

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 736 284**

51 Int. Cl.:

H04B 10/00 (2013.01)

G02B 6/02 (2006.01)

H04B 10/278 (2013.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **12.05.2014 E 14167897 (9)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **17.04.2019 EP 2804333**

54 Título: **Sistemas y métodos para la comunicación de datos**

30 Prioridad:

17.05.2013 US 201313896430

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

27.12.2019

73 Titular/es:

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

72 Inventor/es:

**CHAN, ERIC Y.;
PANG, HENRY B. y
TRUONG, TUONG K.**

74 Agente/Representante:

CARVAJAL Y URQUIJO, Isabel

ES 2 736 284 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

Sistemas y métodos para la comunicación de datos

Antecedentes

5 El campo de la divulgación se relaciona en general con las comunicaciones de datos y, más específicamente, con un módulo de interfaz en serie de fibra óptica que se interconecta entre un controlador de terminal y un bus de datos.

10 Al menos algunas de las aplicaciones conocidas incluyen un bus de datos ARINC 629 que utiliza cables de bus eléctrico de par trenzado metálico, cables de conexión, terminadores de bus y acopladores de modo de corriente (CMC) montados en paneles metálicos pesados. Sin embargo, debido a dichos componentes, el bus de datos es voluminoso, pesado y costoso. Las soluciones de comunicaciones ópticas, tales como las que utilizan fibra óptica como medio de comunicación, son deseables debido al peso reducido, el cual puede ser ventajoso en una aeronave.

15 Una solución existente para implementar un bus de datos de fibra óptica incorpora fibras de vidrio óptico (GOFs). Este sistema utiliza transmisores y receptores de longitud de onda de 850 nm que se empaquetan individualmente en un par, llamado Módulo de Interfaz en Serie de Fibra Óptica (FOSIM). El transmisor y el receptor FOSIM tienen una interfaz electrónica con el controlador de terminal el cual transmite y recibe la señal eléctrica hacia y a partir del FOSIM en formato bifásico de Manchester. En la aplicación típica de aeronaves, estos FOSIMs se ubican dentro de los diversos subsistemas de aviónica de las aeronaves que utilizan el bus de datos para las comunicaciones. A menudo, estos subsistemas de aviónica se denominan Unidades Reemplazables en Línea (LRUs). Dentro de la LRU, los FOSIMs se montan junto con el controlador de terminal en una tarjeta de circuito VME multicapa 6U (tamaño completo).

20 Sin embargo, los GOFs pueden ser relativamente frágiles y romperse con relativa facilidad durante la instalación en un vehículo, tal como una aeronave. Además, los GOFs tienen un diámetro relativamente pequeño, lo cual puede dificultar la alineación óptica. Por lo tanto, los componentes asociados con los GOFs, tal como los conectores y los dispositivos optoelectrónicos, pueden ser relativamente costosos. Existe un fuerte deseo en la comunidad de producción de aeronaves de desarrollar un bus de datos ópticos que use fibra óptica más robusta, tal como un bus de datos de fibra óptica de plástico, para reemplazar el actual bus de datos eléctrico ARINC 629 para futuras actualizaciones de dichas aeronaves, aunque las implementaciones no se limitarían a aplicaciones de aeronaves.

25 El documento GB 2482381 A describe un convertidor de medios ópticos en modo ráfaga con conversión analógica rápida. El documento US 2010/0021174 A1 describe métodos y sistemas para proporcionar servicios completos de datos de aviónica a través de una sola fibra.

Breve descripción

30 En un aspecto, se proporciona un sistema de comunicación de datos. El sistema de comunicación de datos incluye un bus de datos y una unidad de reemplazo de línea que incluye un controlador de terminal y un módulo de interfaz en serie de fibra óptica de plástico (POFSIM) acoplado entre el controlador de terminal y el bus de datos. El POFSIM está configurado para transmitir señales ópticas digitales al bus de datos con base en señales eléctricas recibidas a partir del controlador de terminal, y transmitir señales eléctricas al controlador de terminal con base en señales ópticas digitales recibidas a partir del bus de datos.

35 En otro aspecto, se proporciona un módulo de interfaz en serie de fibra óptica plástico (POFSIM). El POFSIM incluye un circuito electrónico de interfaz de controlador de terminal (TCIEC) configurado para recibir señales eléctricas a partir de un controlador de terminal, una fuente óptica acoplada al TCIEC y configurada para transmitir señales ópticas digitales a un bus de datos con base en las señales eléctricas recibidas, y un detector acoplado al TCIEC y configurado para recibir señales ópticas digitales a partir del bus de datos, en donde el TCIEC está configurado además para transmitir señales eléctricas al controlador de terminal con base en las señales ópticas digitales recibidas.

40 En aún otro aspecto, se proporciona un método para usar en la comunicación de datos entre un controlador de terminal y un bus de datos. El método incluye recibir, en un módulo de interfaz en serie de fibra óptica plástico (POFSIM), una señal eléctrica del controlador de terminal, generando, utilizando el POFSIM, una señal óptica digital con base en la señal eléctrica recibida, y transmitir la señal óptica digital al bus de datos a partir del POFSIM.

45 Las características, funciones y ventajas que se han discutido se pueden lograr de manera independiente en diversas implementaciones o se pueden combinar en aún otras implementaciones, cuyos detalles adicionales se pueden ver con referencia a la siguiente descripción y los dibujos.

Breve descripción de los dibujos

50 La Figura 1 es un diagrama de flujo de la producción de aeronaves y la metodología de servicio.

La Figura 2 es un diagrama de bloques de una aeronave.

La Figura 3 es un diagrama de bloques de un sistema de comunicación de datos de ejemplo.

La Figura 4A es una vista superior esquemática de un módulo de interfaz en serie de fibra óptica plástico de ejemplo (POFSIM) que se puede usar con el sistema de comunicación de datos que se muestra en la Figura 3.

La Figura 4B es una vista lateral esquemática del POFSIM que se muestra en la Figura 4A.

La Figura 5 es una vista lateral esquemática de una porción del POFSIM que se muestra en las Figuras 4A y 4B.

5 La Figura 6 es una vista lateral esquemática de una porción del POFSIM que se muestra en las Figuras 4A y 4B.

La Figura 7 es un diagrama esquemático de una fuente óptica que se puede usar con el POFSIM que se muestra en las Figuras 4A y 4B.

La Figura 8 es una vista lateral esquemática de una porción del POFSIM que se muestra en las Figuras 4A y 4B.

10 La Figura 9 es una vista de extremo esquemática de una fuente óptica que se puede usar con el POFSIM que se muestra en las Figuras 4A y 4B.

La Figura 10A es una vista superior esquemática de un ejemplo alternativo del POFSIM que se puede usar con el sistema de comunicación de datos que se muestra en la Figura 3.

La Figura 10B es una vista lateral esquemática del POFSIM que se muestra en la Figura 10A.

15 La Figura 11A es una vista superior esquemática de un ejemplo alternativo del POFSIM que se puede usar con el sistema de comunicación de datos que se muestra en la Figura 3.

La Figura 11B es una vista lateral esquemática del POFSIM que se muestra en la Figura 11A.

La Figura 12A es una vista superior esquemática de un ejemplo alternativo del POFSIM que se puede usar con el sistema de comunicación de datos que se muestra en la Figura 3.

La Figura 12B es una vista lateral esquemática del POFSIM que se muestra en la Figura 12A.

20 Descripción detallada

Los sistemas y métodos descritos en este documento permiten las comunicaciones de datos entre un controlador de terminal y un bus de datos de fibra óptica plástico. Un módulo de interfaz en serie de fibra óptica plástico (POFSIM) conecta entre el controlador de terminal y el bus de datos. El POFSIM recibe señales eléctricas del controlador de terminal y transmite las señales ópticas digitales correspondientes al bus de datos. El POFSIM también recibe señales ópticas digitales del bus de datos y transmite las señales eléctricas correspondientes al controlador del terminal.

25 Con referencia más particularmente a los dibujos, las implementaciones de la divulgación se pueden describir en el contexto de un método de fabricación y servicio de una aeronave 100 como se muestra en la Figura 1 y una aeronave 102 como se muestra en la Figura 2. Durante la preproducción, el método 100 de ejemplo puede incluir la especificación y el diseño 104 de la aeronave 102 y la adquisición 106 de material. Durante la producción, tiene lugar la fabricación 108 de componentes y subconjuntos y la integración 110 del sistema de la aeronave 102. A partir de entonces, la aeronave 102 puede pasar por la certificación y entrega 112 con el fin de ser puesta en servicio 114. A la vez que está en servicio por un cliente, la aeronave 102 está programada para el mantenimiento de rutina y el servicio 116 (el cual también puede incluir modificación, reconfiguración, remodelación, y así sucesivamente).

35 Cada uno de los procesos del método 100 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.

40 Como se muestra en la Figura 2, la aeronave 102 producida por el método 100 de ejemplo puede incluir un fuselaje 118 con una pluralidad de sistemas 120 y un interior 122. Ejemplos de sistemas 120 de alto nivel incluyen uno o más de un sistema 124 de propulsión, un sistema 126 eléctrico, un sistema 128 hidráulico y un sistema 130 ambiental. Se puede incluir cualquier número de otros sistemas. Aunque se muestra un ejemplo aeroespacial, los principios de la invención pueden aplicarse a otras industrias, tales como la industria automotriz.

