

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 537 233**

51 Int. Cl.:

F42D 1/05 (2006.01)

F42B 3/18 (2006.01)

F42C 19/12 (2006.01)

F42B 3/12 (2006.01)

F42B 3/22 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **09.12.2011 E 11804815 (6)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **25.02.2015 EP 2649405**

54 Título: **Detonación de explosivos**

30 Prioridad:

10.12.2010 ZA 201008925

10.12.2010 ZA 201008926

10.12.2010 ZA 201008927

21.02.2011 ZA 201101370

45 Fecha de publicación y mención en BOPI de la traducción de la patente:
03.06.2015

73 Titular/es:

**AEL MINING SERVICES LIMITED (100.0%)
AECI Place 23/24 The Woodlands, Woodlands
Drive
Woodmead, 2191 Sandton, ZA**

72 Inventor/es:

**MULLER, ELMAR;
HALLIDAY, PIETER, STEPHANUS, JACOBUS;
MORGAN, CLIFFORD, GORDON;
DASTOOR, PAUL;
BELCHER, WARWICK;
ZHOU, XIAOJING y
BRYANT, GLENN**

74 Agente/Representante:

DE ELZABURU MÁRQUEZ, Alberto

ES 2 537 233 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

Detonación de explosivos

5 CAMPO DE LA INVENCION

La presente invención se refiere a la detonación de explosivos. Más particularmente, la invención se refiere a sistemas detonadores para detonar explosivos con los que están dispuestos en una relación detonante. Por consiguiente, la invención proporciona un sistema detonador para detonar una carga explosiva con la cual está dispuesta, durante el uso, en una relación detonante. La invención proporciona también un procedimiento de operación de un sistema detonador.

ANTECEDENTES DE LA INVENCION

La detonación de cargas explosivas se efectúa generalmente por medio de detonadores que están provistos en una relación detonante con las cargas explosivas. Normalmente, dichas cargas explosivas comprenden los denominados explosivos "principales" o "secundarios".

En la industria minera en particular, así como en una serie de otras industrias basadas en el uso de explosivos, por ejemplo, la industria de demolición, el control preciso de la detonación de los explosivos es de gran importancia, por razones que incluyen la seguridad y la precisión de la operación de voladura.

En términos generales, puede distinguirse entre dos tipos de detonadores, concretamente, detonadores electrónicos y detonadores pirotécnicos.

Generalmente, los detonadores electrónicos efectúan la detonación de un explosivo con el cual se encuentran en una relación detonante mediante la generación de una chispa de tensión o plasma en la proximidad del explosivo. Dicha chispa de tensión o plasma es generada por la descomposición de un elemento o puente resistivo que está provisto entre dos electrodos conductores. Generalmente, el puente resistivo y los electrodos se denominan colectivamente "cabeza fusible" que está alojada dentro de una carcasa de detonador. El plasma genera una onda de choque que es transmitida al explosivo próximo e inicia el explosivo.

Generalmente, dichos detonadores electrónicos proporcionan un control preciso sobre la detonación, particularmente con relación a sus propiedades de temporización y retardo. Sin embargo, los detonadores electrónicos son costosos de fabricar y difíciles de usar, requiriendo una fuente de alimentación separada o externa y complejas conexiones de transmisión electrónica por cable para permitir la transmisión de electricidad al detonador y permitir su activación remota. En la experiencia del presente solicitante, dichas conexiones de detonador son propensas a fallos y pueden resultar incluso en una iniciación prematura del detonador y, de esta manera, del explosivo, debido a falsos estímulos, por ejemplo, proporcionados por una interferencia de radiofrecuencia (rf) en el sitio minero/de demolición.

En contraste con los detonadores electrónicos que operan por medio de un sistema de retardo electrónico, los detonadores pirotécnicos emplean una serie de cargas explosivas que están situadas dentro de una carcasa de detonador para proporcionar una señal de detonación deseada a la carga explosiva principal con una temporización y un retardo requeridos. Generalmente, la serie de cargas explosivas incluye (i) una carga de iniciación y sellado, conocida también como una carga de cebado, (ii) una carga de temporización, (iii) una carga primaria y, opcionalmente, (iv) una carga base. La carga de iniciación sirve para iniciar la secuencia explosiva en respuesta a una señal de choque transmitida a la misma y funciona también como una carga de sellado que proporciona un sello para prevenir un retroceso dentro de la carcasa de detonador. La carga de iniciación inicia también la carga de temporización que proporciona un retardo de quemado deseado para la detonación. A su vez, una carga de temporización inicia la carga primaria que proporciona directamente una señal de iniciación de detonación a la carga explosiva principal o inicia la carga de la base que, a su vez, proporcionará la señal de iniciación de detonación deseada a la carga explosiva principal.

Tal como se ha indicado anteriormente, la iniciación de la carga de iniciación de un detonador pirotécnico se efectúa generalmente impartiendo una señal de choque al detonador, siendo proporcionada típicamente por uno o más tubos de choque que están situados en una relación de iniciación con el detonador. Entonces, la carga de iniciación comprende típicamente un explosivo sensible, cuya iniciación puede efectuarse mediante una onda de choque de magnitud suficiente. El tubo de choque es bien conocido y es usado ampliamente en la iniciación de los detonadores; comprende un tubo hueco de plástico revestido con una capa de explosivo de iniciación o núcleo, que comprende típicamente una mezcla de HMX y polvo metálico de aluminio. Tras la ignición del explosivo de iniciación (núcleo), una pequeña explosión se propaga a lo largo del tubo en la forma de un frente de onda de temperatura/presión que avanza hacia adelante, típicamente a una velocidad de aproximadamente 2.000 m/s (aproximadamente 7.000 pies/s). Tras alcanzar el detonador, la onda de presión/temperatura activa o inflama la

carga de iniciación/sellado en el detonador, lo que resulta en la secuencia de igniciones indicadas anteriormente y, de esta manera, causando eventualmente la detonación de la carga explosiva principal. Aunque el tubo de choque es económicamente atractivo y fácil de usar, los sistemas detonadores basados en pirotecnia existentes no permiten en absoluto el mismo grado de control de la temporización y el retardo de la detonación que se consigue usando detonadores electrónicos, ya que las características de temporización y de retardo son proporcionadas por la carga de la carga explosiva de detonador, en lugar de por los componentes eléctricos.

