láser tiene una primera dimensión paralela a un primer eje de entre 20 y 60 milímetros y una segunda dimensión a lo largo de un segundo eje perpendicular a la primera dimensión y al primer eje de entre 25 y 100 micrómetros.

- 30 En una realización, el rotador hace rotar el envase de vidrio seleccionado sobre un eje de rotación del envase. El primer eje del primer haz láser está en un ángulo de entre 0 y 15 grados con relación al eje de rotación del envase en un plano ortogonal al eje de enfoque del primer haz láser.

- En una realización, el dispositivo incluye una disposición de transporte del envase de vidrio para transportar el envase de vidrio seleccionado hacia la ubicación de inspección, configurado para detener el envase de vidrio seleccionado dentro de la ubicación de inspección por un período de tiempo predeterminado en el que el rotador hace rotar el envase de vidrio seleccionado al menos 360 grados, y configurado para transportar la botella seleccionada fuera de la
35 ubicación de inspección.

En una realización, el rotador está configurado para hacer rotar el envase de vidrio seleccionado al menos 720 grados mientras está en la ubicación de inspección y preferiblemente de tal manera que cada parte del envase de vidrio que se va a inspeccionar pase por la cámara al menos una vez y más preferiblemente al menos dos veces.

- 40 En una realización, la primera fuente láser está configurada para dirigir el primer haz láser hacia el envase de vidrio seleccionado con un ángulo de incidencia de al menos 65 grados y menor que 90 grados.

- En una realización, la cámara define un eje de enfoque de la cámara dirigido hacia la ubicación de inspección. El eje de enfoque de la cámara se extiende angularmente con relación a un eje de enfoque del primer láser de la primera fuente láser a lo largo del que se desplaza el primer haz láser en un ángulo entre la cámara y el láser de entre 15 y 41
45 grados y más preferiblemente entre 17 y 32 grados. La cámara puede ser una cámara de escaneado de línea o una cámara de disposición de área.

- En una realización, la primera fuente láser y la cámara están separadas de la ubicación de inspección de tal manera que el eje de enfoque de la cámara y el eje de enfoque del primer láser intersectan en una periferia exterior de un envase de vidrio dentro de la ubicación de inspección antes de la intersección cuando el eje de enfoque de la cámara y el primer eje de enfoque del láser se ven en una dirección que se extiende paralela a un eje de rotación del envase sobre el que el rotador hace rotar el envase de vidrio seleccionado.
50

En una realización, un mecanismo de alineación ajusta simultáneamente una posición de la primera fuente láser y la cámara paralela a un plano normal a un eje de rotación del envase sobre el que el rotador hace rotar el envase de vidrio seleccionado.

- 55 En una realización, se transporta una guía de alineación con la cámara y con la primera fuente láser de tal manera

que cuando el mecanismo de alineación ajusta la posición de la primera fuente láser y la cámara. La guía de alineación define un par de líneas de alineación que se extienden en un ángulo recto entre sí en el plano normal. Ambas líneas de alineación se posicionan tangentes a una periferia exterior de un envase de vidrio seleccionado dentro de la ubicación de inspección cuando se ven a lo largo del eje de rotación del envase para establecer una posición del mecanismo de alineación y particularmente de la cámara y de la primera fuente láser.

En una realización, la guía de alineación incluye una cámara de alineación. La cámara de alineación se posiciona para ver un envase de vidrio seleccionado dentro de la ubicación de inspección y las líneas de alineación, al menos cuando las líneas de alineación son ambas tangentes a la periferia exterior del envase de vidrio seleccionado. Una pantalla de alineación está conectada funcionalmente a una cámara de alineación que muestra una respuesta de la cámara de alineación.

El dispositivo incluye una óptica de provisión del primer haz láser. La óptica de provisión del primer haz láser incluye segunda y tercera estructuras de redireccionamiento de la fuente láser. La segunda estructura de redireccionamiento de la fuente láser se interpone ópticamente entre la fuente láser de segunda longitud de onda y la ubicación de inspección para redirigir el haz láser de segunda longitud de onda producido por la fuente láser de segunda longitud de onda a lo largo de un primer eje de enfoque láser. La estructura de redireccionamiento de la fuente láser de tercera longitud de onda se interpone ópticamente entre la fuente láser de tercera longitud de onda y la ubicación de inspección para redirigir el haz láser de tercera longitud de onda producido por la fuente láser de tercera longitud de onda a lo largo del primer eje de enfoque láser de tal manera que los haces láser de primera, segunda y tercera longitudes de onda coinciden cuando intersectan con una periferia exterior de un envase de vidrio seleccionado dentro de la ubicación de inspección. Además, se pueden proporcionar múltiples haces dentro de cada intervalo de longitud de onda.

En una realización, la estructura de redireccionamiento de la fuente láser de segunda longitud de onda está hecha de un material que permite que la primera longitud de onda de luz pase a través de ella y se refleje la segunda longitud de onda de luz y la tercera estructura de redireccionamiento de fuente láser está hecha de un material que permite que la primera y segundas longitudes de onda de luz pasen a través de ella y se refleje la tercera longitud de onda de luz.

En una realización, una primera estructura de redireccionamiento de la fuente láser se interpone ópticamente entre la primera fuente láser y la ubicación de inspección para redirigir el haz láser de primera longitud de onda producido por la fuente láser de primera longitud de onda a lo largo del primer eje de enfoque láser.

Las estructuras de redireccionamiento de la fuente láser también pueden configurarse para dar forma a los haces láser de la primera, segunda y tercera longitud de onda de manera que tengan sustancialmente el mismo tamaño y forma en la ubicación de la intersección con la periferia exterior del envase de vidrio.

En una realización, el primer haz láser de la primera fuente láser se desplaza a lo largo de un primer eje de enfoque láser cuando el primer haz láser se pone en contacto con una periferia exterior del envase de vidrio seleccionado. También se proporciona una segunda fuente láser. La segunda fuente láser está configurada para producir un segundo haz láser que se desplaza a lo largo de un segundo eje de enfoque del láser diferente al primer eje de enfoque del láser, estando configurada la segunda fuente láser para dirigir el segundo haz láser hacia el envase de vidrio seleccionado en la ubicación de inspección en un segundo ángulo de incidencia con el envase de vidrio seleccionado mayor que o igual a un ángulo crítico para producir la reflexión interna del segundo haz láser dentro del envase de vidrio seleccionado. El eje de enfoque del segundo láser está en un ángulo oblicuo con relación a un plano normal a un eje de rotación del envase sobre el que el rotador hace rotar el envase de vidrio seleccionado. El eje de enfoque del segundo láser está desplazado y no es coaxial con el eje de enfoque del primer láser.

En una realización, el eje de enfoque del segundo láser se dirige para intersectar un interior de una abertura del envase de vidrio seleccionado de tal manera que se puedan detectar defectos horizontales usando la cámara o una segunda cámara desplazada de la cámara.

También se proporcionan métodos para inspeccionar la zona de acabado del envase de vidrio. En algunas realizaciones, los métodos utilizarán realizaciones de dispositivos como los descritos anteriormente.

En un método particular, el método incluye: hacer rotar al menos 360 grados un envase de vidrio seleccionado ubicado en una ubicación de inspección; producir un primer haz láser con una primera fuente láser; dirigir el primer haz láser hacia la ubicación de inspección con un ángulo de incidencia con el envase de vidrio seleccionado mayor que o igual a un ángulo crítico para producir la reflexión interna del primer haz láser dentro del envase de vidrio seleccionado; y detectar la luz que escapa del envase de vidrio seleccionado como resultado del haz láser reflejado internamente que intersecta un defecto en el envase de vidrio seleccionado.

En un método particular, producir el primer haz láser incluye producir un haz láser de longitud de onda múltiple y la primera fuente láser es una fuente láser de longitud de onda múltiple que incluye una fuente láser de primera, segunda y tercera longitud de onda. Producir el haz láser de longitud de onda múltiple incluye: producir un haz láser de primera longitud de onda de una primera longitud de onda de luz con la fuente láser de primera longitud de onda; producir un haz láser de segunda longitud de onda de una segunda longitud de onda de luz diferente de primera longitud de onda de luz con la fuente láser de segunda longitud de onda; y producir un haz láser de tercera longitud de onda de una

- tercera longitud de onda de luz diferente de la primera y segunda longitudes de onda de luz con la fuente láser de tercera longitud de onda. Dirigir el primer haz láser incluye dirigir el haz láser de longitud de onda múltiple hacia la ubicación de inspección con un ángulo de incidencia mayor que o igual a un ángulo crítico para producir la reflexión interna total de al menos uno de los haces láser de primera, segunda y tercera longitud de onda del haz láser de longitud de onda múltiple dentro del envase de vidrio seleccionado.
- 5 En una realización, la primera longitud de onda de luz está entre 440-490 nm, la segunda longitud de onda de luz está entre 495-570 nm y la tercera longitud de onda de luz está entre 620-750 nm.
- En una realización, la primera longitud de onda de luz está entre 440-460 nm, la segunda longitud de onda de luz está entre 510-530 nm y la tercera longitud de onda de luz está entre 625-665 nm.
- 10 En una realización, la primera fuente láser tiene una fuente de excitación que tiene un valor de potencia de entre 5-150 milivatios de potencia media de onda continua y más preferiblemente entre 25-100 milivatios de potencia media de onda continua.
- 15 En una realización, el primer haz láser tiene una primera dimensión paralela a un primer eje de entre 20 y 60 milímetros y una segunda dimensión a lo largo de un segundo eje perpendicular a la primera dimensión y primer eje de entre 25 y 100 micrómetros. Estas dimensiones son generalmente perpendiculares al eje de enfoque a lo largo del que se propaga el haz láser.
- En una realización, hacer rotar el envase de vidrio seleccionado incluye hacer rotar el envase de vidrio seleccionado sobre un eje de rotación del envase. El primer eje del primer haz láser está en un ángulo de entre 0 y 15 grados con relación al eje de rotación del envase en un plano ortogonal al eje de enfoque del primer haz láser.
- 20 En una realización, un método incluye transportar el envase de vidrio seleccionado hacia la ubicación de inspección; detener el envase de vidrio seleccionado dentro de la ubicación de inspección durante un período de tiempo predeterminado durante el que se produce la etapa de hacer rotar el envase de vidrio seleccionado mientras el envase de vidrio seleccionado se detiene dentro de la ubicación de inspección; y transportar la botella seleccionada fuera de la ubicación de inspección.
- 25 En un método, hacer rotar incluye hacer rotar el envase de vidrio seleccionado al menos 720 grados mientras está en la ubicación de inspección.
- En un método, dirigir el primer haz láser incluye dirigir el primer haz láser hacia el envase de vidrio seleccionado con un ángulo de incidencia de al menos 65 grados y menos de 90 grados.
- 30 En un método, detectar la luz que escapa del envase de vidrio seleccionado se realiza utilizando la cámara que define un eje de enfoque de la cámara dirigida hacia la ubicación de inspección. El eje de enfoque de la cámara se extiende angularmente con relación a un primer eje de enfoque láser de la primera fuente láser a lo largo del cual se desplaza el primer haz láser en un ángulo cámara-láser de entre 17 y 32 grados. La cámara puede ser una cámara de escaneado de línea o una cámara de disposición de área.
- 35 En un método, la primera fuente láser y la cámara están separadas de la ubicación de inspección de tal manera que el eje de enfoque de la cámara y el eje de enfoque del primer láser intersectan en la periferia exterior de un envase de vidrio dentro de la ubicación de inspección antes que intersecten entre sí cuando el eje de enfoque de la cámara y el eje de enfoque del primer láser se ven en una dirección que se extiende paralela a un eje de rotación del envase sobre el que el envase de vidrio seleccionado es rotado por el rotor.
- 40 En un método, el método incluye ajustar, simultáneamente, una posición de la primera fuente láser y una cámara para detectar la luz que escapa paralela a un plano normal a un eje de rotación del envase sobre el que rota el envase de vidrio seleccionado.
- En un método, ajustar la posición de la primera fuente láser y la cámara incluye usar una guía de alineación que se transporta con la cámara y la primera fuente láser cuando se ajusta la posición de la primera fuente láser y la cámara. La guía de alineación define un par de líneas de alineación que se extienden en un ángulo recto entre sí en el plano normal. Ajustar la posición incluye alinear ambas líneas de alineación tangentes a una periferia exterior de un envase de vidrio seleccionado dentro de la ubicación de inspección cuando se ven a lo largo del eje de rotación del envase para establecer una posición del mecanismo de alineación.
- 45 En un método, ajustar la posición de la primera fuente láser y la cámara incluye ver un envase de vidrio seleccionado dentro de la ubicación de inspección y las líneas de alineación con una cámara de alineación y una pantalla de alineación conectada funcionalmente a la cámara de alineación que muestra una salida de la cámara de alineación.
- 50 En un método, dirigir el haz láser de longitud de onda múltiple incluye usar la óptica de provisión de primer haz láser. El uso de la primera óptica de haz láser incluye redirigir, con una estructura de redirección de la segunda fuente láser interpuesta ópticamente entre la segunda fuente láser y la ubicación de inspección, el haz láser de segunda longitud de onda producido por la fuente láser de segunda longitud de onda a lo largo de un eje de enfoque del primer láser;

redirigir, con una estructura de redireccionamiento de la fuente láser de tercera longitud de onda interpuesta ópticamente entre la fuente láser de tercera longitud de onda y la ubicación de inspección, el haz láser de tercera longitud de onda producido por la fuente láser de tercera longitud de onda a lo largo del eje de enfoque del primer láser de manera que los haces láser de primera, segunda y tercera longitud de onda coinciden cuando intersecan una periferia exterior de un envase de vidrio seleccionado dentro de la ubicación de inspección.

En un método, la estructura de redireccionamiento de la fuente láser de segunda longitud de onda está hecha de un material que permite que la primera longitud de onda de luz pase a través de ella y la segunda longitud de onda de luz se refleje y la estructura de redirección de la tercera fuente láser está hecha de un material que permite que la primera y segunda longitudes de onda de luz pasen a través de ella y se refleje la tercera longitud de onda de luz.

En un método, el método incluye redirigir, con una estructura de redirección de la primera fuente láser interpuesta ópticamente entre la primera fuente láser y la ubicación de inspección, el haz láser de primera longitud de onda producido por la fuente láser de primera longitud de onda a lo largo del eje de enfoque del primer láser.

En un método, dirigir el primer haz láser incluye dirigir el primer haz láser de la primera fuente láser a lo largo de un eje de enfoque del primer láser cuando el primer haz láser se pone en contacto con una periferia exterior del envase de vidrio seleccionado. El método incluye además producir un segundo haz láser, con una segunda fuente láser, que se desplaza a lo largo de un eje de enfoque del segundo láser diferente al eje de enfoque del primer láser; y dirigir el segundo haz láser hacia el envase de vidrio seleccionado en la ubicación de inspección en un segundo ángulo de incidencia siendo el envase de vidrio seleccionado mayor que o igual a un ángulo crítico para producir la reflexión interna del segundo haz láser dentro del envase de vidrio seleccionado, estando el eje de enfoque del segundo láser en un ángulo oblicuo con relación a un plano normal a un eje de rotación del envase sobre el que el rotador hace rotar el envase de vidrio seleccionado.