45 El aparato y los métodos implementados en el presente documento pueden emplearse durante una o más de las etapas del método 100 de producción y servicio. Por ejemplo, los componentes o subconjuntos correspondientes al proceso 108 de producción pueden fabricarse o manufacturarse de manera similar a los componentes o subconjuntos producidos a la vez que la aeronave 102 está en servicio. Además, se pueden utilizar una o más implementaciones de aparatos, implementaciones de métodos o una combinación de los mismos durante las etapas 108 y 110 de producción, por ejemplo, acelerando sustancialmente el ensamblaje o reduciendo el coste de una aeronave 102. De manera similar, una o más de las implementaciones de aparatos, implementaciones de métodos, o una combinación

50

de las mismas, pueden utilizarse a la vez que la aeronave 102 está en servicio, por ejemplo y sin limitación, para el mantenimiento y servicio 116.

La Figura 3 es un diagrama de bloques de un sistema 300 de comunicación de datos de ejemplo que incluye una unidad 302 de reemplazo de línea (LRU) acoplada comunicativamente a un bus 304 de datos. La LRU 302 incluye un controlador 306 de terminal acoplado comunicativamente a un módulo 308 de interfaz en serie de fibra óptica plástico (POFSIM). LRU 302, y más específicamente, el POFSIM 308, se acoplan comunicativamente al bus 304 de datos a través de al menos una fibra 312 óptica de plástico. En la implementación de ejemplo, el sistema 300 de comunicación de datos se implementa a bordo de un vehículo, tal como una aeronave 102 (que se muestra en la Figura 2). Alternativamente, el sistema 300 de comunicación de datos puede implementarse en cualquier entorno que permita que el sistema 300 de comunicación de datos funcione como se describe en este documento.

En la implementación de ejemplo, el bus 304 de datos es un bus de datos de fibra óptica de plástico, tal como un acoplador de estrella óptico plástico. Alternativamente, el bus 304 de datos puede ser cualquier tipo de bus de datos que permita que el sistema 300 de comunicación de datos funcione como se describe en ese documento. El POFSIM 308 funciona como una interfaz de comunicación entre el controlador 306 de terminal y el bus 304 de datos, como se describe aquí. Más específicamente, POFSIM 308 recibe señales eléctricas a partir del controlador 306 de terminal y transmite las señales ópticas correspondientes al bus 304 de datos. Además, el POFSIM 308 recibe señales ópticas a partir del bus 304 de datos y transmite las señales eléctricas correspondientes al controlador 306 de terminal. En particular, las interfaces POFSIM 308 directamente con el bus 304 de datos y el controlador 306 de terminal, y no se requieren otros dispositivos de procesamiento o unidades de conversión para facilitar las comunicaciones entre el bus 304 de datos y el controlador 306 de terminal.

La Figura 4A es una vista superior esquemática de un POFSIM 400 de ejemplo que se puede usar con el sistema 300 de comunicación de datos (que se muestra en la Figura 3). La Figura 4B es una vista lateral esquemática del POFSIM 400. Para permitir que el POFSIM 400 se implemente en áreas no presurizadas con alta confiabilidad, los componentes del POFSIM 400 se montan en un paquete 402 con forma de bañera que está herméticamente sellado con una tapa 404. El POFSIM 400 está montado dentro de una LRU, como la LRU 302 (que se muestra en la Figura 3), y la LRU puede montarse dentro de un chasis de aviónica que incluye múltiples LRUs, lo que limita el espaciado entre tableros. En consecuencia, en la implementación de ejemplo, el POFSIM 400 tiene un perfil relativamente bajo. Por ejemplo, el paquete 402 puede tener un ancho 406 de aproximadamente 1.0 pulgada, una longitud 408 de aproximadamente 2.0 pulgadas y una altura 410 de aproximadamente 0.25 pulgadas. Alternativamente, el paquete 402 puede tener cualquier dimensión que permita que el POFSIM 400 funcione como se describe en este documento.

El POFSIM 400 incluye un circuito 412 electrónico de interfaz de controlador de terminal (TCIEC) que se interconecta con un controlador de terminal, tal como el controlador 306 de terminal (que se muestra en la Figura 3). El TCIEC 412 está acoplado a al menos una porción de una pluralidad de pines 414. Los pines TXO, TXE, RICK, TXHB, PWRS y VCC son entradas a partir del controlador de terminal para suministrar energía al POFSIM 400 y enviar señales eléctricas bifásicas de Manchester al POFSIM 400. Más específicamente, el pin TXO recibe datos codificados de Manchester bifásicos en un formato ARINC 629 a partir del controlador del terminal, el pin TXE es una entrada de habilitación del controlador, el pin RICK es una señal de reloj de 32 megahercios (MHz), el pin TXHB es una entrada activa de controlador del controlador, el pin PWRS es una entrada de reinicio de encendido, y el pin 414 VCC es una entrada de voltaje de la fuente de alimentación. Otros pines 414 incluyen un pin de salida Bit 0 (BS0), un pin de salida Bit 1 (BS1), un pin de reloj en serie (SCL), un pin de datos en serie (SDA), un pin de tierra (GD) atado a tierra, un pin de habilitación de estado bite (BSE), un pin de salida de reloj del receptor de 4 MHz (RXCK), un pin de habilitación de receptor (RX), un pin de ajuste de comparador (CADJ), un pin de detección de señal (SD), un pin indicador de intensidad de señal recibida (RSSI), un pin de punto de prueba (TP) y un pin de paquete (CASE) vinculado al paquete 402. Los pines SCL y SDA se usan para programar externamente un controlador de fuente de luz (descrito a continuación) conectándose a un puerto de interfaz en serie de un dispositivo de ordenador externo (no se muestra). El pin CADJ se usa para ajustar un umbral de comparación dentro del TCIEC 412. El pin SD indica si un receptor (descrito a continuación) está detectando una señal óptica correctamente.

Para comunicarse con un bus de datos, tal como el bus 304 de datos, el TCIEC 412 procesa el tiempo de las señales recibidas a partir de los pines 414, y envía una señal lógica transistor-transistor (TTL) a un excitador 420 de diodo emisor de luz/láser (LED). Un circuito 422 con prueba incorporada (BIT) del transmisor (Tx) está acoplado entre el TCIEC 412 y el excitador 420 de láser/LED. En respuesta a la recepción de la señal TTL, el excitador 420 de láser/LED envía un impulso de corriente de controlador a una fuente 424 óptica, la cual a su vez emite una señal óptica digital.

El circuito 422 Tx BIT monitoriza la señal de transmisión TTL y el funcionamiento del excitador 420 láser/LED y la fuente 424 óptica. En la implementación de ejemplo, el circuito 422 Tx BIT monitoriza si la fuente 424 óptica está atrapada erróneamente en el estado de encendido (también denominado "atascado") o emitiendo señales ópticas digitales de forma esporádica/aleatoria (también conocida como "balbuceo"). Si el circuito 422 Tx BIT determina que la fuente 424 óptica está atascada o en balbuceo, el circuito 422 Tx BIT puede inhibir la transmisión de la señal TTL para evitar el fallo del bus 304 de datos.

El POFSIM 400 incluye un conector 430 de acoplamiento que se extiende a partir del paquete 402. En la implementación de ejemplo, el conector 430 de acoplamiento tiene una longitud 432 de aproximadamente 1.0

5 pulgadas. Alternativamente, el conector 430 de acoplamiento puede tener cualquier dimensión que permita que el POFSIM 400 funcione como se describe en este documento. El conector 430 de acoplamiento incluye un tubo 434 de alimentación hermética metálico de transmisión y un tubo 436 de alimentación hermética metálico de recepción. Un tubo 438 de luz de transmisión está acoplado ópticamente a una fibra 440 óptica de plástico (POF) dentro del tubo 434 de alimentación hermética metálico de transmisión. De manera similar, un tubo 442 de luz de recepción está acoplado ópticamente a una fibra 444 óptica de plástico (POF) de recepción dentro del tubo 436 de alimentación hermética metálico de recepción. Los POFs 440 y 444 de transmisión y recepción acoplan el POFSIM 400 al bus 304 de datos. En la implementación de ejemplo, el conector 430 de acoplamiento incluye una pluralidad de mecanismos 450 de retención para facilitar el acoplamiento de la transmisión y recepción de los POFs 440 y 444 al POFSIM 400. La fuente 424 óptica está acoplada al tubo 438 de luz de transmisión, de manera que las señales ópticas digitales de la fuente 424 óptica se transmiten al bus 304 de datos a través del POF 440 de transmisión.

15 Los tubos 438 y 442 de luz de transmisión y recepción tienen una temperatura de operación relativamente alta, son relativamente fáciles de metalizar y tienen un diámetro y una apertura numérica que coinciden con los POFs 440 y 444 de transmisión y recepción. Por ejemplo, los tubos 438 y 442 de luz de transmisión y recepción pueden tener cada uno una varilla de vidrio de 1 milímetro (mm) de diámetro, una fibra de sílice dura (HCS) de 1 mm de diámetro, o una fibra de vidrio de núcleo múltiple de 1 mm de diámetro. Los tubos 438 y 442 de luz de transmisión y recepción están unidos al tubo 434 de alimentación hermético metálico de transmisión y al tubo 436 de alimentación hermético metálico de recepción, respectivamente, mediante la metalización de los tubos 438 y 442 de luz de transmisión y recepción, utilizando un proceso de reflujo de soldadura de alta temperatura para conectar los tubos 438 y 442 de luz a los tubos 434 y 436 de alimentación. Esto facilita una alta hermeticidad (por ejemplo, una tasa de fuga de helio de menos de 1×10^{-8} centímetros cúbicos por minuto (cc/min)) del POFSIM 400.

