

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 743 958**

51 Int. Cl.:

F42B 3/13 (2006.01)

F42B 3/198 (2006.01)

F42C 19/08 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **27.06.2016 PCT/NL2016/050453**

87 Fecha y número de publicación internacional: **29.12.2016 WO16209081**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **27.06.2016 E 16751026 (2)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **12.06.2019 EP 3314200**

54 Título: **Dispositivo iniciador de circuito integrado**

30 Prioridad:

26.06.2015 EP 15174123

45 Fecha de publicación y mención en BOPI de la traducción de la patente:
21.02.2020

73 Titular/es:

**NEDERLANDSE ORGANISATIE VOOR
TOEGEPAST- NATUURWETENSCHAPPELIJK
ONDERZOEK TNO (100.0%)
Anna van Buerenplein 1
2595 DA 's-Gravenhage, NL**

72 Inventor/es:

**SCHOLTES, JOZEF HUBERTUS GERARDUS;
PRINSE, WILHELMUS CORNELIS y
VAN DER LANS, MARCUS JOHANNES**

74 Agente/Representante:

SÁEZ MAESO, Ana

ES 2 743 958 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

Dispositivo iniciador de circuito integrado

5 Campo

La presente invención se refiere a un dispositivo iniciador y a un método para fabricarlo.

Antecedentes

10

En las operaciones de defensa modernas, las municiones deben cumplir varios requisitos. Además de eso, también existe la necesidad de nuevos tipos de municiones, tales como municiones adaptativas o municiones que poseen, por ejemplo, funcionalidad escalable. Para hacer posible este tipo de funcionalidad, se necesitan iniciadores rápidos (microsegundos), confiables y pequeños. En la mayoría de las municiones, se usan iniciadores estándar con explosivos primarios y piezas mecánicas convencionales, ambas son a menudo una fuente de problemas con respecto a la sensibilidad del artículo, y debido a las grandes cantidades de minas sin estallar, lo que también conduce a muchos dispositivos no explotados indeseados en el campo de batalla. Los llamados iniciadores de lámina explosiva (EFI) tienen grandes ventajas sobre los iniciadores estándar, porque son intrínsecamente más seguros (porque en lugar de explosivos primarios se usan explosivos secundarios), más confiables y funcionan en un microsegundo en lugar de milisegundos. También brindan nuevas oportunidades para el desarrollo de municiones inteligentes. Debido a que se usan explosivos secundarios, el EFI puede colocarse en línea con la carga multiplicadora/carga principal y puede usarse un iniciador de explosión completamente electrónico. En este momento, los iniciadores de lámina explosiva (EFI) se usan solo en sistemas de municiones costosos y dependientes del tiempo. Estos dispositivos siguen siendo ineficientes y relativamente grandes y también muy caros. Del documento US4862803 se conoce un iniciador de explosión de silicio integrado. Sin embargo, el dispositivo se integra parcialmente en silicio y tiene un volante formado a partir de silicio epitaxial. Este material se desintegra a altas temperaturas del plasma, lo que hace que el dispositivo sea menos adecuado. Por lo tanto, el desarrollo de un EFI más pequeño es conveniente, pero necesita una mejora del sistema antes de que pueda miniaturizarse. Se conoce un dispositivo iniciador de circuito integrado que comprende un volante del documento US 8 291 824 B1.

15

20

25

30

El documento WO9324803 describe un iniciador de efecto de campo integrado. Se aplica un potencial eléctrico de iniciación a una puerta para efectuar una conducción mejorada en el campo en la trayectoria suficiente para permitir que la vaporización de la trayectoria provoque el inicio de un material explosivo en contacto con la trayectoria. Sin embargo, este tipo de puente conductor tiene una eficacia limitada como un iniciador de aluminio debido a la cantidad limitada de energía que un circuito transistor de efecto de campo cerrado puede absorber en la estructura del puente para recibir una corriente eléctrica suficientemente grande antes de la vaporización.

35

Resumen

40

En la invención se proporcionan las características enumeradas en la reivindicación 1. En particular, un dispositivo iniciador de circuito integrado comprende un sustrato de circuito proporcionado con una capa de aislamiento eléctrico; un circuito de puente conductor eléctrico depositado en la capa de aislamiento; dicho circuito de puente modelado como áreas de contacto y una estructura de puente que conecta las áreas de contacto, dicha estructura de puente dispuesta para formar un plasma cuando la estructura de puente se fusiona por un circuito iniciador que contacta las áreas de contacto; y una capa de polímero que se recubre por hilado en la estructura de puente, para formar un volante que se impulsa lejos del sustrato. El patrón del circuito de puente se diseña en una capa de silicio dopado depositada epitaxialmente en la capa de aislamiento eléctrico, en donde la capa de silicio dopado comprende un dopante de un elemento del grupo III y en donde el patrón del circuito de puente tiene una resistencia óhmica menor a $2 \cdot 10^{-5}$ Ohm.m. Se encuentra que la estructura de esta manera tiene excelentes propiedades de iniciador y puede producirse completamente en masa mediante procesos integrados de fabricación de silicio.

45

50

Breve descripción de las figuras

Ahora se describirán modalidades de la invención, solo a manera de ejemplo, con referencia a los dibujos esquemáticos adjuntos en los que los símbolos de referencia correspondientes indican partes correspondientes, y en los que:

55

la Figura 1 muestra una modalidad de un dispositivo iniciador;

la Figura 2 muestra una vista en planta de una modalidad de la invención;

las Figuras 3A y B muestran vistas en sección transversal primera y segunda de la modalidad de acuerdo con la Figura 1;

las Figuras 4A y B muestran un gráfico esquemático del circuito iniciador; y

60

la Figura 5 muestra de manera esquemática una vista en sección transversal otra modalidad de acuerdo con la invención;

la Figura 6 muestra esquemáticamente las etapas para fabricar un dispositivo iniciador.

