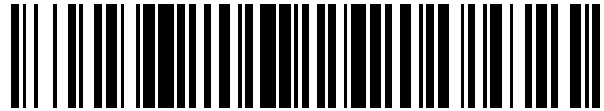


19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 577 012**

51 Int. Cl.:

H01S 5/068 (2006.01)
H01S 5/00 (2006.01)
H01S 5/06 (2006.01)
A61B 18/20 (2006.01)
A61F 9/008 (2006.01)
A61N 5/067 (2006.01)
H01S 5/0683 (2006.01)
A61B 18/00 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **24.03.2012 E 12765183 (4)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **18.05.2016 EP 2688505**

54 Título: **Láser médico con obturador electrónico**

30 Prioridad:

25.03.2011 US 201161465884 P

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

12.07.2016

73 Titular/es:

EOS HOLDINGS, LLC (100.0%)
23116 Summit Road
Los Gatos, CA 95023, US

72 Inventor/es:

MORDAUNT, DAVID, H. y
EAST, CHARLES, M.

74 Agente/Representante:

UNGRÍA LÓPEZ, Javier

ES 2 577 012 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

Láser médico con obturador electrónico

Campo de la invención

5 La invención se refiere a láseres médicos. En particular, la invención se refiere a láseres con obturadores electrónicos para suministrar con seguridad energía láser para aplicaciones médicos.

Antecedentes de la invención

10 Deberían diseñarse láseres médicos para cumplir normas de seguridad para mitigar en primer lugar la exposición láser, por ejemplo, inadvertida a partes del cuerpo, durante la exposición con el tratamiento con láser y fallo de un componente individual. Para cumplir estas normas de seguridad, la norma actualmente aceptada consiste en utilizar un obturador mecánico controlado electrónicamente y foto detectores para suministrar la salida del láser como se muestra en la figura 1.

15 Se ha probado que los obturadores mecánicos son lentos y potencialmente poco fiables. El mecanismo de acción para un obturador del láser es controlar el movimiento y mantener un obstáculo mecánico dentro y fuera de la trayectoria del haz del láser para prevenir que luz del láser de tratamiento sea suministrada a la región de tratamiento o incluso salga del cerramiento del láser dentro del dispositivo, hasta que se alcanzan las condiciones apropiadas para el suministro del láser. A la conexión del dispositivo, el obturador mecánico está inicialmente "cerrado" (o movido a la posición cerrada) bloqueando el haz de salida del láser.

20 Después de las condiciones apropiadas, el obturador es movido desde la posición "cerrada-a-abierta" y se mantiene en la posición "abierta" para permitir el suministro del láser y el tratamiento. Después de un segundo conjunto de condiciones, el obturador es movido desde la posición "abierta-a-cerrada", y mantenido en la posición cerrada para prevenir el suministro del láser y el tratamiento. Tales obturadores mecánicos incluyen un absorbedor del láser para absorber ver la energía del láser y/o reflejarla para redirigir la energía del láser desde la trayectoria del haz del láser hasta un sumidero del láser.

25 El movimiento desde "abierto-a-cerrado" (o viceversa) está normalmente en el orden de al menos diez milisegundos como resultado del movimiento de la masa desde una posición estacionaria hasta una posición estacionaria diferente y teniendo en cuenta la aceleración, desaceleración y "eliminación de rebotes", llegando a reposo en la segunda posición estacionaria. Típicamente se requieren sensores de posición para confirmar el obturador en un estado "abierto", "cerrado" o "transición" y a menudo se forma redundancia alrededor del sensor y/o el propio obturador. Los obturadores mecánicos se basan en partes móviles y como tales están sometidas a desgaste y deterioro y potencialmente a adhesión en cualquier posición "cerrada" o incluso de manera más peligrosa en las posiciones "abiertas", resultando condiciones de error y fallos del dispositivo.

30 Un sistema tradicional típico realiza un ensayo de mitigaciones de seguridad al arranque del dispositivo, con el obturador mecánico en una posición "cerrada", bloqueando la exposición a láser externo. Tal ensayo implica la operación de emisión de láser, la operación de foto detectores y el ensayo de datos de calibración. En operación normal, cuando el usuario no intenta utilizar el dispositivo del láser, el sistema está en el Modo de Disponibilidad y el obturador mecánico está cerrado previniendo la exposición inadvertida. Cuando el usuario desea que el láser pueda ser utilizado, el usuario selecciona el Modo Preparador y se abre el obturador mecánico. El usuario puede activar entonces la emisión del láser pulsando el Conmutador de Activación del Láser.

35 Las señales del foto detector son supervisadas por una Circuito Monitor de Seguridad para gestionar el exceso de potencia de los sistemas de láser médicos tradicionales. Si se detecta exceso de potencia por el Circuito Monitor de Seguridad, se cerrará el obturador mecánico. De nuevo, la escala de tiempo para detener esta situación de exceso de potencia es al menos diez milisegundos y, por lo tanto, es uno de los puntos débiles del uso de obturadores mecánicos.

