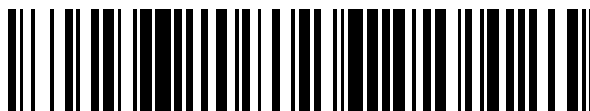


19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 538 585**

51 Int. Cl.:

F42D 1/05 (2006.01)

F42B 3/18 (2006.01)

F42C 19/12 (2006.01)

C06C 5/04 (2006.01)

F42C 15/38 (2006.01)

F42B 3/12 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **09.12.2011 E 11804816 (4)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **04.03.2015 EP 2649406**

54 Título: **Detonación de explosivos**

30 Prioridad:

10.12.2010 ZA 201008925

10.12.2010 ZA 201008927

21.02.2011 ZA 201101370

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

22.06.2015

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 2 538 585 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.

15 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 también normalmente, 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, posiblemente 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.

5 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 explosivos para detonar una carga explosiva en respuesta a una propiedad de conmutación. El documento EP 0207749 A2, sin embargo, no enseña que la propiedad de conmutación puede ser un componente de composición química.

10 El documento US 3837282 proporciona un temporizador de artefacto quimicoluminiscente capaz de transmitir luz quimicoluminiscente,. Sin embargo, no va dirigido a utilizar un componente de composición química de una señal de conmutación como una propiedad de conmutación para activar un detonador.

15 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, con el dispositivo de conmutación 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 la propiedad de conmutación es un componente de composición química.

20 Con el propósito de una continuidad con la terminología utilizada en la memoria de la solicitud de prioridad número ZA 2010/08925, se debe observar que el dispositivo de iniciación es, de hecho, un disparador para un detonador y, en cierto sentido, comprende un detonador. A su vez el dispositivo de conmutación es, de hecho, un detector o sensor. Igualmente, la propiedad de conmutación es una propiedad de disparo y la señal de conmutación una señal de iniciación. Otras referencias en la terminología entre la memoria de la solicitud de prioridad número ZA 25 2010/08925 y la presente memoria resultarán evidentes a partir de la siguiente descripción.

Se apreciará que la presencia del componente de la composición química en la señal de conmutación es, por lo tanto, un requisito previo para que el dispositivo de iniciación se haga susceptible, al conmutarlo a la condición de espera, para ser conmutado a la condición de iniciación de la detonación.

40 En particular, la señal de conmutación puede ser una señal de choque de que se proporciona mediante un tubo de choque, y se propaga a lo largo del mismo. El sistema puede incluir entonces un tubo de choque que está colocado o dispuesto en proximidad de iniciación con el dispositivo de iniciación. El componente de la composición química puede estar previsto entonces, en particular, mediante un componente de la onda de productos de la señal de choque, que comprende gases de productos resultantes de la detonación progresiva de una sustancia explosiva contenida en el tubo de choque. En una realización de la invención, el tubo de choque puede contener un compuesto trazador, cuya combustión, debido a la detonación de la sustancia explosiva, libera un producto gaseoso que constituye el componente de la composición química. Alternativamente, el componente de la composición química puede ser un producto gaseoso normal de la sustancia explosiva.

50 El tubo de choque puede ser, en particular, un tubo de choque tal como el que se describe más adelante, que tiene un cuerpo alargado hueco, en cuyo interior está dispuesto un explosivo del tubo de choque, cuya detonación proporciona la señal de choque, así como un trazador químico, siempre que el trazador químico no sea, y no proporcione en la descomposición, combustión o detonación, un producto químico que sea el mismo que el producto de combustión o detonación del explosivo del tubo de choque. El trazador químico puede proporcionar, en particular, el componente de la composición química, ya sea por sí mismo o a causa de su propia descomposición, combustión o detonación.

60 El dispositivo de iniciación puede comprender un circuito electrónico de detonación que incluye una trayectoria conductora principal que tiene, por lo menos, dos electrodos conductores separados, entre los que está dispuesto 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, puede generar entre los electrodos una diferencia de tensión de iniciación de la detonación, como propiedad de la iniciación de la detonación, diferencia de tensión que excede la tensión de ruptura del puente resistivo, por lo que, durante la utilización, en la condición de la iniciación de la detonación, hace que el puente resistivo genere una chispa de tensión o un plasma que puede provocar la iniciación y detonación de la carga explosiva.

El dispositivo de conmutación puede ser, en particular, un componente resistivo que está dispuesto en la trayectoria conductora principal del circuito de detonación y proporciona, en la condición de no iniciación de la detonación, una resistencia contra la conducción de corriente desde la fuente de tensión hasta el puente resistivo, siendo dicha resistencia de una magnitud suficiente para que no se pueda generar, durante la utilización, la tensión de iniciación de la detonación entre los electrodos resistivos, para una carga dada que puede aplicar la fuente de tensión.

Más particularmente, el dispositivo de conmutación puede tener una conductancia variable, siendo su conductancia, en la condición de no iniciación de la detonación, de una magnitud que no es conductora para la generación de la diferencia de tensión de iniciación de la detonación entre los electrodos. La conductancia del dispositivo de conmutación puede entonces ser sensible al componente de la composición química de la señal de conmutación, y por lo tanto puede ser modificada en respuesta a la misma, de tal modo que, en la condición de espera, la conductancia del dispositivo de conmutación es de una magnitud que es conductora para la generación de la diferencia de tensión de iniciación de la detonación entre los electrodos.

En particular, el dispositivo de conmutación puede ser un transistor. El transistor puede entonces tener habitualmente una conductancia variable, en particular una conductancia de canal, con su material de canal, u otro material que forme parte el transistor, que comprende un material que sea sensible, en función de su conductancia, a la propiedad de composición química, tal como se describe en mayor detalle más adelante.

La señal de conmutación puede incluir asimismo (i) un componente de presión; (ii) un componente de temperatura; y/o (iii) un impulso de luz. Por lo tanto, la señal de conmutación puede proporcionar, como una propiedad de conmutación adicional al componente de la composición química, una presión de conmutación, una temperatura de conmutación y/o un impulso de luz de conmutación. En tal caso, el dispositivo de conmutación puede por lo tanto ser capaz asimismo de detectar la presión de conmutación, la temperatura de conmutación y/o el impulso de luz de conmutación y, por lo tanto, de conmutar el dispositivo de iniciación a la condición de espera tras la detección de los mismos. Como en el caso de la detección del componente de la composición química mediante el transistor y la conmutación del dispositivo de iniciación a la condición de espera, se puede deber a un cambio en la conductancia de un material del transistor que es sensible, en función de su conductancia, por lo menos a una de la presión de conmutación, la temperatura de conmutación y/o el impulso de luz de conmutación, tal como se describe en mayor detalle más adelante.

Se apreciará que, haciendo referencia a la memoria de solicitud de prioridad ZA2010/08925, la presión de conmutación y la temperatura de conmutación se pueden denominar respectivamente presión de disparo y temperatura de disparo.

Cuando la señal de conmutación es la señal de choque del tubo de choque, proporcionando por lo tanto dicha señal de choque el impulso de luz, el tubo de choque puede incluir asimismo un producto químico fotoluminiscente o un precursor del mismo, que proporcione la totalidad o parte del impulso de luz. El producto químico fotoluminiscente puede incluir, en particular, un producto químico fluorescente y/o fosforescente o un precursor del mismo, o un óxido de una sal metálica de tierras raras o un precursor del mismo.