Descripción detallada

65

A menos que se especifique de cualquier otra manera, todos los términos (que incluyen términos técnicos y científicos) usados en la presente descripción tienen el mismo significado que el conocido comúnmente por el experto en la técnica

a la que pertenece esta descripción como se lee en el contexto de la descripción y los dibujos. Se entenderá además que los términos, tales como los definidos en los diccionarios comúnmente usados, deben interpretarse como que tienen un significado que es consistente con su significado en el contexto de la técnica relevante y no se interpretarán en un sentido idealizado o excesivamente formal a menos que se defina expresamente en la presente descripción. En algunos casos, pueden omitirse descripciones detalladas de dispositivos y métodos bien conocidos para no oscurecer la descripción de los sistemas y métodos actuales. La terminología usada en la descripción es para describir modalidades particulares no pretende ser limitante de la invención. Como se usa en la presente descripción, las formas singulares "un", "uno" y "el" se pretende que incluyan las formas plurales también, a menos que el contexto claramente lo indique de cualquier otra manera. El término "y/o" incluye cualquiera y todas las combinaciones de uno o más de los artículos enumerados asociados. Debe entenderse que los términos "comprende" y/o "que comprende" especifican la presencia de características establecidas, pero no excluyen la presencia o adición de una o más características adicionales. En caso de conflicto, se controlará la descripción de la patente, que incluye las definiciones.

El término "dispositivo iniciador de circuito integrado" se usa para denotar que el dispositivo iniciador se produce, preferentemente, integralmente mediante técnicas de deposición de capas para llegar a un dispositivo de sustrato en capas, en el que el circuito de puente y el volante se integran. Una capa de polímero puede comprender varios aditivos. Puede estar disponible en láminas delgadas del orden de 25-35 micras. Preferentemente tiene una conductividad térmica muy baja y una alta capacidad de aislamiento. Por ejemplo, la poliimida (PI) también conocida bajo el nombre de Kapton, es de color marrón oscuro y está disponible principalmente en láminas delgadas, pero relativamente grandes. Alternativamente, el parileno puede ser adecuado.

El término "recubrimiento por hilado" se usa de manera convencional en donde el sustrato se hila a alta frecuencia de rotación y se cura a alta temperatura, para formar una capa recubierta. En dependencia del grosor deseado de 25 - 35 micras, se aplican varias capas de material, por ejemplo, 2-15 capas. En dependencia del proceso de curado, la capa puede reducirse en el orden de un tercio, lo que puede explicarse aumentando el número de capas. Un aspecto importante en el ensamble de la producción de la configuración del volante/puente es la ausencia de aire que pueda quedar atrapado entre las capas de polímero en el puente cercano. Una tensión de 1200-1500 voltios puede tender un puente entre la superficie de las dos líneas de transmisión en lugar de una corriente sobre el material del puente. Por lo tanto, un espacio de aire atrapado a lo largo del puente puede evitar que el puente funcione correctamente. Mediante el recubrimiento por hilado y el posterior proceso de curado, pueden evitarse las inclusiones de aire, mejorando de esta manera la función del puente. Además del recubrimiento por hilado, otras técnicas de aplicación, por ejemplo, la pulverización catódica o la laminación, pueden ser factibles para lograr el mismo efecto.

El producto se cura posteriormente a temperatura elevada. El proceso de curado depende de la temperatura. En un ejemplo de producción, una capa de poliimida puede calentarse a 350 °C en una hora y luego curarse durante 50 minutos a 350 °C.

El "sustrato del circuito" puede ser un sustrato de silicio o similar al silicio (por ejemplo, pyrex). El "circuito iniciador" puede ser un circuito convencional adecuado para detonar un dispositivo iniciador que tiene una inductancia muy baja; fusionando la estructura del puente. El circuito iniciador y el puente también pueden combinarse en un solo chip, o acoplarse en un dispositivo MEM, por ejemplo, a través de silicio a través de conexiones.

Los ejemplos se describen en la Figura 4.

La Figura 1 muestra un dispositivo iniciador de explosión basado en microchip 10 en un escenario de una etapa explosiva primaria y secundaria 40, 42. Por ejemplo, el circuito iniciador de explosión 30, cuando está en cortocircuito a través del circuito de puente 12, forma un plasma cuando la estructura del puente se fusiona. El circuito iniciador 30 descarga una corriente en el puente para calentarlo y vaporizarlo en nanosegundos, de manera que un volante 13 se impulsa fuera del sustrato 11 por dicho plasma formado a través de la estructura de cañón 20. Por ejemplo, el circuito iniciador 30 comprende un pequeño condensador C cargado a una alta tensión, un interruptor S, una línea de transmisión T, una lámina explosiva 12 y un explosivo 40. Cuando el condensador C se descarga a través de la línea de transmisión T en la lámina, la lámina 12 explotará e impulsará el volante 13 a una velocidad muy superior a 3 km/s, lo suficientemente alta como para iniciar un explosivo secundario 30 tal como HNS IV. El explosivo conductor 40 acelera el volante secundario 41 que inicia el explosivo multiplicador 42.

Cuanto más eficiente es el sistema, menos energía se usa en el sistema, más pequeños se vuelven los componentes, lo que brinda la oportunidad de reducir la escala del sistema. El uso de un interruptor de estado sólido se suma a una mayor eficiencia y es más eficiente que, por ejemplo, una brecha de chispa de uso frecuente. Además, se proporciona un puente eficiente y económico basado en microchip que incluye un material volante que produce la fuente para el inicio de la carga del conductor. Mientras que la Figura 1 muestra una modalidad con un controlador 40 y un explosivo de refuerzo 42, un dispositivo iniciador de explosión basado en microchip 10 puede iniciar o encender todo tipo de sustancias explosivas, propulsores o pirotecnia, o aplicarse en esquemas iniciadores más complejos con iniciación multipunto y múltiples explosivos o una imprimación que puede ser cualquier aplicación de conversión de energía, por iniciación, combustión, detonación o similar. Las aplicaciones pueden ser en el campo de explosivos, sistemas de combustión, sistemas pirotécnicos, sistemas de bolsas de aire, propulsores.

