

19



OFICINA ESPAÑOLA DE  
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 939 485**

51 Int. Cl.:

**H01T 2/02** (2006.01)

**H01T 4/16** (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **11.11.2019 E 19208234 (5)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **28.12.2022 EP 3654464**

54 Título: **Conjuntos de tubo de descarga de gas**

30 Prioridad:

**15.11.2018 US 201862767917 P**

**21.06.2019 US 201962864867 P**

**30.10.2019 US 201916667939**

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

**24.04.2023**

73 Titular/es:

**RIPD IP DEVELOPMENT LTD (100.0%)  
66 Akropoleos Acropolis Tower Strovolos  
2012 Nicosia, CY**

72 Inventor/es:

**ROZMAN, ROBERT**

74 Agente/Representante:

**ELZABURU, S.L.P**

**ES 2 939 485 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

Conjuntos de tubo de descarga de gas

### Campo de la invención

5 La presente invención está relacionada con dispositivos de protección de circuitos y, más particularmente, con dispositivos y métodos de protección contra sobretensiones.

### Antecedentes de la invención

10 Con frecuencia, se aplica tensión o corriente excesivas a través de las líneas de servicio que suministran energía a residencias e instalaciones comerciales e institucionales. Estos picos de tensión y corriente excesivas (sobretensiones transitorias y sobrecorrientes) pueden deberse, por ejemplo, a caídas de rayos. Los eventos anteriores pueden ser motivo de especial preocupación en centros de distribución de telecomunicaciones, hospitales y otras instalaciones donde los daños en los equipos provocados por sobretensiones y/o sobrecorrientes y el tiempo de inactividad resultante pueden ser muy costosos.

15 El documento EP 3 226 365 A1 describe un tubo de descarga de gas que incluye una carcasa que define una cámara, electrodos terminales primero y segundo montados en la carcasa, una pluralidad de electrodos internos ubicados en la cámara y un gas contenido en la cámara. Los electrodos internos están dispuestos en serie en la cámara en relación espaciada para definir una serie de espacios de descarga de chispas desde el primer electrodo terminal hasta el segundo electrodo terminal. Un dispositivo de disparo incluye una pluralidad de conexiones de resistencia montadas sobre un sustrato eléctricamente aislante. Las conexiones de resistencia están configuradas para conducir corriente desde los electrodos internos. El dispositivo de disparo está acoplado de forma conductora de la electricidad a uno de los electrodos terminales.

20

### Compendio de la invención

Se proporciona un conjunto de tubo de descarga de gas de acuerdo con la reivindicación 1.

25 En algunas realizaciones, la resistencia de disparo está expuesta a una pluralidad de las celdas y responde a una sobrecarga eléctrica a través de la resistencia de disparo para generar chispas a lo largo de la superficie de interfaz y promover así arcos eléctricos en la pluralidad de las celdas.

En algunas realizaciones, el GDT de celdas múltiples tiene un eje principal y los electrodos internos y los electrodos finales de disparo primero y segundo están espaciados a lo largo del eje principal, y la resistencia de disparo está configurada como una tira alargada que se extiende a lo largo del eje principal.

30 De acuerdo con algunas realizaciones, el GDT de celdas múltiples incluye una pluralidad de las resistencias de disparo que se extienden a lo largo del eje principal y cada una de las cuales tiene una superficie de interfaz, y cada una de las resistencias de disparo está expuesta a una pluralidad de las celdas y responde a una sobrecarga eléctrica a través de la resistencia de disparo para generar chispas a lo largo de la superficie de interfaz de la misma y promover así arcos eléctricos en la pluralidad de las celdas.

35 En algunas realizaciones, el conjunto de tubo de descarga de gas incluye un dispositivo de disparo. El dispositivo de disparo incluye un sustrato del dispositivo de disparo que incluye un surco que se extiende axialmente definido en el mismo, y la resistencia de disparo. La resistencia de disparo está dispuesta en el surco de tal manera que la capa de interfaz quede expuesta.

40 De acuerdo con algunas realizaciones, el sustrato del dispositivo de disparo incluye una pluralidad de surcos sustancialmente paralelos y que se extienden axialmente, definidos en el mismo, y el dispositivo de disparo incluye una pluralidad de resistencias de disparo, dispuesta cada una de ellas en uno respectivo de los surcos.

En algunas realizaciones, el conjunto de tubo de descarga de gas incluye además una resistencia exterior que conecta eléctricamente el primer electrodo final de disparo al segundo electrodo final de disparo, y no está expuesta a las celdas.

En algunas realizaciones, la resistencia exterior está montada en un exterior de la carcasa.

45 De acuerdo con algunas realizaciones, la resistencia de disparo incluye una superficie interior que mira hacia los electrodos internos y que incluye la superficie de interfaz, y el conjunto de tubo de descarga de gas incluye además una capa de protección de la resistencia, eléctricamente aislante, unida a la superficie interior entre la superficie interior y los electrodos internos.

50 De acuerdo con algunas realizaciones, el conjunto de tubo de descarga de gas incluye un GDT primario integral conectado en serie con el GDT de celdas múltiples. El GDT primario es operativo para conducir corriente en respuesta a una condición de sobretensión a través del conjunto del tubo de descarga de gas y antes de la conducción de corriente a través de la pluralidad de espacios de descarga de chispas del GDT de celdas múltiples.

En algunas realizaciones, el GDT primario está conectado eléctricamente a la resistencia de disparo de tal manera que se conduce corriente a través de la resistencia de disparo cuando el GDT primario conduce corriente.

De acuerdo con algunas realizaciones, el GDT primario está ubicado en la cámara del GDT, y la cámara del GDT está sellada herméticamente.

- 5 En algunas realizaciones, la cámara del GDT está sellada herméticamente, el GDT primario incluye una cámara del GDT primario que está sellada herméticamente con respecto a la cámara del GDT, y la cámara del GDT primario contiene un gas del GDT primario que es diferente del gas existente en la cámara del GDT.

De acuerdo con algunas realizaciones, la cámara del GDT está sellada herméticamente.

- 10 En algunas realizaciones, la carcasa incluye un aislante tubular de la carcasa, y al menos un elemento de refuerzo situado en el aislante de la carcasa entre los electrodos internos y el aislante de la carcasa.

De acuerdo con algunas realizaciones, el al menos un elemento de refuerzo incluye una pluralidad de ranuras localizadoras, y cada electrodo interno está insertado en una respectiva de las ranuras localizadoras de tal manera que los electrodos internos se mantienen de este modo en relación axialmente espaciada y pueden moverse lateralmente una distancia de desplazamiento limitada.

- 15 De acuerdo con algunas realizaciones, los electrodos internos son placas sustancialmente planas.

En algunas realizaciones, la resistencia de disparo está conformada de un material que tiene una resistencia eléctrica específica en el rango de aproximadamente 0,1 microhm-metro a 10.000 ohmios-metro.

En algunas realizaciones, la resistencia de disparo tiene una resistencia eléctrica en el rango de aproximadamente 0,1 ohmios a 100 ohmios.

- 20 De acuerdo con algunas realizaciones, la superficie de interfaz de la resistencia de disparo es no homogénea y porosa.

En algunas realizaciones, el GDT de celdas múltiples tiene un eje principal y los electrodos internos están espaciados a lo largo del eje principal, la resistencia de disparo se extiende a lo largo del eje principal, una pluralidad de surcos superficiales espaciados axialmente y que se extienden lateralmente están definidos en las superficies de interfaz de la resistencia de disparo, y los surcos superficiales no se extienden completamente a través de un espesor de la resistencia de disparo, de modo que una parte restante de la resistencia de disparo está presente en la base de cada surco superficial y proporciona continuidad eléctrica a lo largo de una longitud de la resistencia de disparo.

- 25 De acuerdo con algunas realizaciones, cada surco superficial tiene una anchura que se extiende axialmente en el rango de aproximadamente 0,2 mm a 1 mm.

De acuerdo con algunas realizaciones, cada surco superficial tiene una anchura que se extiende axialmente en el rango de aproximadamente 0,2 mm a 1 mm.

- 30 En algunas realizaciones, el conjunto de tubo de descarga de gas incluye un mecanismo térmico de desconexión que responde al calor generado en el conjunto de tubo de descarga de gas para desconectar el conjunto de tubo de descarga de gas de un circuito.

En algunas realizaciones, el conjunto de tubo de descarga de gas incluye un tubo de descarga de gas (GDT) de prueba integral. El GDT de prueba incluye un electrodo del GDT de prueba y una cámara del GDT de prueba. La cámara del GDT de prueba está en comunicación de fluido con la cámara del GDT para permitir el flujo de gas entre la cámara del GDT y la cámara del GDT de prueba.

- 35

### **Breve descripción de los dibujos**

Se describirán ahora una o más realizaciones de la descripción, solo a modo de ejemplo, con referencia a los dibujos adjuntos, en los cuales:

La Figura 1 es una vista en perspectiva de un conjunto de GDT de acuerdo con algunas realizaciones.

- 40 La Figura 2 es una vista en perspectiva y explosionada del conjunto de GDT de la Figura 1.

La Figura 3 es una vista en sección transversal del conjunto de GDT de la Figura 1 tomada a lo largo de la línea 3-3 de la Figura 1.

La Figura 4 es una vista en sección transversal del conjunto de GDT de la Figura 1 tomada a lo largo de la línea 4-4 de la Figura 1.

- 45 La Figura 5 es una vista en perspectiva de un sustrato del dispositivo de disparo que forma parte del conjunto de GDT de la Figura 1.

La Figura 6 es una vista en perspectiva y fragmentaria del dispositivo de disparo que forma parte del conjunto de GDT de la Figura 1.

## ES 2 939 485 T3

- La Figura 7 es una vista en perspectiva del dispositivo de disparo que forma parte del conjunto de GDT de la Figura 1.
- La Figura 8 es una vista en sección transversal del dispositivo de disparo de la Figura 7 tomada a lo largo de la línea 8-8 de la Figura 7.
- 5 La Figura 9 es una vista en sección transversal, fragmentaria y ampliada, del dispositivo de disparo de la Figura 7 tomada a lo largo de la línea 8-8 de la Figura 7.
- La Figura 10 es una vista en perspectiva y fragmentaria del conjunto de GDT de la Figura 1.
- La Figura 11 es una vista en sección transversal del conjunto de GDT de la Figura 10 tomada a lo largo de la línea 11-11 de la Figura 10.
- 10 La Figura 12 es una vista en sección transversal, fragmentaria y ampliada, del conjunto de GDT de la Figura 10 tomada a lo largo de la línea 11-11 de la Figura 10.
- La Figura 13 es una vista en sección transversal, fragmentaria y ampliada, del dispositivo de disparo de la Figura 7 tomada a lo largo de la línea 13-13 de la Figura 2.
- La Figura 14 es una vista en perspectiva de un subconjunto que forma parte del conjunto de GDT de la Figura 1.
- 15 La Figura 15 es una vista en sección transversal del conjunto de GDT de la Figura 1 tomada a lo largo de la línea 15-15 de la Figura 1.
- La Figura 16 es una vista fragmentaria y explosionada del conjunto de GDT de la Figura 1.
- La Figura 17 es una vista fragmentaria y explosionada de un conjunto de GDT de acuerdo con realizaciones adicionales.
- 20 La Figura 18 es una vista en perspectiva de un conjunto de GDT de acuerdo con realizaciones adicionales.
- La Figura 19 es una vista en sección transversal del conjunto de GDT de la Figura 18 tomada a lo largo de la línea 19-19 de la Figura 18.
- La Figura 20 es una vista en perspectiva y explosionada del conjunto de GDT de la Figura 18.
- La Figura 21 es una vista en perspectiva de un conjunto de GDT de acuerdo con realizaciones adicionales.
- 25 La Figura 22 es una vista en sección transversal del conjunto de GDT de la Figura 21 tomada a lo largo de la línea 22-22 de la Figura 21.
- La Figura 23 es una vista en perspectiva y explosionada del conjunto de GDT de la Figura 21.
- La Figura 24 es una vista en perspectiva y explosionada de un GDT primario que forma parte del conjunto de GDT de la Figura 21.
- 30 La Figura 25 es una vista en sección transversal del GDT primario de la Figura 24 tomada a lo largo de la línea 25-25 de la Figura 24.
- La Figura 26 es una vista en perspectiva de un conjunto de GDT de acuerdo con realizaciones adicionales.
- La Figura 27 es una vista en sección transversal del conjunto de GDT de la Figura 26 tomada a lo largo de la línea 27-27 de la Figura 26.
- 35 La Figura 28 es una vista en perspectiva y explosionada del conjunto de GDT de la Figura 26.
- La Figura 29 es una vista en perspectiva y explosionada de un GDT primario que forma parte del conjunto de GDT de la Figura 26.
- La Figura 30 es una vista en sección transversal del GDT primario de la Figura 29 tomada a lo largo de la línea 30-30 de la Figura 29.
- 40 La Figura 31 es una vista en perspectiva y explosionada de un conjunto de GDT de acuerdo con realizaciones adicionales.
- La Figura 32 es un diagrama eléctrico esquemático de un circuito formado por el conjunto de GDT de la Figura 1.
- La Figura 33 es una vista en perspectiva de un dispositivo de disparo de acuerdo con realizaciones adicionales.

La Figura 34 es una vista en sección transversal del dispositivo de disparo de la Figura 33 tomada a lo largo de la línea 34-34 de la Figura 33.

La Figura 35 es una vista en sección transversal y fragmentaria del dispositivo de disparo de la Figura 33 tomada a lo largo de la línea 35-35 de la Figura 33.

- 5 La Figura 36 es una vista en perspectiva de un módulo SPD de acuerdo con realizaciones de la invención, incluyendo el módulo SPD un conjunto de GDT de acuerdo con algunas realizaciones.

La Figura 37 es una vista en perspectiva y fragmentaria del módulo SPD de la Figura 36.

La Figura 38 es una vista en sección transversal del módulo SPD de la Figura 36 tomada a lo largo de la línea 38-38 de la Figura 37.

- 10 La Figura 39 es una vista en perspectiva y explosionada de un GDT primario que forma parte del conjunto de GDT de la Figura 36.

La Figura 40 es una vista en sección transversal del GDT primario de la Figura 39 tomada a lo largo de la línea 38-38 de la Figura 37.

- 15 La Figura 41 es una vista en sección transversal, fragmentaria y ampliada, del módulo SPD de la Figura 36 tomada a lo largo de la línea 38-38 de la Figura 37.

La Figura 42 es una vista en perspectiva, fragmentaria y ampliada, del conjunto de GDT de la Figura 36.

#### **Descripción detallada de realizaciones de la invención**

- 20 En lo que sigue se describirá ahora con más detalle la presente invención con referencia a los dibujos adjuntos, en los cuales se muestran realizaciones ilustrativas de la invención. En los dibujos, los tamaños relativos de regiones o rasgos pueden estar exagerados para mayor claridad. Sin embargo, esta invención se puede implementar de muchas formas diferentes y no se debería interpretar como limitada a las realizaciones descritas en este documento; más bien, estas realizaciones se proporcionan para que esta descripción sea exhaustiva y completa, y transmita completamente el alcance de la invención a las personas con experiencia en la técnica.

- 25 Se entenderá que cuando se hace referencia a un elemento diciendo que está "acoplado" o "conectado" a otro elemento, puede estar directamente acoplado o conectado al otro elemento o también pueden estar presentes elementos intermedios. En cambio, cuando se hace referencia a un elemento diciendo que está "directamente acoplado" o "directamente conectado" a otro elemento, no está presente ningún elemento intermedio. Números similares hacen referencia a elementos similares a lo largo de todo el documento.

- 30 Además, en este documento se pueden usar términos espacialmente relativos, como "por debajo", "debajo", "inferior", "por encima", "superior" y similares, para mayor facilidad de descripción para describir la relación de un elemento o rasgo con otro(s) elemento(s) o rasgos(s) ilustrados en las figuras. Se entenderá que los términos espacialmente relativos están concebidos para abarcar diferentes orientaciones del dispositivo durante su uso o funcionamiento además de la orientación representada en las figuras. Por ejemplo, si se da la vuelta al dispositivo de las figuras, los elementos descritos como "por debajo" o "debajo" de otros elementos o rasgos estarían entonces orientados "por encima" de los otros elementos o características. De esta forma, el término de ejemplo "por debajo" puede abarcar tanto una orientación de por encima como de por debajo. El dispositivo se puede orientar de otro modo (girándolo 90 grados o en otras orientaciones) y los descriptores espacialmente relativos usados en este documento pueden ser interpretados en consecuencia.

- 40 Es posible que funciones o construcciones bien conocidas no se describan en detalle por razones de brevedad y/o claridad.

Tal como se usa en este documento, la expresión "y/o" incluye cualquiera de las combinaciones y todas las combinaciones de uno o más de los elementos enumerados asociados.

- 45 La terminología utilizada en este documento tiene el propósito de describir realizaciones particulares únicamente y está concebida para que sea limitativa de la invención. Tal como se usan en este documento, las formas singulares "un", "una" y "el", "la" están concebidas para incluir también las formas plurales, a menos que el contexto indique claramente lo contrario. Se entenderá además que los términos "comprende" y/o "que comprende", cuando se usan en esta especificación, especifican la presencia de los rasgos, números enteros, pasos, operaciones, elementos y/o componentes indicados, pero no excluyen la presencia o adición de uno o más rasgos, números enteros, pasos, operaciones, elementos, componentes y/o grupos de los mismos.

- 50 A menos que se defina algo diferente, todos los términos (incluidos los términos técnicos y científicos) utilizados en este documento tienen el mismo significado que entiende comúnmente una persona con experiencia ordinaria en la técnica a la que pertenece esta invención. Se entenderá además que los términos, como los definidos en los diccionarios de uso común, se deberían interpretar con un significado que sea consistente con su significado en el

contexto de la técnica relevante y no se interpretarán en un sentido idealizado o demasiado formal a menos que así se defina expresamente en este documento.

5 Tal como se usa en este documento, una "junta hermética" es una junta que impide el paso, escape o intrusión de aire u otro gas a través de la junta (es decir, estanca al aire). "Sellado herméticamente" significa que el hueco o estructura descritos (p. ej., una cámara) está sellado para impedir el paso, escape o intrusión de aire u otro gas hacia dentro o hacia fuera del hueco o estructura.

Tal como se usa en este documento, "monolítico" significa un objeto que es una única pieza unitaria conformada o compuesta de un material sin juntas ni costuras.

10 Con referencia a las Figuras 1-16, en ellas se muestra un protector de gas ("*gas arrestor*") modular de celdas múltiples o conjunto de tubo de descarga de gas (GDT) 100 de acuerdo con realizaciones de la invención. El GDT 100 incluye un aislante 110 de la carcasa, un primer electrodo externo o terminal 132, un segundo electrodo externo o terminal 134, un electrodo final del GDT primario 140, un primer electrodo final de disparo 142, un segundo electrodo final de disparo 144, un conjunto E de electrodos internos E1-E21, juntas 118, capas de unión 119, un par de elementos localizadores 120, un agente de unión 128, un par de cubiertas o dispositivos de disparo 150, y un gas seleccionado M.

Como se expone con mayor detalle más adelante, el conjunto de GDT 100 incluye un GDT independiente o primario 104 y un GDT principal o secundario de celdas múltiples 102.

Los dispositivos de disparo 150 y los electrodos finales de disparo 142, 144 forman en conjunto un sistema de disparo 141.

20 El aislante 110 de la carcasa es generalmente tubular y tiene aberturas finales 114A, 114B axialmente opuestas que comunican con un pasaje o cavidad pasante 112. El aislante 110 de la carcasa también incluye una pestaña localizadora anular 116 próxima a la abertura 114A, pero separada axialmente de ella. El aislante 110 de la carcasa y la cavidad 112 son rectangulares en sección transversal.

25 El aislante 110 de la carcasa puede estar conformado de cualquier material eléctricamente aislante adecuado. De acuerdo con algunas realizaciones, el aislante 110 está conformado de un material que tiene una temperatura de fusión de al menos 1000 grados Celsius y, en algunas realizaciones, de al menos 1600 grados Celsius. En algunas realizaciones, el aislante 110 está conformado de una cerámica. En algunas realizaciones, el aislante 110 incluye o está conformado de cerámica de alúmina ( $Al_2O_3$ ) y, en algunas realizaciones, al menos de aproximadamente el 90% de  $Al_2O_3$ . En algunas realizaciones, el aislante 110 es monolítico.

30 El aislante 110 de la carcasa y los electrodos terminales 132, 134 forman en conjunto una envuelta o carcasa 106 que define una cámara 108 del GDT cerrada. La cámara 108 es rectangular en sección transversal. Los electrodos internos E1-E21, los elementos localizadores 120, los electrodos 140, 142, 144, los dispositivos de disparo 150, y el gas M están contenidos en la cámara 108. El electrodo final de disparo 142 divide la cámara 108 del GDT en una cámara secundaria 108A y una cámara 109 primaria del GDT.

35 La carcasa 106 tiene un eje longitudinal central o principal A-A, un primer eje lateral o transversal B-B perpendicular al eje A-A, y un segundo eje lateral o en altura C-C perpendicular a los ejes A-A y B-B.

40 El primer electrodo terminal 132 está montado en íntimo contacto eléctrico con el electrodo final del GDT primario 140. Como se expone más adelante en este documento, los electrodos 142, E1-E21, y 144 están espaciados axialmente para definir una pluralidad de espacios G (veintidós espacios G) y una pluralidad de celdas C (veintidós celdas C) entre los electrodos 142, E1-E21, y 144. Además, el electrodo final del GDT primario 140 y el primer electrodo final de disparo 142 están espaciados axialmente para definir un espacio GP del GDT primario y una celda CP del GDT primario entre los electrodos 140 y 142. Los electrodos 140, 142, E1-E21, y 144, los espacios G, GP, y las celdas C, CP se distribuyen en serie en relación espaciada a lo largo del eje A-A.

45 Cada elemento localizador 120 incluye un cuerpo 122 que tiene una pluralidad de nervios integrales que definen ranuras localizadoras 124. Protuberancias localizadoras integrales opuestas 126 sobresalen lateralmente hacia el exterior desde el cuerpo 122.

50 Los elementos localizadores 120 pueden estar conformados de cualquier material eléctricamente aislante adecuado. De acuerdo con algunas realizaciones, los elementos localizadores 120 están conformados de un material que tiene una temperatura de fusión de al menos 1000 grados Celsius y, en algunas realizaciones, de al menos 1600 grados Celsius. En algunas realizaciones, cada elemento localizador 120 está conformado de una cerámica. En algunas realizaciones, cada elemento localizador 120 incluye o está conformado de cerámica de alúmina ( $Al_2O_3$ ) y, en algunas realizaciones, al menos de aproximadamente el 90% de  $Al_2O_3$ . En algunas realizaciones, cada elemento localizador 120 es monolítico.

55 Los electrodos terminales 132, 134 son placas sustancialmente planas, cada una de las cuales tiene superficies planas opuestas 136 sustancialmente paralelas. Los electrodos 132, 134 pueden estar conformados de cualquier material

adecuado. De acuerdo con algunas realizaciones, los electrodos 132, 134 están conformados de metal y, en algunas realizaciones, están conformados de molibdeno o Kovar. De acuerdo con algunas realizaciones, cada uno de los electrodos 132, 134 es unitario y, en algunas realizaciones, monolítico.

5 Los electrodos terminales 132, 134 están asegurados y sellados por las capas de unión 119 por encima de las aberturas 114A, 114B y cubriéndolas. De este modo las capas de unión 119 junto con las juntas 118 sellan herméticamente las aberturas 114A, 114B. En algunas realizaciones, las capas de unión 119 son capas de metalización, soldadura blanda o de base metálica. Materiales de base metálica adecuados para conformar las capas de unión 119 pueden incluir metalización de Ma-Mo niquelada. Materiales adecuados para las juntas 118 pueden incluir una aleación de soldadura fuerte, como por ejemplo una aleación de plata y cobre.

10 Los electrodos finales de disparo 142, 144 son placas sustancialmente planas, cada una de las cuales tiene superficies planas opuestas 146 sustancialmente paralelas. Los electrodos 142, 144 pueden estar conformados de cualquier material adecuado. De acuerdo con algunas realizaciones, los electrodos 142, 144 están conformados de metal y, en algunas realizaciones, están conformados de molibdeno o Kovar. De acuerdo con algunas realizaciones, cada uno de los electrodos 142, 144 es unitario y, en algunas realizaciones, monolítico.

15 El electrodo final del GDT primario 140 es una placa sustancialmente plana que tiene superficies planas opuestas 146 sustancialmente paralelas. El electrodo 140 puede estar conformado de cualquier material adecuado. De acuerdo con algunas realizaciones, los electrodos 140 están conformados de metal y, en algunas realizaciones, están conformados de molibdeno o Kovar. De acuerdo con algunas realizaciones, el electrodo 140 es unitario y, en algunas realizaciones, monolítico.

20 Los electrodos internos E1-E21 son placas sustancialmente planas con caras planas 137 opuestas.

De acuerdo con algunas realizaciones, cada uno de los electrodos E1-E21 tiene un espesor T1 (Figura 4) en el rango de aproximadamente 0,5 a 1 mm y, en algunas realizaciones, en el rango de aproximadamente 0,8 a 1,5 mm. De acuerdo con algunas realizaciones, cada electrodo E1-E21 tiene una altura H1 en el rango de aproximadamente 4 a 10 mm y, en algunas realizaciones, en el rango de 8 a 20 mm. De acuerdo con algunas realizaciones, la anchura W1 de cada electrodo E1-E21 está en el rango de aproximadamente 4 a 30 mm.

25 Los electrodos E1-E21 pueden estar conformados de cualquier material adecuado. De acuerdo con algunas realizaciones, los electrodos E1-E21 están conformados de metal y, en algunas realizaciones, están conformados de molibdeno, cobre, tungsteno o acero. De acuerdo con algunas realizaciones, cada uno de los electrodos E1-E21 es unitario y, en algunas realizaciones, monolítico.