Por lo tanto, la presente invención pretende, en términos generales, proporcionar un enfoque para operar detonadores de explosivos que aborda y al menos alivia parcialmente las desventajas asociadas con la iniciación tanto pirotécnica como electrónica de detonadores explosivos.

El documento EP 0207749 A2 constituye el punto de partida para el preámbulo de la reivindicación 1 y describe un sistema detonador de explosivo para detonar una carga explosiva con la que, durante el uso, está dispuesto en una relación detonante. La detonación se efectúa tras la aceptación operativa de una señal de iniciación de detonación que tiene una propiedad de iniciación de detonación que es capaz de iniciar y, de esta manera, detonar la carga explosiva. El detonador incluye un dispositivo de iniciación y un dispositivo de conmutación. No hay sugerencias de que el dispositivo de conmutación pueda ser un dispositivo de identificación por radiofrecuencia (RFID).

El documento US 2005/178282 A1 describe un sistema detonador que usa una etiqueta de RFID para facilitar las funciones de armado y de disparo seguro y para permitir la identificación y el control de inventario. Sin embargo, en el documento US 2005/178282 A1 no se sugiere la integración sinérgica de la etiqueta de RFID en un dispositivo de conmutación.

SUMARIO DE LA INVENCION

Según un primer aspecto de la invención, se proporciona un sistema detonador de explosivos para detonar una carga explosiva con la que está dispuesto, durante el uso, en una relación detonante y que, tras la aceptación operativa de una señal de iniciación de detonación que tiene una propiedad de inicialización de detonación, es capaz de iniciar y, de esta manera, detonar la carga explosiva, en el que el sistema detonador incluye

un dispositivo de iniciación que es capaz de aceptar la señal de iniciación de detonación y de iniciar y, de esta manera, detonar la carga explosiva, en el que el dispositivo de iniciación está en una condición de no iniciación de detonación en la que no puede aceptar operativamente la señal de iniciación de detonación y, de esta manera, asume una condición de iniciación de detonador cuando la señal de iniciación de detonación es transmitida al mismo; y

un dispositivo de conmutación que es capaz de detectar una propiedad de conmutación de una señal conmutación que es transmitida al sistema detonador y que es capaz de conmutar el dispositivo de iniciación, tras la detección de la propiedad de conmutación, a una condición de espera en la que el dispositivo de iniciación es capaz de aceptar operativamente la señal de iniciación de detonación cuando es transmitida al mismo, caracterizado por que el dispositivo de conmutación es un dispositivo de conmutación basado en identificación por radiofrecuencia (RFID) y por que la señal de conmutación es una señal de conmutación de radio.

En particular, el dispositivo de iniciación puede comprender un circuito electrónico de detonación. El circuito de detonación puede incluir una trayectoria conductora primaria que tiene al menos dos electrodos conductores separados entre los cuales se proporciona un puente resistivo. Los electrodos pueden ser conectables a una fuente de tensión que, cuando el dispositivo de iniciación está en la condición de espera, es capaz de generar una diferencia de tensión de iniciación de detonación, como la propiedad de iniciación de detonación, entre los electrodos. Esta diferencia de tensión debe ser superior a la tensión de ruptura del puente resistivo, de manera que, durante el uso en la condición de iniciación de detonación, cause que el puente resistivo genere una chispa de tensión o plasma capaz de causar la iniciación y la detonación de la carga explosiva.

La trayectoria conductora primaria puede estar abierta en la condición de no iniciación de detonación y puede ser cerrada por el dispositivo de conmutación basado en RFID tras la aceptación de la señal de conmutación, con el dispositivo de iniciación asumiendo de esta manera la condición de espera.

El dispositivo de conmutación basado en RFID puede incluir un chip de RFID programable, que está programado como un interruptor, y una antena para el chip de RFID. Preferiblemente, la antena está integrada operativamente con el circuito de detonación. La expresión integración operativa se refiere a que la antena no existe por separado de la circuitería que proporciona el circuito de detonación, sino que forma parte de la misma.

La antena integrada puede proporcionar una trayectoria conductora secundaria del circuito de detonación, cuya trayectoria secundaria está cerrada en la condición de no iniciación de detonación.

En una realización particular de la invención, el dispositivo de conmutación basado en RFID puede comprender una etiqueta de RFID, que se selecciona de entre una etiqueta de RFID activa y una etiqueta de RFID pasiva. Cuando la etiqueta de RFID es una etiqueta de RFID pasiva, la antena, y de esta manera la trayectoria conductora secundaria del circuito de detonación, comprende un elemento conductor conformado, por ejemplo, en forma de espiral, que cuando encuentra las ondas de radio transmitidas a la etiqueta de RFID, es capaz de generar un campo magnético dentro de la antena, cuyo campo magnético forma entonces una fuente de energía transitoria desde la cual el chip de RFID puede extraer energía para su funcionamiento.

La etiqueta de RFID puede estar programada con al menos una de entre información de identificación, información de fabricación e información operativa relativa al detonador.