En un método, dirigir el segundo haz láser dirige el segundo haz láser de tal manera que el eje de enfoque del segundo láser se dirija para intersectar una superficie del interior de una abertura del envase de vidrio seleccionado de tal manera que se detecten defectos horizontales. En una realización, los defectos identificados por el primer haz láser se detectan con una primera cámara y los defectos identificados por el segundo haz láser se detectan con una segunda cámara.

Otros aspectos, objetivos y ventajas de la invención se volverán más evidentes a partir de la siguiente descripción detallada junto con los dibujos adjuntos.

Breve descripción de los dibujos

Los dibujos adjuntos incorporados en y que forman parte de la memoria descriptiva ilustran varios aspectos de la presente invención y, junto con la descripción, sirven para explicar los principios de la invención. En los dibujos:

La FIG. 1 es una ilustración simplificada del dispositivo de inspección de envases de vidrio según una realización de la presente invención;

La FIG. 2 es una ilustración parcial simplificada del dispositivo de inspección de envases de vidrio de la FIG. 1 que ilustra el sistema de inspección óptica del mismo;

La FIG. 3 es una ilustración parcial del dispositivo de inspección de envases de vidrio que ilustra una primera disposición de inspección del mismo;

La FIG. 4 ilustra un envase de vidrio puesto en contacto por un haz láser de la primera disposición de inspección de la FIG. 3;

La FIG. 5 es una ilustración esquemática simplificada de la vista superior de un envase de vidrio que va a ser inspeccionado por la primera disposición de inspección de la FIG. 3;

La FIG. 6 es una ilustración parcial adicional de la primera disposición de inspección;

La FIG. 7 es una ilustración parcial de una guía de alineación para alinear el sistema de inspección óptica del dispositivo de inspección de envases de vidrio de la FIG. 1;

La FIG. 8 es una ilustración parcial adicional de la guía de alineación de la FIG. 7 que ilustra un envase de vidrio dentro de una ubicación de inspección del sistema posicionado dentro de una retícula de la guía de alineación;

La FIG. 9 es una ilustración simplificada de una segunda disposición de inspección del dispositivo de inspección de envases de vidrio de la FIG. 2;

La FIG. 10 es una ilustración simplificada adicional de la segunda disposición de inspección de la FIG. 9;

La FIG. 11 es una realización alternativa de una segunda disposición de inspección que utiliza una cámara separada para detectar defectos horizontales

La FIG. 12 es una ilustración simplificada adicional de la segunda disposición de inspección de la FIG. 11

La FIG. 13 es una representación esquemática de una primera disposición de inspección similar a la de la FIG. 5 pero que ilustra el uso de múltiples fuentes láser y cámaras para detectar defectos verticales en los lados izquierdo y derecho.

5 La FIG. 14 es una ilustración simplificada de una realización alternativa de una segunda disposición de inspección para detectar defectos horizontales que utiliza múltiples fuentes láser y cámaras para detectar defectos horizontales; y

La FIG. 15 es una segunda ilustración de la realización de la FIG. 14

10 Si bien la invención se describirá en relación con ciertas realizaciones preferidas, no hay ninguna intención de limitarla a aquellas realizaciones. Por el contrario, la intención es cubrir todas las alternativas, modificaciones y equivalentes incluidos en el espíritu y el alcance de la invención tal como se define en las reivindicaciones adjuntas.

Descripción detallada de la invención

15 Una realización del dispositivo 100 de inspección de envases de vidrio se ilustra en la FIG. 1. El dispositivo 100 de inspección de envases de vidrio usa uno o más láseres dirigidos a un envase 102 de vidrio para inspeccionar el envase de vidrio en busca de defectos de control (también referidos como "anomalías" o simplemente "defectos") en el envase 102 de vidrio. El dispositivo 100 de inspección de envases de vidrio está configurado, particularmente, para inspeccionar la zona de acabado del envase 102 de vidrio (también referido como "el acabado").

20 Si bien solo se ilustra un único envase 102 de vidrio a lo largo de las ilustraciones, se entenderá que el envase 102 de vidrio es uno de muchos en un flujo de envases de vidrio que alimentarán el dispositivo 100 de inspección de envases de vidrio. Típicamente, el flujo de envases 102 de vidrio será suministrado y retirado del dispositivo de inspección de envases de vidrio por uno o más transportadores (no mostrados).

El dispositivo 100 de inspección de envases de vidrio generalmente define una ubicación de inspección donde se inspeccionarán envases de vidrio en busca de defectos. En la FIG. 1, el envase 102 de vidrio está ubicado en la ubicación de inspección y está siendo inspeccionado.

25 El dispositivo 100 de inspección de envases de vidrio de la realización ilustrada incluye una disposición 104 de transporte de envases de vidrio para transportar los envases 102 de vidrio al lugar de inspección. Una vez que el envase 102 de vidrio está en la ubicación de inspección, la disposición de transporte del envase de vidrio mantiene el envase 102 de vidrio dentro de la ubicación de inspección durante un período de tiempo predeterminado. En algunas realizaciones, el período de tiempo predeterminado puede ser tan corto como 125 milisegundos y típicamente es de aproximadamente 150 milisegundos. Debido a la velocidad y al volumen de los envases 102 de vidrio que se están inspeccionando, el período de tiempo típicamente será inferior a 500 milisegundos, pero podrían usarse períodos de tiempo más largos. En este tiempo, se inspecciona el envase 102 de vidrio en busca de defectos. Una vez completada la inspección, la disposición 104 de transporte del envase de vidrio transporta el envase 102 de vidrio fuera de la ubicación de inspección y generalmente fuera del dispositivo 100 de inspección de envases de vidrio. Los envases 30 102 de vidrio pueden colocarse en un nuevo transportador, de regreso al transportador que suministró las botellas al dispositivo 100 de inspección de envases de vidrio o de otro modo liberarse para desplazarse a procesos posteriores.

35 A partir de entonces, si se encuentra que el envase 102 de vidrio incluye un defecto suficientemente importante, el envase 102 de vidrio se retirará del flujo de envases de vidrio usando sistemas y dispositivos conocidos para separar el envase de vidrio defectuoso de los envases de vidrio de otro modo aceptables. Típicamente, estos envases de vidrio serán destruidos y después reciclados y al vidrio de los mismos se le dará forma otra vez en nuevos envases de vidrio.

40 Si el envase de vidrio pasa la inspección y no se encuentra ningún defecto, el envase 102 de vidrio se desplazará a un procesamiento adicional que puede incluir procesos de inspección adicionales.

45 En la realización ilustrada, la disposición 104 de transporte del envase de vidrio incluye un carrusel 105 que define una pluralidad de alojamientos 106 dimensionadas y configuradas para guiar un envase 102 de vidrio individual a medida que se desplaza hacia dentro, a través y fuera de la ubicación de inspección. En esta realización, el carrusel 105 incluye una pluralidad de alojamientos 106. El carrusel 105 incluye salientes 108 que se extienden radialmente hacia afuera en forma de gancho que separan los alojamientos 106 adyacentes. Cada alojamiento 106 tiene una pluralidad de rueditas 110, 112 montadas de manera rotativa al carrusel 105 próximas a los alojamientos 106 de tal manera que una parte de las rueditas 110, 112 se extienden hacia uno de los alojamientos 106 correspondientes para soportar un envase 102 de vidrio dado cuando se transporta en ellos.

50 El carrusel 105 rota funcionalmente sobre un eje de rotación 114 del carrusel para transportar los envases 102 de vidrio hacia, a través y fuera de la ubicación de inspección. En la realización ilustrada, la rotación del carrusel 105 no es constante. En cambio, la rotación comienza y se detiene de tal manera que, al menos en parte, los envases 102 de vidrio no se mueven angularmente alrededor del eje de rotación 114 del carrusel mientras se inspeccionan. Como tal, 55 la disposición 104 de transporte de envases de vidrio proporciona un movimiento de indexación al flujo de envases a

medida que los envases pasan a través de la ubicación de inspección. Aunque no se muestra, los envases 102 de vidrio pueden estar soportados por una mesa, un transportador u otra superficie a medida que los envases 102 son transportados hacia, a través y fuera del lugar de inspección.

5 Sin embargo, aunque el envase 102 de vidrio puede no moverse angularmente alrededor del eje de rotación del carrusel mientras se inspecciona dentro de la ubicación de inspección, el envase 102 de vidrio sobre un eje de rotación 116 del envase que generalmente está desplazado de y es paralelo al eje de rotación del carrusel.

10 Un rotador 120 se posiciona adyacente al carrusel 105 de tal manera que a medida que un envase 102 de vidrio es transportado hacia y es mantenido dentro de la ubicación de inspección por el carrusel, la periferia exterior del envase 102 de vidrio está en contacto con una o más ruedas 122 motrices rotatorias del rotador 120. Las ruedas 122 motrices rotatorias del rotador 120 y las rueditas 110, 112 están generalmente en lados opuestos del alojamiento 106 del carrusel de manera que el envase 102 de vidrio está soportado, generalmente, en un lado por las ruedas 122 motrices rotatorias y en el lado opuesto por las rueditas 110, 112.

15 Para que se inspeccione el acabado completo del envase 102 de vidrio, el rotador 120 está configurado para hacer rotar el envase 102 de vidrio al menos 360 grados alrededor del eje de rotación 116 del envase durante el período de tiempo predeterminado en el que se posiciona dentro de la ubicación de inspección. En una realización preferida, el envase 102 se hace rotar aproximadamente 2,5 veces (p. ej., 900 grados) mientras se mantiene dentro de la ubicación de inspección durante el período de tiempo predeterminado identificado anteriormente. Mientras ocurre la inspección por el dispositivo 100 de inspección de envases de vidrio, el carrusel 105 es generalmente estacionario, de tal manera que el envase 102 de vidrio no se acciona angularmente sobre del eje de rotación 114 del carrusel por el carrusel 105 para proporcionar el estilo de movimiento de indexación.

20 En la realización ilustrada, el carrusel 105 se acciona en un sentido antihorario ilustrado por la flecha 124 en la FIG. 1. El rotador 120 está configurado para hacer rotar el envase 102 de vidrio en el sentido antihorario ilustrado por la flecha 126. Esta rotación se logra mediante las ruedas 122 motrices rotatorias del rotador 120 sobre un eje de rotación en la dirección opuesta, en el sentido horario ilustrado por la flecha 128.

25 Debería señalarse que mientras el envase 102 de vidrio está siendo controlado por la disposición 104 de transporte del envase de vidrio, puede pasar a través de otros sistemas de inspección para que se realicen otras inspecciones. Estas otras inspecciones pueden ocurrir anteriores o posteriores a las inspecciones de realizaciones de la presente invención.

30 El dispositivo 100 de inspección de envases de vidrio incluye un sistema 134 de inspección óptica que se usa para inspeccionar el envase 102 de vidrio y, en la realización ilustrada, la parte del acabado del envase 102 de vidrio. El sistema 134 de inspección óptica está montado en un carril 136 de montaje en forma de C verticalmente por encima del rotador 120 y el carrusel 105.

35 El sistema 134 de inspección óptica incluye una primera disposición 138 de inspección y una segunda disposición 140 de inspección que están conectadas funcionalmente y mecánicamente entre sí y se mueven al unísono con relación al carril 136 de montaje mediante la disposición 142 de montaje, así como el marco estructural correspondiente del sistema de inspección óptica. Preferiblemente, la disposición 142 de montaje permite un ajuste tridimensional de la posición del sistema 134 de inspección óptica para ajustar la posición del sistema 134 de inspección óptica para acomodar envases de vidrio de diferentes tamaños y formas. Las disposiciones 138, 140 de inspección primera y segunda se montan funcionalmente en el carril 136 de montaje mediante la disposición 142 de montaje que se sujeta con una abrazadera al carril 136 de montaje. La disposición 142 de montaje puede incluir mecanismos de ajuste para ajustar individualmente la posición del sistema 134 de inspección óptica en las tres dimensiones, tal como para el ajuste a lo largo de los tres ejes de un sistema de coordenadas cartesianas.

45 Si bien solo se ilustra el sistema 134 de inspección óptica montado en el carril 136 de montaje, se pueden montar otros dispositivos de inspección al mismo para realizar inspecciones adicionales del envase 102 de vidrio a medida que se indexa bajo el control del carrusel 105.

50 La primera y segunda disposiciones 138, 140 de inspección utilizan láseres y una cámara (también referida como un receptor), para analizar la calidad del acabado del envase 102 de vidrio. En la FIG. 1, los láseres y la cámara están ubicados dentro de los alojamientos 144, 146 primero y segundo de la primera disposición 138 de inspección y la segunda disposición 140 de inspección respectivamente. Un controlador 148 está conectado funcionalmente al sistema 134 de inspección óptica para controlar los láseres y la cámara, así como para recibir información de retroalimentación de los láseres y la cámara y particularmente de la cámara. El controlador 148 puede estar conectado funcionalmente al rotador 120 y a la disposición 104 de transporte de envases para el control funcional del mismo, es decir, para ajustar las velocidades de rotación y la sincronización para controlar adecuadamente el movimiento de los envases de vidrio. Además, el controlador 148 puede configurarse para activar y desactivar selectivamente uno cualquiera de los láseres, controlar los niveles de potencia del láser, así como la cámara.

La FIG. 2 es una ilustración simplificada del dispositivo 100 de inspección de envases de vidrio de la FIG. 1. Esta ilustración tiene eliminados los alojamientos 144, 146 para ilustrar los componentes del dispositivo 100 de inspección de envases de vidrio que realizan la inspección de envases 102 de vidrio mientras están ubicado dentro de la ubicación

de inspección. Más particularmente, se ilustran los componentes del sistema 134 de inspección óptica.

Entre otras cosas, la primera disposición 138 de inspección del sistema 134 de inspección óptica incluye una primera fuente 150 láser configurada para producir un primer haz 152 láser que se dirige hacia la ubicación de inspección y particularmente hacia el envase 102 de vidrio dentro de la ubicación de inspección. El primer haz 152 láser, como se describirá más detalladamente a continuación, se dirige hacia la ubicación de inspección y particularmente hacia el envase 102 de vidrio de tal manera que al menos una longitud de onda de luz que forma el haz 152 láser entre en la pared 155 lateral del envase 102 de vidrio. La pared 155 lateral funciona como una guía de onda que refleja totalmente internamente la longitud de onda de la luz, a menos que la luz encuentre un defecto en el vidrio, momento en el que se refleja fuera del vidrio del envase 102 de vidrio. La primera fuente 150 láser se usa generalmente para identificar defectos orientados verticalmente o al menos defectos que tienen un componente orientado verticalmente. La orientación y configuración de la primera fuente 150 láser es tal que la luz que entra en la pared 155 lateral del envase de vidrio puede experimentar la reflexión interna total identificada anteriormente.

Una cámara 154 está orientada y dirigida hacia la ubicación de inspección y particularmente al envase 102 de vidrio para detectar la luz que se refleja fuera del envase 102 de vidrio debido a la presencia de un defecto en el vidrio que inhibe la capacidad de reflexión interna total. La cámara 154 incluye un cuerpo 151 de cámara y una lente 153. La cámara 154 puede tener la forma de una cámara de escaneado de línea o una cámara de conjunto de área.