40 Para mitigar el fallo de un componente individual en láser médico tradicional, se utiliza una duplicación de los circuitos de supervisión de potencia y de seguridad. De acuerdo con ello, los láseres médicos tradicionales tienen foto detectores redundantes, conmutadores internos en el Conmutador de Activación del Láser y redundancia en el obturador mecánico y/o sensores en el mismo.

45 El diseño de láseres médicos ha evolucionado desde sistemas de alta tensión para accionar láseres de gas y lámparas de arco para bombear el material del láser, hasta diodos de alta corriente para emisión directa del láser y/o para bombear material del láser. Partiendo desde un origen de alta tensión, donde no se utilizan sensores de corriente y no se estimula la conmutación en la trayectoria eléctrica principal, se aplican mitigaciones de seguridad, tales como que el obturador del láser bloquee la luz láser y la supervisión de la seguridad primaria se realice con foto detectores para supervisar directamente la luz láser. En particular, el obturador mecánico y los foto detectores han persistido con el tiempo y a través de la evolución de los diseños de láseres médicos, además del coste adicional, la

complejidad del diseño y la supervisión de la seguridad han imposibilitado anteriormente la necesidad de formar redundancia adicional y el concepto de remover el obturador mecánico no ha sido implementado hasta la fecha.

Una alternativa a un obturador mecánico es un obturador óptico (por ejemplo, un Pockels Cells). En lugar de mover un objeto mecánico en la trayectoria del haz para controlar la transmisión de energía del láser, se coloca un componente óptico en la trayectoria del haz que tiene la capacidad de conmutar desde ópticamente opaco hasta ópticamente transparente. Ópticamente opaco es análogo a una posición "cerrada" del obturador en el caso de un obturador mecánico que bloquea el haz de tratamiento con láser y ópticamente transparente es análogo a una posición "cerrada" del obturador en el caso de un obturador mecánico, que permite que la energía del láser sea suministrada a la región de tratamiento. Otros obturadores son típicamente costosos y tienen el potencial de dañarse a los niveles de potencia del láser utilizados para tratamientos médicos y como tales no se utilizan en dispositivos de láser médico.

De acuerdo con ello, existe una necesidad en la técnica de desarrollar nuevas técnicas distintas a los obturadores mecánicos u ópticos para supervisar y controlar la seguridad de la salida del láser durante tratamientos con láser médico. El foco de la presente invención es un dispositivo de láser médico que utiliza un obturador electrónico y no incluye un obturador mecánico o un obturador óptico.

El documento US 2009/097513 A1 describe un láser médico que no comprende un obturador mecánico para controlar la salida del láser, que comprende una fuente de diodo láser para suministrar la salida del láser, en el que dicha fuente de diodo láser recibe la salida desde un suministro de potencia del láser; y comprende, además, un circuito obturador sólo electrónico para supervisar y controlar la seguridad de dicha salida del láser, en el que dicho circuito de obturador electrónico comprende un circuito monitor de seguridad que proporciona salida a un conmutador de corriente de seguridad sólo electrónico; un primer sensor de corriente y un segundo sensor de corriente, en el que dicho primer sensor de corriente y dicho segundo sensor de corriente proporciona, sin embargo, de forma independiente entrada a dicho circuito monitor de seguridad, y en el que dicho segundo sensor de corriente proporciona entrada a dicho suministro de potencia del láser; en el que el primer sensor de corriente se utiliza para controlar la corriente del láser a un nivel controlado; y en el que el segundo sensor de corriente está supervisado para determinar si la corriente del láser es mayor que la permitida por un resistor de limitación. El circuito de obturación electrónico de este documento incluye al menos dos conmutadores de seguridad FET independientes del suministro de potencia del láser, uno de los cuales constituye un "conmutador de corriente en el lado alto" que está sobre el lado de tensión positiva de la fuente del láser, y el otro de los cuales constituye un "conmutador de corriente del lado bajo" que está sobre el lado de tensión negativa de la fuente de láser.

El documento EP 0 425 309 A2 describe un láser médico oftálmico que comprende una fuente de láser para suministrar una salida del láser, en el que dicha fuente del láser recibe entrada desde un suministro de potencia del láser; y un circuito obturador electrónico para supervisar y controlar la seguridad de dicha salida del láser, en el que dicho circuito obturador electrónico comprende, además, un circuito monitor de seguridad, que incluye electrónica de control, y un primer foto detector y un segundo foto detector, en el que dicho primer foto detector y dicho segundo foto detector proporcionan ambos, pero independientemente, entrada a la electrónica de control del circuito monitor de seguridad, en el que el primer foto detector y el segundo foto detector están dispuestos cada uno de ellos para supervisar una potencia de emisión del láser; y en el que el primer foto detector se utiliza en una iteración de circuito cerrado para ajustar la salida de suministro de potencia del láser, de tal manera que se alcanza un nivel deseado de emisión del láser, y en el que el segundo foto detector se utiliza para supervisar indicaciones de condiciones inseguras. El circuito de obturador electrónico incluye al menos dos conmutadores electrónicos de seguridad independientes del suministro de potencia del láser, a saber, un banco de paso MOSFET de potencia en el lado de tensión positiva de la fuente de láser, y un circuito protector de sobretensión que constituye una corriente de derivación a través de la fuente de láser.