En particular, la propiedad de conmutación de la señal de conmutación de radio puede ser una frecuencia de radio predeterminada de dicha una señal.

Preferiblemente, la circuitería de detonación puede ser circuitería integrada. De esta manera, en una realización de la invención, la circuitería puede ser grabada en un sustrato del dispositivo de iniciación. Preferiblemente, sin embargo, el circuito integrado es un circuito integrado impreso, impreso sobre un sustrato por medio de chorro de tinta, huecograbado, serigrafía, litografía offset, flexografía y otros procedimientos de carrete a carrete. Típicamente, el sustrato puede ser flexible y puede comprender PET, PEN, PI o papel revestido. Debe apreciarse que, en dicha realización, cada uno de los electrodos, así como la circuitería de detonación, es decir, las trayectorias conductoras, están preferiblemente impresos.

En una realización de la invención, la fuente de tensión puede ser una fuente de tensión integrada, integrada con la trayectoria conductora primaria.

La fuente de tensión puede comprender o incluir un componente cargable o recargable que es cargable o recargable, para su propio beneficio o para el beneficio de la fuente de tensión, con la exposición a una propiedad de carga de una señal de carga, y descargable cuando el dispositivo de iniciación está en la condición de espera. En particular, la señal de carga puede ser un componente de señal de una señal de choque transmitida por el tubo de choque a través de una detonación progresiva de una sustancia explosiva contenida en el mismo, cuyo tubo de choque está dispuesto de esta manera en una relación de carga con el sistema detonador, por ejemplo, situado cerca del sistema y, más particularmente, del dispositivo de iniciación. En particular, la señal de choque transmitida por el tubo de choque puede tener componentes con propiedad de carga que incluyen un pulso de luz, una onda de presión, una onda de producto que incluye un componente de composición química y una onda de temperatura. Entonces, el componente cargable o recargable puede ser sensible a uno cualquiera o más de entre el pulso de luz, la onda de presión, la onda de producto y el componente de composición química. Por lo tanto, el sistema puede incluir un tubo de choque que está dispuesto en una relación de transmisión de señal de choque con el dispositivo de iniciación.

Por lo tanto, se prevé que la fuente de tensión pueda comprender un componente cargable que es cargable con la exposición a la propiedad de carga de la señal de carga que es transmitida por la señal de choque del tubo de choque. Entonces, la fuente de tensión, que ha sido cargada por la propiedad de carga, puede ser descargable cuando el dispositivo de iniciación está en la condición de espera. En particular, la propiedad de carga puede ser el pulso de luz de la señal de choque transmitida por el tubo de choque, siendo la señal de choque de esta manera la señal de carga. El tubo de choque puede incluir una sustancia química foto-luminiscente que proporciona la totalidad o parte del pulso de luz. Típicamente, la sustancia química foto-luminiscente puede ser una sustancia química fluorescente o fosforescente o, de manera alternativa, puede ser un precursor para una sustancia química luminiscente, en cuyo caso puede ser capaz de transformarse en una sustancia química fotoluminiscente bajo condiciones explosivas. En una realización de la invención, la sustancia química foto-luminiscente puede ser inorgánica y puede comprender una sal de metal de tierras raras o combinaciones de dos o más de dichas sales. Típicamente, las sales pueden ser seleccionadas de entre sales de óxido, sales de nitrato, sales de perclorato, sales de persulfato y sus combinaciones. De manera alternativa, por supuesto, la sustancia química foto-luminiscente puede ser un precursor para dicha sal u otro óxido luminiscente.

En una realización de la invención, la fuente de tensión integrada puede ser una fuente de tensión cargable o recargable integrada, tal como una batería o celda electroquímica. En particular, la batería puede ser una batería de película impresa o delgada, que comprende componentes orgánicos que han sido impresos o fijados sobre un sustrato que forma parte del sistema detonador, que típicamente tiene también el dispositivo de iniciación y la circuitería de iniciación. Preferiblemente, la batería es cargable o recargable con la exposición a la luz, es decir, es fotosensible, en particular al pulso de luz de conmutación. Por lo tanto, la batería puede incluir o puede estar asociada operativamente con o comprender componentes de carga, tales como una célula fotosensible, tales como

una célula fotovoltaica orgánica u otro componente foto-sensible, tal como un transistor, que es capaz de cargar la fuente de tensión cargable con la exposición al pulso de luz de conmutación.

5 De manera alternativa, la fuente de tensión integrada puede ser una fuente de tensión pasiva, tal como un condensador. Entonces, el condensador puede estar provisto también de o asociado operativamente con componentes de carga capaces de estimular la acumulación de carga en el interior del condensador, cuya carga, cuando sea descargada, será suficiente para generar la tensión de iniciación de detonación a través del puente resistivo. En particular, entonces los componentes de carga pueden incluir también una célula fotovoltaica orgánica, u otro componente fotosensible, tal como un transistor, que es capaz de cargar la fuente de tensión cargable con la
10 exposición al pulso de luz de conmutación.

