

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 743 444**

51 Int. Cl.:

G01N 21/64 (2006.01)

G01N 21/84 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **26.10.2016** **E 16195722 (0)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **29.05.2019** **EP 3165907**

54 Título: **Métodos y sistemas para pruebas no destructivas**

30 Prioridad:

04.11.2015 US 201514932582

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

19.02.2020

73 Titular/es:

**THE BOEING COMPANY (100.0%)
100 North Riverside Plaza
Chicago, IL 60606-2016, US**

72 Inventor/es:

**SAFAI, MORTEZA y
GEORGESON, GARY E.**

74 Agente/Representante:

CARVAJAL Y URQUIJO, Isabel

ES 2 743 444 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

Métodos y sistemas para pruebas no destructivas

5 Antecedentes

Para verificar la integridad estructural u otras características de las partes, como las líneas de unión de las estructuras compuestas, se han propuesto diversas técnicas de inspección destructiva y no destructiva. Sin embargo, la mayoría de las técnicas actuales tienen limitaciones. Por ejemplo, las técnicas de inspección destructiva no pueden utilizarse en partes de producción reales y pueden proporcionar una caracterización limitada durante el desarrollo del proceso y el control de calidad. Las técnicas de inspección no destructiva incluyen diversos métodos ultrasónicos. Sin embargo, estos métodos actualmente disponibles facilitan una verificación menor a la deseada de la resistencia de la unión durante todo el ciclo de vida de una unión. Un ejemplo de inspección ultrasónica consiste en detectar y analizar la atenuación a través de interfaces de parte de adhesivo. Otro ejemplo consiste en detectar y analizar reflexiones de interfaces de parte de adhesivo. Otro ejemplo más involucra la resonancia ultrasónica, donde los cambios en las frecuencias de resonancia se monitorizan para indicar fallas. Lo que se necesita es un método y un dispositivo que permita verificar directamente que se han alcanzado las propiedades de línea de enlace requeridas.

El documento GB2194062 (A) establece un recubrimiento que se puede aplicar a una estructura para indicar daños a la estructura que, de otro modo, generalmente no son visibles. El recubrimiento incluye una pluralidad de cápsulas opacas cargadas con colorante que están diseñadas para romperse cuando la estructura está sujeta a una presión mayor que la que puede dañar la estructura. Cuando se rompen, las cápsulas liberan el tinte que es fácilmente visible.

El documento US2008312847 (A1) establece un método y un aparato para la detección no destructiva de la corrosión usando puntos cuánticos. En una realización, se prueba una superficie de un área en un producto asociado con un conjunto de puntos cuánticos. Un patrón de longitudes de onda emitidas por el conjunto de puntos cuánticos asociados con la superficie del producto se detecta para formar un patrón de puntos cuánticos. El patrón de puntos cuánticos se analiza para determinar si se ha producido corrosión en el área de la superficie del producto.

El documento US2010151577 (A1) establece un método e indicador de detección que incluye puntos cuánticos que emiten fluorescencia bajo la iluminación de una primera luz que tiene una primera longitud de onda para indicar la presencia de una condición predeterminada, y en particular, una condición de corrosión. Los puntos cuánticos están rodeados por un material de cubierta que, en condiciones normales, refleja la primera luz y reacciona en presencia de la condición predeterminada para permitir que la primera luz ilumine el punto cuántico para excitar al punto cuántico para emitir una segunda luz que tiene una segunda longitud de onda que cuando se detecta, indica la presencia de la condición predeterminada.

El documento JP5556973B establece una estructura de ensamblaje de nanopartículas semiconductoras que comprende una estructura interna que se obtiene ensamblando una pluralidad de primeras nanopartículas semiconductoras y una estructura externa que se obtiene ensamblando una pluralidad de segundas nanopartículas semiconductoras. Las primeras nanopartículas semiconductoras tienen un espacio de banda más pequeño que las segundas nanopartículas semiconductoras.

Resumen

Se proporciona un método como se establece en la reivindicación 1 y una parte que incorpora un sensor híbrido como se establece en la reivindicación 10.

Se proporcionan métodos y sistemas para pruebas no destructivas de partes mientras estas partes se fabrican y/o se usan en la operación. Una parte probada incluye sensores espectrales híbridos incrustados dentro de la parte y unidos a uno o más componentes de la parte. Un sensor espectral híbrido puede incluir dos estructuras diferentes. Una primera estructura del sensor proporciona una primera respuesta espectral cuando se expone a una radiación de excitación. Una segunda estructura forma una jaula de Faraday alrededor de la primera estructura y bloquea la radiación de excitación a la primera estructura y/o bloquea la primera respuesta espectral emitida por la primera estructura (si las primeras estructuras se exponen a la radiación de excitación). La segunda estructura puede unirse a uno o más componentes de la parte, como una resina de matriz, y puede cambiar su nivel de encapsulación de la primera estructura y sus características de bloqueo cuando la parte está sujeta a una o más operaciones. Estos cambios en los sensores espectrales híbridos pueden detectarse exponiendo la parte a la radiación de excitación. Además, estas características de bloqueo pueden estar correlacionadas con diversas características de integridad estructural de la parte. Los sensores espectrales híbridos permanecen en la parte y pueden volver a probarse diversas veces diferentes durante la fabricación y/o el funcionamiento de la parte.

El método comprende formar una jaula de Faraday alrededor de una primera estructura encapsulando completamente la primera estructura con al menos una segunda estructura para formar un sensor espectral híbrido. Como tal, el sensor espectral híbrido incluye la primera estructura al menos parcialmente encapsulada por la al menos una segunda

estructura. El nivel de encapsulación define las características de bloqueo de la jaula de Faraday en el sensor espectral híbrido. El método también comprende incorporar el sensor espectral híbrido en la parte.

En algunas realizaciones, encapsular la primera estructura con la al menos una segunda estructura comprende la agregación iónica de plasma. Después de encapsular la primera estructura con la al menos una segunda estructura, la primera estructura puede unirse cohesivamente a la al menos una segunda estructura. Cuando se usan múltiples segundas estructuras dentro del mismo sensor espectral híbrido, cada una de estas segundas estructuras puede estar unida de manera independiente y cohesiva a la primera estructura o a una de las múltiples primeras estructuras del mismo sensor espectral híbrido.

En algunas realizaciones, la al menos una segunda estructura también está unida a un componente de la parte después de que el sensor espectral híbrido se incorpora a la parte. Este componente puede ser un adhesivo. Diferentes porciones de la al menos una segunda estructura del mismo sensor espectral híbrido o diferentes segundas estructuras del mismo sensor espectral híbrido pueden unirse a diferentes porciones del componente. La unión entre la al menos una segunda estructura y el componente puede ser más fuerte que la unión entre la al menos una segunda estructura y la primera estructura.

La primera estructura es un primer punto cuántico. La al menos una segunda estructura es al menos un segundo punto cuántico diferente del primer punto cuántico. Cuando se usan diversas segundas estructuras para el mismo sensor espectral híbrido, todas las segundas estructuras pueden ser del mismo tipo. Cuando se expone a la misma radiación de excitación, el primer punto cuántico produce una radiación de excitación diferente a la del segundo punto cuántico. Además, el segundo punto cuántico puede bloquear la radiación de excitación al primer punto cuántico.

La jaula de Faraday está configurada para bloquear al menos una de la radiación de excitación a la primera estructura o la radiación emitida desde la primera estructura. Más específicamente, la jaula de Faraday puede configurarse para bloquear tanto la radiación de excitación a la primera estructura como la radiación emitida desde la primera estructura.

En algunas realizaciones, la parte es una parte compuesta. El sensor espectral híbrido puede incorporarse en una o en todas las capas que forman un laminado, en un adhesivo utilizado entre las capas y/o para formar las capas, y otros fines. Cuando la parte es una parte compuesta, el método puede comprender curar la parte. El sensor espectral híbrido puede incorporarse en la parte antes de curar la parte. Además, el sensor espectral híbrido se puede usar para monitorizar los cambios en la parte durante la operación de curado.

En algunas realizaciones, el método comprende además exponer la parte a una radiación de excitación y analizar el espectro de una radiación emitida desde la parte para determinar inconsistencias en la parte. La radiación emitida se puede emitir desde la parte o, más específicamente, desde los sensores espectrales híbridos incorporados en la parte como resultado de que la parte esté expuesta a la radiación de excitación. El espectro de la radiación emitida depende de las aberturas en la jaula de Faraday del sensor espectral híbrido, que a su vez afecta las características de bloqueo de la jaula de Faraday. En otras palabras, el espectro de la radiación emitida depende del nivel de encapsulación de la primera estructura con la al menos una segunda estructura. Este nivel de encapsulación puede cambiar a medida que la parte se procesa y/o se utiliza.

La porción de la radiación emitida atribuible a las primeras estructuras se puede distinguir de la porción de la radiación emitida atribuible a la al menos una segunda estructura, si hay algo emitido desde la al menos una segunda estructura. En algunas realizaciones, la al menos una segunda estructura no produce ninguna radiación emitida detectable cuando se expone a la radiación emitida. La distinción en la radiación emitida puede provenir de diferentes materiales utilizados para la primera estructura y la segunda estructura.

En algunas realizaciones, el método comprende además procesar la parte. Este procesamiento puede realizarse antes de exponer la parte a la radiación de excitación y después de incorporar el sensor espectral híbrido en la parte. Como tal, el procesamiento puede ser seguido exponiendo la parte a la radiación de excitación. En algunas realizaciones, la exposición adicional a la misma o similar radiación de excitación se puede realizar antes del procesamiento. El procesamiento puede comprender el curado de la línea de unión.

En algunas realizaciones, el método comprende además procesar la parte después de exponer la parte a la radiación de excitación y luego exponer la parte a una radiación de excitación adicional (después de completar el procesamiento). El método puede proceder a analizar el espectro de una radiación adicional emitida. El método puede comprender además comparar el espectro de la radiación emitida con el espectro de la radiación emitida adicional. La diferencia entre los dos espectros puede ser indicativa de cambios en la parte que se producen durante el procesamiento.

La jaula de Faraday se forma encapsulando completamente la primera estructura con la al menos una segunda estructura. Esta encapsulación completa se puede lograr antes de incorporar el sensor espectral híbrido en la parte. En algunas realizaciones, la primera estructura está encapsulada por múltiples segundas estructuras que comprenden al menos una segunda estructura. En la misma de otras realizaciones, la al menos una segunda estructura forma un armazón de encapsulación alrededor de la primera estructura.

También se proporciona un método para probar una parte. El método puede comprender exponer la parte a una radiación de excitación y analizar el espectro de una radiación emitida desde la parte para determinar inconsistencias en la parte. La parte puede comprender sensores espectrales híbridos.

Cada uno de los sensores espectrales híbridos de la parte puede comprender una jaula de Faraday alrededor de una primera estructura formada encapsulando completamente la primera estructura con al menos una segunda estructura.

En algunas realizaciones, la al menos una segunda estructura está unida a un componente de la parte después de que el sensor espectral híbrido se incorpora a la parte. El componente de la parte puede ser un adhesivo.

La primera estructura puede ser un primer punto cuántico. La al menos una segunda estructura puede ser un segundo punto cuántico diferente del primer punto cuántico. La primera estructura puede estar unida cohesivamente a las segundas estructuras.

La jaula de Faraday está configurada para bloquear al menos una de una radiación de excitación o una radiación emitida desde la primera estructura. Más específicamente, la jaula de Faraday está configurada para bloquear tanto la radiación de excitación como la radiación emitida desde la primera estructura. El espectro de la radiación emitida puede depender de una abertura en la jaula de Faraday del sensor espectral híbrido.