Asimismo, cuando la señal de conmutación es una señal de choque proporcionada por el tubo de choque, tal como se ha descrito en lo anterior, la señal de choque puede comprender habitualmente tres componentes de señal principales, que incluyen una onda de choque de la detonación, una onda de productos de la detonación y un impulso de luz de la detonación, siendo todos ellos resultado de la detonación progresiva de la sustancia explosiva contenida en el interior del tubo de choque. En tal caso, la presión de conmutación puede ser proporcionada habitualmente por la onda de choque, mientras que la temperatura de conmutación puede ser proporcionada habitualmente por la onda de productos de la detonación y/o por la onda de choque de la detonación. La temperatura de conmutación se puede proporcionar asimismo mediante una onda de residuos resultante de la combustión del explosivo en el interior del tubo de choque y, por lo tanto, propagarse en el interior del tubo de choque. Por supuesto, el impulso de luz de conmutación será proporcionado solamente por la componente de señal del impulso de luz. Se apreciará que cada uno de la onda de choque, la onda de productos y el impulso de luz aportan, por lo tanto, propiedades perceptibles o detectables a la señal de choque, propiedades para cuya detección está configurado el dispositivo de conmutación.

Cuando la propiedad de conmutación comprende asimismo una presión de conmutación, el transistor puede incluir un material sensible a la presión, que es sensible a la presión de conmutación en función de su conductancia, y que tiene, con un cambio activado por presión en el material sensible a la presión, a la presión de conmutación, como resultado un aumento en la conductancia del transistor. El material sensible a la presión puede incluir, en particular, un caucho sensible a la presión, que constituye una capa del transistor, y un material laminado sensible a la presión, que constituye un material laminado externo del transistor.

Cuando la propiedad de conmutación comprende asimismo una temperatura de conmutación, por lo tanto además del componente de la composición química y, posiblemente, además también de la presión de conmutación, el transistor puede incluir un material sensible a la temperatura, que es sensible a la temperatura de conmutación en

función de su conductancia, y que tiene a la temperatura de conmutación, con un cambio activado térmicamente en el material sensible a la temperatura, como resultado un aumento en la conductancia del transistor. El material sensible a la temperatura puede ser habitualmente un material ferroeléctrico polimérico, tal como fluoruro de polivinilideno (PDVF). En tal caso, el material sensible a la temperatura puede estar presente en el transistor como un condensador de película delgada de polímero piezoeléctrico o piroeléctrico que, por lo tanto, ha sido integrado con el transistor.

Cuando la propiedad de conmutación comprende asimismo un impulso de luz de conmutación, por lo tanto además de la componente de la composición química y, posiblemente, además asimismo de alguna o ambas de la presión de conmutación y la temperatura de conmutación, el transistor puede comprender un material fotoconductor que es sensible al impulso de luz de conmutación en función de su conductancia, teniendo, un cambio activado por el impulso de luz en el material fotosensible, con el impulso de luz de conmutación, como resultado un aumento en la conductancia del transistor. El transistor puede incluir, en particular, una célula fotovoltaica orgánica (OPV) que proporciona el material fotoconductor.

Para detectar el componente de la composición química de conmutación de la señal de conmutación, el transistor puede incluir un material de detección, que es sensible al componente de la composición química en función de su conductancia, teniendo, un cambio activado por reacción química en el material de detección, con la exposición al componente de composición de conmutación, como resultado un aumento en la conductancia del transistor. Normalmente, el material de detección puede ser un polímero conductor, o un polímero conductor que ha sido tratado con material que se puede considerar el material de detección, o que lo incluye.

Convenientemente, el componente de la composición química puede ser un producto de la combustión o de la detonación de la sustancia explosiva del tubo de choque, por ejemplo HMX.

En una realización de la invención, el componente de la composición química puede ser monóxido de carbono. En tal caso, el material de detección puede comprender polianilina, óxido de estaño (SnO_2) dopado con paladio (Pd), complejos de porfirina, o un complejo de ftalocianina.

En otra realización de la invención, el componente de la composición química puede, adicional o alternativamente, ser o incluir cianuro de hidrógeno (HCN), comprendiendo el material de detección polianilina o un complejo de porfirina.

En otra realización más de la invención, el componente de la composición química puede ser, alternativa o adicionalmente, NO_x . En este caso, el material de detección se selecciona a partir de, o incluye polianilina, poli(3-hexiltiofeno), α -sexitiofeno, un complejo de porfirina, un complejo de ftalocianina, o poli(triarilamina) amorfa.

Tal como se ha indicado también anteriormente, el componente de la composición química puede ser, alternativa o adicionalmente, un componente o compuesto 'trazador' es decir, no un producto de la combustión o de la detonación de la sustancia explosiva del tubo de choque. En tal caso, el material de detección puede ser sensible al componente o compuesto trazador.

En particular, el transistor puede ser un transistor orgánico, seleccionado de un transistor orgánico de película delgada (OTFT, organic thin film transistor) y un transistor orgánico de efecto campo (OFET, organic field effect transistor). Alternativamente, el transistor puede ser un transistor inorgánico que tenga un componente semiconductor inorgánico, por ejemplo silicio.

Cuando el transistor es un transistor orgánico, el transistor puede ser, en particular, un transistor orgánico impreso, que esté impreso sobre un sustrato que forma parte por lo tanto del dispositivo de iniciación. La impresión del transistor sobre el sustrato se puede haber realizado por medio de impresión por chorro de tinta y/o serigrafía.

Con el propósito de consistencia con la memoria de la solicitud o solicitudes de prioridad, se aclara que la transducción de la propiedad de conmutación o disparo en una señal de disparo involucra la variación de la conductancia del transistor al ser expuesto a la propiedad de conmutación. Por lo tanto, la señal de disparo se puede considerar como un aumento en la conductancia del transistor, que permite que la fuente de tensión genere la diferencia de potencial de iniciación de la detonación.

La fuente de tensión puede ser una fuente de tensión integrada, estando integrada con la trayectoria conductora principal. En particular, la fuente de tensión puede comprender un componente cargable o recargable. Deseablemente, el componente cargable o recargable puede ser cargable o recargable con su exposición a la propiedad de conmutación, tal como se ha descrito en lo anterior, y descargable cuando el dispositivo de iniciación está en la condición de espera.

En una realización de la invención, la fuente de tensión integrada puede ser una fuente de tensión integrada cargable o recargable, tal como una batería o una célula electroquímica. En particular, la batería puede ser una batería impresa o de película delgada, que comprende componentes orgánicos que han sido impresos o

depositados sobre una superficie que forma parte del sistema detonador, soportando asimismo habitualmente el dispositivo de iniciación y los circuitos de detonación. Preferentemente, la batería es cargable o recargable con su exposición a la luz, es decir es fotosensible, en particular al impulso de luz de conmutación. Por lo tanto, la batería puede incluir, o estar asociada operativamente con, o comprender componentes de carga, tal como una célula fotosensible, como es una célula fotovoltaica orgánica u otro componente fotosensible, tal como un transistor, que pueda cargar la fuente de tensión cargable con su exposición al impulso de luz de conmutación.

Alternativamente, la fuente de tensión integrada puede ser una fuente de tensión pasiva, tal como un condensador. El condensador puede entonces estar asimismo dispuesto o asociado operativamente con componentes de carga que pueden estimular la acumulación de carga en el interior del condensador cuya carga, cuando se descargue, será suficiente para generar la tensión de iniciación de la detonación a través del puente resistivo. Los componentes de carga pueden entonces incluir, asimismo, una célula fotovoltaica orgánica, u otro componente fotorresistivo, tal como un transistor, que puede cargar la fuente de tensión cargable cuando se expone al impulso de luz de conmutación.

Se debe apreciar que la fuente de tensión comprende habitualmente, por lo tanto, una fuente de tensión que se carga mediante un componente de carga asociado operativamente con la misma. Cabe señalar, asimismo, que la fuente de tensión puede ser asimismo un componente que se pueda cargar por sí mismo en respuesta a la señal/propiedad de carga, y que pueda aplicar por sí mismo la tensión de iniciación de la detonación a través del puente resistivo.