Debe apreciarse que, por lo tanto, la fuente de tensión comprende típicamente una fuente de tensión cargable que es cargada por un componente de carga asociado operativamente con la misma. Sin embargo, debe apreciarse que la fuente de tensión puede ser también un componente que es capaz de cargarse él mismo en respuesta a la señal/propiedad de carga, y que es capaz el mismo de aplicar la tensión de iniciación de detonación a través del puente resistivo.
15

De esta manera, durante el uso, la energía eléctrica acumulada en la fuente de tensión tras la exposición del componente de carga, o la propia fuente de tensión, a la propiedad de carga es liberada una vez que el componente de RFID conmuta el dispositivo de iniciación desde la condición de no iniciación de detonación a la condición de espera, en la que la tensión a través del puente resistivo es generada, de esta manera, por la liberación. Se apreciará que mediante la descarga de la fuente de tensión cargada, el dispositivo de iniciación es conmutado de esta manera a la condición de iniciación de detonación.
20

Según un segundo aspecto de la invención, se proporciona, en un sistema detonador de explosivos que comprende un dispositivo de iniciación que está en una condición de no iniciación de detonación en la que no puede aceptar operativamente una señal de iniciación de detonación pero es capaz, en una condición de iniciación de detonación causada por la aceptación operativa de la señal de iniciación de detonación, de causar la iniciación de una carga explosiva con la que el sistema detonador está dispuesto, durante el uso, en una relación detonante, un procedimiento de operación del sistema detonador que incluye
25
30

transmitir una señal de conmutación de radio que tiene una propiedad de conmutación a un dispositivo de conmutación del sistema detonador mientras el dispositivo de iniciación está en la condición de no iniciación de detonación; y conmutar el dispositivo de iniciación a una condición de espera tras la recepción por parte del dispositivo de conmutación de la señal de conmutación, haciendo de esta manera que el sistema detonador sea susceptible a la aceptación operativa de la señal de iniciación de detonación y, de esta manera, susceptible a ser conmutado a la condición de iniciación de detonación, caracterizado por que la señal de conmutación es una señal de radio y por que el dispositivo de conmutación es un dispositivo de conmutación basado en RFID.
35

En particular, el dispositivo de iniciación puede comprender un circuito electrónico de detonación que incluye una trayectoria conductora primaria que tiene al menos dos electrodos conductores separados entre los que se proporciona un puente resistivo. Los electrodos pueden ser conectables a una fuente de tensión que, cuando el dispositivo de iniciación está en la condición de espera, es capaz de generar una diferencia de tensión de iniciación de detonación, como la propiedad de iniciación de detonación, entre los electrodos. Esta diferencia de tensión debe ser superior a la tensión de ruptura del puente resistivo, para causar de esta manera, durante el uso, que el puente resistivo genere una chispa de tensión o plasma capaz de causar la iniciación y la detonación de la carga explosiva.
40
45

El circuito electrónico de detonación puede estar abierto en la condición de no iniciación de detonación, en cuyo caso la conmutación del dispositivo de iniciación a la condición de espera incluye cerrar el circuito de detonación primario. Se apreciará que, al estar abierta en la condición de no iniciación de detonación, la trayectoria conductora primaria no es propicia para la generación de la diferencia de tensión de iniciación de detonación a través del puente resistivo.
50

En particular, la propiedad de conmutación de la señal de conmutación de radio puede ser una frecuencia de radio predeterminada.
55

De esta manera, durante el uso, según el sistema detonador y el procedimiento de detonación de la invención, el dispositivo de iniciación será incapaz de detonar la carga explosiva, incluso si la fuente de tensión está activa. De esta manera, se espera que la seguridad operativa del sistema detonador sea mejorada en el sentido de que la detonación no podrá producirse hasta que el dispositivo de iniciación no haya conmutado a la condición de espera. De esta manera, la detonación solo podrá producirse en la condición de espera.
60

Se apreciará también que, en una posible configuración de la invención tal como se ha descrito ampliamente en la presente memoria, el dispositivo de conmutación puede ser empleado en la ejecución de la condición de iniciación de detonación, particularmente si la fuente de tensión está activa mientras el dispositivo de iniciación está en la condición de no iniciación de detonación. Más particularmente, la comunicación de la señal de conmutación al dispositivo de iniciación causará entonces que el dispositivo de iniciación asuma la condición de espera, lo cual resultará, de manera prácticamente inmediata, en la asunción de la condición de iniciación de detonación, debido a la actividad de la fuente de tensión.

DESCRIPCIÓN DETALLADA DE LA INVENCIÓN

Ahora, la invención se describirá solamente a modo de ejemplo ilustrativo, con referencia a los dibujos esquemáticos siguientes.

En los dibujos,

La Figura 1 muestra, conceptualmente, un sistema detonador según la invención en una condición de no iniciación de detonación; y
La Figura 2 muestra, conceptualmente, el sistema detonador de la Figura 1 en una condición de espera.

Debe apreciarse que, con referencia a la memoria descriptiva de la solicitud con número de prioridad ZA 2010/08926, la condición de no iniciación de detonación descrita en la presente memoria corresponde a la condición inactiva descrita en la misma, mientras que la condición de espera descrita en la presente memoria corresponde a la condición activa descrita en la misma. De manera similar, el detonador descrito en la misma corresponde al dispositivo de iniciación descrito en la presente memoria, entendiéndose que la cabeza fusible descrita en la misma forma parte del dispositivo de iniciación, tal como se describe también más adelante. Además, los 'bucles' conductores descritos en la memoria descriptiva de ZA 2010/08926 corresponden a las trayectorias conductoras que se describen en la presente memoria.

Con referencia ahora a los dibujos, el número de referencia 10 indica, en general, un sistema detonador según la invención.

El sistema 10 comprende un dispositivo 11 de iniciación que consiste en circuitería 15 que forma parte de un circuito de detonación del dispositivo 11 de iniciación. Debe apreciarse que el dispositivo 11 de iniciación, en efecto, proporciona un detonador electrónico por medio de su funcionalidad descrita más adelante, en la presente memoria.