ES 2 743 958 T3

El material del puente 12, que formará el plasma que impulsa el volante del sistema, tiene una resistencia relativamente baja, por lo que la dinámica total del circuito iniciador eléctrico 30 se optimiza para que la mayor parte de la energía del capacitor se coloque en el puente 12 del EFI dentro de un ciclo de mitad. Por ejemplo, sin limitar en algunas aplicaciones, una resistencia de alrededor de 2Ω parece ser un valor máximo para la resistencia del puente.

Sin embargo, debido a un diámetro crítico de detonación del explosivo (HNS IV o V) de aproximadamente 0,20-0,25 mm, debe formarse un volante de tamaño sustancial. Así también el puente subyacente debe tener un tamaño en el mismo orden de magnitud. Debido a que debe formarse un plasma con una alta temperatura, un puente más grande significa más material para calentar y, por lo tanto, más energía. Sin embargo, el calor específico juega un papel importante en este cálculo. La siguiente tabla presenta la diferencia entre el calentamiento de un puente de cobre en comparación con un puente hecho de aluminio o silicio. Para el cálculo se toma un puente del tamaño de 200 x 300 x 5 micras.

Tabla 2 Parámetros y cálculo de la temperatura final del puente.

Parámetro	Cobre	Silicio	Aluminio	
Densidad	8,96	2,339	2,7	g/cm ³
Longitud	0,02	0,02	0,02	cm
Ancho	0,03	0,03	0,03	cm
Altura	0,0005	0,0005	0,0005	cm
Volumen	0,0000003	0,0000003	0,0000003	cm ³
Masa	2,69E-06	7,017E-07	8,1E-07	G
Masa molar	63,546	28,06	26,98	G
# de moles	4,23001E-08	2,50071E-08	3,002E-08	Mol
Volumen molar	7,10E-06	1,21E-05	1,00E-05	m ³ /mol
Volumen de gas	3,0033E-13	3,03E-13	3,00E-13	m ³
Temperatura de fusión	1357	1683	933	Kelvin
Temperatura de ebullición	2843	3553	2743	Kelvin
Energía usada en el sistema	1,20E-01	1,20E-01	1,20E-01	J
Calor específico	3,80E-01	7,10E-01	0,88	J/gK
Temperatura de fusión	1357	1683	933	K
Energía hasta la fusión	1,39E-03	8,38E-04	6,65E-04	J
Entalpía para la fusión	1,31E+04	5,05E+04	1,07E+04	J/mol
Energía para la fusión	5,52E-04	1,26E-03	3,22E-04	J
Líquido de calentamiento de energía	1,52E-03	9,32E-04	1,29E-03	J
Entalpía de vaporización	3,00E+05	3,84E+05	2,84E+05	J/mol
Energía para vaporización.	1,27E-02)	9,60E-03	8,53E-03	
Total	1,62E-02	1,26E-02	1,08E-02	J
Energía restante	1,04E-01	1,07E-01	1,09E-01	J
Aumento de la temperatura total	1,02E+05	2,16E+05	1,53E+05	K

Con valores de densidad y volumen, puede calcularse la masa de la estructura del puente. Mediante el uso del valor de la masa molar y el volumen molar, puede calcularse el volumen del gas formado a partir del puente sólido. Ambos materiales dan aproximadamente el mismo volumen de $3 \cdot 10^{-13} \text{ m}^3$ de gas. Al formar un plasma primero, los materiales se calientan hasta el punto de fusión, pasando por la fase de fusión, calentando hasta el punto de ebullición y después de eso deben evaporarse. Mediante el uso los valores adecuados para el calor específico, la entalpía de vaporización, etc., se ha calculado la cantidad de energía necesaria para vaporizar el puente. Tomando un valor de 0,12 J de energía disponible, puede determinarse la temperatura máxima del plasma para todos los materiales. Aunque el calor específico del aluminio y el silicio es aproximadamente un factor de 2 más grande que el cobre, la masa del aluminio es

aproximadamente un factor de 3 más pequeño. Esto significa que la temperatura máxima del aluminio (150,000 K) es aproximadamente un factor 1,5 mayor que la temperatura del cobre (102,000 K) y para el silicio, incluso un factor de dos (216,000 K). Entonces, esto muestra que el aluminio como material base para el puente es una mejor opción que, por ejemplo, el cobre, pero, sorprendentemente, el silicio es incluso un mejor material y, por otro lado, produce la misma cantidad de gas. Cuando se usa silicio como puente, puede alcanzarse una temperatura máxima de aproximadamente 216,000 K con la misma cantidad de energía. Cuanto mayor es la temperatura, mayor es la velocidad del sonido del gas y, por lo tanto, la velocidad máxima teórica del volante.

La resistencia depende en gran medida de la forma, el grosor y la relación longitud-ancho y debe ser bastante baja. Una alta resistencia no conducirá a una gran corriente sobre el puente y el calentamiento del sistema no tendrá lugar según lo previsto. Por lo tanto, en varios sistemas de trabajo se usaron metales tal como el cobre o el aluminio.

Otro factor importante es la resistencia del puente durante la fase de plasma. Preferentemente, no se eleva a valores más altos por la misma razón que se mencionó anteriormente. Una resistencia mayor reducirá la eficiencia del proceso eléctrico y no se inducirá toda la energía en el puente dentro de un cierto tiempo. Durante la fase de plasma, la resistencia cae, preferentemente, en el orden de una magnitud para aumentar la corriente en el sistema y el calentamiento rápido del plasma hasta que se produce una explosión. También para este aspecto se encuentra que la resistencia de los puentes metálicos, pero también de un puente de silicio, cae rápidamente y una gran corriente atraviesa el circuito.