En algunas realizaciones, una porción de la radiación emitida atribuible a las primeras estructuras es distinguible de una porción de la radiación emitida atribuible a las segundas estructuras. Las segundas estructuras pueden no proporcionar sustancialmente ninguna contribución a la radiación emitida, en algunas realizaciones. Alternativamente, cualquier contribución a la radiación emitida por las segundas estructuras puede ignorarse durante el análisis del espectro de la radiación emitida.

En algunas realizaciones, el método comprende además procesar la parte. Este procesamiento puede realizarse antes de exponer la parte a la radiación de excitación. Por ejemplo, este procesamiento puede comprender el curado de la línea de unión.

En algunas realizaciones, el método comprende además procesar la parte después de exponer la parte a la radiación de excitación y exponer la parte a una radiación de excitación adicional después de completar el procesamiento. El método también puede involucrar el análisis del espectro de la radiación adicional emitida. En algunas realizaciones, el método comprende además comparar el espectro de la radiación emitida con el espectro de la radiación adicional emitida.

También se proporciona un sensor espectral híbrido que comprende una primera estructura y una jaula de Faraday alrededor de una primera estructura formada al encapsular completamente la primera estructura con al menos una segunda estructura. La jaula de Faraday puede configurarse para bloquear al menos una de una radiación de excitación o una porción de una radiación emitida por la primera estructura. Más específicamente, la jaula de Faraday puede configurarse para bloquear tanto la radiación de excitación como la porción de la radiación emitida por la primera estructura.

En algunas realizaciones, la primera estructura está unida cohesivamente a la al menos segunda estructura. La primera estructura puede ser un primer punto cuántico. La al menos una segunda estructura puede ser un segundo punto cuántico diferente del primer punto cuántico.

También se proporciona una parte que comprende un componente y un sensor espectral híbrido. El sensor espectral híbrido comprende unas primeras estructuras de punto cuántico y una jaula de Faraday alrededor de la primera estructura de punto cuántico formada encapsulando completamente la primera estructura con al menos una segunda estructura. La jaula de Faraday se configura para bloquear al menos una de una radiación de excitación o una porción de una radiación emitida por la primera estructura. Más específicamente, la jaula de Faraday está configurada para bloquear tanto la radiación de excitación como la porción de la radiación emitida desde la primera estructura.

La primera estructura puede estar unida cohesivamente a la al menos segunda estructura. La primera estructura puede ser un primer punto cuántico. La al menos una segunda estructura puede ser un segundo punto cuántico diferente del primer punto cuántico. La al menos una segunda estructura puede unirse al componente de la parte después de que el sensor espectral híbrido se incorpore a la parte. El componente puede ser un adhesivo. La parte puede ser una parte compuesta.

Estas y otras realizaciones se describen más adelante con referencia a las figuras.

Breve descripción de los dibujos

La figura 1 es un diagrama de flujo del proceso correspondiente a un método para la prueba no destructiva de una parte, de acuerdo con algunas realizaciones.

Las figuras 2A y 2B son dos representaciones esquemáticas de diferentes etapas mientras se forma un sensor espectral híbrido, de acuerdo con algunas realizaciones.

5 La figura 2C es una representación esquemática, otro ejemplo de un sensor espectral híbrido, de acuerdo con algunas realizaciones.

La figura 3A es una representación esquemática de una parte que tiene sensores espectrales híbridos incorporados, de acuerdo con algunas realizaciones.

10 La figura 3B es una representación esquemática de un laminado que tiene sensores espectrales híbridos, el laminado utilizado para formar una parte compuesta, de acuerdo con algunas realizaciones.

15 La figura 3C es una representación esquemática de otra parte que tiene dos tipos diferentes de sensores espectrales híbridos incorporados, de acuerdo con algunas realizaciones.

Las figuras 4A-4B son representaciones esquemáticas del mismo sensor espectral híbrido unido a un componente de la parte en diversas etapas durante el procesamiento y/o de la parte, de acuerdo con algunas realizaciones.

20 Las figuras 5A-5E son representaciones esquemáticas del mismo sensor espectral híbrido en diferentes estados, de acuerdo con algunas realizaciones.

Las figuras 6A-6D son representaciones esquemáticas de otro ejemplo de un sensor espectral híbrido en diferentes estados.

25 Las figuras 7A y 7B son ejemplos de respuestas espectrales de los mismos sensores espectrales híbridos en diferentes estados, de acuerdo con algunas realizaciones.

30 Las figuras 8A-8B son representaciones esquemáticas de la misma parte que tienen diferentes configuraciones de sensores espectrales híbridos durante la exposición de la parte a la radiación de excitación, de acuerdo con algunas realizaciones.

La figura 9 es un diagrama de bloques de producción de aeronaves y metodología de servicio que puede utilizar efectores finales descritos en este documento.

35 La figura 10 es una ilustración esquemática de una aeronave que puede incluir estructuras compuestas descritas en este documento.

Descripción detallada

40 En la siguiente descripción, se establecen numerosos detalles específicos para proporcionar una comprensión completa de los conceptos presentados. Los conceptos presentados pueden practicarse sin algunos o todos estos detalles específicos. En otros casos, las operaciones de proceso bien conocidas no se han descrito en detalle para no oscurecer innecesariamente los conceptos descritos. Si bien algunos conceptos se describirán junto con las realizaciones específicas, se entenderá que estas realizaciones no pretenden ser limitantes.

Introducción

50 Se ha encontrado que la incorporación de sensores espectrales híbridos en partes de formas particulares permite detectar diversos cambios estructurales en estas partes que pueden ocurrir durante el procesamiento (por ejemplo, la fabricación) y/o el uso (por ejemplo, la operación) de estas partes. Un sensor espectral híbrido utilizado para estas partes puede incluir al menos una primera estructura que forma un núcleo del sensor. La primera estructura puede tener una respuesta espectral distintiva distinguible de la respuesta de otros componentes de la parte, si existen respuestas de este tipo. El sensor también incluye al menos una segunda estructura que inicialmente forma una jaula de Faraday alrededor de la al menos una primera estructura. La orientación de la al menos una segunda estructura en relación con la al menos una primera estructura puede cambiar debido a cambios estructurales dentro de la parte. Este cambio en la orientación da como resultado cambios en las características de bloqueo de la jaula de Faraday y diferentes respuestas espectrales del sensor. Específicamente, durante la incorporación del sensor en la parte, la al menos una segunda estructura puede unirse a uno o más componentes de la parte, como un adhesivo. Esta unión puede ser más fuerte que la unión entre las estructuras primera y segunda. Cuando los componentes de la parte se mueven durante el procesamiento y/o uso de la parte, también arrastran la al menos una segunda estructura a una nueva ubicación, cambiando así las orientaciones relativas de las estructuras primera y segunda. Los cambios en las características de bloqueo de la jaula de Faraday y las diferentes respuestas espectrales del sensor pueden monitorizarse exponiendo la parte a la radiación de excitación y luego analizando el espectro de la radiación emitida. Un experto en la técnica que la misma parte puede tener una pluralidad de sensores.

Los componentes primero y segundo de un sensor espectral híbrido se pueden formar de dos conjuntos de puntos cuánticos diferentes. Para los fines de esta divulgación, los puntos cuánticos también pueden denominarse puntos-Q. Específicamente, el primer conjunto de uno o más puntos cuánticos representa la al menos una primera estructura (en el ejemplo anterior) que forma un núcleo del sensor espectral híbrido. Estos uno o más puntos cuánticos pueden denominarse puntos cuánticos internos. El segundo conjunto de uno o más puntos cuánticos representa la al menos una segunda estructura en el ejemplo anterior que forma un armazón del sensor espectral híbrido. Estos uno o más puntos cuánticos pueden denominarse puntos cuánticos externos. En este ejemplo, un sensor espectral híbrido también se puede denominar como un sistema de cristal de nanotecnología de punto cuántico híbrido. Cada conjunto de puntos cuánticos proporciona una respuesta diferente cuando se expone a una radiación de excitación. Además, los puntos cuánticos externos se organizan en el armazón y crean una jaula de Faraday que puede impedir que la radiación de excitación alcance los puntos cuánticos internos (y generar cualquier radiación emitida por los puntos cuánticos internos). En otro ejemplo, la jaula de Faraday protege la radiación emitida por los puntos cuánticos internos, incluso si las radiaciones de excitación alcanzan los puntos cuánticos internos. Además, la jaula de Faraday puede formarse para proteger los puntos cuánticos internos de la radiación de excitación, así como para proteger el resto del sistema del emisor de radiación de los puntos cuánticos internos (si alguna radiación de excitación alcanza los puntos cuánticos internos y provoca la emisión). La ubicación del escáner también se puede considerar debido a que los cambios en las propiedades de bloqueo de las jaulas de Faraday pueden ser direccionales, por ejemplo, más en un lado que en el otro. Además, pueden ocurrir algunos cambios prematuros en las propiedades de bloqueo de las jaulas de Faraday. Sin embargo, la señal atribuida a estos cambios puede ser mínima y generalmente ignorada. Debe observarse que a menudo se hacen referencias a múltiples estructuras primera y segunda, una persona con experiencia en la técnica entendería que se puede usar cualquier número de estructuras primera y segunda para formar un único sensor espectral híbrido como se describe más adelante. Además, un experto en la técnica entendería que diferentes sensores espectrales híbridos en la misma parte pueden tener algunas variaciones en el número de estructuras primera y segunda que forman cada uno de estos sensores espectrales híbridos.

Los sensores espectrales híbridos pueden mezclarse dentro de una resina compuesta, adhesivo de línea de unión o cualquier otro material de la parte antes de curar la parte. Durante el proceso de curado, el armazón formado por las segundas estructuras (por ejemplo, puntos cuánticos externos) puede cambiar. Por ejemplo, el armazón puede abrirse y perder algo de su eficiencia de protección de la jaula de Faraday. Si eso sucede, los sensores espectrales híbridos cambiarán su respuesta espectral. Específicamente, más radiación de excitación puede ser capaz de alcanzar las primeras estructuras (por ejemplo, puntos cuánticos internos) y/o más radiaciones emitidas pueden escapar de las primeras estructuras y alcanzar el detector. Dependiendo de las condiciones de curado y otros factores, los sensores espectrales híbridos pueden experimentar diferentes cambios en sus características de respuesta espectral, que dependen de las características de blindaje de las jaulas de Faraday formadas por las segundas estructuras. Como tal, la respuesta espectral puede usarse como caracterización indirecta del proceso de curado y otras características (por ejemplo, características estructurales, cambios estructurales) de la parte. Por ejemplo, al medir la intensidad del pico de espectro (señal) atribuible a las primeras estructuras (por ejemplo, puntos cuánticos internos), se puede evaluar la calidad del proceso de unión.

El perfil espectral de una parte que tiene sensores espectrales híbridos también se puede denominar como una firma electromagnética de la parte. Dado que el perfil espectral cambia con los cambios dentro de la parte, el perfil espectral se puede usar como una caracterización de la fuerza y la calidad de la unión y, en última instancia, para tomar una decisión si la unión debe pasar la inspección.

