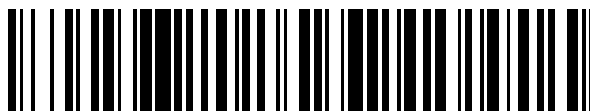


19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 540 573**

51 Int. Cl.:

F42B 3/12 (2006.01)

F42B 3/18 (2006.01)

F42D 1/05 (2006.01)

F42C 11/00 (2006.01)

F42B 3/113 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **20.02.2012 E 12706936 (7)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **25.03.2015 EP 2678633**

54 Título: **Detonación de explosivos**

30 Prioridad:

21.02.2011 ZA 201101370

09.12.2011 WO PCT/IB2011/055573

09.12.2011 WO PCT/IB2011/055576

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

10.07.2015

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 2 540 573 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

Esta invención se refiere a la detonación de explosivos. Más en particular, la invención se refiere a sistemas detonadores para detonar explosivos con los cuales aquellos están dispuestos en una relación de detonación. La invención, en consecuencia, proporciona un sistema detonador para detonar una carga explosiva con la cual está, durante el uso, dispuesta en una relación de detonación. La invención también proporciona un método de operar un sistema detonador.

ANTECEDENTES DE LA INVENCION

La detonación de cargas explosivas se efectúa generalmente por medio de detonadores que se proveen en una relación de detonación con las cargas explosivas. Tales cargas explosivas usualmente comprenden los denominados explosivos "principal" o "secundario".

En la industria minera, en particular, así como en otras varias industrias las cuales dependen del uso de explosivos, por ejemplo la industria de las demoliciones, es de gran importancia un control preciso de la detonación de explosivos, por razones que incluyen la seguridad y la precisión de la operación de voladura.

Hablando de manera general, se puede distinguir entre dos tipos de detonadores, a saber, detonadores electrónicos y detonadores pirotécnicos.

Los detonadores electrónicos, en general, efectúan la detonación de un explosivo con el cual están en una relación de detonación mediante la generación de una chispa de tensión o plasma en la proximidad del explosivo. Tal chispa de tensión o plasma es generada mediante la ruptura de un elemento resistivo o puente el cual está provisto entre dos electrodos conductores. Al puente resistivo y a los electrodos se hace referencia en general colectivamente como una "cabeza iniciadora" la cual es alojada dentro de la cápsula del detonador. El plasma genera una onda de choque la cual es transmitida hasta el explosivo próximo e inicia el explosivo.

Los detonadores electrónicos de este tipo proporcionan en general un control preciso sobre la detonación, en particular en lo que se refiere a las propiedades de temporización y retardo de la misma. No obstante, los detonadores electrónicos son caros de fabricar y difíciles de usar, requiriendo una fuente de alimentación externa o separada y conexiones de cableado de transmisión electrónica complejas para permitir la transmisión de la electricidad hasta el detonador y permitir el disparo remoto de la misma. En la experiencia del solicitante, tales conexiones son, en la experiencia del solicitante, propensos a fallar y pueden incluso dar como resultado, o permitir, una iniciación prematura del detonador y, de este modo del explosivo, debido a un falso estímulo, por ejemplo que es provisto por interferencias de radiofrecuencia (rf) en el lugar de la mina/demolición.

A diferencia de 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 en el interior de una cápsula de detonador para proporcionar una señal de detonación deseada a la carga explosiva principal en la temporización y retardo requeridos. La serie de cargas explosivas incluye, en general, (i) una carga de iniciación y sellado, también conocida como carga de primado, (ii) una carga de temporización, (iii) una carga primaria y, opcionalmente, (iv) una carga base. La carga de iniciación sirve para iniciar la secuencia del explosivo en respuesta a una señal de choque transmitida hasta ella y también funciona como una carga de sellado que proporciona un sello para impedir el retroceso dentro de la cápsula del detonador. La carga de iniciación también inicia la carga de temporización la cual proporciona un retardo en la quema deseado para la detonación. La carga de temporización, a su vez, inicia la carga primaria la cual o bien proporciona directamente una señal de iniciación de la detonación a la carga explosiva principal, o bien inicia la carga base que, a su vez, proporcionará la señal de iniciación de detonación deseada a la carga explosiva principal.

El documento de patente internacional WO 97/01076 A1 forma el punto de partida para las reivindicaciones 1 y 17 y describe un sistema detonador de explosivos para detonar una carga explosiva con la cual está, durante el uso, dispuesto en una relación de detonación. El sistema incluye una fuente de tensión cargable descargada la cual es sensible eléctricamente a una propiedad de carga la cual está incluida en una señal de carga que es, durante el uso, comunicada al detonador. El documento de patente internacional WO 97/01076 A1, no obstante, no enseña que la carga de la fuente de tensión mediante la señal de carga podría ser dependiente de propiedades particulares de la señal de carga, permitiendo de este modo al sistema diferenciar, a partir de una señal de carga, otras señales de carga las cuales pueden de otra manera haber tenido un efecto de carga similar sobre la fuente de tensión cargable.

Los documentos de patente de EE.UU. US 4700629 A e internacional WO 2006/096920 A1 son de un tema de discusión comparable al del documento de patente internacional WO 97/01076 A1.

Como se aludió arriba, la iniciación de la carga de iniciación de un detonador pirotécnico es efectuada, en general,

impartiendo una señal de choque al detonador, que es proporcionada típicamente mediante uno o más tubos de choque los cuales están situados en una relación de iniciación con el detonador. La carga de iniciación, entonces, comprende típicamente un explosivo sensible, la iniciación del cual puede ser efectuada mediante una onda de choque de magnitud suficiente. El tubo de choque es bien conocido y ampliamente usado en la iniciación de detonadores; comprende un tubo de plástico hueco forrado con una capa de explosivo de iniciación o núcleo, que comprende típicamente una mezcla de HMX y polvo de metal aluminio. A la ignición del explosivo de iniciación (núcleo), una pequeña explosión se propaga a lo largo del tubo en forma de un frente de onda de temperatura/presión que avanza, típicamente, a una velocidad de aproximadamente 2.000 m/s (unos 7.000 pies/segundo). Al alcanzar el detonador, la onda de presión/temperatura dispara o causa la ignición de la carga de iniciación/sello del detonador, lo cual da como resultado la secuencia de igniciones mencionada arriba y, por consiguiente, causar finalmente la detonación de la carga explosiva principal. Aunque el tubo de choque es económicamente atractivo, seguro y fácil de usar, no siendo fácilmente susceptible de falsos estímulos, los sistemas detonadores de base pirotécnica existentes no permiten todos el mismo grado de control de la temporización y el retardo de la detonación que se obtiene usando detonadores electrónicos, al proporcionarse las propiedades de temporización y retardo mediante la carga de las cargas explosivas del detonador en vez de mediante componentes electrónicos.