La primera fuente 150 láser en la realización de la FIG. 2 es una fuente láser de longitud de onda múltiple configurada de tal manera que el primer haz 152 láser es un haz láser de longitud de onda múltiple formado a partir de una pluralidad de longitudes de onda de luz. Preferiblemente, el haz 152 láser es top-hat u homogéneo. Más particularmente, la primera fuente 150 láser incluye las fuentes 156, 158, 160 láser de primera, segunda y tercera longitud de onda. La fuente 156 láser de primera longitud de onda está configurada para producir un haz 162 láser de primera longitud de onda de una primera longitud de onda de luz. La fuente 158 láser de segunda longitud de onda está configurada para producir un haz 164 láser de segunda longitud de onda de una segunda longitud de onda de luz. La fuente 160 láser de tercera longitud de onda está configurada para producir un haz 166 láser de tercera longitud de onda de una tercera longitud de onda de luz. La primera, segunda y tercera longitudes de onda de luz se usan de tal manera que los envases de vidrio formados a partir de vidrio de diferente color pueden inspeccionarse usando la misma primera fuente 150 láser.

En la realización ilustrada, las tres longitudes de onda de luz están en los espectros azul, verde y rojo. Más particularmente, la primera longitud de onda de luz está entre 440-490 nm y más preferiblemente entre 440-460 nm e incluso más preferiblemente es 450 nm (azul), la segunda longitud de onda de luz está entre 495-570 nm y más preferiblemente entre 510-530 nm e incluso más preferiblemente es 520 nm (verde), y la tercera longitud de onda de luz está entre 620-750 nm, más preferiblemente entre 625-665 nm, más preferiblemente entre 630-650 nm e incluso más preferiblemente es 640 nm (rojo). De nuevo, al usar diferentes longitudes de onda de luz, se puede inspeccionar una gran variedad de colores de vidrio. Dependiendo del color del vidrio, una longitud de onda de luz dada puede reflejarse o absorberse en lugar de transmitirse a través del vidrio mediante la reflexión interna total como se usa en la presente realización.

Un beneficio en el uso de láseres en lugar de otras fuentes de luz, tales como los LED, es que un láser proporciona una luz colimada coherente que es sustancialmente monocromática y solo proporciona una única longitud de onda de luz. Esto permite a la luz, p. ej., el primer haz 152 láser, que se dirija con precisión hacia la periferia 170 exterior del envase 102 de vidrio para que la luz pueda entrar en la pared 155 lateral en una ubicación precisa y el envase 102 de vidrio puede funcionar como una guía de ondas para permitir la reflexión interna total de la luz.

La primera fuente 150 láser está configurada de tal manera que los haces 162, 164, 166 láser de primera, segunda y tercera longitud de onda estén alineados funcionalmente a medida que se desplazan a lo largo de un eje 172 de enfoque del primer láser hacia la ubicación de inspección y son coincidentes sustancialmente entre sí cuando intersectan la periferia 170 del envase 102 de vidrio.

Con referencia a las FIGS. 2 y 3, para alinear los haces 162, 164 láser de primera, segunda y tercera longitud de onda, la primera fuente 150 láser incluye la óptica 174 de provisión de haz láser. En la realización ilustrada, la óptica 174 de entrega de haz láser incluye una primera estructura 176 de redireccionamiento de fuente láser ópticamente interpuesta entre la fuente 156 láser de primera longitud de onda y la ubicación de inspección. La primera estructura 176 de redireccionamiento de fuente láser cambia la dirección del haz 162 láser de primera longitud de onda a medida que la fuente 156 láser de primera longitud de onda se alinea fuera del primer eje 172 de enfoque de láser. La primera estructura 176 de redirección de fuente láser también ayuda a calibrar el ángulo del abanico del haz 162 láser de primera longitud de onda de manera que sea coincidente con los haces 164, 166 láser de segunda y tercera longitud de onda en el punto de intersección del primer haz 152 láser y la periferia 170 exterior del envase 102 de vidrio.

La óptica 174 de provisión de haz láser incluye una segunda estructura 178 de redirección de fuente láser interpuesta ópticamente entre la fuente 158 láser de segunda longitud de onda y la ubicación de inspección. La segunda estructura 178 de redireccionamiento de fuente láser cambia la dirección del haz 164 láser de segunda longitud de onda a medida que la fuente 158 láser de segunda longitud de onda se alinea fuera del primer eje 172 de enfoque del láser. La segunda estructura 178 de redireccionamiento de fuente láser también ayuda a calibrar el ángulo del abanico del haz

164 láser de segunda longitud de onda de manera que sea coincidente con los haces 162, 166 láser de primera y tercera longitud de onda en el punto de intersección del primer haz 152 láser y la periferia 170 exterior del envase 102 de vidrio.

La óptica 174 de provisión de haz láser incluye una tercera estructura 180 de redireccionamiento de fuente láser interpuesta ópticamente entre la fuente 160 láser de tercera longitud de onda y la ubicación de inspección. La tercera estructura 180 de redireccionamiento de fuente láser cambia la dirección del haz 166 láser de tercera longitud de onda a medida que la fuente 160 láser de tercera longitud de onda se alinea fuera del primer eje 172 de enfoque del láser. La tercera estructura 180 de redirección de fuente láser también ayuda a calibrar el ángulo del abanico de haz 166 láser de tercera longitud de onda de manera que sea coincidente con los haces 162, 164 láser de primera y segunda longitud de onda en el punto de intersección del primer haz 152 láser y la periferia 170 exterior del envase 102 de vidrio.

En una realización, la segunda estructura 178 de redireccionamiento de fuente láser está hecha de un material o está configurada mecánicamente de otra manera de tal forma que permite que la primera longitud de onda de luz del haz 162 de primera longitud de onda pase a través de la misma. Sin embargo, la segunda estructura 178 de redireccionamiento de fuente láser está hecha de un material o está configurada mecánicamente de otra manera de tal manera que se refleje la segunda longitud de onda de luz del haz 164 láser de segunda longitud de onda. De manera similar, la tercera estructura 180 de redireccionamiento de fuente láser está hecha de un material o está configurada mecánicamente de otra manera de tal forma que permite que la primera longitud de onda de luz del haz 162 láser de primera longitud de onda y la segunda longitud de onda de luz del haz 164 láser de segunda longitud de onda pasen a través de la misma. Sin embargo, la tercera estructura 180 de redireccionamiento de la fuente láser está hecha de un material o está configurada mecánicamente de otra manera de tal forma que se refleja la tercera longitud de onda de luz del haz 166 láser de tercera longitud de onda. En una realización, la primera, segunda y tercera estructuras 174, 176, 178 de redireccionamiento de fuente láser son divisores de haz dicroicos. Los divisores de haz dicroicos están configurados para permitir que el 98% de la(s) longitud(es) de onda de luz que se desea que pase(n) a través de las mismas pase a través del material mientras que el 98% de la longitud de onda de luz que se desea que se refleje sea reflejada.

El uso de estas primera, segunda y tercera estructuras 176, 178, 180 de redireccionamiento de fuente láser permite que las fuentes 156, 158, 160 láser de primera, segunda y tercera longitud de onda se ubiquen fuera del primer eje 172 de enfoque láser pero después redirijan los haces 162, 164, 166 láser de los mismos en un haz láser de longitud de onda múltiple coherente y coincidente unificado, p. ej. la parte del haz 152 láser posterior a la tercera estructura 180 de redirección de fuente láser.

La primera, segunda y tercera estructuras 176, 178, 180 de redireccionamiento de fuente láser están montadas en los soportes 182, 184, 186 ópticos de bloqueo correspondientes (véase la FIG. 3) que permiten ajustar la posición y orientación de las estructuras 176, 178, 180 de redireccionamiento de fuente láser y que no proporcionan movimiento con el tiempo o la vibración. Una vez que las estructuras 176, 178, 180 de redireccionamiento de fuente láser están alineadas correctamente, los soportes 182, 184, 186 ópticos se bloquean.

Con referencia a las FIGS. 2-4, las fuentes 156, 158, 160 láser de primera, segunda y tercera longitud de onda junto con la primera, segunda y tercera estructuras 176, 178, 180 de redireccionamiento de fuente láser están configuradas y posicionadas funcionalmente con relación a la ubicación de inspección y a un envase 102 de vidrio de tal manera que el primer haz 152 láser tiene una altura H paralela a un primer eje 188 que en esta realización es paralelo a uno vertical que está entre 20 y 60 milímetros y más preferiblemente está entre 40 y 50 milímetros en la ubicación donde el haz 152 láser se pone en contacto con la periferia 170 exterior del envase 102 de vidrio. Las fuentes 156, 158, 160 láser de primera, segunda y tercera longitud de onda junto con la primera, segunda y tercera estructuras 176, 178, 180 de redireccionamiento de fuente láser están configuradas y posicionadas funcionalmente con relación a la ubicación de inspección y a un envase 102 de vidrio de tal manera que el primer haz 152 láser tiene una anchura W paralela a un segundo eje 190 que en esta realización es paralelo al segundo eje 190 y perpendicular al primer eje 188 y al eje 172 de enfoque del primer láser que está entre 25 y 125 micrómetros y más preferiblemente entre 50 y 100 micrómetros. Para asegurarse de que se está inspeccionando toda la extensión vertical de la parte deseada del envase 102 de vidrio, p. ej., el acabado, en la realización ilustrada, el primer haz 152 láser se dirige hacia el envase 102 de vidrio de tal manera que una parte del primer haz 152 láser se extiende verticalmente por encima de la superficie 192 de sellado del acabado del envase 102 de vidrio en una distancia O desplazada de aproximadamente 3 milímetros.

Preferiblemente, al menos el 95 por ciento de la sección transversal completa del primer haz 152 láser que interseca el envase 102 de vidrio incluye y está formado por las tres longitudes de onda de luz en una relación superpuesta.

En una realización, las fuentes 156, 158, 160 láser de primera, segunda y tercera longitud de onda tienen una fuente de excitación que tiene un valor de potencia de entre 5 y 150 mili vatios de potencia media de onda continua y más preferiblemente entre 25 y 100 mili vatios de potencia media de onda continua.

Con referencia a la FIG. 4, se ilustra un envase 102 de vidrio con primer haz 152 láser. El primer haz 152 láser forma un ángulo α con el eje del eje de rotación 116 del envase de aproximadamente 0 grados. Sin embargo, en algunas realizaciones, el valor del ángulo α puede variar entre -5 y 15 grados. Sin embargo, se contemplan otros valores

dependiendo del contorno y la forma de la parte del envase 102 de vidrio que se va a inspeccionar.

Con referencia a la FIG. 5, se ilustra una vista superior simplificada del primer haz 152 láser que intersecta con la periferia 170 exterior del envase 102 de vidrio. El sistema 134 de inspección óptica está configurado para dirigir el primer haz 152 láser de tal manera que forme un ángulo θ de incidencia en relación con un plano normal (ilustrado por la línea 194 discontinua) de tal manera que se produzca la reflexión interna total de al menos una de las longitudes de onda de luz del primer haz 152 láser.

El ángulo θ de incidencia es tal que el primer eje 172 de enfoque del láser y el primer haz 152 láser inciden en el envase de vidrio casi paralelo al borde del envase de vidrio en un pequeño ángulo rasante. Este ángulo de incidencia θ permite que la luz del haz 152 láser entre en la pared 155 lateral del envase 102 de vidrio. La luz que entra en la pared 155 lateral después se confina dentro de la capa media del vidrio por reflexión interna total.

Para que esto ocurra el ángulo θ de incidencia debe ser mayor que un ángulo θ_c crítico. De acuerdo con la Ley de Snell:

$$\theta_c = \arcsen(n_2/n_1) \quad \text{Ecuación (1)}$$

en donde n_2 es el índice de refracción del material que rodea el material en el que se propaga la onda de luz y n_1 es el índice de refracción del material en el que se propaga la onda de luz.

El vidrio de sílex, por ejemplo, tiene un índice de refracción de aproximadamente 1,61 con un intervalo de entre 1,52 y 1,92 para el vidrio de sílex impuro. Como tal, θ_c para el vidrio de sílex impuro estará entre $\arcsen(1/1,52)$ y $\arcsen(1/1,92)$ o entre $31,3^\circ$ - 41° . Como tal, el ángulo θ de incidencia debe ser mayor que aproximadamente 60° grados, de tal manera que se produzca una reflexión interna total para el vidrio de sílex impuro. En la realización ilustrada, ángulo θ de incidencia del primer haz láser es mayor que 65° pero menor que 90° .

La cámara 154 está orientada y configurada para capturar la luz que se refleja desde la pared 155 lateral del envase 102 de vidrio, particularmente debido a la presencia de un defecto de control. En una realización, la cámara 154 es una cámara de escaneado de línea de alta velocidad. Sin embargo, otras realizaciones pueden incorporar una cámara de conjunto de área. Si la luz del primer haz 152 láser queda atrapada dentro de la pared 155 lateral del envase de vidrio, la cámara 154 no verá nada de tal manera que la señal de retroalimentación de la cámara 154 representaría una imagen negra. Sin embargo, si existe un defecto en la pared 155 lateral del envase tal como, por ejemplo, una grieta o un control, la luz atrapada dentro de la pared 155 lateral se reflejará y provocará que salga de la pared 155 lateral. Esta luz reflejada puede ser capturada por la cámara 154. Las imágenes capturadas y la respuesta de la cámara 154 pueden procesarse usando técnicas y algoritmos de procesamiento existentes para determinar si un defecto está realmente presente en el envase 102 de vidrio y más particularmente si existe un defecto suficiente para provocar que el envase 102 de vidrio sea rechazado. Si se determina tal defecto, el envase 102 de vidrio será retirado del flujo de botellas por componentes a continuación, tales como mediante el uso de una ráfaga de aire comprimido u otra manera conocida.

El análisis de los datos detectados por la cámara 154 puede ser procesado por el controlador 148 o enviado a un sistema de procesamiento separado para su análisis.

La luz reflejada internamente se muestra esquemáticamente en la FIG. 5 como la flecha que está atrapada dentro de las superficies interiores y exteriores de la pared lateral del envase de vidrio. Si una imperfección, p. ej., defecto de control, está presente en la pared lateral, la luz se pondrá en contacto con el defecto de control y saldrá del envase de vidrio, generalmente como un destello brillante.

Con referencia continua a la FIG. 5, la cámara 154 está posicionada y orientada con relación a la ubicación de inspección y la primera fuente 150 láser de tal manera que el eje 196 de enfoque de la cámara forma un ángulo β de la cámara al primer láser de entre aproximadamente 15 y 41 grados y más preferiblemente entre 17 y 32 grados y más preferiblemente de entre 24 y 28 grados cuando se ven hacia abajo del eje de rotación 116 del envase.

Preferiblemente, el eje 196 de enfoque de la cámara intersecta con la periferia 170 exterior del envase 102 de vidrio en una ubicación diferente de donde el haz 152 láser y particularmente el eje 172 de enfoque del primer láser correspondiente intersecta con la periferia 170 exterior cuando se ven a lo largo del eje 116 de rotación del envase. Esto reduce la cantidad de ruido de luz que observará la cámara 154. Preferiblemente, los puntos de intersección están desplazados por un ángulo λ sobre la periferia 170 exterior cuando se mide con relación al eje de rotación 116 del envase de entre aproximadamente 25 y 45 grados y más preferiblemente entre aproximadamente 30 y 40 grados. En otras realizaciones, los puntos de intersección pueden tener una separación definida por una cuerda 198 entre los puntos de intersección que tienen una longitud S que es suficiente para evitar que la luz reflejada por el haz 152 láser que no queda atrapada dentro del envase de vidrio proporcione una identificación falsa positiva de un defecto, p. ej. para evitar el ruido innecesario de luz expuesta a la cámara.

