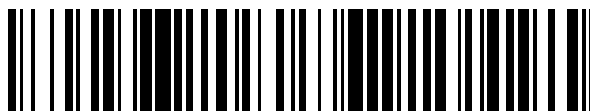


19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 574 418**

51 Int. Cl.:

H01M 10/04 (2006.01)

H01M 4/80 (2006.01)

H01M 2/22 (2006.01)

H01M 2/26 (2006.01)

H01M 4/74 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **27.04.2012** **E 12722966 (4)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **27.04.2016** **EP 2702622**

54 Título: **Configuraciones de apilado y sellado para dispositivos de almacenamiento de energía**

30 Prioridad:

29.04.2011 US 201161481059 P

29.04.2011 US 201161481067 P

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

17.06.2016

73 Titular/es:

G4 SYNERGETICS, INC. (100.0%)

Three Expressway Plaza

Roslyn, NY 11577, US

72 Inventor/es:

CLARK, MILES;

CHERISOL, KENNETH;

REGALADO, JULIUS;

WEST, JON, K.;

ZHOU, XIN;

GORDON, JOSHUA;

CITTA, MYLES y

CITTA, NELSON

74 Agente/Representante:

DE ELZABURU MÁRQUEZ, Alberto

ES 2 574 418 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

Configuraciones de apilado y sellado para dispositivos de almacenamiento de energía

Referencia cruzada a solicitudes relacionadas

Esta solicitud reivindica el beneficio de la Solicitud Provisional de EE. UU. N° 61/481.059, presentada el 29 de abril de 2011, y de la Solicitud Provisional de EE. UU. N° 61/481.067, presentada el 29 de abril de 2011.

Antecedentes

La capacidad de un dispositivo de almacenamiento de energía (ESD, *Energy Storage Device*) es una medida de la carga almacenada por el ESD y es un componente de la máxima cantidad de energía que puede extraerse del ESD. La capacidad de un ESD puede estar relacionada con el número de interfaces entre los electrodos en el ESD. Técnicas como arrollar los electrodos y doblar los electrodos pueden aumentar el número de interfaces entre los electrodos. Sin embargo, la fabricación de electrodos doblados o arrollados resulta difícil debido a que se necesitan técnicas especiales para manipular los electrodos. Adicionalmente, los electrodos doblados y arrollados son susceptibles de tener defectos debido a que pueden producirse esfuerzos mecánicos adicionales en los dobleces o en las curvas de los electrodos en comparación con electrodos planos.

Resumen

En vista de lo anterior, se proporcionan aparatos y métodos para dispositivos de energía apilados (ESDs), que incluyen diversas configuraciones de apilado y sellado para los ESDs apilados.

De acuerdo con algunos aspectos de la descripción, se proporciona un ESD con un sustrato conductor bipolar que posee un primer lado acoplado a una primera sub-pila y un segundo lado acoplado a una segunda sub-pila. La primera sub-pila y la segunda sub-pila incluyen una pluralidad de unidades de electrodos monopolares positivos y negativos apilados, donde cada unidad de electrodo monopolar respectiva comprende una primera capa de electrodo de material activo y una segunda capa de electrodo de material activo en lados opuestos de un camino de conducción. Entre unidades de electrodo monopolar adyacentes está dispuesto un separador. Los caminos de conducción de las unidades de electrodo monopolar positivo están acopladas electrónicamente para formar un bus de corriente positiva dotado de lengüetas, y los caminos de conducción de las unidades de electrodo negativo monopolar están acopladas electrónicamente para formar un bus de corriente negativa dotado de lengüetas. El bus de corriente negativa dotado de lengüetas de la primera sub-pila está acoplado al primer lado del sustrato conductor bipolar y el bus de corriente positiva dotado de lengüetas de la segunda sub-pila está acoplado al segundo lado del sustrato conductor bipolar.

En algunas realizaciones, el camino de conducción comprende perforaciones. Las perforaciones pueden estar espaciadas entre sí de manera uniforme y las perforaciones pueden tener un tamaño uniforme. La primera capa de electrodo de material activo y la segunda capa de electrodo de material activo pueden estar unidas físicamente entre sí a través de perforaciones en el camino de conducción. En algunas realizaciones, el área superficial del camino de conducción es igual al área definida por las perforaciones.

En algunas realizaciones, la primera capa de electrodo de material activo y la segunda capa de electrodo de material activo comprenden una espuma de metal que posee un material activo respectivo depositado en el mismo. En algunas realizaciones, la primera capa de electrodo de material activo y la segunda capa de electrodo de material activo comprenden un material activo respectivo que está fijado al camino de conducción utilizando un aglutinante.

En algunas realizaciones, el camino de conducción comprende una pluralidad de aletas conductoras. El bus de corriente positiva dotado de lengüetas incluye la pluralidad de aletas conductoras de las unidades de electrodo monopolar positivo, y el bus de corriente negativa dotado de lengüetas incluye la pluralidad de aletas conductoras de las unidades de electrodo monopolar negativo. Las aletas conductoras están dobladas para formar los buses de corriente positiva y negativa dotados de lengüetas respectivos. Las lengüetas dobladas pueden estar alineadas en una dirección de apilado, y los buses de corriente dotados de lengüetas pueden estar dispuestos en una dirección.

En algunas realizaciones, los buses de corriente positiva y negativa dotados de lengüetas comprenden lengüetas de conexión electrónica que sobresalen hacia afuera desde la dirección de apilado en un extremo del bus de corriente dotado de lengüetas respectivo. Las lengüetas de conexión electrónica de la primera sub-pila están alineadas con las lengüetas electrónicas de la segunda sub-pila cerca del sustrato conductor bipolar, y las lengüetas de conexión electrónica de la primera sub-pila y de la segunda sub-pila están acopladas electrónicamente al sustrato conductor bipolar y también entre sí. Las lengüetas de conexión electrónica pueden sobresalir en una dirección paralela al sustrato conductor bipolar.

En algunas realizaciones, las lengüetas de conexión electrónica se extienden a lo largo de un lado de la sub-pila y en dirección perpendicular a la dirección de apilado. En algunas realizaciones, el primer lado y el segundo lado del sustrato conductor bipolar se extienden hacia afuera desde la primera sub-pila y desde la segunda sub-pila para formar una porción que se extiende hacia afuera, y las lengüetas de conexión electrónica de la primera sub-pila y de

la segunda sub-pila están acopladas a la porción que se extiende hacia afuera del sustrato conductor bipolar.

En algunas realizaciones, el ESD comprende un tope rígido que circunda el sustrato conductor bipolar y acopla el sustrato conductor bipolar a las lengüetas de conexión electrónica de la primera sub-pila y de la segunda sub-pila cerca de la porción que se extiende hacia afuera. El tope rígido incluye un surco periférico en una corona externa del tope rígido para recibir un anillo de sellado. El anillo de sellado evita que se combinen un electrolito de la primera sub-pila con un electrolito de la segunda sub-pila. El tope rígido puede incluir una pluralidad de muescas que alinean las lengüetas de conexión electrónica de la primera sub-pila y de la segunda sub-pila para orientar las lengüetas de conexión electrónica entre sí con respecto al sustrato conductor bipolar.

De acuerdo con algunos aspectos de la descripción, se proporciona un ESD bipolar que incluye una unidad de electrodo bipolar. La unidad de electrodo bipolar incluye una primera sub-pila de una pluralidad de unidades de electrodo monopolar positivo y negativo alternas, y cada unidad de electrodo monopolar respectiva comprende un primer camino de conducción. La unidad de electrodo bipolar también incluye una segunda sub-pila de una pluralidad de unidades de electrodo monopolar positivo y negativo alternas, y cada unidad de electrodo monopolar respectiva comprende un segundo camino de conducción. La unidad de electrodo bipolar también incluye un sustrato conductor bipolar que posee un primer lado acoplado a la primera sub-pila y un segundo lado acoplado a la segunda sub-pila. En algunas realizaciones, el sustrato conductor bipolar está acoplado a los primeros caminos de conducción para las unidades de electrodo monopolar negativo alternas de la primera sub-pila, y el sustrato conductor bipolar está acoplado a los segundos caminos de conducción para las unidades de electrodo monopolar positivo alternas de la segunda sub-pila.

De acuerdo con algunos aspectos de la descripción, se proporciona una sub-pila para un ESD. La sub-pila comprende una unidad de electrodo monopolar de terminal positivo, una unidad de electrodo monopolar de terminal negativo, y una pluralidad de unidades de electrodo monopolar positivo y negativo alternas apiladas entre las unidades de electrodo monopolar de terminal negativo y positivo. Cada unidad de electrodo monopolar respectiva incluye una primera capa de electrodo de material activo y una segunda capa de electrodo de material activo en lados opuestos de un camino de conducción. Entre unidades de electrodo monopolar adyacentes está dispuesto un separador. La sub-pila está configurada para acoplarse a un sustrato conductor bipolar a través de la unidad de electrodo monopolar de terminal positivo o negativo y de los caminos de conducción positivo o negativo respectivos de las unidades de electrodo monopolar positivo y negativo alternas. En algunas realizaciones, las unidades de electrodo monopolar de terminal positivo y negativo comprenden un camino de conducción respectivo que posee una capa de electrodo de material activo en un lado del camino de conducción que mira en dirección de las unidades de electrodo monopolar positivo y negativo alternas.

Breve descripción de los dibujos

Los propósitos y ventajas de la descripción especificadas anteriormente se apreciarán tras considerar la descripción detallada que sigue, tomada conjuntamente con los dibujos adjuntos, en los cuales los caracteres de referencia similares se refieren a partes similares a lo largo de los mismos, y en los cuales:

Las Figuras 1A-B muestran unidades de electrodo monopolar o MPUs (*Monopolar Electrode Units*) ilustrativas, de acuerdo con algunas implementaciones de la descripción;

Las Figuras 2A-D muestran caminos de conducción o "pistas electrónicas" ilustrativas, de acuerdo con algunas implementaciones de la descripción;

La Figura 3 muestra una vista parcialmente despiezada de una sub-pila ilustrativa que incluye múltiples MPUs, de acuerdo con algunas implementaciones de la descripción;

La Figura 4 muestra una sub-pila ilustrativa que incluye múltiples MPUs, de acuerdo con algunas implementaciones de la descripción;

Las Figuras 5A-B muestran vistas en sección transversal de una sub-pila ilustrativa que incluye múltiples MPUs, de acuerdo con algunas implementaciones de la descripción;

La Figura 6 muestra una sub-pila ilustrativa con buses de corriente dotados de lengüetas, de acuerdo con algunas implementaciones de la descripción;

Las Figuras 7A-B muestran vistas en sección transversal de una sub-pila ilustrativa con buses de corriente dotados de lengüetas, de acuerdo con algunas implementaciones de la descripción;

Las Figuras 8A-C representan varias técnicas para acoplar electrónicamente aletas conductoras, de acuerdo con algunas implementaciones de la descripción;

La Figura 9 muestra una vista parcialmente despiezada de sub-pilas ilustrativas y un sustrato conductor bipolar, de acuerdo con algunas realizaciones de la descripción;

La Figura 10 muestra pilas ilustrativas con topes rígidos, de acuerdo con algunas implementaciones de la

descripción;

Las Figuras 11A-B ilustran vistas en perspectiva de un tope rígido ilustrativo, de acuerdo con algunas implementaciones de la descripción;