30 Los bordes laterales de los electrodos E1-E21 están insertados en ranuras 124 opuestas de los elementos localizadores 120, y los electrodos E1-E21 están por lo tanto semifijos o montados de forma flotante en la cámara 108. Como se expuso anteriormente, los electrodos internos E1-E21 están situados en serie y distribuidos en la cámara 108 a lo largo del eje A-A. Los electrodos E1-E21 están situados de tal manera que cada electrodo E1-E21 está espaciado físicamente de los otros electrodos internos E1-E21 inmediatamente adyacentes. De este modo los elementos localizadores 120 limitan el desplazamiento axial (a lo largo del eje A-A) y el desplazamiento lateral (a lo largo del eje B-B) de cada electrodo E1-E21 con respecto a la carcasa 106. Cada electrodo E1-E21 también está capturado entre los dispositivos de disparo 150 para limitar así el desplazamiento lateral (a lo largo del eje C-C) del electrodo E1-E14 con respecto a la carcasa 106.

35 El electrodo final del GDT primario 140 está asegurado en su posición y capturado axialmente entre la pestaña localizadora 116 y el primer electrodo terminal 132.

40 El primer electrodo final de disparo 142 está asegurado en su posición y capturado axialmente entre la pestaña localizadora 116 y los extremos de los elementos localizadores 120 y los dispositivos de disparo 150. De este modo el primer electrodo final de disparo 142 está espaciado axialmente del electrodo final del GDT primario 140.

45 De esta manera, cada electrodo 140, 142, E1-E21, y 144 está situado y retenido positivamente en su posición con respecto a la carcasa 106 y a los otros electrodos 140, 142, E1-E21, y 144. En algunas realizaciones, los electrodos 140, 142, E1-E21, y 144 están asegurados de esta manera sin el uso de unión o elementos de fijación adicionales aplicados a los electrodos E1-E21 o, en algunas realizaciones, a los electrodos 140, 142, E1-E21, y 144. Los electrodos 140, 142, E1-E21, y 144 pueden estar semifijos o capturados de forma holgada entre el aislante 110 de la carcasa, los elementos localizadores 120 y los dispositivos de disparo 150. Los electrodos 140, 142, E1-E21, y 144 pueden ser capaces de flotar con respecto al aislante 110 de la carcasa, a los elementos localizadores 120, y/o a los dispositivos de disparo 150 a lo largo de uno o más de los ejes A-A, B-B, C-C en un grado limitado dentro de la carcasa 106.

50 Las cubiertas o dispositivos de disparo 150 se pueden construir de la misma manera. A continuación se describirá uno de los dispositivos de disparo 150, entendiéndose que esta descripción aplica igualmente al otro dispositivo de disparo 150.

55

Cada dispositivo de disparo 150 incluye un sustrato 152, una pluralidad de capas de resistencia o resistencias de disparo interiores 160, una capa de resistencia o resistencia suplementaria exterior 164, y un par de contactos 170 metálicos.

5 El sustrato 152 incluye una pared o cuerpo secundario 153 y un par de pestañas integrales 154 lateralmente opuestas. En cada pestaña 154 está definido un rebaje 154A. En el lado interior del cuerpo 153 están definidos rebajes o surcos interiores 156 que se extienden axialmente. En el lado exterior del cuerpo 153 está definido un rebaje o surco exterior 158 que se extiende axialmente. El cuerpo 153 tiene bordes finales 153A, 153B axialmente opuestos. Cada uno de los surcos 156, 158 se extiende desde el borde 153A hasta el borde 153B.

10 El sustrato 152 puede estar conformado de cualquier material eléctricamente aislante adecuado. De acuerdo con algunas realizaciones, el sustrato 152 está conformado de un material que tiene una temperatura de fusión de al menos 1000 grados Celsius y, en algunas realizaciones, de al menos 1600 grados Celsius. En algunas realizaciones, el sustrato 152 está conformado de una cerámica. En algunas realizaciones, el sustrato 152 incluye o está conformado de cerámica de alúmina ( $Al_2O_3$ ) y, en algunas realizaciones, al menos de aproximadamente el 90%  $Al_2O_3$ . En algunas realizaciones, el sustrato 152 es monolítico.

15 Cada resistencia de disparo interior 160 es una capa o tira alargada que tiene un eje longitudinal I-I, que puede ser sustancialmente paralelo al eje A-A. Los extremos opuestos 160A y 160B de cada resistencia 160 están ubicados en los bordes finales 153A y 153B, respectivamente, del sustrato 152 de modo que cada resistencia 160 es sustancialmente coextensiva axialmente con el cuerpo 153. Cada resistencia 160 se extiende de forma continua desde el extremo 160A hasta el extremo 160B y desde el extremo 153A hasta el extremo 153B. Cada  
20 resistencia 160 está insertada en uno respectivo de los surcos 156 de tal manera que una superficie de interfaz interior 161 de la resistencia 160 es sustancialmente coplanar con una superficie interior 153C del cuerpo 153.

Como se explica a continuación, cada resistencia de disparo 160 incluye una pluralidad de surcos superficiales 162 espaciados axialmente y distribuidos en serie definidos en la superficie de interfaz 161 de la resistencia 160. Los surcos 162 se extienden longitudinalmente transversales al eje I-I. Los surcos 162 no se extienden a través de todo el  
25 espesor T3 de las resistencias 160, de modo que una parte restante 163 de cada resistencia 160 permanece en el fondo de cada surco 162. Las partes restantes 163 proporcionan continuidad en toda la longitud de la resistencia 160.

Las resistencias de disparo 160 pueden estar conformadas de cualquier material eléctricamente resistivo adecuado. De acuerdo con algunas realizaciones, las resistencias interiores 160 están conformadas de una mezcla de aluminio y vidrio. Sin embargo, las resistencias 160 pueden estar conformadas de cualquier otro material eléctricamente  
30 resistivo adecuado.

De acuerdo con algunas realizaciones, las resistencias de disparo 160 están conformadas de un material que tiene una resistencia eléctrica específica en el rango de aproximadamente 0,1 micro-ohm-metro a 10.000 ohm-metro.

De acuerdo con algunas realizaciones, cada una de las resistencias de disparo 160 tiene una resistencia eléctrica en el rango de aproximadamente 0,1 a 100 ohmios.

35 De acuerdo con algunas realizaciones, cada una de las resistencias de disparo 160 tiene un área en sección transversal (en el plano definido por los ejes B-B y C-C) en el rango de aproximadamente 0,1 a 10 mm<sup>2</sup>.

De acuerdo con algunas realizaciones, cada una de las resistencias de disparo 160 tiene una longitud L3 (Figura 8) en el rango de aproximadamente 3 a 50 mm.

40 De acuerdo con algunas realizaciones, cada una de las resistencias de disparo 160 tiene un espesor T3 (Figura 9) en el rango de aproximadamente 0,1 a 3 mm.

De acuerdo con algunas realizaciones, cada una de las resistencias de disparo 160 tiene una anchura W3 (Figura 7) en el rango de aproximadamente 0,2 a 20 mm.

De acuerdo con algunas realizaciones, la anchura W4 (Figura 9) de cada surco 162 está en el rango de aproximadamente 0,2 mm a 1 mm y, en algunas realizaciones, está en el rango de aproximadamente 0,02 a 0,3 mm.

45 De acuerdo con algunas realizaciones, la longitud L4 de cada surco 162 se extiende por toda la anchura W3 de su resistencia 160. En este caso, los surcos 162 dividen o parten la superficie de interfaz 161 en una serie de secciones de superficie de interfaz discretas 161A (Figura 9).

De acuerdo con algunas realizaciones, cada surco 162 tiene una profundidad T4 (Figura 9) en el rango de aproximadamente 0,1 a 2 mm. De acuerdo con algunas realizaciones, cada parte restante 163 tiene un espesor T5  
50 (Figura 9) en el rango de aproximadamente 0,2 a 1 mm.

De acuerdo con algunas realizaciones, la separación W5 (Figura 9) entre cada surco adyacente 162 está en el rango de aproximadamente 0,3 a 7 mm.

- 5 La resistencia exterior 164 es una capa o tira alargada que tiene un eje longitudinal J-J, el cual puede ser sustancialmente paralelo al eje A-A. Los extremos opuestos 164A y 164B de la resistencia 164 están ubicados en los bordes finales 153A y 153B, respectivamente, del sustrato 152 de modo que la resistencia 164 es sustancialmente axialmente coextensiva con el cuerpo 153. La resistencia 164 se extiende de forma continua desde el extremo 164A hasta el extremo 164B y desde el extremo 153A hasta el extremo 153B. La resistencia 164 está insertada en el surco exterior 158.
- La resistencia exterior 164 puede estar conformada de cualquier material eléctricamente resistivo adecuado. De acuerdo con algunas realizaciones, la resistencia exterior 164 está conformada de una mezcla de aluminio y vidrio. La resistencia 164 puede estar conformada de otros materiales eléctricamente resistivos adecuados.
- 10 De acuerdo con algunas realizaciones, la resistencia exterior 164 está conformada de un material que tiene una resistencia eléctrica específica en el rango de aproximadamente 5 ohm-metro a 5,000 ohm-metro.
- De acuerdo con algunas realizaciones, la resistencia exterior 164 tiene una resistencia eléctrica en el rango de aproximadamente 10 a 2.000 ohmios.
- 15 De acuerdo con algunas realizaciones, la resistencia exterior 164 tiene un área de sección transversal (en el plano definido por los ejes B-B y C-C) en el rango de aproximadamente 0,1 a 3 mm<sup>2</sup>.
- De acuerdo con algunas realizaciones, la resistencia exterior 164 tiene una longitud L6 (Figura 11) en el rango de aproximadamente 3 a 50 mm.
- De acuerdo con algunas realizaciones, la resistencia exterior 164 tiene un espesor T6 (Figura 13) en el rango de aproximadamente 0,1 a 1 mm.
- 20 De acuerdo con algunas realizaciones, la resistencia exterior 164 tiene una anchura W6 (Figura 10) en el rango de aproximadamente 0,2 a 10 mm.
- Cada contacto 170 tiene forma de U e incluye un cuerpo 170A y pestañas opuestas 170B que definen en conjunto un canal 170C. Cada contacto 170 está montado en el dispositivo de disparo 150 por encima de un borde final 153A, 153B de tal manera que el borde final 153A, 153B queda alojado en el canal 170C, el cuerpo 170A abarca la cara final del sustrato 152, y las pestañas 170B se solapan y engranan con los lados interior y exterior del sustrato 152.
- 25 Los contactos 170 pueden estar conformados de cualquier material adecuado. En algunas realizaciones, los contactos 170 están conformados de metal, como por ejemplo una lámina de níquel.
- El agente de unión 128 está unido a, y une entre sí, los elementos localizadores 120 y los sustratos 152.
- 30 De acuerdo con algunas realizaciones, el agente de unión 128 es un adhesivo. Tal como se usa en este documento, adhesivo se refiere a adhesivos y pegamentos derivados de fuentes naturales y/o sintéticas. El adhesivo es un polímero que se adhiere a las superficies que se quieren unir. El adhesivo 128 puede ser cualquier adhesivo adecuado. De acuerdo con algunas realizaciones, el agente de unión 128 es un pegamento. Los adhesivos adecuados pueden incluir adhesivo de silicato.
- En algunas realizaciones, el adhesivo 128 tiene una alta temperatura de funcionamiento, por encima de 800°C.
- 35 El gas M puede ser cualquier gas adecuado, y puede ser un único gas o una mezcla de dos o más (p. ej., 2, 3, 4, 5, o más) gases. De acuerdo con algunas realizaciones, el gas M incluye al menos un gas inerte. En algunas realizaciones, el gas M incluye al menos un gas seleccionado de argón, neón, helio, hidrógeno y/o nitrógeno. De acuerdo con algunas realizaciones, el gas M es o incluye helio. En algunas realizaciones, el gas M puede ser aire y/o una mezcla de gases presentes en el aire.
- 40 De acuerdo con algunas realizaciones, el gas M puede comprender un único gas en cualquier cantidad adecuada, como, por ejemplo, en cualquier cantidad adecuada en una mezcla con al menos otro gas. En algunas realizaciones, el gas M puede comprender un único gas en una cantidad de aproximadamente 0,1%, 0,5%, 1%, 5%, 10%, 15%, 20%, 25%, 30%, 35%, 40%, 45%, 50%, 55%, 60%, 65%, 70%, 75%, 80%, 85%, 90%, 95%, 98% o 99% en volumen del volumen total de gas presente en la cámara 108, o cualquier rango en el mismo. En algunas realizaciones, el gas M puede comprender un único gas en una cantidad de menos del 50% (p. ej., menos del 40%, 30%, 20%, 10%, 5% o 1%) en volumen del volumen total de gas presente en la cámara 108. En algunas realizaciones, el gas M puede comprender un único gas en una cantidad de más del 50% (p. ej., más del 60%, 70%, 80%, 90% o 95%) en volumen del volumen total de gas presente en la cámara 108 del GDT. En algunas realizaciones, el gas M puede comprender un único gas en una cantidad en un rango de aproximadamente 0,5% a aproximadamente 15%, de aproximadamente 1% a aproximadamente 50%, o de aproximadamente 50% a aproximadamente 99% en volumen del volumen total de gas presente en la cámara 108. En algunas realizaciones, el gas M comprende al menos un gas presente en una cantidad de al menos el 50% en volumen del volumen total de gas presente en la cámara 108. De acuerdo con algunas realizaciones, el gas M comprende helio en una cantidad de al menos el 50% en volumen del volumen total de gas presente en la cámara 108. De acuerdo con algunas realizaciones, el gas M comprende al menos un gas presente en

una cantidad de aproximadamente el 90% o más en volumen del volumen total de gas presente en la cámara 108, y, en algunas realizaciones, en una cantidad de aproximadamente el 100% en volumen del volumen total de gas presente en la cámara 108.

5 De acuerdo con algunas realizaciones, el gas M puede comprender una mezcla de un primer gas y un segundo gas (p. ej., un gas inerte) diferente del primer gas con el primer gas presente en una cantidad de menos del 50% en volumen del volumen total de gas presente en la cámara 108 y con el segundo gas presente en una cantidad de al menos el 50% en volumen del volumen total de gas presente en la cámara 108. En algunas realizaciones, el primer gas está presente en una cantidad en un rango de aproximadamente el 5% a aproximadamente el 20% en volumen del volumen total de gas presente en la cámara 108 y el segundo gas está presente en una cantidad de aproximadamente el 50% a aproximadamente el 90% en volumen del volumen total de gas presente en la cámara 108. En algunas realizaciones, el primer gas está presente en una cantidad de aproximadamente el 10% en volumen del volumen total de gas presente en la cámara 108 y el segundo gas está presente en una cantidad de aproximadamente el 90% en volumen del volumen total de gas presente en la cámara 108. En algunas realizaciones, el segundo gas es helio, que puede estar presente en las proporciones descritas anteriormente para el segundo gas. En algunas realizaciones, el primer gas (que puede estar presente en las proporciones descritas anteriormente para el primer gas) se selecciona del grupo que consiste en argón, neón, hidrógeno y/o nitrógeno, y el segundo gas es helio (que puede estar presente en las proporciones descritas anteriormente para el segundo gas).

En algunas realizaciones, la presión del gas M en la cámara 108 del GDT ensamblado 100 está en el rango de aproximadamente 50 a 2.000 mbar a 20 grados Celsius).

20 De acuerdo con algunas realizaciones, las dimensiones relativas del aislante 110, los electrodos 140, 142, E1-E21, 144, los dispositivos de disparo 150, y los elementos localizadores 120 se seleccionan de tal manera que los electrodos E1-E21 estén capturados de forma holgada entre el sustrato 152 y la pared inferior del aislante 112 para permitir que los electrodos 140, 142, E1-E21, 144 deslicen una pequeña distancia hacia arriba y hacia abajo (a lo largo del eje C-C). En algunas realizaciones, la distancia de flotación vertical permitida está en el rango de aproximadamente 0,1 a 0,5 mm. En otras realizaciones, los sustratos 152 ajustan de forma ajustada contra los electrodos E1-E21 o aplican una carga de compresión sobre ellos.

30 Los elementos localizadores 120 impiden el contacto entre los electrodos internos E1-E21 y los electrodos de disparo 142, 144. De acuerdo con algunas realizaciones, la anchura mínima W7 (Figura 12) de cada espacio G (es decir, la mínima distancia de separación entre las dos superficies de electrodo que forman la celda C) está en el rango de aproximadamente 0,2 a 2 mm.

La pestaña localizadora 116 impide el contacto entre los electrodos 140, 142. De acuerdo con algunas realizaciones, la anchura mínima W8 (Figura 4) del espacio GP del GDT primario (es decir, la mínima distancia de separación entre las superficies de los dos electrodos que forman la celda CP) está en el rango de aproximadamente 0,3 a 3 mm.

El conjunto de GDT 100 se puede ensamblar de la siguiente manera.

35 Los electrodos internos E1-E21 se insertan en las ranuras 124 de los elementos localizadores 120 para formar un subconjunto. Los elementos de disparo 150 se instalan por encima de los elementos localizadores 120 de tal manera que las protuberancias 126 se alojan en los rebajes 154A. Los dispositivos de disparo 150 se colocan de tal manera que las superficies de interfaz 161 de las resistencias de disparo 160 miran hacia los bordes de los electrodos internos E1-E21 y los lados abiertos superior e inferior de los espacios de descarga de chispas G entre los electrodos internos E1-E21. Más particularmente, las superficies de interfaz 161 son contiguas a las celdas C entre los electrodos internos E1-E21 y definen, en parte, las celdas C.

A continuación se aplica el agente de unión 128 (p. ej., pegamento líquido) en las juntas laterales entre los elementos localizadores 120 y los dispositivos de disparo 150 para unir estos componentes creando un subconjunto 22.

45 El subconjunto 22 y los electrodos finales de disparo 142, 144 se insertan en la cavidad 112 a través de la apertura 114B. El electrodo final del GDT primario 140 se inserta en la cavidad 112 a través de la otra apertura 114A. Se calientan las capas de unión 119 y las juntas 118 para unir los terminales 132, 134 al aislante 134 por encima de las aberturas 114A, 114B y sellar herméticamente las aberturas 114A, 114B. De acuerdo con algunas realizaciones, las juntas 118 son soldaduras blandas o soldaduras fuertes metálicas, que pueden estar conformadas de aleación de plata y cobre, por ejemplo.

50 En algunas realizaciones, los componentes del conjunto de GDT 100 se disponen en una cámara del conjunto durante los pasos de sellado de las aberturas 114A, 114B. La cámara del conjunto se rellena con el gas M a una presión y temperatura prescritas. Como resultado, después de eso el gas M queda capturado y contenido en la cámara 108 del conjunto de GDT 100 ensamblado a una presión y temperatura prescritas. La presión y temperatura prescritas se seleccionan de tal manera que el gas M esté presente a una presión de funcionamiento deseada cuando el conjunto de GDT 100 está instalado y en uso a una temperatura de servicio prescrita.

55 Las resistencias de disparo 160 están conectadas eléctricamente en ambos extremos 160A, 160B con electrodos finales de disparo 142, 144 mediante los contactos 170. En la práctica, pueden existir pequeños espacios entre los

contactos 170 y los electrodos finales de disparo 142, 144. En algunas realizaciones, cada uno de estos espacios es menor de 1 mm y, en algunas realizaciones, están en el rango de aproximadamente 0,1 a 0,3 mm.

En uso y funcionamiento, el primer terminal 132 puede estar conectado a una tensión de línea o de fase de un sistema de alimentación monofásico o multifásico y el segundo terminal 134 puede estar conectado a una línea neutra del sistema de alimentación monofásico o multifásico. La tensión de formación de arco total del conjunto de GDT modular de celdas múltiples 100 corresponde generalmente a la suma de la tensión de formación de arco de los GDTs individuales de una sola celda conectados en serie y, por lo tanto, excede el valor pico de tensión del sistema. De esta manera, cuando el conjunto de GDT modular de celdas múltiples 100 está en modo de conducción, la corriente que fluye a través de él estará limitada generalmente a la corriente correspondiente a un evento de sobrecarga, como por ejemplo un rayo, y no a la procedente de la fuente del sistema.

Bajo condiciones normales (es decir, de no conducción), dado que no fluye corriente a través del GDT primario 104, entonces no fluye corriente a través de las resistencias 160, 164 o del GDT secundario de celdas múltiples 102, y la tensión a través del conjunto de GDT 100 es igual que la tensión línea-neutro en el segundo terminal 134.

A grandes rasgos se puede considerar que el funcionamiento del conjunto de GDT 100 tiene cinco pasos. Cuando se aplica una sobretensión al sistema, la sobretensión se aplicará al GDT primario 104. Dado que el GDT primario 104 está conectado eléctricamente al segundo terminal 134 por las resistencias de disparo 160 y/o las resistencias exteriores 164 y el GDT primario 104 está por lo tanto al mismo potencial que el segundo terminal 134, el GDT primario 104 reacciona a la elevada tensión y comienza a conducir corriente eléctrica a través de las resistencias de disparo 160 y/o de las resistencias exteriores 164. Como resultado, al comienzo de la sobrecarga, se forma una primera chispa en/a través de la celda CP del GDT primario 104 y pasa corriente a través de las resistencias de disparo 160 y/o de las resistencias exteriores 164. En algunas realizaciones, el valor de resistencia de cada resistencia de disparo 160 se elige de tal manera que la resistencia específica de cada resistencia de disparo 160 sea lo suficientemente alta para poder conducir (y limitar) la elevada corriente sin daños. En algunas realizaciones, la resistencia de cada resistencia de disparo 160 está en el rango de aproximadamente 0,1 a 100 ohmios.

Como se expone a continuación, las resistencias exteriores 164 pueden ser especialmente importantes al comienzo de la sobrecarga, cuando la corriente es pequeña y es conducida a través de las resistencias exteriores 164. La provisión de las resistencias exteriores 164 proporciona tiempo adicional para que se formen los arcos entre los electrodos internos E1-E21 y a través del GDT secundario de celdas múltiples 102 como se describe en este documento. Cuando la corriente a través del conjunto de GDT 100 se hace mayor, típicamente solo una parte relativamente pequeña de esta corriente será conducida a través de las resistencias exteriores 164.

En el segundo paso, durante la conducción de la corriente a través de las resistencias de disparo 160, la corriente genera pequeñas chispas a lo largo de las superficies de interfaz 161 de las resistencias de disparo 160. En algunas realizaciones, el material y el conformado de las resistencias 160 se selecciona para promover este fenómeno, como se expone en este documento (p. ej., usando material ligeramente no homogéneo con algo de porosidad). Como se expone e ilustra, las superficies de interfaz 161 en las que se generan las chispas están ubicadas adyacentes, inmediatamente adyacentes y/o contiguas a las celdas C. Como resultado de ello, la formación de chispas en las resistencias de disparo 160 se mueve entre las resistencias 160 y los electrodos internos E1-E21 y hacia el interior de los espacios G y celdas C existentes entre los electrodos internos E1-E21.

En el tercer paso, esta formación de chispas en las resistencias de disparo 160 a su vez promueve, induce o establece formación de arcos eléctricos entre los electrodos internos E1-E21 enfrentados. Después de un tiempo muy corto (típicamente 200 ns o menos), se generan o se forman arcos o chispas estables entre todos los electrodos internos E1-E21 (es decir, a través de cada una de las celdas C), generando así chispas a través de cada una de las celdas C del GDT secundario de celdas múltiples 102.

En el cuarto paso, la corriente de impulso secundaria es conducida entonces a través de arcos entre los electrodos internos E1-E21. De esta forma, se aplica la sobretensión al GDT secundario de celdas múltiples 102.

Sustancialmente todos los arcos entre los electrodos internos E1-E21 pueden formarse en el mismo período de tiempo (es decir, en lugar de de manera estrictamente secuencial desde el primer electrodo interno E1 hasta el último electrodo interno E21). Las resistencias 160 acortan el tiempo requerido para formar todos los arcos y la respuesta es más rápida. En algunas realizaciones, los arcos se forman entre todos los electrodos 142, E1-E21, 144 dentro de un período de menos de 0,1  $\mu$ s y, en algunas realizaciones, de menos de 1  $\mu$ s.

En algunas realizaciones, la corriente solo puede fluir a través de las resistencias de disparo 160 hasta que el GDT secundario de celdas múltiples 102 comienza a conducir, lo que puede ser un período de tiempo muy corto. Por ejemplo, puede fluir corriente a través de las resistencias 160 solo durante un rango de tiempo que es menor de 1 microsegundo.

En el quinto paso, al final del impulso de corriente, el conjunto de GDT 100 extingue la corriente a través del conjunto de GDT 100. Una vez que cesa la condición de sobretensión, los GDTs 102, 104 dejan de conducir debido a que el

valor pico de la tensión del sistema es menor que la tensión de formación de arco total del conjunto de GDT modular de celdas múltiples 100.

El paso de extinción se puede lograr incluso cuando los electrodos terminales 132, 134 están permanentemente conectados a la tensión de la red. El paso de extinción es posibilitado por la provisión por parte del conjunto de GDT 100 de una tensión de formación de arco total suficientemente alto, lo que es posible gracias a la incorporación de múltiples GDTs en el conjunto de GDT 100. Por ejemplo, un GDT simple (dos electrodos, un arco) puede tener una tensión de arco de aproximadamente 20 V. Por otro lado, un conjunto de GDT de celdas múltiples 100 puede tener, por ejemplo, veintidós electrodos internos (y veinte arcos) con una tensión de arco resultante de aproximadamente 400V. Si el número de celdas es lo suficientemente alto, la corriente residual a través del conjunto de GDT 100 procedente de la red será prácticamente cero. La corriente de cortocircuito prospectiva de la red (es decir, la corriente máxima disponible procedente de la red) puede ser muy grande (p. ej., por encima de 50 kA rms). Si la tensión de arco del conjunto de GDT 100 fuera pequeña, la corriente residual a través del conjunto de GDT 100 sería grande y dañaría el conjunto de GDT 100. Sin embargo, con su tensión de arco relativamente elevada como se expuso anteriormente, el conjunto de GDT 100 podrá interrumpir las corrientes de la red sin daños.