El circuito 15 detonador comprende una trayectoria o bucle 15.1 conductora primaria o primaria y una trayectoria o bucle 15.2 conductora secundaria. En la trayectoria 15.1 conductora primaria hay provistas una fuente 12 de tensión y una cabeza 14 fusible. La cabeza 14 fusible comprende dos electrodos conductores (no ilustrados), que están separados entre sí, y un puente resistivo (no ilustrado) que abarca los electrodos. La fuente 12 de tensión es capaz de generar una diferencia de tensión mayor que la tensión de ruptura del puente resistivo entre los electrodos de manera que, durante el uso, una chispa de tensión o plasma es generada por el elemento resistivo, en el que dicha chispa o plasma proporciona una onda de choque que causa la iniciación, y de esta manera también la detonación, de un explosivo con el que el sistema 10 de detonación está dispuesto en una relación detonante. Se apreciará que la diferencia de tensión que es generada por la fuente 12 de tensión constituye una diferencia de tensión de iniciación de detonación.

En particular, la circuitería 15 de detonación, así como la cabeza 14 fusible, y de esta manera los electrodos y su puente resistivo, pueden ser un circuito impreso, que ha sido impreso sobre un sustrato. La impresión puede haberse conseguido mediante uno cualquiera o más de entre inyección de tinta, huecograbado, serigrafía, litografía offset, flexografía y otros procedimientos de carrete a carrete. En particular, los electrodos, así como el puente resistivo, pueden ser impresos con una tinta polimérica o conductora adecuada, o una pasta de metalización que está basada en oro, cobre, plata, carbono, aceros inoxidable o aluminio. Cuando la pasta está basada en carbono, el carbono puede estar particularmente en la forma de nanotubos. La energía extraída desde el puente resistivo podría ser mejorada añadiendo una capa impresa en una sustancia química adecuada (oxidante, combustible y/o explosivo). El sustrato puede ser PET, PEN, PI o papel revestido.

La trayectoria 15.2 conductora secundaria incluye una etiqueta 16 de RFID. La etiqueta 16 de RFID opera por separado de la fuente 12 de tensión en el sentido de que no consume, al menos preferiblemente, energía eléctrica desde la fuente 12 de tensión, al menos no en la condición de no iniciación de detonación ilustrada en la Figura 1.

En particular, la etiqueta 16 comprende un chip 18 de RFID y una antena 20 para el chip 18. La antena 20 es proporcionada por la trayectoria 15.2 conductora secundaria. Por lo tanto, se apreciará que la antena de la etiqueta

de RFID está integrada con la circuitería 15 de detonación del dispositivo de iniciación.

La etiqueta 16 de RFID proporciona un conmutador 22 de activación, que comprende típicamente una programación adecuada del chip 18 de RFID. El conmutador 22 es capaz de conmutar la circuitería 15 de detonación desde una condición en la que la trayectoria 15.2 conductora secundaria está cerrada a una condición en la que la trayectoria 15.1 conductora primaria está cerrada. De esta manera, el componente de RFID es capaz de conmutar el dispositivo de iniciación desde la condición de no iniciación de detonación, tal como se ilustra en la Figura 1, a la condición de espera, tal como se ilustra en la Figura 2.

Se apreciará que, en la condición de no iniciación de detonación, tal como se ilustra en la Figura 1, la fuente 12 de tensión no es capaz de aplicar ninguna diferencia de tensión a la cabeza 14 fusible, ya que no forma parte de un bucle cerrado con la cabeza 14 fusible. De esta manera, incluso si la fuente de tensión es activada inadvertidamente, la cabeza 14 fusible no causará la iniciación y, de esta manera, la detonación de la carga explosiva. Esta característica se considera como un beneficio particular de la presente invención.

Una vez que el dispositivo de iniciación ha sido conmutado a la condición de espera, tal como se ilustra en la Figura 2, tras la aceptación operativa de la señal de conmutación de radio, la fuente 12 de tensión y la cabeza 14 fusible están conectadas en una trayectoria conductora de bucle cerrado proporcionada por la trayectoria 15.1 conductora primaria, que entonces permite que la diferencia de tensión sea generada sobre la cabeza 14 fusible y, de esta manera, que el explosivo sea iniciado y, de esta manera, detonado.

En una realización particular de la invención, la fuente 12 de tensión puede ser una fuente de tensión integrada, que está integrada con la trayectoria 15.1 conductora primaria.

En particular, la fuente 12 de tensión puede ser también una fuente de tensión cargable o recargable. En tal caso, la fuente 12 de tensión comprende preferiblemente o está asociada operativamente con un componente de carga (no ilustrado) que es foto-sensible y, con la exposición a una propiedad de carga de una señal de carga, es capaz de cargar la fuente 12 de tensión, con la fuente 12 de tensión siendo entonces descargable en una magnitud suficiente cuando el dispositivo 16 de iniciación está en la condición de espera para generar la diferencia de tensión de iniciación de detonación a través del puente resistivo. Típicamente, dicho componente de carga puede ser o puede incluir una célula fotosensible, tal como una célula fotovoltaica orgánica, u otro componente fotosensible, tal como un transistor.

De manera alternativa, el propio componente de carga puede ser la fuente 12 de tensión. De esta manera, según la invención, el componente de carga puede también formar o formar parte de la fuente 12 de tensión, particularmente cuando la fuente 12 de tensión es una batería que es cargable o recargable, por ejemplo, incluyendo un material fotosensible, que posiblemente forma parte de una célula fotovoltaica que está incluida en la batería.

La energía eléctrica acumulada en el componente cargable tras la exposición a la propiedad de carga es liberada de esta manera una vez que el dispositivo de conmutación basado en RFID ha conmutado el dispositivo de iniciación desde la condición de no iniciación de detonación a la condición de espera. Se apreciará que a través de la descarga del componente cargable cargado, el dispositivo de iniciación es conmutado, de esta manera, a la condición de iniciación de detonación.