Por lo tanto, se apreciará que cada uno de los sistemas detonadores electrónico y pirotécnico tiene desventajas particulares asociadas con ellos, cuyas desventajas impactan negativamente en la fiabilidad operacional, seguridad y facilidad de uso de tales sistemas. Más en particular, mientras que los sistemas detonadores electrónicos son atractivos desde la perspectiva de la precisión de control que ofrecen, las complejas disposiciones y conexiones de cableado de transmisión de tensión que se requieren presentan una preocupación. En lo que respecta a los sistemas detonadores pirotécnicos, mientras que ofrecen la capacidad de emplear tubo de choque y evitar el uso de cableado de transmisión complejo, presentan dificultades en obtener control y precisión del retardo de la detonación.

La presente invención busca, por tanto, en líneas generales, proporcionar una aproximación a los detonadores de explosivos operativos la cual aborda y, al menos parcialmente, alivia las desventajas asociadas con ambos detonadores de iniciación de explosivos, pirotécnicos y electrónicos.

Más específicamente, la presente invención busca abordar las dificultades de las conexiones de cableado de transmisión de señal eléctrica complejas que están asociadas con la operación de sistemas detonadores electrónicos y, también, las dificultades de control y temporización del retardo poco precisas asociados con los sistemas detonadores pirotécnicos.

35 SUMARIO DE LA INVENCION

De acuerdo con un aspecto de la invención, se provee un sistema detonador de explosivos de acuerdo con la reivindicación 1.

Por continuidad con la especificación de la solicitud de prioridad sudafricana número ZA2011/01370 en particular, se resalta que el sistema detonador se corresponde, en términos generales, con el detonador descrito en el documento ZA2011/01370. Más en particular, la fuente de tensión cargable descargada comprende, en términos generales, la fuente de tensión integrada del documento ZA2011/01370.

Durante el uso, cuando la diferencia de potencial generada entre los electrodos iguala o supera la tensión de ruptura del puente resistivo, se genera una chispa de tensión o plasma entre los electrodos. Este plasma, a su vez, genera una señal de choque la cual causa, directa o indirectamente, la iniciación y, por consiguiente, la detonación de la carga explosiva con la cual está dispuesto el sistema detonador en una relación de detonación.

La cápsula del detonador puede, en una realización de la invención, ser de forma cilíndrica.

El detonador puede, también, incluir un soporte o substrato sobre el cual se provee el circuito de detonación. En tal caso, el soporte o substrato también estará situado, así, dentro de la cápsula del detonador. El substrato puede, típicamente, ser un substrato flexible y puede comprender PET (tereftalato de polietileno), PEN (naftalato de polietileno), PI (polietileno imina) o papel revestido.

El camino conductor del circuito de detonación, y preferiblemente el propio circuito de detonación, comprende preferiblemente circuitería integrada, estando así integrado con el substrato. En una realización de la invención, el camino conductor puede estar grabado en el substrato. Preferiblemente, no obstante, la circuitería integrada es circuitería integrada impresa, que es impresa sobre el substrato como se describe con más detalle más adelante en este documento.

Adicionalmente, al menos alguno, pero preferiblemente todos, de los componentes del circuito de detonación que se proveen a lo largo del camino conductor, es decir la cabeza iniciadora (que comprende tanto los electrodos como el puente resistivo) y la fuente de tensión, pueden también estar impresos sobre el substrato mediante métodos de impresión adecuados como se describe con más detalle más adelante en este documento. Por lo tanto se prefiere

que estos componentes no comprendan los denominados dispositivos montados en superficie (o SMD).

Se apreciará por consiguiente que, preferiblemente, el circuito de detonación, en su integridad, es un circuito impreso que no tiene ningún SMD incluido en él. La impresión del circuito de detonación, es decir el camino conductor y sus componentes, puede hacerse por medio de impresión por chorro de tinta, grabado, estampado serigráfico, litografía off-set, flexografía o cualquier otro método de carrete a carrete adecuado.

El puente resistivo de la cabeza iniciadora puede comprender un elemento resistivo. Típicamente, el elemento resistivo puede ser un elemento de película delgada, un dispositivo montado en superficie o un elemento resistivo obtenido mediante una técnica de baño químico. Cuando se obtiene mediante una técnica de baño químico, el elemento resistivo puede ser aplicado al sustrato mediante sumergir el sustrato sobre el cual están provistos los electrodos en un baño químico adecuado, es decir un oxidante, combustible y/o explosivo, después del mismo dejar que el producto químico se seque. Preferiblemente, no obstante, el elemento resistivo es un elemento resistivo tipo película delgada impresa, que típicamente, es impreso con una tinta polimérica o conductora adecuada, o pasta de metalización la cual tiene base oro, cobre, plata, carbono, acero inoxidable o aluminio. La pasta puede también ser de base carbono estando el carbono en forma de nanotubos de carbono. La salida de energía del puente resistivo puede ser aumentada añadiendo una capa impresa en un producto químico de aumento de la salida adecuado (oxidante, combustible y/o explosivo). Por "aumento de salida" se hace referencia, en particular, pero no exclusivamente, a la onda de choque que es generada mediante la ruptura del puente resistivo.

Los electrodos de la cabeza iniciadora pueden, también, estar impresos en el sustrato, típicamente también, mediante el uso de una tinta o pasta conductora adecuada, por ejemplo metálica o polimérica, como se describió anteriormente en este documento.