25 El tubo 442 de luz de recepción recibe una o más señales ópticas digitales a partir del bus 304 de datos a través del POF 444 de recepción. Un detector 460 acoplado al tubo 442 de luz de recepción convierte la señal óptica digital recibida en una señal eléctrica. En la implementación de ejemplo, el detector 460 es un detector de silicio de alta sensibilidad. Alternativamente, el detector 460 puede ser cualquier dispositivo de detección óptica que permita que el POFSIM 400 funcione como se describe en este documento.

30 Un circuito 462 receptor acoplado al detector 460 convierte la señal eléctrica del detector 460 en una señal TTL bifásica de Manchester, y transmite la señal TTL al TCIEC 412. En la implementación de ejemplo, el circuito 462 receptor es un receptor de alta sensibilidad y de alto rango dinámico instantáneo. Un circuito 464 (Rx) BIT receptor está acoplado entre el circuito 462 receptor y el TCIEC 412. Al recibir la señal TTL, el TCIEC 412 comprueba y valida el tiempo de la señal TTL recibida, y posteriormente envía pulsos de señal al controlador 306 de terminal. Más específicamente, los impulsos de señal se envían al controlador 306 de terminal a través de un pin RXN y RXI de la pluralidad de pines 414. El circuito 464 Rx BIT monitoriza el estado de una conexión de cable POF con base en un indicador de intensidad de señal del receptor de la salida RSSI del circuito 462 receptor. Si se detecta un error y/o un problema, el circuito 464 Rx BIT genera y transmite una señal de alerta al controlador 306 de terminal a través del TCIEC 412.

40 El TCIEC 412, el circuito 422 Tx BIT, el excitador 420 láser/LED, la fuente 424 óptica, el detector 460, el circuito 462 receptor y el circuito 464 Rx BIT se montan en un sustrato 470 que absorbe calor de los componentes del POFSIM 400 al fondo del paquete 402. Esta disposición térmica reduce el aumento de la temperatura de la unión en los componentes del POFSIM 400 durante la operación. En la implementación de ejemplo, el sustrato 470 es un sustrato de nitrato de aluminio de alta conductividad térmica. Alternativamente, el sustrato 470 puede ser cualquier material que permita que el POFSIM 400 funcione como se describe en este documento.

45 Una vez que los componentes se montan dentro del paquete 402 y los tubos 438 y 442 de luz de transmisión y recepción se sellan con soldadura a los tubos metálicos 434 y 436, se realiza un proceso de desgasificación en el paquete 402. Una vez finalizado el proceso de desgasificación, la tapa 404 se sella al paquete 402 mediante un proceso de soldadura de costura paralela a alta temperatura para sellar herméticamente el POFSIM 400.

50 La Figura 5 es una vista lateral esquemática de una parte del POFSIM 400. En la implementación que se muestra en la Figura 5, el detector 460 incluye un detector 502 de alta sensibilidad que está integrado con un lente 504 esférico. El detector 502 de alta sensibilidad y el lente 504 esférico están montados en un lado de un submontaje 506 de cerámica que está unido al sustrato 470. El detector 460 está montado en el sustrato 470 en una ubicación la cual maximiza el acoplamiento óptico entre el tubo 442 de luz de recepción y el detector 460.

55 La Figura 6 es una vista lateral esquemática de una parte del POFSIM 400. En la implementación que se muestra en la Figura 6, la fuente 424 óptica incluye un láser de emisión de borde (EE) o LED 602 montado en la parte superior de un submontaje 604 Kovar alta conductividad térmica (una aleación de cobre y tungsteno). La fuente 424 óptica está montada en el sustrato 470 para facilitar la maximización del acoplamiento óptico entre el tubo 438 de luz de transmisión y la fuente 424 óptica. Para aumentar aún más la potencia de salida de la fuente 424 óptica, una matriz monolítica de multi-elemento láser (es decir, de múltiples bandas) o de LED EE se puede implementar en la fuente 424 óptica para aumentar la potencia de salida óptica en 3 decibelios (dB) o más.

La Figura 7 es un diagrama esquemático de una implementación de la fuente 424 óptica que incluye un láser de múltiples bandas o una matriz 702 de LED EE con cuatro elementos 704. Un ancho 706 de la matriz 702 es inferior a

0.5 mm en la implementación de ejemplo. Como el tubo 438 de luz de transmisión tiene un diámetro de 1.0 mm, y la matriz 702 tiene un ancho de menos de 0.5 mm, la eficiencia de acoplamiento es aproximadamente la misma que para las implementaciones que utilizan un láser de un solo elemento o un LED EE. El conjunto 702 se puede montar en el submontaje 604 (que se muestra en la Figura 6).

- 5 En lugar de un láser EE o LED EE, la fuente 424 óptica puede incluir un láser emisor de superficie (SE) o un LED SE. La Figura 8 es una vista lateral esquemática de una parte del POFSIM 400. En la implementación que se muestra en la Figura 8, la fuente 424 óptica incluye un láser emisor de superficie de cavidad vertical SE (VCSEL) o un chip 802 LED SE con un lente 804 esférico integrado. El chip 802 y el lente 804 esférico se montan en un lado de un submontaje 806 A1N que está unido al sustrato 470. El submontaje 806 A1N tiene una conductividad térmica relativamente alta para el chip 802. El submontaje 806 AIN se monta en el sustrato 470 en una ubicación para maximizar el acoplamiento óptico entre el tubo 438 de luz de transmisión y la fuente 424 óptica.

- 10 Para aumentar la potencia óptica, en algunas implementaciones, la fuente 424 óptica puede incluir una serie de elementos VCSEL o LED SE. La Figura 9 es una vista de extremo esquemática de la fuente 424 óptica. En la implementación que se muestra en la Figura 9, la fuente 424 óptica incluye un láser emisor de superficie de cavidad vertical SE (VCSEL) o un chip 902 LED SE con un lente 904 esférico integrado que tiene 0.5 mm de diámetro. El chip 902 y el lente 904 esférico están montados en un lado de un submontaje 906 AIN que está unido al sustrato 470 (que se muestra en las Figuras 4A y 4B). El chip 902 incluye una matriz 908 que tiene una pluralidad de elementos 910 VCSEL o LED SE. En la implementación de ejemplo, el chip 902 incluye cuatro elementos 910. Alternativamente, el chip 902 puede incluir cualquier número de elementos 910 que permita que la fuente 424 óptica funcione como se describe en este documento. Como el tubo 438 de luz de transmisión y el POF 440 de transmisión tienen un diámetro de 1.0 mm, el cual es más grande que la matriz 908, una salida óptica de cada elemento 910 se acopla al tubo 438 de luz de transmisión con la misma eficiencia que un solo elemento VCSEL o fuente de LED SE.

- 15 La Figura 10A es una vista superior esquemática de un POFSIM 1000 alternativo que se puede usar con el sistema 300 de comunicación de datos (que se muestra en la Figura 3). La Figura 10B es una vista lateral esquemática del POFSIM 1000. A menos que se indique lo contrario, el POFSIM 1000 es sustancialmente similar al POFSIM 400 (que se muestra en las Figuras 4A y 4B). En lugar de un conector 430 de acoplamiento (que se muestra en las Figuras 4A y 4B) para los POFs 440 y 444 de transmisión y recepción, el POFSIM 1000 incluye un cable 1002 flexible de transmisión y un cable 1004 espiralado de recepción para los POFs 440 y 444 de transmisión y recepción conectados permanentemente.

- 20 Más específicamente, los POFs 440 y 444 de transmisión y recepción están acoplados a los tubos 438 y 442 de luz de transmisión y recepción. El epoxi 1010 se suministra entonces a los agujeros 1012 de epoxi definidos en los tubos 434 y 436 de alimentación. Después de que el epoxi 1010 se cura, un tramo 1020 de fibra se desliza sobre cada uno de los POFs 440 y 444 de transmisión y recepción y se une a los tubos 434 y 436 de alimentación con epoxi adicional. Las botas 1020 impiden que los POFs 440 y 444 se doblen más de una cantidad predeterminada (es decir, un radio de curvatura de POF mínimo). Las botas 1020 también aumentan la resistencia a la tracción de los POFs 440 y 444 y reducen la pérdida óptica debido a una flexión no deseada.

- 25 La Figura 11A es una vista superior esquemática de un POFSIM 1100 alternativo que puede usarse con el sistema 300 de comunicación de datos (que se muestra en la Figura 3). La Figura 11B es una vista lateral esquemática del POFSIM 1100. A menos que se indique lo contrario, el POFSIM 1100 es sustancialmente similar al POFSIM 1000 (que se muestra en las Figuras 10A y 10B). En el POFSIM 1100, los tubos 438 y 442 de luz y los POFs 440 y 444 se reemplazan por fibras 1102 compatibles con POF. Las fibras 1102 compatibles con POF pueden ser, por ejemplo, una fibra de sílice dura (HCS) o una fibra de múltiples núcleos (MCG). Las fibras 1102 compatibles con POF se recubren en una región cercana al paquete 402, y se seleccionan para coincidir con el diámetro y la apertura numérica de un POF. Las fibras 1102 compatibles con POF se extienden más allá de los tubos 434 y 436 de alimentación para acoplarse a un POF fuera del POFSIM 1100.

- 30 En la implementación de ejemplo, un sello 1104 de soldadura sella cada fibra 1102 compatible con POF en el interior de los tubos 434 y 436 de alimentación. Una vez que se completa el sello 1104 de soldadura, el epoxi 1010 se suministra a los agujeros 1012 epoxi y se cura. Las botas 1020 de fibra se instalan en los tubos 434 y 436 de alimentación, similares al POFSIM 1000.