Por lo tanto, durante la utilización, la acumulación de energía eléctrica en la fuente de tensión con la exposición a la propiedad de conmutación se libera una vez que la conductancia del transistor es de una magnitud suficiente para que se genere la tensión de la iniciación de la detonación a través del puente resistivo mediante la fuente de tensión, ahora cargada. Se apreciará que mediante la descarga del componente cargable cargado, el dispositivo de iniciación pasa por lo tanto a estar conmutado en la condición de iniciación de la detonación.

De acuerdo con un segundo aspecto de la invención, se da a conocer, en un sistema detonador de explosivos que comprende un dispositivo de iniciación que está en una condición de no iniciación de la detonación en la que no puede aceptar operativamente una señal de iniciación de la detonación pero puede, en una condición de iniciación de la detonación provocada por la aceptación operativa de la señal de la iniciación de la detonación, provocar la iniciación de una carga explosiva con la que el sistema detonador está, durante la utilización, dispuesto en una relación de detonación, un procedimiento de funcionamiento del sistema detonador que incluye transmitir una señal de conmutación 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 la detonación; y conmutar el dispositivo de iniciación a la condición de espera por medio del dispositivo de conmutación tras la detección de la propiedad de conmutación de la señal de conmutación, de ese modo haciendo el sistema detonador susceptible de aceptar operativamente la señal de iniciación de la detonación y por lo tanto, susceptible de ser conmutado a la condición de iniciación de la detonación, caracterizado por que la propiedad de conmutación es un componente de la composición química de la señal de conmutación.

La señal de conmutación puede incluir, además del componente de la composición química, (i) un componente de presión; (ii) un componente de temperatura; y/o (iii) un impulso de luz. Cualesquiera uno o varios de estos pueden proporcionar una propiedad de conmutación adicional a la propiedad de la composición química.

En particular, la señal de conmutación puede ser una señal de choque que se proporciona mediante un tubo de choque y se propaga a lo largo del mismo.

El tubo de choque puede incluir un trazador químico, siempre que el trazador químico no sea, y con la combustión, detonación o descomposición no proporcione, un producto químico que sea el mismo que un producto de la combustión o detonación del explosivo del tubo de choque. El trazador químico puede proporcionar, por sí mismo o mediante su descomposición, combustión o detonación, el componente de la composición química.

El tubo de choque puede incluir asimismo un material fotoluminiscente que proporciona la totalidad o parte del impulso de luz. El producto químico fotoluminiscente puede incluir, en particular, un producto químico fluorescente y/o fosforescente.

En particular, el dispositivo de conmutación puede ser un transistor que tenga una conductancia variable que, en la condición de no iniciación de la detonación, proporcione resistencia contra la conducción de corriente desde la fuente de tensión hasta el puente resistivo, de tal modo que durante la utilización no se pueda generar entre los electrodos resistivos la tensión de iniciación de la detonación, incluyendo la conmutación del dispositivo de iniciación a la condición de espera el aumento de la conductancia del transistor. Por lo tanto, se apreciará que, al ser conmutado a la condición de espera, se hace posible la generación de la tensión de iniciación de la detonación entre los electrodos, siendo por lo tanto susceptible el dispositivo de iniciación de ser conmutado a la condición de iniciación de la detonación.

En el sistema detonador de explosivos de la invención, puede estar dispuesto asimismo un tubo de choque que comprende un cuerpo alargado que tiene un conducto que lo atraviesa, conducto en el que está dispuesto un explosivo del tubo de choque; y un trazador químico; y/o

- 5 un producto químico fotoluminiscente o un precursor del mismo, siempre que el trazador químico no sea, y no proporcione con la combustión, detonación o descomposición, un producto químico que sea el mismo que el producto de combustión o detonación del explosivo del tubo de choque.

10 El producto químico fotoluminiscente puede incluir un producto químico fluorescente y/o fosforescente o un precursor del mismo y puede servir, durante su utilización, particularmente para amplificar, proporcionar o modificar un impulso de luz proporcionado mediante la detonación progresiva del explosivo del tubo de choque a lo largo de la longitud de dicho tubo de choque. Cuando el producto químico fotoluminiscente es un precursor, se puede hacer luminiscente con la combustión, detonación o descomposición del mismo. En una realización de la invención, el producto químico fotoluminiscente puede ser inorgánico y comprender una sal metálica de tierras raras, o combinaciones de dos o más de dichas sales. Habitualmente, las sales se pueden seleccionar a partir de sales de óxido, sales de nitrato, sales de perclorato, sales de persulfato y combinaciones de las mismas. Alternativamente, el producto químico fotoluminiscente puede ser, por supuesto, un precursor de dicha sal u otro óxido luminiscente.

DESCRIPCIÓN DETALLADA DE LA INVENCIÓN

20 La invención se describirá a continuación solamente a modo de ejemplo ilustrativo, haciendo referencia al dibujo esquemático adjunto que muestra, conceptualmente, un sistema detonador de explosivos según la invención.

Haciendo referencia a la figura 1, el numeral de referencia 10 indica en general un sistema de detonación de explosivos acorde con la invención. El sistema 10 incluye un detonador 11 que tiene un dispositivo de iniciación 11a, un tubo de choque 13 y una carga explosiva 15, con la que el detonador 11 y, por lo tanto, el dispositivo de iniciación del mismo, están dispuestos en una relación de detonación. El dispositivo de iniciación 11 está dispuesto en el interior de un receptáculo 11b del detonador 11.

30 El tubo de choque 13 está dispuesto en una relación de iniciación con el detonador 11, estando representada conceptualmente dicha disposición mediante la línea de conexión 17. En la práctica, el tubo de choque 13 estará habitualmente conectado físicamente al detonador 11, por ejemplo por medio de una abrazadera o, más preferentemente, mediante estar introducido en un extremo abierto de un detonador 11 o un receptáculo del mismo, estando entonces dicho extremo abierto engarzado alrededor del tubo de choque, para proporcionar de ese modo un cierre.

35 El tubo de choque 13 puede generar y propagar a lo largo de sí mismo una señal de choque provocada por la detonación progresiva de una sustancia explosiva dispuesta en su interior. En una realización de la invención, el tubo de choque 13 puede tener una sustancia trazadora o un producto químico trazador incluido en la sustancia explosiva o mezclado con la misma, sustancia trazadora que proporciona, con la combustión de la misma a causa de la combustión de la sustancia explosiva, una propiedad detectable de la composición química de una onda de productos de la señal de choque. Esta posibilidad se describe en mayor detalle a continuación. La propiedad detectable de la composición química se puede proporcionar asimismo mediante un producto normal de la sustancia explosiva, con la combustión o detonación de la misma. La sustancia explosiva puede ser, en particular, HMX.

45 El detonador 11 es un detonador electrónico debido a la naturaleza de su dispositivo de iniciación 11a. Más particularmente, el dispositivo de iniciación 11a comprende una fuente de tensión 12 y una cabeza fusible 14, de los que ambos están situados en el interior del receptáculo del detonador 11b. La fuente de tensión 12 y la cabeza fusible 14 forman parte de un circuito de detonación 16 que comprende una trayectoria conductora principal 16.1, que comprende habitualmente circuitos integrados. En particular, el circuito de detonación 16 así como la cabeza fusible 14, y por lo tanto los electrodos y el puente resistivo de la misma, pueden ser circuitos impresos, que se han impreso sobre un sustrato. La impresión se puede haber conseguido mediante cualquiera o cualesquiera de chorro de tinta, huecograbado, serigrafía, flexografía y otros procedimientos de bobina a bobina. Los electrodos así como el puente resistivo se pueden imprimir, en particular, con una tinta polimérica o conductora adecuada, o pasta de metalización que está basada en oro, cobre, plata, carbono, aceros inoxidable o aluminio. Cuando se utiliza pasta basada en carbono, el carbono puede estar en particular en forma de nanotubos. La energía entregada desde el puente resistivo se podría aumentar añadiendo una capa impresa sobre un producto químico adecuado (oxidante, combustible y/o explosivo). El sustrato puede ser PET, PEN, PI o papel recubierto.