Sin embargo, los inventores encontraron para su sorpresa que un gráfico de resistencia al silicio difiere aún más de los gráficos de metal. Debido al aumento de temperatura, la resistencia tiene un pico para un puente de metal. Primero aumenta y después de eso pasa a un plasma y la resistencia cae a un valor bajo y grandes corrientes pueden fluir sobre el puente. Sin embargo, el puente de silicio altamente dopado tiene dos picos. Un pico es el resultado del carácter metálico del material dopado que da lugar a la resistencia y cae después de eso, y el segundo pico se debe al proceso de plasmificación del silicio que da lugar a la resistencia y una caída posterior. Después de este segundo pico, la resistencia cae a un valor muy bajo. Los metales tal como Al y Cu pueden usarse adecuadamente para este propósito, pero el silicio dopado extremadamente alto parece ser más eficiente. Por ejemplo, un rango de aproximadamente $1-4 \cdot 10^{19}$ átomos B/cm³ puede doparse en Si y un rango de aproximadamente $5-10 \cdot 10^{20}$ átomos/cm³ en SiGe. Sin limitarse a la teoría, se cree que este proceso de plasmificación por fases en silicio dopado optimiza la trayectoria de corriente en el circuito de puente, antes de la plasmificación.

La Figura 2 muestra con más detalle una modalidad del circuito de puente 12 proporcionado en un sustrato de circuito, por ejemplo, un sustrato de silicio del tipo mostrado en la Figura 1. Una descarga de un material con una impedancia de choque relativamente baja a un material con una alta impedancia de choque se reflejará en gran parte. Otros materiales de sustrato con una alta impedancia de choque son, por ejemplo, vidrio, cerámica o silicio que tienen altas velocidades de sonido del material. La mayoría de estos materiales también pueden mecanizarse o fabricarse para garantizar una superficie plana. La cerámica o el silicio tienen una gran impedancia de choque debido a la alta velocidad del sonido de estos materiales. Por lo tanto, el impacto de la lámina explosiva se reflejará principalmente en un material de manipulación de silicio en lugar de un material de manipulación de Kapton.

Para facilitar la comprensión, no se muestra ninguna capa de volante en esta vista en planta parcial, pero las Figuras 3A y B muestran la orientación de la capa de volante 13. El circuito de puente 12 se forma sobre una capa de aislamiento eléctrico 120 que subyace a la capa modelada que incluye una estructura de puente 121a y áreas de contacto 121b. La estructura de puente 121a conecta eléctricamente las áreas de contacto 121b, y se dispone para formar un plasma cuando la estructura de puente 121a se fusiona por un circuito iniciador. En un ejemplo preferido, las almohadillas metálicas de interconexión 122 se superponen a las áreas de contacto 121b del circuito de puente 12, pero son factibles otras conexiones adecuadas al circuito iniciador. La estructura del puente se forma por zonas cónicas II que se extienden desde las áreas de contacto I hacia una zona de puente III que define una dirección del flujo de corriente a lo largo de una trayectoria de conexión más corta i entre las áreas de contacto I. La zona de puente III tiene, preferentemente, un alargamiento transversal a la trayectoria de conexión más corta i. Es decir, al menos una parte de la zona de puente III tiene, preferentemente, un ancho w definido entre lados paralelos opuestos, que es más larga que su longitud l, definida por la longitud de los lados paralelos. En una modalidad preferida adicional, la zona de puente se conecta a la zona cónica II a través de bordes redondos en una zona intermedia IIIa entre la zona de puente III y la zona cónica II, para optimizar un flujo de corriente y optimizar la formación de plasma de la estructura de puente 121, en particular en la zona de puente III.

Las Figuras 3A y 3B muestran una primera y segunda vistas en sección transversal de la modalidad de acuerdo con la Figura 2 a lo largo de las líneas A y B, respectivamente. La Figura 3A muestra el sustrato de silicio 11, delimitado por áreas de corte 111 y subyacente al circuito de puente 12. Se muestra que una capa de Kapton (poliimida) 13 se proporciona suprayacente y sustancialmente conforme a la estructura de puentes 12.

El circuito de puente 12 se forma a lo largo de la línea A como capa de aislamiento. La capa de aislamiento eléctrico es, por ejemplo, una capa de dióxido de silicio que se superpone sustancialmente al sustrato de silicio 11 sobre todo su área superficial. En la capa de aislamiento 120, se forma la capa 121 del circuito de puente. Si bien pueden ser adecuados varios materiales, tales como capas de Cu o Al modeladas, se encuentra que, preferentemente, un dispositivo iniciador

de acuerdo con la reivindicación 1, en donde el patrón del circuito de puente se diseña en una capa de silicio dopado depositada epitaxialmente sobre la capa de aislamiento eléctrico.

La capa 121 de silicio dopado puede comprender un dopante de un elemento del grupo V, sin embargo, para esta técnica de dopaje se ha usado un elemento del grupo III. Por ejemplo, puede proporcionarse un dopaje a partir de fósforo o boro, para incluir electrones de valencia adicionales. Los niveles de dopaje pueden optimizarse en dependencia de las propiedades del circuito y se han usado niveles hasta el máximo teórico. En estos niveles, el patrón del circuito de puente tiene una resistencia óhmica muy baja, preferentemente, inferior a $1 \cdot 10^{-5} \Omega\text{m}$. El patrón de circuito de puente 121 tiene un espesor de capa, preferentemente, menor que $4 \mu\text{m}$.

Las áreas de contacto de la capa de circuito de puente 12 se proporcionan con almohadillas de interconexión metálicas superpuestas 122. Las zonas terminales 122 pueden conectarse eléctricamente a través de líneas de transmisión al circuito iniciador que se detalla a continuación.

En las Figuras 3A, la capa de poliimida 13 se superpone directamente al patrón del circuito de puente, en particular la estructura de puente 121a que se fusionará en un plasma cuando se descargue el circuito iniciador y la capa de Kapton 13 se romperá en un volante en el área F. En la Figura 3B se muestra que las áreas de contacto 121b se superponen por las almohadillas metálicas de interconexión 122, y que la capa Kapton 13 se hace girar directamente sobre la capa de aislamiento 120 subyacente al patrón de circuito de puente 121a, b.