Debido a que el envase 102 de vidrio rota al menos 360° alrededor del eje de rotación 116 del envase por el rotador 120, cualquier defecto debería pasar por delante de la cámara 154 para su detección. Sin embargo, para mejorar la precisión del dispositivo de inspección de envases de vidrio para evitar que las botellas defectuosas pasen a través

del sistema sin ser detectadas, es deseable rotar el envase 102 de vidrio al menos 720° y más preferiblemente al menos 900°. Cuando se usa una rotación de 900°, cualquier defecto debería pasar por la cámara 154 al menos dos veces. El gran grado de rotación debería compensar cualquier deslizamiento potencial entre el rotador 120 y el envase 102 de vidrio.

- 5 Con referencia a la FIG. 6, el primer alojamiento 144 aloja la cámara 154 y la primera fuente 150 láser, idealmente en compartimentos separados. El alojamiento 144 define una primera abertura 200 a través de la cual se transmite el primer haz 152 láser a medida que sale del primer alojamiento 144. La primera abertura 200 tiene una anchura W_2 de aproximadamente entre 4 y 6 milímetros y más preferiblemente aproximadamente 5 milímetros. La abertura 200 está formada en un panel 202 frontal y el primer haz 152 láser tiene un ángulo de incidencia con el panel frontal de aproximadamente 0°, p. ej., es preferiblemente perpendicular al panel 202 frontal.

10 El primer alojamiento 144 define una segunda abertura 204 a través de la cual la cámara 154 ve el envase 102 de vidrio dentro de la ubicación de inspección. Preferiblemente, el ángulo de incidencia entre la cámara 154 y el panel 206 mediante la cual se forma la segunda abertura 204 es 0°. Como tal, el panel 206 y el panel 202 están en ángulo entre sí en un mismo ángulo que el ángulo β entre la cámara y el primer láser (p. ej., entre aproximadamente 15 y 41 grados y más preferiblemente entre aproximadamente 17 y 32 grados y más preferiblemente entre 24 y 28 grados) cuando se ven hacia abajo del eje de rotación 116 del envase.

15 Como se indicó anteriormente, la posición del sistema 134 de inspección óptica se puede cambiar para acomodar envases 102 de vidrio de diferentes tamaños y formas. La FIG. 7 ilustra, en forma simplificada, una guía 210 de alineación utilizada para alinear el sistema 134 de inspección óptica en relación con un envase de vidrio 102 dado ubicado dentro de la ubicación de inspección.

20 La guía 210 de alineación incluye una ventana 212 de visión que define una retícula 214 que incluye las líneas 216, 218 de alineación que se extienden entre sí en un ángulo recto dentro de un plano normal al eje de rotación 116 del envase. Una tercera línea 217 de alineación biseca la primera y segundas líneas 216, 218 de alineación. La ventana 212 de visión y la retícula 214 correspondiente están unidas de manera fija a la cámara 154 y a la primera fuente 150 láser de tal manera que el ajuste de la posición de la cámara 154 y la primera fuente láser dentro de un plano normal al eje de rotación 116 del envase provoca un cambio correspondiente en la posición de la ventana 212 de visión y la retícula 214 correspondiente.

25 Con referencia adicional a la FIG. 8, para alinear adecuadamente la cámara 154 y la primera fuente 150 láser, un usuario, mirando en paralelo al eje de rotación 116 del envase, alinea la primera y segunda líneas 216, 218 de alineación de tal manera que ambas sean sustancialmente tangentes a la periferia 170 exterior de la parte deseada del envase de vidrio que se va a inspeccionar. Estos ajustes se pueden realizar de forma manual o automática. Además, la tercera línea 217 de alineación se alinea preferiblemente con el eje de rotación 116.

30 Con referencia a la FIG. 7, en una realización, la guía 210 de alineación incluye una cámara 222 de alineación alineada verticalmente por encima de la ventana 212 de visión de tal manera que la retícula 214 se puede ver con relación al envase 102 de vidrio posicionado dentro de la ubicación de inspección. La cámara 222 de alineación está posicionada para ver el envase 102 de vidrio y las líneas 216, 217, 218 de alineación al menos cuando ambas líneas 216, 218 de alineación son sustancialmente tangentes a la periferia 170 exterior del envase 102 de vidrio.

35 La cámara 222 de alineación está acoplada funcionalmente a una pantalla 224 que el operador puede ver mientras ajusta la posición del sistema de inspección óptica. La cámara 222 de alineación está alojada dentro del segundo alojamiento 146 (véase la FIG. 1).

40 Si bien la primera fuente 150 láser está dirigida principalmente a identificar defectos orientados verticalmente, tales como defectos que tienen un componente que se extiende generalmente paralelo al eje de rotación 116 del envase, el sistema 134 de inspección óptica también puede incluir una segunda fuente 240 láser (FIGS. 9-10) que está alojada dentro del segundo alojamiento 146 (véase la FIG. 1).

45 La segunda fuente 240 láser define y dirige un segundo haz 242 láser desde una ubicación verticalmente por encima de (donde la vertical está definida por el eje de rotación 116 del envase) y a través de la ventana 212 de visión que incluye la retícula 214 (véase, p.ej., las FIGS. 7-8, no mostradas en las FIGS. 9-10 para mayor claridad). El segundo haz 242 láser se dirige hacia una superficie 244 interior de la pared 155 lateral del envase 102 de vidrio en una dirección verticalmente hacia abajo a través de la abertura 246 del acabado del envase 102 de vidrio. El segundo haz 242 láser se dirige en un ángulo de aproximadamente entre aproximadamente 10 y 45° y más particularmente entre aproximadamente 20 y 30° con relación a la superficie 244 interior de la pared 155 lateral del envase 102 de vidrio. De nuevo, el ángulo se selecciona para promover la reflexión interna total del segundo haz 242 láser. A medida que el segundo haz 242 láser se dirige más verticalmente hacia abajo, el segundo haz 242 láser tiene una sección transversal mucho menor y puede tener la forma de un punto concentrado que tiene unas dimensiones de entre 50 y 5000 micrómetros. Sin embargo, se pueden usar otras dimensiones dependiendo de la forma y de la configuración del envase de vidrio que se va a inspeccionar. El eje de enfoque del segundo láser en la realización ilustrada será el mismo que la línea que representa el segundo haz 242 láser debido a las dimensiones del segundo haz 242 láser y, por lo tanto, no se menciona por separado en las figuras.

Idealmente, la luz del segundo haz 242 láser se refleja totalmente internamente dentro de la pared 155 lateral del envase 102 de vidrio y solo sale del envase de vidrio, al menos próximo al acabado, debido a defectos en la pared 155 lateral del envase 102 de vidrio. Más particularmente, debido a la orientación más vertical del segundo haz 242 láser, la segunda fuente 240 láser está destinada a identificar defectos orientados horizontalmente que no pueden ser puestos en contacto o reflejados de otro modo por la luz generada por el primer haz 152 láser de la primera fuente 150 láser.

El segundo haz 242 láser se dirige hacia la superficie 244 interior en una posición próxima al punto de intersección del eje de enfoque de la cámara de tal manera que cualquier luz que se refleja fuera de la pared 155 lateral es capturada o detectada por la cámara 154. En la realización ilustrada, el segundo haz 242 láser está configurado de tal manera que el segundo haz 242 láser genera una luz que tiene una longitud de onda de luz que está entre 620-750 nm, más preferiblemente entre 640-700 nm e incluso más preferiblemente 660 nm (roja).

Si bien la primera fuente 150 láser incluye fuentes 156, 158, 160, láser de tres longitudes de onda, una realización podría incluir solo una fuente láser de una única longitud de onda. Sin embargo, la aplicación del sistema sería más limitada y particularmente para un intervalo más limitado de colores de vidrio que los podrían ser inspeccionados satisfactoriamente. De manera similar, mientras que la segunda fuente 240 láser solo incluye una única fuente láser para producir una única longitud de onda de luz, otras realizaciones podrían incluir más fuentes láser para producir más longitudes de onda de luz similares a la primera fuente 150 láser descrita anteriormente. Tal configuración de más longitudes de onda de luz podría usar una óptica de provisión de haz láser similar a la primera óptica 174 de provisión de haz láser descrita anteriormente para alinear funcionalmente la pluralidad de haces láser en un único haz láser que es incidente en la superficie del envase 102 de vidrio.

Si bien la realización de las FIGS. 9 y 10 usan la cámara 154 para detectar o capturar la luz que se refleja desde la pared 155 lateral, las FIGS. 11 y 12 ilustran una realización adicional que utiliza una cámara 248 separada para detectar o capturar la luz que se refleja desde la pared 155 lateral. Esta cámara 248 está ubicada verticalmente por encima del envase 102 de vidrio de forma muy similar a la segunda fuente 240 láser para capturar mejor la luz que se refleja desde los defectos horizontales fuera de la pared 155 lateral. Preferiblemente, la segunda cámara define un eje 250 de enfoque de cámara que está dirigido generalmente al acabado y más particularmente próximo al cordón 252 del envase 102 de vidrio. Sin embargo, la cámara puede dirigirse para ver partes de la botella por encima y por debajo del cordón 252 que incluyen partes de las roscas del acabado.

Como se ilustra en la FIG. 11, preferiblemente, la cámara 248 está dirigida de tal manera que el eje 250 de enfoque de la cámara forma un ángulo α de entre aproximadamente 25 y 45° y más preferiblemente entre aproximadamente 35 y 40° con relación a la horizontal. La horizontal se vería generalmente por un plano ortogonal al eje de rotación 116 del envase.

Como se ilustra en la FIG. 12, el eje 250 de enfoque de la cámara está desplazado del eje de rotación 116 del envase y forma un ángulo ϵ de entre aproximadamente 15 y 25° y más preferiblemente de aproximadamente 20° entre ellos.

Además, podrían usarse láseres que tienen diferentes longitudes de onda de luz para detectar defectos en vidrio de diferentes colores. Por ejemplo, se contempla que podrían usarse longitudes de onda de luz en el intervalo de 760-900 nm y más particularmente un intervalo de aproximadamente 810-850 nm y más particularmente 830 nm, así como podrían usarse para otros colores de vidrio longitudes de onda de luz en el intervalo de 375-425 nm y más particularmente un intervalo de 390-410 nm e incluso más particularmente 405 nm. Por ejemplo, al usar longitudes de onda fuera del espectro visible, se contempla que los envases de vidrio formados con vidrio de color negro pudieran inspeccionarse para buscar defectos de control.

Además, se contempla que algunas realizaciones incluirán al menos 5 fuentes láser diferentes que están alineadas funcionalmente para formar un único haz láser, concretamente, los cinco intervalos de longitud de onda diferentes descritos anteriormente. En una realización, cada haz láser podría estar provisto de al menos 6 fuentes láser que produzcan diferentes longitudes de onda de luz. Por ejemplo, podría haber múltiples fuentes láser para cada uno de los espectros de luz infrarroja, ultravioleta y visible.

Además, las realizaciones anteriores ilustran el uso de un sistema 134 de inspección óptica que forma un haz 152 láser desde la fuente 150 láser enfocado en el envase 102 de vidrio en una única orientación (véase, p. ej., la FIG. 5) utilizada para identificar defectos orientados verticalmente o al menos defectos que tienen un componente orientado verticalmente.

Con referencia a la FIG. 13, una parte de una realización alternativa de un sistema de inspección óptica se ilustra esquemáticamente solo que incluye dos fuentes 150, 150A láser para inspeccionar defectos orientados verticalmente. La fuente 150 láser es similar e incluye todas las características y componentes como se describió anteriormente. La fuente láser 150A es similar a la fuente 150 láser e incluye todas las características y componentes de la misma, pero está orientada en una dirección opuesta. La luz reflejada internamente del haz 152 láser está representada por la línea 260 en zigzag y está dirigida en una primera dirección alrededor del eje de rotación 116. La luz reflejada internamente del haz 152A láser dirigida desde la fuente 150A láser a lo largo del eje 172A de enfoque está representada por la línea 260A en zigzag y se dirige en una segunda dirección opuesta alrededor del eje de rotación 116. La cámara 154A

y la fuente 150A láser tienen orientaciones de ángulos similares con relación al envase 102 pero en lados opuestos del envase 102 de tal manera que la luz generada de ese modo se mueve en la dirección opuesta.

El uso de dos fuentes 150, 150A láser separadas y de las cámaras 154, 154A comprueban mejor los defectos verticales si los defectos verticales tienen tendencia hacia la izquierda o hacia la derecha. Por ejemplo, algunos defectos verticales tenderán a reflejar la luz fuera del envase 102 en una primera dirección, mientras que otros defectos verticales tenderán a reflejar la luz fuera del envase 102 en una dirección opuesta. Al tener las fuentes 150, 150A láser orientadas una frente a la otra, es más probable que se detecten ambos de estos defectos. Sin embargo, no es necesario que las realizaciones tengan dos fuentes 150, 150A, láser.

Las FIGS. 14 y 15 ilustran una parte de una realización adicional de un sistema de inspección óptica que incorpora un par de fuentes 240, 240A láser y un par de cámaras 248, 248A para inspeccionar defectos horizontales. El par de fuentes 240, 240A láser están orientadas una frente a la otra pero en ángulos similares con relación al envase 102. Los haces 242, 242A láser se dirigen de nuevo a través de la abertura 246 en el acabado del envase para ponerse en contacto con la superficie interior del envase 102. Las cámaras 248, 248A tienen sus respectivos ejes 250, 250A de enfoque de cámaras de nuevo dirigidas próximas al cordón 252 del envase 102.

Todas las referencias, incluidas las publicaciones, las solicitudes de patente y las patentes citadas en el presente documento se incorporan por referencia en la misma medida que si cada referencia se indicara individual y específicamente para ser incorporada por referencia y se expusiera en su totalidad en el presente documento.

El uso de los términos "un" y "una" y "el/la/los/las" y referentes similares en el contexto de la descripción de la invención (especialmente en el contexto de las siguientes reivindicaciones) debe interpretarse para cubrir tanto el singular como el plural, salvo que se indique lo contrario en el presente documento o que se contradiga claramente por el contexto. Los términos "que comprende", "que tiene", "que incluye" y "que contiene" deben interpretarse como términos abiertos (es decir, que significa "que incluye, pero no limitado a"), salvo que se señale lo contrario. La citación de los intervalos de valores en el presente documento simplemente pretende servir como un método resumido para referirse individualmente a cada valor separado que está dentro del intervalo, salvo que se indique lo contrario en el presente documento, y cada valor por separado se incorpora a la memoria descriptiva como si se citara individualmente en el presente documento. Todos los métodos descritos en el presente documento pueden realizarse en cualquier orden adecuado salvo que se indique lo contrario en presente documento o salvo que se contradiga claramente por el contexto. El uso de cualquiera y de todos los ejemplos, o lenguaje de ejemplo (p. ej., "tal como") provistos en el presente documento, están destinados simplemente a iluminar mejor la invención y no plantea una limitación en el alcance de la invención salvo que se reivindique lo contrario. Ningún lenguaje en la memoria descriptiva debería interpretarse como indicativo de ningún elemento no reivindicado como esencial para la práctica de la invención.