Como se apreciará, la fuente de tensión no es una fuente de tensión precargada, tal como una celda o batería electroquímica. El sistema detonador, por tanto, se provee con una condición de que la fuente de tensión no es precargada y, por lo tanto, no es capaz, en ausencia de la señal de carga, de generar la tensión de ruptura a través de los electrodos. La fuente de tensión, y de este modo el sistema detonador, puede por lo tanto considerarse que inicialmente está en un estado pasivo, hasta que es expuesta a la propiedad de carga de la señal de carga.

El sistema detonador incluye un tubo de choque que se provee en proximidad de iniciación al detonador. La señal de carga comprende una señal de choque la cual es proporcionada mediante, y propagada a lo largo de, el tubo de choque. El tubo de choque comprende un cuerpo alargado hueco, dentro del cual está provisto un explosivo del tubo de choque, la detonación del cual proporciona la señal de choque. El tubo de choque también contiene, además del explosivo del tubo de choque, un producto químico fotoluminiscente que proporciona o aumenta el pulso de luz de la carga. El producto químico fotoluminiscente puede, típicamente, ser un producto químico fluorescente o fosforescente o, como alternativa, puede ser un precursor para un producto químico fotoluminiscente, en cuyo caso debe ser capaz de transformarse en un producto químico fotoluminiscente bajo las condiciones de explosión. El producto químico fotoluminiscente puede, en una realización, de la invención, ser inorgánico y comprender una sal metálica de tierras raras o combinaciones de dos o más de tales sales. Típicamente, las sales pueden ser seleccionadas a partir de sales de óxido, sales de nitrato, sales de perclorato, sales de persulfato y combinaciones de las mismas. Como alternativa, el producto químico fotoluminiscente puede ser un precursor para una de tales sales u otro óxido luminiscente.

Siendo de naturaleza cargable, e inicialmente en una condición descargada, la operación de la fuente de tensión es dependiente de un estímulo proporcionado por una fuente de potencia o de energía externa. Esta fuente de energía es, por supuesto, la propiedad de carga de la señal de carga. Es de apreciar que tal fuente de potencia o de energía externa, no se considera como la fuente de tensión, puesto que la generación de la diferencia de tensión entre los electrodos se obtiene por medio de la fuente de tensión que está integrada con el circuito de detonación y no por medio de la fuente de potencia externa. La propia fuente de potencia externa, en ausencia de la fuente de tensión, no es por lo tanto capaz de generar la diferencia de potencial a través de los electrodos.

En una realización de la invención, la fuente de tensión puede incluir una célula fotosensible, tal como una célula fotovoltaica. Aunque la célula fotovoltaica puede ser un SMD, la célula fotovoltaica es preferiblemente una célula fotovoltaica impresa que está impresa sobre el sustrato. Típicamente, la célula fotovoltaica es una célula fotovoltaica orgánica (OPV), tal como una célula fotovoltaica orgánica P3HT:PCBM. La célula fotovoltaica orgánica puede estar impresa sobre el sustrato, típicamente con una tinta de base de éster metílico del ácido fenil-C61-butírico (PCBM) y una tinta de base politiófeno, o más particularmente poli (3-hexiltiófeno) o (P3HT)

En otra realización, de la invención, la fuente de tensión puede comprender un componente electrónico pasivo tal como un condensador y un componente de carga que está asociado operativamente con el condensador a lo largo del camino conductor del circuito de detonación, siendo de este modo capaz de cargar el condensador. El componente de carga puede ser eléctricamente sensible a la propiedad de carga, de tal forma que la exposición del componente de carga a la propiedad de carga da como resultado que el componente de carga cargue el condensador, volviendo de esta manera al condensador capaz de generar una diferencia de potencial entre los