60 Tal como se describe más adelante en mayor detalle, la fuente de tensión 12 puede ser integral con el dispositivo de iniciación 11a, es decir, puede estar situada en el interior del receptáculo 11b del detonador y formar parte del dispositivo de iniciación 11a. Sin embargo, está previsto que la fuente de tensión pueda estar dispuesta asimismo independientemente del dispositivo de iniciación 11a y/o del detonador 11. Por lo tanto, la fuente de tensión 12 puede estar dispuesta en el interior del receptáculo 11b del detonador, pero no ser integral con el dispositivo de iniciación. Además, la fuente de tensión puede estar dispuesta en el exterior del receptáculo 11b del detonador, por ejemplo estando situada remotamente del mismo y conectada a continuación al detonador 11, y más en particular al dispositivo de iniciación 11a por medio de respectivos elementos de conducción o cables (no mostrados).

La cabeza fusible 14 comprende dos electrodos conductores 14.1a, 14.1b y un puente resistivo 14.2 que abarca los electrodos. Respectivos polos 12.1, 12.2 de la fuente de tensión 12 están conectados operativamente a los respectivos electrodos 14.1a, 14.1b de la cabeza fusible 14 a lo largo de la trayectoria conductora principal 16.1. Los electrodos 14.1a, 14.1b pueden ser asimismo del tipo de electrónica impresa, por ejemplo estando impresos por medio de chorro de tinta o serigrafía.

La fuente de tensión 12 puede generar una diferencia de potencial entre los electrodos conductores 14.1a, 14.1b que excede una tensión de ruptura del elemento resistivo 14.2. Cuando esto ocurre, el puente resistivo 14.2 se rompe y genera una chispa de tensión o un plasma que, a su vez, genera una señal de detonación en la forma de una onda de choque que puede iniciar y, de hecho, detonar o provocar la detonación de la carga explosiva 15 con la que el detonador 11 está dispuesto en una relación de detonación. Por supuesto, en la presente invención, dicha iniciación y detonación se pueden producir solamente una vez que el dispositivo de iniciación 11a ha sido conmutado a la condición de espera de la manera descrita a continuación.

Un dispositivo de conmutación 18 está dispuesto en la trayectoria conductora principal 16.1, entre uno de los polos 12.1 de la fuente de tensión 12 y uno de los electrodos conductores 14.1b de la cabeza fusible 14.

El dispositivo de conmutación 18 comprende un transistor 18.1, en particular un transistor orgánico de película delgada (OTFT). El transistor 18.1 puede detectar, cuando está presente, una propiedad de conmutación de una señal de conmutación proporcionada por la señal de choque del tubo de choque 13, y conmutar el dispositivo de iniciación 11a a la condición de espera tras la detección de la propiedad de conmutación. Más particularmente, el transistor 18.1 puede detectar un componente de la composición química que proporciona la propiedad de conmutación de la señal de conmutación, siendo el transistor 18.1 sensible a la propiedad de la composición química en función de su conductancia, de tal modo que su conductancia aumenta con la exposición a la propiedad de conmutación. Tal como se ha indicado en lo anterior, el componente de la composición química puede incluir un producto químico trazador, que está dispuesto en el tubo de choque 13 en particular para proporcionar el componente de la composición química (tal como se explica en mayor detalle a continuación) y/o un producto normal de la combustión o la detonación del explosivo del tubo de choque.

En particular, para detectar el componente de la composición química, el transistor 18.1 incluye un material de detección que es sensible, en el sentido de reactivo químicamente, al componente de la composición química en función de su conductancia, donde un cambio activado por reacción química en el material de detección tras la exposición al componente de conmutación de la composición tiene como resultado un aumento en la conductancia del transistor. Normalmente, el material de detección es un polímero conductor, o un polímero conductor que ha sido tratado con material que se puede considerar el material de detección, o que lo incluye.

En una realización de la invención, el componente de la composición química es monóxido de carbono. En este caso, el material de detección incluye polianilina, óxido de estaño (SnO_2) dopado con paladio (Pd), complejos de porfirina, y/o un complejo de ftalocianina.

En otra realización de la invención, el componente químico de la composición es o incluye, adicional o alternativamente, cianuro de hidrógeno (HCN), comprendiendo el material de detección polianilina o un complejo de porfirina.

En otra realización de la invención, el componente de la composición química es o incluye, adicional o alternativamente, NO_x . En este caso, el material de detección se selecciona a partir de, o incluye polianilina, poli(3-hexiltiofeno), α -sexitiofeno, un complejo de porfirina, un complejo de ftalocianina, o poli(triarilamina) amorfa.

La capacidad del transistor 18.1 para detectar el componente de la composición química y conmutar el dispositivo de iniciación 11b desde la condición de no iniciación de la detonación a la condición de espera, se debe a la conductancia a variable del mismo. El transistor 18.1 tiene, por lo tanto, una conductancia variable. En la condición de no iniciación de la detonación, la conductancia del transistor 18.1 es no conductora para la conducción de corriente desde la fuente de tensión 12 a lo largo de la trayectoria conductora 16.1 hasta los electrodos 14.1a, 14.1b de la cabeza fusible 14 para generar la tensión de iniciación de la detonación a través del puente resistivo 14.2. Por lo tanto, el transistor 18.1 impide la generación de la diferencia de tensión de iniciación de la detonación entre los electrodos. Por contraste, en la condición de espera, la conductancia del transistor es conductora, para la conducción de corriente desde la fuente de tensión 12 a lo largo de la trayectoria conductiva 16.1 hasta los electrodos 14.1a, 14.1b de la cabeza fusible 14 y, por lo tanto, asimismo para la generación de la tensión de iniciación de la detonación.

En cada una de las realizaciones del componente de la composición química mencionadas en lo anterior, el material de detección del transistor 18.1 tiene inicialmente una conductancia que no es conductora de la conducción de corriente desde la fuente de tensión 12 hasta la cabeza fusible 14 para generar la tensión de iniciación de la detonación a través del puente resistivo 14.2. Se apreciará que esta situación proporciona la condición de no iniciación de la detonación, porque incluso si la fuente de tensión 12 está activa, no se puede generar la tensión de

5 iniciación de la detonación a través del puente resistivo 14.2 y, por lo tanto, no se puede romper el puente resistivo 14.2 para proporcionar la señal de detonación. Sin embargo, al ser sensibles de manera químicamente reactiva a los respectivos componentes de la composición química en función de la conductancia, la exposición de los respectivos materiales de detección al componente de la composición química apropiado tiene como resultado un aumento en la conductancia de dicho material. De este modo, tras la exposición a la propiedad de conmutación, se posibilita que la fuente de tensión 12 genere la tensión de iniciación de la detonación a través del puente resistivo 14.2, conmutándose por lo tanto el dispositivo de iniciación 11a a la condición de espera, en que espera una señal de detonación eléctrica, en la forma de tensión de iniciación de la detonación, para iniciar la carga explosiva 15.

10 El transistor 18.1 puede asimismo, en ciertas realizaciones de la invención, ser capaz de detectar alguna o varias de presión, temperatura y luz. Éste es el caso particularmente cuando la señal de conmutación tiene, además del componente de la composición química, un componente de presión, un componente de temperatura y un impulso de luz, tal como es el caso generalmente para el tubo de choque. Cada uno de estos puede proporcionar respectivamente una presión de conmutación, una temperatura de conmutación y un impulso de luz de conmutación, siendo capaz entonces el transistor 18.1 de detectar cada uno de estos y, posiblemente, de conmutar el dispositivo de iniciación 11a a la condición de espera, habitualmente de la manera descrita en lo que sigue.