Las realizaciones preferidas de esta invención se describen en el presente documento, que incluyen el mejor modo conocido por los inventores para llevar a cabo la invención. Las variaciones de aquellas realizaciones preferidas pueden volverse evidentes para los expertos habituales en la técnica al leer la descripción anterior. Los inventores esperan que los artesanos expertos empleen tales variaciones según sea apropiado, y los inventores tienen la intención de que la invención se practique de otra manera que la descrita específicamente en el presente documento. En consecuencia, esta invención incluye todas las modificaciones y equivalentes del tema citado en las reivindicaciones adjuntas al mismo, según lo permitido por la ley aplicable. Además, cualquier combinación de los elementos anteriormente descritos en todas las posibles variaciones del mismo es abarcada por la invención salvo que se indique lo contrario en el presente documento o salvo que se contradiga claramente por el contexto.

Todas las referencias, incluidas las publicaciones, las solicitudes de patente y las patentes citadas en el presente documento, se incorporan por referencia en la misma medida que si cada referencia se indicara individual y específicamente para ser incorporada por referencia y se expusiera en su totalidad en el presente documento.

El uso de los términos "un" y "una" y "el/la/los/las" y los referentes similares en el contexto de la descripción de la invención (especialmente en el contexto de las siguientes reivindicaciones) debe interpretarse para cubrir tanto el singular como el plural, salvo que se indique lo contrario en el presente documento o que se contradiga claramente por el contexto. Los términos "que comprende", "que tiene", "que incluye" y "que contiene" deben interpretarse como términos abiertos (es decir, que significa "que incluye, pero no limitado a"), salvo que se señale lo contrario. La citación de los intervalos de valores en el presente documento simplemente pretende servir como un método resumido para referirse individualmente a cada valor separado que está dentro del intervalo, salvo que se indique lo contrario en el presente, y cada valor por separado se incorpora a la memoria descriptiva como si se citara individualmente en el presente documento. Todos los métodos descritos en el presente documento pueden realizarse en cualquier orden adecuado salvo que se indique lo contrario en el presente documento salvo que se contradiga claramente por el contexto. El uso de cualquiera y de todos los ejemplos, o lenguaje de ejemplo (p. ej., "tal como") provisto en el presente documento, está destinado simplemente a iluminar mejor la invención y no plantea una limitación en el alcance de la invención salvo que se reivindique lo contrario. Ningún lenguaje en la memoria descriptiva debería interpretarse como indicativo de ningún elemento no reivindicado como esencial para la práctica de la invención. Los términos "primero", "segundo" y "tercero" se usan simplemente como etiquetas en el presente documento y no implican ningún orden numérico o números de las entidades asociadas con aquellas etiquetas. Por ejemplo, la presencia de una estructura de redireccionamiento de fuente láser de segunda longitud de onda en cualquier realización dada no requiere

necesariamente que también esté presente una estructura de redireccionamiento de fuente láser de primera longitud de onda.

- 5 Las realizaciones preferidas de esta invención se describen en el presente documento, que incluye el mejor modo conocido por los inventores para llevar a cabo la invención. Las variaciones de aquellas realizaciones preferidas pueden volverse evidentes para los expertos habituales en la técnica al leer la descripción anterior. Los inventores esperan que los artesanos expertos empleen tales variaciones según sea apropiado, y los inventores tienen la intención de que la invención se practique de otra manera que la descrita específicamente en el presente documento. En consecuencia, esta invención incluye todas las modificaciones y equivalentes del tema citado en las reivindicaciones adjuntas al mismo, según lo permitido por la ley aplicable.

REIVINDICACIONES

1. Un dispositivo (100) de inspección de envases de vidrio para inspeccionar una zona de acabado de un envase (102) de vidrio, que comprende:

5 un rotador (120) configurado para hacer rotar al menos 360 grados un envase (102) de vidrio seleccionado ubicado en una ubicación de inspección;

una primera fuente (150) láser configurada para producir un primer haz (152) láser, estando configurada la primera fuente láser para dirigir el primer haz láser hacia la ubicación de inspección para formar un ángulo (θ) de incidencia con el envase de vidrio seleccionado siendo mayor que o igual a un ángulo crítico para producir la reflexión interna del primer haz (152) láser dentro del envase (102) de vidrio seleccionado; y

10 una cámara (154) dirigida hacia la ubicación de inspección para detectar la luz que escapa del envase (102) de vidrio seleccionado como resultado del primer haz (152) láser reflejado internamente que interseca un defecto en el envase de vidrio seleccionado,

15 caracterizado por que la primera fuente (150) láser es una fuente láser de longitud de onda múltiple configurada de tal manera que el primer haz (152) láser es un haz láser de longitud de onda múltiple, incluyendo la fuente láser de longitud de onda múltiple:

una fuente (156) láser de primera longitud de onda configurada para producir un haz (162) láser de primera longitud de onda de una primera longitud de onda de luz;

una fuente (158) láser de segunda longitud de onda configurada para producir un haz (164) láser de segunda longitud de onda de una segunda longitud de onda de luz diferente de primera longitud de onda de luz; y

20 una fuente (160) láser de tercera longitud de onda configurada para producir un haz (166) láser de tercera longitud de onda de una tercera longitud de onda de luz diferente de la primera y segunda longitudes de onda de luz,

25 estando configurada la fuente (150) de luz de longitud de onda múltiple para dirigir el haz (152) láser de longitud de onda múltiple hacia la ubicación de inspección en un ángulo (θ) de incidencia mayor que o igual a un ángulo crítico para producir la reflexión interna total de al menos uno de los haces (162, 164, 166) láser de primera, segunda y tercera longitud de onda del haz láser de longitud de onda múltiple dentro del envase de vidrio seleccionado,

el dispositivo (100) de inspección de envases comprendiendo además la primera óptica (174) de provisión de haz láser que incluye:

30 una segunda estructura (178) de redireccionamiento de la fuente láser interpuesta ópticamente entre la fuente (158) láser de segunda longitud de onda y la ubicación de inspección para redirigir el haz (164) láser de segunda longitud de onda producido por la fuente láser de segunda longitud de onda a lo largo de un primer eje (172) de enfoque del láser;

35 una estructura (180) de redireccionamiento de fuente láser de tercera longitud de onda interpuesta ópticamente entre la fuente (160) láser de tercera longitud de onda y la ubicación de inspección para redirigir el haz (166) láser de tercera longitud de onda producido por la fuente láser de tercera longitud de onda a lo largo del primer eje (172) de enfoque del láser de tal manera que el haz láser de primera, segunda y tercera longitud de onda coincidan cuando intersectan en una periferia exterior del envase (102) de vidrio seleccionado dentro de la ubicación de inspección.

40 2. El dispositivo (100) de inspección de envases de vidrio de la reivindicación 1, en donde la primera longitud de onda de luz está entre 440-490 nm, preferiblemente entre 440-460 nm, la segunda longitud de onda de luz está entre 495-570 nm, preferiblemente entre 510-530 nm, y la tercera longitud de onda de luz está entre 620-750 nm, preferiblemente entre 630-650 nm.

45 3. El dispositivo (100) de inspección de envases de vidrio de cualquier reivindicación precedente, en donde la primera fuente (150) láser está ubicada y orientada funcionalmente con relación a la ubicación de inspección de tal manera que el primer haz (152) láser tiene una primera dimensión paralela a un primer eje de entre 20 y 60 milímetros y una segunda dimensión a lo largo de un segundo eje perpendicular a la primera dimensión y primer eje de entre 25 y 100 micrómetros.

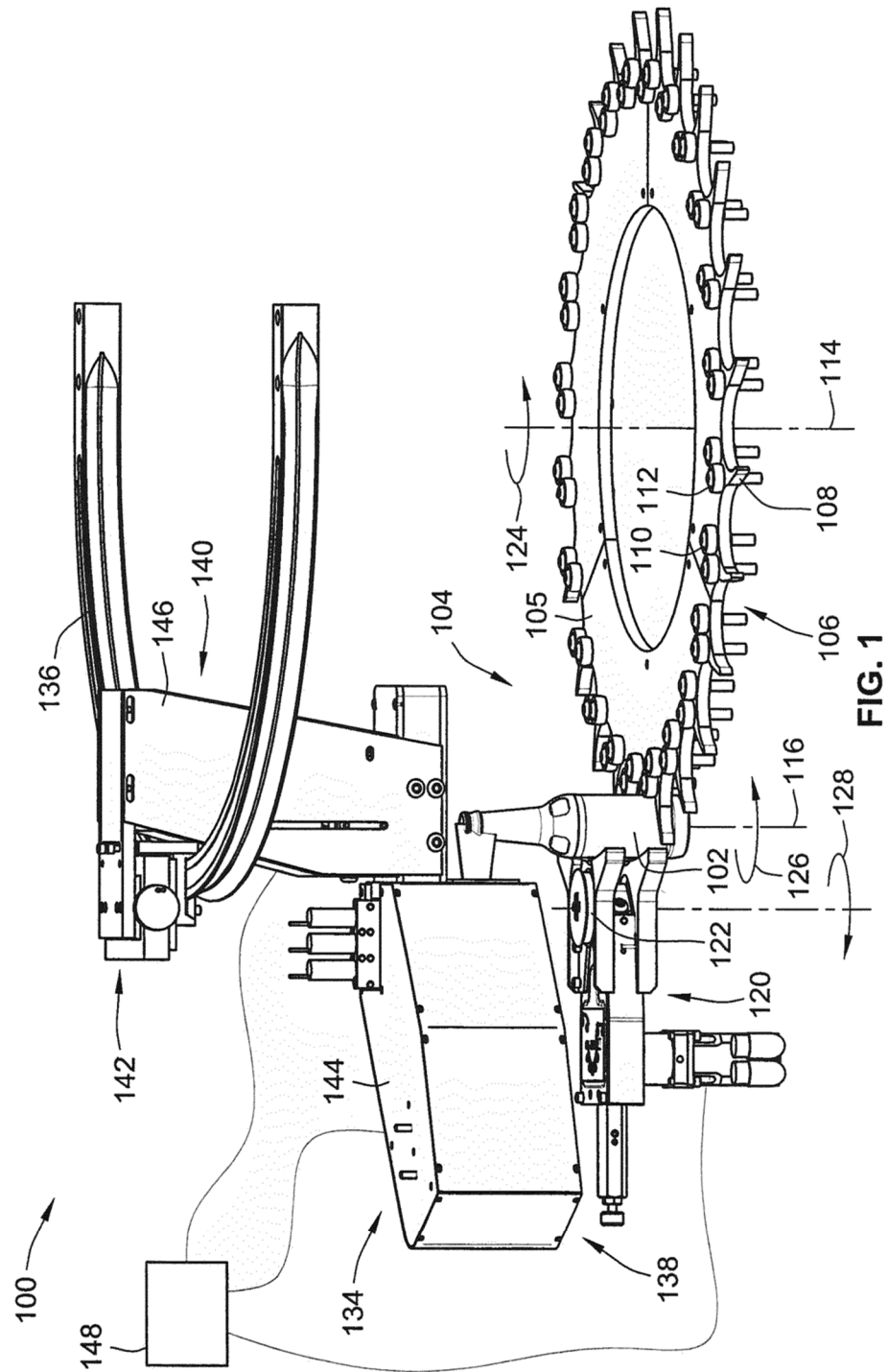
50 4. El dispositivo de inspección de envases de vidrio de la reivindicación 3, en donde el rotador (120) hace rotar el envase (102) de vidrio seleccionado sobre un eje de rotación del envase, estando el primer eje del primer haz (152) láser en un ángulo de entre 0 y 15 grados con relación al eje de rotación del envase en un plano ortogonal a un eje de enfoque del primer haz láser.

5. El dispositivo (100) de inspección de envases de vidrio de cualquier reivindicación precedente, que comprende además una disposición (104) de transporte de envases de vidrio para transportar el envase (102) de vidrio

seleccionado hacia la ubicación de inspección, configurado para detener el envase de vidrio seleccionado dentro del lugar de inspección durante un período de tiempo predeterminado en el que el rotador hace rotar el envase de vidrio seleccionado al menos 360 grados, y configurado para transportar la botella seleccionada fuera de la ubicación de inspección.

- 5 6. El dispositivo (100) de inspección de envases de vidrio de cualquier reivindicación precedente, en donde la primera fuente (150) láser está configurada para dirigir el primer haz (152) láser hacia el envase de vidrio seleccionado con un ángulo de incidencia de al menos 65 grados y menor que 90 grados.
- 10 7. El dispositivo (100) de inspección de envases de vidrio de cualquier reivindicación precedente, en donde la cámara (154) define un eje de enfoque de la cámara dirigida hacia la ubicación de inspección, extendiéndose el eje (196) de enfoque de la cámara angularmente con relación al primer eje (172) de enfoque del láser de la primera fuente (150) láser a lo largo de la cual se desplaza el primer haz (152) láser en un ángulo (β) entre la cámara y el láser de entre 17 y 32 grados.
- 15 8. El dispositivo (100) de inspección de envases de vidrio de la reivindicación 7, en donde la primera fuente (150) láser y la cámara (154) están separadas de la ubicación de inspección de tal manera que el eje (196) de enfoque de la cámara y el primer eje (172) de enfoque del láser intersecan una periferia exterior de un envase de vidrio dentro de la ubicación de inspección antes de intersectar cuando el eje (196) de enfoque de la cámara y el primer eje (172) de enfoque del láser se ven en una dirección que se extiende paralela a un eje de rotación (116) del envase sobre el que el envase de vidrio seleccionado es rotado por el rotador.
- 20 9. El dispositivo (100) de inspección de envases de vidrio de cualquier reivindicación precedente, que incluye además un mecanismo de alineación para ajustar simultáneamente una posición de la primera fuente (150) láser y la cámara (154) paralelas a un plano normal a un eje de rotación del envase sobre el que el envase de vidrio seleccionado es rotado por el rotador, que incluye además una guía (210) de alineación que se transporta con la cámara y la primera fuente láser cuando el mecanismo de alineación ajusta la posición de la primera fuente láser y la cámara, la guía (210) de alineación definiendo un par de líneas (216, 218) de alineación que se extienden en ángulo recto entre sí en el plano normal, en donde ambas líneas de alineación se posicionan tangentes a una periferia exterior de un envase de vidrio seleccionado dentro de la ubicación de inspección cuando se ven a lo largo del eje del envase de rotación (116) para establecer una posición del mecanismo de alineación.
- 25 10. El dispositivo (100) de inspección de envases de vidrio de la reivindicación 9, que incluye, además:
30 una cámara (222) de alineación, la cámara de alineación posicionada para ver un envase de vidrio seleccionado dentro de la ubicación de inspección y las líneas (216, 218) de alineación, al menos cuando las líneas de alineación son tangentes a la periferia exterior del envase de vidrio seleccionado; y
una pantalla (224) de alineación conectada funcionalmente a la cámara de alineación que muestra una salida de la cámara de alineación.
- 35 11. El dispositivo (100) de inspección de envases de vidrio de la reivindicación 1, en donde la estructura (178) de redireccionamiento de la fuente láser de segunda longitud de onda está hecha de un material que permite que la primera longitud de onda de luz pase a través de ella y se refleje la segunda longitud de onda de luz y la tercera estructura (180) de redireccionamiento de fuente láser está hecha de un material que permite que la primera y segunda longitudes de onda de luz pasen a través de ella y se refleje la tercera longitud de onda de luz.
- 40 12. El dispositivo (100) de inspección de envases de vidrio de la reivindicación 11, que incluye además una primera estructura (176) de redireccionamiento de la fuente láser interpuesta ópticamente entre la fuente (156) láser de primera de longitud de onda y la ubicación de inspección para redirigir el haz (162) láser de primera longitud de onda producido por la fuente láser de primera longitud de onda a lo largo del primer eje (172) de enfoque del láser.
- 45 13. El dispositivo (100) de inspección de envases de vidrio de cualquier reivindicación precedente, en donde el primer haz (152) láser de la primera fuente (150) láser se desplaza a lo largo del primer eje (172) de enfoque láser cuando el primer haz láser se pone en contacto con una periferia exterior del envase (102) de vidrio seleccionado;
50 incluyendo además una segunda fuente (240) láser configurada para producir un segundo haz (242) láser que se desplaza a lo largo de un eje de enfoque del segundo láser diferente al primer eje (172) de enfoque del láser, estando configurada la segunda fuente láser para dirigir el segundo haz (242) láser hacia el envase (102) de vidrio seleccionado en la ubicación de inspección en un segundo ángulo de incidencia con el envase de vidrio seleccionado mayor que o igual a un ángulo crítico para producir la reflexión interna del segundo haz láser dentro del envase de vidrio seleccionado, estando el segundo eje de enfoque del láser en un ángulo oblicuo con relación a un plano normal a un eje de rotación (116) del envase sobre el que el rotador hace rotar el envase de vidrio seleccionado.
- 55 14. El dispositivo (100) de inspección de envases de vidrio de la reivindicación 13, en donde el segundo eje de enfoque del láser se dirige para intersecar un interior de una abertura del envase de vidrio seleccionado de tal manera que se puedan detectar defectos horizontales usando una segunda cámara.