- 5 electrodos al menos igual a la tensión de ruptura del puente resistivo. El componente de carga puede, por lo tanto, estar configurado para entregar una carga de magnitud suficiente al condensador, de tal forma que la descarga del condensador dé como resultado la generación de la tensión de ruptura, a menos que se emplee un elevador de tensión según se describe más adelante en este documento. Es de apreciar que, en una realización tal, la fuente de tensión comprende, por lo tanto, a ambos el condensador y el componente de carga. El componente de carga puede, típicamente, comprender uno o más transistores que están en comunicación eléctrica con la fuente de tensión a lo largo del camino conductor del circuito de detonación.
- 10 En otra realización de la invención, la fuente de tensión puede comprender uno más transistores, así, en ausencia de un componente eléctrico pasivo tal como un condensador y con el propio transistor constituyendo la fuente de tensión.
- 15 Cuando la propiedad de carga comprende el pulso de luz de carga, el transistor, bien sea el componente de carga o la fuente de tensión, puede incluir un material fotosensible que es sensible al pulso de luz de carga como una función de su tensión de salida y con un cambio activado por luz en el material fotosensible en el pulso de luz de carga que da como resultado un aumento en la tensión de salida del transistor.
- 20 En una realización de la invención, el transistor puede estar asociado operativamente, es decir forma una heterounión masiva, con una celda fotovoltaica orgánica. Por ejemplo, el transistor puede ser transistor de película delgada orgánico de base pentaceno que tiene una célula fotovoltaica orgánica P3HT-PC₆₁BM asociada operativamente con él. En tal caso, la fotosensibilidad es por lo tanto dada al transistor mediante la célula fotovoltaica orgánica.
- 25 En otra realización de la invención, el transistor puede comprender un transistor de película delgada orgánico multicapa, que tiene capas alternas de ftalocianina de cobre y bis-benzimidazol perleno 3,4,9,10-tetracarboxílico.
- En otra realización más de la invención, el transistor puede comprender una heterounión masiva, es decir asociación operativa, de poli(3-octil tiofeno) y PCBM, que es un derivado de C₆₀.
- 30 Aún más, el transistor puede comprender pares donante/receptor orgánicos con enlace covalente.
- Cuando la propiedad de carga comprende la temperatura de carga, el transistor puede incluir un material sensible a la temperatura que es sensible a la temperatura de carga como una función de su tensión de salida, con un cambio termoactivado en el material sensible a la temperatura a la temperatura de carga que de este modo da como resultado un incremento en la tensión de salida del transistor.
- 35 Cuando la propiedad de carga comprende la presión de carga, el transistor puede incluir un material sensible a la presión que es sensible a la presión de carga como una función de su tensión de salida, con un cambio activado por presión en el material sensible a la presión a la presión de carga que da como resultado un incremento en la tensión de salida del transistor.
- 40 Como se aludió arriba, el transistor puede, en particular, ser un transistor de película delgada orgánico (OTFT). Como alternativa, el transistor puede ser un transistor de efecto de campo orgánico (OFET).
- 45 El transistor puede, en particular, ser impreso sobre el sustrato, siendo de este modo un transistor impreso. Cuando el transistor comprende un OTFT u OFET, éste puede ser impreso sobre el sustrato por medio de una tinta orgánica adecuada asociada con los componentes del OTFT u OFET.
- 50 En otra realización más de la invención, la fuente de tensión puede comprender el activo de un dispositivo de identificación de radiofrecuencia (RFID) activo o pasivo que es sensible, como una función de su tensión de salida, a la radiofrecuencia de carga. En tal caso, la señal de carga puede ser una señal de radio que tiene la radiofrecuencia de carga, la cual es transmitida a la fuente de tensión, es decir el RFID, desde un transmisor de señales de radio.
- 55 Durante el uso, el sistema detonador estará inicialmente en una condición pasiva y no susceptible de detonar, con la fuente de tensión cargable que está en la condición descargada. El sistema detonador, por tanto, no es capaz de efectuar la detonación de una carga explosiva. Sin embargo, una vez la señal de carga es transmitida a la fuente de tensión, bien sea por medio de una señal de choque propagada a lo largo del tubo de choque o bien por medio de una señal de radio transmitida mediante un transmisor de radio, la fuente de tensión se carga y de este modo viene a ser capaz de generar la tensión de ruptura a través de los electrodos. La generación de una señal de detonación eléctrica se obtiene por tanto a través de la transmisión de una señal de iniciación analógica o, más bien de base pirotécnica (que comprende la señal de carga).
- 60 El sistema detonador puede, también, incluir como parte de la circuitería de detonación, un dispositivo de retardo electrónico que retarda la generación de la tensión de ruptura sobre los electrodos durante un período de retardo deseado. El retardo electrónico es, por lo tanto, mantenido mientras que el requerimiento de conexiones de cableado
- 65

de transmisión eléctrica complejas se obvia mediante la habilitación del uso de tubo de choque.

5 El sistema detonador puede, típicamente, incluir, además, uno o más componentes de disparo que son sensibles a una o más de las propiedades de carga. Tales componentes de disparo pueden ser también integrados con la circuitería de detonación y pueden, inicialmente, obstruir la generación de la tensión de ruptura hasta que son expuestos a la propiedad de carga a la cual son sensibles y lo cual da como resultado el aumento de su conductancia. Con su conductancia aumentada, la obstrucción que proporcionan es, por lo tanto, eliminada y la generación de la tensión de ruptura es permitida. Tales componentes de disparo pueden incluir, típicamente, uno o más transistores que incluyen materiales que son sensibles, como una función de su conductancia, a una o más de las propiedades de carga de la señal de carga. Se concibe que, de esta manera, al menos una propiedad de carga pueda ser usada para cargar la fuente de tensión y, al menos, otra propiedad de carga pueda usarse para disparar el sistema detonador para la generación de la tensión de ruptura.

10 De acuerdo con otro aspecto de la invención, se proporciona un método de operar el sistema detonador de acuerdo con la reivindicación 17.

El sistema detonador puede, en particular, ser un sistema detonador como el descrito anteriormente en este documento y, así, de acuerdo con la invención.

20 Cuando la propiedad de carga comprende una radiofrecuencia de carga, la señal de carga puede ser una señal de radio que tenga la radiofrecuencia de carga.

BREVE DESCRIPCIÓN DE LOS DIBUJOS

25 La invención se describirá ahora sólo a modo de ejemplo ilustrativo con referencia al dibujo esquemático que acompaña, el cual muestra, conceptualmente, un sistema detonador de acuerdo con la invención.

DESCRIPCIÓN DETALLADA DE LA INVENCION

30 Haciendo referencia al dibujo, el número de referencia 10 indica en general un sistema detonador de explosivos de acuerdo con la invención.

El sistema detonador 10 comprende un detonador 11 con retardo temporal electrónico y un tubo de choque 15 el cual está conectado al detonador 11, más en particular, a una cápsula cilíndrica 13 del detonador 11. El tubo de choque 15 está de este modo en proximidad de iniciación con el detonador 11. Es de apreciar que el tubo de choque 15 no necesita estar físicamente conectado al detonador 11 en todas las realizaciones.

35 El detonador 11 incluye una fuente de tensión 12 y una cabeza iniciadora 14 las cuales están conectadas operativamente a lo largo de un camino conductor 16. El camino conductor, junto con la fuente de tensión 12 y la cabeza iniciadora 14, proporcionan un circuito de detonación que está indicado en general mediante el número de referencia 17.

40 Se apreciará que el detonador 11 no incluye ninguna composición pirotécnica y que el sistema detonador 10 comprende, por lo tanto, una combinación de un sistema detonador pirotécnico, que está representado por el tubo de choque 15, y un sistema detonador electrónico, que está representado por el detonador electrónico 11.

45 El detonador 11 incluye un soporte o substrato 18 sobre el cual se provee el circuito detonador. El substrato 18 está, de este modo, situado dentro de la cápsula del detonador 13. El substrato es un substrato flexible, que es de cualquiera de entre PET, PEN, PI o papel revestido.

50 El camino conductor 16 comprende circuitería integrada, que o bien está grabada en el substrato 18 o, más preferiblemente, está impresa sobre el substrato por medio de chorro de tinta, grabado, serigrafía, litografía off-set, flexografía y otros métodos carrete a carrete.