5 La Figura 12 muestra una vista en sección transversal de sub-pilas ilustrativas con topes rígidos, de acuerdo con algunas implementaciones de la descripción;

La Figura 13 se muestra una vista parcial en perspectiva en sección transversal de múltiples sub-pilas con topes rígidos situadas dentro de una carcasa de ESD, de acuerdo con algunas implementaciones de la descripción;

La Figura 14 muestra válvulas de ecualización y orificios de tubo de llenado ilustrativos dispuestos en los topes rígidos, de acuerdo con algunas implementaciones de la descripción;

10 La Figura 15 muestra una técnica ilustrativa para llenar las sub-pilas del ESD con electrólito, de acuerdo con algunas implementaciones de la descripción;

La Figura 16 muestra una vista en perspectiva de una sub-pila rectangular ilustrativa, de acuerdo con algunas implementaciones de la descripción;

15 Las Figuras 17A-B muestran MPUs rectangulares ilustrativas, de acuerdo con algunas implementaciones de la descripción;

La Figura 18 muestra una vista esquemática de una sub-pila rectangular ilustrativa que incluye múltiples MPUs, de acuerdo con algunas implementaciones de la descripción;

20 Las Figuras 19A-B muestran vistas en sección transversal de una sub-pila rectangular ilustrativa que incluye múltiples MPUs y buses de corriente dotados de lengüetas, de acuerdo con algunas implementaciones de la descripción;

La Figura 20 muestra una vista en perspectiva de MPUs rectangulares ilustrativas apiladas en una dirección de apilado, de acuerdo con algunas implementaciones de la descripción;

La Figura 21 muestra MPUs rectangulares ilustrativas apiladas en una dirección de apilado con topes rígidos, de acuerdo con algunas implementaciones de la descripción;

25 Las Figuras 22A-H describen diversos pasos para montar un ESD que posee múltiples sub-pilas, de acuerdo con algunas implementaciones de la descripción;

Las Figuras 23A-B muestran válvulas de ecualización y válvulas de descompresión ilustrativas en el ESD, de acuerdo con algunas implementaciones de la descripción;

30 La Figura 24 muestra generadores termoeléctricos ilustrativos para refrigerar el ESD, de acuerdo con algunas implementaciones de la descripción; y

Las Figuras 25A-B muestran vistas esquemáticas en sección transversal de topes rígidos ilustrativos, de acuerdo con algunas implementaciones de la descripción.

Descripción detallada

35 Se proporcionan aparatos y métodos para dispositivos de almacenamiento de energía apilados (ESDs) que incluyen varias configuraciones de apilado y sellado para los ESDs, y se describen a continuación haciendo referencia a las Figuras 1-25. La presente descripción se refiere a ESDs que incluyen, por ejemplo, baterías, condensadores, y otros dispositivos de almacenamiento de potencia o energía electroquímica apropiados que puedan almacenar y/o proporcionar energía eléctrica o corriente eléctrica, o cualquier combinación de los mismos. Se entenderá que mientras que la presente descripción se describe en la presente memoria en el contexto de ESDs apilados bipolares, los conceptos discutidos son aplicables a cualquier configuración de electrodos inter-celulares que incluyen, pero que no están limitados a, configuraciones de placa paralela, prismáticas, dobladas, arrolladas y/o bipolares, cualquier otra configuración apropiada, o cualesquiera combinaciones de las mismas.

45 Las Figuras 1A-B muestran unidades 102 de electrodo monopolar o MPUs ilustrativas, de acuerdo con algunas implementaciones de la descripción. Tal como se muestra en la Figura 1A, una MPU 102 incluye dos capas 108A-B que tienen la misma polaridad y están ubicadas en lados opuestos de un camino 114 de conducción, al que también se hace referencia en la presente memoria como una "pista electrónica". Las capas 108A-B de electrodo de material activo pueden estar fabricadas mediante una impregnación de espuma de metal con materiales activos bien anódicos o bien catódicos de tal manera que la espuma de metal proporcione una matriz conductora para el material activo. Por ejemplo, la Figura 1B muestra una MPU con dos capas 108A-B de electrodo de material activo que pueden fabricarse de dos espumas de metal revestidas ambas con el mismo material activo y ubicadas en lados opuestos de un camino 114 de conducción. En algunas realizaciones, las capas 108A-B de electrodo de material

activo pueden estar presionadas de tal manera que las dos capas quedan enclavadas entre sí a través del camino 114 de conducción. El camino 114 de conducción queda emparedado entre las dos capas 108A-B de electrodo de material activo.

Los materiales activos anódicos o catódicos pueden estar hechos del mismo material o de diferentes materiales con la misma polaridad. El tipo de material activo utilizado determina la polaridad de la MPU. Por ejemplo, pueden utilizarse materiales activos anódicos en MPUs negativas y pueden utilizarse materiales activos catódicos en MPUs positivas. En ciertas implementaciones, el material activo anódico o catódico puede constituir un revestimiento del camino 114 de conducción. Por ejemplo, dependiendo del tipo de material utilizado como material activo y del tipo de material utilizado para el camino 114 de conducción, puede utilizarse un material aglutinante apropiado para fijar los materiales activos sobre el camino 114 de conducción.

Las Figuras 2A-D muestran caminos 202A-D de conducción, o “pistas electrónicas”, ilustrativos, de acuerdo con algunas implementaciones de la descripción. El camino 202A-D de conducción es un sustrato conductor que actúa como una estructura de suministro de camino de corriente. Tal como se muestra en las Figuras 2A-D, los caminos 202A-D de conducción contienen perforaciones 208A-B que permiten que las capas de electrodo de material activo, tal como 108A-B, queden físicamente enclavadas y unidas entre sí a través del camino 202A-D de conducción. Las perforaciones 208A-B en el camino 202A-D de conducción también pueden ayudar a la conductividad iónica y electrónica de una MPU, tal como la MPU 114, que puede incluir un camino 114 de conducción similar a los caminos 202A-D de conducción.

El diseño del camino 202A-D de conducción alcanza preferiblemente un compromiso entre las necesidades de conductividad iónica, conductividad electrónica, y conductividad térmica. Un camino 202A-D de conducción ideal poseería una transmisión iónica completa y una habilidad de transportar corriente eléctrica ilimitada. Sin embargo, estos objetivos son contrapuestos en el sentido de que la conductividad iónica está generalmente relacionada con el tamaño y el número de perforaciones 208A-B en el camino 202A-D de conducción, mientras que la conductividad electrónica está relacionada generalmente con el área superficial total del camino 202A-D de conducción (es decir, sin incluir las perforaciones 208A-B). El patrón de perforaciones de un camino 202A-D de conducción particular puede ser más adecuado para favorecer a la conductividad iónica, por ejemplo, aumentando el área abierta del patrón de perforaciones, lo que puede estar mejor adaptado a ESDs de baja potencia. Asimismo, el patrón de perforaciones de un camino 202A-D de conducción particular puede estar adaptado para favorecer a la conductividad electrónica, por ejemplo, aumentando la cantidad de metal disponible para el transporte de corriente eléctrica y la disipación de calor, lo que puede ser más adecuado para ESDs de alta potencia. La potencia de un ESD está relacionada con la cinética química (iónica) y eléctrica (electrónica), que alcanzan un compromiso sobre la base del tipo de ESD deseado.

En ciertas implementaciones, tal como se muestra en las Figuras 2A-B, las perforaciones 208A-B pueden tener diferentes tamaños y/o el número de perforaciones puede variar. Por ejemplo, la Figura 2A muestra un camino 202A de conducción con una pluralidad de perforaciones 208A circulares. La Figura 2B muestra un camino 202B de conducción con perforaciones 208B circulares que poseen un radio más pequeño en términos relativos a las perforaciones 208A del camino 202A de conducción, pero el número de perforaciones 208B es mayor en términos relativos. Los patrones de perforación pueden estar distribuidos de manera uniforme, en el sentido de que las perforaciones 208A-B estén uniformemente espaciadas entre sí, lo que puede permitir una conductividad iónica y una conductividad electrónica sustancialmente uniformes a través de los caminos 202A-B de conducción. Puede utilizarse cualquier configuración de perforaciones apropiada con respecto a los caminos 202A-D de conducción, y las perforaciones pueden tener cualquier forma apropiada, que incluye las formas rectangular, circular, elíptica, triangular, hexagonal, o cualquier otra forma deseada, o cualquier combinación de las mismas. En ciertas implementaciones, el área de las perforaciones es sustancialmente igual al área superficial del camino 202A-D de conducción, lo que puede proporcionar un compromiso preferido entre la conductividad iónica y la conductividad de transporte de corriente.

En algunas realizaciones, las aletas 212 conductoras pueden estar dispuestas cerca del camino 202A-D de conducción y pueden sobresalir en sentido radial hacia afuera desde el camino 202A-D de conducción. Las aletas 212 conductoras proporcionan una conexión eléctrica a la MPU ya que las aletas 212 conductoras constituyen extensiones del camino 202A-D de conducción. En algunas realizaciones, las aletas están fabricadas conjuntamente formando un solo elemento con un camino de conducción respectivo. En algunas realizaciones, las aletas se fabrican de manera separada y se acoplan a continuación al camino de conducción respectivo. Las aletas 212 conductoras pueden tener cualquier forma o tamaño apropiado, y están configuradas para extenderse hacia afuera desde el camino 202A-D de conducción. Por ejemplo, el área de la sección transversal de la aleta 212 conductora puede ser sustancialmente rectangular, triangular, circular o elíptica, hexagonal, o tener cualquier otra forma deseada o cualquier combinación de las mismas.

Tal como se muestra en las Figuras 2C-D, por ejemplo, el número de aletas 212 conductoras puede variar. En la Figura 2C, tres aletas 212 conductoras sobresalen en sentido radial hacia afuera desde el camino 202C de conducción, mientras que en la Figura 2D existen cuatro aletas 212 conductoras que sobresalen en sentido radial hacia afuera desde el camino 202D de conducción. Se entenderá que los caminos 202A-D de conducción pueden tener cualquier número apropiado de aletas 212 conductoras. Un aumento en el número de aletas puede

incrementar la conductividad eléctrica, debido a que estarán disponibles un número mayor de conexiones eléctricas a la MPU 102, reduciendo de manera efectiva la resistencia eléctrica global de las conexiones a la MPU. El grosor de los caminos 202A-D de conducción puede determinarse sobre la base de una resistencia eléctrica deseada. Puesto que un aumento en el número de aletas 212 reduce la resistencia eléctrica global, pueden utilizarse caminos 202A-D de conducción más delgados.

La Figura 3 muestra una vista parcialmente despiezada de una sub-pila 302 ilustrativa que incluye múltiples MPUs 308A-D y 310A-D, de acuerdo con algunas implementaciones de la descripción. Tal como se muestra en la Figura 3, por ejemplo, pueden apilarse múltiples MPUs 308A-D y 310A-D en sentido sustancialmente vertical en una dirección de apilado para formar una sub-pila 302. Las MPUs en la pila pueden tener propiedades similares a aquellas de la MPU 102 de las Figuras 1A-B, lo que incluye caminos 114 de conducción. Puede disponerse un separador 314 entre MPUs adyacentes (por ejemplo, las MPUs 308A y 310B), de tal manera que la capa de electrodo de material activo de una MPU 308A puede estar enfrentada a la capa de electrodo de material activo de una MPU 310B adyacente a través del separador 314. Adicionalmente, la polaridad de los materiales activos en las MPUs 308A es diferente de la polaridad del material activo en las MPUs 308B. Para aumentar la capacidad de almacenamiento de energía de la sub-pila 302, o para aumentar el ratio área superficial/capacidad, pueden apilarse múltiples MPUs una encima de otra.