Se hace referencia ahora a la Figura 32, que es un circuito eléctrico esquemático del conjunto de GDT modular de celdas múltiples 100. Como se ilustra, en el contexto eléctrico esquemático, el conjunto de GDT modular de celdas múltiples 100 puede funcionar de la misma manera que una pluralidad de GDT de una sola celda que estén dispuestos en serie entre los terminales 132 y 134. Por ejemplo, el electrodo final del GDT primario 140 y el primer electrodo de disparo 142 pueden funcionar como una primera celda única GDT<sub>1</sub> (el GDT primario 104); el primer electrodo de disparo 142 y el electrodo interno E1 pueden funcionar como una segunda celda única GDT<sub>2</sub> que está conectada en serie a la primera celda individual GDT<sub>1</sub>; el electrodo interno E1 y el electrodo interno E2 pueden funcionar como una tercera celda individual GDT<sub>3</sub> que está conectada en serie a la segunda celda individual GDT<sub>2</sub>; y así sucesivamente hasta el electrodo interno final E21 y el electrodo final de disparo 144, que forman una única celda final GDT<sub>22</sub> en la serie.

Cada dispositivo de disparo 150 puede incluir más o menos resistencias de disparo interiores 160. En algunas realizaciones, el área de la sección transversal de cada resistencia de disparo 160 es mayor de 0,1 mm<sup>2</sup>. En algunas realizaciones, el área de la sección transversal de cada resistencia 160 está en el rango de aproximadamente 0,3 mm<sup>2</sup> a 10mm<sup>2</sup>. El número de resistencias de disparo 160 puede ser tan pequeño como uno. En algunas realizaciones, cada dispositivo de disparo 150 incluye una pluralidad de resistencias 160 y, en algunas realizaciones, al menos una resistencia de disparo 160. Los inventores han descubierto que un área mayor de la sección transversal de la resistencia de disparo (por ejemplo, 0,5 mm<sup>2</sup> o más) y un número mayor de resistencias de disparo 160 (por ejemplo, de 10 a 20 resistencias de disparo) proporcionan mejor tiempo de respuesta y mejor estabilidad durante el uso. En algunas realizaciones, el conjunto de GDT 100 incluye menos resistencias de disparo 160, cada una con mayores áreas de sección transversal. En algunas realizaciones, el espesor óptimo de cada resistencia de disparo está en el rango de aproximadamente 0,1 a 1 mm.

La anchura W8 (Figura 4) del espacio GP del GDT primario 104 se puede seleccionar para definir la tensión de salto de chispa prescrita del GDT primario 104. La tensión de salto de chispa del GDT primario 104 también es sustancialmente igual que la tensión de salto de chispa prescrita de todo el conjunto de GDT 100 porque la corriente a través del GDT primario 104 está cortocircuitada con el otro electrodo final de disparo 144 (y, a su vez, con el segundo electrodo terminal 134) a través de las resistencias de disparo 160. En algunas realizaciones, pueden estar permitidos o presentes pequeños espacios entre algunas piezas del conjunto de GDT 100 para facilitar el ensamblaje. Por ejemplo, pueden existir espacios entre los electrodos finales de disparo 142, 144 y los contactos 170 o entre los contactos 170 y las resistencias 160. Estos espacios pueden incrementar la tensión de salto de chispa del conjunto global de GDT 100. Sin embargo, si los espacios son pequeños (p. ej., menos de 1 mm y, en algunas realizaciones, en el rango de aproximadamente 0,1 a 0,3 mm), la tensión de salto de chispa de todo el conjunto de GDT 100 se incrementará solo ligeramente por encima de la tensión de salto de chispa del GDT primario 104 y típicamente no afectará significativamente al funcionamiento deseado del conjunto de GDT 100.

Es necesario que las resistencias de disparo 160 conduzcan una corriente elevada y es necesario que tengan cierta resistencia (normalmente en el rango de 0,1 a 100 ohmios). Si la resistencia específica es baja (p. ej., metales), es necesario que las resistencias 160 sean capas delgadas y con corriente elevada se dañarán. La capacidad de corriente se mejora si, para un valor de resistencia de una resistencia dada, se incrementa el área de la sección transversal (y la masa) de la resistencia 160. Además, la resistencia 160 es preferiblemente muy inmune al plasma de alta temperatura, el cual se forma entre los electrodos internos E1-E21 y está en contacto directo con las resistencias 160. Tal como se expone en este documento, en algunas realizaciones, las resistencias 160 son no homogéneas con algo de porosidad para generar chispas en sus superficies de interfaz 161 para la ignición de arcos entre los electrodos internos E1-E21 (en las celdas C). Las resistencias 160 pueden estar conformadas de grafito, el cual puede alcanzar una resistencia y un área de sección transversal adecuadas. Sin embargo, el grafito típicamente no sobrevivirá en contacto con el plasma, y puede ser dañado por chispas en las superficies de interfaz 161.

En algunas realizaciones, para abordar los objetivos y preocupaciones antes mencionados, las resistencias 160 están conformadas de un material que incluye una combinación de aluminio y vidrio. En algunas realizaciones, el material de aluminio y vidrio de las resistencias 160 se sinteriza en el interior de los surcos 156 para conformar las

resistencias 160. El material de aluminio y vidrio se puede sinterizar a alta temperatura para conformar resistencias de disparo 160 con todas las propiedades deseadas. Ventajosamente, las resistencias 160 de este tipo se pueden conformar para que tengan diferentes resistencias específicas seleccionadas, dependiendo de los criterios de diseño de un determinado conjunto de GDT 100 (p. ej., seleccionando y utilizando deliberadamente correspondientes proporciones de peso de aluminio y vidrio diferentes). En algunas realizaciones, la composición de las resistencias 160 incluye al menos un 10% en peso de aluminio y al menos un 10% en peso de vidrio.

Como se expuso anteriormente, la falta de homogeneidad y la porosidad de cada resistencia de disparo 160 (en particular, de la superficie de interfaz 161 de las mismas) ayuda a establecer arcos eléctricos entre los electrodos internos E1-E21. Además, los estrechos surcos transversales 162 promoverán o crearán arcos entre los electrodos internos E1-E21.

En algunas realizaciones, los surcos 162 se conforman en las resistencias 160 cortando con láser las resistencias 160. La profundidad T4 de los surcos 162 cortados con láser es menor que el espesor T3 de la resistencia de disparo 160 y la anchura W4 del surco (Figura 9) debería estar en el rango de aproximadamente 0,02 a 0,2 mm. En algunas realizaciones, el número de surcos 162 es similar al número de electrodos internos (alrededor de 20, por ejemplo). Debido a la pequeña anchura W4 de los surcos 162, la resistencia final de cada resistencia 160 sigue siendo muy similar a la resistencia de la resistencia inicial sin surcos 162 cortados. Pero los surcos 162 provocan la formación de pequeños arcos eléctricos que aceleran y estabilizan el encendido de arcos entre los electrodos internos E1-E21.

Otro beneficio de los surcos 162 es que dichos surcos 162 también extinguen la corriente a través de las resistencias de disparo 160. Cuando la corriente a través de una resistencia 160 es grande, solo una pequeña parte de la corriente es conducida a través de la resistencia 160 en cada surco 162 (es decir, a través de la parte restante 163 debajo del surco 162) porque el área de la sección transversal de la parte restante 163 es mucho menor que las áreas de la sección transversal de la resistencia 160 entre los surcos 162. Así que la otra parte de la corriente es conducida mediante formación de arcos desde un lado de cada surco 162 hasta el otro lado del surco 162. En la práctica eso significa, cuando la corriente a través de una resistencia 160 es alto, que los arcos empiezan a limitar la corriente. Esto puede proporcionar dos ventajas. Las resistencias de disparo 160 están menos cargadas, y también la corriente al final de la sobrecarga a través de las resistencias 160 es más pequeña. Menos carga significa una condición más estable de las resistencias y una vida útil más larga. Una corriente más pequeña después de la sobrecarga significa una extinción más fácil de la corriente residual procedente de la red.

Los contactos 170 pueden ayudar a garantizar un funcionamiento fiable y consistente del conjunto de GDT 100. En la práctica, el proceso de sinterización para conformar las resistencias de disparo 160 puede no ser un proceso muy preciso. Por esta razón, se pueden establecer espacios no deseados entre las resistencias de disparo 160 y los electrodos finales de disparo 142, 144. Si el espacio es demasiado amplio, se requerirá tensión adicional para el encendido del conjunto de GDT 100 y, en consecuencia, el nivel de protección proporcionado por el conjunto de GDT 100 se reducirá. Los contactos 170 metálicos ayudan a garantizar una buena continuidad eléctrica entre las resistencias 160 y los electrodos finales de disparo 142, 144 poniendo en contacto unos con otros y conduciendo corriente entre ellos. En algunas realizaciones, cada contacto 170 está conformado con la forma de una letra U, el contacto 170 en forma de U se coloca por encima de un borde final 153A del sustrato 152. Las capas de resistencia 160, 164 se montan a continuación en el sustrato 152 por encima de y en contacto con las pestañas 170B del contacto 170. En algunas realizaciones, las capas de resistencia 160, 164 se sinterizan sobre el sustrato 152 y las pestañas 170B.

Las resistencias de disparo 160 están expuestas a temperaturas muy altas de plasma, el cual se forma durante sobrecorrientes elevadas a través del conjunto de GDT 100. Además, las resistencias de disparo 160 necesitan conducir corriente elevada en la etapa inicial de la sobrecarga. El daño a las resistencias de disparo 160 puede provocar una respuesta más lenta antes de la formación de la primera chispa. Para la formación de la primera chispa (es decir, la chispa a través del espacio de descarga de chispa GP del GDT primario 104), el conjunto de GDT 100 necesita una tensión en los electrodos terminales primero y segundo 132, 134 que sea al menos igual a la tensión de salto de chispa del GDT primario 104. Pero si las resistencias de disparo 160 están dañadas, es posible que no creen un cortocircuito suficiente desde el electrodo final de disparo 142 al electrodo final de disparo 144, y por ello la primera respuesta puede retrasarse.

Este problema potencial se soluciona mediante la resistencia exterior adicional 164 en la parte posterior o exterior de cada sustrato 152. El lado exterior del sustrato 152 puede considerarse como el lado seguro porque no está expuesto a plasma caliente y la resistencia exterior 164, por lo tanto, no puede ser dañada por el plasma. La resistencia de cada resistencia exterior 164 puede ser mayor que la de las resistencias de disparo 160. Por ejemplo, la resistencia de cada resistencia exterior 164 puede estar en el rango de aproximadamente 20 a 2000 ohmios. Debido a esto, las corrientes a través de las resistencias exteriores 164 no son muy grandes y las resistencias exteriores 164 pueden sobrevivir a las sobrecargas sin daños significativos. Se permite una elevada resistencia para las resistencias exteriores 164 porque las resistencias exteriores 164 son necesarias solo al comienzo de la sobretensión cuando la corriente total es pequeña. Después de un corto período de tiempo, la mayor parte de la corriente se conduce entonces a través de las resistencias de disparo 160.

Para fijar los electrodos internos E1-E21 en posiciones estables, es preferible utilizar al menos dos elementos aislantes rígidos de forma adecuada. En el conjunto de GDT 100 de ejemplo, los electrodos internos E1-E21 están insertados entre dos elementos localizadores cerámicos 120 y cubiertos por dos dispositivos o cubiertas de disparo 150 cerámicos. Después del ensamblaje de las piezas 120, 150 y E1-E21 unas con otras, el subconjunto resultante puede ser muy difícil de manejar sin que se rompa. Este problema se soluciona mediante el agente de unión (adhesivo) 128, el cual se puede utilizar de forma segura en la producción del conjunto de GDT 100. En algunas realizaciones, el pegamento 128 es un líquido denso de polvo fino de alúmina mezclado con silicato de potasio o de sodio.

Para que funcione de manera adecuada y consistente, el conjunto de GDT sellado herméticamente 100 no debería dejar pasar gases hacia el interior o hacia el exterior de la cámara 108. Incluso si solo se produce una pequeña fuga de gas debido a una grieta en el aislante 110 de la carcasa, el conjunto de GDT 100 puede que ya no sea útil. Estas grietas pueden ser inducidas por fuerzas aplicadas al aislante cerámico 110 de la carcasa o por altos gradientes de temperatura. Estas fuerzas se experimentarían si los electrodos internos E1-E21 estuvieran en contacto directo con el aislante cerámico 110 de la carcasa. En este caso, el aislante de la carcasa 110 estaría expuesto a plasma caliente durante sobrecorrientes elevadas. También se experimentarían estas fuerzas si el aislante 110 de la carcasa estuviera en contacto con los electrodos internos de metal E1-E21, los cuales pueden calentarse mucho. Con sobrecorrientes muy elevadas, se puede presentar algo de fusión de los electrodos internos E1-E21. Las altas temperaturas del plasma y de los electrodos internos, y también la expansión térmica de los electrodos internos E1-E21, podría provocar grietas en el aislante cerámico 110 de la carcasa. Además, durante los impulsos se genera plasma altamente ionizado en las celdas C, lo que provoca altas presiones de gas, las cuales presionarían directamente sobre el aislante 110 de la carcasa.

Para solucionar o evitar estos problemas, los electrodos internos E1-E21 se introducen desde todos los lados laterales en los componentes de refuerzo adicionales 120, 150, cada uno de los cuales incluye un cuerpo o sustrato cerámico. Los sustratos cerámicos del dispositivo de disparo 152, con la ayuda de los elementos localizadores cerámicos 120, protegen el aislante cerámico 110 de la carcasa contra condiciones peligrosas de altas temperaturas. En la práctica, normalmente puede haber un pequeño espacio (p. ej., de menos de 1 mm y, en algunas realizaciones, en el rango de aproximadamente 0,1 a 0,3 mm) entre los sustratos cerámicos del dispositivo de disparo 152 y el aislante 110 de la carcasa. Con esta técnica de estructura de doble pared, se reducen o se minimizan el gradiente de temperatura y las fuerzas de presión sobre el aislante 110 de la carcasa.

Ventajosamente, la pluralidad de espacios de descarga de chispas G, GP están alojadas o envueltas en las mismas carcasa 106 y cámara 108. La pluralidad de celdas C y espacios de descarga de chispas G definidos entre los electrodos 140, 142, E1-E21, 144 están en comunicación de fluido de modo que comparten la misma masa o volumen de gas M. Proporcionando múltiples electrodos, celdas y espacios de descarga de chispas en una cámara común o compartida 108, se pueden reducir el tamaño y el número de piezas. Como resultado de ello, el tamaño, coste y fiabilidad del conjunto de GDT 100 puede reducirse en comparación con una pluralidad de GDTs individuales conectados en serie.

Además, los dispositivos de disparo 150 están alojados o envueltos en la misma carcasa 106 y cámara 108 que los electrodos 140, 142, E1-E21, 144, y están igualmente en comunicación de fluido con la misma masa de gas M. Como resultado de ello, el tamaño, coste y fiabilidad del conjunto de GDT 100 puede reducirse en comparación con una pluralidad de GDT individuales conectados en serie con un circuito de disparo externo.

El montaje flotante o semifijo de los electrodos 140, 142, E1-E21, 144 en la carcasa 106 puede facilitar el ensamblaje.

Los atributos de rendimiento del conjunto de GDT 100 se pueden determinar mediante la selección del gas M, de la presión del gas M en la cámara 108, de las dimensiones y geometrías de los electrodos 140, 142, E1-E21, 144, la geometría y las dimensiones de la carcasa 106, los tamaños de los espacios G, GP, y/o las resistencias eléctricas de las resistencias 160, 164.

Con referencia a la Figura 17, en ella se muestra un conjunto de GDT 200 de acuerdo con realizaciones adicionales. La Figura 17 muestra solo un subconjunto 24 del conjunto de GDT 200 que incluye los electrodos internos E1-E24 y un par de cubiertas o dispositivos de disparo 250A, 250B opuestos. El conjunto de GDT 200 se puede construir y operar de la misma manera que el conjunto de GDT 100 excepto que, en el conjunto de GDT 200, los elementos localizadores 120 están integrados en el dispositivo de disparo 250A.

Más particularmente, el dispositivo de disparo 250A inferior incluye un sustrato 252A. El sustrato 252A incluye un cuerpo 253A y pestañas 254A. En los lados interiores de las pestañas 254A están definidos nervios y ranuras localizadores 255 correspondientes. Los electrodos internos E1-E24 están insertados y retenidos en las ranuras 255 de la misma manera que están insertados en las ranuras 124 del conjunto de GDT 100.

El dispositivo de disparo superior 250B incluye un sustrato 252B. El sustrato 252A incluye un cuerpo 253B y pestañas 254B. El dispositivo de disparo superior 250B está montado en los electrodos internos E1-E24 y en el dispositivo de disparo inferior 250A de tal manera que las pestañas 254B están insertadas en canales que se extienden axialmente 254C definidos en el dispositivo de disparo inferior 250A.

Los sustratos 252A, 252B pueden estar conformados de los mismos materiales que los descritos para el sustrato 152. En algunas realizaciones, cada sustrato 252A, 252B es monolítico.

5 Los dispositivos de disparo 250A, 250B también proporcionan una estructura de doble pared (junto con la pared circundante de la carcasa del aislante 110, no mostrada en la Figura 17) y los correspondientes beneficios expuestos anteriormente.

Como se ilustra en la Figura 17, un conjunto de GDT como el descrito en este documento (p. ej., el conjunto de GDT 200) puede tener menos surcos 256 interiores, más anchos, y menos capas de resistencia 260 interiores. Como también se ilustra en la Figura 17, un conjunto de GDT como se describe en este documento (p. ej., el conjunto de GDT 200) puede tener más de un surco exterior 258 y más de una capa de resistencia exterior 264.

10 Con referencia a las Figuras 18-20, en ellas se muestra un conjunto de GDT 300 de acuerdo con realizaciones adicionales. El conjunto de GDT 300 se puede construir y operar de la misma manera que el conjunto de GDT 100 excepto en lo que se expone a continuación. El conjunto de GDT 300 incluye un aislante 310 de la carcasa, juntas 318, capas de unión 319, un primer electrodo terminal 332, y un segundo electrodo terminal 334 correspondientes a los componentes 110, 118, 119, 132 y 134, respectivamente, del conjunto de  
15 GDT 100. El conjunto de GDT 300 incluye un GDT secundario de celdas múltiples 302 correspondiente al GDT secundario de celdas múltiples 102. El GDT secundario 302 tiene electrodos finales de disparo 342, 344 correspondientes a los electrodos 142, 144.

El conjunto de GDT 300 incluye un GDT primario 304 en lugar del GDT primario 104 del conjunto de GDT 100. El GDT primario 304 funciona generalmente de la misma manera y con el mismo propósito que el GDT primario 104, pero  
20 puede proporcionar ciertas ventajas durante el funcionamiento.

El GDT primario 304 incluye un electrodo interno 372, un electrodo de protección exterior 374, un medio de conexión (p. ej., aleación para soldadura fuerte) 376, un primer elemento aislante anular 377, un segundo elemento aislante anular 378, y el gas M.

25 El electrodo interno con forma de poste 372 tiene la forma de un poste cilíndrico. El electrodo con forma de poste 372 tiene una superficie final exterior 372A y una superficie lateral cilíndrica 372B. El extremo interior del electrodo interno 372 está conectado eléctrica y mecánicamente directamente al electrodo final de disparo 342 por la aleación de soldadura fuerte 376.

El electrodo de protección exterior 374 tiene la forma de una copa cilíndrica que define una cavidad interior 374C. El electrodo de protección exterior 374 incluye una pared final plana 374A y una pared lateral anular 374B. El electrodo  
30 de protección 374 está insertado en una cavidad 313 conformada en el extremo del aislante 310 de la carcasa. El electrodo de protección 374 está capturado axialmente y situado con respecto al electrodo con forma de poste 372 por el primer electrodo terminal 332 y un saliente integral 313A del aislante 310 de la carcasa.

De este modo los electrodos 372, 374 se mantienen con el electrodo con forma de poste 372 dispuesto en la cavidad 374C. Entre la superficie final 372A y la pared final 374A está definido un espacio G3. Entre la superficie  
35 circunferencial 372A y la pared lateral 374B está definido un espacio G4. De esta manera, en la cavidad 374C, entre los electrodos 372, 374, está conformada una cámara o celda GDT CP3. La celda CP3 se rellena con el gas M.

El primer elemento aislante 377 se monta alrededor de una base interna del electrodo con forma de poste 372 entre el electrodo final de disparo 342 y la superficie circunferencial 372A. El segundo elemento aislante 378 se monta  
40 alrededor de una base interior del electrodo con forma de poste 372 entre el primer elemento aislante 377 y la superficie circunferencial 372A.

En algunas realizaciones, los elementos aislantes 377, 378 están conformados de los mismos materiales que se describieron anteriormente para los sustratos 152.

Los electrodos 372, 374 pueden estar conformados de cualquier material adecuado. De acuerdo con algunas realizaciones, los electrodos 372, 374 están conformados de metal. De acuerdo con algunas realizaciones, los  
45 electrodos 372, 374 están conformados de un metal que incluye aleación de cobre y tungsteno. De acuerdo con algunas realizaciones, los electrodos 372, 374 están conformados de un metal que incluye al menos un 5% en peso de aleación de cobre y tungsteno. De acuerdo con algunas realizaciones, los electrodos 372, 374 son cada uno de ellos unitarios y, en algunas realizaciones, monolíticos.

En el caso de un GDT primario que emplea dos electrodos planos (p. ej., que el GDT primario 104 incluya electrodos 140 y 142 planos), los electrodos planos funcionan correctamente con impulsos de pequeña corriente. Pero en impulsos de corriente elevada, este GDT primario puede no extinguirse cuando sea necesario. El GDT primario 304 de forma cilíndrica soluciona este problema proporcionando un funcionamiento más estable y mejora la extinción de la corriente residual.

El primer elemento aislante 377 impide la formación de chispas directamente entre el electrodo de protección 374 y el electrodo final de disparo 342. El segundo elemento aislante 378 impide la formación de una capa conductora de material de electrodo evaporado entre el electrodo con forma de poste 372 y el electrodo de protección 374.

5 Con referencia a las Figuras 21-25, en ellas se muestra un conjunto de GDT 400 de acuerdo con realizaciones adicionales. El conjunto de GDT 400 se puede construir y operar de la misma manera que el conjunto de GDT 300 excepto en lo que se expone a continuación. El conjunto de GDT 400 incluye un GDT secundario de celdas múltiples 402 correspondiente al GDT secundario de celdas múltiples 102 y el GDT secundario de celdas múltiples 302.

10 El conjunto de GDT 400 incluye un GDT primario 404 en lugar del GDT primario 304 del conjunto de GDT 300. El GDT primario 404 funciona de la misma manera y con el mismo propósito que el GDT primario 304, pero se puede preensamblar más fácilmente para el ensamblaje con el GDT secundario de celdas múltiples 402 y el aislante 410 de la carcasa para conformar el conjunto de GDT 400.

15 El GDT primario 404 incluye un electrodo interno 472, un electrodo de protección exterior 474, una primera capa de unión 419A (p. ej., metalización), una segunda capa de unión 419B (p. ej., metalización), un primer medio de conexión 418A (p. ej., aleación de soldadura fuerte), un segundo medio de conexión 418B (p. ej., aleación de soldadura fuerte), un primer elemento aislante anular 477, un segundo elemento aislante anular 478, y un gas M2.

20 Los componentes 472, 474, y 478 pueden estar contruidos de la misma manera que los componentes 372, 374, y 378 del GDT primario 304. Las capas de unión 419A, 419B pueden estar conformadas de los mismos materiales que los descritos para las capas de unión 119. Los medios de conexión 418A, 418B pueden estar conformados de los mismos materiales que los descritos para las juntas 118.

El elemento aislante 477 corresponde al elemento aislante 377 excepto en que el elemento aislante 477 incluye una base 477B y una pestaña anular extendida integral 477A. Las capas de unión 419A, 419B están dispuestas en las caras finales de la pestaña 477A y de la base 477B.

25 La cara final de la pestaña 477A está unida a la cara final interior 474D de la pared lateral del electrodo de protección 474 por la capa de unión 419A y el medio de conexión 418A. El elemento aislante 478 está capturado entre el elemento aislante 477 y una cabeza agrandada del electrodo con forma de poste 472. El extremo interior del electrodo con forma de poste 472 está unido al elemento aislante 477 por la capa de unión 419B y el medio de conexión 418B. La capa de unión 419B forma un sello entre el elemento aislante 477 y el perímetro lateral de una sección final del electrodo con forma de poste 472. El medio de conexión 418B se funde para crear un sello entre los componentes 419B, 472. La cara final interior 472C del electrodo con forma de poste 472 se mantiene en contacto estrecho con el electrodo final de disparo 442. Dentro del electrodo de protección 474 y del elemento aislante 477 está definida una cámara o celda CP3. La celda CP3 se rellena con el gas M2.

30

35 En algunas realizaciones, la pestaña 477A se une al electrodo de protección 474 como se describió, con el elemento aislante 478 y el electrodo con forma de poste 472 capturados en su interior, para formar un módulo o subconjunto 26 como se muestra en la Figura 29. El subconjunto 26 preensamblado se inserta a continuación en una cavidad 413 del aislante 410 de la carcasa y el electrodo 472 hace contacto con el electrodo final de disparo 442. Entre el electrodo con forma de poste 472 y el electrodo final de disparo 442 puede estar presente un pequeño espacio (p. ej., de menos de 1 mm, y en algunas realizaciones, en el rango de aproximadamente 0,1 a 0,3 mm).

40 En algunas realizaciones, el subconjunto 26 está provisto de un pequeño espacio u orificio para permitir que pasen gases hacia el interior y hacia el exterior de la celda CP3. En algunas realizaciones, la celda CP3 se rellena a través del orificio o espacio con el mismo gas M que la cámara 408 del GDT secundario de celdas múltiples 402 (es decir, el gas M2 es el gas M).

45 En algunas realizaciones, el subconjunto 26 está conformado de tal manera que la cámara o celda CP3 está sellada herméticamente. En este caso, las capas de conexión 418A, 418B (p. ej., aleaciones para soldadura fuerte) se pueden seleccionar de manera que tengan puntos de fusión más altos que las juntas 418 (p. ej., aleaciones para soldadura fuerte). De esta manera, la cámara CP3 está sellada con respecto a la cámara 408 del GDT de celdas múltiples. La cámara CP3 se rellena con una mezcla de gas M2 diferente a la mezcla de gases M utilizada en la cámara 408 del GDT secundario de celdas múltiples 402. El beneficio de esto es que el fabricante puede usar gases especiales para el gas M con una tensión de arco relativamente mayor en el GDT secundario de celdas múltiples 402 para garantizar una mejor extinción, utilizando al mismo tiempo gas M2 diferente en el GDT primario 402 para optimizar la tensión de salto de chispa del GDT primario 402.