Prueba no destructiva y ejemplos de sensores espectrales híbridos

La figura 1 es un diagrama de flujo del proceso correspondiente al método 100 para la prueba no destructiva de una parte, de acuerdo con algunas realizaciones. El método 100 puede comenzar con la formación de la jaula 206 de Faraday alrededor de la primera estructura 210 (consulte el bloque 110 en la Figura 1). La jaula 206 de Faraday puede formarse encapsulando al menos parcialmente la primera estructura 210 con al menos una segunda estructura 220. Esto a su vez forma un sensor 200 espectral híbrido. En otras palabras, cuando se forma, el sensor 200 espectral híbrido incluye la jaula 206 de Faraday. Las características de blindaje de la jaula 206 de Faraday en esta etapa pueden ser las mejores y luego cambiar a medida que el sensor 200 espectral híbrido se someta a diversas fuerzas internas dentro de la parte 300.

La figura 2A es una ilustración esquemática de varias segundas estructuras 220 y primera estructura 210 antes de formar la jaula 206 de Faraday. La figura 2B es una ilustración esquemática de las mismas segundas estructuras 220 que forman la jaula 206 de Faraday alrededor de la primera estructura 210. El conjunto general mostrado en la figura 2B puede denominarse sensor 200 espectral híbrido.

Mientras que se muestran seis segundas estructuras 220 en las Figuras 2A y 2B, un experto en la técnica reconocería que cualquier número de segundas estructuras 220 puede usarse para formar la jaula 206 de Faraday alrededor de la primera estructura 210. En algunas realizaciones, se puede usar una segunda estructura 220 única para formar la jaula 206 de Faraday como, por ejemplo, se muestra en la figura 2C. Además, la jaula 206 de Faraday puede formarse alrededor de múltiples primeras estructuras 210, que juntas forman un grupo. El número de cada una de las primeras estructuras 210 y las segundas estructuras en cada uno de los sensores 200 espectrales híbridos puede depender del

tamaño de cada estructura, el nivel de encapsulación de la jaula 206 de Faraday necesaria al menos inicialmente y otros factores. Debe observarse que el nivel de encapsulación de la jaula 206 de Faraday puede cambiar después de que el sensor 200 espectral híbrido se incorpore a una parte.

En algunas realizaciones, la primera estructura 210 es el primer punto 210' cuántico. Al menos una segunda estructura 220 puede ser un segundo punto 220' cuántico diferente del primer punto 220' cuántico. En un ejemplo específico, las primeras estructuras 210 que forman sensores espectrales híbridos son puntos cuánticos PbS, mientras que las segundas estructuras 220 son puntos cuánticos CdS. Se puede producir una transferencia de carga entre los puntos cuánticos de núcleo PbS y los puntos cuánticos de armazón CdS, de modo que el sensor 200 espectral híbrido puede generar un solo pico de emisión desde la segunda estructura 220 o unos picos de emisión doble tanto de las primeras estructuras 210 como de las segundas estructuras 220. Además, al controlar el apagado de una con respecto a la otra, la transferencia de carga entre las primeras estructuras 210 y las segundas estructuras 220 y sus picos de emisión se pueden ajustar. El apagado puede utilizarse para controlar el proceso de disminución de la intensidad de fluorescencia de un punto cuántico en relación con el otro punto cuántico. Estos enfoques se pueden utilizar para formar sensores espectrales híbridos personalizados. En general, cuando se expone a la misma radiación de excitación, el primer punto 210' cuántico produce una radiación de excitación diferente a la del segundo punto 220' cuántico. Las diferentes radiaciones de excitación del primer punto 210' cuántico y el segundo punto 220' cuántico permiten determinar las características de blindaje de la jaula 206 de Faraday, ya que el espectro atribuido al primer punto 210' cuántico puede distinguirse del espectro atribuido al segundo punto 220' cuántico y la intensidad del espectro atribuido al primer punto 210' cuántico puede cambiar con las características de blindaje de la jaula 206 de Faraday.

La jaula 206 de Faraday está configurada para bloquear al menos una de la radiación de excitación a la primera estructura 210 o la radiación emitida desde la primera estructura 210. Más específicamente, la jaula 206 de Faraday puede configurarse para bloquear tanto la radiación de excitación a la primera estructura 210 como la radiación emitida desde la primera estructura 210.

En algunas realizaciones, la jaula 206 de Faraday se forma encapsulando completamente la primera estructura 210 con al menos una segunda estructura 220 como, por ejemplo, se muestra en las Figuras 2B y 2C. Esta encapsulación completa se puede lograr antes de incorporar el sensor 200 espectral híbrido en la parte 300. Este nivel de encapsulación puede cambiar más adelante a medida que se apliquen diversas fuerzas al sensor 200 espectral híbrido, mientras que el sensor 200 espectral híbrido está en la parte 300. Para lograr la encapsulación completa, las segundas estructuras 220 pueden bloquear cualquier ruta de radiación directa hacia y desde al menos una primera estructura 210 del sensor 200 espectral híbrido.

En algunas realizaciones, la primera estructura 210 está encapsulada por múltiples segundas estructuras 220 como, por ejemplo, se muestra en la Figura 2B. Este tipo de sensor 200 espectral híbrido puede estar formado por segundas estructuras 220 formadas previamente. Por ejemplo, las segundas estructuras pueden agregarse alrededor de al menos una primera estructura 210. Alternativamente, solo una segunda estructura 220 forma un armazón de encapsulación alrededor de la primera estructura 210 como, por ejemplo, se muestra en la Figura 2C. Por ejemplo, esta segunda estructura única 220 puede formarse alrededor de la primera estructura 210.

En algunas realizaciones, encapsular la primera estructura 210 con al menos una segunda estructura 220 comprende agregación iónica de plasma. Específicamente, las propiedades de conducción y relajación iónicas y plasmáticas del material conductor pueden servir como base del desarrollo del punto cuántico.

Después de encapsular la primera estructura 210 con al menos una segunda estructura 220 (durante la operación 110), la primera estructura 210 se puede unir cohesivamente a al menos una segunda estructura 220. Esta unión cohesiva asegura que la jaula 206 de Faraday retenga sus características durante el manejo del sensor 200 espectral híbrido y, en algunas realizaciones, durante la incorporación del sensor 200 espectral híbrido en la parte 300 como se describe más adelante.

Para lograr una unión cohesiva, las primeras estructuras 210 y las segundas estructuras 220 pueden tener superficies funcionalizadas. Específicamente, como se muestra en la Figura 2B, las primeras estructuras 210 pueden tener una primera porción 214 interactiva, que en algunas realizaciones incluye la primera porción 212 de emisión. La primera porción 212 de emisión puede ser responsable de emitir un espectro particular en respuesta a la exposición a la radiación de excitación. La primera porción 214 de interfaz puede ser transparente a la excitación y las radiaciones emitidas y puede configurarse específicamente para formar uniones cohesivas con las segundas estructuras 220. Las segundas estructuras 220 pueden tener una segunda porción 224 interactiva, que, en algunas realizaciones, encierra la segunda porción 222 de bloqueo, como se muestra en la Figura 2B. La segunda porción 222 de bloqueo puede ser responsable de bloquear la radiación de excitación y/o la radiación emitida. La segunda porción 224 de interfaz puede configurarse específicamente para formar uniones cohesivas con las primeras estructuras 210. Además, la segunda porción 224 de interfaz puede configurarse para unirse con el componente 302 de la parte 300, tal como un adhesivo como, por ejemplo, mostrado en la Figura 4A.

El método 100 puede proceder con la incorporación del sensor 200 espectral híbrido en la parte 300 (consulte el bloque 120 en la Figura 1). En algunas realizaciones, el sensor 200 espectral híbrido puede introducirse en un componente 302 de la parte 300 antes de formar la parte 300. Por ejemplo, el sensor 200 espectral híbrido puede introducirse en un componente 302 de la parte 300, por ejemplo, mezclado en un adhesivo 302 utilizado para formar una línea de unión, un laminado, o similar. El sensor 200 espectral híbrido también puede introducirse en capas 312a y 312b individuales de la disposición 310 y/u otros componentes utilizados para formar la parte 310 como, por ejemplo, se muestra en la Figura 3B.

En algunas realizaciones, una concentración de sensores 200 espectrales híbridos en la parte 300 puede ser menor que 1 g/cm^3 o, más específicamente, menor que 0.3 g/cm^3 o incluso menor que 0.1 g/cm^3 . A concentraciones tan bajas, los sensores 200 espectrales híbridos no afectan el rendimiento de la parte 300, mientras que todavía proporcionan el espectro de radiación emitido de una intensidad suficiente.

La figura 3A es una ilustración esquemática de sensores 200 espectrales híbridos distribuidos dentro de la parte 300. En algunas realizaciones, los sensores 200 espectrales híbridos pueden distribuirse uniformemente dentro de la parte 300. Alternativamente, los sensores 200 espectrales híbridos pueden concentrarse en una superficie de la parte 300 o en la interfaz de la parte 300 donde se desea la monitorización. Además, diferentes tipos de sensores 200a y 200b espectrales híbridos pueden posicionarse en diferentes porciones 300a y 300b de la parte 300 para diferenciar los cambios estructurales de diferentes porciones 300a y 300b. Por ejemplo, la figura 3C ilustra los sensores 200a espectrales híbridos dentro de la primera porción 300a de la parte 300 y los sensores 200b espectrales híbridos dentro de la segunda porción 300b de la parte 300. En algunas realizaciones, otra porción 300c de la parte 300 puede estar libre de sensores espectrales híbridos. Específicamente, los sensores 200a espectrales híbridos pueden estar contenidos dentro de la primera parte 300a, mientras que los sensores 200b espectrales híbridos pueden estar contenidos dentro de la segunda porción 300b. Los sensores 200a espectrales híbridos y los sensores 200b espectrales híbridos pueden ser de diferentes tipos y pueden tener diferentes respuestas espectrales.

Después de que el sensor 200 espectral híbrido se incorpora en la parte 300, al menos una segunda estructura 220 se une al componente 302 de la parte 300, como un adhesivo. En algunas realizaciones, diferentes segundas estructuras 220 de los mismos sensores 200 espectrales híbridos pueden unirse a diferentes porciones 302a y 302b del componente 302, como se muestra esquemáticamente en la figura 4A. Esta unión asegura que cuando las diferentes porciones 302a y 302b del componente 302 se mueven entre sí, las características de protección de la jaula 206 de Faraday pueden cambiar. Por ejemplo, la aplicación de una carga excesiva a la parte 300 puede desplazar las porciones 302a y 302b entre sí. El desplazamiento también puede ocurrir como resultado de otras operaciones y tensiones aplicadas a la parte 300. La figura 4A ilustra un ejemplo de sensor 200 espectral híbrido en el que la jaula 206 de Faraday está relativamente completa. Por otro lado, la figura 4B ilustra el mismo sensor 200 espectral híbrido en un estado diferente donde la primera estructura 210 está solo parcialmente bloqueada por las segundas estructuras 220 y parte de la radiación emitida producida por la primera estructura 210 puede escapar del sensor 200 espectral híbrido.