- 5 15. El dispositivo (100) de inspección de envases de vidrio de una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 12, que comprende además una segunda fuente (240) láser configurada para producir un segundo haz (242) láser, estando configurada la segunda fuente láser para dirigir el segundo haz (242) láser hacia la ubicación de inspección para formar un ángulo de incidencia con el envase de vidrio seleccionado mayor que o igual a un ángulo crítico para producir la reflexión interna del segundo haz láser dentro del envase de vidrio seleccionado; y
- una segunda cámara (248) dirigida hacia la ubicación de inspección para detectar la luz que escapa del envase de vidrio seleccionado como resultado del segundo haz (242) láser reflejado internamente que interseca un defecto en el envase de vidrio seleccionado;
- 10 estando orientadas la primera y segunda fuentes (150, 240) láser de tal manera que el primer y el segundo haz láser se desplazan en direcciones opuestas dentro del envase de vidrio seleccionado.
16. Un método para inspeccionar la zona de acabado de un envase (102) de vidrio usando el dispositivo (100) de inspección de envases de vidrio de la reivindicación 1, comprendiendo el método:
- hacer rotar al menos 360 grados un envase (102) de vidrio seleccionado ubicado en la ubicación de inspección;
- producir el primer haz (152) láser con la primera fuente (150) láser;
- 15 dirigir el primer haz (152) láser hacia la ubicación de inspección con un ángulo de incidencia con el envase de vidrio seleccionado mayor que o igual a un ángulo crítico para producir la reflexión interna del primer haz láser dentro del envase de vidrio seleccionado; y
- detectar la luz que escapa del envase (102) de vidrio seleccionado como resultado del primer haz láser reflejado internamente que interseca un defecto en el envase de vidrio seleccionado.



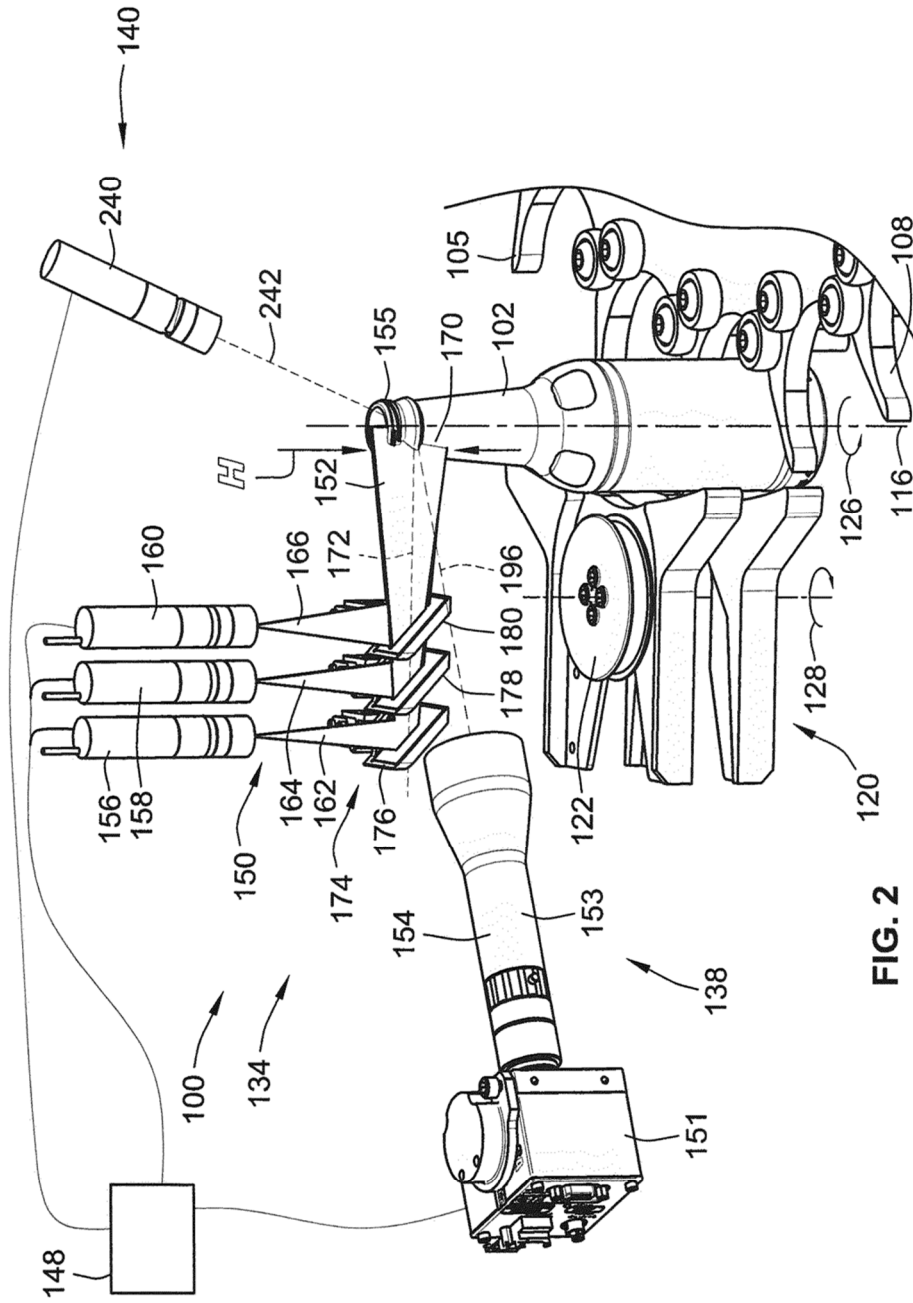


FIG. 2

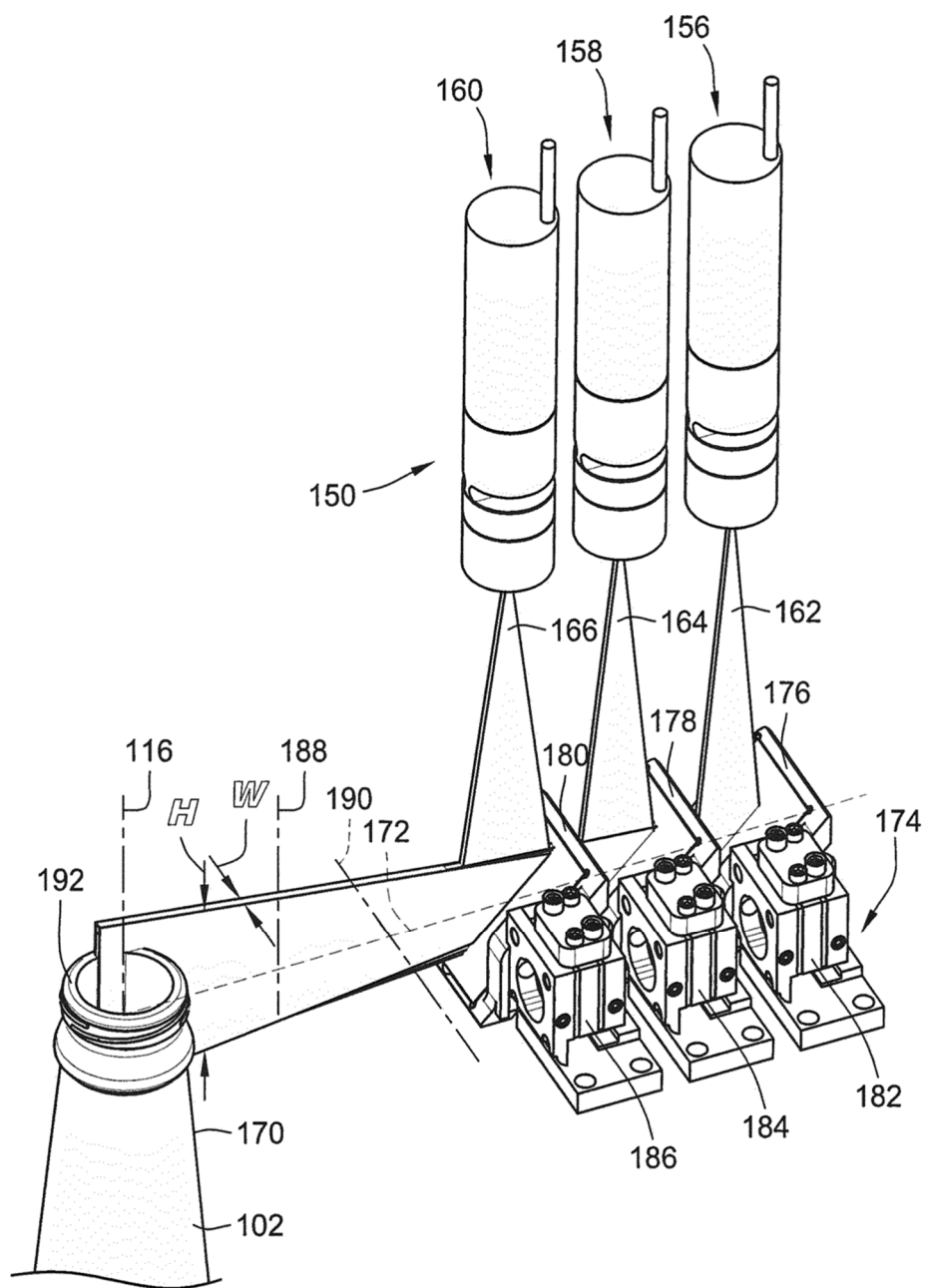


FIG. 3

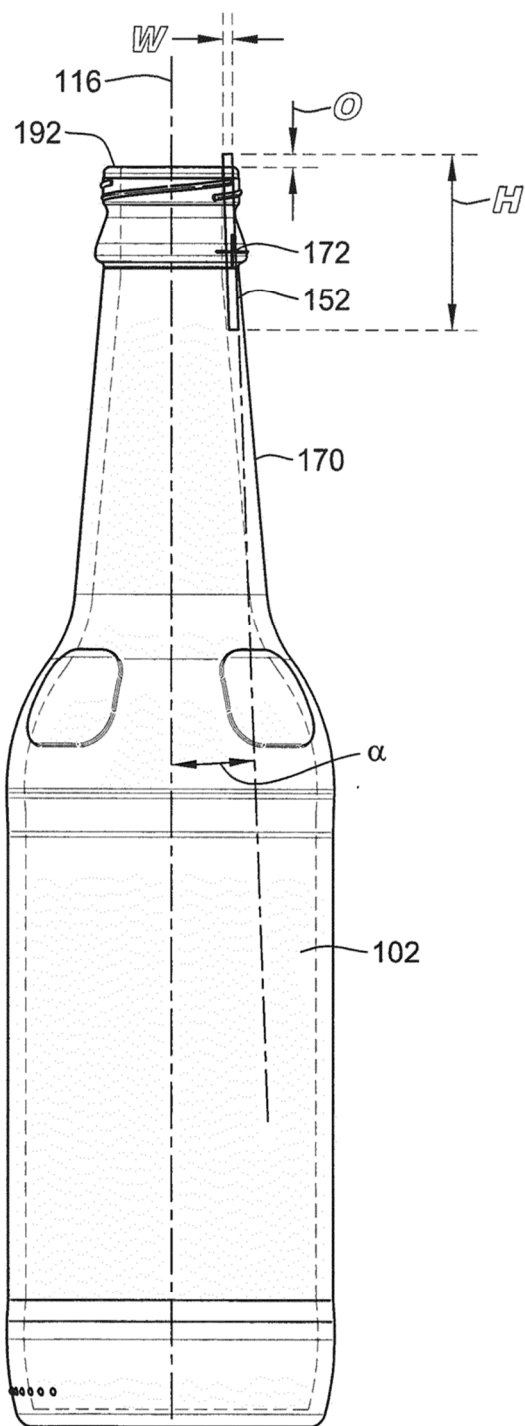
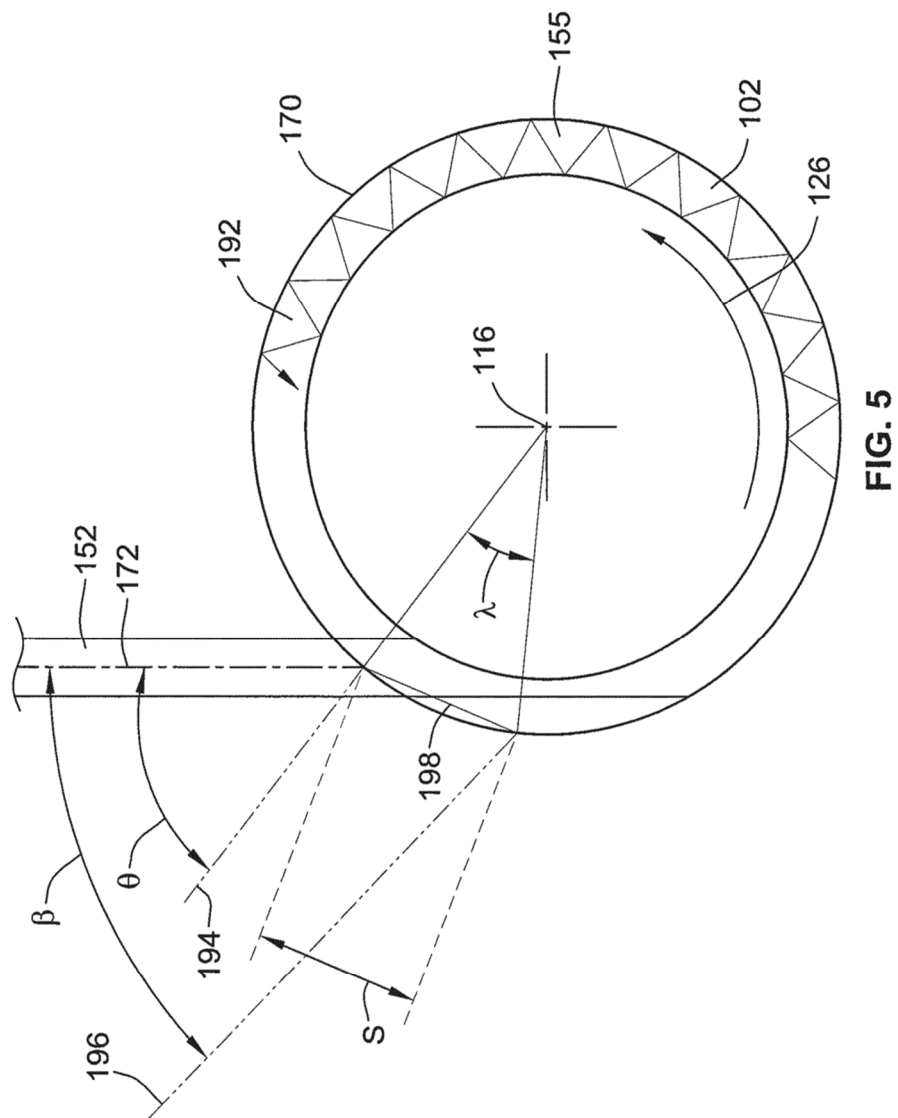