Sumario de la invención

La invención se define en la reivindicación 1. Las formas de realización se describen en las reivindicaciones dependientes.

Se proporciona un láser médico que utiliza solamente un circuito obturador electrónico para controlar la salida de láser, sin mecanismo obturador mecánico, para uso en aplicaciones clínicas. Una fuente de láser (por ejemplo, un láser oftálmico, un foto coagulador de láser de estado sólido de bomba de diodo o similar) accionada por un suministro de potencia del láser suministra una salida del láser. Un circuito obturador electrónico supervisa y controla la seguridad de la salida del láser. El circuito obturador electrónico se basa en un circuito supervisor de seguridad, al menos dos sensores de corriente, al menos dos foto detectores y un conjunto de conmutadores electrónicos de seguridad independientes del suministro de potencia del láser. El conjunto de conmutadores es un conjunto de uno, dos o tres conmutadores electrónicos de seguridad. En una forma de realización, el circuito obturador electrónico tiene un primer sensor de corriente y un segundo sensor de corriente. El primer sensor de corriente y el segundo sensor de corriente proporcionan ambos, pero independientemente, entrada al circuito monitor de seguridad, y el segundo sensor de corriente proporciona entrada al suministro de potencia del láser, y el segundo sensor de

corriente proporciona entrada al suministro de potencia del láser. El circuito obturador electrónico tiene, además, un primer foto detector y un segundo foto detector. El primer foto detector y el segundo foto detector proporcionan ambos, pero independientemente, entrada al circuito monitor de seguridad y ambos muestrean el haz láser de tratamiento. Los conmutadores electrónicos del circuito de seguridad son: (i) un conmutador de corriente del lado de alta tensión, (ii) un conmutador de corriente de retorno del lado de baja tensión, o (iii) un conmutador de corriente de derivación a través de la fuente de láser. Los conmutadores tienen un tiempo de respuesta del conmutador en el orden de 0,1 ms a 0,005 ms para aplicaciones clínicas. En otro ejemplo, los conmutadores electrónicos de corriente de seguridad son: (i) un primer conmutador electrónico de seguridad de la corriente que recibe entrada desde el suministro de potencia del láser y que proporciona entrada a la fuente del láser, (ii) un segundo conmutador electrónico de la corriente que recibe entrada desde la fuente del láser y que proporciona la trayectoria de retorno al suministro de potencia del láser, o (iii) un tercer conmutador electrónico de corriente a través de la fuente del láser, que recibe entrada o bien directamente desde el suministro de potencia del láser o indirectamente desde el suministro de potencia del láser a través del segundo conmutador electrónico de corriente. El circuito monitor de seguridad podría proporcionar entrada a un conmutador electrónico de corriente de seguridad, por lo que el conmutador electrónico de corriente de seguridad es independiente del suministro de potencia del láser.

El láser médico con un obturador electrónico de acuerdo con la invención tiene varias ventajas comparado con láseres médicos con obturadores mecánicos. Estas ventajas se pueden definir en términos de la velocidad del obturador electrónico, fiabilidad incrementada, seguridad incrementada, más pequeño y menos costoso. El láser médico de acuerdo con la presente invención cerrará el láser en menos de 100 microsegundos, lo que lo hace muy superior a lo que sería posible con un obturador mecánico típico que tardaría al menos 10 ms para desactivar el láser. La seguridad y la fiabilidad son un resultado de un circuito de obturador electrónico con al menos dos sensores de corriente, al menos dos foto detectores y un conjunto de uno, dos o tres conmutadores de seguridad electrónicos rápidos. Tal diseño se puede utilizar también en el dispositivo para calibración de datos y también internamente dentro de conmutadores múltiples del conmutador de activación del láser para asegurar un conmutador retenido alto y un conmutador retenido bajo, es decir, que el conmutador del lado de alta tensión requiere una señal de control activa baja para activarse, mientras que los conmutadores de derivación y del lado de baja tensión requieren señales activas altas para activarse.

Las aplicaciones de formas de realización de la invención se pueden encontrar generalmente en el campo médico, en el que se utilizan láseres para tratamiento con énfasis sobre condiciones oculares, tratamiento con láser de retinopatía diabética, y roturas y desgarros de retina.

Breve descripción de los dibujos

La figura 1 muestra un dispositivo de láser médico utilizando un obturador mecánico para controlar la salida del láser de acuerdo con un ejemplo de la técnica.

La figura 2 muestra un dispositivo de láser médico utilizando un obturador electrónico de acuerdo con una primera forma de realización ejemplar de la invención.

La figura 3 muestra un dispositivo de láser médico utilizando un obturador electrónico de acuerdo con una segunda forma de realización ejemplar de la invención.