15 La capacidad del transistor 18.1 para detectar la presión de conmutación, la temperatura de conmutación y el impulso de luz de conmutación, puede deberse asimismo a la conductancia variable del mismo, de manera similar a la capacidad del transistor 18.1 para detectar el componente de la composición química, de la manera descrita en lo anterior.

20 Cuando la propiedad de conmutación comprende asimismo una presión de conmutación, el transistor 18.1 incluye un material sensible a la presión, que es sensible a la presión de conmutación en función de su conductancia, y que tiene, con un cambio activado por presión en el material sensible a la presión, a la presión de conmutación, como resultado un aumento en la conductancia del transistor. El material sensible a la presión puede incluir, en particular, un caucho sensible a la presión, en cuyo caso constituye normalmente una capa del transistor, y un material laminado sensible a la presión, en cuyo caso constituye normalmente un material laminado externo del transistor.

25 Por lo tanto, el transistor 18.1 puede comprender normalmente una integración de un transistor orgánico de película delgada (OTFT) con el material sensible a la presión. En particular, el material sensible a la presión puede tener una resistencia que es función de su deformación mecánica, impartiendo de ese modo un cambio en la conductividad del OTFT, a la presión de conmutación, que suficiente para que la conductividad sea conductora para la generación de la tensión de iniciación de la detonación. Un ejemplo de dicho material es el caucho sensible a la presión, que contiene partículas de carbono y una matriz de caucho de silicio. Otro ejemplo de un dispositivo que utiliza caucho sensible a la presión para la detección de la presión es uno basado en transistores limitados por carga espacial (SCLT, space-charge limited transistors), que tienen P3HT como una capa activa. Un SCLT es un transistor vertical con un electrodo en rejilla introducido entre el electrodo fuente y el electrodo de drenaje para controlar el flujo de corriente vertical. Cuando se aplica presión al caucho sensible a la presión, la resistencia, y por lo tanto la corriente en el circuito fuente-drenaje, se modifica sistemáticamente permitiendo que sea monitorizada la presión aplicada. Otra posibilidad es la utilización de un sensor de presión flexible, posiblemente mediante la utilización de lamina de plástico transparente tanto en el sustrato como en el dieléctrico de la puerta del transistor 18.1. Cuando el material sensible a la presión comprende un material laminado, el material laminado puede ser habitualmente un molde de polidimetilsiloxano (PDMS) con electrodos de oro. Sin embargo, se debe observar que los OTFT tienen una sensibilidad inherente a la presión aplicada, teniendo por ejemplo los transistores de pentaceno una puerta de polivinilfenol procesado en solución sobre un sustrato de vidrio.

30 Cuando la propiedad de conmutación comprende asimismo una temperatura de conmutación, por lo tanto además del componente de la composición química y, posiblemente, además también de la presión de conmutación, el transistor incluye un material sensible a la temperatura, que es sensible a la temperatura de conmutación en función de su conductancia, y que tiene con un cambio activado térmicamente en el material sensible a la temperatura, a la temperatura de conmutación, como resultado un aumento en la conductancia del transistor. El material sensible a la temperatura es habitualmente un material ferroeléctrico polimérico, preferentemente un fluoruro de polivinilideno (PDVF). En este caso, el material sensible a la temperatura está presente en el transistor como un condensador de película delgada de polímero piezoeléctrico o piroeléctrico que, por lo tanto, ha sido integrado con el transistor.

35 Cuando la propiedad de conmutación comprende asimismo un impulso de luz de conmutación, por lo tanto además de la componente de la composición química y, posiblemente, además asimismo de alguna o ambas de la presión de conmutación y la temperatura de conmutación, el transistor 18.1 incluye un material fotoconductor que es sensible al impulso de luz de conmutación en función de su conductancia, teniendo, un cambio activado por el impulso de luz en el material fotosensible, con el impulso de luz de conmutación, como resultado un aumento en la conductancia del transistor. El transistor 18.1 puede incluir, en particular, una célula fotovoltaica orgánica (OPV) que proporcione el material fotoconductor.

60 Los detectores para impulsos de luz caen usualmente en dos amplias categorías, a saber (i) dispositivos que integran juntos una célula fotovoltaica orgánica (OPV) y un OTFT, que utilizan la fotorrespuesta del dispositivo OPV

para modificar la salida del OTFT mientras aprovechan la amplificación inherente al transistor, y (ii) dispositivos que utilizan la fotoconductividad inherente de polímeros conductores o mezclas de polímeros conductores y moléculas donadoras o aceptoras de electrones complementarias en el OTFT. Ambos enfoques dependen de la formación y separación de cargas de estados excitados en el interior del OTFT con la exposición a la luz incidente. Un ejemplo del primer dispositivo son los fotodetectores de área grande, flexibles y ligeros, denominados asimismo escáneres de imágenes de tipo lamina, que están fabricados de película de plástico utilizando OTFT y fotodiodos orgánicos integrados. Otro ejemplo son los fotosensores orgánicos (OPS) que son un OTFT basado en pentaceno integrado con un dispositivo OPV de heterounión dispersa P3HT:PCBM tradicional. Este tipo de detector de luz basado en OTFT es particularmente atractivo porque la corriente obtenida del componente OPV se podría utilizar posiblemente para alimentar un circuito secundario para, por ejemplo, temporizar y detonar una carga explosiva principal. Podría actuar asimismo, posiblemente, como fuente de tensión para generar la tensión de iniciación de la detonación. Además, dada la amplia gama de materiales que se pueden utilizar en los dispositivos OPV, se puede conseguir una adaptación a un espectro dado de la luz (tal como a partir de la emisión del tubo de choque, o de un impulso de luz del tubo de choque).

Los ejemplos del segundo tipo de sensor óptico OTFT, aquellos que utilizan la fotoconductividad de polímeros conductores, están basados en que la fotoconductividad inherente de todos los semiconductores orgánicos implica que todos los OTFT basados en estos materiales deben mostrar cierto grado de fotorrespuesta. Sin embargo, se conocen dificultades asociadas con la fotorrespuesta de los semiconductores orgánicos, en particular, la disociación ineficiente de los excitones fotogenerados en portadores libres, y los largos tiempos de tránsito debidos a bajas movilidades de los portadores. Para superar estas cuestiones se ha propuesto una estructura multicapa ultradelgada, en la que la zona activa del fotodetector consiste en 64 capas alternas, que varían en grosor, comprendidas desde 10 hasta 160 Å para cada capa de, entre otras, Cu ftalocianina (CuPc) (donador de electrones) y 3,4,9,10-perileno-tetracarboxílico bis-benzimidazol (PTCBI) (aceptor de electrones) cultivado mediante de posición de haces moleculares orgánicos en vacío ultra-elevado.

Son también una posibilidad los fototransistores orgánicos ambipolares de baja tensión basados en bicapa de pentaceno/[6,6]-fenilo-C61-éster metílico de ácido butilico (PC61 BM) como capa semiconductor con una monocapa auto-ensamblada como dieléctrico de puerta. Se ha demostrado que dichos transistores funcionan por debajo de $|3|$ V con movilidades de electrones y huecos en el orden de 0,1 y 10 a 3 cm²/Vs, respectivamente. De manera importante, la corriente de canal de dichos transistores depende no sólo de las condiciones de polarización, sino asimismo de la intensidad de la luz incidente, lo que permite la utilización del dispositivo como sensor óptico. La eficiencia cuántica externa y el tiempo de respuesta de estos fototransistores de baja tensión puede ser de ~0,8% y de 210 a 225 ms, respectivamente.