Un dispositivo iniciador de acuerdo con la reivindicación 1, en donde la capa de polímero tiene un grosor de capa inferior a 50 micras.

La Figura 4 (A y B) muestra una configuración genérica de la lámina, en donde L y R son de naturaleza sustancialmente parásita, es decir, lo más baja posible, y en donde, después de cerrar el interruptor S, la energía se descarga en el circuito de puente 12. La resistencia del puente es importante para el funcionamiento total del EFI porque es parte de la descarga dinámica del capacitor, después del cierre del interruptor, sobre el puente. El circuito eléctrico del sistema EFI comprende un capacitor C, un interruptor S y una línea de transmisión que pueden proporcionarse por microcircuito. El circuito tiene una inducción parásita L y una resistencia/impedancia R.

La corriente de dicho sistema puede describirse como:

$$I(t) = \frac{U_0}{\omega L} \exp(-t/\tau) \text{sen}(\omega t) \quad (5.1)$$

Con U_0 la tensión sobre el capacitor

$\omega = (1/LC)$ la frecuencia circular

L = la inducción del circuito y

$\tau = (2L/R)$ la constante de tiempo del circuito.

Un ejemplo de dicha descarga se encuentra en la Figura 4B para la descarga de 2 kV con $C=250 \text{ nF}$, $R = 200 \text{ m}\Omega$ y $L = 20 \text{ nH}$.

Modalidades adicionales.

La Figura 5 muestra una modalidad en donde se proporciona un iniciador de explosión EFI basado en microchip 100 en una carcasa de cañón 50 que comprende partes del iniciador de explosión, en particular el puente 12, el circuito de iniciador 30 que incluye un interruptor de estado sólido, las conexiones, un cañón 20 y carcasa para una pastilla HNS que incluye una copa de metal y un soporte de pastilla 55, parte de la carcasa de polímero. En la figura se muestra un dibujo de sección transversal de todos los componentes. La conexión entre el puente 12 y el circuito iniciador 30 puede proporcionarse por líneas de transmisión planas hechas de cobre. El tamaño total se domina principalmente por el tamaño de la pastilla HNS con una altura de aproximadamente 10 mm.

La Figura 6 muestra esquemáticamente las etapas para proporcionar un sustrato (S1) con una capa de aislamiento eléctrico; depositar una capa de circuito de puente conductor eléctrico (S2) en la capa de aislamiento; opcionalmente, la pulverizar el aluminio que cae sobre la parte superior la capa EPI y modelar la capa del circuito de puente en varias etapas de grabado y limpieza (S3) en un circuito de puente que comprende áreas de contacto y una estructura de puente que conecta las áreas de contacto, dicha estructura de puente dispuesta para formar un plasma cuando la estructura de puente se fusiona por un circuito iniciador que pone en contacto las áreas de contacto; y recubrir por hilado (S4) una capa de polímero, preferentemente, en dos o más iteraciones de recubrimiento, por ejemplo, 2-15 veces, sobre la estructura del puente, para formar un volante que se impulsa lejos del sustrato.

El circuito de puente se modela para comprender áreas de contacto y una estructura de puente que conecta las áreas de contacto dispuestas de esta manera para formar un plasma cuando la estructura de puente se fusiona por un circuito iniciador que pone en contacto las áreas de contacto.

Todo el proceso puede llevarse a cabo con procesos de silicio (epitaxiales) conocidos por los expertos. Como resultado, la producción puede proporcionar productos precisos y reproducibles que pueden producirse en grandes cantidades. Otras características y ventajas de este proceso son las siguientes. La deposición de vapor de capas gruesas de metales da como resultado tensión en la capa. El proceso de bombardeo puede ser una mejor solución.

Son posibles capas de varias micras, pero se necesitan varias etapas de procesamiento, los errores se estiman en el rango de 200-300 nm, por ejemplo, para el aluminio. Una capa Kapton también puede procesarse en varias capas. Deben ser posibles errores en el tamaño de las capas dentro del 2 %, sin embargo, el grosor de la capa es más un problema debido a la sensibilidad de los procesos de vaporización, pulverización y grabado.

Otras técnicas de ensamble de una capa de poliimida en la parte superior de un puente a base de silicio pueden ser menos adecuadas y pueden destruir el circuito de puente. Para este propósito, es ventajosa una técnica de hilatura de poliimida líquida (curada por alta temperatura). Se ha usado una técnica de producción diferente con poliimida líquida para este dispositivo de estado sólido. El proceso de curado depende de la temperatura. El grosor de la capa de poliimida depende en gran medida de la velocidad de rotación de la oblea y la viscosidad del material. Debido a la diferencia en la altura de las diferentes capas en el chip (aproximadamente 7 micras más que la capa A1 sobre la capa del puente y 3-4 micras hasta la capa de SiO₂, el proceso de hilado da como resultado una capa PI de 2-3 micras más gruesa sobre el puente que sobre la capa de Al. Esta diferencia puede explicarse para obtener el grosor de capa correcto alrededor del área de puente explosivo teniendo en cuenta la contracción de la capa de polímero durante el curado.

Tabla 1 Propiedades de PI como una función del proceso de curado.

Química	Poliimida				
Propiedad/condición de curado	200 °C/180 m	220 °C/180 m	240 °C/180 m	250 °C/90 min	350 °C/60 min
Resistencia a la tracción, UTS, MPa	139 +/- 15 %	147 +/- 15 %	149 +/- 15 %	145 +/- 15 %	162 +/- 15 %
Módulo de tracción, GPa	3 +/- 15 %	2,9 +/- 15 %	2,9 +/- 15 %	3,2 +/-15 %	3,3 +/- 15 %
Alargamiento @ ruptura	41 % +/- 15 %	55 % +/- 15 %	68 % +/- 15 %	72 % +/- 15 %	85 % +/- 15 %
CTE1, ppm/°C (25 °C-125 °C)	37,87	32,59	30,52		
CTE2, ppm/°C (100 °C-200 °C)	51,78	30,24	61,15	59	52
Tg, °C (DMA)	235	240	245	248	265
Temperatura descomposición, 2 %	de 285	298	305		
Temperatura descomposición, 5 %	de 315	325	330	441	441

El producto y los procesos descritos tienen la ventaja de que puede aplicarse sin ninguna fuerza, aceptar la rotación de una oblea. Se aplica en estado líquido y no queda aire atrapado debajo de la capa. En dependencia de la temperatura y el tiempo de curado, pueden cambiarse las propiedades del material como deformación máxima y resistencia a la tracción.