Descripción detallada

Las figuras 2 a 3 muestran formas de realización de la invención de un láser médico con una fuente de láser activada por un suministro de potencia del láser para suministrar una salida del láser y un circuito obturador electrónico para supervisar y controlar la seguridad de la salida del láser. El circuito obturador electrónico elimina totalmente la necesidad de un obturador mecánico o un obturador óptico, cumpliendo todavía al mismo tiempo las demandas de seguridad y los requerimientos mejorando incluso, a pesar de todo, la seguridad y el control de un láser médico.

Para el control activo del suministro del láser, el circuito obturador electrónico incluye al menos dos foto detectores, al menos dos sensores de corriente, un circuito monitor de seguridad y un conjunto de uno, dos o tres conmutadores electrónicos rápidos. Los sensores de corriente y los foto detectores se utilizan en la supervisión de potencia (o energía) de la emisión del láser. Su control activo, y sus controles de seguridad. El control de seguridad y la supervisión de la potencia son un resultado de un circuito obturador electrónico con al menos dos sensores de corriente, al menos dos foto detectores y un conjunto de uno, dos o tres conmutadores electrónicos de seguridad rápidos, de tal manera que en el caso de un fallo de un componente individual, el dispositivo falla, pero permanece seguro sin emisión de láser.

Como se muestra en las figuras 2 a 3, al menos dos sensores de corriente supervisan el flujo de corriente a través del circuito obturador electrónico para prevenir un fallo de un punto individual, ya que ésta es ahora una función crítica. Se utiliza un primer sensor de corriente para controlar la corriente en el nivel comando. Se supervisa un segundo sensor de corriente para asegurar que la corriente está muy por debajo del umbral de acción del láser

mientras está en reposo. Si la corriente excede la corriente umbral de detección inadvertida, el dispositivo desactiva el flujo de corriente con un conjunto de uno, dos o tres conmutadores electrónicos de seguridad rápidos (es decir, del orden de 0,1 ms a 0,005 ms y para ningún efecto clínico el conmutador debería ser tan lento como aproximadamente 1 ms). Los conmutadores en cada conjunto pueden ser un conmutador de corriente del lado alto, un conmutador de corriente de retorno del lado bajo, un conmutador de corriente de derivación, o cualquier combinación de ellos. La figura 2 muestra dos conmutadores electrónicos de seguridad y un conmutador de derivación de seguridad. El flujo de corriente de electrones desde negativo hasta positivo se indica por las flechas en las figuras 2 a 3. Se considera lado alto porque está en el lado de tensión positiva de la fuente de láser y viceversa para el lado bajo. La figura 3 muestra un conmutador electrónico de seguridad, que es un conmutador del lado bajo. El conmutador electrónico de corriente del lado alto tiene control del suministro de potencia de conmutación que proporciona flujo de corriente a través de la fuente de láser y, por lo tanto, emisión del láser desde la fuente de láser. Para controlar el suministro del láser, este conmutador tiene la función de activar o desactivar la corriente del lado alto desde el suministro de potencia. El conmutador electrónico de corriente de retorno del lado bajo tiene el control de activar o desactivar la conexión directa desde el lado bajo de la fuente de láser, controlando de esta manera activamente el flujo de corriente y, por lo tanto, la emisión del láser de la fuente de láser.

El conmutador electrónico de corriente de derivación (cortocircuito) corta a través de la derivación de la fuente de láser cualquier corriente que en otro caso conduciría a través de la fuente de láser directamente a tierra, desactivando de esta manera la emisión del láser.

Como se muestra en las figuras 2 a 3, al menos dos foto detectores supervisan la potencia (o energía) de emisión del láser. Estos foto detectores se utilizan para prevenir un fallo de un punto individual. De acuerdo con las formas de realización de las figuras 2 a 3, un primer foto detector se utiliza para controlar la corriente de la fuente de láser a través del circuito de control de la potencia. Un segundo foto detector se utiliza para comparar su salida con una referencia secundaria y se verifica que esté dentro de una ventana de seguridad predeterminada (es decir, que típicamente la medición secundaria tiene que estar dentro de 50 a 150 % de la referencia redundante). Si la medición desde el segundo foto detector está fuera de esta ventana de seguridad predeterminada, se representa un error de seguridad en el Circuito Monitor de Seguridad y el dispositivo de láser médico desactiva la emisión del láser con un conjunto de uno, dos o tres conmutadores electrónicos rápidos antes de que pueda ocurrir la acción del láser. Los conmutadores en cada conjunto, como se ha descrito anteriormente, pueden ser un conmutador de corriente en el lado alto, un conmutador de corriente de retorno en el lado bajo, un conmutador de corriente de derivación, o cualquier combinación de ellos.

En el dispositivo de láser médico, sin un obturador mecánico, la emisión del laser no estaría contenida internamente dentro del dispositivo. De esta manera, para mitigar el potencial de exposición inadvertida al láser, el dispositivo utiliza al menos 3 estados del dispositivo: Modos de Disponibilidad, Preparado y Tratamiento.

1. Disponibilidad – el dispositivo está en el modo de Disponibilidad por defecto. En este modo, el obturador electrónico previene la emisión del láser (es decir, donde es aplicable, los conmutadores del lado alto, del lado bajo, están abiertos y el conmutador de derivación está cerrado). No puede fluir ninguna corriente eléctrica a través de la fuente de láser, por lo que no puede ocurrir ninguna emisión del láser.