Finalmente, en relación con la sensibilidad a la luz, se pueden utilizar díadas orgánicas donadora/aceptora de unión covalente para mejorar la separación de las cargas, y por lo tanto la respuesta de señal, en materiales fotoconductores para detectores ópticos. En la bibliografía se conocen transistores de efecto campo sensibles a UV muy reactivos, basados en películas delgadas amorfas de dicha díada orgánica. Dichos dispositivos están asociados con una sensibilidad óptima de hasta 6,5 A/W para luz UV a 370 nm. El mecanismo subyacente se postula de la mano de transferencias de carga intramoleculares fotoinducidas ultrarrápidas entre el aceptor y el donador, que conducen a una transferencia de carga intermolecular más fácil. Este resultado ofrece una potencial aplicación de semiconductores orgánicos como materiales activos para detectores UV.

De manera importante, se debe observar que el dispositivo de conmutación 18 puede incluir, posiblemente, una serie de transistores, estando configurados cada uno para la detección de una respectiva propiedad de conmutación de la señal de conmutación. Por supuesto, de acuerdo con la invención, el dispositivo de conmutación 18 incluirá siempre un transistor que pueda detectar el componente de la composición química. Se apreciará que, si el dispositivo de conmutación 18 comprende una serie de transistores, cada transistor proporcionará, por sí mismo, una resistencia a la corriente que pueda intentar pasar a la cabeza fusible 14. Para que se permita el paso de dicha corriente, será necesario por lo tanto, en la detección de cada una de sus respectivas propiedades de conmutación, que la conductancia de cada transistor aumente lo suficiente para que se genere la tensión de iniciación de la detonación a través del puente resistivo 14.2. Por lo tanto, para que en este caso la condición de espera sea asumida por el dispositivo de iniciación 11a, es necesario que todas las propiedades de conmutación asociadas con los transistores respectivos estén presentes en la señal de conmutación. Se apreciará que dicha situación proporciona, por lo tanto, que se requieran múltiples modos de detección desde el dispositivo de conmutación 18.

En una realización particular de la invención, y tal como se ha mencionado en lo anterior, la fuente de tensión 12 puede ser una fuente de tensión integrada, estando integrada con la trayectoria conductora principal 16.1.

La fuente de tensión 12 puede estar asimismo, en particular, en forma de fuente de tensión cargable o recargable. En este caso, la fuente de tensión 12 puede comprender, o estar asociada operativamente con un componente de carga que pueda, con la exposición a la propiedad de conmutación, cargar la fuente de tensión 12 y hacerla de ese modo descargable cuando el dispositivo de iniciación 11a está en la condición de espera, para aplicar de ese modo la tensión de iniciación de la detonación a través del puente resistivo 14.2.

Dicho componente de carga puede ser normalmente una célula fotosensible o incluirla, tal como una célula fotovoltaica orgánica, u otro componente foto-receptivo, tal como un transistor.

5 Alternativamente, el propio componente de carga puede ser la fuente de tensión 12. Por lo tanto, según la invención, el componente de carga puede asimismo formar, o formar parte de la fuente de tensión 12, en particular cuando la fuente de tensión 12 es una batería que es cargable o recargable, incluyendo por ejemplo un material fotosensible, que forma parte posiblemente de una célula fotovoltaica que está incluida en la batería.

10 Por lo tanto, la acumulación de energía eléctrica en la fuente de tensión 12 con la exposición a la propiedad de conmutación se libera entonces, una vez que la conductancia del transistor 18.1 es de una magnitud suficiente para que se genere la tensión de iniciación de la detonación a través del puente resistivo 14.2 mediante la fuente de tensión 12, ahora cargada, es decir en la condición de espera. Se apreciará que mediante la descarga de la fuente de tensión cargada, el dispositivo de iniciación 11a se conmuta de este modo desde la condición de espera a la condición de iniciación de la detonación.

15 El componente de carga se puede cargar mediante una o varias de las propiedades de conmutación descritas en lo anterior, y no necesariamente mediante solamente el componente de la composición química. Preferentemente, el componente de carga puede ser cargado por la fuente de tensión, y por lo tanto cargar ésta, mediante una propiedad de conmutación que se mueva más rápido que otras propiedades de conmutación, por ejemplo la luz. De este modo, el componente de carga puede cargar la fuente de tensión 12 antes de la conmutación del dispositivo de iniciación 11a a la condición de espera. Por lo tanto, el componente de carga puede ser normalmente un transistor fotosensible, un fotodiodo u otro dispositivo fotosensible. En este caso, el tubo de choque 13 puede incluir, en particular, un aditivo fotoluminiscente que mejora, extiende o aumenta la emisión de energía luminosa de una sustancia explosiva soportada en el interior del tubo de choque 13. Dicho aditivo fotoluminiscente puede incluir alguno o ambos de materiales orgánicos o inorgánicos fluorescentes y/o fosforescentes que aumentan o modifican la longitud de onda del impulso de luz emitido, o modifican de otro modo las propiedades de emisión óptica del tubo de choque 13 de manera que mejoran la luz (energía) que se emite desde el tubo de choque 13 para aplicaciones fotovoltaicas.

30 Es de esperar que dicha configuración de la presente invención sea particularmente ventajosa porque la fuente de tensión 12 está alimentada, de hecho, por la misma señal de choque que conmuta el dispositivo de iniciación 11a a la condición de espera. Entonces la iniciación del explosivo se puede hacer completamente dependiente de una señal de choque que tiene propiedades de conmutación muy específicas.

35 Se debe apreciar que la aplicación de la tensión de iniciación de la detonación no conduciría necesariamente a la detonación inmediata de la carga explosiva. A este respecto, el dispositivo de iniciación 11a puede tener incorporados en el mismo componentes de temporización y retardo que son activados mediante la aplicación de la tensión de iniciación de la detonación y que a continuación provocan, a su vez, la detonación del explosivo.

40 Durante la utilización, el transistor 18.1 del dispositivo de conmutación 18 tendrá inicialmente, es decir, muy probablemente en la fabricación, una conductancia de magnitud insuficiente para conducir una corriente suficiente desde la fuente de tensión 12, de carga predeterminada, como para que la fuente de tensión 12 genere la tensión de iniciación de la detonación a través del puente resistivo 14.2. Por lo tanto el dispositivo de iniciación 11a está inicialmente en la condición de no iniciación de la detonación. Sin embargo, el transistor 18.1 estará configurado de la manera descrita anteriormente y será capaz, por lo tanto, de detectar, como una función de su conductancia, una propiedad de conmutación de una señal de conmutación transmitida mediante el tubo de choque 13, tal como una propiedad de conmutación que sea por lo menos un componente de la composición química de la señal de conmutación y, opcionalmente, asimismo cualesquiera una o varias de una presión de conmutación, una temperatura de conmutación y un impulso de luz de conmutación. El detonador 11, con el dispositivo de iniciación 11a y el transistor 18.1, se pone entonces en una relación de detonación con respecto a la carga explosiva 15. El tubo de choque 13, al ser capaz de transmitir una señal de choque que tiene una onda de productos que incluye el componente de la composición química y, si aplica, la presión de conmutación, la temperatura de conmutación y el impulso de luz de conmutación, se conecta entonces al detonador 11, o se dispone por lo menos en una relación de iniciación con el mismo.

55 Una vez que se va a producir la detonación de la carga explosiva 15, el tubo de choque 13 se inicia remotamente desde el detonador 11, propagándose entonces la señal de choque a lo largo del mismo. Una vez que la señal de choque está en la proximidad del dispositivo de iniciación 11a, lo suficiente como para que la propiedad/propiedades de conmutación del mismo sean detectadas por el transistor/transistores 18.1, la conductancia del transistor/transistores 18.1 aumenta lo suficiente como para permitir que se genere la tensión de iniciación de la detonación mediante la fuente de tensión 12 a través del puente resistivo 14.2, siendo conmutado por lo tanto el dispositivo de iniciación 11a a la condición de espera. Con la conductancia del transistor/transistores 18.1 habiendo aumentado de este modo, el dispositivo de iniciación 11a se ha hecho susceptible de recibir y conducir, a lo largo de la trayectoria conductora principal 16.1, una corriente suficiente desde la fuente de tensión 12 para que se genere la tensión de iniciación de la detonación mediante la fuente de tensión 12 a través del puente resistivo 14.2. La activación de la fuente de tensión 12 conmuta, por lo tanto, el dispositivo de iniciación 11a a la condición de

iniciación de la detonación, en la que se aplica la tensión de iniciación de la detonación a través del puente resistivo 14.2, lo que tiene como resultado la ruptura del puente resistivo 14.2 y la generación de una chispa o un plasma, que emite una onda de choque de iniciación de la detonación que inicia la carga explosiva 15.