55 De manera similar, al menos alguno, pero preferiblemente todos, de los componentes del circuito de detonación 17 provistos a lo largo del camino conductor 16, es decir la fuente de tensión 12 y la cabeza iniciadora 14 (que comprende tanto los electrodos como el puente resistivo), están también impresos sobre el substrato 18. De este modo, se prefiere que estos componentes no comprendan los denominados dispositivos montados en superficie (SMD).

60 La cabeza iniciadora 14 comprende dos electrodos conductores separados espacialmente (no ilustrados) con un puente resistivo (no ilustrado) que salva el espacio entre los electrodos. El camino conductor 16 pasa a lo largo de ambos electrodos y el puente resistivo.

65 El puente resistivo comprende un elemento resistivo, que es o bien un elemento de película delgada o un dispositivo montado en superficie. Típicamente, el elemento resistivo puede ser un elemento de película delgada, un dispositivo montado en superficie o un elemento resistivo obtenido mediante una técnica de baño químico. Cuando se obtiene

- mediante una técnica de baño químico, el elemento resistivo puede ser aplicado al sustrato mediante sumergir el sustrato sobre el cual están provistos los electrodos en un producto químico adecuado, es decir, oxidante, combustible y/o explosivo, sumergido y a continuación dejar secar el producto químico. Preferiblemente, no obstante, el elemento resistivo es un elemento resistivo de película delgada impreso, que es impreso sobre el sustrato 18 con una tinta conductora o polimérica adecuada, o pasta de metalización la cual es de base oro, cobre, plata, carbono, acero inoxidable o aluminio. La pasta puede también ser de base carbono estando el carbono en forma de nanotubos de carbono. La salida de energía del puente resistivo puede ser aumentada añadiendo al mismo una capa de aumento impresa de un producto químico adecuado (oxidante, combustible y/o explosivo).
- Los electrodos de la cabeza iniciadora también están, preferiblemente, impresos sobre el sustrato 18 con una tinta conductora adecuada, por ejemplo metálica o polimérica, o pasta adecuada como se describió anteriormente en este documento.
- El tubo de choque 15 tiene un cuerpo alargado hueco, dentro del cual se provee un explosivo de tubo de choque, la detonación del cual proporciona la señal de choque.
- La fuente de tensión 12 es una fuente de tensión cargable descargada la cual es eléctricamente sensible a una propiedad de carga la cual está incluida en una señal de carga que, durante el uso, es comunicada al sistema detonador 10. En particular, la exposición a la propiedad de carga carga la fuente de tensión 12, volviendo a la fuente de tensión 12, por tanto, capaz de generar una diferencia de potencial entre los electrodos de la cabeza iniciadora 14, cuya diferencia de potencial es al menos igual a la tensión de ruptura del puente resistivo. La generación de tal diferencia de potencial entre los electrodos da como resultado la generación de una chispa de tensión o plasma entre los electrodos debido a la ruptura del puente resistivo. Esta chispa de tensión o plasma se usa entonces para iniciar o detonar un explosivo con el cual está dispuesto el detonador 11 en una relación de detonación.
- De acuerdo con la invención, la propiedad de carga comprende al menos un pulso de luz de carga y, opcionalmente, una presión de carga, una temperatura de carga y una radiofrecuencia de carga. La fuente de tensión 12 es, de este modo, sensible eléctricamente al menos al pulso de luz de carga y, opcionalmente, a la presión de carga, la temperatura de carga y la radiofrecuencia de carga.
- En una realización de la invención, la fuente de tensión 12 comprende una célula fotosensible, tal como una célula fotovoltaica. Aunque la célula fotovoltaica puede ser una SMD, la célula fotovoltaica es, preferiblemente, una célula fotovoltaica impresa que está impresa sobre el sustrato. En particular, la célula fotovoltaica es una célula fotovoltaica orgánica tal como una célula fotovoltaica orgánica P3HT:PCBM. La célula fotovoltaica orgánica está, también preferiblemente, impresa sobre el sustrato, típicamente con una tinta de base de éster metílico del ácido fenil-C61-butírico (PCBM) y una tinta de base politiofeno, o más particularmente poli (3-hexiltiofeno) o (P3HT).
- Como alternativa, la fuente de tensión 12 comprende un condensador y una componente de carga 12.1 que comprende un transistor que está conectado operativamente al condensador a lo largo del camino conductor 16. El componente de carga 12.1, es decir el transistor, está configurado por lo tanto para entregar una carga de magnitud suficiente al condensador, de tal forma que la descarga del condensador da como resultado la generación de la tensión de ruptura, a menos que se emplee un elevador de tensión como se describe más adelante en este documento.
- En el dibujo, el componente de carga 12.1 está incluido en el camino conductor 16 a lo largo de la ruta alternativa 16.1. El componente de carga 12.1 es sensible eléctricamente a la propiedad de carga, de tal forma que la exposición del componente de carga 12.1 a la propiedad de carga da como resultado la carga del componente de carga 12.1 que carga el condensador, volviendo por tanto al condensador capaz de generar una diferencia de potencial entre los electrodos. La sensibilidad del transistor, como el componente de carga 12.1, a la propiedad de carga se obtiene de la manera que se describe más adelante en este documento.
- En otra realización más de la invención, la fuente de tensión 12 puede comprender uno o más transistores, seleccionados de entre transistores de película delgada orgánicos y transistores de efecto de campo orgánicos. El transistor está, en una realización de este tipo, configurado por tanto para entregar una carga de magnitud suficiente al condensador, de tal forma que la descarga del condensador da como resultado la generación de la tensión de ruptura, a menos que se emplee un elevador de tensión según se describe más adelante en este documento.
- Sin importar si el transistor es la fuente de tensión 12 o el componente de carga 12.1, cuando la propiedad de carga comprende el pulso de luz de carga, el transistor, en una realización, incluye, para proporcionar sensibilidad al pulso de luz de carga, un material fotosensible que es sensible al pulso de luz de carga como una función de su tensión de salida de tal forma que un cambio activado por luz en el material fotosensible en el pulso de luz de carga da como resultado un incremento en la tensión de salida del transistor. Más en particular, el transistor, en una realización, incluye una célula fotovoltaica orgánica que proporciona un material fotoconductor que constituye el material fotosensible. En una realización de este tipo, el transistor está asociado operativamente, es decir forma una