La señal de carga, y de esta manera la propiedad de carga, puede ser proporcionada por una señal de choque que es transmitida por el tubo de choque e incluye una onda de presión, un pulso de luz, una onda de temperatura y una onda de producto, uno cualquiera o más de los cuales puede proporcionar la propiedad de carga, que puede incluir de esta manera una presión de carga, un pulso de luz de carga, una temperatura de carga, un componente de composición de carga. Entonces, el componente cargable puede ser cargado por una cualquiera o más de dichas propiedades de carga.

Preferiblemente, el componente cargable será cargado por el pulso de luz. De esta manera, el componente cargable puede ser cargado y puede ser preparado para la descarga del pulso de luz. En tal caso, por lo tanto, el componente cargable puede típicamente estar asociado operativamente con un transistor fotosensible, un fotodiodo o una célula fotovoltaica, tal como se ha indicado también anteriormente.

El tubo de choque puede incluir, particularmente para proporcionar suficiente luz (energía) para cargar la fuente de tensión cargable, un aditivo fotoluminiscente que mejora, extiende o aumenta la salida de energía lumínica de una sustancia explosiva transportada dentro del tubo de choque. Dicho aditivo foto-luminiscente puede incluir uno o ambos materiales fluorescentes y/o fosforescentes inorgánicos u orgánicos que aumentan o modifican la longitud de onda del pulso de luz emitido o sino alteran las propiedades de emisión óptica del tubo de choque para mejorar la luz (energía) emitida desde el tubo de choque para aplicaciones fotovoltaicas.

5 Se espera que dicha configuración de la presente invención sea particularmente ventajosa en el sentido de que, al estar integrada con el dispositivo 11 de iniciación y al depender su funcionamiento de una señal que puede ser transmitida por tubo de choque, se evita la necesidad de complejas conexiones por cable para impartir energía eléctrica al dispositivo de iniciación. Por lo tanto, durante el uso en dicha configuración, el sistema 10 detonador puede ser operado concebiblemente de dos maneras posibles:

10 (i) transmitir la señal de carga al sistema 10, cargando y preparando de esta manera para la descarga la fuente 12 de tensión y, posteriormente, conmutar el dispositivo 11 de iniciación a la condición de espera por medio del dispositivo de conmutación basado en RFID, permitiendo de esta manera la descarga prácticamente inmediata de la fuente 10 de tensión cargada y, de esta manera, la conmutación del dispositivo 11 de iniciación a la condición de iniciación de detonación.

15 (ii) conmutar, por medio del dispositivo de conmutación basado en RFID, el dispositivo de iniciación a la condición de espera y, posteriormente, transmitir la señal de carga al dispositivo 11 de iniciación, cargando de esta manera la fuente 12 de tensión, que descarga inmediatamente, una vez alcanzada una carga de corriente de magnitud suficiente para la generación de la tensión de iniciación de detonación.

20 Debe apreciarse que la aplicación de la tensión de iniciación de detonación no conduciría necesariamente, de manera inmediata, a la detonación de la carga explosiva. En este sentido, el dispositivo 11 de iniciación puede tener incorporado en el mismo componentes de temporización y retardo alimentados por la aplicación de la tensión de iniciación de detonación y, a continuación, a su vez, causan la detonación del explosivo.

25 Por lo tanto, la presente invención prevé un sistema de detonación, tal como el sistema 10 de detonación, que es capaz de ser conmutado desde una condición de no iniciación de detonación, en la que no puede aceptar operativamente una señal de iniciación de detonación, a una condición de espera, en la que puede aceptar operativamente la señal de iniciación de detonación, en el que dicha conmutación se efectúa por medio de un dispositivo de conmutación basado en RFID que es capaz de conmutar el dispositivo de iniciación desde la condición de no iniciación de detonación a la condición de espera tras la detección de una frecuencia de radio particular de una señal de conmutación de radio.

30 El presente solicitante cree que un enfoque de la operación de un sistema detonador tal como se ha descrito en la presente memoria, es decir, haciendo que un dispositivo de iniciación sea susceptible a la iniciación sólo bajo una condición predeterminada, será particularmente beneficioso para la seguridad de funcionamiento de dichos sistemas detonadores, ya que se prevendrá una detonación accidental causada por una transmisión prematura de una señal de iniciación de detonación. Por lo tanto, la presente invención requiere la operación de un sistema detonador para continuar a lo largo de una cadena particular de acontecimientos para resultar en una detonación.