5 En una realización particular de la invención, el tubo de choque 13 puede ser un tubo de choque acorde con la invención, que tiene un cuerpo alargado, hueco, en cuyo interior se contiene un explosivo del tubo de choque. El explosivo del tubo de choque es, en particular, HMX, tal como se ha indicado asimismo anteriormente. Por lo tanto, la señal de choque mencionada en lo anterior se proporciona mediante la detonación progresiva del HMX. Por supuesto, se pueden utilizar asimismo otras sustancias explosivas, asociadas con el tubo de choque, como explosivo del tubo de choque.

Tal como se ha indicado en lo anterior, el tubo de choque 13 incluye asimismo, preferentemente, un trazador químico y, opcionalmente, un producto químico fotoluminiscente.

15 En particular, el trazador químico es un producto químico que no es, o no proporciona con la combustión, detonación o descomposición, el mismo producto químico que el producto de la detonación o combustión del explosivo del tubo de choque.

20 Cuando está presente en el tubo de choque 13, el trazador químico proporciona el componente de la composición química, ya sea por sí mismo o por medio de un producto de la combustión, detonación o descomposición del mismo. En este caso, la presencia del trazador químico es, por lo tanto, un requisito previo para que el dispositivo de iniciación sea conmutado desde la condición de no iniciación de la detonación a la condición de espera.

En una realización particular de la invención, el trazador químico es un producto químico de generación de gas.

25 El producto químico fotoluminiscente puede incluir, en particular, un producto químico fluorescente y/o fosforescente o un precursor para dicho producto químico o para otro producto químico luminiscente.

30 Durante la utilización, el producto químico fotoluminiscente sirve en particular para mejorar, amplificar y/o modificar, es decir impartir propiedades particulares de longitud de onda y/o intensidad, al componente de impulso de luz de la señal de choque del tubo de choque. Por lo tanto, el producto químico fotoluminiscente se puede seleccionar en particular para su compatibilidad con un material fotosensible particular del transistor 18.1 y/o del componente cargable de la fuente de tensión 12. En el caso de la fuente de tensión 12, el producto químico fotoluminiscente se selecciona preferentemente para generar una fotorrespuesta desde la fuente de tensión 12 que sea suficiente para que la fuente de tensión 12 genere la diferencia de tensión de iniciación de la detonación a través de los electrodos 14.1a, 14.1b.

35 En particular, el producto químico fotoluminiscente puede ser inorgánico y puede comprender una sal metálica de tierras raras o combinaciones de dos o más de dichas sales. Habitualmente, las sales se pueden seleccionar a partir de sales de óxido, sales de nitrato, sales de perclorato, sales de persulfato y combinaciones de las mismas. Alternativamente, el producto químico fotoluminiscente puede ser, por supuesto, un precursor de dicha sal u otro óxido luminiscente.

40 Por lo tanto, la presente invención contempla un sistema de detonación, tal como el sistema de detonación 10, que se puede conmutar desde una condición de no iniciación de la detonación, en la que éste no acepta operativamente una señal de iniciación de la detonación, a una condición de espera, en la que puede aceptar operativamente dicha señal de iniciación de la detonación, efectuándose dicha conmutación mediante un dispositivo de conmutación que comprende un transistor que puede conmutar el dispositivo de iniciación desde la condición de no iniciación de la detonación a la condición de espera, con la detección de por lo menos un componente de la composición química de una señal de conmutación que comprende una señal de choque transmitida mediante el tubo de choque.

45 El solicitante considera que un enfoque del funcionamiento del sistema detonador tal como el descrito en la presente memoria, es decir haciendo el dispositivo de iniciación susceptible a la iniciación solamente bajo condiciones predeterminadas, será particularmente beneficioso para la seguridad operativa de dichos sistemas detonadores, dado que se impedirá la detonación accidental provocada por una transmisión prematura de la señal de iniciación de la detonación. Por lo tanto, la presente invención requiere que la activación de un sistema detonador se lleve a cabo a lo largo de una cadena particular de eventos para que la detonación tenga resultado.

50 En particular, el solicitante considera que la utilización de múltiples modos de detección, que incluyen por lo menos un modo de detección para un componente de la composición química de la señal de conmutación o de choque, en un dispositivo de conmutación utilizado en un sistema detonador según la invención, proporciona una mejora particular en la seguridad operacional de los sistemas detonadores. Es por esta razón que, mientras que los componentes de señal de presión, temperatura y luz no son fácilmente susceptibles de un control preciso a efectos de proporcionar señales estrechas predeterminadas, la composición química, por lo menos en cierta medida, se puede controlar, incluyendo por ejemplo un componente particular de la composición en el explosivo contenido por el tubo de choque con el que se va a utilizar el sistema.

Por lo tanto, se considera que la característica importante de la presente invención, de detección del componente de la composición química, imparte ventajas particulares de control y seguridad mejoradas a la presente invención.

- 5 Adicionalmente, la presente descripción contempla un tubo de choque mejorado que contiene, además de un explosivo del tubo de choque del mismo, un trazador químico y, opcionalmente, un producto químico fotoluminiscente. El solicitante considera que dichos aditivos ayudarán a ampliar la funcionalidad del tubo de choque para una compatibilidad más limitada con detonadores adaptados al mismo, y asimismo hará útil el tubo de choque en la gestión de la seguridad de explosivos y sistemas detonadores, tal como el sistema de la presente invención.