2. Preparado – el usuario tiene que seleccionar activamente la transición este modo. En este punto, el obturador electrónico prepara los conmutadores, donde sea aplicable, de tal manera que puede fluir corriente eléctrica a través de la fuente de láser. Típicamente, la fuente de láser tiene corriente que pasa a través de ella por debajo del umbral para la emisión del láser, con corriente en reposo (supervisada por los sensores de corriente). La fuente de láser no emite en este modo, pero está preparada para emitir. Las mitigaciones de la seguridad están activas, es decir, que la corriente de supervisión de los sensores y foto detectores de corriente está por debajo del umbral para la emisión del láser y no se detecta ninguna emisión del láser con los foto detectores.

La exposición inadvertida al láser se puede mitigar de acuerdo con el siguiente ejemplo. Si existe un fallo en el primer sensor de corriente, la corriente se elevará de forma incontrolada hasta que alcanza 5 amperios, como se mide por el segundo sensor de corriente.

3. Tratamiento – solamente cuando el dispositivo está en el modo Preparado puede pasar el modo de Tratamiento. La emisión del láser se activa por el usuario seleccionando el Conmutador de Activación del Láser. Esto incrementa la corriente a través de la Fuente de Láser para alcanzar la emisión del láser. Para conseguir una potencia del láser deseada por el usuario, se calcula la salida de suministro de potencia del láser requerida en el circuito de control de potencia utilizando datos de calibración, esta solicitud se emite al suministro de potencia del láser y la corriente se incrementa a través de la fuente del láser. A medida que la corriente se incrementa por encima del umbral de la corriente del láser, tiene lugar la emisión del láser. Existen dos foto detectores que muestren el haz de emisión del láser principal. Los foto detectores miden la luz del láser emitida. Se utiliza un foto detector en una iteración de circuito cerrado para ajustar la salida del suministro de potencia del láser, de tal manera que se alcanza el nivel deseado de la emisión del láser. El segundo foto detector se compara con el primer foto detector para asegurar que

son consistentes.

Colocando el láser en reposo antes de generar una salida del láser y supervisando con un sensor de corriente redundante, se pueden identificar ahora muchos fallos en el suministro de potencia del láser que pueden provocar una situación, en la que el láser se encendería de manera incontrolada antes de que se permita que se encienda el láser. Además, existe un beneficio añadido en la extensión de la vida útil del diodo del láser, al no derivar cada vez entre impulsos.

Variaciones y formas de realización adicionales

Se pueden utilizar tres modos de desconexión independientes para asegurar que el láser está desactivado y no puede suceder ningún evento de exposición no intencionado. La primera desconexión es el control directo del suministro de potencia del láser que proporciona corriente al diodo del láser para encender el láser. Este control desactivará el (los) elemento(s) de conmutación interno(s) (tales como FET, IGBT, BJT) utilizados para proporcionar corriente al láser. La segunda desconexión puede ser un conmutador electrónico externo al suministro de potencia del láser, de tal manera que proporciona la trayectoria de retorno para el diodo del láser. Este elemento de conmutación será desactivado cada vez que ocurra una condición de error o cuando el láser está en cualquier modo en el que no debería fluir corriente a través del diodo del láser. El tercer método puede ser un elemento de conmutación que proporciona una derivación (cortocircuito) en paralelo con el diodo del láser. Este elemento de conmutación será activado siempre que ocurra una condición de error o cuando el láser está en cualquier modo en el que no debería fluir corriente a través del diodo del láser.

Cuando ocurre una desconexión del suministro de potencia del láser, tres circuitos independiente pueden utilizarse para desactivar inmediatamente la salida del láser. El primer circuito desactiva los elementos de conmutación que alimentan corriente al diodo del láser. El segundo circuito desactiva el elemento de conmutación que baja la corriente desde el diodo del láser. El tercer circuito corta un elemento de conmutación a través de la salida del suministro de potencia del láser asegurando que no conduzca corriente a través del diodo del láser.

Para asegurar adicionalmente que el nivel de salida de la potencia es correcto, el sistema compara las señales primaria y secundaria del control de potencia con un comparador de hardware y si las señales primaria y secundaria del control de potencia no están dentro del 10 % entre sí, se desactiva el suministro de potencia y no se puede encender el láser.