El método 100 puede comprender exponer la parte 300 a la radiación 400 de excitación (consulte el bloque 140 en la figura 1 y las figuras 8A y 8B). La radiación 400 de excitación puede sintonizarse específicamente con las primeras estructuras 210 y las segundas estructuras 220 de los sensores 200 espectrales híbridos, de manera que se pueda detectar una respuesta de las primeras estructuras 210 si estas primeras estructuras 210 están expuestas al menos parcialmente. En otras palabras, cuando la jaula 206 de Faraday tiene algunas aberturas, la radiación 400 de excitación puede alcanzar las primeras estructuras 210 y la radiación 410 emitida puede escapar más allá del límite de la jaula 206 de Faraday. Por ejemplo, las figuras 8A ilustran la parte 300 que incluye el sensor 200 espectral híbrido que tiene jaulas de Faraday completas (similar a los ejemplos del sensor 200 espectral híbrido mostrado en las figuras 5B o 6A). Muy poco o nada de la radiación 410 emitida se atribuye a las primeras estructuras de estos sensores 200 espectrales híbridos. Como tal, la radiación 410 emitida se muestra con líneas discontinuas en esta figura. Por otro lado, las figuras 8B ilustran la parte 300 que incluye el sensor 200 espectral híbrido que tiene solo jaulas de Faraday completas parciales (similar a los ejemplos del sensor 200 espectral híbrido mostrado en las Figuras 5C o 6C). Una porción sustancial de la radiación 410 emitida (en algunas realizaciones, toda la radiación emitida) se atribuye a las primeras estructuras de estos sensores 200 espectrales híbridos.

En algunas realizaciones, la radiación 400 de excitación puede proporcionarse mediante una amplificación por microondas mediante un dispositivo de emisión de radiación estimulada (MASER) o un dispositivo de excitación de terahertz. La radiación 400 de excitación puede activar al menos las primeras estructuras (por ejemplo, puntos cuánticos internos) cuando estas estructuras no están protegidas por las segundas estructuras.

La radiación 410 emitida puede detectarse, medirse y almacenarse utilizando diversas técnicas de detección óptica. El método 100 puede comprender analizar el espectro 420 de la radiación 410 emitida (consulte el bloque 150 en la figura 1). Dependiendo de la efectividad del blindaje de la jaula 206 de Faraday en el momento de exponer la parte 300 a la radiación 400 de excitación, el espectro 420 de la radiación 410 emitida puede cambiar como se muestra esquemáticamente en las Figuras 7A y 7B. Se puede usar una tabla de consulta o un espectro de calibración para analizar este espectro 420 de radiación emitido y, por ejemplo, para correlacionar el espectro 420 con las

características de la línea de unión. En general, el espectro 420 puede analizarse para determinar inconsistencias en la parte 300.

El espectro 420 de la radiación 410 emitida depende de las aberturas en la jaula 206 de Faraday de los sensores 200 espectrales híbridos en la parte 300. En otras palabras, el espectro 420 de la radiación 410 emitida depende del nivel de encapsulación de la primera estructura 210 por al menos una segunda estructura 220. Este nivel de encapsulación puede cambiar a medida que la parte 300 es un proceso adicional después de incorporar el sensor 200 espectral híbrido en la parte 300 y/o de otro modo utilizado, por ejemplo, durante la operación.

La figura 5A es una representación tridimensional esquemática de un sensor 200 espectral híbrido que tiene la primera estructura 210 encapsulada por múltiples segundas estructuras 220. Como la primera estructura 210 está bloqueada por la segunda estructura 220, la primera estructura 210 se muestra con una línea de puntos. La línea A-A correspondiente a una sección transversal que se muestra esquemáticamente en la Figura 5B, que es una representación bidimensional del sensor 200 espectral híbrido que ilustra la primera estructura 210 encapsulada por las segundas estructuras 220. Las figuras 5C-5D son representaciones esquemáticas en dos dimensiones del mismo sensor 200 espectral híbrido que tienen diferentes niveles de encapsulación de la primera estructura 210 por al menos una segunda estructura 220. Un experto en la técnica entendería que mientras las Figuras 5B-5D proporcionan una representación bidimensional de los sensores 200 espectrales híbridos, estos sensores son estructuras tridimensionales y la protección puede proporcionarse en las tres dimensiones.

Como se indicó anteriormente, mientras este ejemplo muestra un número particular de segundas estructuras 220 que encapsulan una primera estructura 210 única, cualquier número de primeras estructuras 210 y cualquier número de segundas estructuras 220 pueden usarse en el mismo sensor 200 espectral híbrido. Volviendo al ejemplo ilustrado en las figuras 5A y 5B, las segundas estructuras 220 forman un almacén 204 completo alrededor del núcleo 202 formado por la primera estructura 210. Los límites de la jaula 206 de Faraday se identifican con una línea 206 discontinua. Este ejemplo puede representar un sensor 200 espectral híbrido después de su formación.

Después de que el sensor 200 espectral híbrido se incorpora en la parte 300 y después de que la parte 300 objeto a diversas operaciones de procesamiento, las orientaciones de al menos algunas de las segundas estructuras 220 con respecto a la primera estructura 210 pueden cambiar como se muestra esquemáticamente en las Figuras 5C y 5D. Específicamente, la figura 5C ilustra el sensor 200 espectral híbrido donde solo alrededor de la mitad de la primera estructura 210 está protegida por segundas estructuras. La figura 5D ilustra un ejemplo de sensor 200 espectral híbrido donde la primera estructura está blindada incluso menos que el ejemplo mostrado en la Figura 5C. La figura 5E es una representación tridimensional esquemática del sensor 200 espectral híbrido en el estado representado por la figura 5D.

Las figuras 6A-6C son ilustraciones esquemáticas de otro ejemplo de sensor 200 espectral híbrido que tiene diferentes niveles de encapsulación de la primera estructura 210 por al menos una segunda estructura 220. En este ejemplo, una segunda estructura 220 forma un almacén 204 completo como se muestra en la figura 6A o almacén 204 parcial como se muestra en las Figuras 6B y 6C. Los almacenes 204 parciales en las figuras 6B y 6C aún forman las jaulas 206 de Faraday que tienen aberturas 208. Por ejemplo, la segunda estructura 220 puede romperse mientras la parte 300 objeto está siendo sometida a diversos procesos y/u operaciones.

Cabe señalar que los cambios al almacén 204 que se muestran en las Figuras 5A-5E y las figuras 6A-6C no son necesariamente realizaciones alternativas. Estos tipos de cambios pueden ocurrir simultáneamente, como se muestra esquemáticamente en la Figura 6D que ilustra los cambios tanto en la orientación de las segundas estructuras 220 como en la capacidad de encapsulación de cada estructura individual.

La porción de radiación 410 emitida atribuible a las primeras estructuras 210 es distinguible de la porción de radiación 410 emitida atribuible a al menos una segunda estructura 220. Como tal, el mismo sensor 200 espectral híbrido que tiene diferentes niveles de encapsulación de la primera estructura 210 (en diferentes etapas de procesamiento/operación) producirá diferentes espectros emitidos como se muestra esquemáticamente en las Figuras 7A y 7B. En algunas realizaciones, la al menos una segunda estructura 220 no produce ninguna radiación 410 emitida detectable cuando se expone a la radiación emitida.

El método 100 puede comprender además la parte 300 de procesamiento (consulte el bloque 160 en la figura 1). Este procesamiento se realiza después de incorporar sensores 200 espectrales híbridos en la parte 300. Como tales, algunos cambios en la parte 300 que ocurren durante este procesamiento pueden ser registrados por sensores 200 espectrales híbridos en la parte 300.

En algunas realizaciones, la parte 300 es una parte compuesta 300'. En estas realizaciones, el procesamiento puede implicar curar la parte 300, que es una operación opcional. Si el sensor 200 espectral híbrido se incorpora en la parte 300 antes de curar la parte 300, los sensores 200 espectrales híbridos se pueden usar para monitorizar la operación de curado. Además, los sensores 200 espectrales híbridos para monitorizar diversas operaciones de precurado (por ejemplo, incorporadas en la resina antes o mientras se combinan las resinas con fibras) y/o diversos procesos de poscurado como se describe más adelante.

En algunas realizaciones, la parte 300 de procesamiento se puede realizar después de exponer la parte 300 a la radiación 400 de excitación durante, por ejemplo, la operación 140. Esta exposición previa al procesamiento puede utilizarse para generar un espectro de control. En algunas realizaciones, la exposición de la parte 300 puede repetirse después del procesamiento, como se ilustra en el bloque 170 de decisión en la Figura 1. Específicamente, la parte 300 puede estar expuesta a una radiación de excitación adicional después de completar el procesamiento. La radiación de excitación adicional puede ser la misma que la radiación de excitación utilizada antes del procesamiento. El método 100 luego puede proceder a analizar el espectro de una radiación emitida adicional producida cuando la parte 300 está expuesta a la radiación de excitación adicional. El método 100 puede comprender además comparar el espectro de la radiación emitida (por ejemplo, el espectro de preprocesamiento/control) con el espectro de la radiación adicional emitida (por ejemplo, el espectro de posprocesamiento) como se muestra en el bloque 152 en la figura 1.

En algunas realizaciones, el procesamiento realizado en la parte 300 (después de incorporar el sensor 200 espectral híbrido en la parte 300) puede comprender el curado de la línea de unión (bloque 162), que puede implicar un proceso de unión en frío, curado por UV y unión, y/o curado por microondas.

Ejemplos de aeronaves y métodos de fabricación y operación de aeronaves

Los ejemplos de la presente divulgación se pueden describir en el contexto de la fabricación de aeronaves y el método 1100 de servicio como se muestra en la Figura 9 y la aeronave 1102 como se muestra en la figura 10. Durante la preproducción, el método 1100 puede incluir la especificación y el diseño (bloque 1104) de la aeronave 1102 y la adquisición de material (bloque 1106). Durante la producción, puede tener lugar la fabricación de componentes y subensamblajes (bloque 1108) y la integración del sistema (bloque 1110) de la aeronave 1102. Los sensores 200 espectrales híbridos pueden usarse como parte de cualquiera de estas operaciones. Por ejemplo, los sensores 200 espectrales híbridos pueden introducirse en diferentes partes de la aeronave 1102 durante la fabricación de la parte y escanearse durante la fabricación de componentes y subconjuntos (bloque 1108) y la integración del sistema (bloque 1110). Posteriormente, la aeronave 1102 puede pasar por la certificación y entrega (bloque 1112) para ponerse en servicio (bloque 1114). Mientras está en servicio, la aeronave 1102 puede programarse para mantenimiento y servicio de rutina (bloque 1116). El mantenimiento y servicio de rutina pueden incluir la modificación, reconfiguración, restauración, etc. de uno o más sistemas de la aeronave 1102. Los sensores 200 espectrales híbridos se pueden introducir en la parte 300 y/o se pueden escanear durante la obtención de material (bloque 1106), la fabricación de componentes y subconjuntos (bloque 1108) y la integración del sistema (bloque 1110), la certificación y la entrega (bloque 1112), el servicio (bloque 1114), y/o mantenimiento y servicio de rutina (bloque 1116).

Cada uno de los procesos del método 1100 puede ser realizado o llevado a cabo por un integrador de sistemas, un tercero y/o un operador (por ejemplo, un cliente). Para los propósitos de esta descripción, un integrador de sistemas puede incluir, sin limitación, cualquier número de fabricantes de aeronaves y subcontratistas de sistemas principales; un tercero puede incluir, sin limitación, cualquier número de proveedores, subcontratistas y proveedores; y un operador puede ser una aerolínea, una compañía de arrendamiento, una entidad militar, una organización de servicio, etc.

Como se muestra en la figura 10, la aeronave 1102 producida por el método 1100 puede incluir la estructura de avión 1118 con una pluralidad de sistemas 1120 de alto nivel e interior 1122. Los ejemplos de sistemas 1120 de alto nivel incluyen uno o más del sistema 1124 de propulsión, el sistema 1126 eléctrico, el sistema 1128 hidráulico y el sistema 1130 ambiental. La parte 300 que tiene sensores 200 espectrales híbridos se puede usar en cualquiera de los fuselajes 1118, la pluralidad de sistemas 1120 de alto nivel y el interior 1122. Se puede incluir cualquier número de otros sistemas. Aunque se muestra un ejemplo aeroespacial, los principios divulgados en este documento pueden aplicarse a otras industrias, como la industria automotriz. En consecuencia, además de la aeronave 1102, los principios aquí divulgados pueden aplicarse a otros vehículos, por ejemplo, vehículos terrestres, vehículos marítimos, vehículos espaciales, etc.