Cada separador 314 puede incluir una capa de electrolito que puede fijar un electrolito. La capa de electrolito puede separar eléctricamente las capas de electrodo de material activo de MPUs adyacentes que poseen diferentes polaridades, lo que puede evitar cortocircuitos entre MPUs adyacentes (por ejemplo, las MPUs 308A y 310B), mientras que a la vez permiten la transferencia iónica entre las MPUs. Las aletas 330A-B conductoras de los caminos de conducción de la misma polaridad pueden estar alineadas, de tal manera que las aletas 330B de las MPUs 308A-D están alineadas directamente una sobre otra. De manera similar, las aletas 330A de las MPUs 310A-D pueden estar alineadas. Las aletas 330A-B conductoras pueden estar alineadas de tal manera que la distancia entre las aletas 330A-B conductoras de diferentes polaridades estén espaciadas de manera sustancialmente igual.

Continuando con la referencia a la sub-pila 302 de las MPUs 310A-D y 308A-D apiladas de la Figura 3, las MPUs en el seno de una sub-pila pueden estar apiladas con separadores 314 separando MPUs adyacentes. Por ejemplo, las MPUs 310A-D y las MPUs 308A-D están separadas unas de otras mediante separadores 314. De manera similar a la MPU 102 de la Figura 1B, las MPUs 308A-D y 310A-D incluyen dos capas de electrodo de material activo con la misma polaridad en lados opuestos de un camino de conducción. En algunas realizaciones, sin embargo, tal como se muestra en la Figura 3, la MPU 310A en un extremo de la sub-pila no posee un material activo de revestimiento en la capa 380A de electrodo de la MPU 310A que mira hacia afuera. Adicionalmente, la MPU 308D del otro extremo de la sub-pila puede no poseer un material activo de revestimiento en la capa 380B de electrodo de la MPU 308D que mira hacia afuera. Las capas de electrodo de las MPUs (por ejemplo, las MPUs 310A y 308D) que no están revestidas con material activo pueden incluir la espuma de metal en la capa de electrodo. De manera alternativa, en ciertas implementaciones, las capas 380A-B de electrodo que miran hacia afuera de las MPUs 310A y 308D en cualquiera de los extremos de la sub-pila pueden poseer un revestimiento de material activo sobre las mismas. Las polaridades de las MPUs 310A-D y 308A-D, que están apiladas una detrás de la otra, son alternas. Una MPU en un extremo de la sub-pila (por ejemplo, la MPU 308D) tiene una polaridad diferente (por ejemplo, basada en las capas de electrodo de material activo) que una MPU en el otro extremo de la sub-pila (por ejemplo, la MPU 310A).

La sub-pila 302 puede construirse utilizando un portapiezas 334 que posee raíles 340 de alineación para alinear las aletas 330A-B conductoras de las MPUs 310A-D y 308A-D de la misma polaridad (por ejemplo, las aletas 330A conductoras de las MPUs 310A-D están alineadas conjuntamente, y las aletas 330 conductoras de las MPUs 308A-D están alineadas conjuntamente). Por ejemplo, tal como se muestra en la Figura 3, los caminos de conducción en cada MPU 310A-D y 308A-D poseen dos aletas 330A-B conductoras que sobresalen en sentido radial hacia afuera en lados opuestos del respectivo camino de conducción. Las aletas 330A-B conductoras, que corresponden a MPUs de la misma polaridad (bien las MPUs 310A-D o bien las MPUs 308A-D), están alineadas una sobre otra. Las aletas 330A-B conductoras están ubicadas de tal manera que las MPUs 310A-D y 308A-D y las aletas 330A-B conductoras están situadas dentro de sus raíles 340 de alineación respectivos.

La Figura 4 muestra una sub-pila 402 ilustrativa que incluye múltiples MPUs 406 y 410, de acuerdo con algunas implementaciones de la descripción. La sub-pila 402 que se muestra posee cuatro MPUs 410 de una polaridad y cuatro MPUs 406 de una polaridad opuesta. La Línea V denota el área de la sección transversal de la sub-pila 402, que incluye las aletas 414 conductoras de las MPUs 406 de la sub-pila 402. La Línea IV denota el área de la sección transversal de la sub-pila 402, que incluye las aletas 416 conductoras y las MPUs 410 de la sub-pila 402.

Las Figuras 5A-B muestran varias vistas en sección transversal de la sub-pila 402, que incluye múltiples MPUs 406A-D y 410A-D, de acuerdo con algunas realizaciones de la descripción. La sub-pila 402 incluye cuatro MPUs 410A-D y cuatro MPUs 406A-D, de manera que la MPU 410A en un extremo de la sub-pila 402 tiene una polaridad diferente a la de la MPU 516D en el otro extremo de la sub-pila 402. MPUs adyacentes que poseen capas de electrodo de material activo con polaridades opuestas (por ejemplo, 530 y 538) están separadas mediante separadores 524.

En cada una de las vistas en sección transversal de las Figuras 5A-B, las aletas conductoras se muestran

sobresaliendo de las MPUs alternantes. La Figura 5A muestra aletas 416 conductoras que sobresalen de las MPUs 410A-D, de una polaridad, empezando en un extremo de la sub-pila 402, de manera que MPUs alternantes poseen aletas conductoras que sobresalen hacia afuera. De manera similar, la Figura 5B muestra aletas 414 conductoras que sobresalen de MPUs 406A-D, con una polaridad opuesta a la de las MPUs 410A-D, empezando en el otro extremo de la sub-pila 402. Tal como se discutió anteriormente, las capas 548 y 556 de electrodo en los extremos de las MPUs 410A y 406D, respectivamente, pueden no tener un revestimiento de material activo sobre ellas. De manera alternativa, en ciertas implementaciones, las capas 548 y 556 de electrodo pueden tener revestimientos de material activo respectivos sobre ellas.

La Figura 6 muestra una sub-pila 602 ilustrativa con buses 606 y 612 de corriente dotados de lengüetas, de acuerdo con algunas implementaciones de la descripción. Las aletas conductoras de MPUs de la misma polaridad (por ejemplo, las aletas 416 conductoras de las MPUs 410A-D, o las aletas 414 conductoras de las MPUs 406A-D de una polaridad diferente) están acopladas electrónicamente entre sí para formar unos buses 606 y 612 de corriente dotados de lengüetas. Por ejemplo, las aletas conductoras se doblan para formar los buses 606 y 612 de corriente positiva y negativa dotados de lengüetas respectivos. Los buses 606 y 612 de corriente dotados de lengüetas proporcionan una estructura de conducción que puede estar acoplada eléctricamente a los buses de corriente dotados de lengüetas de otras sub-pilas, por ejemplo, para acoplar las sub-pilas entre sí. Debido a que cada MPU puede tener múltiples aletas conductoras (por ejemplo, las aletas conductoras descritas con respecto al camino 202C-D de conducción), pueden existir múltiples buses 606 o 612 de corriente dotados de lengüetas para cada conjunto de aletas conductoras. Las aletas conductoras de un camino de conducción o más de uno pueden estar acopladas electrónicamente entre sí para formar unos buses 606 y 612 de corriente dotados de lengüetas mediante doblado, engarce, soldado, soldadura, empalme, remachado, atornillado, o cualquier otro método apropiado para proporcionar acoplamiento eléctrico, o cualquier combinación de los mismos.

Tal como se muestra en la Figura 6, los buses 606 o 612 de corriente dotados de lengüetas pueden estar dispuestos en los extremos 620A, 620B de la sub-pila 602, de manera que una porción 640 y 642 de los buses 606 o 612 de corriente dotados de lengüetas, a los que se hace referencia también en la presente memoria como "lengüetas de conexión electrónica", sobresale hacia afuera desde la sub-pila 602. Los buses 606 de corriente dotados de lengüetas de una polaridad sobresalen hacia afuera desde un extremo 620A de la sub-pila 602, y los buses 612 de corriente dotados de lengüetas de la polaridad opuesta sobresalen hacia afuera desde el otro extremo 620B de la sub-pila 602. Los buses 606 y 612 de corriente dotados de lengüetas pueden estar doblados de tal manera que están alineados en una dirección de apilado y son paralelos a la dirección de apilado. Las lengüetas 640 y 642 de conexión electrónica pueden extenderse a lo largo de un lado (por ejemplo, el lado 680) de la sub-pila 602 y ser perpendiculares a la dirección de apilado.

Las Figuras 7A-B muestran vistas en sección transversal de una sub-pila 602 ilustrativa que posee buses 606 y 612 de corriente dotados de lengüetas, de acuerdo con algunas implementaciones de la descripción. La Figura 7A muestra el área de sección transversal de la sub-pila 602 indicada por la Línea VII de la Figura 6. Las aletas 708 conductoras de las MPUs 714A-D están dobladas en un extremo de la sub-pila y acopladas entre sí para formar un bus 606 de corriente dotados de lengüetas. Una lengüeta 642 de conexión electrónica, que forma parte del bus 606 de corriente dotado de lengüetas, sobresale en sentido radial hacia afuera desde el extremo 620A superior de la sub-pila 602. La Figura 7B muestra el área de sección transversal de la sub-pilas 602 indicada por la Línea VIII de la Figura 6. Las aletas 744 conductoras de las MPUs 718A-D están dobladas en un segundo extremo de la sub-pila y están acopladas entre sí para formar un bus 612 de corriente dotado de lengüetas. Una lengüeta 640 de conexión electrónica, que forma parte del bus 612 de corriente dotado de lengüetas, sobresale en sentido radial hacia afuera desde el extremo 620B inferior de la sub-pila 602.

Las Figuras 8A-C muestran varias técnicas para acoplar electrónicamente aletas conductoras, de acuerdo con algunas implementaciones de la descripción. La Figura 8A muestra las aletas conductoras de cada polaridad (por ejemplo, las aletas 824 conductoras de una polaridad y las aletas 820 conductoras de una polaridad diferente) dobladas verticalmente para acoplarse entre sí. Las aletas conductoras pueden estar dobladas, presionadas una contra la otra, o soldadas para formar el bus 830 u 836 de corriente dotado de lengüetas de cualquier manera apropiada. Las aletas conductoras de MPUs 824 u 820 de la misma polaridad, que están alineadas una encima de otra, están acopladas electrónicamente entre sí y puede disponerse una lengüeta de conexión electrónica en el extremo respectivo de la sub-pila 802. En algunas implementaciones, puede situarse un elemento 848 conductor entre las aletas conductoras, y puede soldarse a las aletas conductoras, para acoplar electrónicamente las aletas conductoras de la misma polaridad entre sí.