FIG. 4



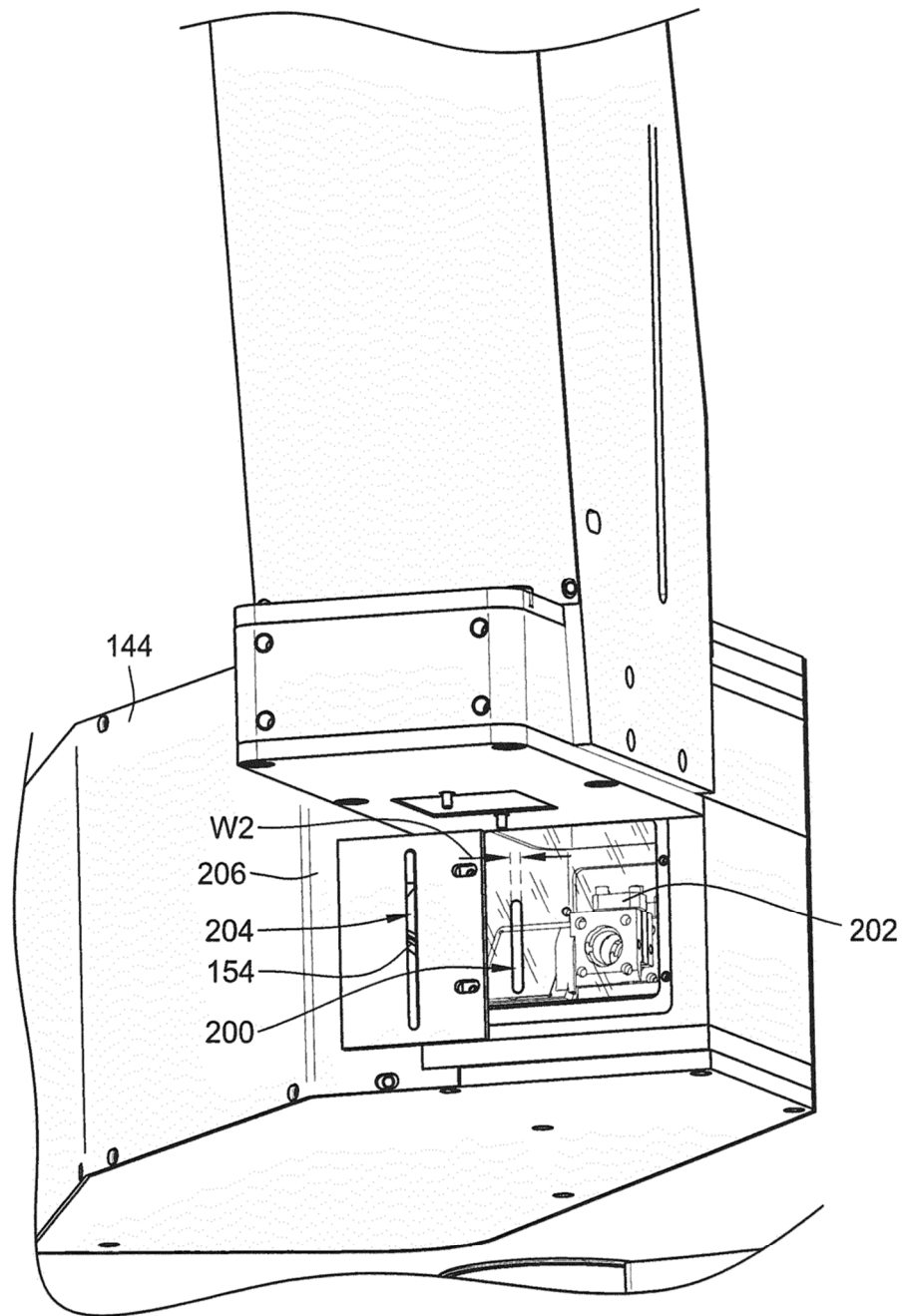


FIG. 6

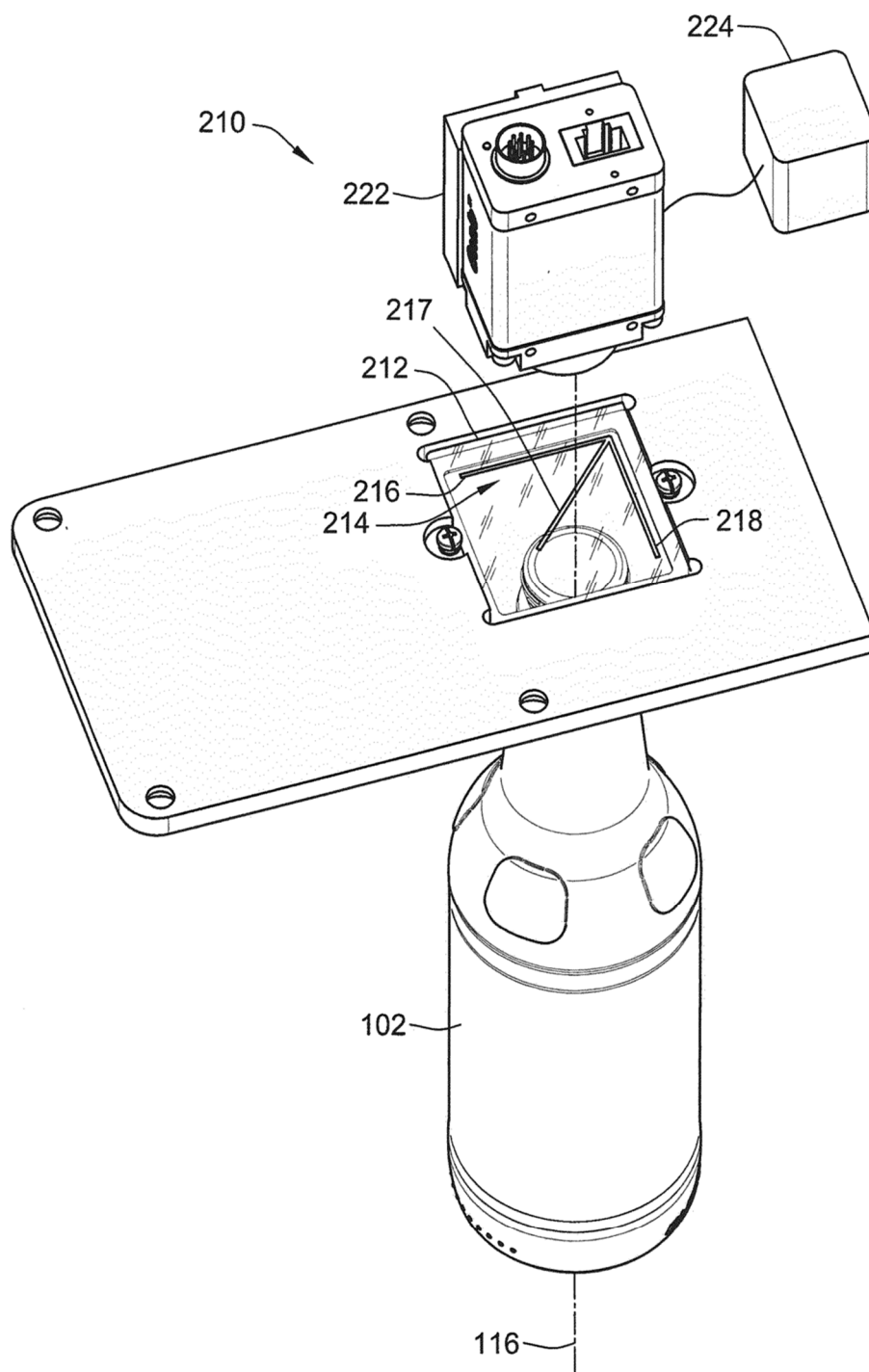


FIG. 7

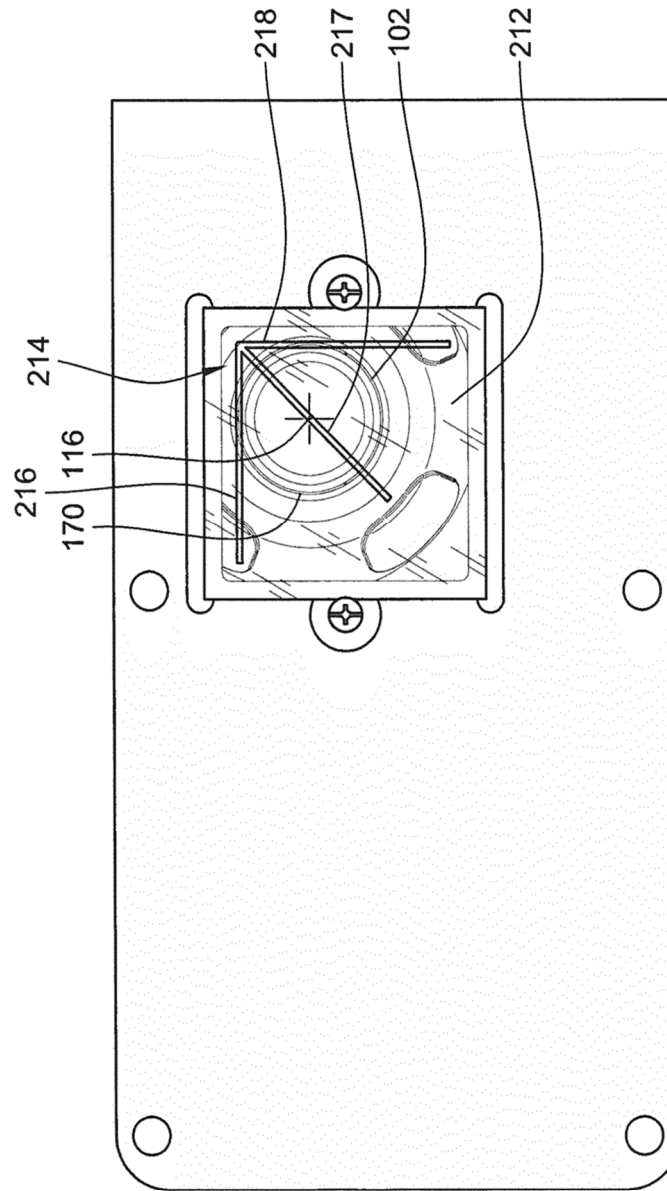
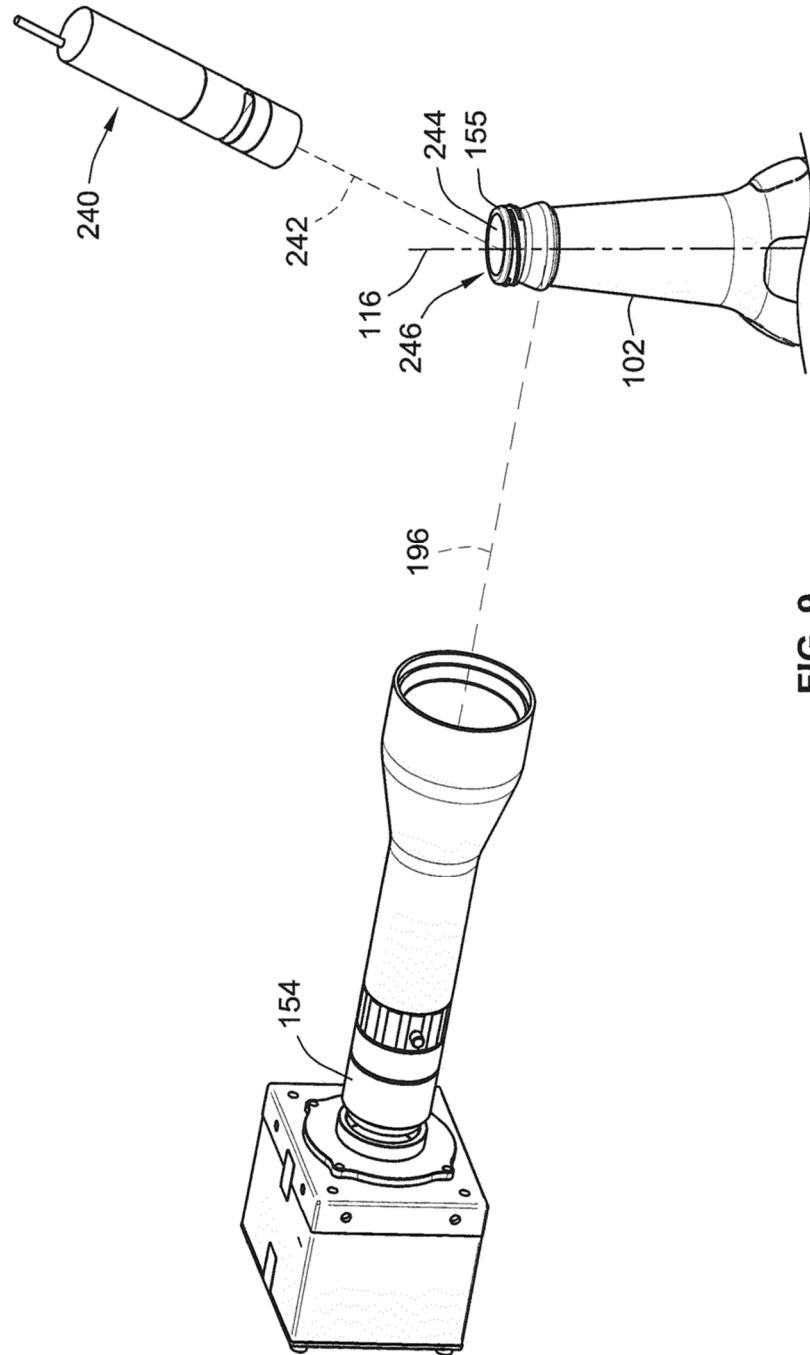