El grosor de la capa puede modificarse a cualquier grosor necesario hasta aproximadamente 100 micras.

El error en el grosor de la capa puede ser del orden de +/- 1,0 micras.

Con una técnica de máscara estándar, la poliimida puede aplicarse en cualquier forma o ubicación en la oblea/matriz.

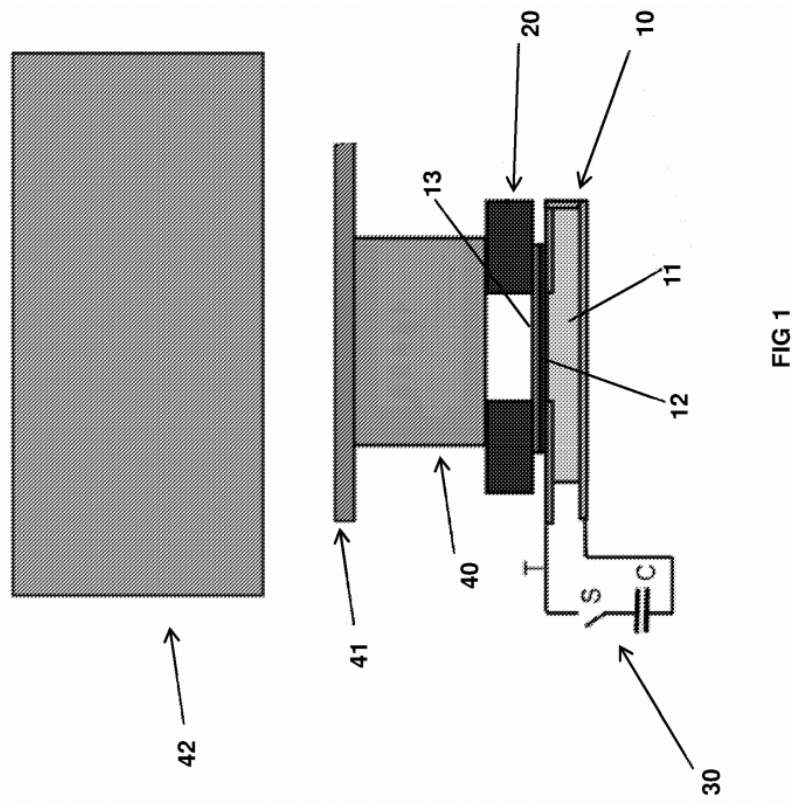
Aunque se muestran modalidades para los sistemas y métodos, los expertos en la técnica también pueden considerar formas alternativas que tienen el beneficio de la presente descripción para lograr una función y un resultado similares. Por ejemplo, pueden combinarse o dividirse en uno o más componentes alternativos.

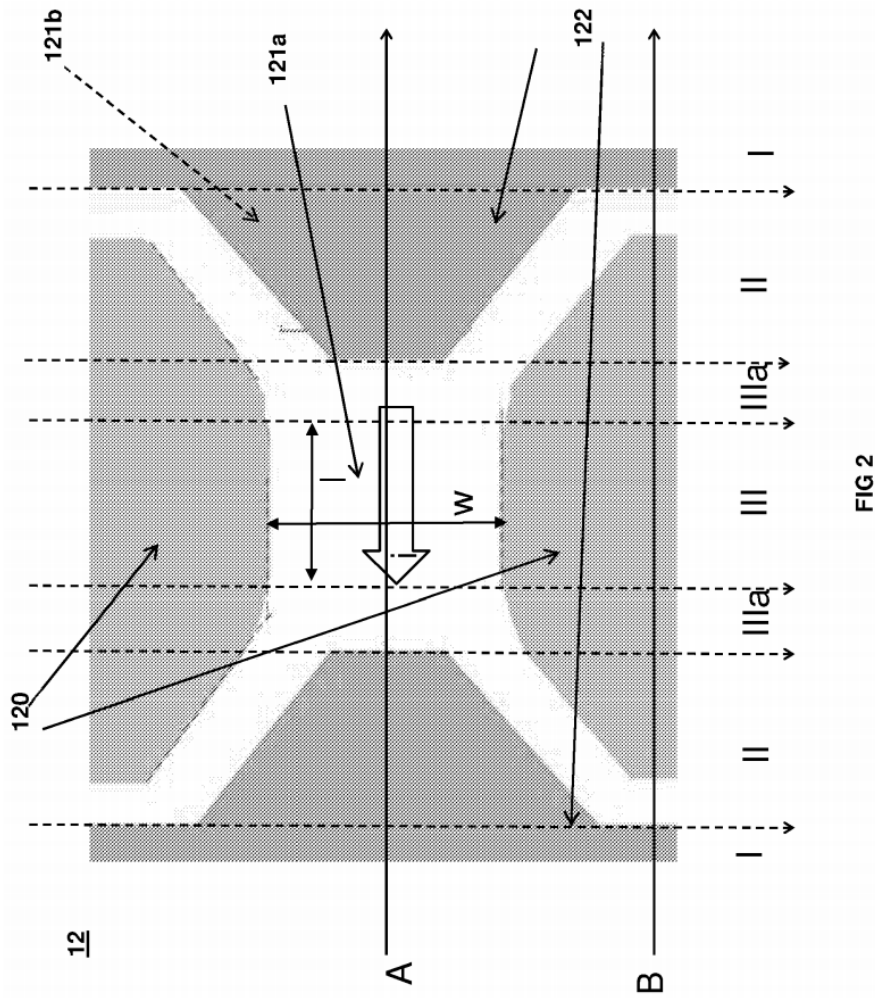
Al interpretar las reivindicaciones adjuntas, debe entenderse que la palabra "que comprende" no excluye la presencia de otros elementos o actos distintos a los enumerados en una reivindicación dada; la palabra "un" o "una" que precede a un elemento no excluye la presencia de una pluralidad de tales elementos; cualquier signo de referencia en las reivindicaciones no limita su alcance; varios "medios" pueden estar representados por el(los) mismo(s) elemento(s) diferente(s) o la estructura o función implementada; cualquiera de los dispositivos descritos o porciones de los mismos pueden combinarse juntos o separarse en porciones adicionales a menos que se indique específicamente de cualquier