Los aparatos y el(los) método(s) que se muestran o describen en este documento pueden emplearse durante una o más de las etapas del método 1100. Por ejemplo, los componentes o subconjuntos correspondientes a la fabricación de componentes y subconjuntos (bloque 1108) pueden fabricarse o elaborarse de manera similar a los componentes o subconjuntos producidos mientras la aeronave 1102 está en servicio (bloque 1114). Además, uno o más ejemplos de los aparatos, método(s) o combinación de los mismos pueden utilizarse durante las etapas de producción (bloque 1108 y bloque 1110), por ejemplo, acelerando sustancialmente el ensamblaje o reduciendo el costo de la aeronave 1102. De manera similar, se pueden utilizar uno o más ejemplos de las realizaciones del aparato o método, o una combinación de los mismos, por ejemplo y sin limitación, mientras la aeronave 1102 está en servicio (bloque 1114) y/o durante el mantenimiento y servicio (bloque 1116).

Conclusión

Los diferentes ejemplos de los aparatos y métodos divulgados aquí incluyen una variedad de componentes, características y funcionalidades. Debe entenderse que los diversos ejemplos de los aparatos y métodos divulgados en este documento pueden incluir cualquiera de los componentes, características y funcionalidades de cualquiera de los otros ejemplos de los aparatos y métodos divulgados en el presente documento en cualquier combinación, y todas

estas posibilidades pretenden estar dentro del alcance de la presente divulgación como se define en las reivindicaciones adjuntas.

REIVINDICACIONES

1. Un método que comprende:

5 formar una jaula (206) de Faraday alrededor de una primera estructura (210) encapsulando completamente la primera estructura (210) con al menos una segunda estructura (220) para formar un sensor (200) espectral híbrido, en donde la primera estructura (210) es un primer punto cuántico,

10 en el que la al menos una segunda estructura (220) es al menos un segundo punto cuántico diferente del primer punto cuántico,

en donde la jaula de Faraday está configurada para bloquear uno o ambos de:

15 una radiación de excitación de llegar a la primera estructura (310) de punto cuánticos; y

una porción de una radiación emitida, emitida por la primera estructura (210) de punto cuántico; e

20 incorporar el sensor (200) espectral híbrido en una parte (300), de modo que los cambios en la estructura de la parte provocan un cambio en la estructura de la jaula de Faraday.

2. El método de la reivindicación 1, en el que al menos una segunda estructura (210) de punto cuántico está unida a un componente (302) de la parte (300) después de que el sensor (200) espectral híbrido se incorpora a la parte (300).

3. El método de la reivindicación 2, en el que el componente (302) de la parte (300) es un adhesivo.

25 4. El método de cualquier reivindicación precedente, en el que encapsular la primera estructura (210) de punto cuántico con la al menos una segunda estructura (220) de punto cuántico comprende la agregación iónica de plasma.

30 5. El método de cualquier reivindicación precedente, en el que, después de encapsular la primera estructura (210) de punto cuántico con al menos una segunda estructura (220) de punto cuántico, la primera estructura (210) de punto cuántico está unida cohesivamente a la al menos una segunda estructura (220) de punto cuántico.

6. El método de cualquier reivindicación precedente, que comprende, además:

35 exponer la parte (300) a una radiación de excitación para proporcionar una primera respuesta espectral desde la primera estructura (210) de punto cuántico; y

40 analizar el espectro de una radiación emitida desde el sensor espectral híbrido incorporado en la parte para determinar inconsistencias en la parte.

7. El método de la reivindicación 6, en el que una porción de la radiación emitida atribuible a la primera estructura (210) de punto cuántico es distinguible de una porción de la radiación emitida atribuible a la al menos una segunda estructura (220) de punto cuántico.

45 8. El método de la reivindicación 6 o la reivindicación 7, además comprende el procesamiento de la parte (300),

en donde el procesamiento se realiza antes de exponer la parte (300) a la radiación de excitación, y

50 el procesamiento se realiza después de incorporar el sensor (200) espectral híbrido en la parte (300).

9. El método de cualquiera de las reivindicaciones 6 a 8, que comprende, además:

55 procesar la parte (300), en donde el procesamiento se realiza después de exponer la parte (300) a la radiación de excitación;

exponer la parte (300) a una radiación de excitación adicional después de completar el procesamiento; y

analizar el espectro de una radiación adicional emitida.

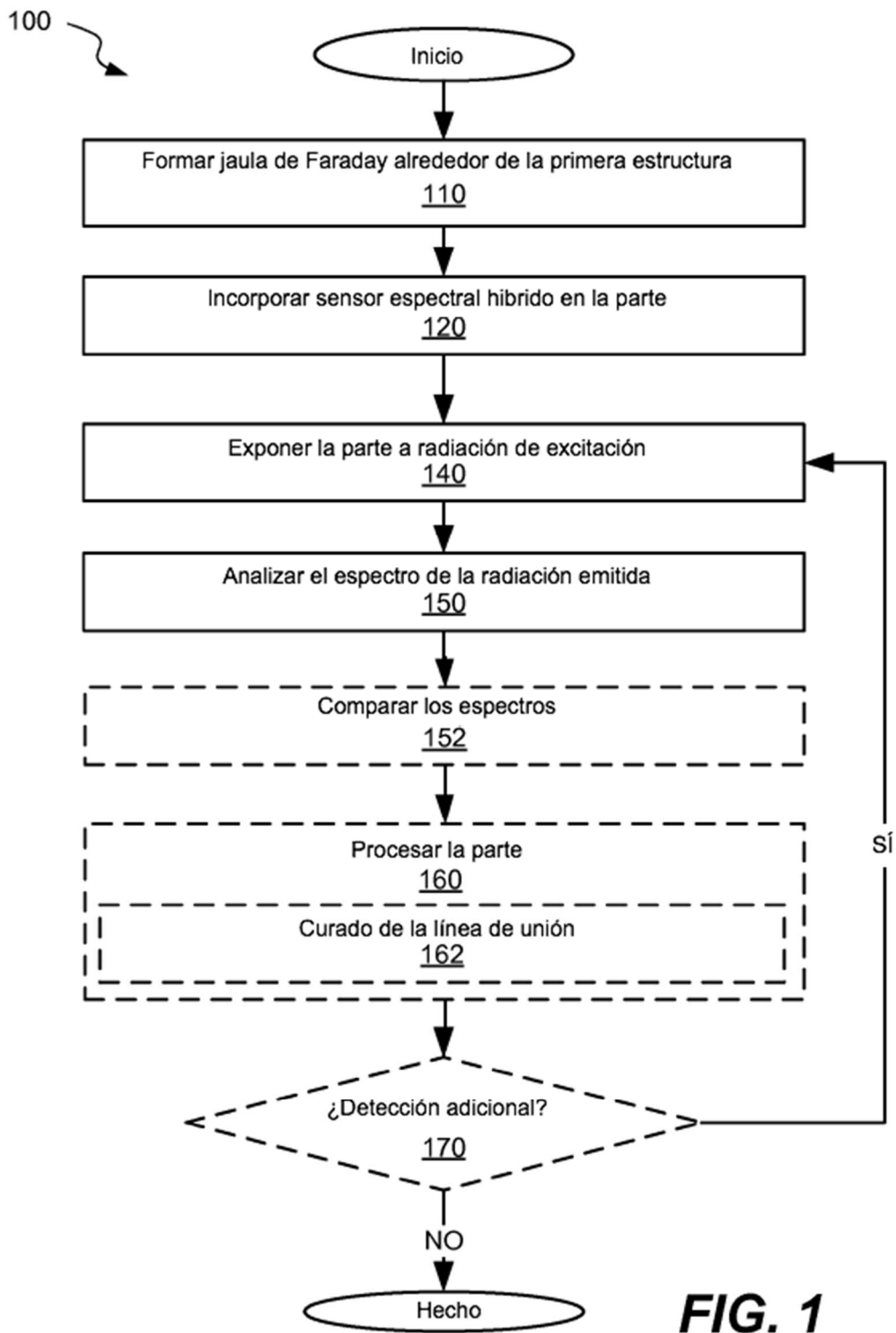
60 10. Una parte (300) que incorpora un sensor (200) espectral híbrido que comprende:

una primera estructura (210) de punto cuántico, en la que la primera estructura (210) es un primer punto cuántico; y

65 una jaula (206) de Faraday alrededor de la primera estructura (210) de punto cuántico formada al encapsular completamente la primera estructura (210) de punto cuántico con al menos una segunda estructura (220) de punto

cuántico, en donde la segunda estructura (220) de punto cuántico es al menos un segundo punto cuántico diferente del primer punto cuántico,

- 5 en el que la jaula de Faraday está configurada para bloquear uno o ambos de:
- una radiación de excitación de alcanzar la primera estructura (310) de punto cuántico, y
 - una porción de una radiación emitida por la primera estructura (210) de punto cuántico.