50

55 Con referencia a las Figuras 26-30, en ellas se muestra un conjunto de GDT 500 de acuerdo con realizaciones adicionales de la invención. El conjunto de GDT 500 se puede construir y operar de la misma manera que el conjunto de GDT 400 excepto en lo que se expone a continuación. El conjunto de GDT 500 incluye un GDT secundario de celdas múltiples 502 correspondiente al GDT secundario de celdas múltiples 102 y al GDT secundario de celdas múltiples 402.

- 5 El conjunto de GDT 500 incluye un GDT primario 504 en lugar del GDT primario 404 del conjunto de GDT 400. El GDT primario 504 funciona de la misma manera y con el mismo propósito que el GDT primario 404. El GDT primario 504 se puede preensamblar para su ensamblaje con el GDT secundario de celdas múltiples 502 y el aislante 510 de la carcasa para conformar el conjunto de GDT 500. El conjunto de GDT 500 incluye una capa de unión 519C y un medio de conexión 518C que sella el GDT primario 504 al aislante 570 de la carcasa.
- 10 El GDT primario 504 incluye un electrodo terminal 532, un electrodo de base 535, un electrodo interno 572, un electrodo de protección exterior 574, una primera capa de unión 519A (p. ej., metalización), una segunda capa de unión 519B (p. ej., metalización), un primer medio de conexión 518A (p. ej., aleación de soldadura fuerte), un segundo medio de conexión 518B (p. ej., aleación de soldadura fuerte), un primer elemento aislante anular 577, un segundo elemento aislante anular 578, y un gas M3.
- 15 Los componentes 572, 574, y 578 pueden construirse de la misma manera que los componentes 472, 474, y 478 del GDT primario 404. Las capas de unión 519A, 519B pueden estar conformadas de los mismos materiales que se describieron para las capas de unión 119. Los medios de conexión 418A, 518B pueden estar conformados de los mismos materiales que se describieron para las juntas 119.
- 20 El elemento aislante 577 corresponde al elemento aislante 477 excepto en que la pestaña anular extendida integral 577A del elemento aislante 577 rodea circunferencialmente el electrodo de protección 574 y se extiende axialmente hasta el extremo exterior del electrodo de protección 574. Las capas de unión 519A, 519B están dispuestas en las caras finales de la pestaña 577A y de la base 577B.
- 25 La cara final de la pestaña 577A está unida a una cara final interior del electrodo terminal 532 por la capa de unión 519A y el medio de conexión 518A. El elemento aislante 578 está capturado entre el elemento aislante 577 y una cabeza agrandada del electrodo con forma de poste 572. La cara final de la base 577B está unida al electrodo de base 535 por la capa de unión 519B y el medio de conexión 518B. La cara final interior 572C del electrodo con forma de poste 572 está asegurada directamente y conectada eléctricamente al electrodo de base 535 por la capa de unión 519B y el medio de conexión 518B. Cuando el conjunto de GDT 500 está ensamblado, el electrodo de base 535 está en contacto eléctrico con el electrodo final de disparo 542.
- 30 Dentro del electrodo de protección 574 y el elemento aislante 577 está definida una cámara o celda CP4. La celda CP4 se rellena con el gas M3.
- 35 En algunas realizaciones, la pestaña 577A se une al electrodo terminal 532 como se describe, con el elemento aislante 578 y el electrodo con forma de poste 572 capturados en su interior, y el electrodo de base 535 se une al elemento aislante 577, para formar un módulo o subconjunto 28 como se muestra en la Figura 30. El subconjunto preensamblado 28 se une a continuación al aislante 510 de la carcasa uniendo el electrodo de base 535 al aislante 510 de la carcasa. Alternativamente, el electrodo de base 535 se puede unir al aislante 577 después de que el electrodo de base 535 haya sido unido al aislante 510. La carcasa 510 y el resto del GDT secundario de celdas múltiples 502 se pueden preensamblar para formar un subconjunto de GDT secundario 29. Después de eso el subconjunto de GDT primario 28 se puede montar en el subconjunto de GDT secundario 29 como se describió anteriormente (es decir, uniendo primero el electrodo de base 535 al elemento aislante 577, o uniendo primero el electrodo de base a la carcasa 510). Un sello 518D (p. ej., aleación de soldadura fuerte) entre el electrodo de base 535 y la carcasa 510 sella herméticamente la cámara de la carcasa 508.
- 40 En algunas realizaciones, el subconjunto 28 está conformado de tal manera que la cámara o celda CP4 está sellada herméticamente. En algunas realizaciones, la celda CP4 se rellena con el mismo gas M3 que el GDT de celdas múltiples 502. Por ejemplo, el GDT primario 504 puede ensamblarse en la misma cámara de fabricación rellena de gas que todos los demás componentes de modo que el mismo gas sea capturado tanto en la cámara CP4 como en la cámara de la carcasa 508.
- 45 En algunas realizaciones, la cámara CP4 se rellena con una mezcla de gas M3 diferente de la mezcla de gases M utilizada en el GDT secundario de celdas múltiples 502, y los gases M, M3 pueden seleccionarse para proporcionar beneficios como los expuestos anteriormente con respecto al conjunto de GDT 400.
- 50 En consecuencia, el conjunto de GDT 500 incorpora dos cámaras diferentes (es decir, cámara CP4 para el GDT primario 504, y cámara 508 para el GDT secundario de celdas múltiples 502). El GDT primario 504 se puede preensamblar y soldar fácilmente por soldadura blanda o por soldadura fuerte en el electrodo de base 535.
- 55 En comparación con los conjuntos GDT 300, 400, el conjunto de GDT 500 puede permitir un aumento de temperatura mucho más rápido si falla el conjunto de GDT 500. Es decir, el GDT primario 502 se calentará más rápido que el GDT primario 302, por ejemplo. En este caso, el conjunto de GDT 300, 400, 500 normalmente irá a cortocircuito. La temperatura aumentará más rápido en la superficie exterior del GDT primario montado externamente 502 que en la superficie exterior de la carcasa del conjunto global de GDT 300, 400, 500. Este efecto se puede usar para señalar más rápidamente que el conjunto de GDT ha fallado o para accionar más rápidamente un mecanismo de desconexión que desconecte el conjunto de GDT de la red.

- Por ejemplo, como se muestra en la Figura 27, el conjunto de GDT 500 se puede conectar a una línea L de la red mediante un mecanismo de desconexión 579. En algunas realizaciones, el mecanismo de desconexión 579 es un mecanismo térmico de desconexión que responde al calor generado en el conjunto de GDT 500 para desconectar el conjunto de GDT 500 de un circuito. En la realización ilustrada, el mecanismo de desconexión 579 incluye un contacto de resorte 579A y soldadura blanda fundible 579B que asegura un extremo del contacto de resorte al electrodo terminal 532. Cuando el conjunto de GDT 500 falla (p. ej., el GDT secundario de celdas múltiples 502 se cortocircuita internamente), el GDT primario 504 se calentará rápidamente hasta que la soldadura blanda 579B se derrita lo suficiente como para liberar el contacto de resorte 579A (que está empujado o cargado para alejarlo del electrodo terminal 532). De este modo el conjunto de GDT 500 se desconecta de la línea L.
- 5
- La Figura 31 muestra un conjunto de GDT 600 de acuerdo con realizaciones adicionales en vista explosionada. El conjunto de GDT 600 está construido y funciona de la misma manera que el conjunto de GDT 500, excepto en lo que se explica a continuación.
- 10
- El conjunto de GDT 600 incluye un GDT secundario de celdas múltiples 602 y un GDT primario 604.
- El GDT secundario de celdas múltiples 602 tiene la misma construcción y funcionamiento que el GDT secundario de celdas múltiples 502. El GDT secundario 602 se implementa en un subconjunto 29A que incluye un electrodo externo 635 correspondiente al electrodo de base 535.
- 15
- El GDT primario 604 se implementa en un módulo o subconjunto 28A preensamblado en lugar del subconjunto 28. El GDT primario 604 puede tener la misma construcción y funcionamiento que el GDT primario 504, excepto en que el GDT primario 604 incluye un electrodo de base 633 en lugar del electrodo de base 535. El GDT primario 604 se conecta mecánica y eléctricamente al GDT secundario mediante unión (p. ej., soldadura) del electrodo de base 633 al electrodo externo 635. El electrodo base 633 del subconjunto 28A se adapta a la forma del elemento aislante 677 y del electrodo terminal 632. Se pueden usar otras formas para los electrodos 633, 632.
- 20
- Con referencia a la Figura 33, en ella se muestra un dispositivo de disparo 750 de acuerdo con realizaciones adicionales. El dispositivo de disparo 750 se puede construir y operar de la misma manera que el dispositivo de disparo 150 excepto en lo que se expone a continuación.
- 25
- El dispositivo de disparo 750 incluye un sustrato 752 y una pluralidad de capas de resistencia o resistencias de disparo 760 interiores correspondientes al sustrato 152 y las resistencias 160.
- El dispositivo de disparo 750 incluye además una pluralidad o conjunto 780 de capas de protección de resistencia 782 que cubren los lados interiores de las resistencias 760. Las capas de protección de resistencia 782 forman en conjunto una capa eléctricamente aislante que cubre las superficies principales de las resistencias 760 que de otro modo estarían expuestas a la cámara 108 del GDT y al gas M contenido en la misma.
- 30
- En algunas realizaciones, cada capa de protección de resistencia 782 está dispuesta en contacto directo con una o más de las superficies interiores 761 de las resistencias 760. En algunas realizaciones, cada capa de protección de resistencia 782 está unida a una o más de las superficies interiores 761 de las resistencias 760.
- 35
- En algunas realizaciones, cada capa de protección de resistencia 782 es una capa o tira alargada que se extiende transversalmente a través del dispositivo de disparo 750 y cubre partes de una pluralidad de las resistencias 760. En algunas realizaciones, cada capa de protección de resistencia 782 se extiende transversalmente (con respecto al eje longitudinal I-I) a través del dispositivo de disparo 750 y cubre partes de todas las resistencias 760.
- La capa 780 incluye una pluralidad de canales o espacios 784 espaciados axialmente y distribuidos en serie definidos entre los bordes adyacentes de las resistencias 760. Los espacios 784 se extienden longitudinalmente transversales al eje I-I. Cada espacio 784 está alineado con uno respectivo de los surcos de la resistencia 762 de modo que el surco 762 está expuesto a través del espacio 784.
- 40
- En uso, las resistencias 160 del conjunto de GDT 100, por ejemplo, pueden estar expuestas a plasma caliente. En algunos casos (p. ej., fuertes impulsos de corriente), el plasma puede dañar las resistencias 160 y cambiar la conductividad eléctrica de las resistencias 160. En funcionamiento, las capas de protección de la resistencia 782 sirven para proteger las resistencias 760 del plasma.
- 45
- Los espacios 784 posibilitan que las superficies de las resistencias 760 expuestas dentro de los surcos 762 hagan contacto con el gas de dentro de la cámara del conjunto del tubo de descarga de gas. Esto puede posibilitar que el conjunto del tubo de descarga de gas logre un tiempo de respuesta corto en caso de una sobretensión.
- 50
- En algunas realizaciones, cada capa de protección de resistencia 782 tiene un espesor T9 (Figura 34) de al menos aproximadamente 0,01 mm, en algunas realizaciones, en el rango de aproximadamente 0,01 mm a 0,5 mm, y, en algunas realizaciones, en el rango de aproximadamente 0,08 mm a 0,12 mm.
- En algunas realizaciones, cada capa de protección de resistencia 782 tiene una anchura W9 (Figura 34) de al menos aproximadamente 1 mm y, en algunas realizaciones, en el rango de aproximadamente 0,3 a 7 mm.

En algunas realizaciones, la anchura W11 (Figura 34) de cada espacio 784 es sustancialmente igual que la anchura W10 (Figura 34) del surco 762 adyacente.

5 Las capas de protección 782 están conformadas de un aislante eléctrico (es decir, un material sustancialmente no conductor de la electricidad o aislante). Las capas de protección 782 están conformadas de un material que tiene un valor de conductividad eléctrica menor que la conductividad eléctrica de las resistencias 760. En algunas realizaciones, la conductividad eléctrica del material de las resistencias 760 es al menos 10 veces la conductividad eléctrica de las capas de protección 782.

10 En algunas realizaciones, las capas de protección 782 incluyen silicato de potasio o de sodio. En algunas realizaciones, las capas de protección 782 incluyen polvo de alúmina fino. La alúmina puede mejorar la estabilidad porque el polvo de alúmina es muy estable a altas temperaturas (p. ej., temperaturas provocadas por el plasma).

15 Las capas de protección 782 pueden montarse en las resistencias 760 utilizando cualquier técnica adecuada. En algunas realizaciones, las capas de protección 782 se depositan sobre las resistencias 760. En algunas realizaciones, una capa ampliada (p. ej., una única capa) del material no conductor de la electricidad se monta sobre las resistencias 760, y a continuación se cortan los espacios o canales 784 en la capa no conductora. En algunas realizaciones, los espacios o canales 784 se cortan con láser en la capa no conductora.

20 Con referencia a las Figuras 36-42, en ellas se muestra un módulo de dispositivo de protección contra sobretensiones (SPD) 40 de acuerdo con realizaciones de la invención. El módulo SPD 40 incluye un conjunto de GDT 800 de acuerdo con realizaciones adicionales de la invención. Sin embargo, se apreciará que el módulo SPD 40 puede incluir un conjunto de GDT de acuerdo con otras realizaciones (p. ej., el conjunto de GDT 500 o 600) en lugar del conjunto de GDT 800. También se apreciará que el conjunto de GDT 800 se puede utilizar en otras aplicaciones (p. ej., no en un módulo SPD).

El conjunto de GDT 800 está construido y funciona de la misma manera que el conjunto de GDT 600, excepto en lo que se expone a continuación. El conjunto de GDT 800 incluye un GDT secundario de celdas múltiples 802 (correspondiente al GDT secundario 602) y un GDT primario 804.

25 El GDT secundario de celdas múltiples 802 tiene la misma construcción y funcionamiento que el GDT secundario de celdas múltiples 602. El GDT secundario 802 se implementa en un subconjunto 29B que incluye un electrodo externo 835 correspondiente al electrodo externo 635 y al electrodo de base 535.

30 El GDT primario 804 se implementa en un módulo o subconjunto 28B preensamblado. El subconjunto 28B está construido y funciona de la misma manera que los subconjuntos 28 y 28A (Figura 35), excepto en lo que se expone a continuación.

35 El GDT primario 804 incluye un electrodo terminal 832, un electrodo de base 833, un electrodo interno con forma de poste 872, una capa de unión primera o exterior 819A (p. ej., metalización), una capa de unión segunda o exterior 819B (p. ej., metalización), un primer medio de conexión 818A (p. ej., aleación de soldadura fuerte), un segundo medio de conexión 818B (p. ej., aleación de soldadura fuerte), un tercer medio de conexión 818C (p. ej., aleación de soldadura fuerte), un primer elemento aislante anular 877, un segundo elemento aislante anular 878, un tercer elemento aislante anular 873, y un gas M.

40 El subconjunto 28B se puede usar e instalar en el GDT secundario de celdas múltiples 802 uniendo (p. ej., soldando con soldadura blanda) el electrodo de base 833 al electrodo externo 835 como se ha descrito anteriormente con respecto al subconjunto 28A. Por ejemplo, el GDT primario 804 se puede conectar mecánica y eléctricamente al GDT secundario 802 soldando el electrodo de base 833 al electrodo externo 835.

El GDT secundario de celdas múltiples 802 se implementa en un subconjunto 29B que incluye un electrodo externo 835 correspondiente al electrodo de base 535. El GDT secundario de celdas múltiples 802 tiene la misma construcción y funcionamiento que el GDT secundario de celdas múltiples 502, excepto en lo que se expone a continuación.

45 El GDT secundario 802 incluye además un aislante 810 de la carcasa, juntas 818 (p. ej., aleación de soldadura fuerte), elementos localizadores 820, un conjunto E de electrodos internos, un electrodo terminal 834, un primer electrodo final de disparo 842, y un segundo electrodo final de disparo 844, correspondientes a los componentes 110, 118, 120, E, 134, 142, y 144 del conjunto de GDT 100.

50 Cuando el conjunto de GDT 800 está ensamblado, el electrodo de base 833 del GDT primario 804 está en contacto eléctrico con el electrodo externo 835. El electrodo externo 835 está a su vez en contacto eléctrico con un separador conductor 847 (p. ej., metálico). El separador 847 está a su vez en contacto eléctrico con el electrodo final de disparo 842. La cámara 808 está sellada herméticamente por las juntas 818 entre los electrodos exteriores 835, 834 y los extremos del aislante 810 de la carcasa.

55 Se apreciará que el conjunto de GDT 800 incluye por lo tanto un sistema de disparo 841 que funciona de la misma manera que el sistema de disparo 141. Sin embargo, el sistema de disparo 841 se diferencia del sistema de disparo 141 del conjunto de GDT 100 en que el sistema de disparo 841 incluye una capa de resistencia o resistencia

suplementaria exterior 864. En algunas realizaciones y como se muestra, la resistencia exterior 864 se proporciona en lugar de la resistencia 164 (es decir, no se proporciona ninguna resistencia exterior correspondiente dentro de la carcasa del aislante en un lado de los dispositivos de disparo opuesto a los electrodos internos).

5 La resistencia exterior 864 es una capa o tira alargada insertada en un surco exterior 858 existente en la superficie exterior 810A del aislante 810 de la carcasa. La resistencia exterior 864 tiene un eje longitudinal J-J, el cual puede ser sustancialmente paralelo al eje longitudinal A-A del GDT secundario 802. La resistencia 864 es sustancialmente axialmente coextensiva con el aislante 810 de la carcasa.

10 Los extremos opuestos 864A y 864B de la resistencia 864 se extienden más allá de los extremos de la carcasa 810 y se solapan con los electrodos terminales 835 y 834 (correspondientes a los electrodos terminales 132 y 134, respectivamente). La resistencia exterior 864 se extiende de forma continua desde el extremo 864A hasta el extremo 864B. Los extremos 864A y 864B engranan con y se unen a los electrodos terminales 835 y 834, respectivamente, para conectar eléctricamente la resistencia exterior 864 a los electrodos terminales 835 y 834 de la misma manera que la resistencia exterior 164 está conectada eléctricamente a los electrodos terminales 832 y 834 en el conjunto de GDT 100.

15 En uso, la resistencia exterior 864 funciona de la misma manera que se describió anteriormente para la resistencia exterior 164 para conducir corriente entre el GDT primario 804 y el electrodo terminal 834. Sin embargo, la resistencia exterior 864 ubicada fuera de la cámara 808 del GDT secundario que contiene el gas M puede proporcionar beneficios con respecto a la resistencia 164 ubicada en la cámara 808.

20 En el caso de la resistencia 164, es posible desarrollar malos contactos entre dos o más de los electrodos terminales 132, 134, los electrodos finales de disparo 142, 144, y los contactos 170 metálicos. Se pueden introducir espacios entre estas piezas durante el ensamblaje o durante los impulsos de sobrecarga. Estos espacios extienden el tiempo de respuesta del GDT primario 104 porque se deben crear pequeñas chispas para conectar el camino eléctrico entre el GDT primario y el electrodo terminal 132 al comienzo de un evento de sobretensión. En consecuencia, el nivel de protección efectivo del conjunto de GDT puede ser demasiado alto.

25 Con la resistencia exterior 864 en el exterior de la carcasa de aislamiento 810 (p. ej., cerámica), este problema se puede reducir o eliminar. Ubicando la resistencia exterior 864 en la carcasa de aislamiento 810, sobre la que están fijados los electrodos 835 y 832, se puede garantizar más fácilmente el contacto fiable entre la resistencia exterior 864 y los electrodos 835 y 832. Como resultado de ello, se puede proporcionar una continuidad eléctrica más fiable entre los electrodos 835 y 832 a través de la resistencia 864.

30 La resistencia exterior 864 puede estar conformada de cualquier material eléctricamente resistivo adecuado. De acuerdo con algunas realizaciones, la resistencia exterior 864 está conformada de una pasta a base de grafito o un material similar. Sin embargo, la resistencia exterior 864 puede estar conformada de cualquier otro material eléctricamente resistivo adecuado.

35 De acuerdo con algunas realizaciones, la resistencia exterior 864 tiene una resistencia eléctrica en el rango de aproximadamente 10 a 5000 ohmios.

La anchura y el espesor de la resistencia exterior 864 pueden depender del material y de la resistencia deseada. De acuerdo con algunas realizaciones, la resistencia exterior 864 tiene una anchura en el rango de aproximadamente 1 a 20 mm, y un espesor en el rango de aproximadamente 0,01 a 0,2 mm.

40 La resistencia exterior 864 puede colocarse en cualquier ubicación adecuada en la superficie exterior de la carcasa 810. En la carcasa 810 se puede proporcionar más de una resistencia exterior 864.

En los conjuntos GDT 500, 600 también se pueden incorporar resistencias exteriores correspondientes a la resistencia exterior 864.

45 El GDT secundario de celdas múltiples 802 también está provisto de un tubo de descarga de gas (GDT) de prueba 880. El GDT de prueba 880 incluye un electrodo de prueba exterior de metal 882, un anillo aislante eléctrico 884 (p. ej., de cerámica), y un orificio pasante 886 definido en el electrodo externo 835. El anillo 884 está unido al electrodo externo 835 por encima del orificio 886 mediante metalización 883 y aleación de soldadura fuerte 885. El electrodo de prueba 882 está unido al anillo 884 mediante metalización 883 y aleación de soldadura fuerte 885.

50 El electrodo de prueba 882 y el anillo 884 definen una cámara 880A del GDT de prueba. La cámara 880A del GDT de prueba está en comunicación de fluido con la cámara 808 del GDT secundario. Como resultado de ello, el gas M contenido en la cámara 808 del GDT secundario puede fluir hacia el interior y hacia el exterior de la cámara 880A del GDT de prueba, y de esta manera se comparte el mismo gas M entre las cámaras 880A, 808.

El electrodo de prueba 882 y el electrodo externo 835 actúan como terminales opuestos del espacio de descarga de chispas para generar una chispa a través de la cámara 880A del GDT de prueba. Para probar el GDT secundario 802, se aplica una sobretensión a través del GDT de prueba 880 y se mide la tensión de salto de chispa

del GDT de prueba 880. Esto se puede lograr poniendo en contacto los dos cables de prueba con el electrodo de prueba 882 y el electrodo externo 835, respectivamente, y aplicando la sobretensión a través de los conductores.

El GDT de prueba 880 puede resolver un problema práctico asociado con el GDT secundario 802 o diseños similares. Debido a que los electrodos exteriores 835 y 834 están conectados en cortocircuito por la resistencia exterior 864 (y/o por una resistencia 164 (Figura 2) o equivalente), es muy difícil comprobar y determinar si el gas adecuado está contenido o no en la cámara 808. El orificio 886 permite que el GDT 802 contenga el mismo gas M en ambas celdas (es decir, la cámara principal 808 y la cámara 880A del GDT de prueba). De acuerdo con algunas realizaciones, la tensión medida es entre el electrodo externo 835 y el electrodo de prueba 882. La distancia entre estos electrodos puede ser de aproximadamente 1 mm.

Si el gas en las cámaras 808, 880A no es el gas prescrito o una mezcla de gases dentro de un rango aceptable prescrito, la tensión de salto de chispa medida del GDT de prueba 880 será diferente a una tensión de salto de chispa de referencia. En particular, si el gas en la cámara de prueba 880A es o incluye una cantidad excesiva de aire ambiental, la tensión de salto de chispa medida será mucho más alto que cuando la mezcla de gas M adecuada está contenida en la cámara 880A. Puede introducirse aire ambiental en la cámara 808, y por lo tanto en la cámara 880A, por una fuga en un sello del conjunto de GDT 800. El fabricante puede predeterminar y asignar un rango aceptable prescrito de tensión de salto de chispa de prueba para el GDT secundario 802. El GDT secundario 802 se identificaría entonces como defectuoso cuando la tensión de salto de chispa medida esté fuera del rango prescrito.

En los conjuntos GDT 500, 600 también se pueden incorporar GDTs de prueba correspondientes al GDT de prueba 880.

El módulo SPD 40 incluye además una carcasa 42 dentro de la cual está montado el conjunto de GDT 800. La carcasa 42 puede adoptar otras formas y el módulo 40 típicamente incluirá una cubierta (no mostrada) que envuelve el contenido de la carcasa 42, incluido el conjunto de GDT 800. En algunas realizaciones, el módulo SPD 40 es un módulo enchufable configurado para ser montado en una base (no mostrada).

El módulo SPD 40 incluye un elemento terminal conductor eléctrico (p. ej., metálico) 50. El elemento terminal 50 incluye una parte o placa de contacto 50B y un primer terminal de contacto integral 50A. La parte o placa de contacto 50B engrana con el terminal exterior 834. El terminal de contacto 50A se extiende desde la carcasa 42.

El módulo SPD 40 incluye además un mecanismo térmico de desconexión 44. El mecanismo térmico de desconexión 44 incluye un resorte 46 conductor de la electricidad que está asegurado en un extremo por una parte de contacto 46B al electrodo primario GDT 832 mediante soldadura blanda fundible 48. El otro extremo del resorte 46 incluye un contacto terminal integral 46A del módulo 40. Cuando el conjunto de GDT 800 falla (p. ej., el GDT secundario de celdas múltiples 802 se cortocircuita internamente), el GDT primario 804 se calentará rápidamente hasta que la soldadura 48 se funda lo suficiente como para liberar el contacto de resorte 46B, el cual está empujado o cargado por un resorte para alejarlo del electrodo terminal 832. De este modo el conjunto de GDT 800 se desconecta de la línea conectada al contacto terminal 46A.