30

35

REIVINDICACIONES

1. Un láser médico, que comprende:

- 5 (a) una fuente de láser para suministrar una salida del láser, en la que dicha fuente de láser recibe entrada desde un suministro de potencia del láser; y
- (b) un circuito obturador electrónico para supervisar y controlar la seguridad de dicha salida del láser, en el que dicho circuito obturador electrónico comprende:
 - (i) un circuito monitor de seguridad:
 - 10 (ii) un primer sensor de corriente y un segundo sensor de corriente, en el que dicho primer sensor de corriente y dicho segundo sensor de corriente están dispuestos ambos, pero independientemente, para proporcionar entrada a dicho circuito monitor de seguridad, y en el que dicho segundo sensor de seguridad está dispuesto para proporcionar entrada a dicho suministro de potencia del láser; en el que el primer sensor de corriente y el segundo sensor de corriente están dispuestos cada uno de ellos para supervisar una corriente del láser proporcionada por dicho suministro de potencia del láser; en el que están previstos medios para utilizar el primer sensor de corriente para controlar la corriente del láser a un nivel controlado; y en el que están previstos medios para supervisar el segundo sensor de corriente para asegurar si la corriente del láser estar por debajo de una corriente umbral; y
 - 15 (iii) un primer foto detector y un segundo foto detector, en el que dicho primer foto detector y dicho segundo foto detector están dispuestos ambos, pero independientemente para proporcionar entrada a dicho circuito monitor de seguridad, en el que el primer foto detector y el segundo foto detector están dispuestos para supervisar una potencia de emisión del láser; en el que el primer foto detector está dispuesto para ser utilizado en una iteración de circuito cerrado para ajustar la salida de suministro de potencia del láser, de tal manera que se alcanza un nivel deseado de emisión del láser; y en el que están previstos medios para comparar la salida del segundo foto detector con la del primer foto detector para asegurar que son consistentes.
 - 20
 - 25

2.- El láser médico de acuerdo con la reivindicación 1, en el que dicho circuito obturador electrónico comprende, además, un conjunto de conmutadores electrónicos de seguridad independientes de dicho suministro de potencia, en el que dicho conjunto es un conjunto de uno, dos o tres conmutadores electrónicos de seguridad.

3.- El láser médico de acuerdo con la reivindicación 2, en el que dichos conmutadores electrónicos de corriente de seguridad son: (i) un conmutador de corriente del lado de alta tensión, (ii) un conmutador de corriente de retorno del lado de baja tensión, o (iii) un conmutador de corriente de derivación a través de la fuente de láser.

4.- El láser médico de acuerdo con la reivindicación 2, en el que dichos conmutadores electrónicos de corriente de seguridad tienen un tiempo de respuesta del conmutador en el orden de 0,1 mm a 0,005 ms.

5.- El láser médico de acuerdo con la reivindicación 2, en el que dichos conmutadores electrónicos de corriente de seguridad son: (i) un primer conmutador electrónico de seguridad de la corriente que recibe entrada desde dicho suministro de potencia del láser y que proporciona entrada a dicha fuente de láser, (ii) un segundo conmutador electrónico de corriente que recibe entrada desde dicha fuente de láser y que proporciona una trayectoria de retorno a dicho suministro de potencia del láser, o (iii) un tercer conmutador electrónico de corriente a través de dicha fuente de láser, que recibe entrada o bien directamente desde dicho suministro de potencia del láser o indirectamente desde dicho suministro de potencia del láser a través del segundo conmutador electrónico de corriente.

6.- El láser médico de acuerdo con la reivindicación 1, en el que dicho circuito monitor de seguridad proporciona entrada a un conmutador electrónico de la corriente de seguridad, en el que dicho conmutador electrónico de la corriente de seguridad es independiente de dicho suministro de potencia del láser.

7.- El láser médico de acuerdo con la reivindicación 1, en el que dicho láser médico no comprende un conmutador mecánico para controlar dicha salida del láser.

8.- El láser médico de acuerdo con la reivindicación 1, en el que dicha fuente del láser es un láser oftálmico.

9.- El láser médico de acuerdo con la reivindicación 1, en el que dicha fuente del láser es foto coagulador de láser de estado sólido de bomba de diodo.