La Figura 8B muestra un aparato 850 de engarzar que puede ser utilizado para acoplar electrónicamente las aletas conductoras de la sub-pila (por ejemplo, las aletas 414 o 416 conductoras de la sub-pila 402 de la Figura 4) para formar un bus de corriente dotado de lengüetas (por ejemplo, el bus 606 o 612 de corriente dotado de lengüetas). Puede situarse una sub-pila en el aparato 850 de engarzar, de tal manera que cuando la mitad 858 superior el aparato 850 de engarzar se cierra y se junta con la mitad 852 inferior del aparato 850 de engarzar, las aletas conductoras de la misma polaridad quedan engarzadas entre sí. Las aletas conductoras de MPUs de una polaridad son engarzadas en surcos 866 de engarce en una primera dirección mientras que las aletas conductoras de MPUs de la polaridad opuesta son engarzadas en surcos 862 de engarce en una segunda dirección. Como ejemplo, utilizando el aparato 850 de engarzar, la sub-pila 402 puede engarzarse para resultar similar a la sub-pila 602, con

buses 606 y 612 de corriente dotados de lengüetas doblados y sobresaliendo desde extremos diferentes de la sub-pila 602.

La Figura 8C muestra una presilla 870 electrónicamente conductora que puede utilizarse para acoplar electrónicamente entre sí aletas 874 conductoras (por ejemplo, las aletas 414 o 416 conductoras de la sub-pila 402) para formar un bus de corriente dotado de lengüetas (por ejemplo, el bus 606 o 612 de corriente dotado de lengüetas). Un conjunto de aletas 874 conductoras para MPUs de la misma polaridad (por ejemplo, las aletas 414 o 416 conductoras de la sub-pila 402) son insertadas dentro de la presilla 870 electrónicamente conductora, y a continuación la presilla 870 se comprime para proporcionar una conexión electrónica en los extremos respectivos de la sub-pila 602. La presilla 870 conductora proporciona la alineación de las aletas 874 conductoras antes de que sean dobladas y comprimidas para formar un bus de corriente dotado de lengüetas, y opcionalmente una lengüeta de conexión electrónica. La presilla 870 conductora tiene una estructura de tipo nido de abeja, que permite una compresión relativamente sencilla de la presilla 870 conductora, mientras proporciona a la vez una estructura suficiente para que las aletas 874 conductoras sean alineadas y mantenidas en su lugar durante la compresión. Sin embargo, la presilla 870 conductora puede tener cualquier estructura apropiada que permita comprimir la presilla 870 conductora y formar de este modo un bus de corriente dotado de lengüetas.

La Figura 9 muestra una vista parcialmente despiezada de sub-pilas 902A-B ilustrativas y un sustrato 908 conductor bipolar ilustrativo, de acuerdo con algunas implementaciones de la descripción. Las dos sub-pilas 902A y 902B se muestran con un sustrato conductor bipolar situado entre ellas. Las sub-pilas 902A y 902B incluyen elementos similares a la sub-pila 602, lo que incluye MPUs, tales como las MPUs 714A-D y 718A-D, buses 606 y 612 de corriente dotados de lengüetas, y lengüetas 640 y 642 de conexión electrónica. Los buses 930 y 936 de corriente dotados de lengüetas de cada sub-pila se muestran doblados en diferentes extremos de la sub-pila, con lengüetas 938 y 940 de conexión electrónica sobresaliendo en los extremos respectivos de la misma. Los buses 930 y 936 de corriente dotados de lengüetas de cada sub-pila pueden estar doblados de tal manera que queden paralelos a la dirección de apilado de la sub-pila.

Entre las sub-pilas 902A-B se encuentra un sustrato 908 conductor bipolar. En ciertas implementaciones, el sustrato 908 conductor bipolar puede estar constituido por una superficie metálica sin revestimiento, que forma una conexión eléctrica entre los buses de corriente dotados de lengüetas en los extremos de sub-pilas adyacentes (por ejemplo, el segundo extremo 924B de la sub-pila 902A y el primer extremo 924A de la sub-pila 902B). El sustrato 908 conductor bipolar es sustancialmente impermeable y evita la transferencia de iones de electrólito entre las sub-pilas 902A-B. El área del sustrato 908 conductor bipolar cubre el extremo respectivo de las sub-pilas 902A-B y se solapa con las lengüetas 940 y 930 de conexión electrónica que sobresalen desde las sub-pilas 902A-B. Las lengüetas 940 y 930 de conexión electrónica pueden estar acopladas a las porciones que se extienden hacia afuera del sustrato 908 conductor bipolar, que se solapa con las lengüetas 940 y 930 de conexión electrónica. En ciertas implementaciones, el sustrato 908 conductor bipolar puede extenderse más allá de las lengüetas 940 y 930 de conexión electrónica.

Como ejemplo, el sustrato 908 conductor bipolar puede tener una geometría circular, con un radio sustancialmente igual al radio de las sub-pilas 902A-B y las lengüetas 938 y 940 de conexión electrónica, que sobresalen de las sub-pilas 902A-B. En ciertas realizaciones, el radio del sustrato 908 conductor bipolar puede ser mayor en términos relativos que el radio de las sub-pilas 902A-B, incluyendo las lengüetas 938 y 940 de conexión electrónica. Esta longitud adicional puede garantizar que el sustrato 908 conductor bipolar se extiende más allá de las lengüetas 938 y 940 de conexión electrónica. Este solapamiento puede ayudar al sustrato 908 a evitar la transferencia de electrólito entre sustratos. Aunque se muestra como si tuviera una geometría sustancialmente cilíndrica, el sustrato 908 conductor bipolar puede tener cualquier geometría apropiada que cubra los extremos 924A y 924B respectivos de las sub-pilas 902A-B y que, cuando se sitúe dentro de una carcasa de ESD, evite que el electrólito se mueva entre sub-pilas adyacentes (por ejemplo, que evite que electrólito de la sub-pila 902A se fugue hacia la sub-pila 902B, y viceversa).

Tal como se muestra en la Figura 9, la sub-pila 902A está alineada sobre la sub-pila 902B. Las lengüetas 940 de conexión electrónica en el segundo extremo 924B de la sub-pila 902A, que están acopladas a los caminos de conducción de MPUs de una polaridad, están alineadas con las lengüetas 930 de conexión electrónica en el primer extremo 924A de la sub-pila 902B, que están acopladas a los caminos de conducción de MPUs de una polaridad opuesta. El sustrato 908 conductor bipolar está dispuesto entre las dos sub-pilas 902A-B y entre las lengüetas 930 y 940 de conexión electrónica. Cada sub-pila 902A-B está alineada de tal manera que las lengüetas 940 de conexión electrónica cerca de un extremo 924B de una sub-pila 902A conectada a los caminos de conducción de una cierta polaridad están alineadas con las lengüetas 930 de conexión electrónica cerca del extremo 924A opuesto de otra sub-pila 902B conectada a los caminos de conducción de una polaridad opuesta.

Como ejemplo, el segundo extremo 924B de la sub-pila 902A y el primer extremo 924A de la sub-pila 902B están acoplados a un primer lado 980A y un segundo lado 980B del sustrato 908 conductor bipolar. Cada sub-pila incluye una pluralidad de MPUs negativas y positivas apiladas de manera alterna, con separadores entre ellas. Los caminos de conducción de las MPUs positivas de cada sub-pila pueden poseer múltiples aletas conductoras. Las aletas conductoras de cada MPU positiva están alineadas con las aletas conductoras de otras MPUs positivas. Las aletas conductoras que están alineadas una sobre otra pueden estar acopladas (por ejemplo, dobladas) para formar buses 930 de corriente positiva dotados de lengüetas con lengüetas 938 de conexión electrónica, que pueden formar parte

de o estar acopladas a los buses de corriente dotados de lengüetas, sobresaliendo hacia afuera desde el extremo de los buses 930 de corriente positiva dotados de lengüetas. Los buses 930 de corriente positiva dotados de lengüetas están doblados en un extremo 924A de cada sub-pila. De manera similar, los caminos de conducción de las MPUs negativas de cada sub-pila pueden poseer múltiples aletas conductoras, que están acopladas (por ejemplo, dobladas) igual que las MPUs positivas. Los buses 936 de corriente negativa dotados de lengüetas y las lengüetas 940 de conexión electrónica acopladas a las MPUs negativas están doblados en un extremo 924B opuesto a los buses 930 de corriente dotados de lengüetas de las MPUs positivas de cada sub-pila. Las lengüetas 940 de conexión electrónica negativas, y por extensión los buses 936 de corriente negativa dotados de lengüetas, están acopladas a un lado 980A del sustrato 908 conductor bipolar, y las lengüetas 938 de conexión electrónica positiva, y por extensión los buses 930 de corriente positiva dotados de lengüetas, están acopladas al otro lado 980B del sustrato 908 conductor bipolar.

La Figura 10 muestra sub-pilas 1008A-B ilustrativas que poseen topes 1018 rígidos, de acuerdo con algunas implementaciones de la descripción. En la Figura 10 se muestran dos sub-pilas 1008A-B, con un sustrato conductor bipolar, que no resulta visible, situado entre las dos sub-pilas 1008A-B. Las sub-pilas 1008A-B están apiladas en una dirección que resulta perpendicular al plano definido por las MPUs en el seno de las sub-pilas 1008A-B. Rodeando las dos sub-pilas 1008A-B existen unos topes 1018 rígidos, que ayudan a sujetar las dos sub-pilas 1008A-B entre sí y proporcionan un contacto mejorado entre las lengüetas de conexión electrónica de sub-pilas 1008A y 1008B adyacentes (por ejemplo, las lengüetas 1024 de conexión electrónica pueden tener un contacto 1050 mejorado con las lengüetas 1030 de conexión electrónica). El contacto 1050 mejorado crea una conexión de conductividad relativamente mayor entre las lengüetas de conexión electrónica (por ejemplo, las lengüetas 1024 y 1030). Por ejemplo, un contacto 1050 mejorado puede crearse mediante la conexión de las sub-pilas 1008A-B a través del sustrato conductor, de tal manera que las lengüetas 1024 de conexión electrónica de una polaridad de la sub-pila 1008A están enlazadas eléctricamente de manera directa a las lengüetas 1030 de conexión electrónica de la polaridad opuesta a la de una sub-pila 1008B adyacente. El enlace eléctrico directo puede conseguirse utilizando soldadura, tornillos, pernos, remaches, o cualquier otro medio para enlazar eléctricamente las lengüetas 1024 y 1030 de conexión electrónica de sub-pilas 1008A-B adyacentes, o cualquier combinación de los mismos. El enlace eléctrico proporciona un camino paralelo para los electrones entre las dos lengüetas 1024 y 1030 de conexión electrónica y es similar al enlace eléctrico directo de una configuración de batería bipolar, puesto que las MPUs de una polaridad están enlazadas a las MPUs de la polaridad opuesta a través del sustrato conductor bipolar.

Con el fin de evitar que el electrolito de una sub-pila 1008A se combine con el electrolito de otra sub-pila 1008B, pueden situarse topes 1018 rígidos alrededor de los extremos 1034A-B de sub-pilas 1008A-B adyacentes y en el sustrato conductor bipolar (que no resulta visible en la Figura 10) entre las dos sub-pilas 1008A-B adyacentes. Los topes 1018 rígidos pueden sellar de manera sustancial el electrolito en el seno de su sub-pila particular (por ejemplo, el electrolito en el seno de la sub-pila 1008A o en el seno de la sub-pila 1008B).