El módulo SPD 40 también incluye un mecanismo indicador de fallos 52. El mecanismo indicador de fallos 52 incluye un brazo basculante 54, un rasgo de empuje (p. ej., un resorte) 55, y un elemento indicador 56. El resorte 55 tiende a forzar el brazo basculante y, por lo tanto, el indicador 56, en una dirección I que se aleja de una posición de preparado (cuando la parte de contacto 46B está asegurada por la soldadura blanda 48 al electrodo 832; como se muestra en la Figura 37) hacia una posición disparada que indica a un observador que el módulo 40 ha fallado. El brazo basculante 54 es mantenido en la posición de preparado por el resorte 46 asegurado, y es liberado por el resorte 46 cuando se libera el resorte del electrodo 832 por sobrecalentamiento del electrodo 832.

Aunque en este documento los conjuntos GDT (p. ej., los conjuntos GDT 100-600 y 800) se han mostrado y descrito con cierto número de electrodos internos (p. ej., electrodos E1-E21), los conjuntos de GDT de acuerdo con las realizaciones de la invención pueden tener más o menos electrodos internos. De acuerdo con algunas realizaciones, un conjunto de GDT como el descrito en este documento tiene al menos dos electrodos internos que definen al menos tres espacios de descarga de chispas G y, en algunas realizaciones, al menos tres electrodos internos que definen al menos cuatro espacios de descarga de chispas G. De acuerdo con algunas realizaciones, un conjunto de GDT como el descrito en este documento tiene en el rango de 2 a 40 (o más) electrodos internos. El número de electrodos internos proporcionados puede depender de la tensión de funcionamiento continuo que se pretende que el conjunto de GDT experimente en servicio.

Las personas con experiencia ordinaria en la técnica pueden realizar muchas alteraciones y modificaciones, dado el beneficio de la presente descripción, sin apartarse del alcance de la invención. Por lo tanto, debe entenderse que las realizaciones ilustradas se han descrito únicamente con fines de ejemplo, y que no se debería considerar que limitan la invención definida por las siguientes reivindicaciones.

**REIVINDICACIONES**

1. Un conjunto de tubo de descarga de gas (100) que comprende:

un tubo de descarga de gas, GDT, de celdas múltiples (102) que incluye:

una carcasa (106) que define una cámara (108) del GDT;

5 una pluralidad de electrodos internos (E1-E21) ubicados en la cámara (108) del GDT;

una resistencia de disparo (160) ubicada en la cámara (108) del GDT; y

un gas (M) contenido en la cámara (108) del GDT;

donde los electrodos internos (E1-E21) están dispuestos en serie en la cámara en relación espaciada para definir una serie de celdas (C) y de espacios de descarga de chispas (G); y

10 caracterizado por que:

el GDT de celdas múltiples incluye electrodos finales de disparo primero y segundo (142, 144);

la serie de celdas (C) y espacios de descarga de chispas (G) se extiende desde el primer electrodo final de disparo (142) hasta el segundo electrodo final de disparo (144);

15 la resistencia de disparo (160) conecta eléctricamente el primer electrodo final de disparo (142) al segundo electrodo final de disparo (144);

la resistencia de disparo (160) incluye una superficie de interfaz (161) expuesta a al menos una de las celdas (C);

20 la resistencia de disparo (160) responde a una sobretensión eléctrica a través de la resistencia de disparo para generar una chispa a lo largo de la superficie de interfaz (161) y promover así un arco eléctrico en la al menos una celda (C).

2. El conjunto de tubo de descarga de gas de la reivindicación 1, en el que la resistencia de disparo (160) está expuesta a una pluralidad de celdas (C) y responde a una sobretensión eléctrica a través de la resistencia de disparo para generar chispas a lo largo de la superficie de la interfaz (161) y promover así arcos eléctricos en la pluralidad de las celdas.

25 3. El conjunto de tubo de descarga de gas de la reivindicación 1 o la reivindicación 2, en el que:

el GDT de celdas múltiples tiene un eje principal (A-A) y los electrodos internos (E1-E21) y los electrodos finales de disparo primero y segundo (142, 144) están espaciados a lo largo del eje principal; y

la resistencia de disparo (160) está configurada como una tira alargada que se extiende a lo largo del eje principal.

30 4. El conjunto de tubo de descarga de gas de la reivindicación 3, en el que:

el GDT de celdas múltiples incluye una pluralidad de las resistencias de disparo (160) que se extienden a lo largo del eje principal y cada una de las cuales tiene una superficie de interfaz; y

35 cada una de las resistencias de disparo (160) está expuesta a una pluralidad de celdas (C) y responde a una sobretensión eléctrica a través de la resistencia de disparo para generar chispas a lo largo de la superficie de interfaz (161) de la misma y promover así arcos eléctricos en la pluralidad de las celdas.

5. El conjunto de tubo de descarga de gas de la reivindicación 3 que incluye un dispositivo de disparo (150), en el que el dispositivo de disparo incluye:

un sustrato del dispositivo de disparo (152) que incluye un surco que se extiende axialmente (156) definido en el mismo; y

40 la resistencia de disparo (160), donde la resistencia de disparo (160) está dispuesta en el surco (156) de tal manera que la capa de interfaz (161) queda expuesta.

6. El conjunto de tubo de descarga de gas de cualquier reivindicación anterior que incluye además una resistencia exterior (164) que:

45 conecta eléctricamente el primer electrodo final de disparo (142) al segundo electrodo final de disparo (144); y

no está expuesto a las celdas (C).

7. El conjunto de tubo de descarga de gas de la reivindicación 6, en el que la resistencia exterior (164) está montada en un exterior de la carcasa.

8. El conjunto de tubo de descarga de gas de cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en el que:

5 la resistencia de disparo incluye una superficie interior que mira hacia los electrodos internos y que incluye la superficie de interfaz; y

el conjunto de tubo de descarga de gas incluye además una capa de protección de resistencia eléctricamente aislante unida a la superficie interior entre la superficie interior y los electrodos internos.

9. El conjunto de tubo de descarga de gas de cualquiera de las reivindicaciones anteriores, que incluye un GDT primario (104) integral conectado en serie con el GDT de celdas múltiples (102), en el que el GDT primario (104) es operativo para conducir corriente en respuesta a una condición de sobretensión a través del conjunto de tubo de descarga de gas y antes de la conducción de corriente a través de la pluralidad de espacios de descarga de chispas (G) del GDT de celdas múltiples (102).

10. El conjunto de tubo de descarga de gas de la reivindicación 9, en el que el GDT primario (104) está conectado eléctricamente a la resistencia de disparo (160) de tal manera que se conduce corriente a través de la resistencia de disparo (160) cuando el GDT primario (104) conduce corriente.

11. El conjunto de tubo de descarga de gas de la reivindicación 9 o la reivindicación 10, en el que:

el GDT primario (104) está ubicado en la cámara (108) del GDT; y

la cámara (108) del GDT está sellada herméticamente.

12. El conjunto de tubo de descarga de gas de cualquiera de las reivindicaciones 9 a 11, en el que:

la cámara (108) del GDT está sellada herméticamente;

el GDT primario (104) incluye una cámara del GDT primario que está herméticamente sellada con respecto a la cámara del GDT; y

la cámara del GDT primario contiene un gas GDT primario que es diferente del gas en la cámara del GDT.

13. El conjunto de tubo de descarga de gas de cualquiera de las reivindicaciones anterior, en el que la cámara del GDT está sellada herméticamente.

14. El conjunto de tubo de descarga de gas de cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en el que la carcasa incluye:

un aislante (110) tubular de la carcasa ; y

30 al menos un elemento de refuerzo (120, 150, 250A, 250B) situado en el aislante de la carcasa entre los electrodos internos y el aislante de la carcasa.

15. El conjunto de tubo de descarga de gas de la reivindicación 14, en el que:

el al menos un elemento de refuerzo (120, 150) incluye una pluralidad de ranuras localizadoras (124); y

35 cada uno de los electrodos internos (E1-E21) está insertado en una respectiva de las ranuras localizadoras (124) de tal manera que los electrodos internos (E1-E21) se mantienen de este modo en relación axialmente espaciada y pueden moverse lateralmente una distancia de desplazamiento limitada.

16. El conjunto de tubo de descarga de gas de cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en el que:

el GDT de celdas múltiples (102) tiene un eje principal (A-A) y los electrodos internos (E1-E21) están espaciados a lo largo del eje principal;

40 la resistencia de disparo (160) se extiende a lo largo del eje principal;

una pluralidad de surcos superficiales axialmente espaciadas y que se extienden lateralmente (162) están definidos en las superficies de interfaz de la resistencia de disparo; y

45 los surcos superficiales (162) no se extienden completamente a través del espesor de la resistencia de disparo, de modo que una parte restante (163) de la resistencia de disparo está presente en la base de cada surco superficial y proporciona continuidad eléctrica a lo largo de la resistencia de disparo.

17. El conjunto de tubo de descarga de gas de cualquiera de las reivindicaciones anteriores que incluye un mecanismo térmico de desconexión (579) que responde al calor generado en el conjunto de tubo de descarga de gas para desconectar el conjunto de tubo de descarga de gas de un circuito.
- 5 18. El conjunto de tubo de descarga de gas de cualquiera de las reivindicaciones anteriores, que incluye un tubo de descarga de gas, GDT, de prueba integral (880), incluyendo el GDT de prueba:
- un electrodo de prueba (882) del GDT; y
  - una cámara (880A) del GDT de prueba en comunicación de fluido con la cámara (808) del GDT para permitir el flujo de gas entre la cámara (808) del GDT y la cámara (880A) del GDT de prueba.
- 10 19. El conjunto de tubo de descarga de gas de cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en el que la superficie de interfaz (161) es contigua a las celdas (C).

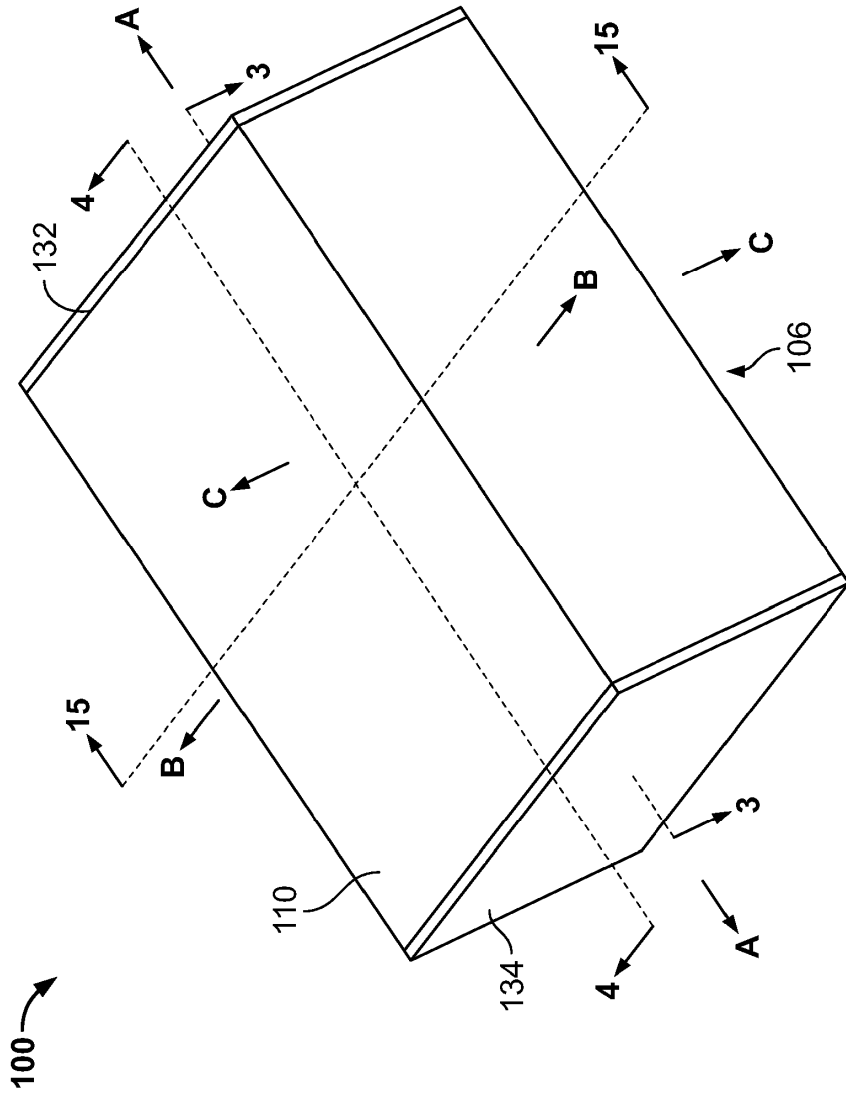


FIG. 1

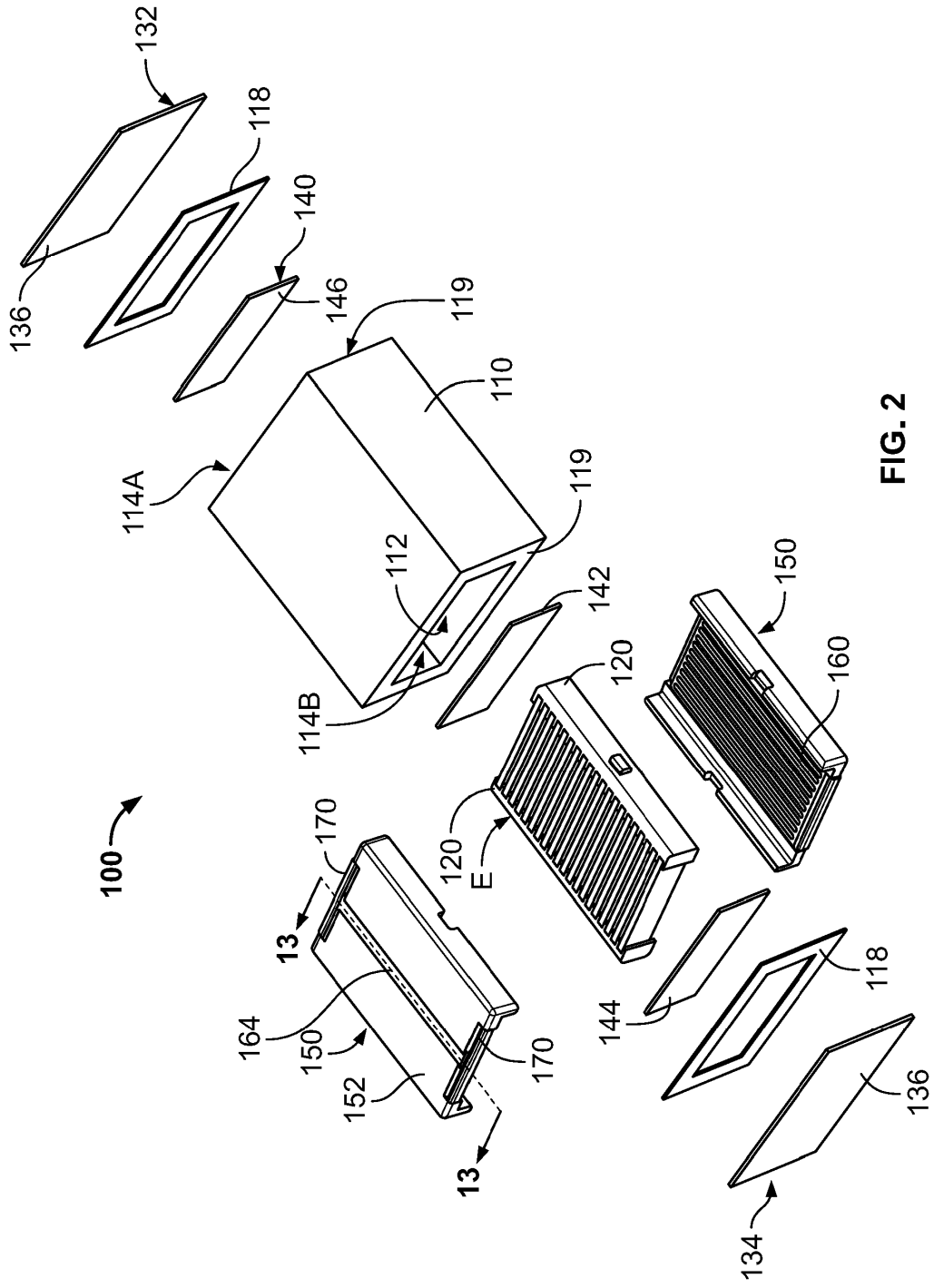


FIG. 2



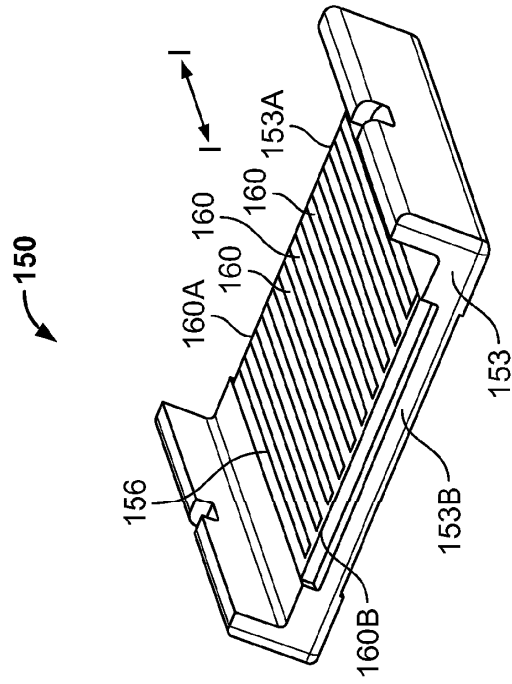


FIG. 6

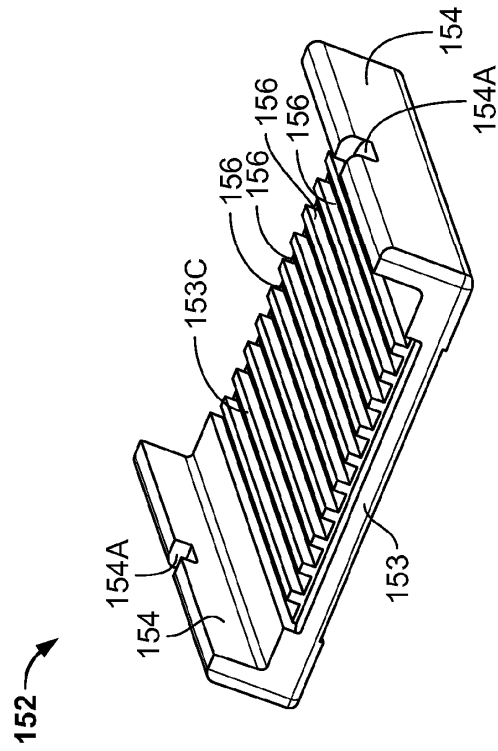


FIG. 5

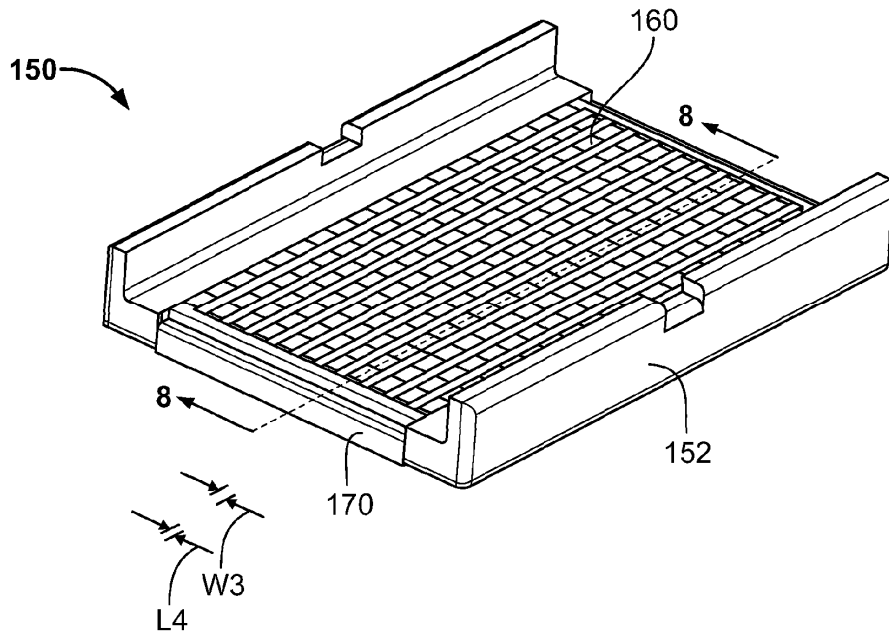


FIG. 7

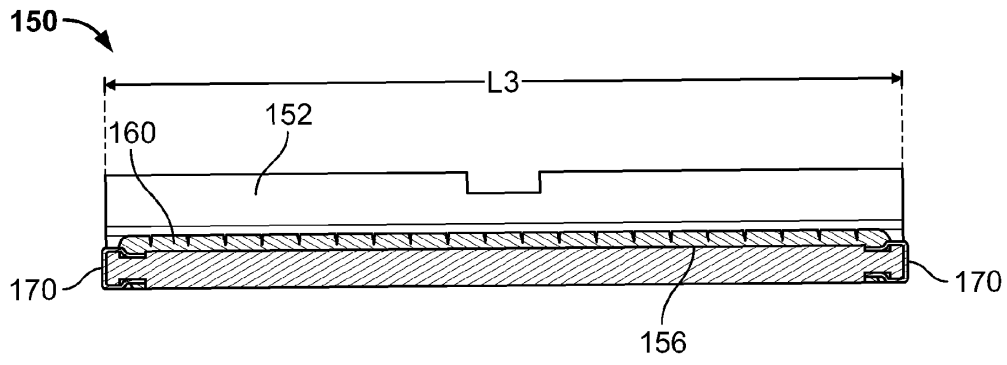


FIG. 8

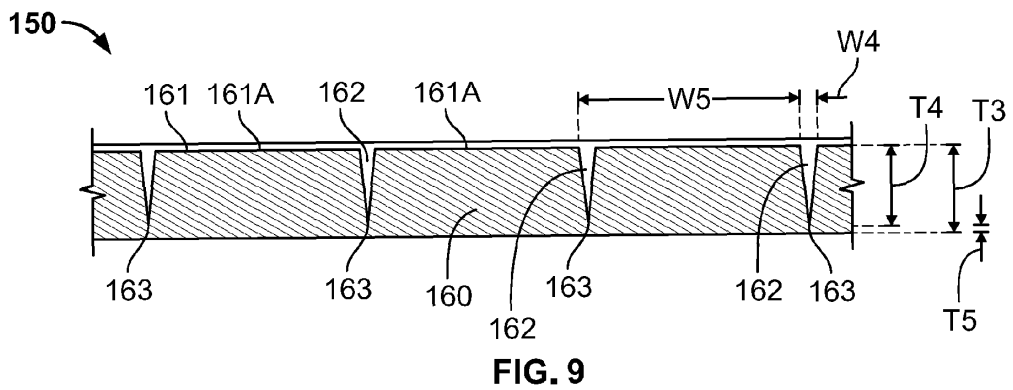


FIG. 9

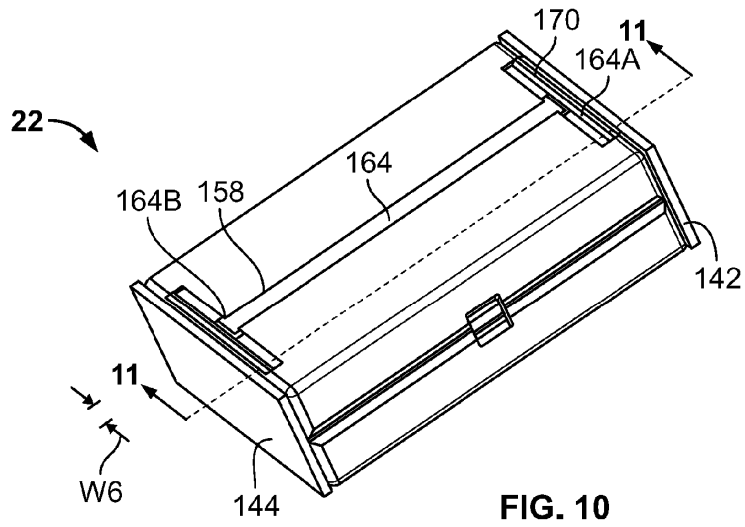


FIG. 10

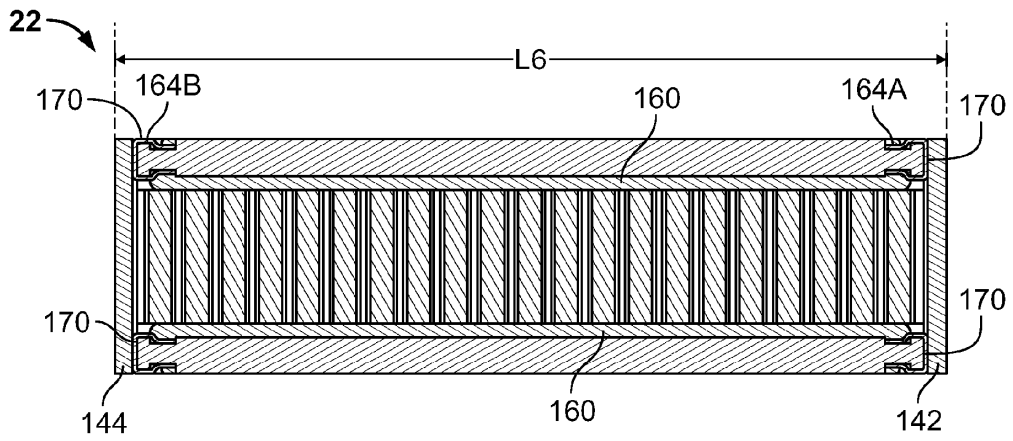


FIG. 11

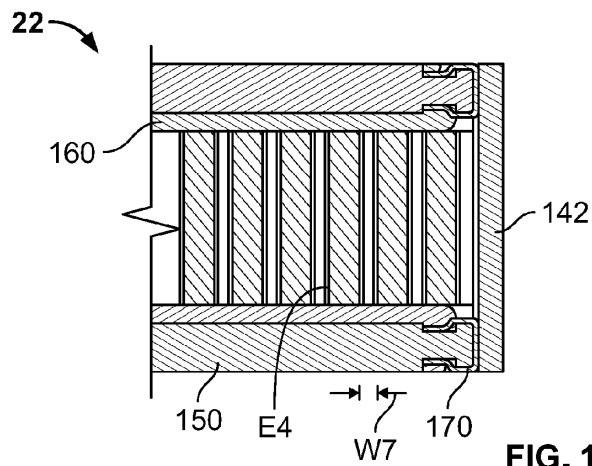
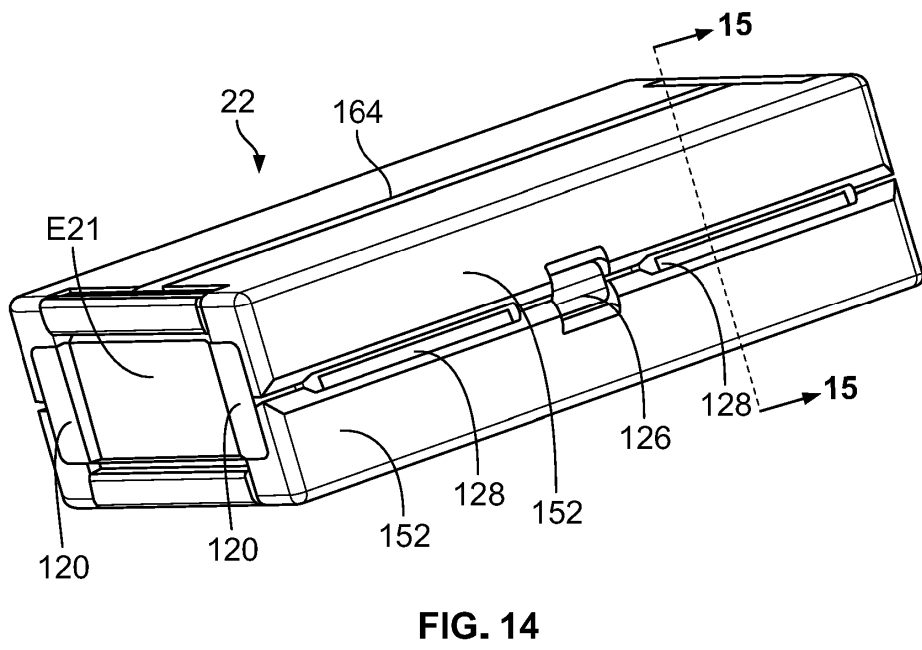
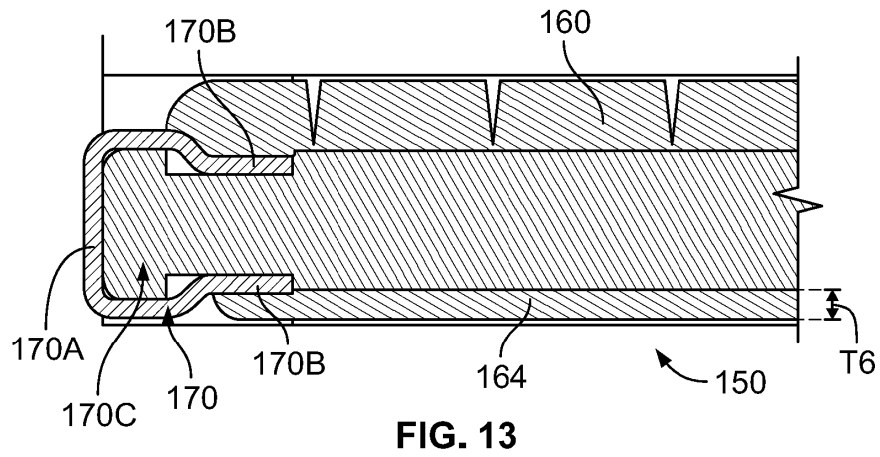