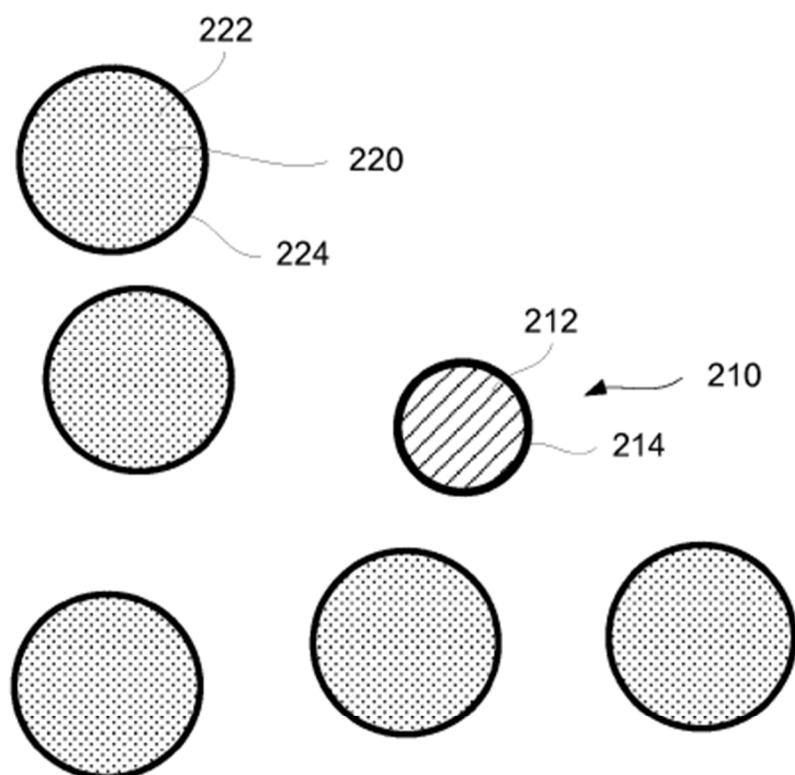


FIG. 2A

*Por ejemplo,
agregación iónica
del plasma a
diferentes estructuras*

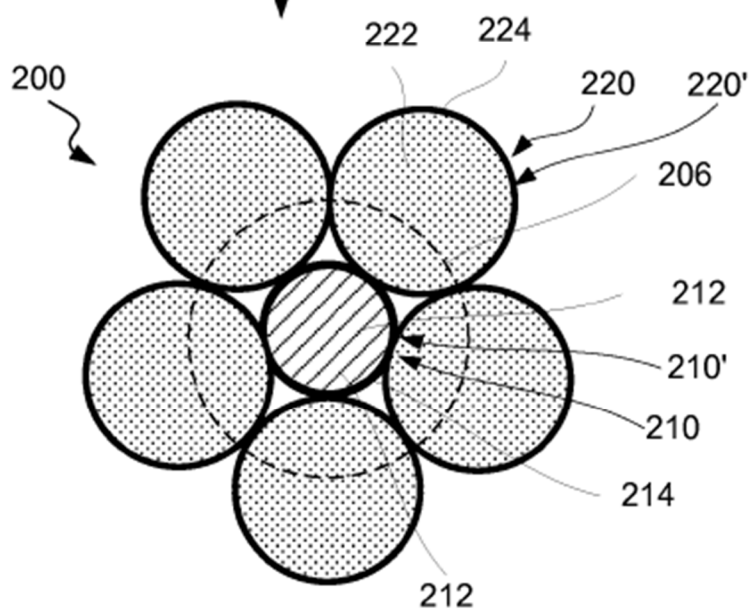


FIG. 2B

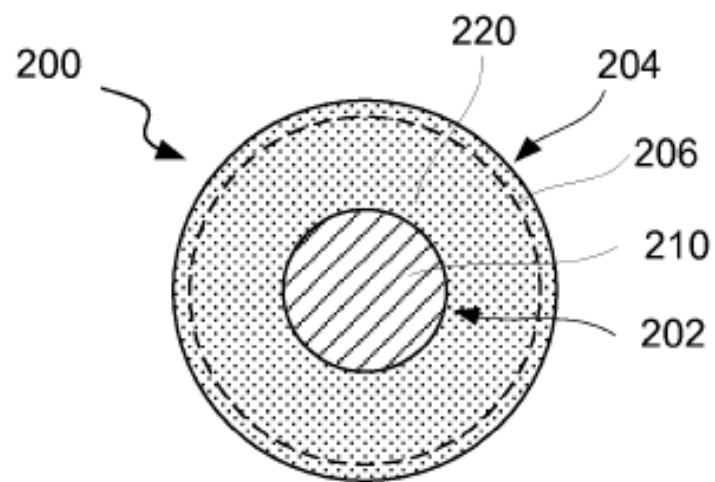


FIG. 2C

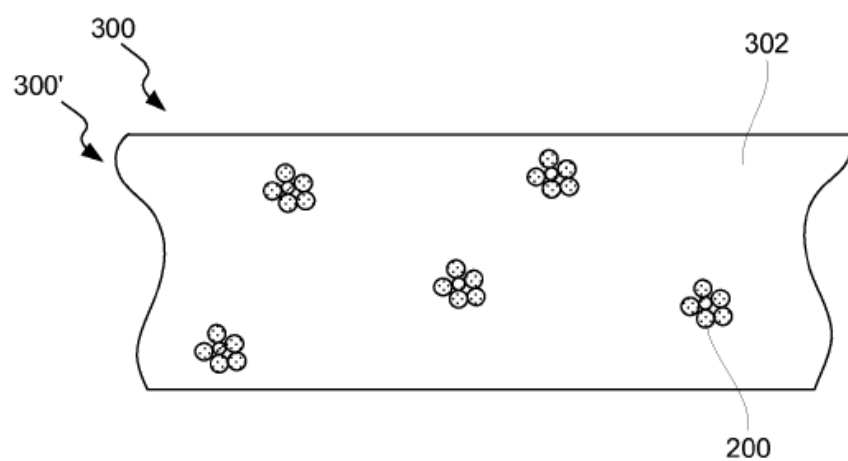


FIG. 3A

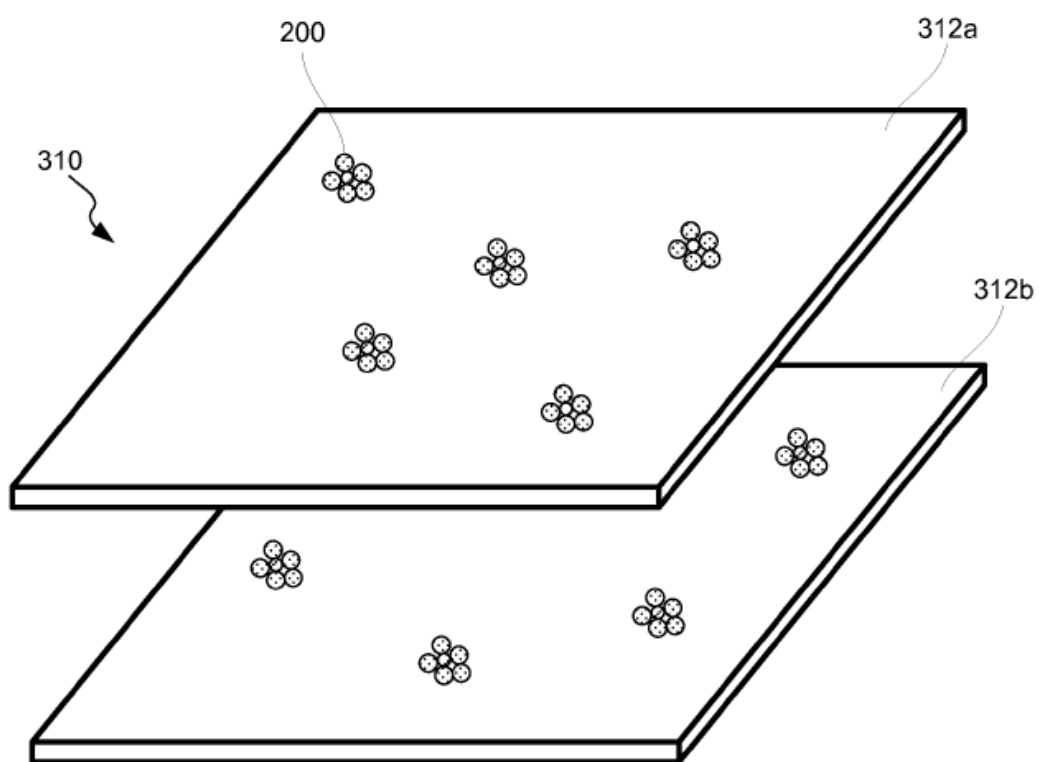


FIG. 3B

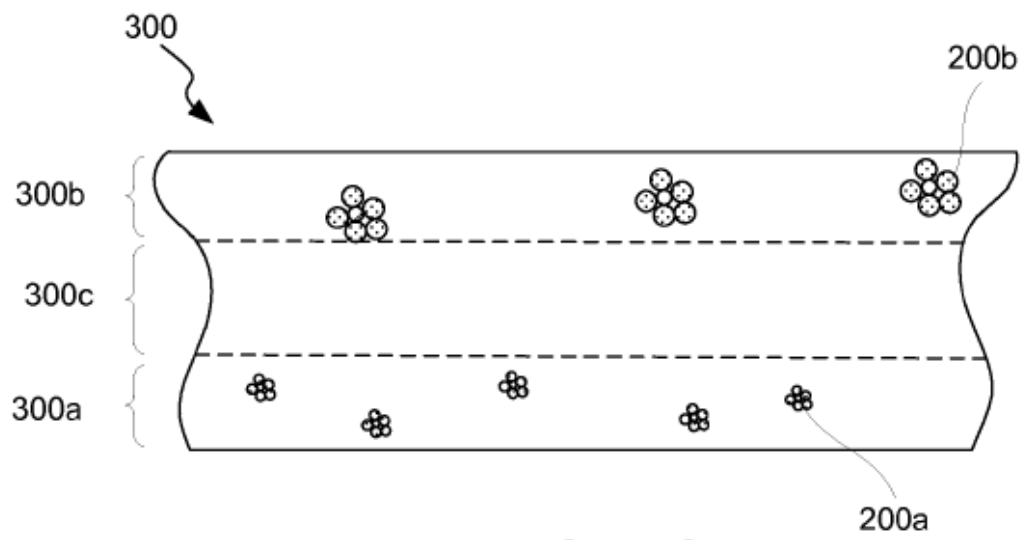
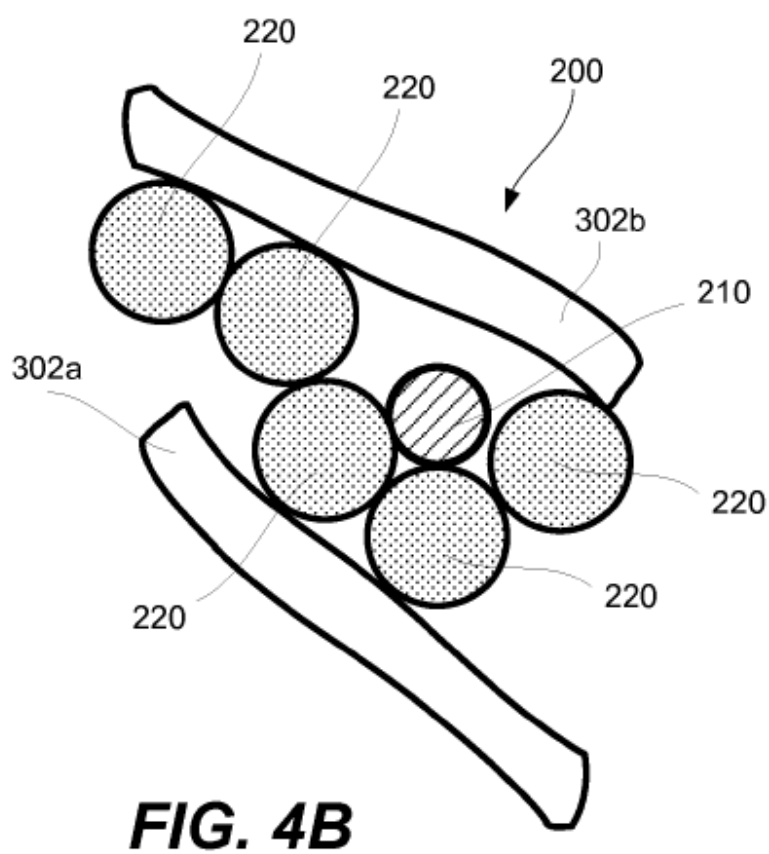
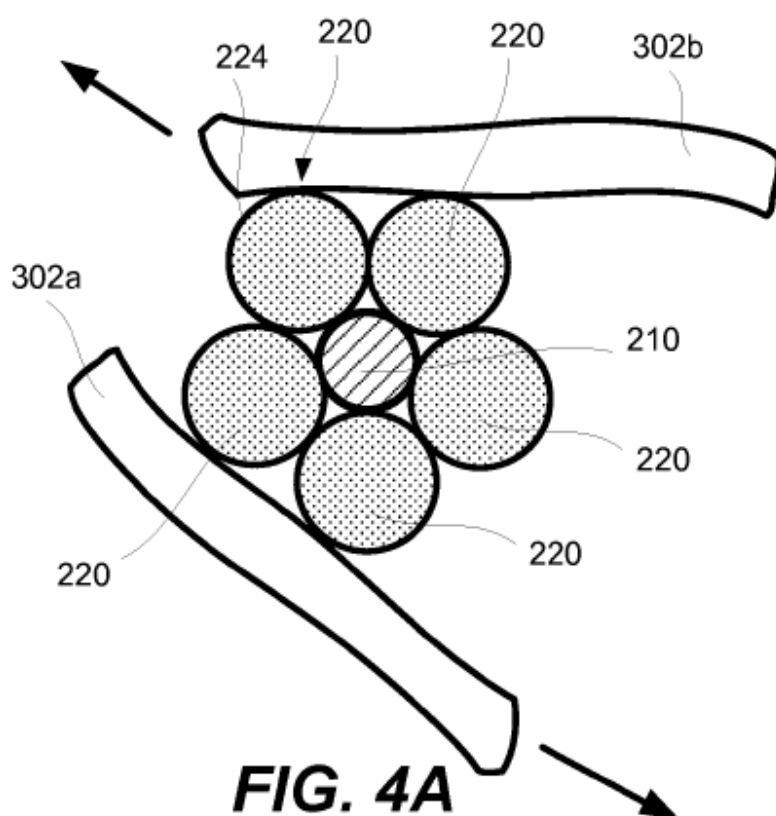