REIVINDICACIONES

- 5 1. Un sistema (10) detonador de explosivos para detonar una carga explosiva con la que está dispuesto, durante el uso, en una relación detonante y que es capaz, tras la aceptación operativa de una señal de iniciación de detonación que tiene una propiedad de iniciación de detonación, de iniciar y de esta manera detonar la carga explosiva, en el que el sistema (10) detonador incluye:
- 10 un dispositivo (11) de iniciación que es capaz de aceptar la señal de iniciación de detonación y de iniciar y, de esta manera, detonar la carga explosiva, en el que el dispositivo (11) de iniciación está en una condición de no iniciación de detonación, en la que no puede aceptar operativamente la señal de iniciación de detonación, y de esta manera asume una condición de iniciación de detonación cuando la señal de iniciación de detonación es transmitida al mismo; y
- 15 un dispositivo de conmutación que es capaz de detectar una propiedad de conmutación de una señal de conmutación que es transmitida al sistema detonador y que es capaz de conmutar el dispositivo (11) de iniciación tras la detección de la propiedad de conmutación, a una condición de espera en la que el dispositivo (11) de iniciación es capaz de aceptar operativamente la señal de iniciación de detonación cuando es transmitida al mismo,
- 20 **caracterizado por que** el dispositivo de conmutación es un dispositivo de conmutación basado en identificación por radio frecuencia (RFID) y por que la señal de conmutación es una señal de conmutación de radio.
- 25 2. Sistema (10) detonador según la reivindicación 1, en el que el dispositivo (11) de iniciación comprende un circuito (15) electrónico de detonación que incluye una trayectoria (15.1) conductora primaria que tiene al menos dos electrodos conductores separados entre los que hay provisto un puente resistivo, en el que los electrodos pueden conectarse a una fuente (12) de tensión que, cuando el dispositivo (11) de iniciación está en la condición de espera, es capaz de generar una diferencia de tensión de iniciación de detonación, como la propiedad de iniciación de detonación, entre los electrodos, cuya diferencia de tensión supera la tensión de ruptura del puente resistivo, de manera que, durante el uso en la condición de iniciación de detonación, causa que el puente resistivo genere una chispa de tensión o plasma capaz de causar la iniciación y la detonación de la carga explosiva.
- 30 3. Sistema (10) detonador según la reivindicación 2, en el que la trayectoria (15) conductora primaria está abierta en la condición de no iniciación de detonación y es cerrada por el dispositivo de conmutación basado en RFID tras la aceptación de la señal de conmutación, asumiendo de esta manera el dispositivo (11) de iniciación la condición de espera.
- 35 4. Sistema (10) detonador según la reivindicación 3, en el que el dispositivo de conmutación basado en RFID incluye un chip (18) de RFID programable, que está programado como un conmutador, y una antena para el chip (18) de RFID, en el que la antena está integrada operativamente con el circuito (15) de detonación.
- 40 5. Sistema (10) detonador según la reivindicación 4, en el que la antena integrada proporciona una trayectoria (15.2) conductora secundaria del circuito de detonación que está cerrada en la condición de no iniciación de detonador.
- 45 6. Sistema (10) detonador según cualquiera de las reivindicaciones 1 a 5 inclusive, en el que el dispositivo de conmutación basado en RFID comprende una etiqueta (16) de RFID, seleccionada de entre una etiqueta de RFID activa y una etiqueta de RFID pasiva.
- 50 7. Sistema (10) detonador según la reivindicación 6, en el que la etiqueta (16) de RFID está programada con al menos una de entre información de identificación, información de fabricación e información operativa relativa al sistema (10) detonador.
8. Sistema (10) detonador según cualquiera de las reivindicaciones 1 a 7 inclusive, en el que la propiedad de conmutación es una frecuencia de radio predeterminada de la señal de conmutación de radio.
- 55 9. Sistema (10) detonador según la reivindicación 2, en el que la fuente (12) de tensión es una fuente de tensión integrada, que está integrada con la trayectoria (15.1) conductora primaria.
- 60 10. Sistema (10) detonador según la reivindicación 2 o la reivindicación 9, que incluye un tubo de choque que está dispuesto en una relación de transmisión de señal de choque con el dispositivo (11) de iniciación y en el que la fuente (12) de tensión comprende un componente de carga que es capaz de cargar la fuente de tensión tras la exposición a una propiedad de carga de una señal de carga que es transmitida por la señal de choque del tubo de choque, con la fuente de tensión, que ha sido cargada por el componente de carga tras la exposición a la propiedad

de carga, siendo descargable cuando el dispositivo de iniciación está en la condición de espera.

5 11. Sistema (10) detonador según la reivindicación 10, en el que la propiedad de carga es un pulso de luz de una señal de choque transmitida por el tubo de choque, en el que la señal de choque es la señal de carga.

12. Sistema (10) detonador según la reivindicación 11, en el que el tubo de choque incluye una sustancia química foto-luminiscente que proporciona la totalidad o una parte del pulso de luz.

10 13. En un sistema (10) detonador de explosivos que comprende un dispositivo (11) de iniciación que está en una condición de no iniciación de detonación, en la que no puede aceptar operativamente una señal de iniciación de detonación, pero es capaz de provocar, en una condición de iniciación de detonación causada por la aceptación operativa de la señal de iniciación de detonación, la iniciación de una carga explosiva con la que el sistema (10) detonador está dispuesto, durante el uso, en una relación detonante, en el que un procedimiento de operación del sistema (10) detonador incluye

15 transmitir una señal de conmutación que tiene una propiedad de conmutación a un dispositivo de conmutación del sistema detonador mientras el dispositivo (11) de iniciación está en la condición de no iniciación de detonación; y

20 conmutar el dispositivo (11) de iniciación a una condición de espera por medio del dispositivo de conmutación tras la recepción de la señal de conmutación, haciendo de esta manera que el sistema (10) detonador sea susceptible a la aceptación operativa de la señal de iniciación de detonación y, de esta manera, susceptible a ser conmutado a la condición de iniciación de detonación, **caracterizado por que** la señal de conmutación es una señal de radio y por que el dispositivo de conmutación es un dispositivo de conmutación basado en RFID.

25 14. Procedimiento según la reivindicación 13, en el que el dispositivo (11) de iniciación comprende un circuito (15) electrónico de detonación que incluye una trayectoria (15.1) conductora primaria que tiene al menos dos electrodos conductores separados entre los cuales hay provisto un puente resistivo, en el que los electrodos son conectables a una fuente (12) de tensión que, cuando el dispositivo (11) de iniciación está en la condición de espera, es capaz de
30 generar una diferencia de tensión de iniciación de detonación, como la propiedad de iniciación de detonación, entre los electrodos, cuya diferencia de tensión supera la tensión de ruptura del puente resistivo, causando de esta manera, durante el uso, que el puente resistivo genere una chispa de tensión o plasma capaz de causar la iniciación y la detonación de la carga explosiva.