FIG. 8



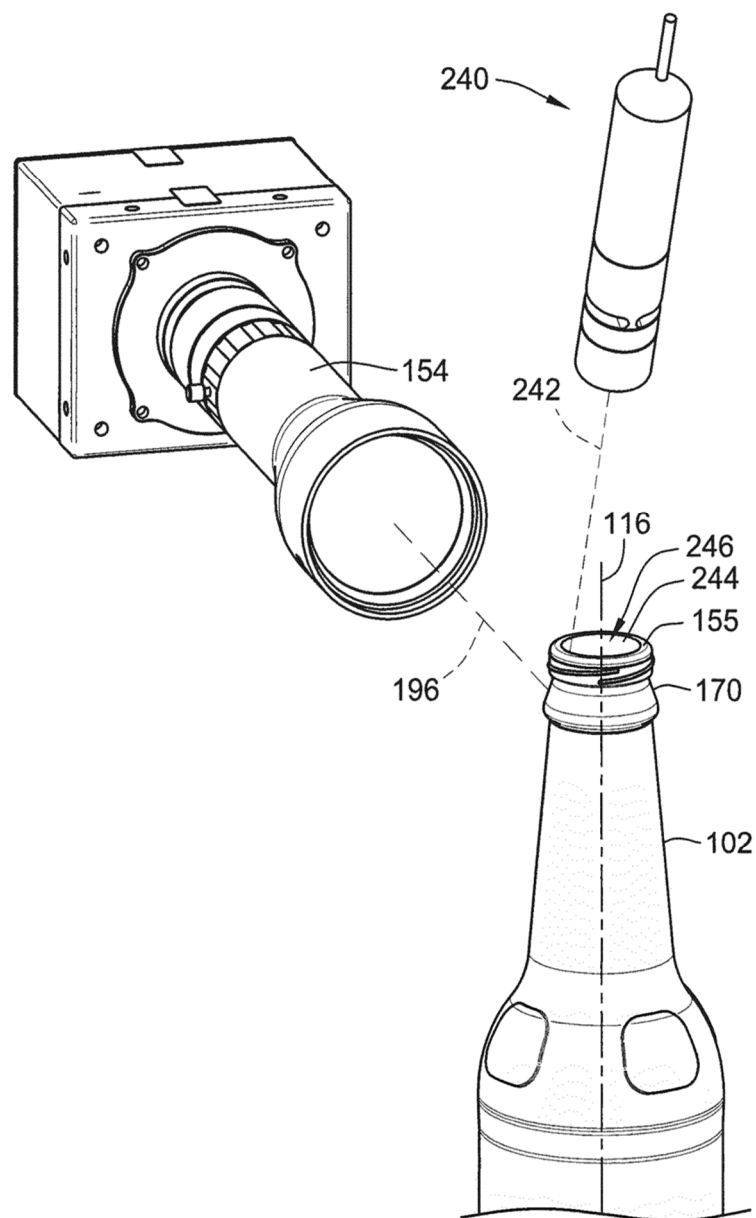


FIG. 10

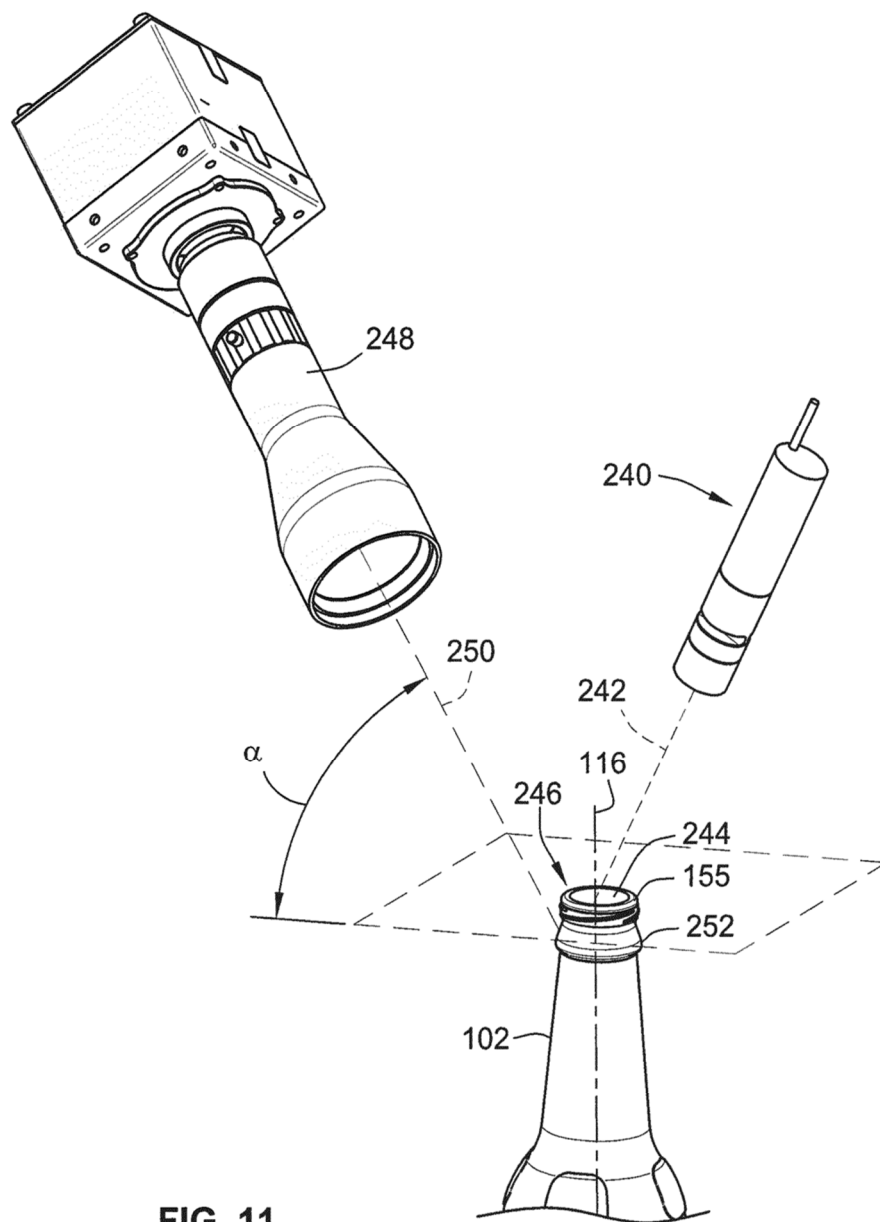


FIG. 11

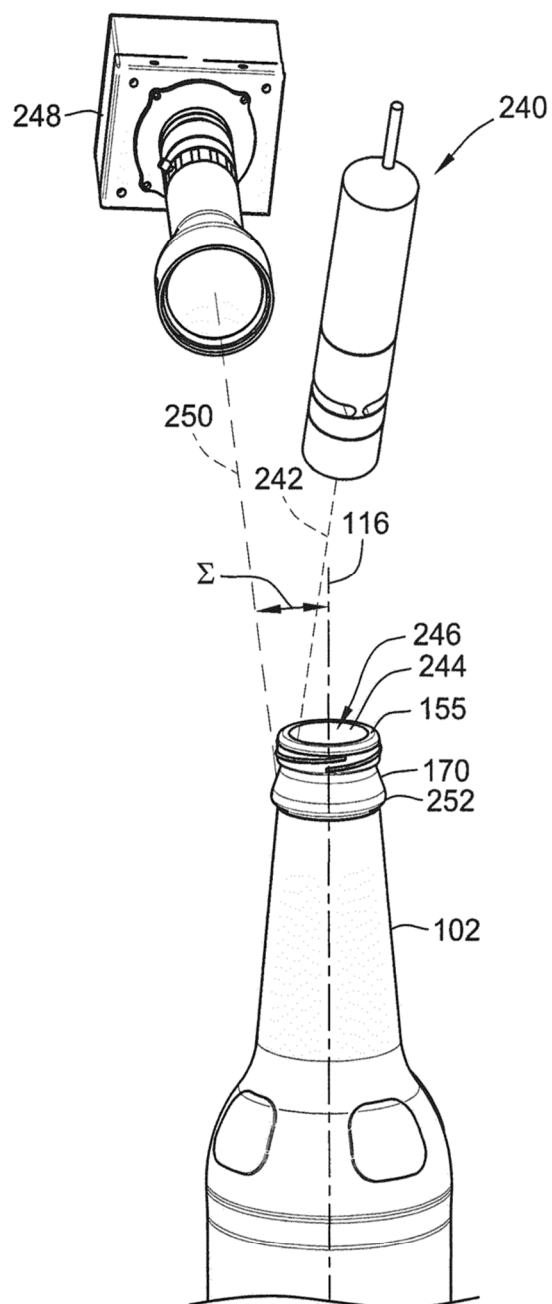
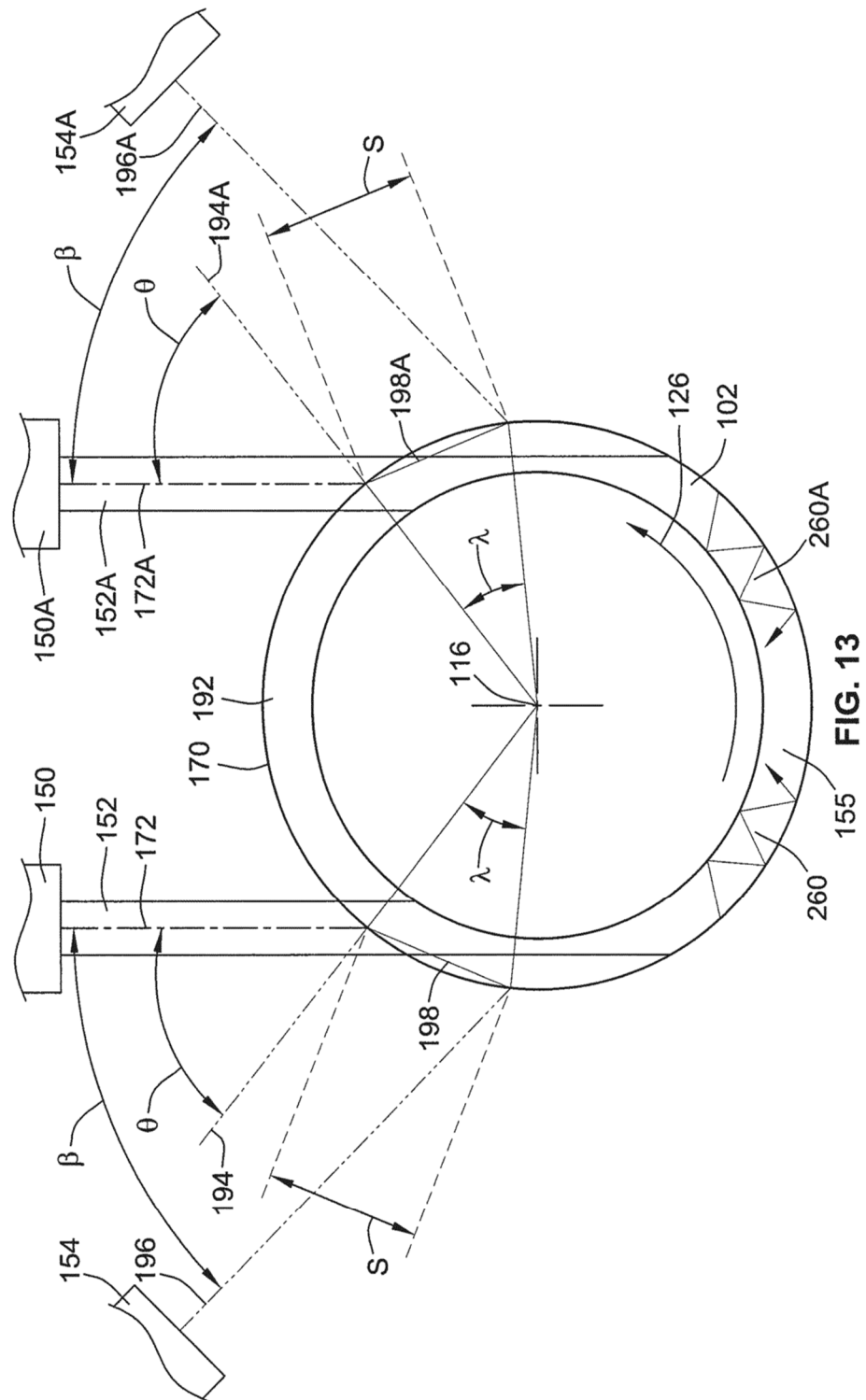


FIG. 12



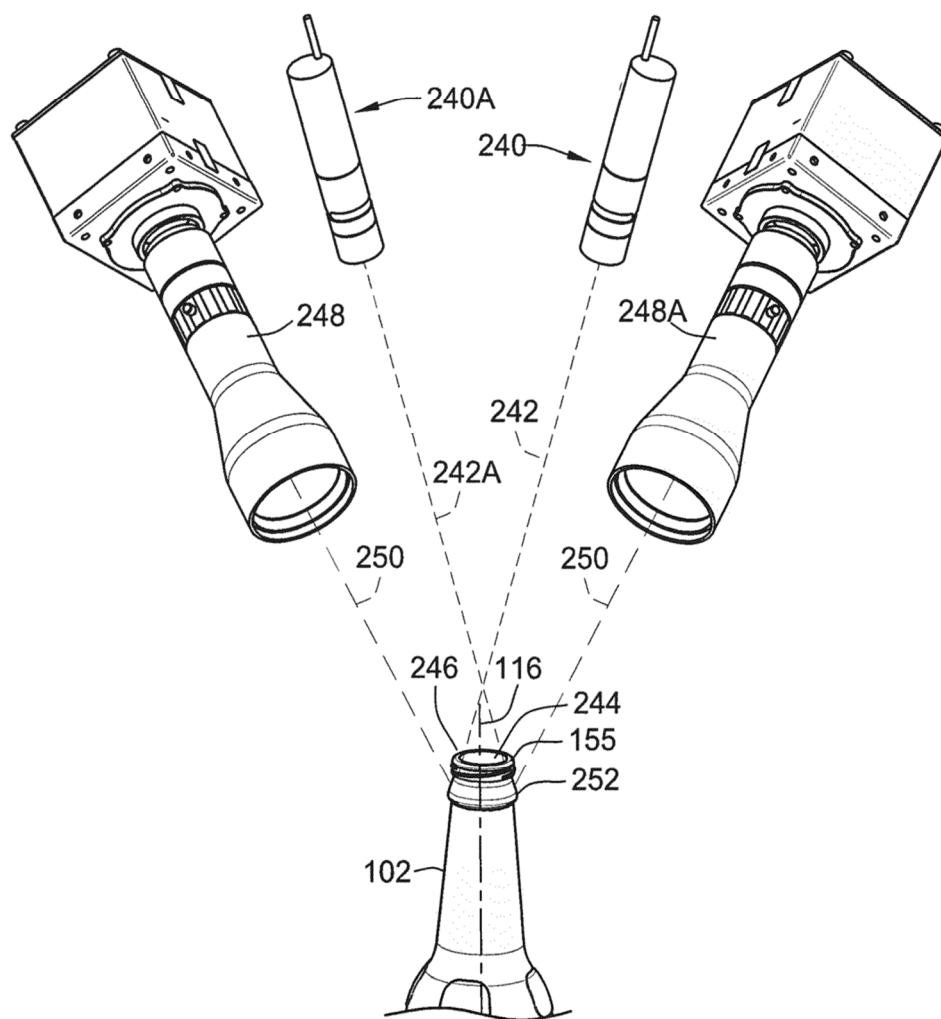


FIG. 14