- 35 La Figura 12A es una vista superior esquemática de un POFSIM 1200 alternativo que se puede usar con el sistema 300 de comunicación de datos (que se muestra en la Figura 3). La Figura 10B es una vista lateral esquemática del POFSIM 1200. A menos que se indique lo contrario, el POFSIM 1200 es sustancialmente similar al POFSIM 400 (que se muestra en las Figuras 4A y 4B). A diferencia del POFSIM 400, el POFSIM 1200 no está sellado herméticamente. En consecuencia, el POFSIM 1200 se utiliza en un área presurizada de un vehículo, tal como la aeronave 102 (que se muestra en la Figura 2). Debido a que el POFSIM 1200 no está sellado herméticamente, puede ser menos costoso fabricar el POFSIM 1200.

40 En el POFSIM 1200, los componentes se montan en un tablero 1202 de alambre impreso con FR4 multicapa. Además, la fuente 424 óptica y el detector 460 se implementan cada uno en paquetes 1204 de contornos (TO can) de transistores que están montados dentro de los conectores 1206 ópticos activos respectivos. Los tubos 438 y 442 de

5 luz de transmisión y recepción se instalan en los respectivos manguitos 1208 de alineación. Cada conector 1206 óptico activo incluye mecanismos 1210 externos de retención para activar los POFs 440 y 444 de transmisión y recepción. En la implementación de ejemplo, cada conector 1206 óptico activo incluye dos orificios 1220 pasantes que permiten que el conector 1206 óptico activo se monte en el tablero 1202 de alambre impreso con los tornillos 1222 y las tuercas 1224. Para la protección del medio ambiente, el tablero 1202 de alambre impreso se recubre con un revestimiento conforme (parileno) en la implementación de ejemplo.

10 Las implementaciones descritas en este documento permiten las comunicaciones de datos entre un controlador de terminal y un bus de datos de fibra óptica de plástico. Un módulo de interfaz en serie de fibra óptica plástico (POFSIM) conecta entre el controlador de terminal y el bus de datos. El POFSIM recibe señales eléctricas del controlador de terminal y transmite las señales ópticas digitales correspondientes al bus de datos. El POFSIM también recibe señales ópticas digitales del bus de datos y transmite las señales eléctricas correspondientes al controlador del terminal.

15 A diferencia de al menos algunos sistemas conocidos de comunicación de datos, el POFSIM descrito en este documento proporciona una interfaz directa entre un controlador de terminal y un bus de datos. A diferencia de al menos algunos sistemas conocidos de comunicación de datos que utilizan un convertidor de medios ópticos entre una SIM y un bus de datos, el POFSIM se conecta directamente al bus de datos a través de al menos una fibra óptica de plástico. En consecuencia, en comparación con al menos algunos sistemas de comunicación de datos conocidos, el POFSIM puede tener un mayor presupuesto de potencia (por ejemplo, 6 dB) y una longitud útil más larga (por ejemplo, 50 metros). Además, el POFSIM descrito en este documento es robusto, confiable, liviano y tiene una alta durabilidad.

20 Aunque las características específicas de diversas implementaciones de la invención pueden mostrarse en algunos dibujos y no en otros, esto es solo por conveniencia. De acuerdo con los principios de la invención, cualquier característica de un dibujo puede ser referenciada y/o reivindicada en combinación con cualquier característica de cualquier otro dibujo.

Además, la divulgación comprende realizaciones de acuerdo con las siguientes cláusulas:

Cláusula 1. Un sistema de comunicación de datos que comprende:

25 un bus de datos; y

una unidad de reemplazo de línea que comprende:

un controlador de terminal; y

un módulo de interfaz en serie de fibra óptica plástico (POFSIM) acoplado entre dicho controlador de terminal y dicho bus de datos, en donde dicho POFSIM está configurado para:

30 transmitir señales ópticas digitales a dicho bus de datos con base en señales eléctricas recibidas a partir de dicho controlador de terminal; y

transmitir señales eléctricas a dicho controlador de terminal con base en señales ópticas digitales recibidas a partir de dicho bus de datos.

35 Cláusula 2. Un sistema de comunicación de datos de acuerdo con la Cláusula 1, en donde dicho POFSIM comprende una fuente óptica configurada para generar señales ópticas digitales para ser transmitidas a dicho bus de datos.

Cláusula 3. Un sistema de comunicación de datos de acuerdo con la Cláusula 2, que además comprende:

un tubo de luz de transmisión acoplado ópticamente a dicha fuente óptica; y

una fibra óptica de plástico de transmisión (POF) acoplada entre dicho tubo de luz de transmisión y dicho bus de datos.

40 Cláusula 4. Un sistema de comunicación de datos de acuerdo con la Cláusula 1, en donde dicho POFSIM comprende un detector configurado para recibir señales ópticas digitales a partir de dicho bus de datos.

Cláusula 5. Un sistema de comunicación de datos de acuerdo con la Cláusula 4, que además comprende:

un tubo de luz de recepción acoplado ópticamente a dicho detector; y

una fibra óptica de plástico de recepción (POF) acoplada entre dicho tubo de luz de recepción y dicho bus de datos.

45 Cláusula 6. Un sistema de comunicación de datos de acuerdo con la Cláusula 1, en donde dicho POFSIM está sellado herméticamente.

Cláusula 7. Un sistema de comunicación de datos de acuerdo con la Cláusula 1, en donde dicho bus de datos es un acoplador de estrella óptico de plástico.

5 Esta descripción escrita usa ejemplos para divulgar diversas implementaciones, las cuales incluyen el mejor modo, para permitir que cualquier persona experta en la técnica practique esas implementaciones, incluida la fabricación y uso de cualquier dispositivo o sistemas y la realización de cualquier método incorporado. El alcance patentable está definido por las reivindicaciones y puede incluir otros ejemplos que se presentan a los expertos en la técnica. Se pretende que estos otros ejemplos estén dentro del alcance de las reivindicaciones si tienen elementos estructurales que no difieren del lenguaje literal de las reivindicaciones, o si incluyen elementos estructurales equivalentes con diferencias insustanciales de los términos literales de las reivindicaciones.

REIVINDICACIONES

1. Un módulo (308) de interfaz en serie de fibra óptica plástico -POFSIM- que se puede montar dentro de una unidad de reemplazo de línea que es capaz de ser acoplado comunicativamente a un bus de datos y que comprende un controlador de terminal, comprendiendo el POFSIM:
- 5 un circuito (412) electrónico de interfaz de controlador de terminal -TCIEC- configurado para recibir señales eléctricas a partir del controlador (306) de terminal;
- una fuente (424) óptica acoplada a dicho TCIEC (412) y configurada para transmitir señales ópticas digitales al bus (304) de datos con base en las señales eléctricas recibidas; y
- 10 un detector (460) acoplado a dicho TCIEC (412) y configurado para recibir señales ópticas digitales a partir del bus (304) de datos, en donde dicho TCIEC (412) está configurado además para transmitir señales eléctricas al controlador (306) de terminal con base en las señales ópticas digitales recibidas; y
- un conector de acoplamiento que comprende:
- un tubo (438) de luz de transmisión acoplado ópticamente a dicha fuente (424) óptica; y
- 15 un tubo (442) de luz de recepción acoplado ópticamente a dicho detector (460), en donde dichos tubos (438), (442) de luz de transmisión y de recepción están configurados para acoplarse a una fibra (440, 444) óptica de plástico respectivo.
2. El POFSIM de acuerdo con la Reivindicación 1, que comprende además un circuito (420) de excitación acoplado entre dicho TCIEC (412) y dicha fuente (424) óptica, dicho circuito (420) de excitación configurado para:
- recibir una señal lógica transistor-transistor de dicho TCIEC (412); y
- 20 transmitir una corriente de excitación a dicha fuente (424) óptica con base en la señal lógica recibida transistor-transistor.
3. El POFSIM de acuerdo con la Reivindicación 1, que comprende además un circuito (462) receptor acoplado entre dicho TCIEC (412) y dicho detector (460), dicho circuito (462) receptor configurado para transmitir una señal lógica transistor-transistor a dicho TCIEC (412) con base en una señal óptica digital recibida en dicho detector (460).
- 25 4. El POFSIM de acuerdo con la Reivindicación 1, en donde dicho TCIEC (412), dicha fuente (424) óptica y dicho detector (460) están todos montados en un sustrato de AIN.
5. El POFSIM de acuerdo con la reivindicación 1, en donde dicha fuente óptica comprende:
- un submontaje (604); y
- 30 al menos uno de un láser emisor de borde, un diodo emisor de luz emisora de bordes, un láser emisor de superficie de cavidad vertical y un diodo emisor de luz de superficie montado en dicha base (604).
6. El POFSIM de acuerdo con la Reivindicación 1, en donde dicha fuente (424) óptica comprende una matriz de múltiples elementos que tiene un ancho de menos de 0.5 milímetros, en donde dicha matriz de múltiples elementos es una de una matriz de láser de múltiples bandas que emite bordes y una matriz de diodos emisores de luz de borde de múltiple banda.
- 35 7. El POFSIM de acuerdo con la reivindicación 1, en donde dicha fuente (424) óptica comprende una matriz que incluye una pluralidad de elementos láser emisores de superficie de cavidad vertical o una pluralidad de elementos de diodo emisores de luz que emiten luz en superficie, y en donde los elementos de la matriz están dispuestos dentro de un diámetro de 1 milímetro que coincide con el diámetro de un tubo de luz de transmisión acoplado ópticamente a dicha fuente (424) óptica.
- 40 8. El POFSIM de acuerdo con la reivindicación 1, en donde dicho detector (460) comprende:
- un submontaje (506); y
- un detector (502) de alta sensibilidad que se integra con un lente (504) esférico y se monta en dicho submontaje (506).
9. Un sistema de comunicación de datos (300) que comprende:
- un bus (304) de datos; y
- 45 una unidad (302) de reemplazo de línea que comprende:
- un controlador (306) de terminal; y

un módulo de interfaz en serie de fibra óptica plástico -POFSIM- (308) de cualquiera de las reivindicaciones 1 a 8, en donde el POFSIM (308) está acoplado entre dicho controlador (306) de terminal y dicho bus (304) de datos.