FIG. 12



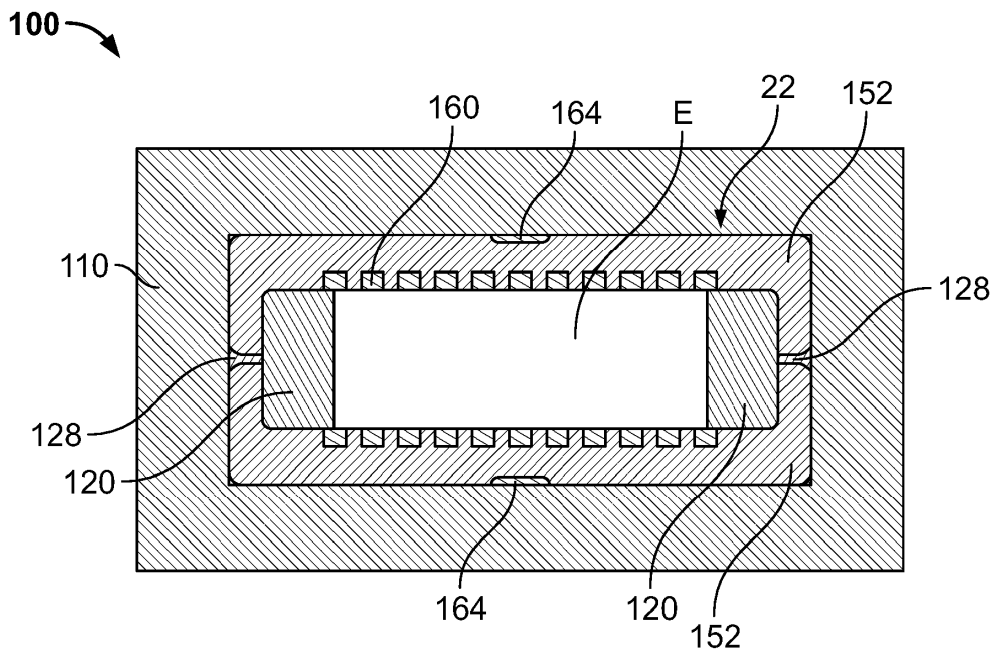


FIG. 15

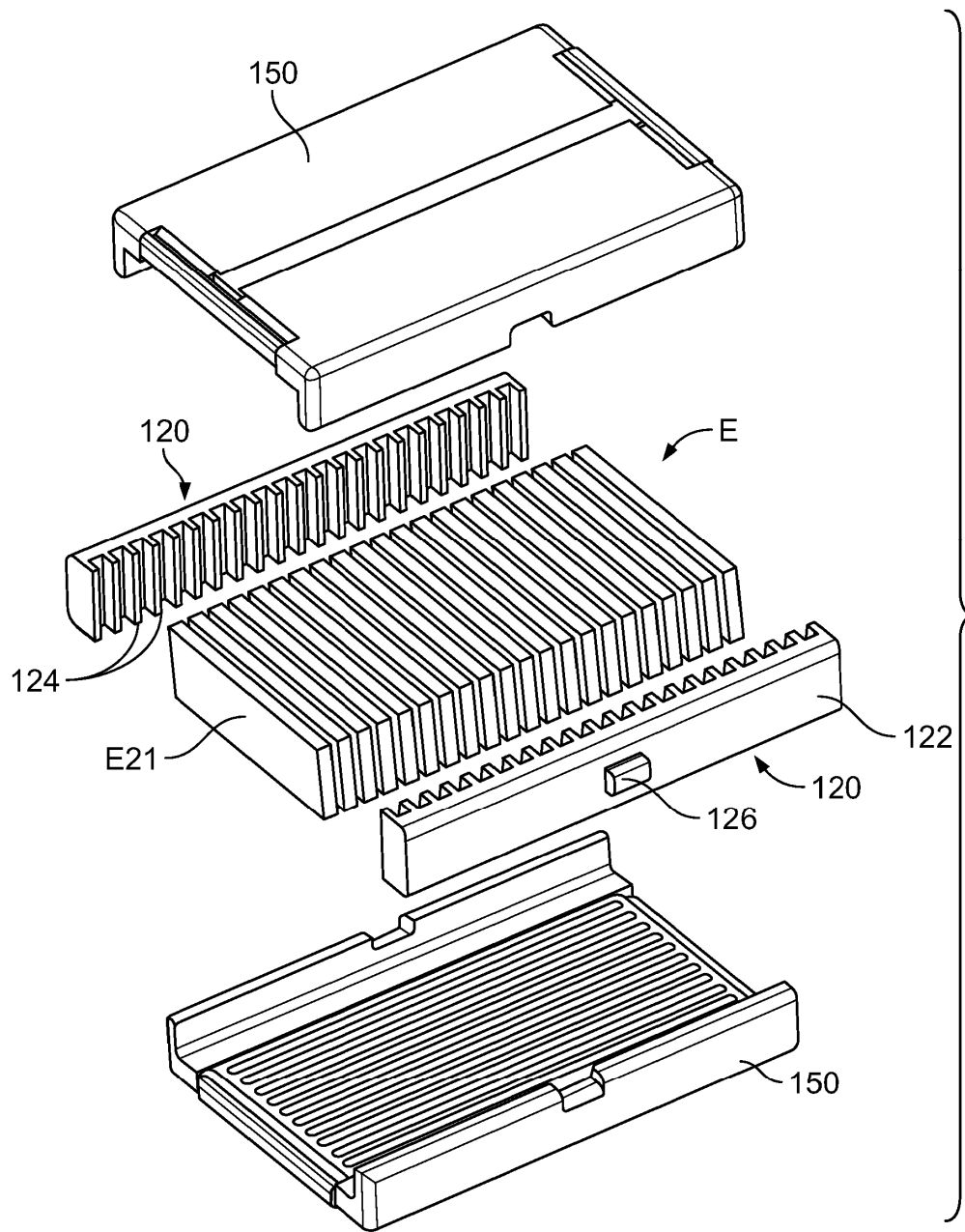


FIG. 16

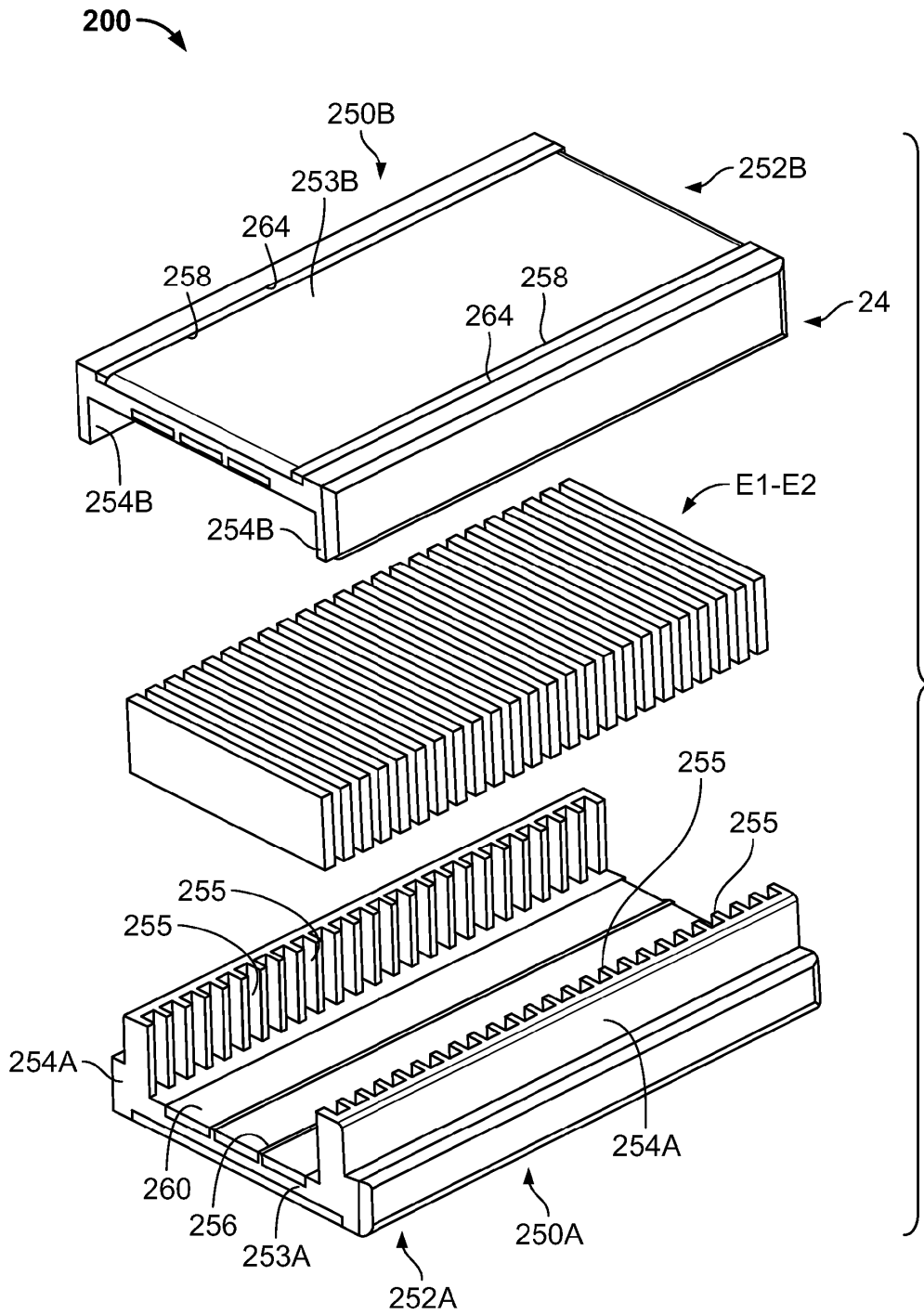


FIG. 17

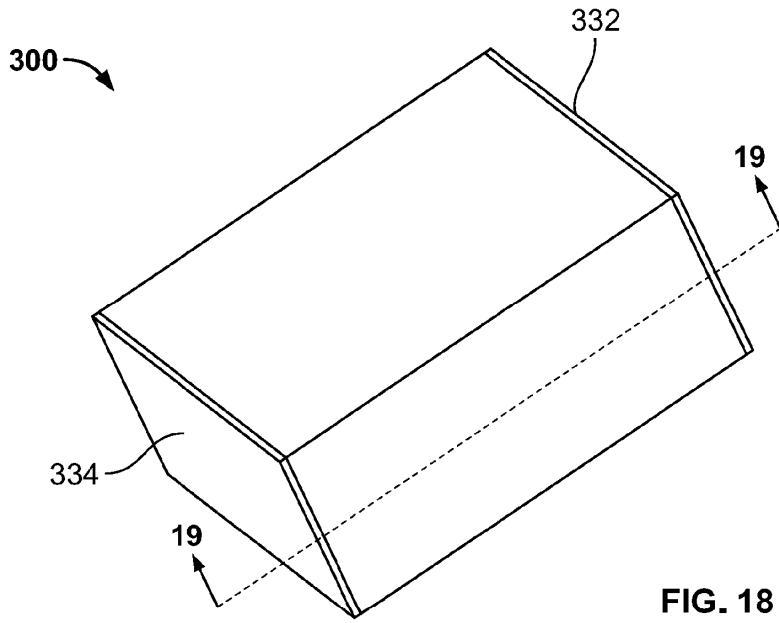


FIG. 18

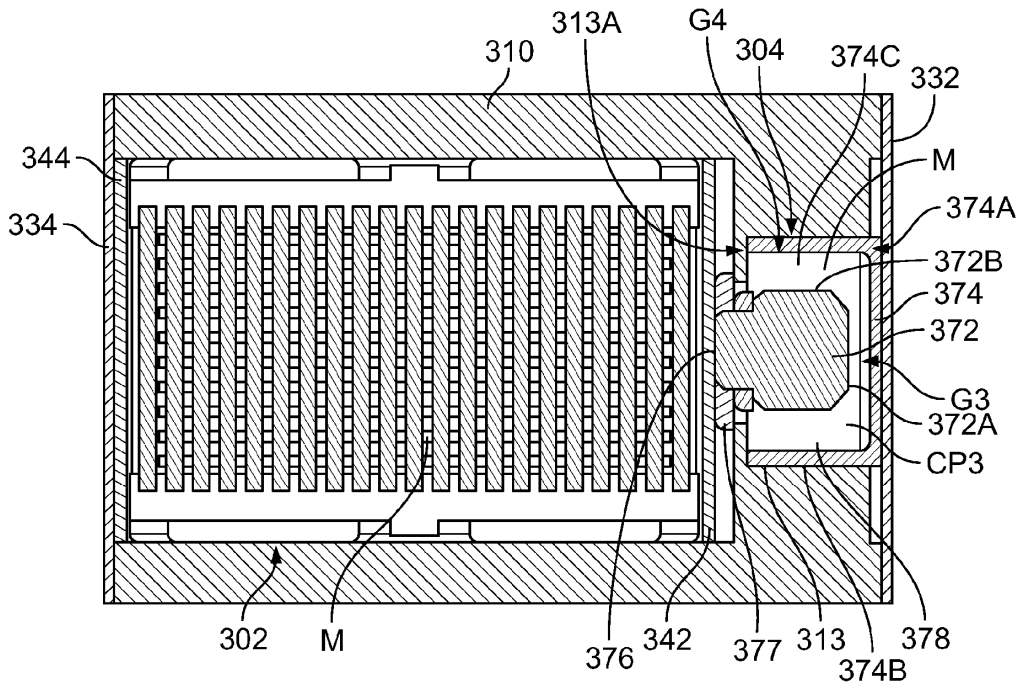


FIG. 19

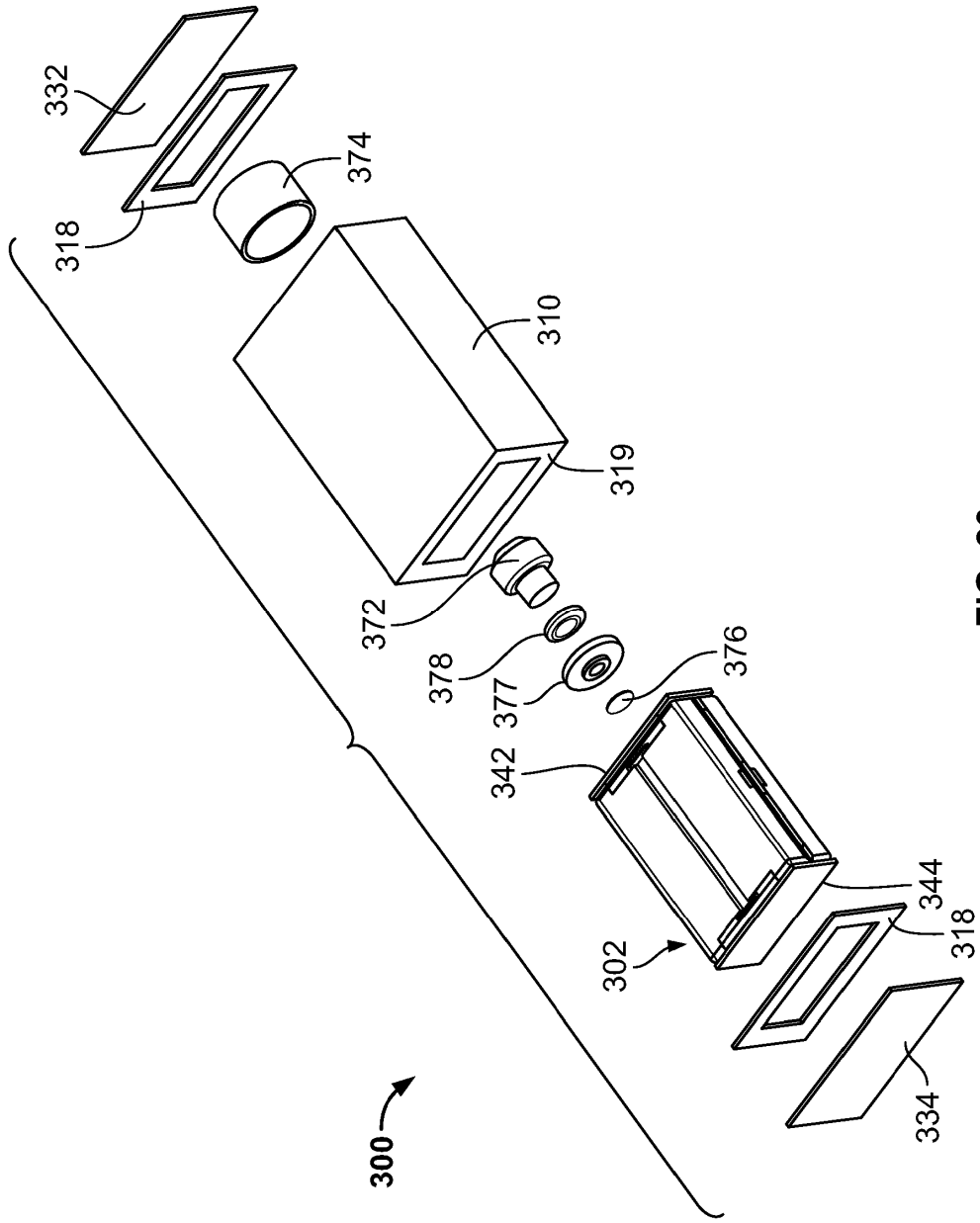


FIG. 20

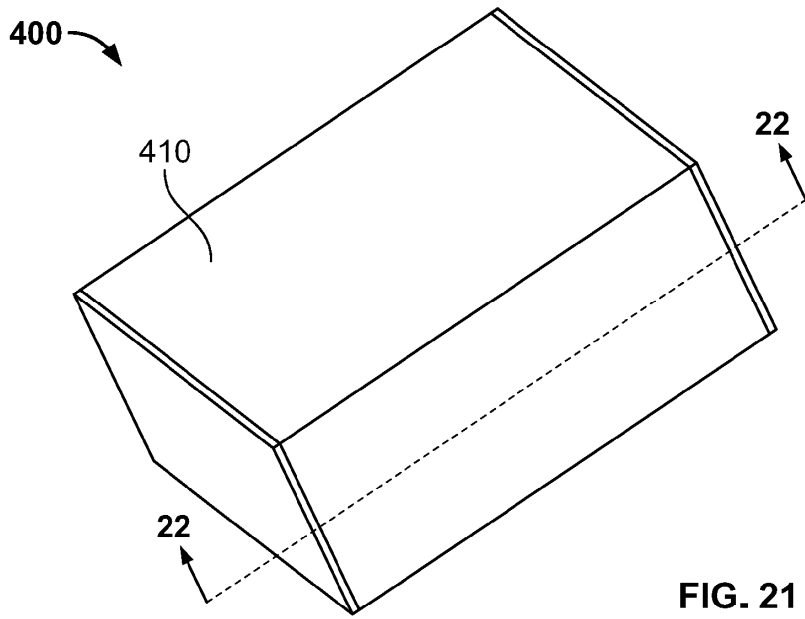


FIG. 21

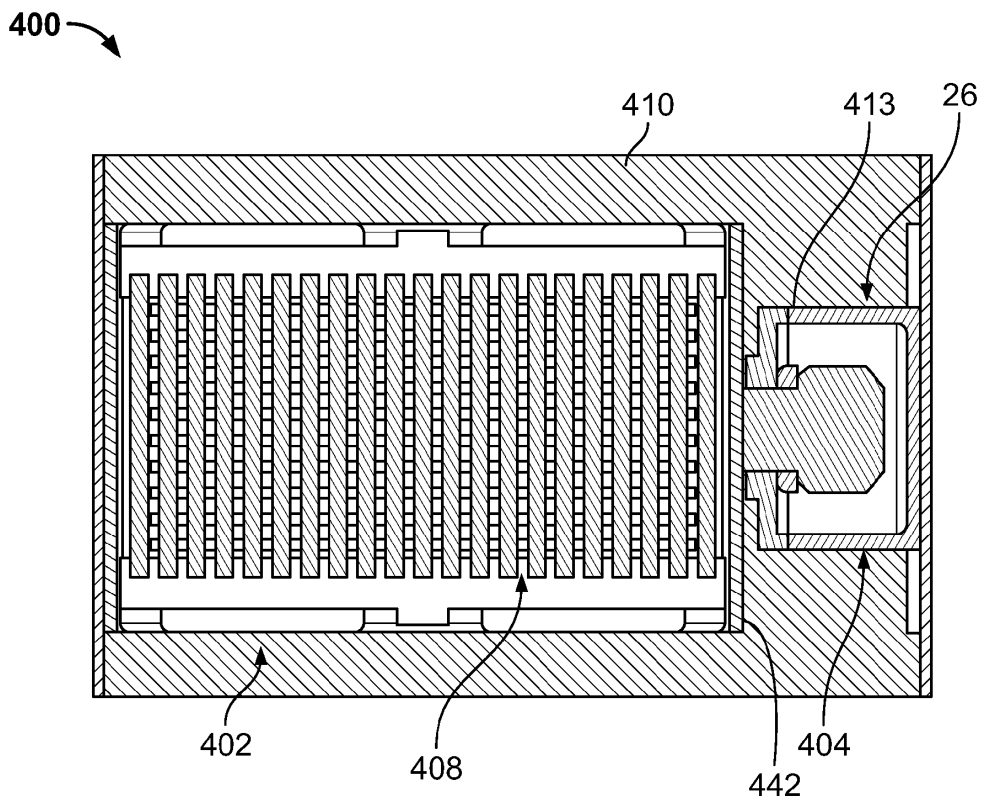