FIG. 3C



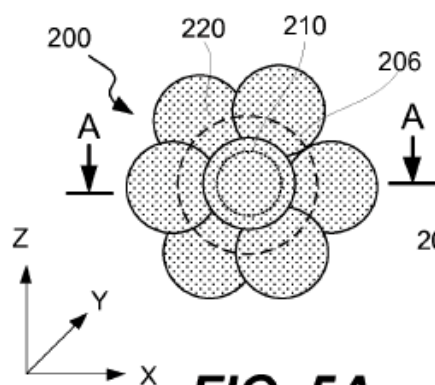


FIG. 5A

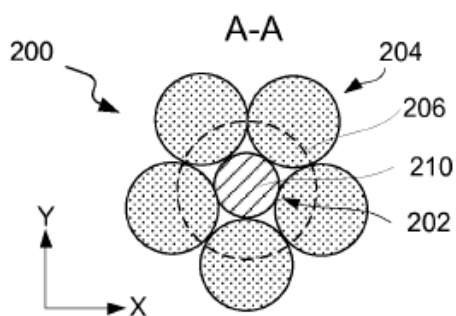


FIG. 5B

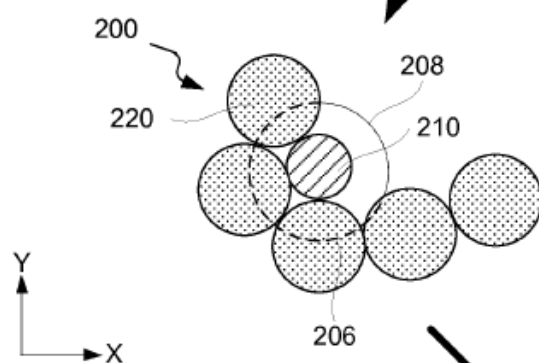


FIG. 5C

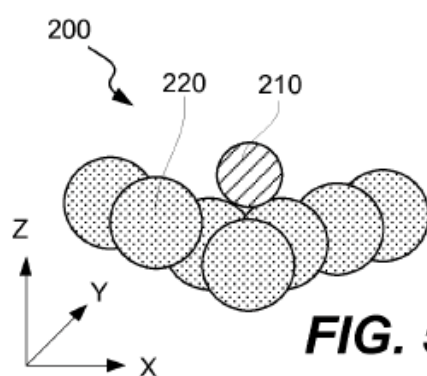


FIG. 5D

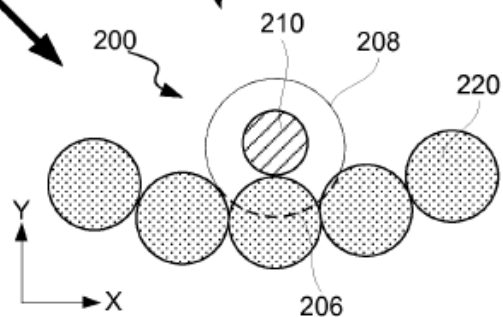


FIG. 5E

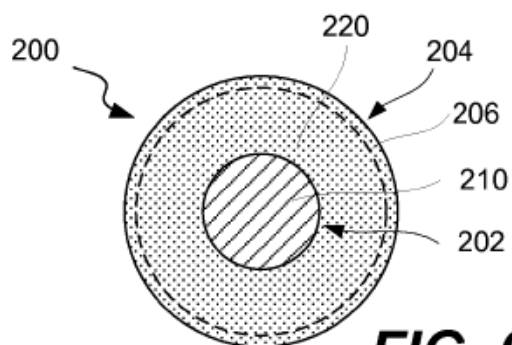


FIG. 6A

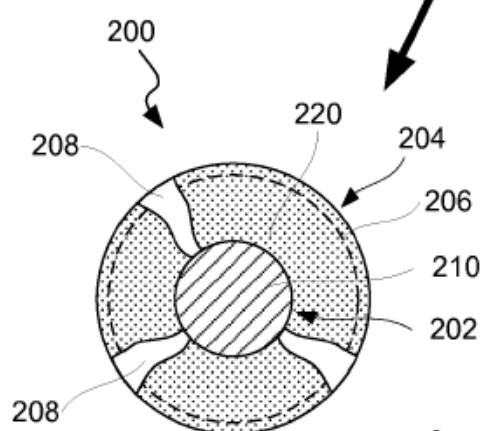


FIG. 6B