35 15. Procedimiento según la reivindicación 13, en el que el circuito (15) electrónico de detonación está abierto en la condición de no iniciación de detonación, en el que la conmutación del dispositivo de iniciación a la condición de espera incluye el cierre del circuito de detonación primario.

40 16. Procedimiento según cualquiera de las reivindicaciones 13 a 15 inclusive, en el que la propiedad de conmutación es una frecuencia de radio predeterminada de la señal de conmutación de radio.

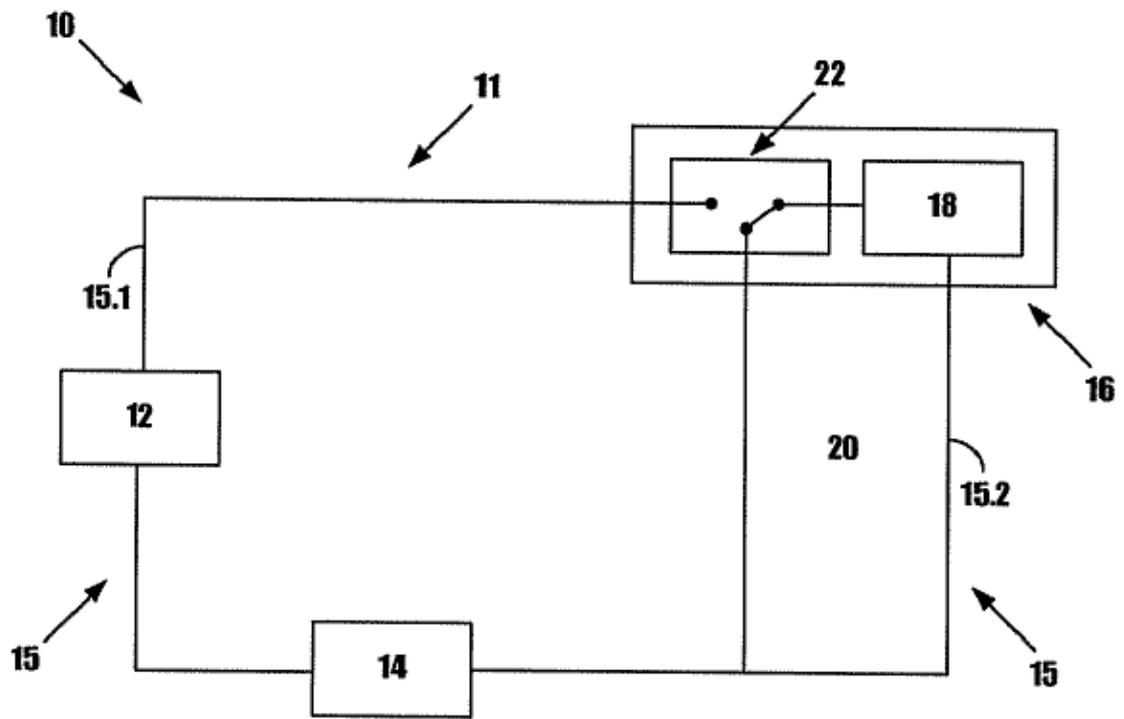


FIG 1

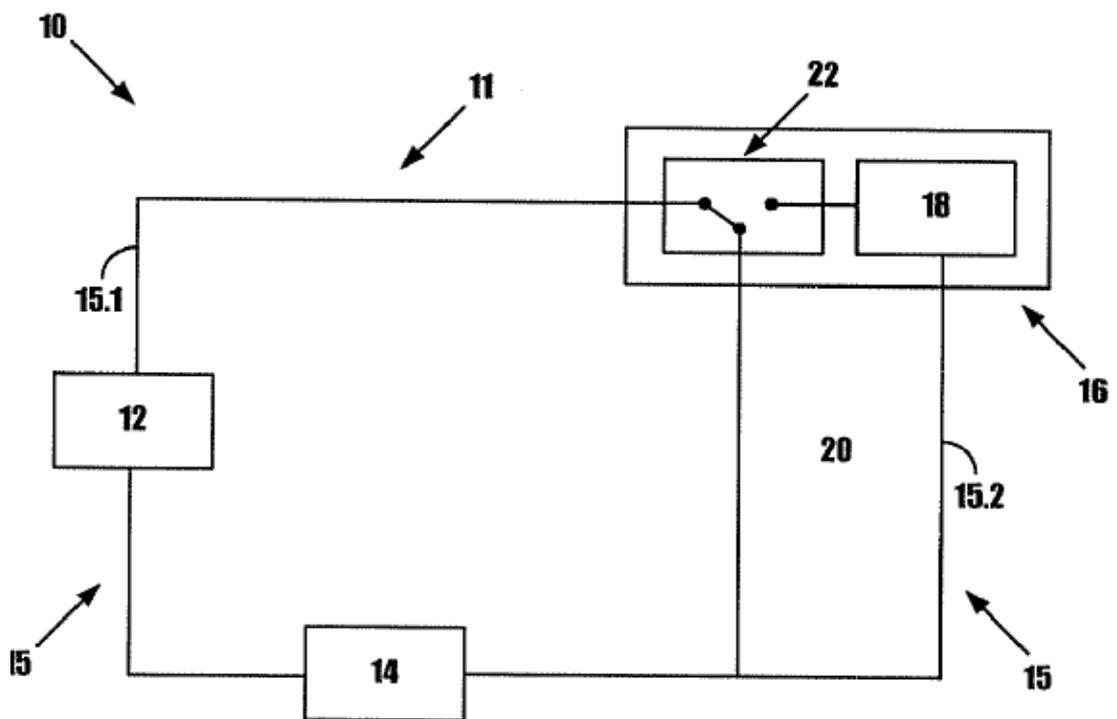


FIG 2