Los topes 1018 rígidos pueden incluir anillos 1044 de sellado alrededor de una periferia de los topes 1018 rígidos para proporcionar una barrera de sellado entre las sub-pilas 1008A-B, que evita de manera sustancial que el electrolito se combine con el electrolito de sub-pilas 1008A-B adyacentes. Los anillos 1044 de sellado crean un sello entre las paredes de la carcasa de ESD y el tope 1018 rígido.

Las Figuras 11A-B muestran vistas en perspectiva de un tope 1102A-B rígido ilustrativo, de acuerdo con algunas implementaciones de la descripción. En la Figura 11A, el tope 1102A rígido incluye una primera sección 1108 continua y una segunda sección 1114 continua. La primera sección 1108 y la segunda sección 1114 poseen muescas 1120 con la forma de las lengüetas de conexión electrónica (por ejemplo, las lengüetas 1024 y 1030 de conexión electrónica de las sub-pilas 1008A-B de la Figura 10) con las cuales están configuradas para acoplarse. Esto permite que el tope 1102A rígido se sitúe alrededor de una sub-pila, tal como la sub-pila 1008A-B, durante la construcción del ESD. Las muescas 1120 permiten que los topes 1102A rígidos se sitúen sobre los extremos adyacentes de sub-pilas adyacentes (por ejemplo, los extremos 1034A y 1034B de las sub-pilas 1008A y 1008B) puesto que las muescas 1120 tienen la forma de las lengüetas de conexión electrónica (por ejemplo, las lengüetas 1024 y 1030), que pueden interferir de otro modo con la ubicación del tope 1102A rígido sobre los extremos de las sub-pilas. La primera sección 1108 continua y la segunda sección 1114 continua están pinzadas entre sí en un lado respectivo de un sustrato conductor bipolar. La primera sección 1108 y la segunda sección 1114 pueden sujetarse entre sí a través del sustrato conductor bipolar mediante atornillado, soldado, o cualquier otra técnica apropiada para sujetar de manera firme las secciones entre sí, o cualquier combinación de las mismas. La corona 1140 externa del tope 1102A rígido puede poseer un surco para permitir situar un anillo 1150 de sellado en el surco. La primera sección 1108 y la segunda sección 1114 pueden poseer surcos recíprocos para permitir ajustar un anillo 1150 de sellado entre las secciones del tope 1102A rígido. En ciertas implementaciones, cada sección 1108 y 1114 del tope 1102A rígido puede incluir un surco para fijar su propio anillo 1150 de sellado. Por ejemplo, cada sección 1108 y 1114 del tope rígido puede poseer su propio anillo 1150 de sellado respectivo en cada una de las coronas 1140 de las secciones 1108 y 1114 del tope rígido.

En ciertas implementaciones, el tope 1102A rígido puede incluir una meseta en la corona 1160 interna del tope 1102A rígido, en el lado del tope 1018 rígido que mira hacia el sustrato conductor bipolar. La meseta puede alinear el tope 1102A rígido con las sub-pilas ajustándose alrededor del sustrato conductor bipolar entre las sub-pilas.

En la Figura 11B, el tope 1102B rígido puede estar separado en múltiples segmentos disjuntos, en lugar de en secciones continuas. El tope 1102B rígido está fragmentado en múltiples segmentos, como por ejemplo los segmentos 1192A y 1192B del tope rígido, que forman un tope 1102B rígido continuo cuando se unen entre sí. Los segmentos 1192A-B del tope rígido están unidos entre sí de manera firme, lo que crea un sello que evita que se combinen los electrolitos de sub-pilas adyacentes. Los segmentos pueden fijarse entre sí mediante atornillado, soldado, o cualquier medio para sujetar de manera firme las secciones entre sí. El tope 1102B rígido puede estar dividido en un número cualquiera de segmentos que se abrochan entre sí para formar un tope rígido continuo. El tope 1102B rígido puede incluir muescas 1192 con la forma de las lengüetas de conexión electrónica que rodean a las lengüetas de conexión electrónica (por ejemplo, con la forma de las lengüetas 1024 y 1030 de conexión electrónica). La corona externa de cada segmento 1192A-B del tope 1102B rígido puede poseer un surco para permitir situar un anillo de sellado en el surco. Pueden fabricarse múltiples surcos para permitir el ajuste de múltiples anillos de sellado en la corona externa del tope 1102B rígido. Aunque la forma del tope rígido, tal como se muestra en la Figura 11B, es circular con segmentos, el tope 1102B rígido puede tener cualquier forma, tal como forma rectangular, triangular, o elíptica, y el tope 1102B rígido puede estar dividido en múltiples segmentos.

La Figura 12 muestra una vista en sección transversal de sub-pilas 1008A-B adyacentes ilustrativas con topes 1018 rígidos, de acuerdo con algunas implementaciones de la descripción. Tal como se describió anteriormente con respecto a la Figura 10, un extremo de la primera sub-pila 1008A y un extremo opuesto de una segunda sub-pila 1008B están situados de manera adyacente uno respecto a otro, con un sustrato 1214 conductor bipolar situado entre las dos sub-pilas. Las aletas 1220 conductoras de los caminos de conducción de MPUs de la misma polaridad en la sub-pila 1008A se muestran combinadas entre sí y dobladas para formar un bus 1226 de corriente dotado de lengüetas. El bus 1226 de corriente dotado de lengüetas de la primera sub-pila 1008A junto con una lengüeta 1030 de conexión electrónica que sobresale se muestran acoplados a un lado 1236A del sustrato 1214 conductor bipolar. Las aletas 1240 conductoras de los caminos de conducción de MPUs que tienen polaridad opuesta a aquellas conectadas a las aletas 1220 conductoras de la segunda sub-pila 1008B se muestran combinadas entre sí y dobladas para formar un bus 1246 de corriente dotado de lengüetas. El bus 1246 de corriente dotado de lengüetas de la sub-pila 1008B junto con la lengüeta 1024 de conexión electrónica que sobresale se muestran acopladas al otro lado 1236B del sustrato 1214 conductor bipolar. El tope 1018 rígido circunda las sub-pilas 1008A-B. El tope 1018 rígido incluye una sección 1260A superior de tope rígido y una sección 1260B inferior de tope rígido. Las secciones 1260A-B de tope rígido están acopladas a lados opuestos del sustrato 1214 conductor bipolar. Las secciones del tope 1260A-B rígido que miran hacia el sustrato 1214 conductor bipolar se solapan en el segmento 1286 del sustrato 1214 conductor bipolar que se extiende pasando más allá de las lengüetas 1024 y 1030 de conexión electrónica. La corona 1280 externa de las secciones de tope rígido posee una sección con un surco que permite encajar un anillo 1044 de sellado en su seno.

La Figura 13 muestra una vista en perspectiva de múltiples sub-pilas 1306, en una pila 1302 que posee topes 1310 rígidos y que está ubicada dentro de una carcasa 1316 de ESD, de acuerdo con algunas implementaciones de la descripción. Las múltiples sub-pilas 1306 se muestran acopladas entre sí entre sustratos conductores bipolares respectivos con múltiples topes 1310 rígidos circundando los sustratos conductores bipolares creando una pila 1302. Las sub-pilas 1306 están apiladas en una dirección perpendicular al plano definido por las MPUs en el seno de las sub-pilas 1306. La corona 1380 externa de cada tope 1310 rígido incluye un anillo 1324 de sellado, que crea un sello entre las paredes 1332 de la carcasa 1316 de ESD y los topes 1310 rígidos, conteniendo el electrolito de una sub-pila 1306 en el seno de su sub-pila 1306, y evitando que el electrolito se combine con otras sub-pilas 1306.

En algunas implementaciones, pueden disponerse topes 1324 rígidos en los extremos de la pila 1302. Los topes 1324 rígidos, en los extremos de la pila 1302, proporcionan un sello para el electrolito de las sub-pilas 1306 en los extremos de la pila 1302 y evitan que el electrolito se fugue hacia afuera de la carcasa de ESD.

La Figura 14 muestra válvulas 1408 de ecualización y orificios 1414 de tubo de llenado dispuestos en un tope 1402 rígido, de acuerdo con algunas implementaciones de la descripción. El sellado de sub-pilas (por ejemplo, las sub-pilas 1306) para evitar que el electrolito de una primera sub-pila se combine con el electrolito de otra sub-pila, puede provocar un diferencial de presión entre sub-pilas adyacentes cuando las sub-pilas son cargadas y descargadas. Las válvulas 1408 de ecualización pueden estar dispuestas en los topes 1402 rígidos para disminuir las diferencias de presión que surgen de este modo. Las válvulas 1408 de ecualización pueden funcionar como una membrana semipermeable para permitir químicamente la transferencia de gas y para evitar de manera sustancial la transferencia de electrolito. Las válvulas 1408 de ecualización pueden estar constituidas por una disposición mecánica de un material de sellado (por ejemplo, caucho) respaldada por un material rígido (por ejemplo, acero) que se comprime contra una abertura en el tope 1402 rígido utilizando un resorte, o a veces una perla de caucho compresible. Cuando la presión dentro de una sub-pila (por ejemplo, la sub-pila 1306) aumenta por encima de límites aceptables, el resorte se comprime y el sello de caucho es empujado alejándose de la abertura y el exceso de gas escapa. Una vez que la presión se ha reducido, la válvula 1408 de ecualización vuelve a ejercer su labor de resellado y la sub-pila es capaz de funcionar normalmente.

Una válvula 1408 de ecualización evita sustancialmente el transporte de líquidos polares, pero puede permitir que los gases diatómicos y los gases nobles o no reactivos se difundan a través de la válvula 1408 para ecualizar la presión a ambos lados de la válvula 1408. Los líquidos cuya difusión o transporte queda bloqueada pueden incluir, pero no están limitados a, agua, alcohol, soluciones salinas, soluciones alcalinas, soluciones ácidas, y solventes

polares. Puede utilizarse una válvula 1408 de ecualización para separar gases diatómicos de líquidos polares. También puede utilizarse una válvula 1408 de ecualización fabricada a partir de un sellador resistente a solventes polares y un haz de fibra de carbono gráfico. La válvula 1408 de ecualización puede utilizarse para ecualizar la presión entre sub-pilas en un ESD de múltiples sub-pilas.

Los orificios 1414 de tubo de llenado están dispuestos en los topes 1402 rígidos para ayudar en el llenado de las sub-pilas selladas (por ejemplo, las sub-pilas 1306) después de que hayan sido ubicadas dentro de una carcasa de ESD (por ejemplo, la carcasa 1316). Tal como se muestra en la Figura 14, un orificio 1414 de tubo de llenado está dispuesto en cada uno de los topes 1402 rígidos. El orificio 1414 de tubo de llenado evita que los gases y los líquidos lo atraviesen. Un tubo de llenado o una jeringuilla puede insertarse a través del orificio 1414 de tubo de llenado de los topes 1402 rígidos adyacentes a cada sub-pila para llenar las sub-pilas con electrolito. De esta manera, el tubo de llenado o la jeringuilla pueden situarse a través de una pluralidad de topes rígidos para llegar a una sección de celda inferior de la pila, y a continuación la pila puede llenarse con electrolito de abajo a arriba, retirando el tubo de llenado con la jeringuilla cada vez que cada sección de la pila queda llena de electrolito.