otra manera. El mero hecho de que ciertas medidas se exponen en reivindicaciones mutuamente diferentes no indica que una combinación de estas medidas no pueda usarse para beneficio.

REIVINDICACIONES

1. Un dispositivo iniciador de circuito integrado que comprende:
- un sustrato de circuito proporcionado con una capa de aislamiento eléctrico;
 - un circuito de puente conductor eléctrico depositado en la capa de aislamiento;
 - dicho circuito de puente modelado como áreas de contacto y una estructura de puente que conecta las áreas de contacto, dicha estructura de puente dispuesta para formar un plasma cuando la estructura del puente se fusiona por un circuito iniciador que pone en contacto las áreas de contacto;
 - una capa de polímero que se recubre por hilado sobre la estructura de puente, para formar un volante que se impulsa lejos del sustrato por dicho plasma formado, caracterizado porque el patrón del circuito de puente se modela en una capa de silicio dopado depositada epitaxialmente sobre la capa de aislamiento eléctrico, en donde la capa de silicio dopado comprende un dopante de un elemento del grupo III y en donde el patrón del circuito de puente tiene una resistencia óhmica menor que $2 \cdot 10^{-5} \text{ Ohm.m}$.
2. Un dispositivo iniciador de acuerdo con la reivindicación 1, en donde la capa de polímero tiene un grosor de capa inferior a 50 micras.
3. Un dispositivo iniciador de acuerdo con la reivindicación 2, en donde la capa de polímero se modela.
4. Un dispositivo iniciador de acuerdo con la reivindicación 1, en donde el patrón del circuito de puente tiene un grosor de capa menor que 4 micras.
5. Un dispositivo iniciador de acuerdo con la reivindicación 1, en donde la estructura de puente se forma por zonas cónicas que se extienden desde las áreas de contacto a una zona de puente que define una dirección del flujo de corriente a lo largo de una ruta de conexión más corta entre las áreas de contacto; dicha zona de puente tiene un alargamiento transversal a la trayectoria de conexión más corta.
6. Un dispositivo iniciador de acuerdo con la reivindicación 1, en donde la zona del puente se conecta a la zona cónica a través de bordes redondos.
7. Dispositivo iniciador de acuerdo con la reivindicación 1, en donde la capa de aislamiento eléctrico es una capa de dióxido de silicio.
8. Un dispositivo iniciador de acuerdo con la reivindicación 1, en donde las áreas de contacto se proporcionan con almohadillas metálicas de interconexión.
9. Un dispositivo iniciador de acuerdo con la reivindicación 8, en donde las almohadillas metálicas de interconexión se forman por la deposición de aluminio que se extiende hacia las zonas cónicas.
10. Un dispositivo iniciador de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones anteriores que comprende además una estructura de cañón para guiar el volante.