10. El sistema (300) de comunicación de datos de acuerdo con la reivindicación 9, en donde dicho bus de datos es un acoplador de estrella óptico de plástico.

5 11. Un método para uso en la comunicación de datos entre un controlador (306) de terminal y un bus (304) de datos, comprendiendo dicho método:

recibir, en un módulo (308) de interfaz en serie de fibra óptica plástico -POFSIM- de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 8, una señal eléctrica a partir del controlador (306) de terminal;

generar, utilizando el POFSIM (308), una señal óptica digital con base en la señal eléctrica recibida; y

10 transmitir la señal óptica digital al bus (304) de datos a partir del POFSIM (308).

12. El método de acuerdo con la reivindicación 11, en donde generar una señal óptica digital comprende:

recibir una señal lógica transistor-transistor en un circuito (420) de excitación;

generar una corriente de excitación con base en la señal lógica transistor-transistor;

transmitir la corriente de excitación a una fuente (424) óptica; y

15 generar, utilizando la fuente (424) óptica, la señal óptica digital con base en la señal de excitación.

13. El método de acuerdo con la reivindicación 11, en donde generar una señal óptica digital comprende generar una señal óptica digital usando una fuente (424) óptica que incluye al menos uno de un láser emisor de borde, un diodo emisor de luz de borde, un láser emisor de superficie y un diodo emisor de luz de superficie.

20 14. El método de acuerdo con la reivindicación 11, en donde transmitir la señal óptica digital al bus (304) de datos comprende transmitir la señal óptica digital a un acoplador de estrella óptico de plástico.