La Figura 15 muestra una técnica ilustrativa para llenar las sub-pilas 1506A-E del ESD con electrolito, de acuerdo con algunas implementaciones de la descripción. Las sub-pilas 1506A-E forman conjuntamente una pila 1508 cuando son situadas dentro de la carcasa 1516 del ESD. La pila 1508 incluye topes 1510 rígidos y anillos 1524 de sellado, que conjuntamente pueden sellar de manera sustancial cada sub-pila 1506A-E respectiva, evitando de este modo que el electrolito se combine entre sub-pilas adyacentes (por ejemplo, las sub-pilas 1506A y 1506B). Los orificios 1530 de tubo de llenado dispuestos en cada tope 1510 rígido están alineados de tal manera que un tubo 1536 de llenado o una jeringuilla de llenado puede entrar a través del orificio 1530 de tubo de llenado de la primera sub-pila 1506A en un extremo de la pila 1508 y viajar a través de los orificios 1530 de tubo de llenado de sub-pilas intermedias 1506B-D hasta alcanzar las sub-pila 1506E en el otro extremo de la pila 1508. Una vez ha alcanzado la sub-pila 1506E, el tubo 1536 de llenado puede llenar la sub-pila 1506E del extremo con electrolito. Una vez que la sub-pila 1506E está llena, el tubo 1536 de llenado puede ser retraído hasta la sub-pila 1506D adyacente. Una vez que el tubo 1536 de llenado ha sido retirado de la sub-pila 1506E del extremo, el electrolito en las sub-pila 1506E del extremo queda sellado en su seno porque el orificio 1530 de tubo de llenado evita que los gases y los líquidos entren o salgan por el orificio. Cada sub-pila 1506A-E puede llenarse una por una empezando por la sub-pila 1506E del extremo y terminando en la primera sub-pila 1506A (aunque las sub-pilas pueden llenarse en otro orden apropiado cualquiera). Si una sub-pila 1506A-E necesita electrolito adicional, puede hacerse pasar el tubo 1536 de llenado a través de los orificios 1530 de tubo de llenado hasta que alcanza la sub-pila 1506A-E particular que necesita el electrolito, y la sub-pila puede ser llenada individualmente con electrolito. Aunque se ha descrito un orden de llenado con electrolito de las sub-pilas 1506A-E particular, puede seguirse cualquier orden en el llenado de las sub-pilas 1506A-E con electrolito.

En ciertas implementaciones, pueden situarse placas 1560A-B colectoras en los extremos de la pila 1508, con topes 1324 rígidos circundando los extremos de la placa colectora, sellando el electrolito de las sub-pilas 1306 en los extremos de la pila 1302.

La Figura 16 muestra una vista en perspectiva de una sub-pila 1602 rectangular ilustrativa, de acuerdo con algunas realizaciones de la descripción. La sub-pila 1602 rectangular posee buses 1608A-B de corriente dotados de lengüetas en la primera cara 1612A y en la segunda cara 1612B en la sub-pila 1602. La anchura 1670A-D de los buses 1608A-B de corriente dotados de lengüetas se extiende a lo largo de los lados 1680A-D de la sub-pila 1602 a lo largo de la cara respectiva de la sub-pila 1602 con la cual se alinea el bus de corriente. Unas aletas conductoras de caminos conductores de MPUs de la misma polaridad se combinan entre sí y se doblan hacia la primera cara 1612A para formar los buses 1608A de corriente dotados de lengüetas superiores en lados opuestos de la sub-pila. Unas aletas conductoras de caminos conductores de MPUs de la polaridad opuesta se combinan entre sí y se doblan hacia la segunda cara 1612B para formar buses 1608B de corriente dotados de lengüetas inferiores en lados opuestos de la sub-pila 1602. Cada uno de los buses 1608A-B de corriente dotados de lengüetas tiene lengüetas 1624A-B de conexión electrónica que sobresalen en dirección paralela a la cara hacia la que están doblados los buses 1608A-B de corriente dotados de lengüetas. Las lengüetas 1624A-B de conexión electrónica cuelgan por encima de los lados de la sub-pila 1602.

Las Figuras 17A-B muestran una MPU 1702 rectangular ilustrativa, de acuerdo con algunas implementaciones de la descripción. La MPU 1702 puede utilizarse, por ejemplo, para construir la sub-pila 1602 rectangular de la Figura 16. Tal como se muestra en la Figura 17A, una MPU 1702 incluye dos capas 1708A-B de electrodo de material activo que tienen la misma polaridad y están ubicadas en lados opuestos del camino 1714 de conducción. Las capas 1708A-B de electrodo de material activo pueden estar fabricadas mediante la impregnación de espuma de metal con materiales activos bien anódicos o bien catódicos de tal manera que la espuma 1720 de metal proporciona una matriz conductora para el material activo. Por ejemplo, tal como se muestra en la Figura 17B, las capas 1708A-B de electrodo de material activo pueden fabricarse utilizando dos secciones de espuma de metal, revestidas ambas con el mismo material activo, y situadas en lados opuestos de un camino 1714 conductor. En algunas realizaciones, las capas 1708A-B de electrodo de material activo pueden estar presionadas de tal manera que las dos capas quedan enclavadas entre sí a través del camino 1714 conductor. El camino 1714 conductor está emparedado entre las dos capas 1708A-B de electrodo de material activo. El camino 1714 de conducción tiene sustancialmente la misma anchura o la misma longitud que las capas de electrodo pero se extiende sobre las capas de electrodo de las otras

dimensiones (por ejemplo, tal como se muestra, el sustrato 1714 conductor bipolar es más ancho que la capa de electrodo pero posee la misma longitud). El segmento del camino 1714 de conducción que se extiende sobre la capa de electrodo es la aleta 1712 conductora.

Los materiales activos anódicos o catódicos pueden ser del mismo material o de materiales diferentes que tengan la misma polaridad. El tipo de material activo utilizado determina la polaridad de la MPU 1702. Por ejemplo, pueden utilizarse materiales activos anódicos en MPUs negativas y puede utilizarse materiales activos catódicos en MPUs positivas. En ciertas implementaciones, el material activo anódico o catódico puede constituir un revestimiento del camino 1714 de conducción. Por ejemplo, dependiendo del tipo de material utilizado como material activo y del tipo de material utilizado para el camino 1714 de conducción, puede utilizarse un material aglutinante apropiado para fijar los materiales activos sobre el camino 1714 de conducción.

La Figura 18 muestra una vista esquemática de una sub-pila 1802 rectangular ilustrativa que incluye múltiples MPUs 1806A-C y 1808A-C de acuerdo con algunas implementaciones de esta descripción. Pueden apilarse múltiples MPUs 1806A-C y 1808A-C rectangulares en dirección sustancialmente vertical en una dirección de apilado para formar una sub-pila 1802, de manera que cada MPU está apilada alternando las polaridades. Por ejemplo, la MPU 1806A y la MPU 1808A tienen polaridades opuestas y están apiladas con un separador 1824 entre ellas. Apilada en lugar adyacente a la MPU 1806A puede estar la MPU 1086B que tiene la misma polaridad que la MPU 1806A, y así sucesivamente, ya que MPUs adyacentes están apiladas con polaridades alternas. La capacidad de almacenamiento de energía de la sub-pila 1802, o el ratio área superficial/capacidad de la sub-pila, puede aumentarse apilando MPUs adicionales unas con otras.

Cada separador 1824 puede incluir una capa de electrolito que puede fijar un electrolito. La capa de electrolito puede separar eléctricamente las capas de electrodo de material activo de MPUs adyacentes que tienen diferentes polaridades (por ejemplo, la capa 1830 de electrodo de material activo positivo y la capa 1834 de electrodo de material activo negativo), lo que puede evitar cortocircuitos entre las MPUs adyacentes (por ejemplo, las MPUs 1806C y 1808C), mientras que a la vez permiten la transferencia iónica entre las MPUs.

Las aletas conductoras (por ejemplo, las aletas 1848 o 1858 conductoras) de los caminos de conducción de la misma polaridad pueden estar alineadas, de tal manera que las aletas 1858 de las MPUs 1808A-C con la misma polaridad están alineadas entre sí. De manera similar, las aletas 1848 conductoras de las MPUs 1806A-B de una polaridad diferente a la de las MPUs 1808A-C pueden estar alineadas una respecto a otra. Tal como se muestra en la Figura 18, puesto que cada una de las aletas 1848 y 1858 conductoras se extiende a lo largo de un lado completo de la MPU y también sobresale desde el lado de la MPU, las MPUs de la misma polaridad están ubicadas de tal manera que los lados con las aletas conductoras están alineados uno sobre otro. Por ejemplo, las aletas 1848 conductoras están alineadas una sobre otra, y de manera similar las aletas 1858 conductoras también están alineadas una sobre otra. La configuración de apilado va alternando para cada una de las MPUs múltiples, tal como se muestra en la Figura 18, donde una primera MPU 1806A de una polaridad está apilada en un lugar adyacente a la MPU 1808A de una polaridad diferente, y están apiladas de tal manera que las aletas 1848 conductoras de la MPU 1806A son perpendiculares a las aletas 1858 conductoras de la MPU 1808A. El apilado continúa de esta manera de modo que cada MPU queda apilada con polaridades alternas hasta que se apila la sub-pila final con una polaridad diferente a la polaridad de la primera MPU 1806A.

En ciertas implementaciones, la MPU 1806A en un extremo de la sub-pila 1802 no posee un revestimiento de material activo en la capa 1866A de electrodo que mira hacia afuera. Adicionalmente, la MPU 1808C en el otro extremo de la sub-pila 1802 puede no poseer un revestimiento de material activo sobre la capa 1866B de electrodo que mira hacia afuera. La capa 1866A de electrodo de la MPU 1806A de la sub-pila 1802 puede ser una espuma de metal que no está revestida con un material activo. De manera similar, la capa 1866B de electrodo de la MPU 1808C de la sub-pila 1802 puede ser una espuma de metal que no está revestida con un material activo.

Las Figuras 19A-B muestran vistas en sección transversal de una sub-pila 1602 rectangular ilustrativa que incluye múltiples MPUs 1906A-C y 1908A-C y buses 1608A-B de corriente dotados de lengüetas, de acuerdo con algunas implementaciones de la descripción. Las aletas 1930 y 1920 conductoras de MPUs de la misma polaridad están acopladas electrónicamente entre sí para formar buses 1608A-B de corriente dotados de lengüetas. Las lengüetas 1624A-B de conexión electrónica, que están acopladas a los buses 1608A-B de corriente dotados de lengüetas, sobresalen hacia afuera desde los lados de las MPUs. Las lengüetas 1624A-B de conexión electrónica, y los buses 1608A-B de corriente dotados de lengüetas, proporcionan un enlace electrónico conductor que puede acoplar eléctricamente entre sí los buses de corriente dotados de lengüetas de otras sub-pilas. Las aletas conductoras de un camino de conducción o más de uno pueden estar acopladas electrónicamente entre sí para formar un bus de corriente dotado de lengüetas mediante doblado, engarce, soldado, soldadura, empalme, remachado, atornillado, o cualquier otro método apropiado para proporcionar acoplamiento eléctrico, o cualquier combinación de los mismos.