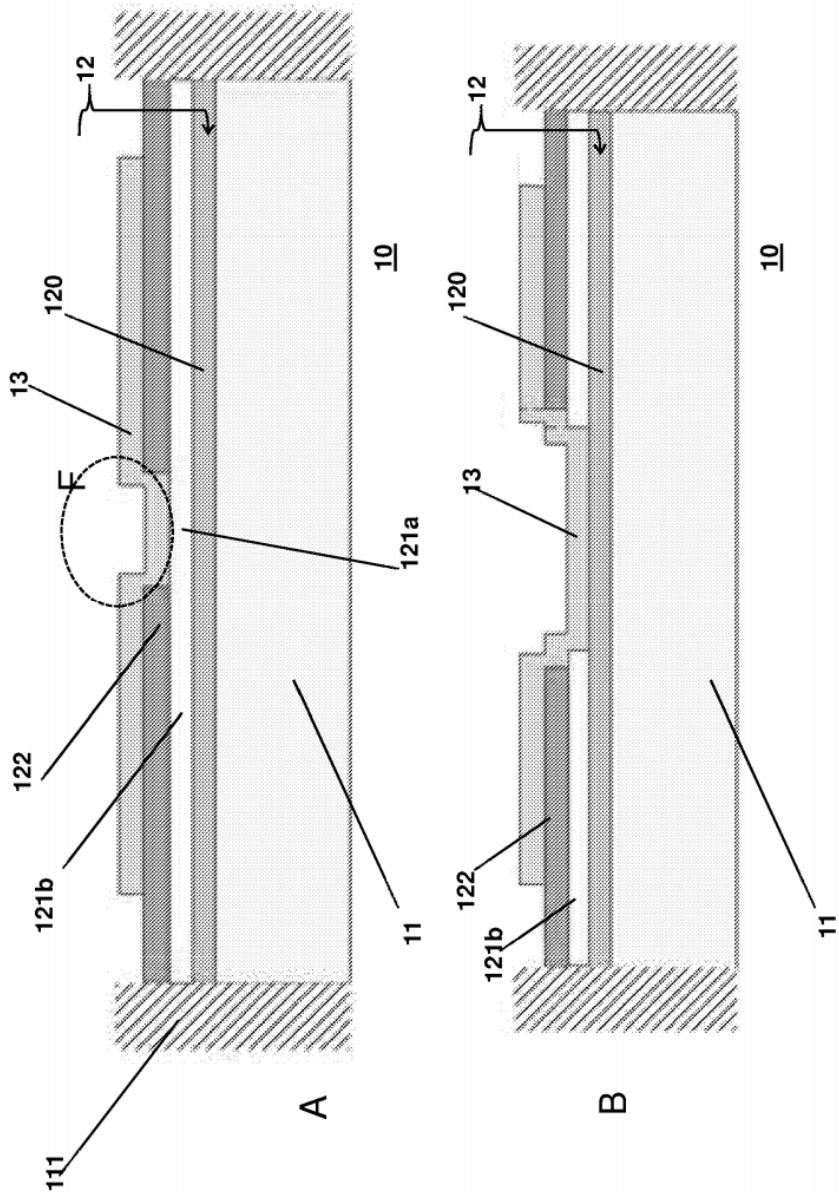


FIG 3

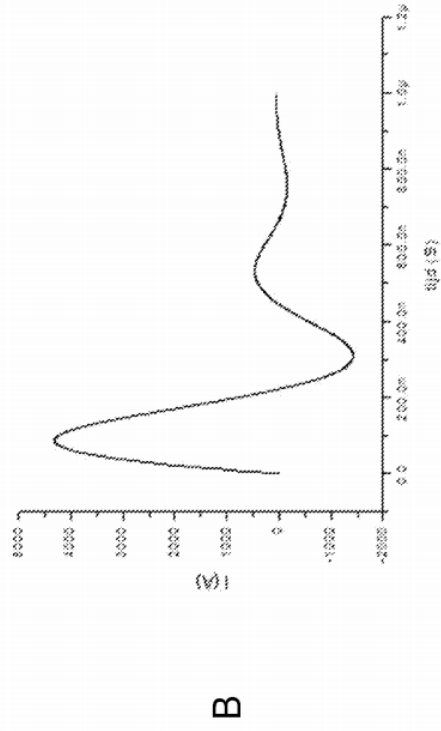
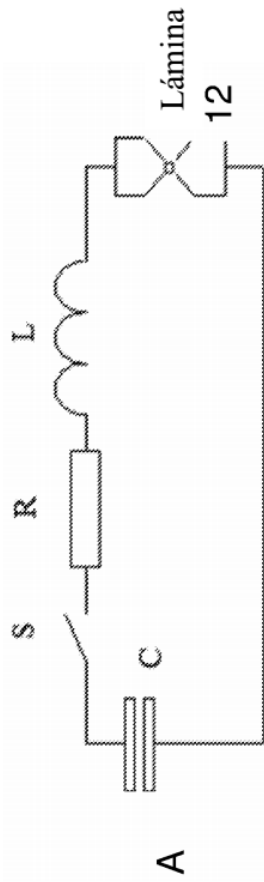
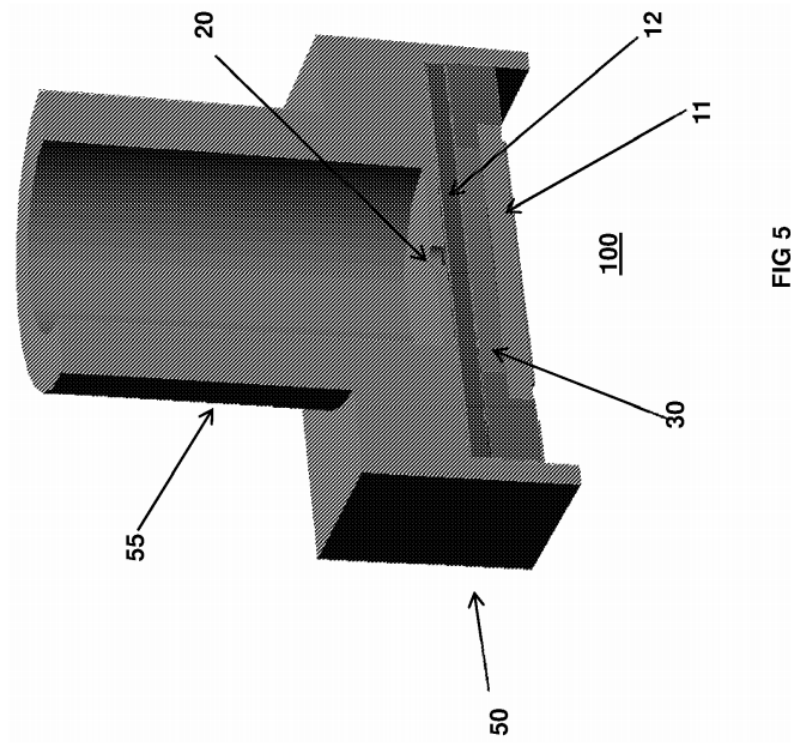


FIG 4



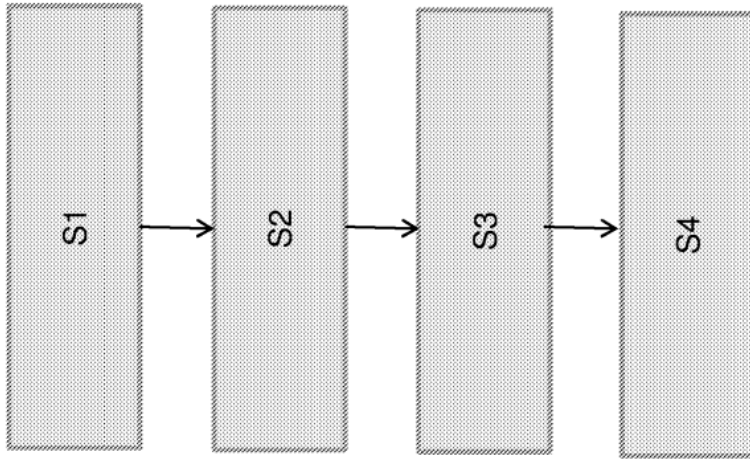


FIG 6