- heterounión masiva, con la célula fotovoltaica asociada. Por ejemplo, el transistor puede ser un transistor de película delgada orgánico con base de pentaceno que tiene una célula fotovoltaica orgánica P3HT-PC₆₁BM asociada operativamente, es decir formando una heterounión masiva, con él. En otra realización de la invención, el transistor comprende, para volverlo sensible al pulso de luz de carga, un transistor de película delgada orgánico multicapa, que tiene capas alternas de ftalocianina de cobre y bis-benzimidazol perleno 3,4,9,10-tetracarboxílico. En otra realización más de la invención, para volverlo sensible al pulso de luz de carga, el transistor comprende una heterounión masiva, es decir asociación operativa, de poli(3-octil tiofeno) y PCBM, que es un derivado de C₆₀. Aún más, el transistor puede posiblemente comprender, para volverlo sensible al pulso de luz de carga, pares donante/receptor orgánicos con enlace covalente.
- 5 Cuando la propiedad de carga comprende la temperatura de carga, el transistor incluye, para proporcionar sensibilidad a la temperatura de carga, un material sensible a la temperatura que es sensible a la temperatura de carga como una función de su tensión de salida, de tal forma que un cambio termoactivado en el material sensible a la temperatura a la temperatura de carga que da como resultado un incremento en la tensión de salida del transistor.
- 10 El material sensible a la temperatura es, típicamente, un material ferroeléctrico polimérico, preferiblemente, un fluoruro de polivinilideno (PDVF). En tal caso, el material sensible a la temperatura está presente en el transistor como un condensador de película delgada de polímero piezo o piroeléctrico que ha sido así integrado con el transistor.
- 15 Cuando la propiedad de carga comprende la presión de carga, el transistor incluye, para proporcionar sensibilidad a la presión de carga, un material sensible a la presión que es sensible a la presión de carga como una función de su tensión de salida y con un cambio activado por presión en el material sensible a la presión a la presión de carga que da como resultado un incremento en la tensión de salida del transistor. El material sensible a la presión puede incluir una goma sensible a la presión, que constituye una capa del transistor, y/o un laminado sensible a la presión que constituye un laminado externo del transistor.
- 20 Más en particular, el transistor puede, así, comprender típicamente una integración de un transistor de película delgada orgánico (OTFT) con el material sensible a la presión. El material sensible a la presión puede, en particular, tener una resistencia variable que es una función de su deformación mecánica, que da de este modo un cambio en la conductividad al OTFT a la presión de conmutación que es suficiente para que la conductividad sea conductiva a la generación de la tensión de iniciación de la detonación. Un ejemplo de un material de este tipo es una goma sensible a la presión que contiene partículas de carbono y una matriz de goma de silicona. Otro ejemplo de un dispositivo que utiliza goma sensible a la presión para la detección de presión es uno basado de transistores limitados por carga espacial (SCLT), que tiene P3HT como capa activa. Un SCLT es un transistor vertical con un electrodo de rejilla insertado entre el electrodo fuente y el electrodo sumidero para controlar el flujo de corriente vertical. Cuando se aplica presión a la goma sensible a la presión la resistencia y, por lo tanto, la corriente en el circuito fuente-sumidero es cambiada sistemáticamente permitiendo que la presión aplicada sea monitorizada. Otra posibilidad es el empleo de lámina plástica transparente tanto como el sustrato como la puerta dieléctrica del transistor 18.1. Cuando el material sensible a la presión comprende un laminado, el laminado puede, típicamente, ser un molde de polidimetil-siloxano (PDMS) con electrodos de oro. Es de resaltar, no obstante, que los OTFT tienen una sensibilidad inherente a la presión aplicada, por ejemplo los transistores de pentaceno que tienen un dieléctrico puerta de polivinilfenol procesado en solución sobre un sustrato de vidrio.
- 30 De acuerdo con la invención, la fuente de tensión puede, también, ser un dispositivo de identificación de radiofrecuencia (RFID) activo o pasivo que es sensible, como una función de su tensión de salida, a la radiofrecuencia de carga. En tal caso, la señal de carga comprende una señal de radio que tiene la radiofrecuencia de carga.
- 35 Cuando la propiedad de carga es una o más del pulso de luz de carga, la temperatura de carga y la presión de carga, la señal de carga será la señal de choque que es proporcionada mediante y propagada a lo largo del tubo de choque 15. Para el propósito de proporcionar el pulso de luz de carga, el tubo de choque 15 puede, también, contener un producto químico fotoluminiscente que proporciona o amplifica el pulso de luz de carga. El producto químico luminiscente es, preferiblemente, un producto químico fluorescente y/o fosforescente o un precursor químico a un producto químico fluorescente y/o fosforescente.
- 40 Cuando la propiedad de carga es la radiofrecuencia de carga, la señal de carga será una señal de radio que es proporcionada por un transmisor de señales de radio y tiene la radiofrecuencia de carga.
- 45 El detonador 11 incluye también, opcionalmente, como parte del circuito de detonación 17, un dispositivo de retardo electrónico 20 que retarda la generación de la tensión de ruptura a través de los electrodos durante un período de retardo deseado. El retardo electrónico es, por lo tanto, mantenido mientras que el requerimiento de conexiones de cableado de transmisión eléctrica complejas se obvia mediante el uso de una señal de carga no electrónica.
- 50 El detonador 11 incluye, además, opcionalmente, como parte del circuito de detonación 17, uno o más componentes de disparo 22 que son sensibles a una o más de las propiedades de carga, típicamente como una función de su

conductancia o conductividad. Tales componentes de disparo 22 están integrados con el circuito de detonación 17 e, inicialmente, obstruyen la generación de la tensión de ruptura hasta que son expuestos a la propiedad de carga a la cual son sensibles y lo cual da como resultado el aumento de su conductancia. Con su conductancia incrementada, la obstrucción que proporcionan los componentes de disparo 22 es, por lo tanto, eliminada y la generación de la tensión de ruptura es permitida. Tales componentes de disparo incluyen, típicamente, uno o más transistores que incluyen materiales que son sensibles, como una función de su conductancia, a una o más de las propiedades de carga de la señal de carga. Tales transistores pueden ser transistores como se describieron anteriormente en este documento, que incluyen así materiales sensibles eléctricamente como también de describió anteriormente en este documento. Con tal configuración, al menos una propiedad de carga puede ser usada para cargar la fuente de tensión y al menos otra propiedad de carga puede ser usada para disparar el sistema detonador para la generación de la tensión de ruptura.