La Figura 19A muestra una vista en sección transversal de una sub-pila 1602 rectangular ilustrativa indicada por la Línea X en la Figura 16. La sección transversal muestra las aletas 1920 conductoras de cada MPU 1908A-C de una polaridad, dobladas en un extremo de la sub-pila 1602 y acopladas entre sí para formar buses 1608B de corriente dotado de lengüetas. Los buses 1608B de corriente dotados de lengüetas están en dos lados 1680C-D opuestos de la sub-pila 1602. Las aletas 1920 conductoras, y el bus 1608B de corriente dotado de lengüetas, se extienden a lo

largo de la anchura del lado 1680C-D de la sub-pila 1602 y están doblados hacia el extremo de la sub-pila 1602.

La Figura 19B muestra una vista en sección transversal de una sub-pila 1602 rectangular ilustrativa indicada por la Línea XI en la Figura 16. La sección transversal muestra las aletas 1930 conductoras de cada MPU 1906A-C de una polaridad diferente a la polaridad de las MPUs 1908A, dobladas en un extremo diferente de la sub-pila que la de los buses 1608A de corriente dotados de lengüetas, y están acopladas entre sí para formar los buses 1608B de corriente dotados de lengüetas. Los buses 1608B de corriente dotados de lengüetas acoplados a las aletas 1930 conductoras de las MPUs 1906A-C están en dos lados 1680A-B opuestos de la sub-pila 1602, que son diferentes a los lados a los que están acoplados los buses 1608A de corriente dotados de lengüetas. Las aletas 1930 conductoras, y el bus 1608A de corriente dotado de lengüetas, se extienden a lo largo de la anchura del lado 1680A-B de la sub-pila 1602 y están doblados hacia el otro extremo de la sub-pila 1602.

La Figura 20 muestra una vista parcialmente despiezada de las sub-pilas 2002A-C rectangulares ilustrativas, apiladas en una dirección de apilado, de acuerdo con algunas implementaciones de la descripción. Las sub-pilas 2002A-C tienen una pluralidad de MPUs positivas y negativas alternas apiladas entre sí, donde las MPUs en cualquiera de los extremos de las sub-pilas tienen polaridades diferentes. Los buses 2008A o 2008B de corriente dotados de lengüetas, que se extienden a lo largo de los lados de la sub-pila 2002A-C, están acoplados a las aletas conductoras de los caminos conductores de MPUs que tienen la misma polaridad, y se muestran doblados hacia el primer extremo de las sub-pilas 2002A-C con una aleta 2014A de conexión electrónica sobresaliendo hacia afuera desde el primer extremo de las sub-pilas 2002A-C. Los buses 2008B de corriente dotados de lengüetas acoplados a las aletas conductoras de los caminos de conducción de las MPUs que tienen una polaridad diferente se extienden en lados distintos de la sub-pila 2002A-C desde los buses 2008A de corriente dotados de lengüetas. Los buses 2008B de corriente dotados de lengüetas se muestran doblados hacia el segundo extremo de las sub-pilas 2002A-C con una lengüeta 2014B de conexión electrónica sobresaliendo hacia afuera desde el segundo extremo de las sub-pilas 2002A-C.

Entre las sub-pilas 2002A-C están dispuestos sustratos 2020 conductores bipolares. En ciertas implementaciones, los sustratos 2020 conductores bipolares pueden comprender una superficie de metal no revestida, que forma una conexión eléctrica entre los extremos de sub-pilas adyacentes (por ejemplo, los extremos adyacentes de las sub-pilas 2002A y 2002B). Los sustratos 2020 conductores bipolares son sustancialmente impermeables y evitan la transferencia de iones de electrólito entre las sub-pilas 2002A-C. El área de los sustratos 2020 conductores bipolares cubre los lados respectivos de las sub-pilas 2002A-C y se solapa con las lengüetas 2014A-B de conexión electrónica, que sobresalen desde las sub-pilas 2002A-C. Tal como se muestra en la Figura 20, los sustratos 2020 conductores bipolares tienen geometría rectangular. El área del sustrato 2020 conductor bipolar cubre la longitud de las lengüetas 2014A-B de conexión electrónica que sobresalen en los lados de las sub-pilas 2002A-C. Por ejemplo, el sustrato 2020 conductor bipolar entre la sub-pila 2002A y la sub-pila 2002B se extiende una distancia sustancialmente igual a la de las lengüetas 2014B de corriente electrónica en la parte inferior de la sub-pila 2002A y las lengüetas 2014A de corriente electrónica en la parte superior de la sub-pila 2002B. El sustrato 2020 conductor bipolar también se extiende hacia afuera una distancia sustancialmente igual a la de las lengüetas 2014A de corriente electrónica en la parte superior de la sub-pila 2002A y las lengüetas 2014B de corriente electrónica en la parte inferior de la sub-pila 2002B. Extendiendo una distancia sustancialmente igual a la de las lengüetas de corriente electrónica no acopladas al sustrato 2020 conductor bipolar, puede fabricarse un tope rígido para encajar alrededor de los sustratos 2020 conductores bipolares y las lengüetas 2014A-B de corriente electrónica de las sub-pilas 2002A-C. Aunque los bordes del sustrato 2020 conductor bipolar, tal como se muestra en la Figura 18, están redondeados, los bordes del sustrato 2020 conductor bipolar pueden estar conformados de otra manera, tal como con un borde puntiagudo, sesgado o diagonal. Los sustratos 2020 conductores bipolares también pueden extenderse más allá de las lengüetas 2014A-B de corriente electrónica. Este solapamiento puede ayudar a los sustratos 2020 conductores bipolares a evitar la transferencia de electrólito entre sustratos.

Tal como se muestra en la Figura 20, la sub-pila 2002A está alineada sobre la sub-pila 2002B, de tal manera que las aletas 2014B de conexión electrónica en el lado inferior de la sub-pila 2002A, que están acopladas a los caminos de conducción de MPUs de una polaridad, están alineadas con las lengüetas 2014A de conexión electrónica en el lado superior de la sub-pila 2002B, que están acopladas a los caminos de conducción de MPUs de una polaridad diferente. El sustrato 2020 conductor está dispuesto entre las dos sub-pilas 2002A-B y entre las lengüetas 2014B y 2014A de conexión electrónica. Cada sub-pila 2002A-C está alineada de tal manera que las lengüetas 2014B de conexión electrónica cerca de un extremo de una sub-pila conectada a los caminos de conducción de una cierta polaridad están alineadas con las lengüetas 2014A de conexión electrónica cerca del extremo opuesto de otra sub-pila conectada a los caminos de conducción de una polaridad opuesta. Por ejemplo, cuando las múltiples sub-pilas 2002A-C están apiladas en una dirección de apilado, cada sub-pila 2002A-C puede estar girada 90 grados en relación a las sub-pilas adyacentes (por ejemplo, las sub-pilas 2002A y 2002B). Esto puede garantizar que las lengüetas de corriente electrónica conectadas a polaridades opuestas de MPUs (por ejemplo, la lengüeta 2014B de corriente electrónica de la sub-pila 2002A superior y la lengüeta 2014A de corriente electrónica de la sub-pila 2002B intermedia) son adyacentes y se solapan entre sí a lo largo del sustrato 2020 conductor bipolar. Aunque se muestran tres sub-pilas 2002A-C, debe entenderse que puede disponerse un número cualquiera apropiado de sub-pilas que tengan sustratos conductores bipolares entre ellas.

La Figura 21 muestra sub-pilas 2102A-C rectangulares ilustrativas apiladas en una dirección de apilado con topes

2108A-C rígidos de acuerdo con algunas implementaciones de la descripción. Se muestran múltiples sub-pilas 2102A-C apiladas en una dirección de apilado unas encima de las otras. Entre cada una de las sub-pilas se encuentran sustratos 2112 conductores bipolares, y se extienden a lo largo de la longitud de las lengüetas de conexión electrónica del bus 2118B de corriente dotado de lengüetas y el bus 2118A de corriente dotado de lengüetas. Rodeando las sub-pilas 2102A-C se encuentran los topes 2108A-C rígidos, que ayudan a mantener juntas las sub-pilas adyacentes (por ejemplo, las sub-pilas 2102A y 2102B).

Para evitar que el electrolito de una sub-pila 2102A-C se combine con el electrolito de otra sub-pila 2102A-C, pueden disponerse topes 2108A-C rígidos alrededor de los extremos de sub-pilas 2102A-C adyacentes y del sustrato 2112 conductor bipolar entre sub-pilas 2102A-C adyacentes para sellar de manera sustancial el electrolito en el seno de su sub-pila 2102A-C particular.

Por ejemplo, los topes 2108A-C rígidos pueden incluir anillos 2120 de sellado cerca de una periferia de los topes 2108A-C rígidos para proporcionar una barrera de sellado entre las sub-pilas 2102A-C, que evitan de manera sustancial que el electrolito se combine con el electrolito de sub-pilas 2102A-C adyacentes. Los anillos 2120 de sellado crean un sello entre las paredes de la carcasa del ESD y el tope 2108A-C rígido. Los topes 2108A-C rígidos pueden incluir soportes 2130 de tope rígido que sujetan los topes 2108A-C rígidos al sustrato 2112 conductor bipolar y a las lengüetas 2118A-B de corriente electrónica. Los soportes 2130 de tope rígido pueden estar atornillados o remachados a lo largo de los soportes 2130 de tope rígido de los topes 2108A-C rígidos aprisionando los lados de los topes 2108A-C rígidos entre sí, sujetando los topes 2108A-C rígidos al sustrato 2112 conductor bipolar y a las lengüetas 2118A-B de corriente electrónica.

En ciertas implementaciones, la conductividad entre las sub-pilas 2102A-C a través del sustrato 2112 conductor bipolar puede mejorarse mediante la conexión de las sub-pilas 2102A-C a través del sustrato 2112 conductor bipolar. Las lengüetas 2118A de conexión electrónica de una sub-pila 2102A que tienen una primera polaridad pueden enlazarse eléctricamente de manera directa a las lengüetas 2118B de conexión electrónica de una sub-pila 2102B adyacente que tiene una polaridad diferente. El enlace electrónico directo puede conseguirse mediante soldadura, pernos, tornillos, remaches, o cualquier otro medio para enlazar eléctricamente las lengüetas de conexión electrónica (por ejemplo, las lengüetas 2118A y 2118B) de sub-pilas adyacentes (por ejemplo, las sub-pilas 2102A y 2102B). El enlace electrónico proporciona un camino paralelo para los electrones entre las dos lengüetas 2118A-B de conexión electrónica y es similar al enlace eléctrico directo de una configuración de batería bipolar, puesto que las MPUs de una polaridad están enlazadas a las MPUs de la polaridad opuesta a través del sustrato 2112 conductor bipolar.