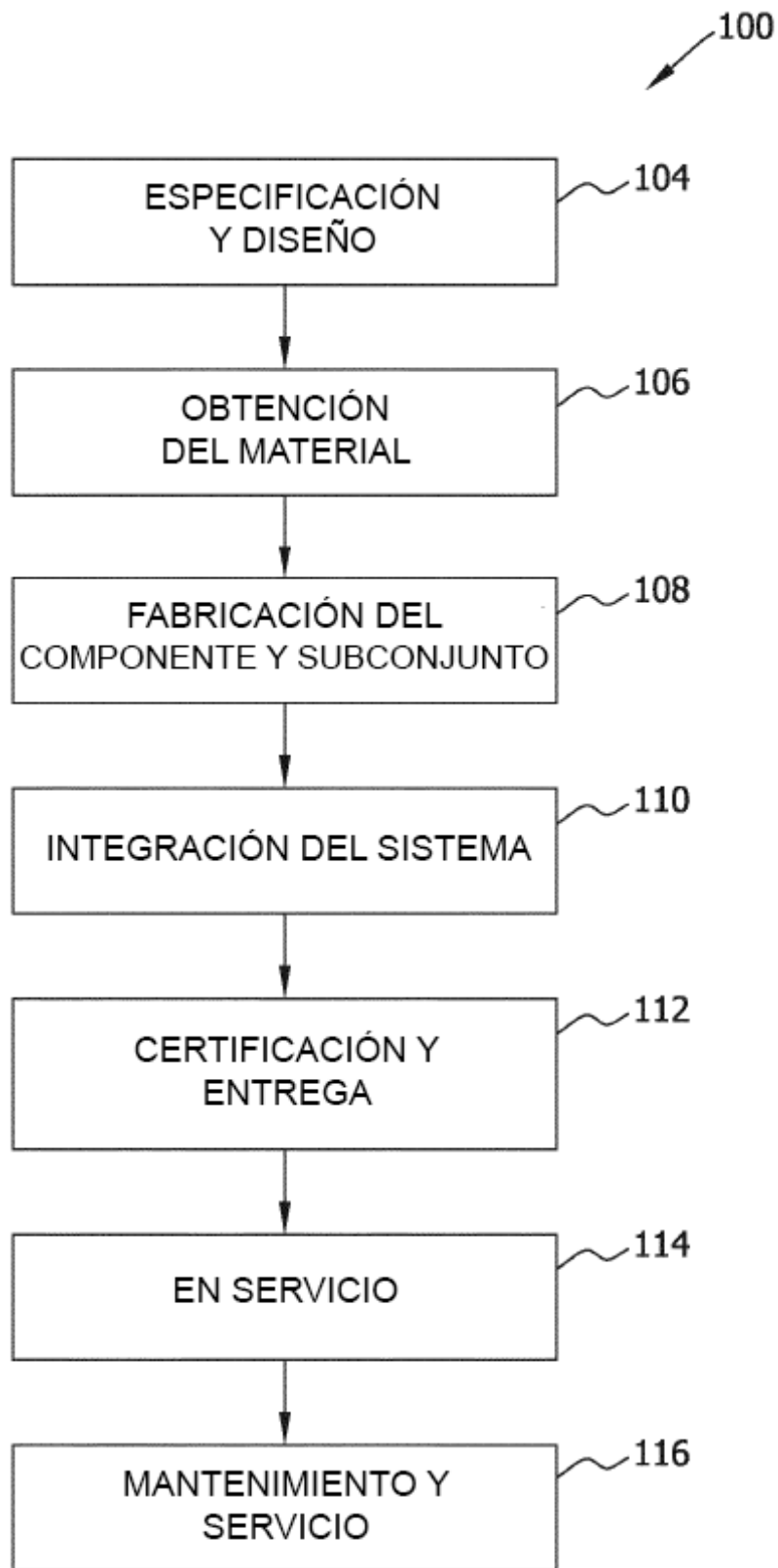


FIG. 1

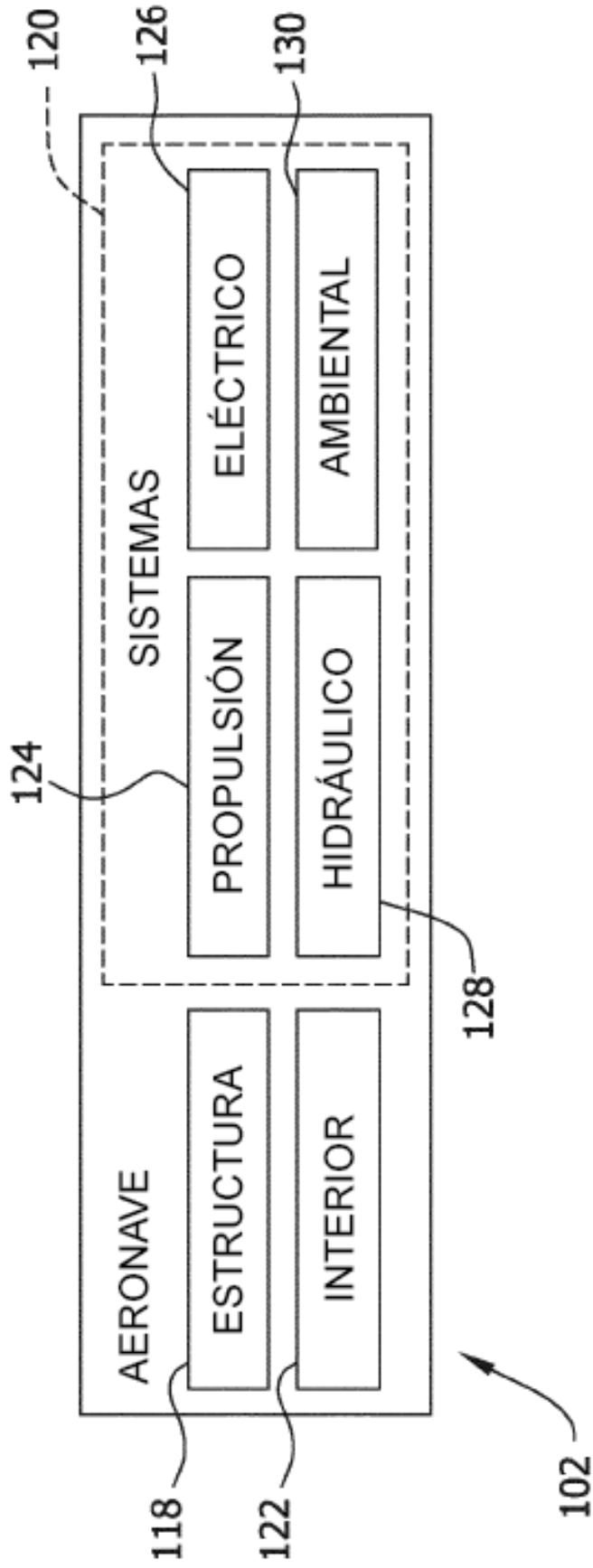


FIG. 2

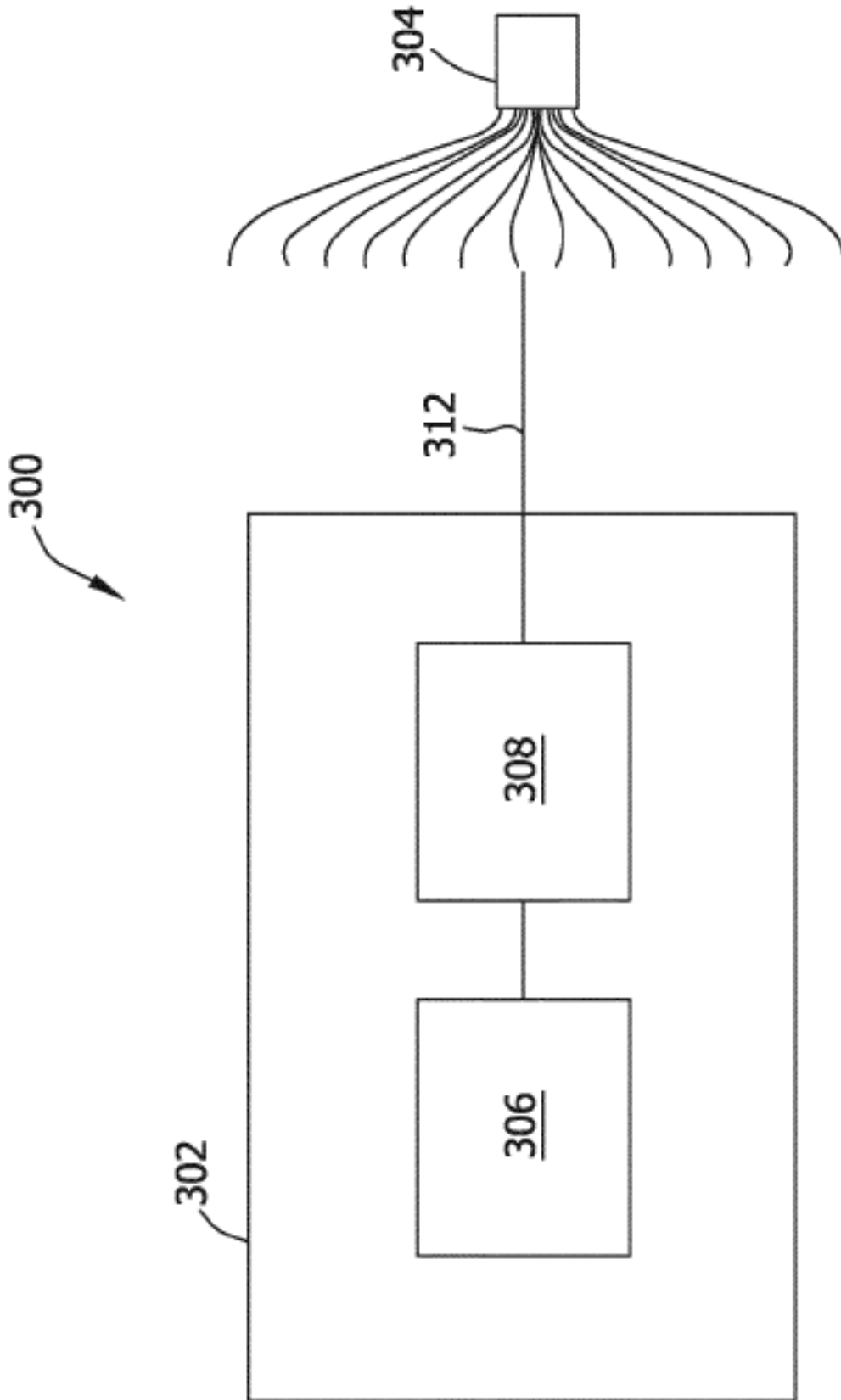


FIG. 3

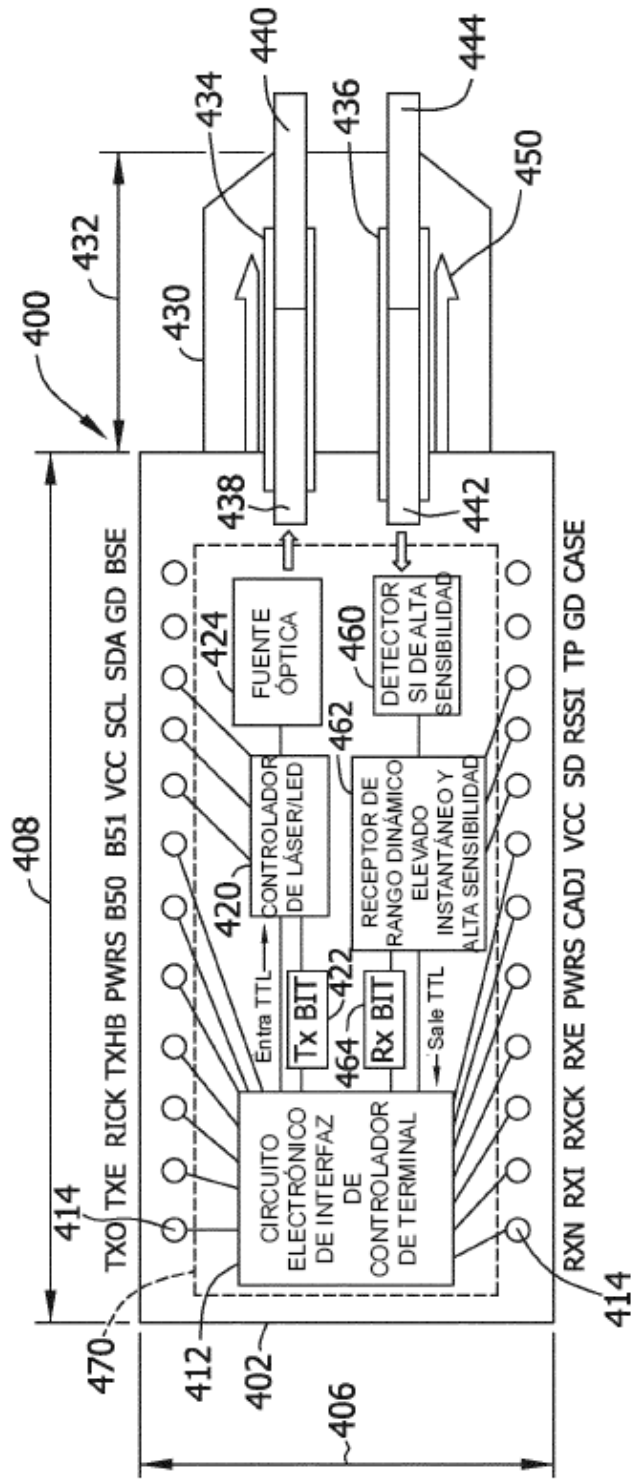


FIG. 4A

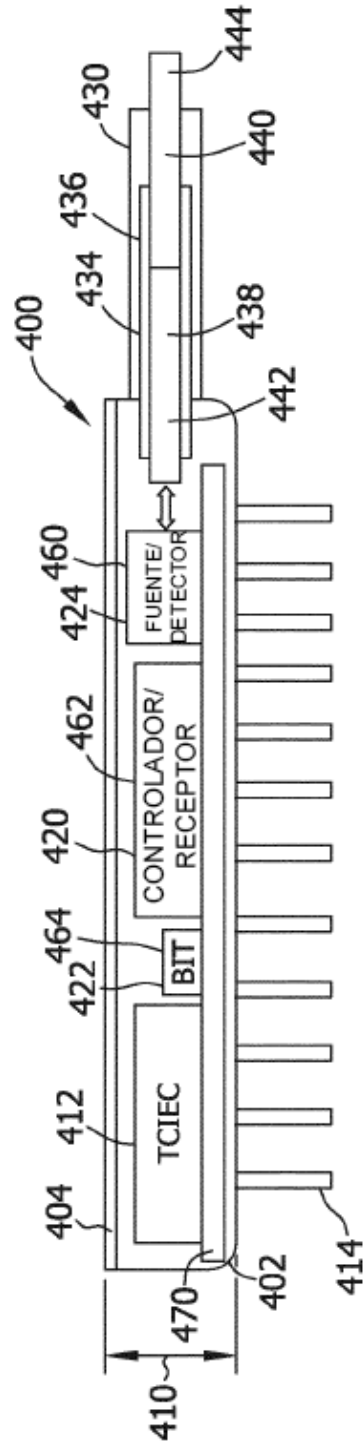


FIG. 4B