50

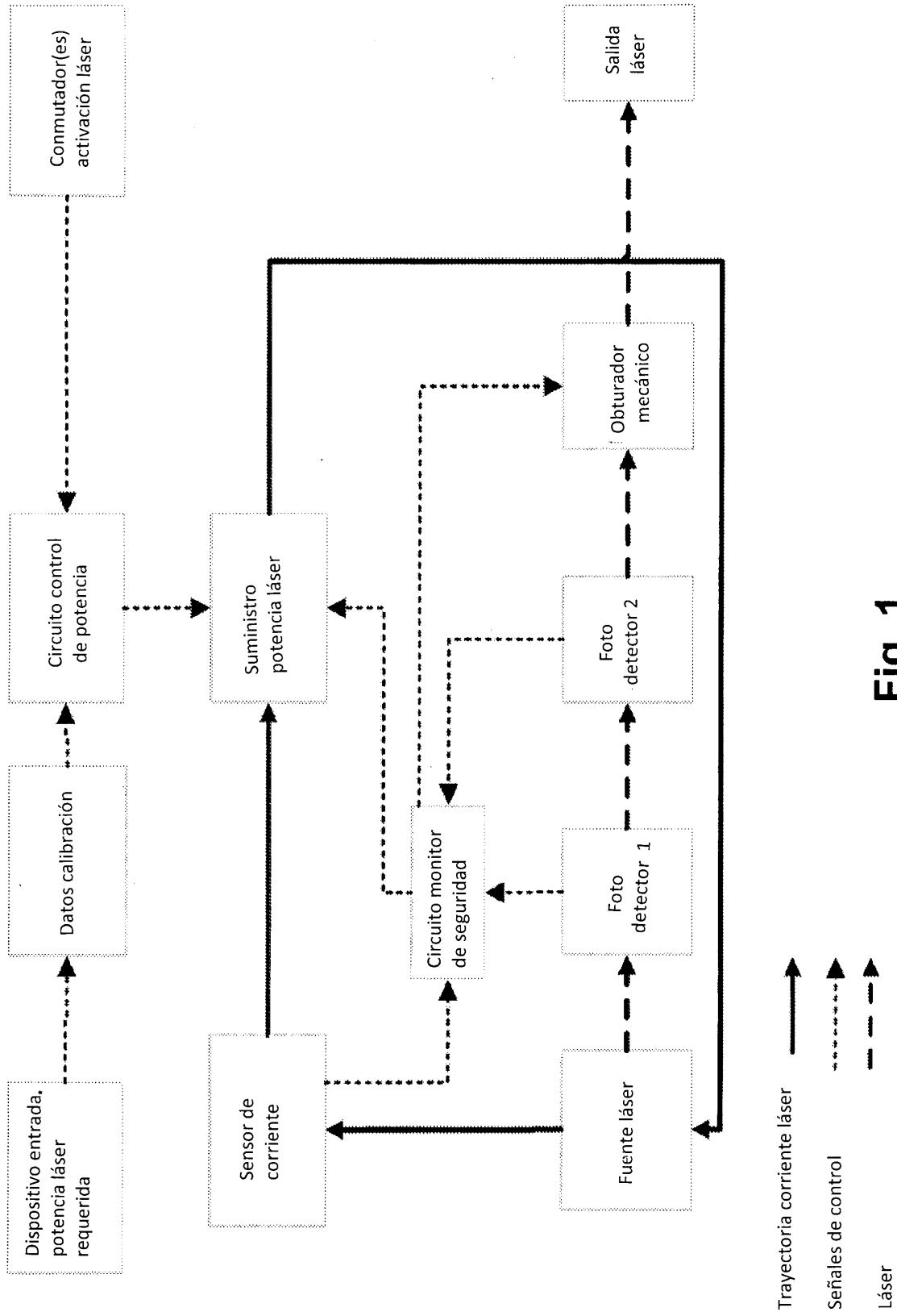


Fig. 1

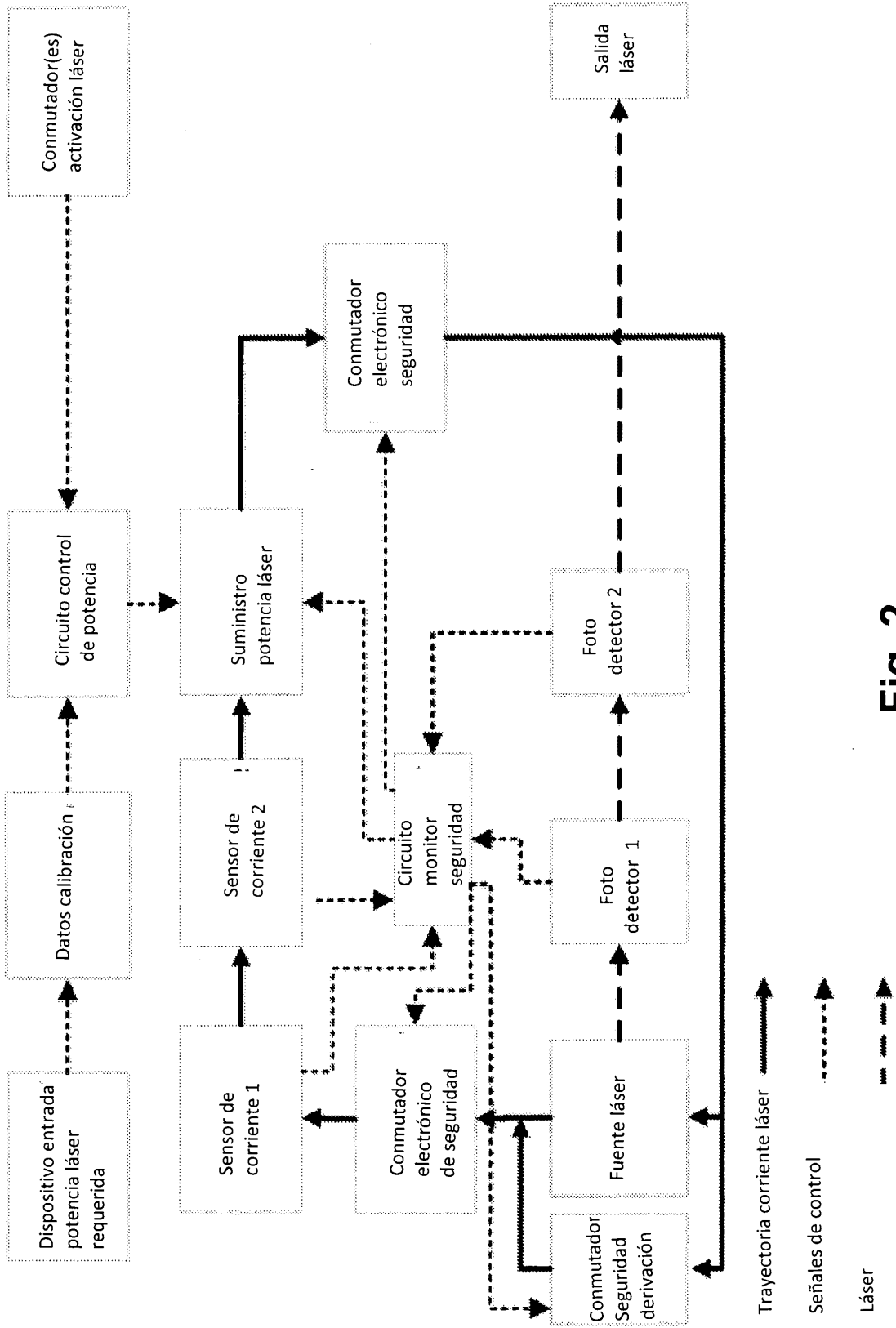