10

REIVINDICACIONES

1. Un sistema detonador (10) de explosivos para detonar una carga explosiva (13) con la que está dispuesto, durante la utilización, en una relación de detonación y que, con la aceptación operativa de una señal de iniciación de la detonación que tiene una propiedad de iniciación de la detonación, puede iniciar y por lo tanto detonar la carga explosiva (13), incluyendo dicho sistema detonador (10)
 5 un dispositivo de iniciación (11a) que puede aceptar la señal de iniciación de la detonación, e iniciar y por lo tanto detonar la carga explosiva (13), estando el dispositivo de iniciación (11a) en una condición de no iniciación de la detonación en la que no puede aceptar operativamente la señal de iniciación de la detonación ni, por lo tanto, asumir una condición de iniciación del detonador cuando la señal de iniciación de la detonación se transmite al mismo; y
 10 un dispositivo de conmutación (18) que puede detectar una propiedad de conmutación de una señal de conmutación que se transmite al sistema detonador (10), pudiendo el dispositivo de conmutación (18) conmutar el dispositivo de iniciación (11a), después de la detección de la propiedad de conmutación, a una condición de espera en la que el dispositivo de iniciación (11a) puede aceptar operativamente la señal de iniciación de la detonación cuando ésta se transmite al mismo,
 15 **caracterizado por que** la propiedad de conmutación es un componente de la composición química.
2. El sistema detonador (10) según la reivindicación 1, que incluye un tubo de choque (13) que está dispuesto en proximidad de iniciación con el dispositivo de iniciación (11a), y la señal de conmutación es una señal de choque que es proporcionada por el tubo de choque (13) y se propaga a lo largo del mismo.
 20
3. El sistema detonador (10) según la reivindicación 2, en el que el tubo de choque (13) tiene un cuerpo alargado hueco, en cuyo interior está dispuesto un explosivo del tubo de choque, cuya detonación proporciona la señal de choque; y
 25 un trazador químico que proporciona la componente de la composición química, siempre que el trazador químico no sea, y con la descomposición, detonación o combustión del mismo no proporcione, un producto químico que sea el mismo que el producto de combustión o detonación del explosivo del tubo de choque.
4. El sistema detonador (10) según cualquiera de las reivindicaciones 1 a 3 incluidas, en el que el dispositivo de iniciación (11a) comprende un circuito electrónico de detonación (16) que incluye una trayectoria conductora principal (16.1) que tiene por lo menos dos electrodos conductores separados (14.1a, 14.1b) entre los cuales está dispuesto un puente resistivo (14.2), siendo dichos electrodos (14.1a, 14.1b) conectables a una fuente de tensión (12) que, cuando el dispositivo de iniciación (11a) está en la condición de espera, puede generar entre los electrodos (14.1a, 14.1b) una diferencia de tensión de iniciación de la detonación, como la propiedad de iniciación de la detonación, diferencia de tensión que excede la tensión de ruptura del puente resistivo (14.2), por lo que, durante la utilización, en la condición de iniciación de la detonación, provoca que el puente resistivo (14.2) genere una chispa de tensión o un plasma que puede provocar la iniciación y la detonación de la carga explosiva (13), siendo el dispositivo de conmutación (18) un componente resistivo que está dispuesto en la trayectoria conductora principal (16.1) del circuito de detonación (16) y proporciona resistencia contra la conducción de corriente desde la fuente de tensión (12) hasta el puente resistivo (14.2) en la condición de no iniciación de la detonación, siendo dicha resistencia de magnitud suficiente para que durante la utilización no se pueda generar entre los electrodos resistivos (14.1a, 14.1b) la tensión de iniciación de la detonación.
 30
 35
 40
5. El sistema detonador (10) según cualquiera de las reivindicaciones 1 a 4 incluidas, en el que el dispositivo de conmutación (18) tiene una conductancia variable, siendo su conductancia, en la condición de no iniciación de la detonación, de una magnitud que es no conductora para la generación de la diferencia de tensión de iniciación de la detonación entre los electrodos (14.1a, 14.1b).
 45
6. El sistema detonador (10) según la reivindicación 5, en el que la conductancia del dispositivo de conmutación (18) es sensible, y por lo tanto se puede modificar en respuesta al componente de la composición química de la señal de conmutación de tal modo que, en la condición de espera, la conductancia del dispositivo de conmutación (18) es de una magnitud que es conductiva para la generación de la diferencia de tensión de iniciación de la detonación entre los electrodos (14.1a, 14.1b).
 50
7. El sistema detonador (10) según la reivindicación 6, en el que el dispositivo de conmutación (18) es un transistor (18.1).
 55
8. El sistema detonador (10) según la reivindicación 7, en el que la propiedad de conmutación comprende asimismo por lo menos una de
 60 una presión de conmutación, incluyendo el transistor (18.1) un material sensible a la presión, que es sensible a la presión de conmutación, en función de su conductancia, y teniendo, un cambio activado por presión en el material sensible a la presión, a la presión de conmutación, como resultado un aumento en la conductancia del transistor;
 una temperatura de conmutación, incluyendo el transistor (18.1) un material sensible a la temperatura, que es sensible a la temperatura de conmutación como una función de su conductancia, y teniendo, un cambio activado térmicamente en el material sensible a la temperatura, a la temperatura de conmutación, como resultado un aumento en la conductancia del transistor; y
 65

un impulso de luz de conmutación, incluyendo el transistor (18.1) un material fotoconductor que es sensible al impulso de luz de conmutación, como una función de su conductancia, y teniendo, un cambio activado por el impulso de luz en el material fotosensible, con el impulso de luz de conmutación, como resultado un aumento en la conductancia del transistor.

5 9. El sistema detonador (10) según la reivindicación 8, en el que el transistor (18.1) incluye una célula orgánica fotovoltaica (OPV) que proporciona el material fotoconductor.

10 10. El sistema detonador (10) según cualquiera de las reivindicaciones 7 a 9 incluidas, en el que el transistor (18.1) incluye un material de detección que es sensible al componente de la composición química, como una función de su conductancia, teniendo, un cambio activado por la reacción química en el material de detección, después de la exposición al componente de la composición química, como resultado un aumento en la conductancia del transistor.

15 11. El sistema detonador (10) según cualquiera de las reivindicaciones 7 a 10 incluidas, en el que el transistor (18.1) es un transistor orgánico de película delgada (OTFT) o un transistor orgánico de efecto campo (OFET).

20 12. El sistema detonador (10) según la reivindicación 11, en el que el transistor orgánico es un transistor orgánico impreso, que está impreso sobre un sustrato, estando de este modo el sustrato incluido en el dispositivo de iniciación.

25 13. En un sistema detonador (10) de explosivos que comprende un dispositivo de iniciación (11a) que está en una condición de no iniciación de la detonación en la que no puede aceptar operativamente una señal de iniciación de la detonación pero que puede, en una condición de iniciación de la detonación provocada mediante la aceptación operativa de la señal de iniciación de la detonación, provocar la iniciación de una carga explosiva (13) con la que el sistema detonador (10) está dispuesto, en la utilización, en una relación de detonación, un procedimiento de funcionamiento de un sistema detonador (10), que incluye
 30 transmitir una señal de conmutación que tiene una propiedad de conmutación a un dispositivo de conmutación (18) del sistema detonador (10) mientras el dispositivo de iniciación está en la condición de no iniciación de la detonación; y
 35 conmutar el dispositivo de iniciación (11a) a una condición de espera mediante el dispositivo de conmutación (18) después de la detección de la propiedad de conmutación de la señal de conmutación, haciendo de ese modo el sistema detonador (10) susceptible a la aceptación operativa de la señal de iniciación de la detonación y, por lo tanto, susceptible para ser conmutado a la condición de iniciación de la detonación,
caracterizado por que la propiedad de conmutación es un componente de la composición química de la señal de conmutación.

40 14. El procedimiento según la reivindicación 13, en el que la señal de conmutación incluye, además de la componente de la composición química,

- (i) un componente de presión;
- (ii) un componente de temperatura; y/o
- (iii) un impulso de luz,

45 como una propiedad de conmutación adicional.

50 15. El procedimiento según la reivindicación 13 o la reivindicación 14, en el que el dispositivo de iniciación (11a) comprende un circuito electrónico de detonación (16) que incluye una trayectoria conductora principal (16a) que tiene por lo menos dos electrodos conductores separados (14.1a, 14.1b) que están conectados a una fuente de tensión (12) y entre los cuales está dispuesto un puente resistivo (14.2), incluyendo la conmutación del dispositivo de iniciación (11a) a la condición de iniciación de la detonación cuando el dispositivo de iniciación (11a) está en la condición de espera, aplicar, como la propiedad de iniciación de la detonación de la señal de iniciación de la detonación, una diferencia de tensión sobre los electrodos (14.1a, 14.1b) que excede la tensión de ruptura del puente resistivo, que provoca que el puente resistivo genere una chispa de tensión o un plasma que provoca la iniciación y detonación de la carga explosiva (13), y en el que el dispositivo de conmutación (18) es un transistor (18.1) con conductancia variable que, en la condición de no iniciación de la detonación, proporciona una resistencia contra la conducción de corriente desde la fuente de tensión (12) hasta el puente resistivo, de tal modo que no se puede generar, durante la utilización, la tensión de iniciación de la detonación entre los electrodos (14.1a, 14.1b),
 55 incluyendo la conmutación del dispositivo de iniciación (11a) a la condición de espera aumentar la conductancia del transistor (18.1).