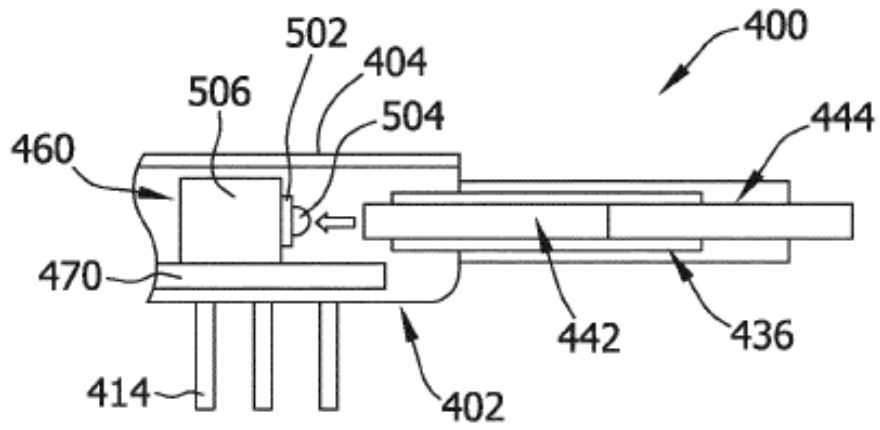


FIG. 5

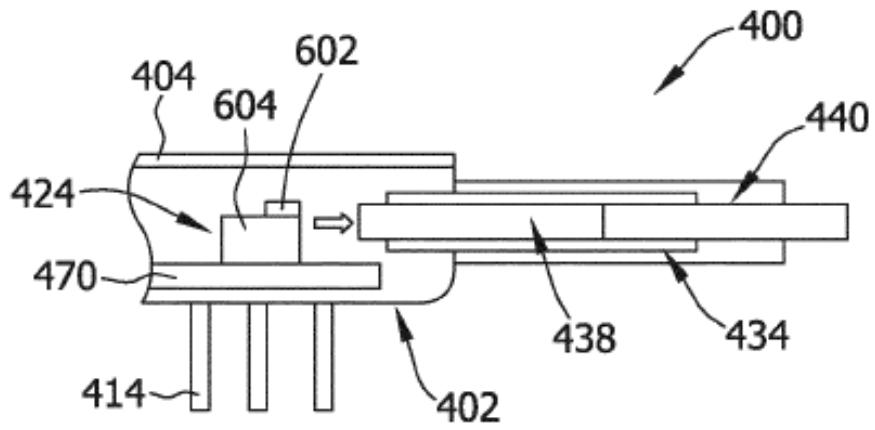


FIG. 6

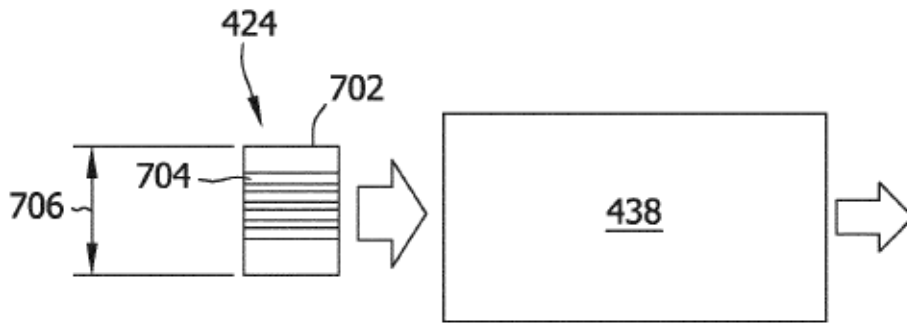


FIG. 7

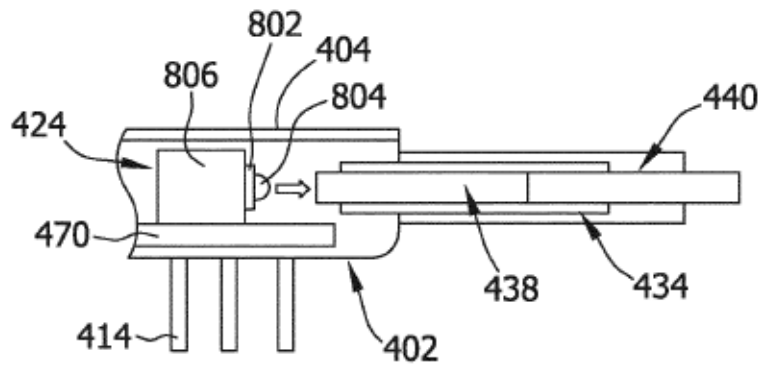


FIG. 8

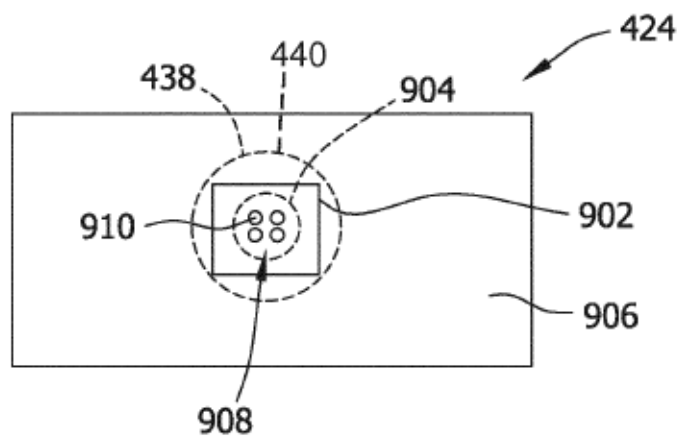


FIG. 9

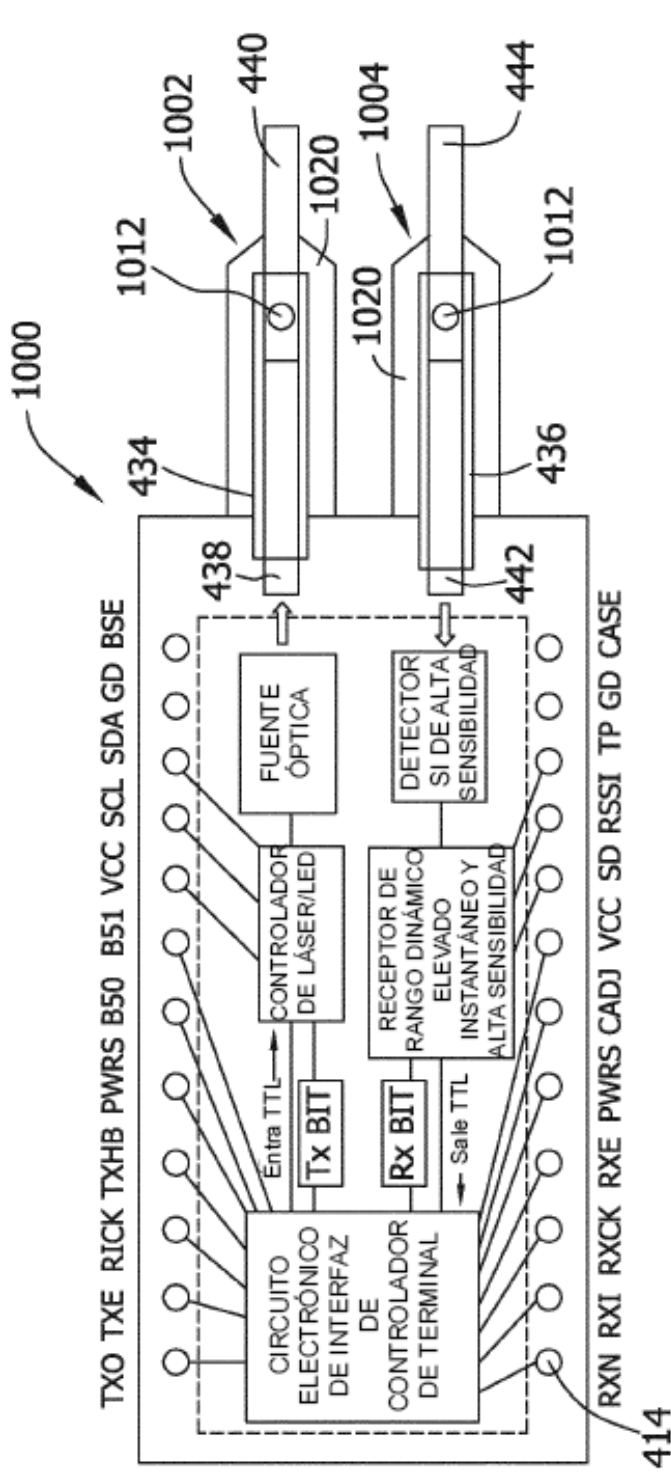