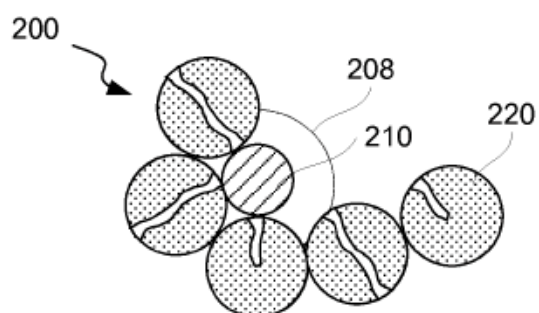


FIG. 6D

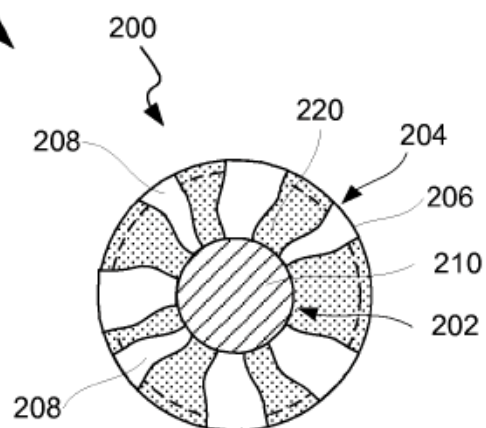


FIG. 6C

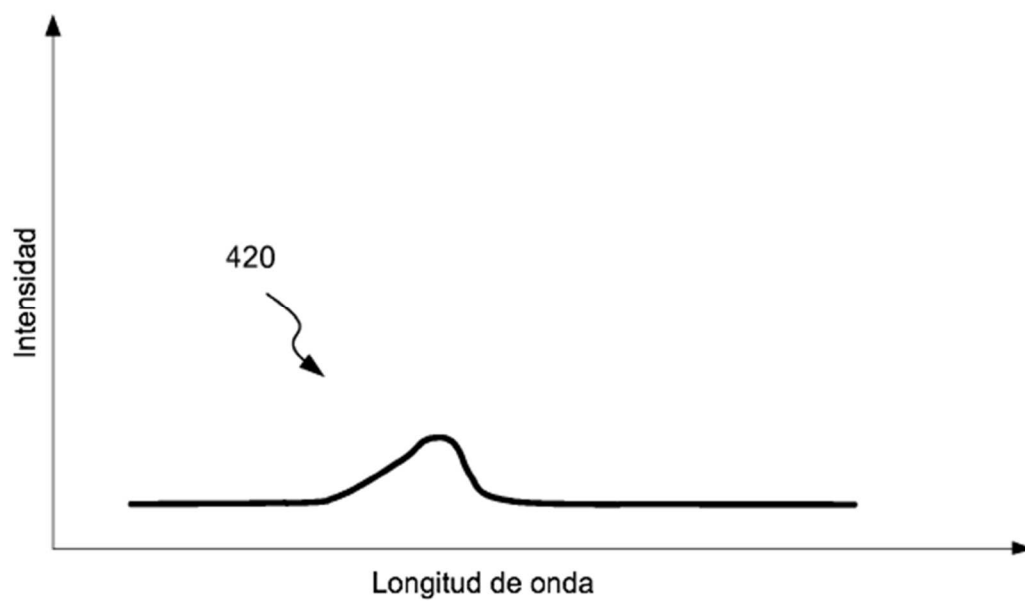


FIG. 7A

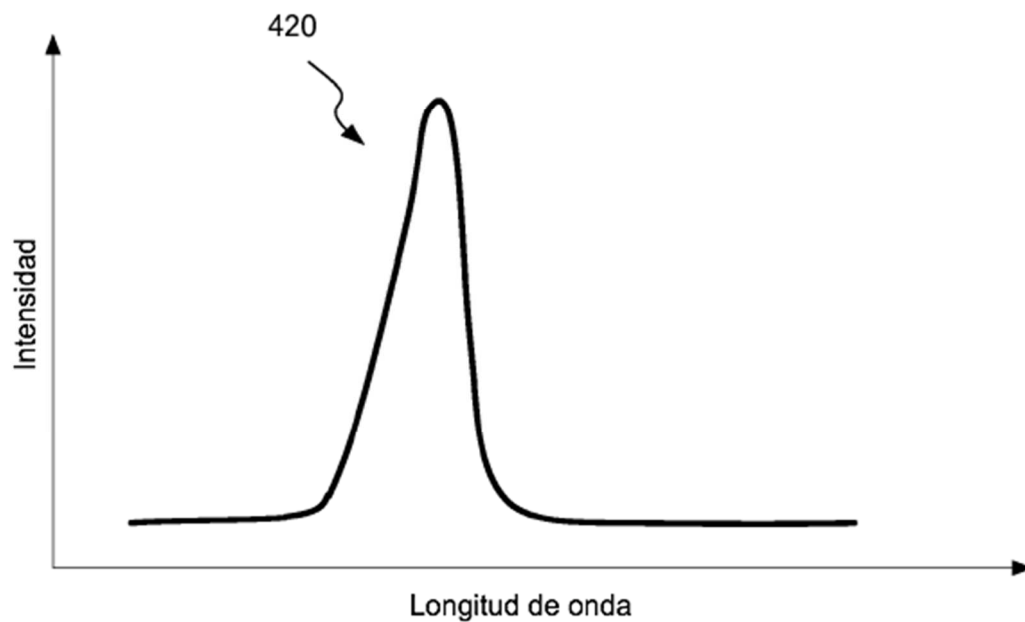


FIG. 7B

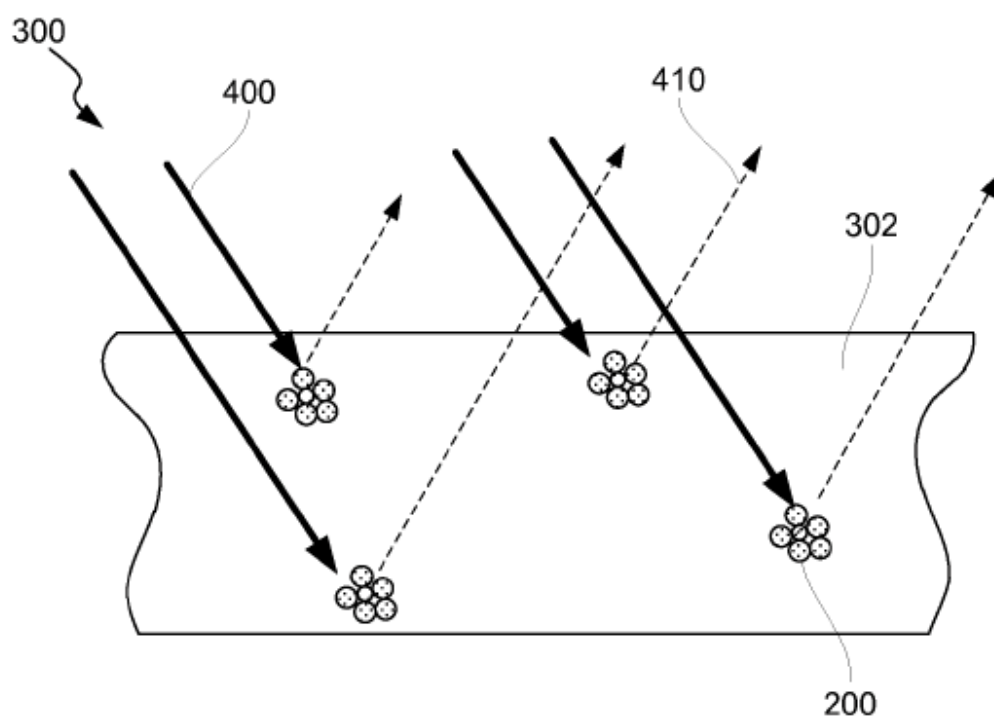


FIG. 8A

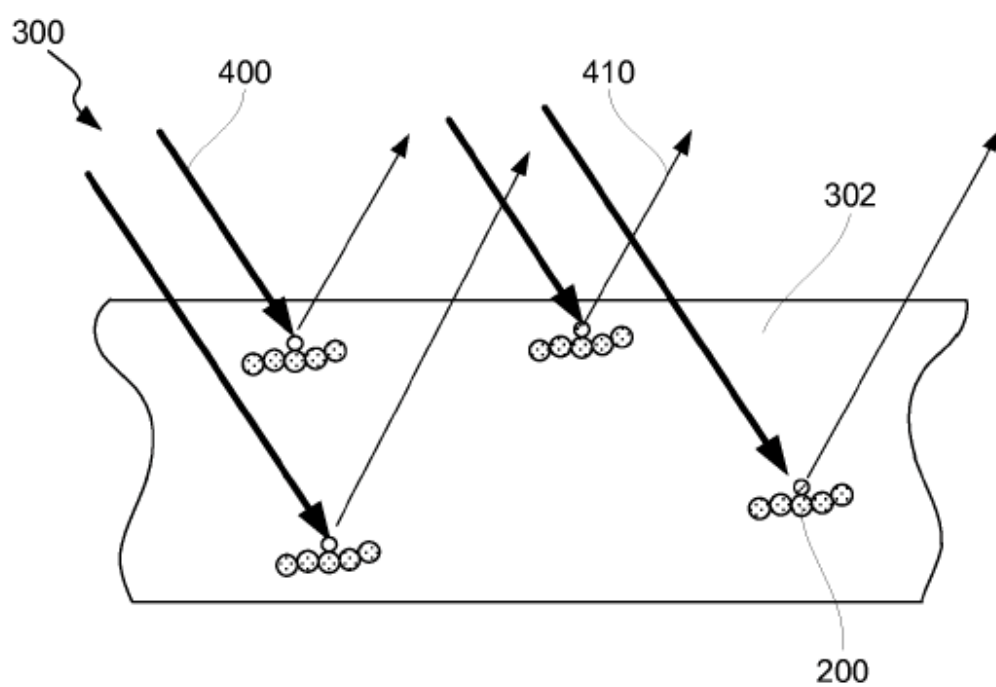


FIG. 8B

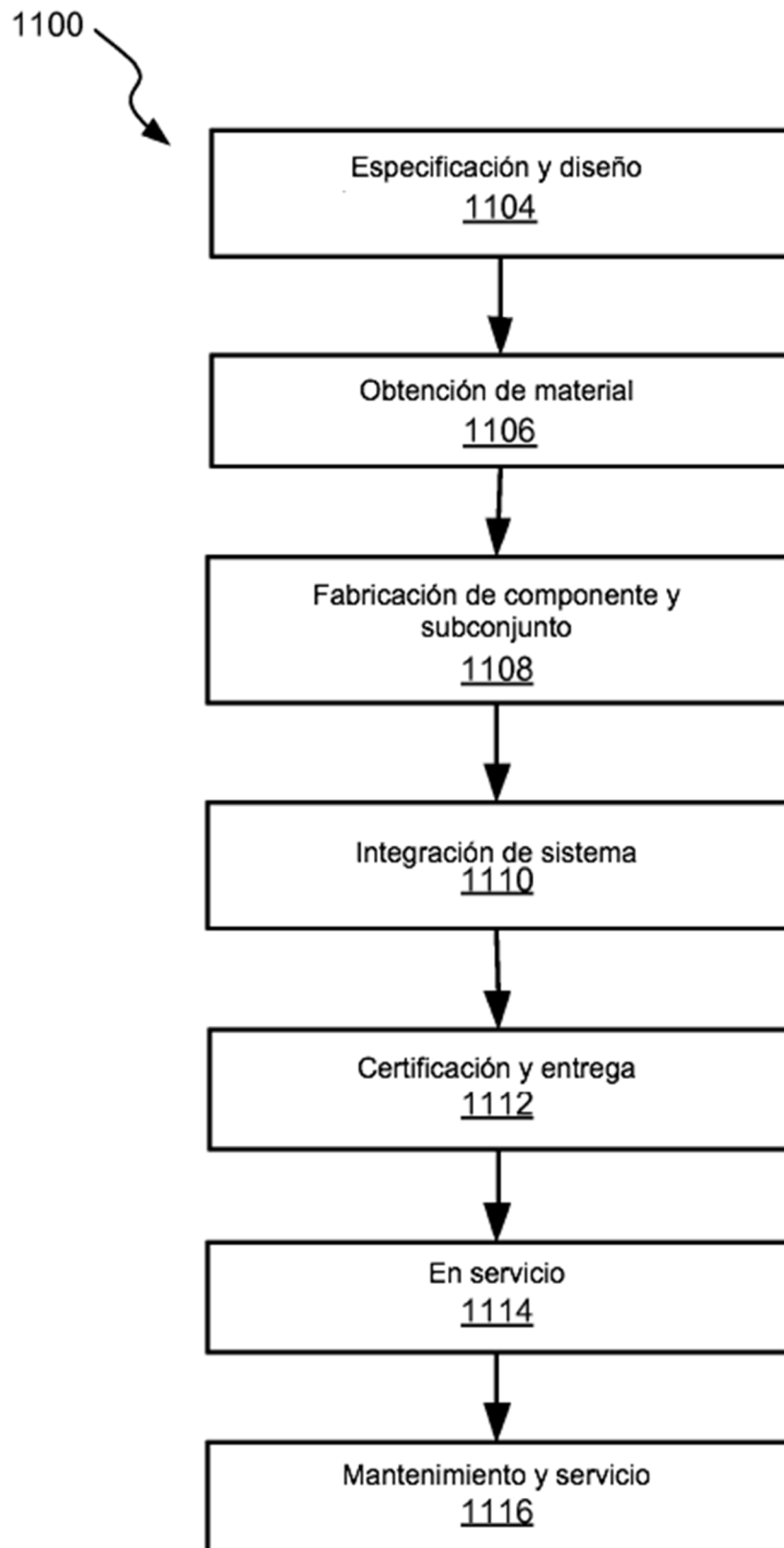


FIG. 9

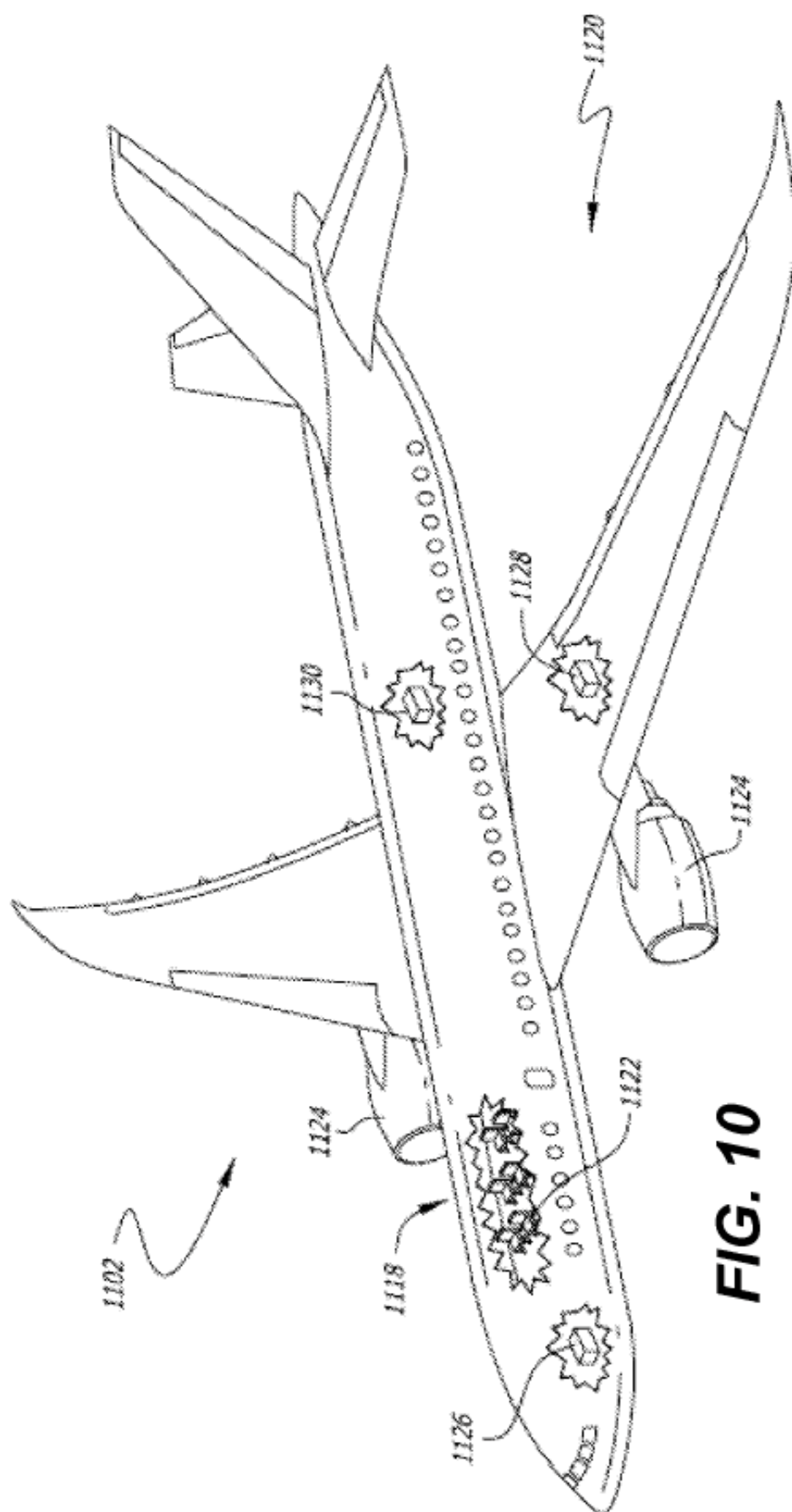


FIG. 10