FIG. 22

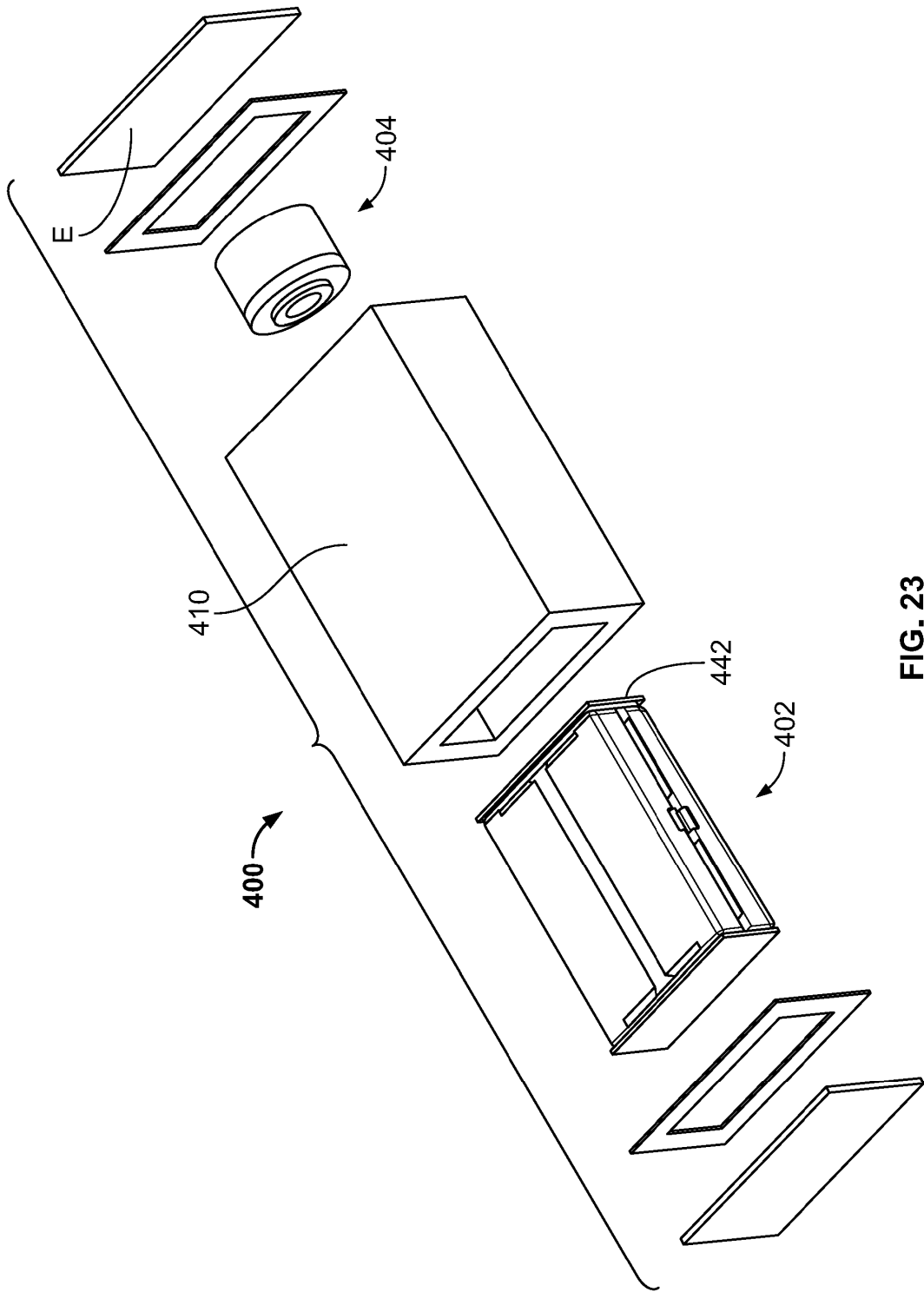


FIG. 23

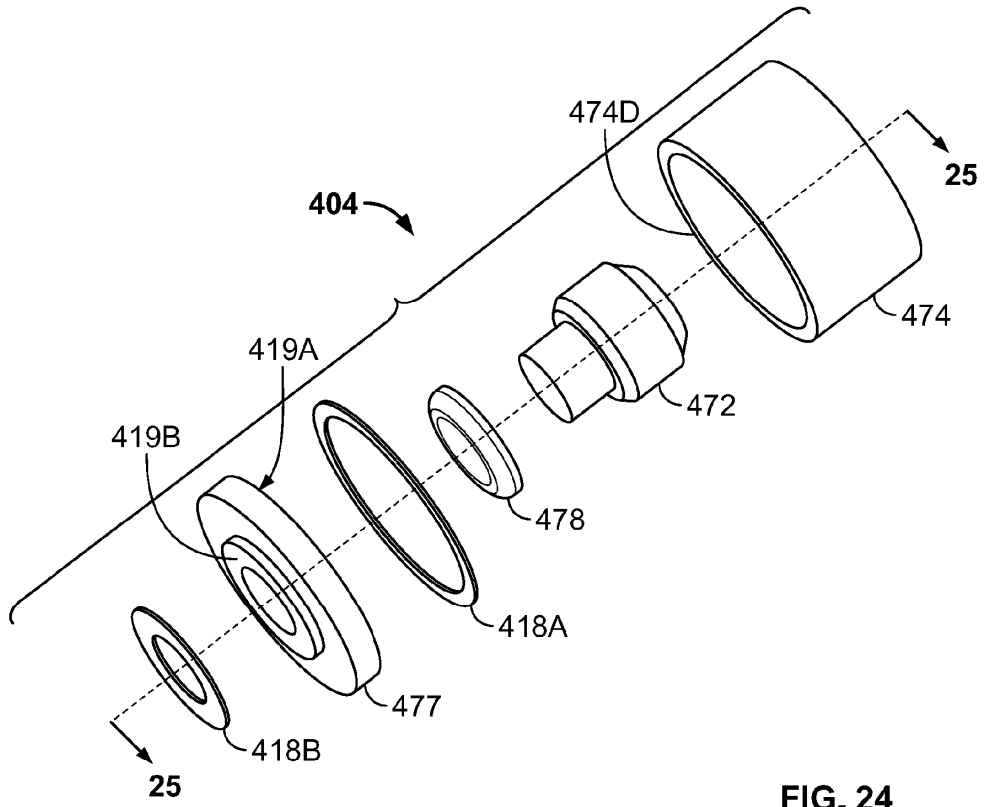


FIG. 24

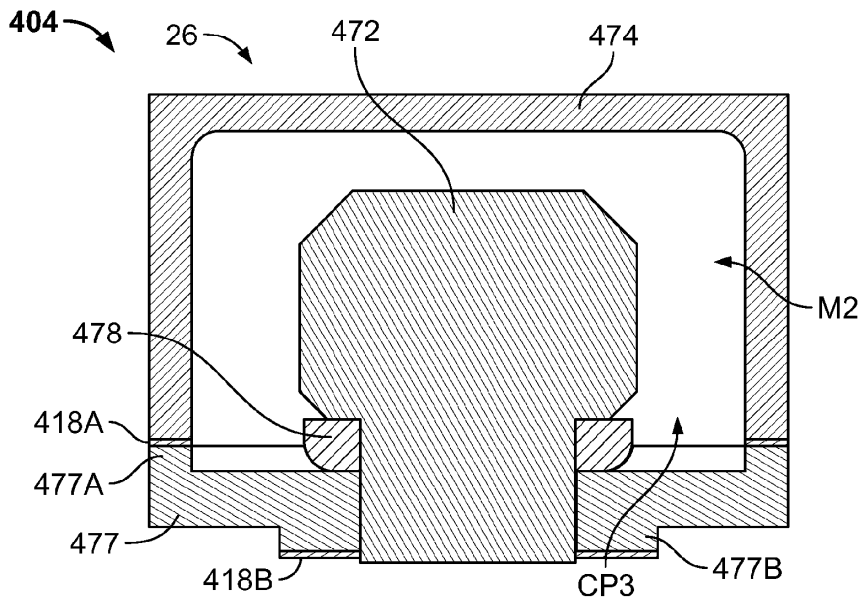


FIG. 25

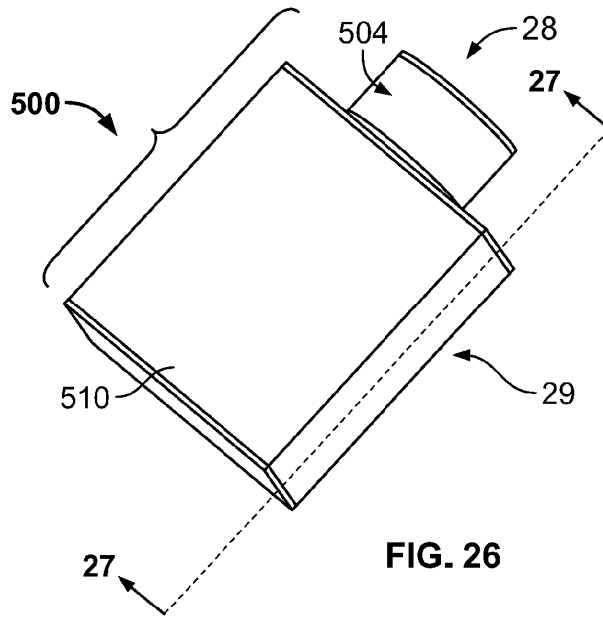


FIG. 26

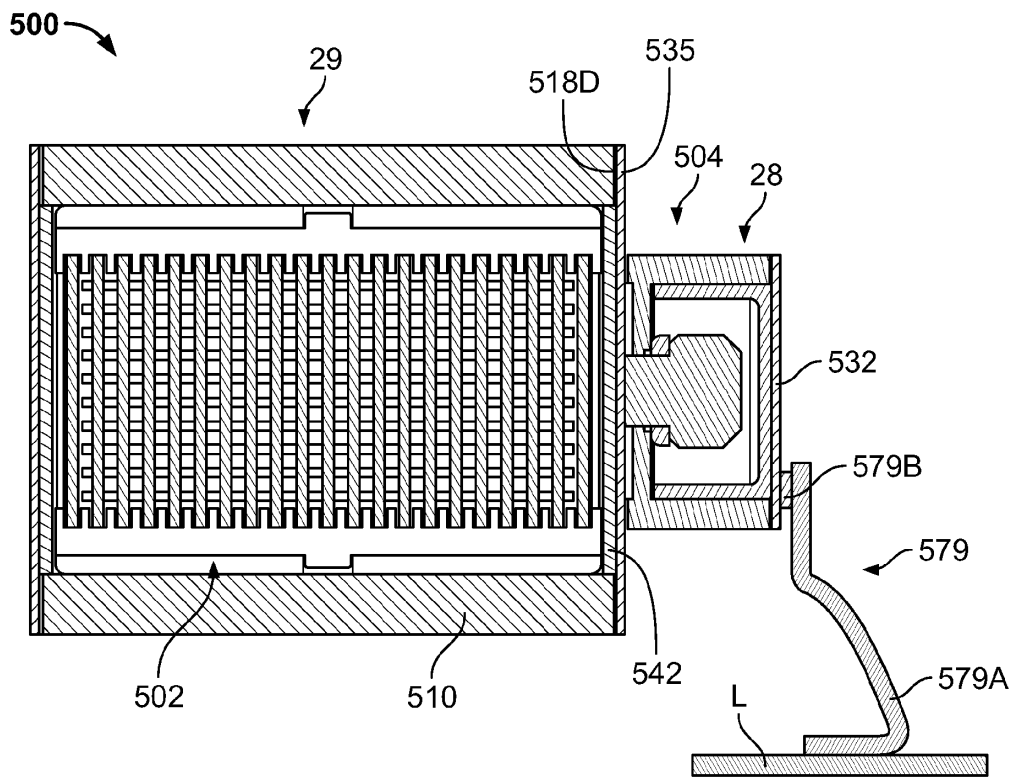


FIG. 27

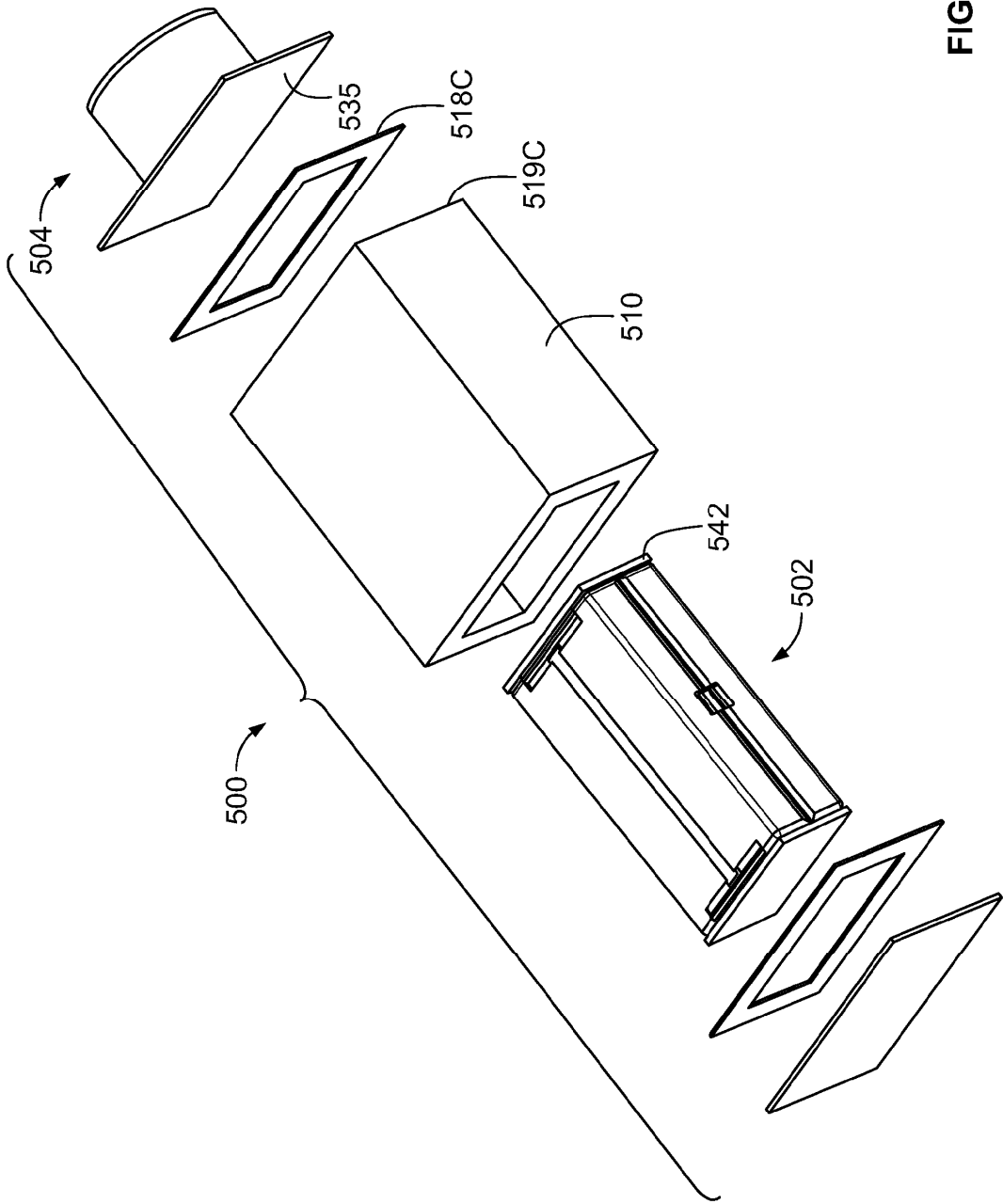


FIG. 28



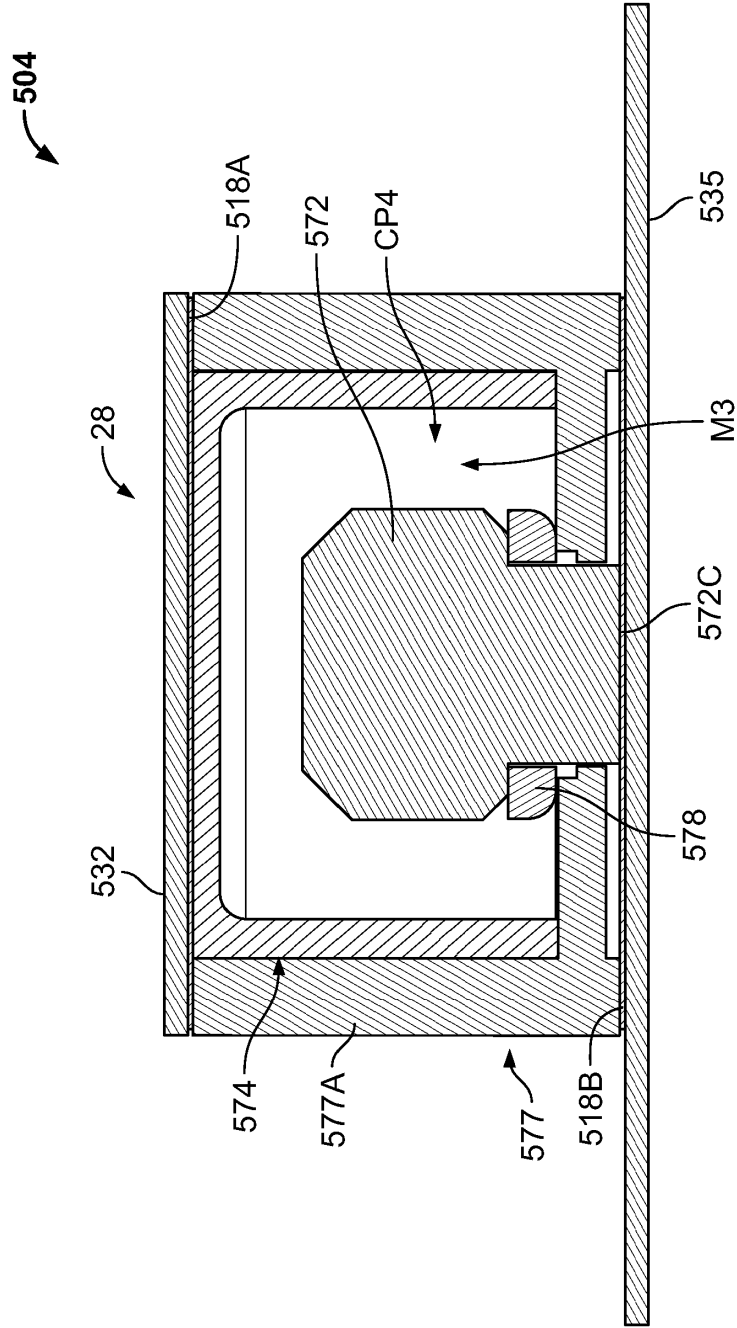
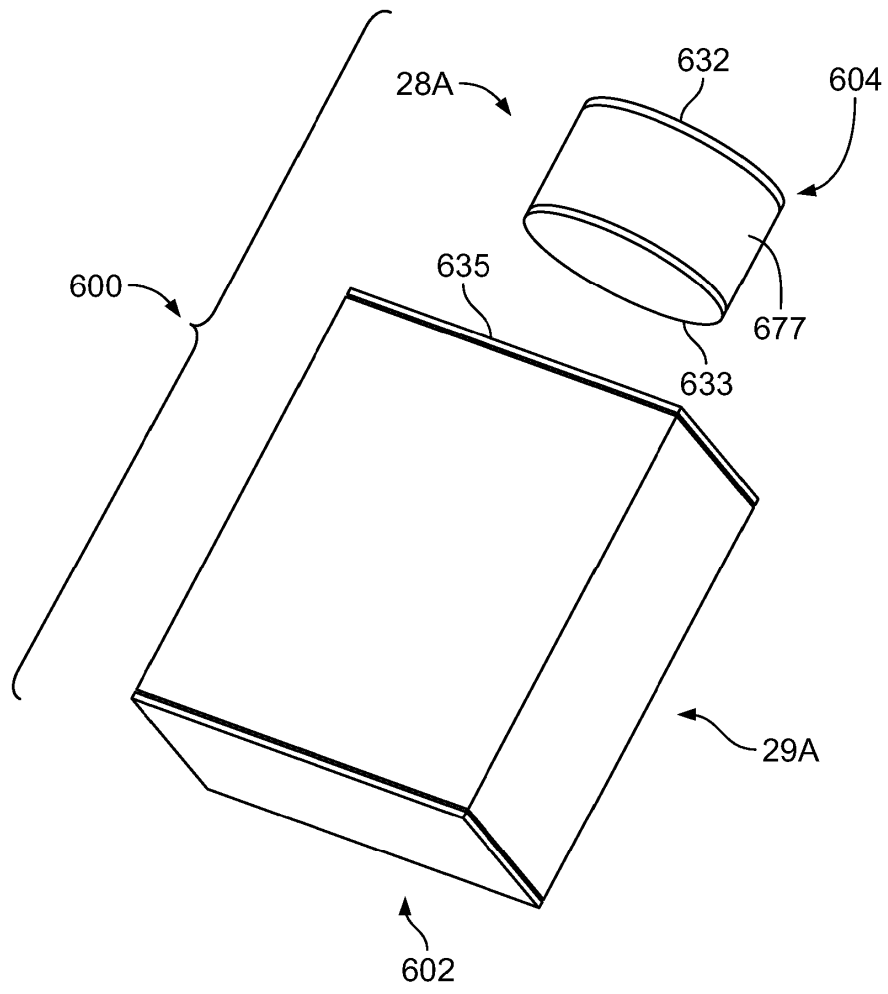