Fig. 2

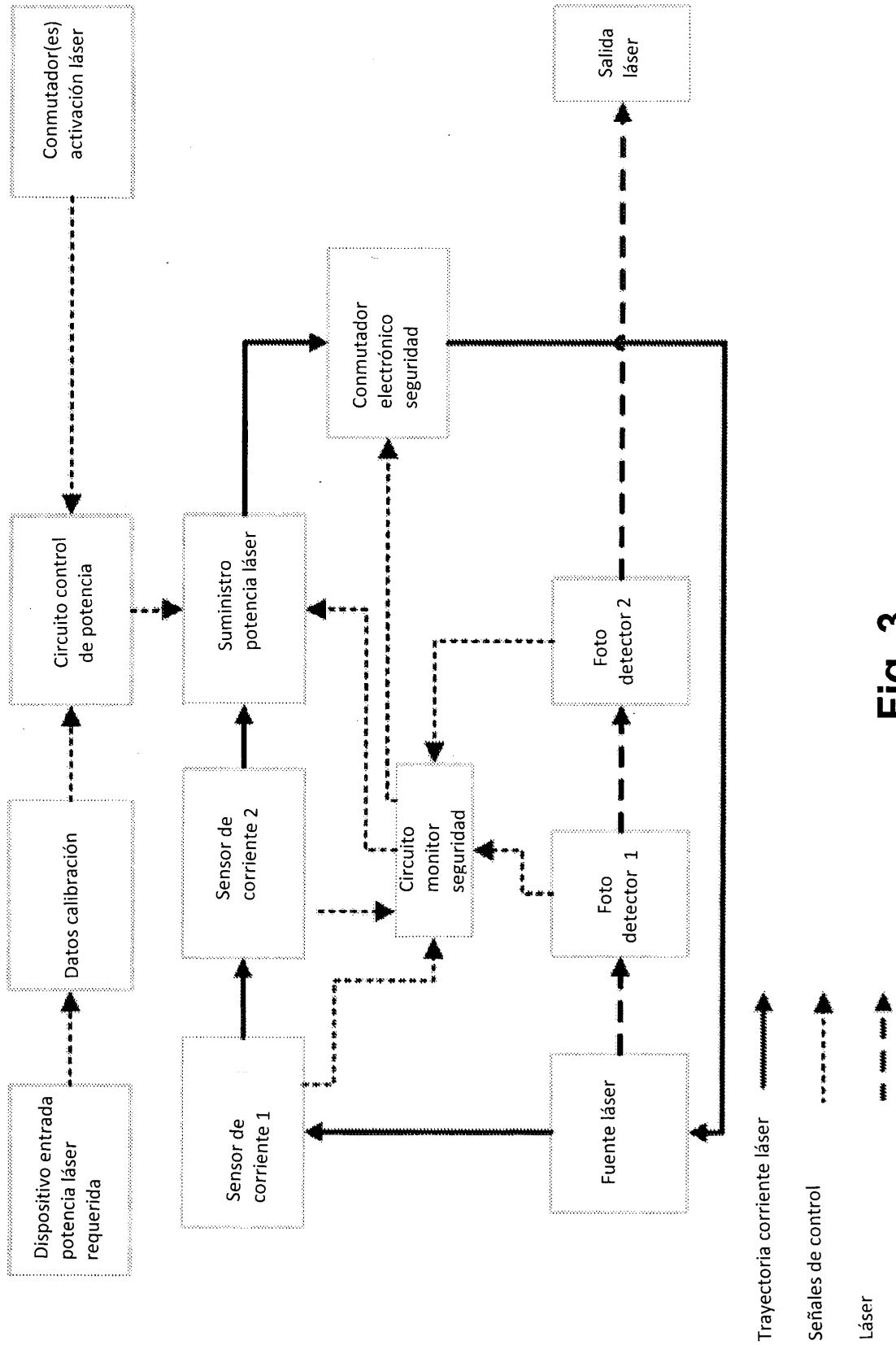


Fig. 3