Durante el uso, el sistema detonador 10 está dispuesto de tal forma que el detonador 11 está en proximidad de detonación a y, de este modo, en una relación de detonación con un explosivo que está para ser detonado por el mismo. Inicialmente, la fuente de tensión 12 está descargada y, de este modo, no es capaz de generar la tensión de ruptura a través de los electrodos de la cabeza iniciadora 14. El detonador 11 entonces no es capaz, en esta condición, de detonar el explosivo. Esta situación subsiste y el detonador 11 permanece así en una condición durmiente, hasta que la fuente de tensión 12 es expuesta a la propiedad de carga de la señal de carga.

Al detonar el explosivo, la señal de carga es transmitida al detonador 11, bien sea mediante la transmisión de la señal de radio desde el transmisor de radio o mediante inicializar el tubo de choque 15. Una vez que la propiedad de carga de la señal de carga encuentra la fuente de tensión 12, con la fuente de tensión 12 habiendo sido expuesta así a la propiedad de carga, la fuente de tensión 12 se carga y así se vuelve capaz de generar la diferencia de potencial de ruptura entre los electrodos de la cabeza iniciadora 14 y, así, de detonar el explosivo.

Si no se provee ningún dispositivo de retardo 20 o disparador de detonación 22, la fuente de tensión cargada, al llegar a estar cargada totalmente para la generación de la ruptura, se descargará inmediatamente causando así la ruptura del puente resistivo y la generación del plasma de tensión, con el explosivo siendo detonado por ella. Cuando el detonador 11, sin embargo, incluye el dispositivo de retardo 20, la descarga del dispositivo se retardará de acuerdo con la especificación del dispositivo 20. De manera similar, cuando el detonador 11 incluye el disparador 22 de detonación, la fuente de tensión 12 cargada se descargará sólo cuando el disparador 22 permita la descarga, por ejemplo a la recepción de una propiedad de carga de una señal de carga que sólo alcanza el detonador 11 después de otra propiedad de carga.

Es de apreciar que se concibe que pueda requerirse un elevador de tensión 24 con el fin de elevar la tensión que es provista por la fuente de tensión 12 para el propósito de generar la tensión de ruptura. Tal elevador de tensión puede, en sí mismo, ser un transistor.

El solicitante espera que un sistema detonador tal como el sistema detonador 10 de acuerdo con la presente invención, es decir un detonador que incorpora en él una fuente de tensión como opuesto a un detonador que es dependiente de una fuente de tensión externa, será particularmente útil para obviar el requerimiento de conexiones de cableado conductoras complejas las cuales están asociadas usualmente con los detonadores electrónicos (como se describió anteriormente en este documento).

El solicitante cree en particular que la combinación de una señal de detonación no electrónica o analógica (que es la señal de carga) con un efecto de detonación electrónica, combina las ventajas de tanto el detonador de base pirotécnica (seguridad de uso proporcionada por el tubo de choque) como el detonador electrónico (precisión de temporización y retardo), como se describió anteriormente en este documento, al tiempo que se obvian las dificultades asociadas con ambos.

El solicitante espera que la invención aumente la seguridad de uso de detonadores de explosivos en que el riesgo de fallo se reducirá y se obtendrá una mayor precisión de detonación y temporización. El solicitante espera, por lo tanto, que un detonador de acuerdo con la invención permitirá mayor precisión y fiabilidad de los detonadores usados para detonar explosivos y aborda las dificultades y preocupaciones que están asociadas con los detonadores puramente pirotécnicos y puramente electrónicos respectivamente.