FIG. 30



**FIG. 31**



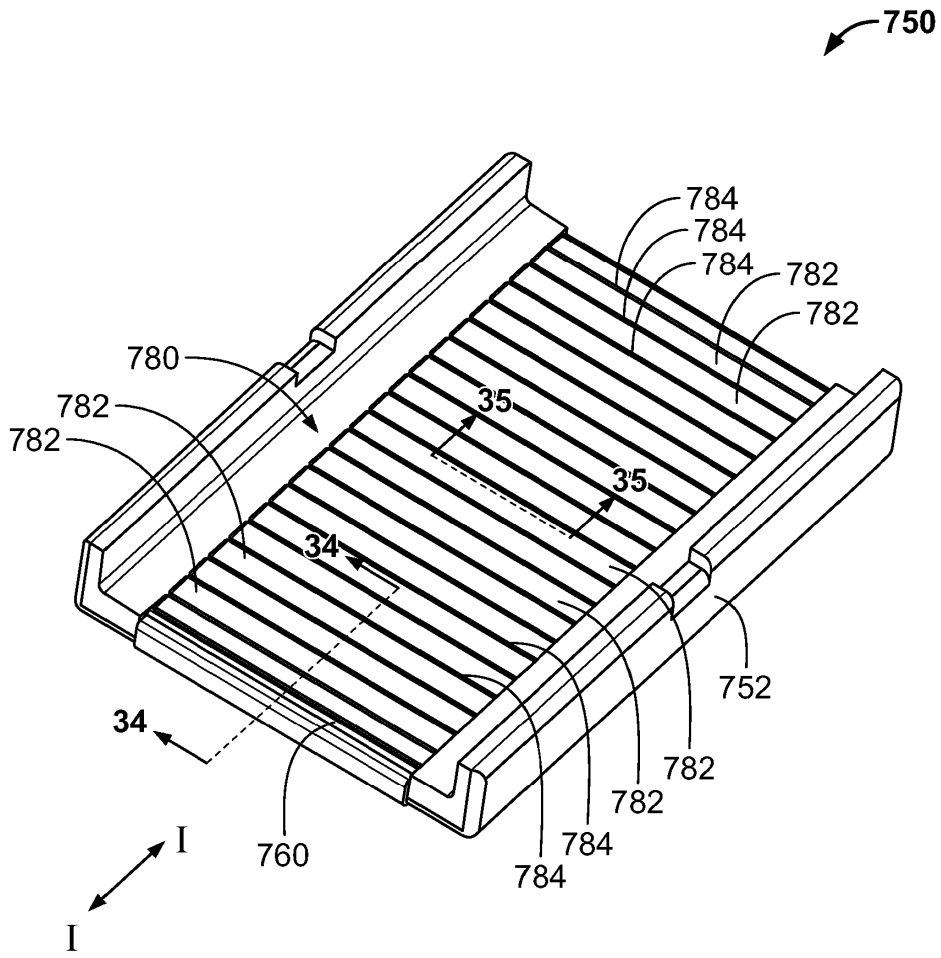


FIG. 33

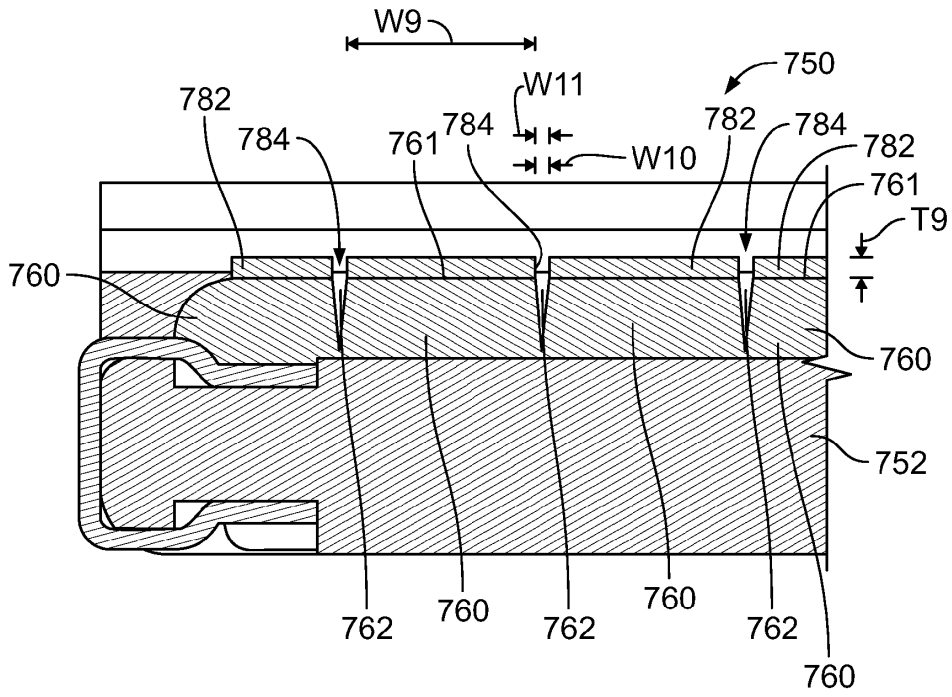


FIG. 34

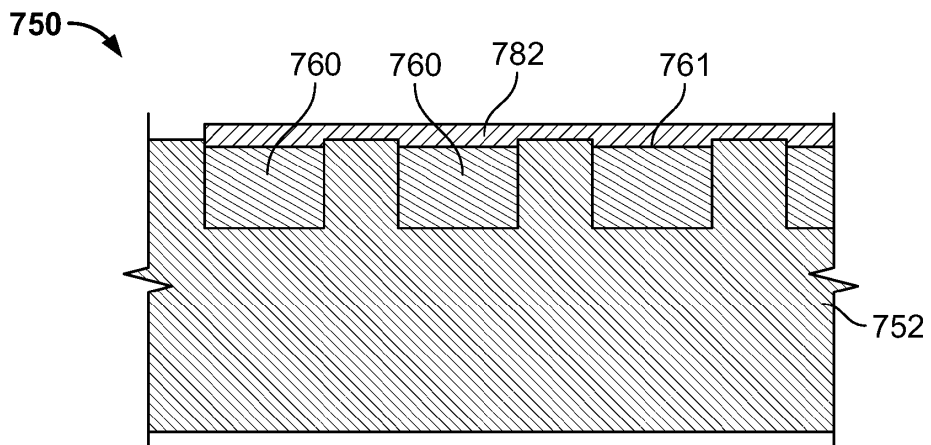


FIG. 35

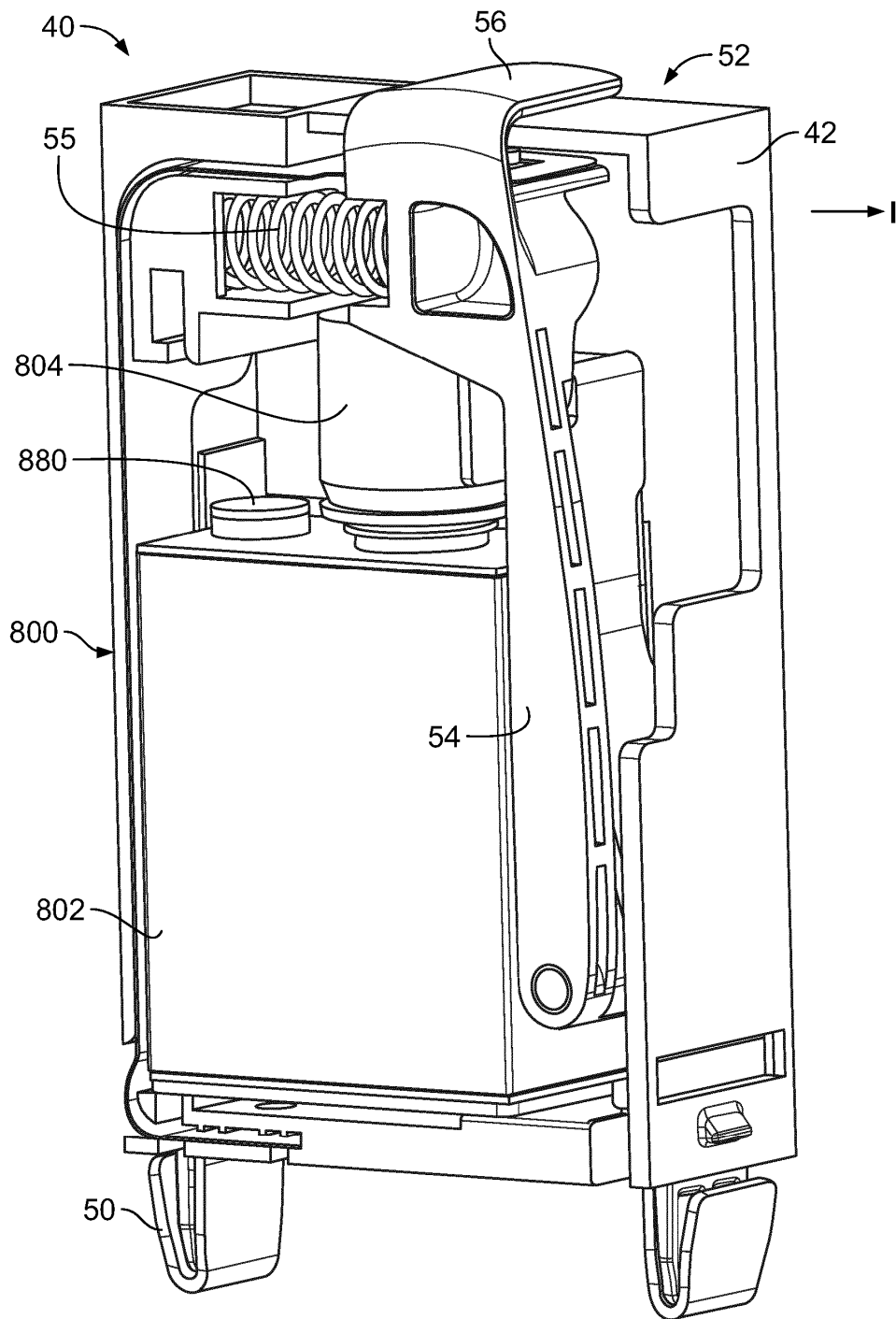
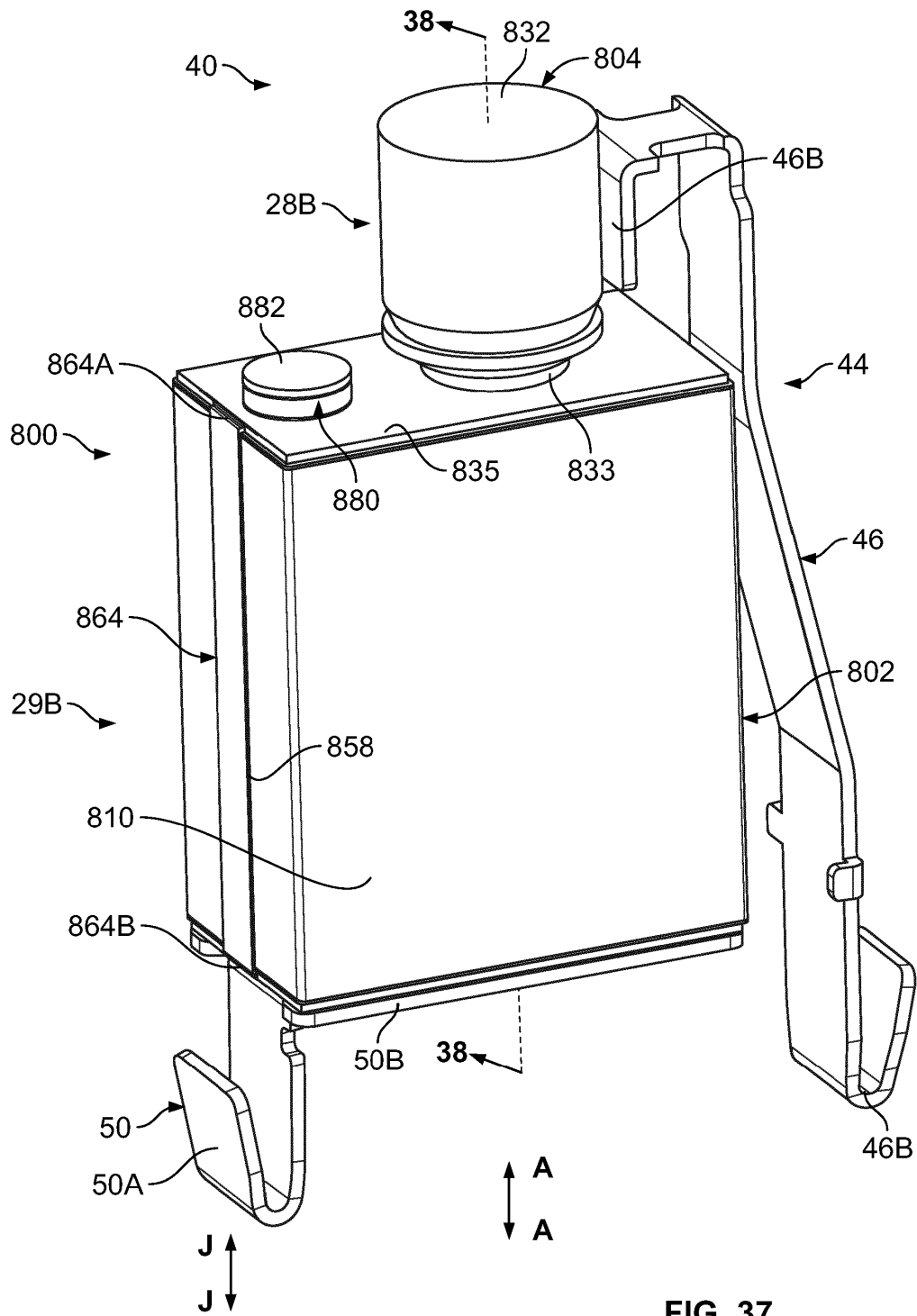


FIG. 36



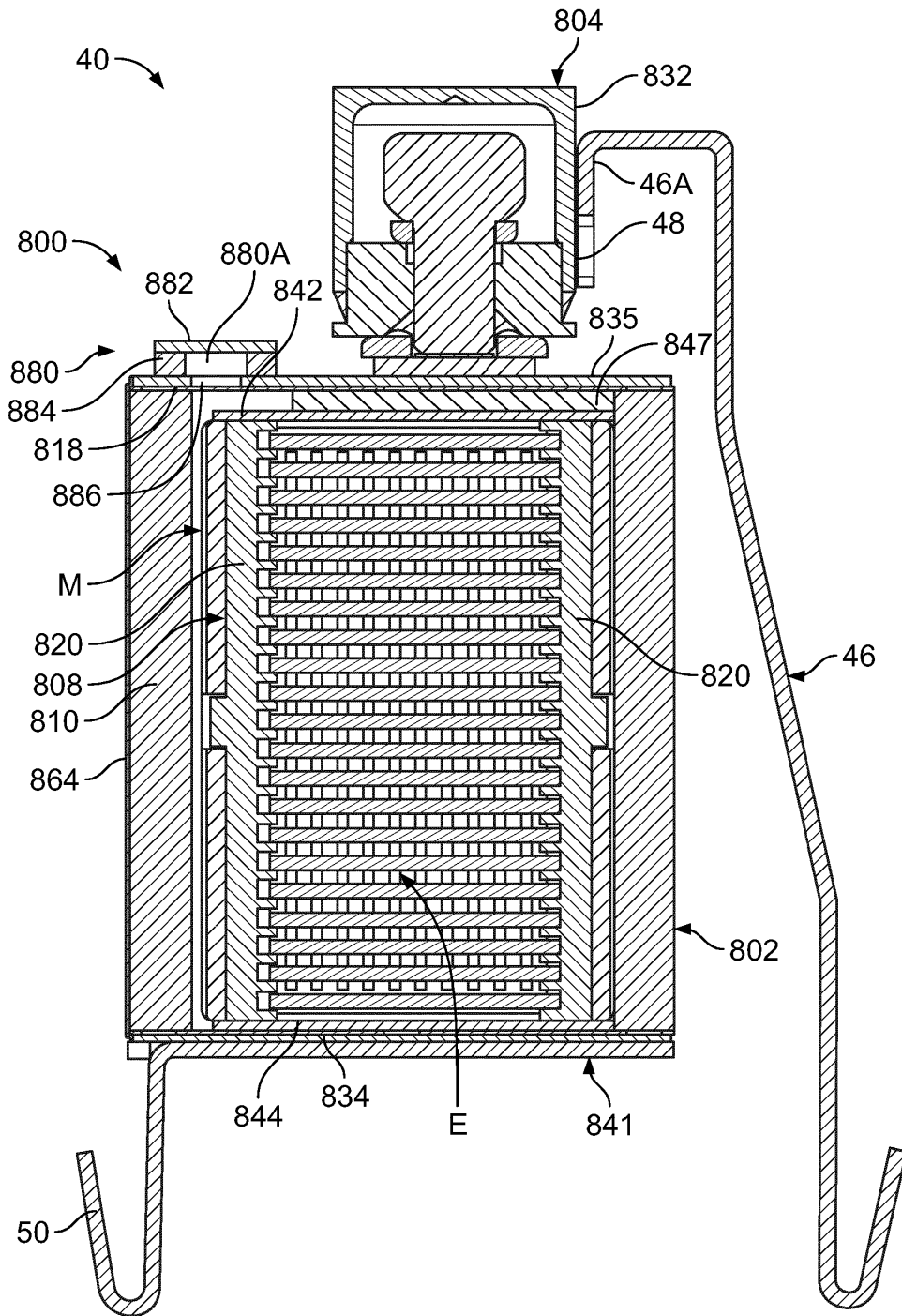


FIG. 38

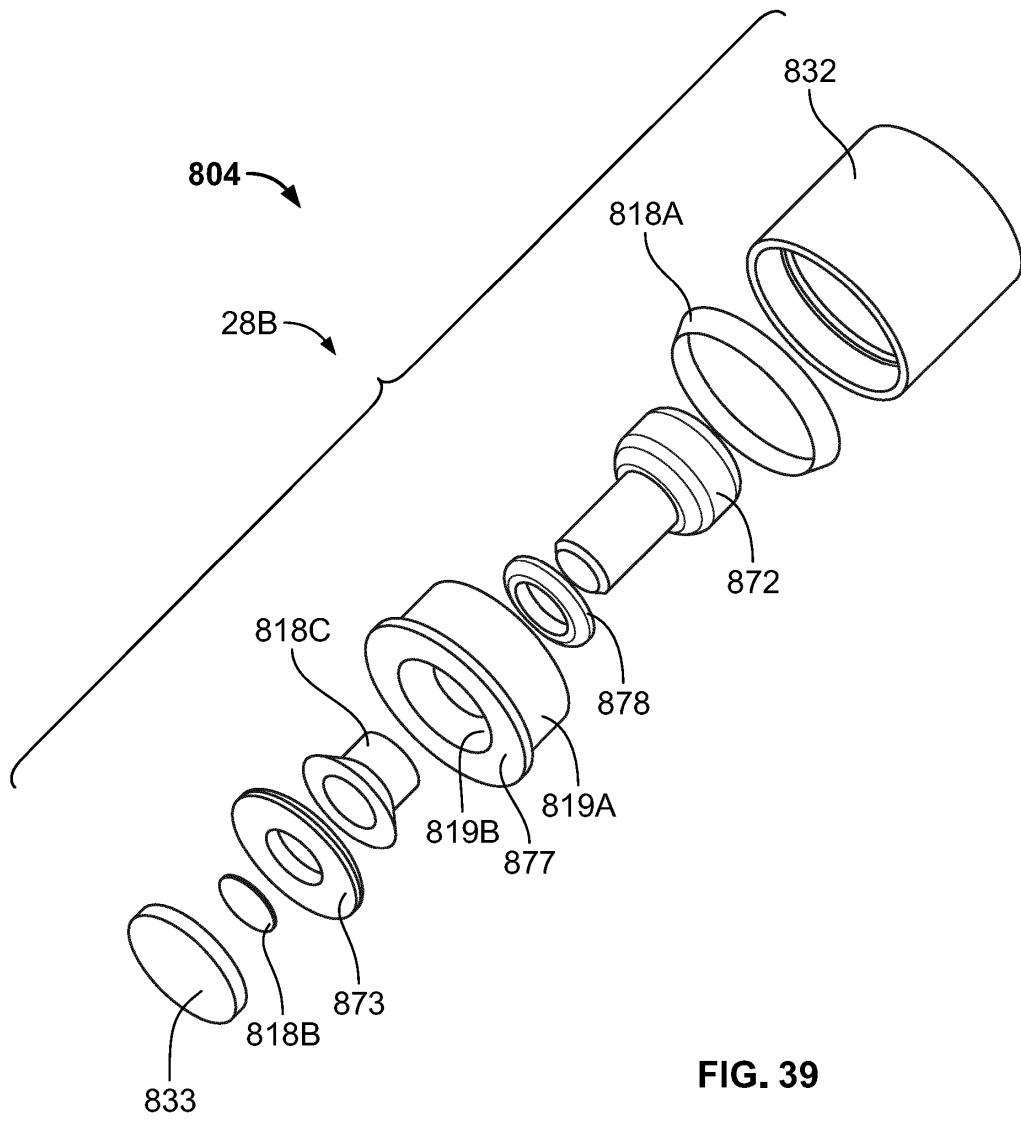


FIG. 39

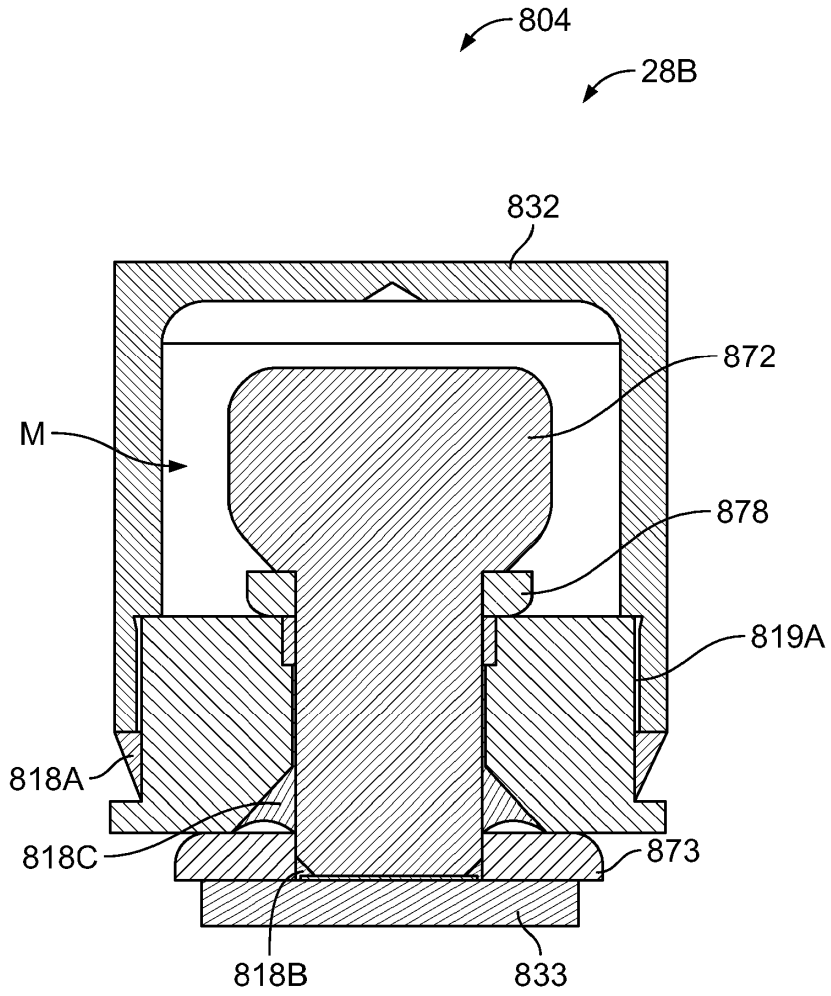


FIG. 40

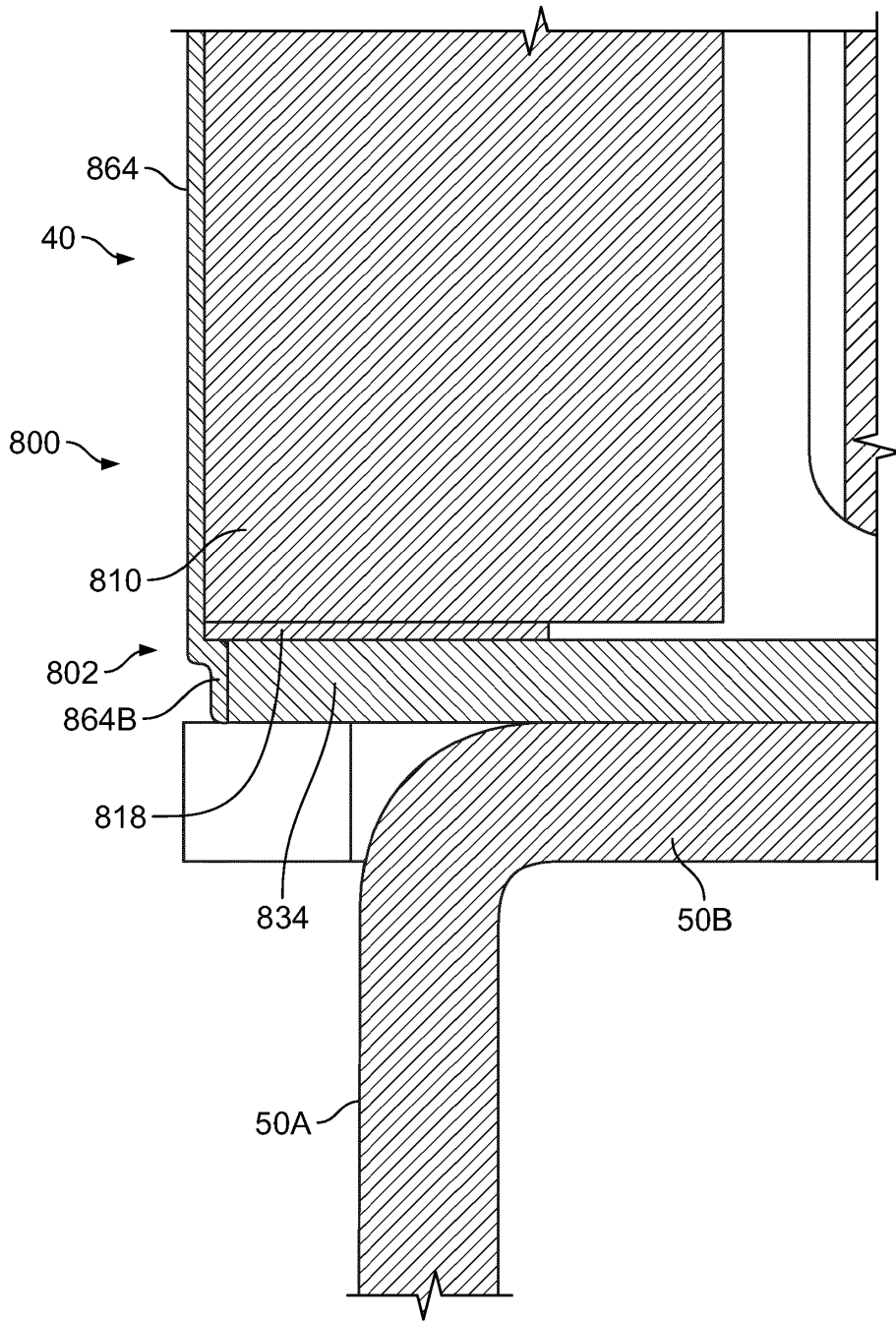


FIG. 41

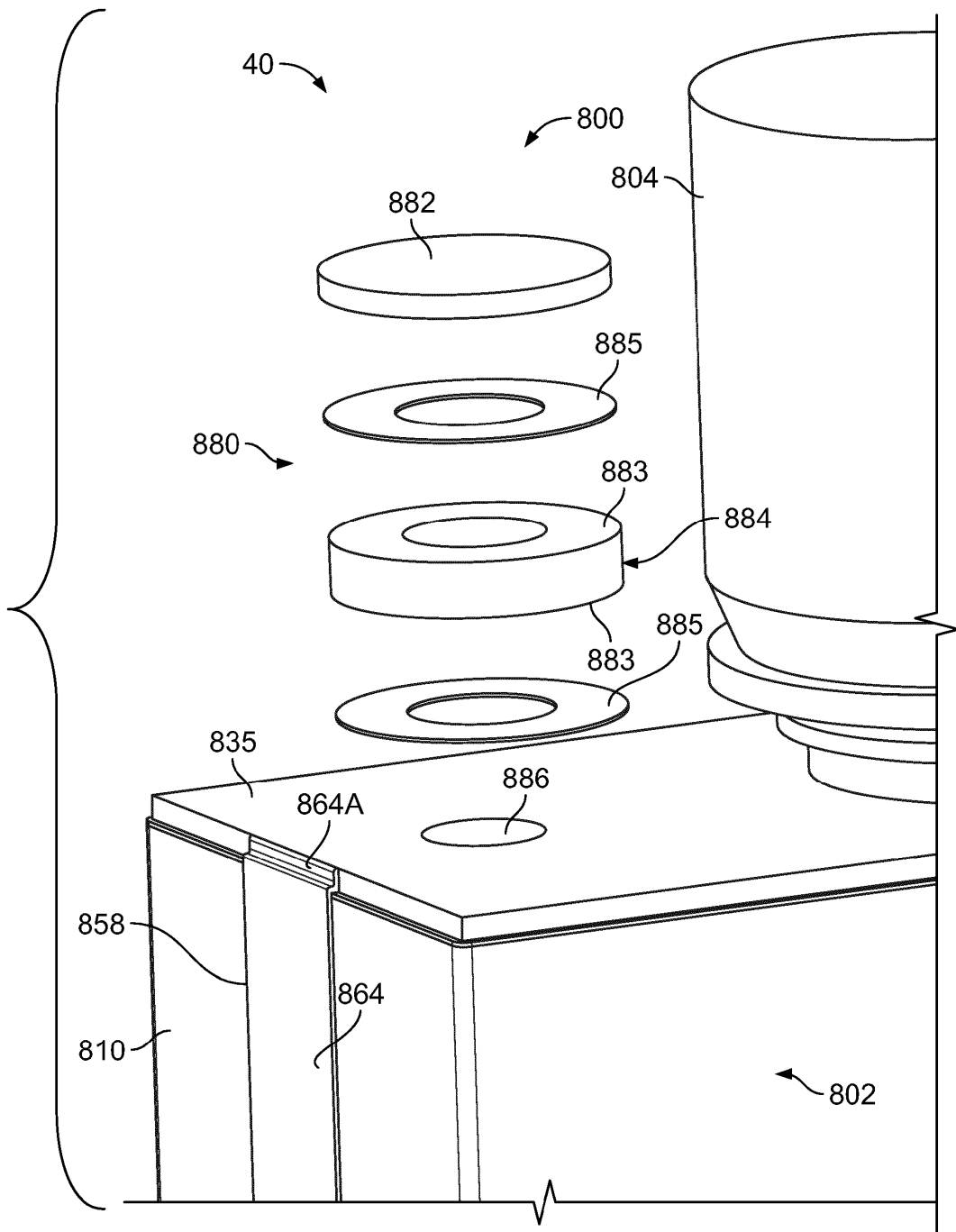


FIG. 42