FIG. 10A

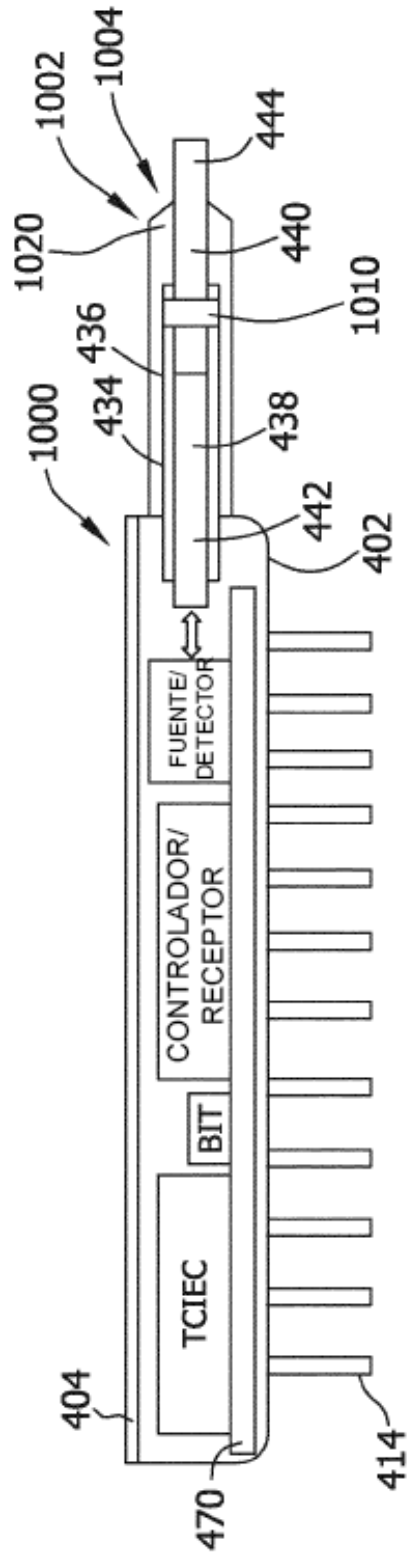


FIG. 10B

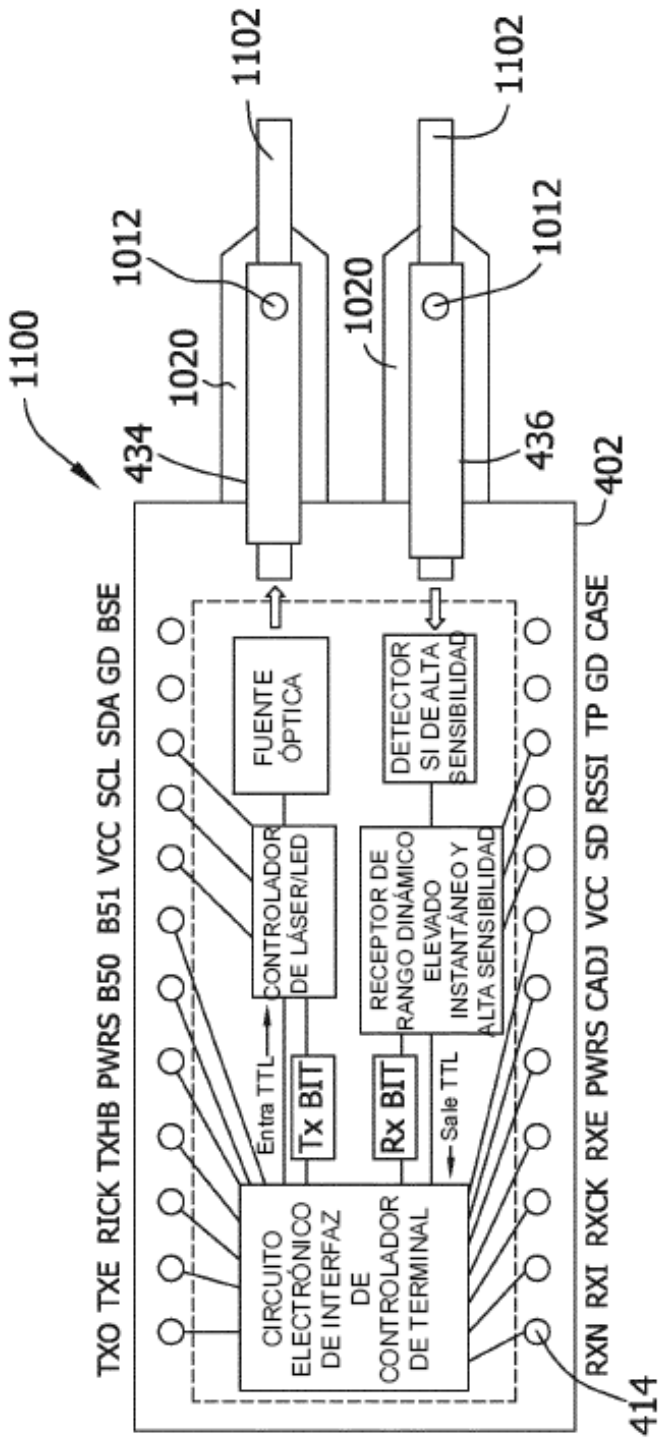


FIG. 11A

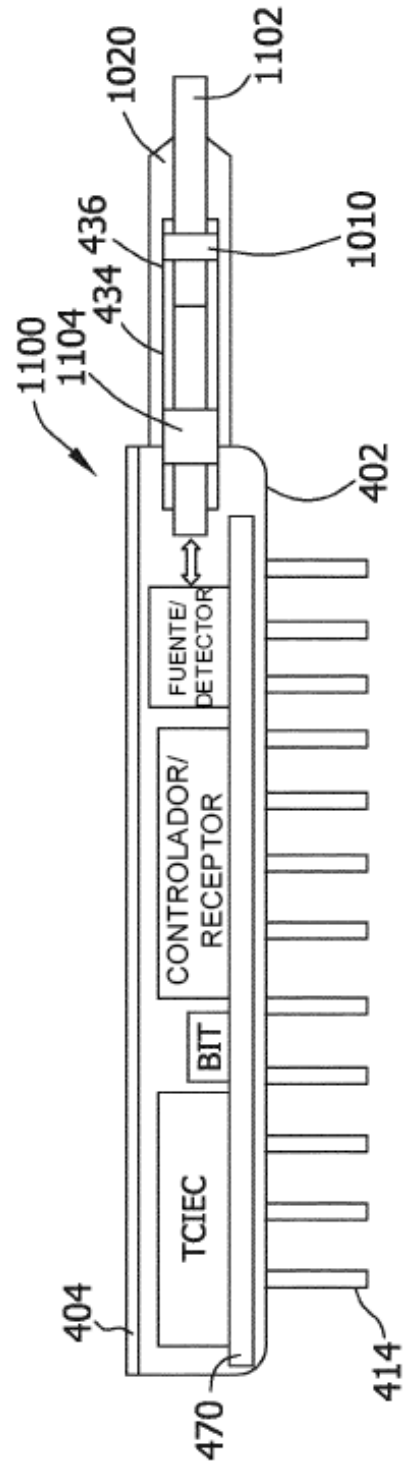


FIG. 11B

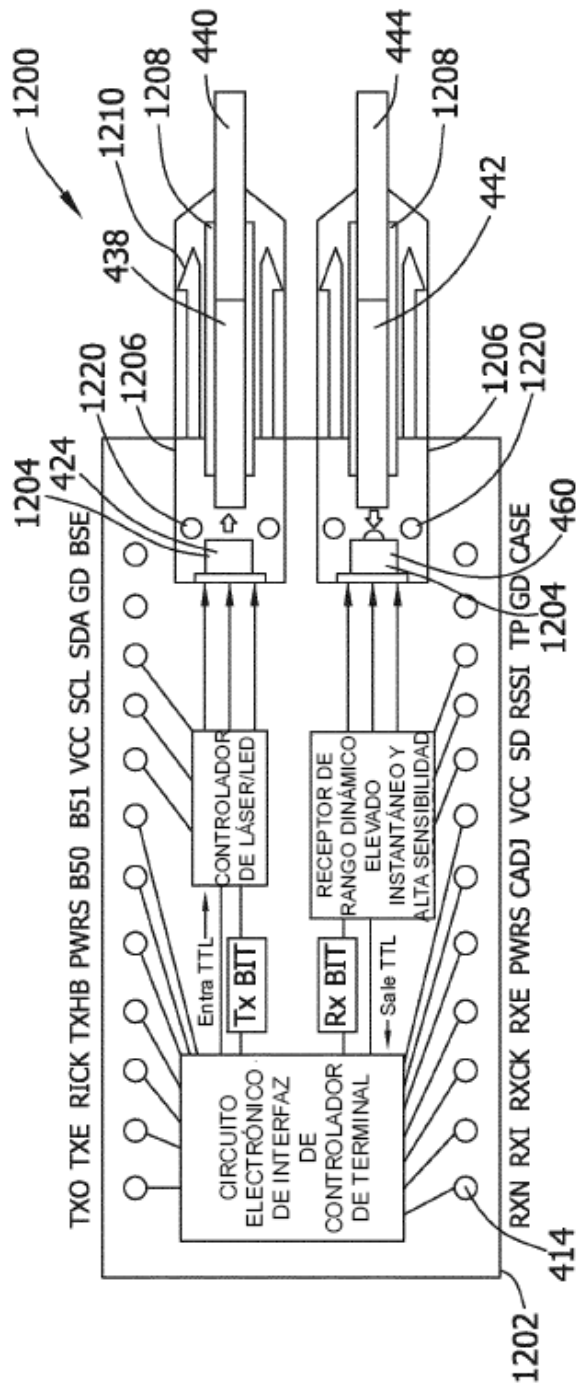


FIG. 12A

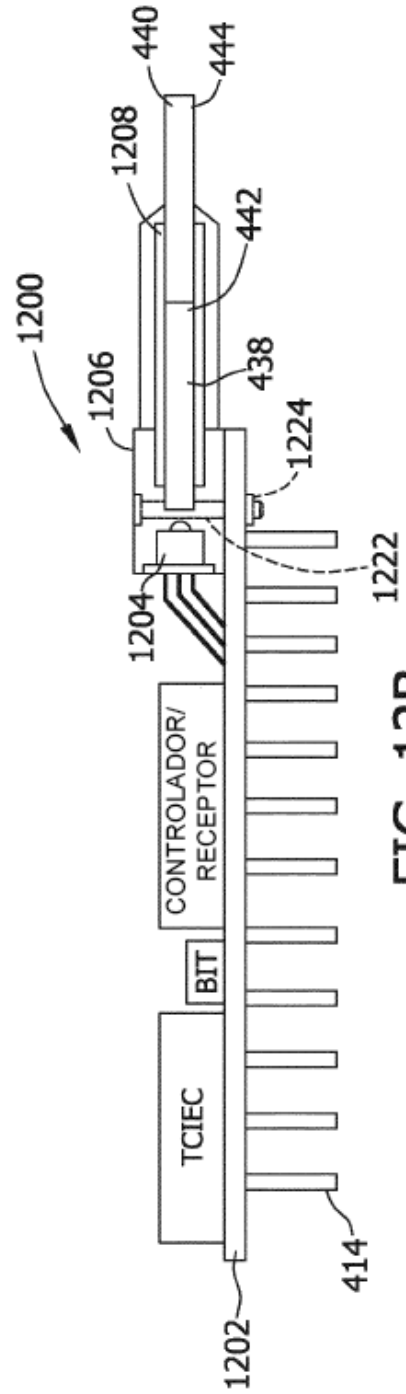


FIG. 12B