REIVINDICACIONES

- 5 1.- Un sistema detonador (10) de explosivos para detonar una carga de explosivo con la cual está, durante el uso, dispuesto en una relación de detonación, comprendiendo el sistema detonador un detonador (11), que incluye una cápsula del detonador;
- 10 un circuito de detonación dentro de la cápsula del detonador, comprendiendo el circuito de detonación un camino conductor (16);
una cabeza iniciadora (14) dentro de la cápsula del detonador, comprendiendo la cabeza iniciadora al menos dos electrodos conductores separados espacialmente y un puente resistivo que salva el espacio entre los electrodos, estando integrada la cabeza iniciadora (14) con el circuito de detonación de tal forma que el camino conductor (16) pasa a lo largo tanto de los electrodos como del puente resistivo;
- 15 una fuente de tensión (12) cargable descargada dentro de la cápsula del detonador, estando integrada la fuente de tensión cargable con el circuito de detonación y siendo eléctricamente sensible a una propiedad de carga la cual está incluida en una señal de carga que es, durante el uso, comunicada al detonador (11), de tal forma que la exposición a la propiedad de carga carga la fuente de tensión (12) volviendo por tanto a la fuente de tensión (12) capaz de generar una diferencia de potencial entre los electrodos al menos para igualar la tensión de ruptura del puente resistivo;
- 20 y un tubo de choque (15) que está provisto, durante el uso, en proximidad de iniciación al detonador (11) y es capaz de proporcionar una señal de choque como al menos parte de la señal de carga, comprendiendo el tubo de choque (15) un cuerpo alargado hueco, dentro del cual está provisto un explosivo de tubo de choque, la detonación del cual proporciona la señal de choque,
caracterizado por que
- 25 la propiedad de carga está incluyendo al menos un pulso de luz de carga y, opcionalmente, una temperatura de carga, una presión de carga y/o una radiofrecuencia de carga de la señal de carga y la fuente de tensión cargable es por lo tanto sensible al pulso de luz de carga y, opcionalmente, a uno cualquiera o más de la temperatura de carga, la presión de carga y la radiofrecuencia de carga;
y dentro del cuerpo alargado hueco está provisto un producto químico fotoluminiscente que proporciona el pulso de luz de carga.
- 30 2.- El sistema detonador (10) de acuerdo con la reivindicación 1, en el que el producto químico fotoluminiscente es un producto químico fluorescente y/o fosforescente.
- 35 3.- El sistema detonador (10) de acuerdo con la reivindicación 1 o la reivindicación 2, en el cual la fuente de tensión (12) comprende una célula fotovoltaica orgánica.
- 40 4.- El sistema detonador (10) de acuerdo con la reivindicación 3, en el cual la célula fotovoltaica orgánica es una célula fotovoltaica orgánica impresa, que es impresa sobre un substrato (18) para ella con una tinta orgánica, con el substrato estando incluido, así, dentro de la cápsula del detonador.
- 45 5.- El sistema detonador (10) de acuerdo con la reivindicación 1 o la reivindicación 2, en el cual la fuente de tensión (12) comprende un condensador y un componente de carga (12.1) que está asociado operativamente con el condensador a lo largo del camino conductor (16) del circuito de detonación, con el componente de carga (12.1) siendo eléctricamente sensible a la propiedad de carga, de tal forma que la exposición a la propiedad de carga da como resultado que el componente carga (12.1) cargue el condensador, volviendo por lo tanto al condensador capaz de generar una diferencia de potencial entre los electrodos al menos para igualar la tensión de ruptura del puente resistivo.
- 50 6.- El sistema detonador (10) de acuerdo con la reivindicación 5, en el cual el componente de carga (12.1) comprende uno o más transistores.
- 55 7.- El sistema detonador (10) de acuerdo con la reivindicación 1 o la reivindicación 2, en el cual la fuente de tensión (12) comprende uno o más transistores.
- 60 8.- El sistema detonador (10) de acuerdo con la reivindicación 6 o la reivindicación 7, en el cual el transistor incluye un material fotosensible que es sensible al pulso de luz de carga como una función de su tensión de salida y con un cambio activado por luz en el material fotosensible con el pulso de luz de carga que da como resultado un incremento en la tensión de salida del transistor.
- 65 9.- El sistema detonador (10) de acuerdo con la reivindicación 6 o la reivindicación 7, en el cual la propiedad de carga incluye la temperatura de carga, con el transistor incluyendo un material sensible a la temperatura que es sensible a la temperatura de carga como una función de su tensión de salida y con un cambio termoactivado en el material sensible a la temperatura de carga que da como resultado un incremento en la tensión de salida del transistor.

- 5 10.- El sistema detonador (10) de acuerdo con la reivindicación 6 o la reivindicación 7, en el cual la propiedad de carga incluye la presión de carga, con el transistor incluyendo un material sensible a la presión que es sensible a la presión de carga como una función de su tensión de salida y con un cambio activado por presión en el material sensible a la presión de carga que da como resultado un incremento en la tensión de salida del transistor.
- 11.- El sistema detonador (10) de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones 6 a 10 inclusive, en el cual el transistor es un transistor de película delgada orgánico (OTFT) o un transistor de efecto de campo orgánico (OFET).
- 10 12.- El sistema detonador (10) de acuerdo con la reivindicación 7, en el cual el transistor es un transistor impreso que está impreso sobre un sustrato (18) con el sustrato (18) estando así incluido dentro de la cápsula del detonador.
- 15 13.- El sistema detonador (10) de acuerdo con la reivindicación 1, en el cual la fuente de tensión (12) comprende dispositivo de identificación de radiofrecuencia (RFDI) activo o pasivo que es sensible, como una función de su tensión de salida, a la radiofrecuencia de carga.
- 20 14.- El sistema detonador (10) de acuerdo con la reivindicación 13, en el cual la propiedad de carga incluye la radiofrecuencia de carga, con la señal de carga incluyendo una señal de radio que tiene la radiofrecuencia de carga.
- 25 15.- El sistema detonador (10) de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones 1 a 14 inclusive, en el cual el camino conductor (16) está integrado con un sustrato (18) para el mismo y el circuito de detonación comprende, así, un circuito de detonación integrado.
- 30 16.- El sistema detonador de acuerdo con la reivindicación 15, en el cual el camino conductor (16) está impreso sobre o grabado en el sustrato (18).
- 35 17.- En un sistema detonador (10) de explosivos que comprende un detonador (11) que tiene una cápsula del detonador dentro de la cual se provee un circuito detonador que comprende un camino conductor (16), que tiene integrado en él (i) una cabeza iniciadora (14) que comprende al menos dos electrodos conductores separados espacialmente y un puente resistivo que salva el espacio entre los electrodos y (ii) una fuente de tensión (12) cargable descargada que es eléctricamente sensible a una propiedad de carga que comprende, al menos, un pulso de luz de carga y, opcionalmente, una temperatura de carga, una presión de carga y/o una radiofrecuencia de carga, de tal forma que la exposición a la propiedad de carga carga la fuente de tensión volviendo por tanto a la fuente de tensión capaz de generar una diferencia de potencial entre los electrodos al menos para igualar la tensión de ruptura del puente resistivo; y
- 40 un tubo de choque (15) que está provisto en proximidad de iniciación al detonador (11) y es capaz de proporcionar una señal de choque como al menos parte de la señal de carga, comprendiendo el tubo de choque (15) un cuerpo alargado hueco, dentro del cual está provisto
- un explosivo de tubo de choque, la detonación del cual proporciona la señal de choque, y un producto químico fotoluminiscente
- un método de operar el sistema detonador incluye
- 45 cargar eléctricamente la fuente de tensión (12) mediante la iniciación del tubo de choque (15) y transmitir la señal de choque, como al menos una parte de la señal de carga, que tiene al menos el pulso de luz de carga como la propiedad de carga, a la fuente de tensión (12); y
- 50 generar, por medio de la fuente de tensión (12), una diferencia de potencial mayor que la tensión de ruptura del puente resistivo entre dos electrodos
- en el que el producto químico fotoluminiscente proporciona el pulso de luz de carga.