En ciertas implementaciones, los topes 2108A-C rígidos pueden incluir una primera sección y una segunda sección 2140A-B que se combinan entre sí para sujetar los topes 2108A-C rígidos al sustrato 2112 conductor bipolar y a las lengüetas 2118A-B de corriente electrónica. El tope 2108A-C rígido puede incluir una meseta 2146 con una muesca con la forma de la lengüeta 2118A-B de conexión electrónica con la cual está configurada para acoplarse, que cuando se sitúa sobre la lengüeta 2118A-B de conexión electrónica rodea a la lengüeta 2118A-B de conexión electrónica. La muesca 2146 puede estar situada en los lados del tope rígido que miran hacia las lengüetas 2118A-B de conexión electrónica. Por ejemplo, la sub-pila 2102A y la sub-pila 2102B tienen lengüetas 2118A-B de conexión electrónica entre las secciones 2140A-B primera y segunda del tope rígido. Una meseta 2146 con una muesca, con la forma de las lengüetas 2118A-B de conexión electrónica, en las secciones 2140A-B primera y segunda del tope rígido complementa y rodea a las lengüetas 2118A-B de conexión electrónica. Sin embargo, en los lados que no tienen lengüetas 2118A-B de conexión electrónica, las secciones 2140A-B de tope rígido poseen una meseta 2148 con una muesca con un espesor sustancialmente igual al del sustrato 2112 conductor bipolar. En el extremo inferior de la sub-pila 2102C, la primera sección 2140A del tope rígido tiene una meseta 2150A con una muesca que complementa y rodea a la lengüeta 2118A de conexión electrónica que sobresale desde el extremo inferior de la sub-pila 2102C. La segunda sección 2140B del tope rígido posee una meseta 2150B con una muesca que complementa el sustrato 2112 conductor bipolar. Los soportes 2130 de tope rígido pueden estar remachados o atornillados para sujetar los topes 2108A-C rígidos a las lengüetas 2118A-B de conexión electrónica y a los sustratos 2112 conductores bipolares.

Las Figuras 22A-H muestran representaciones ilustrativas para montar un ESD 2202 que tiene una pluralidad de sub-pilas 2220, de acuerdo con algunas implementaciones de la descripción. La Figura 22A muestra un portapiezas 2204 de ensamblaje que se utiliza para alinear y sujetar entre sí las diferentes secciones del ESD 2202 mientras se ensambla el ESD 2202. El portapiezas 2204 de ensamblaje posee pinzas 2206 de enclavamiento que sujetan y enclavan los componentes entre sí durante el montaje. Una sección 2220 de tope rígido inferior se sitúa en primer lugar alrededor de la plataforma 2208 del portapiezas de ensamblaje. Las secciones 2222 de tope rígido poseen anillos 2226 de sellado fijados a las coronas externas de las secciones 2222 de tope rígido. Una placa 2230 colectora inferior soldada se sitúa entonces sobre la plataforma 2208 del portapiezas de ensamblaje. La placa 2230 colectora inferior soldada puede incluir un sustrato 2232 conductor en la cara superior de la placa 2230 colectora. La placa 2230 colectora inferior soldada incluye un bulón 2234B que sobresale desde la parte inferior de la placa 2230 colectora inferior. El bulón 2234B se sitúa dentro de un orificio 2210, en el que encaja el bulón 2234B y que sostiene a la placa 2230 colectora inferior en su lugar. La placa 2230 colectora inferior queda fijada en su lugar mediante las pinzas 2206 de enclavamiento.

En ciertas implementaciones, puede situarse una junta, que ayuda a evitar la fuga de electrólito, en el borde externo del sustrato 2232 conductor. Puede utilizarse adhesivo en el borde externo del sustrato 2232 conductor con el fin de ayudar a unir el sustrato 2232 conductor con un componente ubicado en la cara superior del sustrato 2232 conductor.

La Figura 22B muestra una primera sub-pila 2220A situada sobre la parte superior del sustrato 2232 conductor de la placa 2230 colectora inferior. La primera sub-pila 2220A queda fijada en su lugar y alineada utilizando las pinzas 2206 de enclavamiento. La primera sub-pila 2220A está fijada al sustrato 2232 conductor mediante soldadura, remachado, o atornillado de las lengüetas 2240A de conexión electrónica del bus 2238A de corriente dotado de lengüetas que están situadas en la cara inferior de la primera sub-pila 2220A. En la Figura 22C, después de que la primera sub-pila 2220A ha sido fijada al sustrato 2232 conductor de la placa 2230 colectora inferior, se sitúa una sección 2222B de tope rígido superior, que se fija a las lengüetas 2240A de conexión electrónica en la parte inferior de la primera sub-pila 2220A y al sustrato 2232 conductor de la placa 2230 colectora inferior, alrededor de la primera sub-pila 2220A. A continuación, se sitúa una sección 2222A de tope rígido inferior sobre la sección 2222 de tope rígido superior. La sección 2222B de tope rígido inferior se fija a las lengüetas 2240B de conexión electrónica en la cara superior de la primera sub-pila 2220A.

La Figura 22D muestra un sustrato 2250 conductor bipolar situado sobre la parte superior de la primera sub-pila 2220A. El sustrato 2250 conductor bipolar queda fijado en su lugar y alineado con la primera sub-pila 2220A utilizando las pinzas 2206 de enclavamiento. Una segunda sub-pila 2220B se sitúa sobre la parte superior del sustrato 2250 conductor bipolar. La segunda sub-pila 2220B se sitúa de tal manera que las lengüetas 2252A de conexión electrónica de la cara inferior de la segunda sub-pila 2220B quedan alineadas con las lengüetas 2240B de conexión electrónica en la cara superior de la primera sub-pila 2220A. Por ejemplo, la segunda sub-pila 2220B está girada 90 grados con respecto a la primera sub-pila 2220A. Las lengüetas 2252A de conexión electrónica en la cara inferior de la segunda sub-pila 2220B y las lengüetas 2240B de conexión electrónica en la cara superior de la primera sub-pila 2220A están sujetas al sustrato 2250 conductor bipolar mediante soldadura, remachado, o atornillado. Las lengüetas 2252A de conexión electrónica inferiores de la segunda sub-pila 2220B pueden estar conectadas electrónicamente a las lengüetas 2240B de conexión electrónica superiores de la primera sub-pila 2220A utilizando soldadura, tornillos, pernos, remaches, o cualquier otro medio para enlazar eléctricamente las lengüetas de conexión electrónica entre sí. Después de que se haya sujetado la segunda sub-pila 2220B al sustrato 2250 conductor bipolar, una sección 2222B de tope rígido superior seguida de una sección 2222A de tope rígido inferior pueden situarse alrededor de la segunda sub-pila 2220B (estos topes rígidos no se muestran en la Figura 22D). Pueden apilarse sub-pilas y sustratos conductores adicionales unos encima de otros de una manera similar.

La Figura 22E muestra cuatro sub-pilas 2220A-D apiladas en una dirección de apilado. Las secciones 2222A-B de tope rígido no han sido fijadas a los sustratos 2250 conductores bipolares. En la Figura 22F, las secciones 2222B de tope rígido inferior alrededor de cada sub-pila 2220A-D han sido desplazadas hacia arriba y fijadas a los sustratos 2250 conductores bipolares en los lados inferiores de los sustratos 2250 conductores bipolares. Las secciones 2222A de tope rígido superior también se han fijado a los sustratos 2250 conductores bipolares. Las secciones 2222A-B de tope rígido pueden fijarse a los sustratos 2250 conductores bipolares mediante atornillado o remachado a lo largo de las secciones superior e inferior de los topes rígidos a través de los sustratos 2250 conductores bipolares. En ciertas implementaciones, las lengüetas 2252A-B de conexión electrónica pueden extenderse hasta el borde de los sustratos 2250 conductores bipolares y sujetados al sustrato 2250 conductor bipolar con las secciones 2222A-B de tope rígido. Cuando las secciones 2222A-B de tope rígido están sujetas, las lengüetas 2252A y 2240B de conexión electrónica que están alineadas entre sí y en una posición adjunta al sustrato 2250 conductor bipolar pueden ser enlazadas electrónicamente entre sí utilizando soldadura, tornillos, pernos, remaches, o cualquier otro medio para enlazar eléctricamente las lengüetas 2252A y 2240B de conexión electrónica.

La Figura 22G muestra múltiples sub-pilas 2220A-E, que forman una pila 2280, apiladas en una dirección de apilado con una placa 2270 colectora superior fijada a la cara superior de la sub-pila 2220E superior y una placa 2230 colectora inferior fijada a la cara inferior de la sub-pila 2220A inferior. Los bulones 2234A-B sobresalen hacia afuera en dirección perpendicular a las placas 2270 y 2230 colectoras. Una placa 2274 de compresión puede fijarse a la placa 2270 colectora superior rodeando el bulón 2234A. Un resorte 2272 interno también puede fijarse a la placa colectora superior. La Figura 22H muestra una vista en sección transversal de la pila 2280 situada dentro de una carcasa 2286 del ESD. Los anillos 2226 de sellado en las coronas externas de los topes 2222A-B rígidos crean un sello entre las paredes de la carcasa 2286 del ESD y los topes 2222A-B rígidos, conteniendo el electrólito de una sub-pila 2220A-E en su seno. Esto evita que el electrólito de sub-pilas 2220A-E adyacentes se combine.

Las Figuras 23A-B muestran válvulas 2302 de ecualización y válvulas 2304 de descompresión, de acuerdo con algunas implementaciones de la descripción. El sellado de las sub-pilas, por ejemplo, para evitar que el electrólito de una primera sub-pila se combine con el electrólito de otra sub-pila, puede generar un diferencial de presión entre sub-pilas adyacentes cuando las sub-pilas se cargan y se descargan. Tal como se muestra en la Figura 23A, las válvulas 2302 de ecualización pueden estar dispuestas en los topes rígidos para disminuir las diferencias de presión que surgen de ese modo. Las válvulas 2302 de ecualización pueden funcionar como una membrana semipermeable para permitir químicamente la transferencia de un gas y para evitar de manera sustancial la transferencia de electrólito.

Tal como se muestra en la Figura 23B, una válvula 2304 de descompresión puede estar dispuesta en la parte superior de la carcasa 2308 del ESD, dispuesta para evacuar a una presión inferior que la presión de deformación de la carcasa 2308 del ESD. Por lo tanto, cuando la presión en el seno del ESD 2308 se acerca al límite de deformación del contenedor, la válvula 2304 de descompresión puede liberar el exceso de presión, garantizando que la carcasa 2308 del ESD no se va a deformar.

La Figura 24 muestra unos generadores 2402 termoeléctricos ilustrativos para refrigerar el ESD, de acuerdo con algunas implementaciones de la descripción. La carcasa 2412 del ESD está hecha típicamente de metal. Puesto que los topes 2418 rígidos y el electrolito de cada sub-pila 2420 están acoplados con las paredes de la carcasa 2412 del ESD, puede transferirse calor al metal de la carcasa 2412 del ESD. Los generadores 2402 termoeléctricos pueden ubicarse en las partes externas de la carcasa 2412 para refrigerar la carcasa 2412 del ESD y también las sub-pilas 2420 situadas en el seno del ESD. Los generadores termoeléctricos transfieren calor desde un lado del generador hasta el otro. El calor que crece en la carcasa del ESD acoplada a un lado del generador termoeléctrico es transferido al otro lado del generador termoeléctrico. Bien a través de convección o bien a través de otros medios de refrigeración, el lado del generador termoeléctrico no acoplado a la carcasa del ESD se enfría a continuación. Este proceso refrigera de forma efectiva la carcasa del ESD. Aunque en la Figura se muestran generadores termoeléctricos, puede utilizarse cualquier mecanismo que transfiere calor fuera de la carcasa del ESD.

Las Figuras 25A-B muestran vistas esquemáticas en sección transversal de topes 2514, 2532, y 2542A-D rígidos, de acuerdo con algunas implementaciones de la descripción. Los topes rígidos pueden tener varias configuraciones de sellado. Por ejemplo, los topes rígidos de la Figura 25A están configurados para formar un sello con una carcasa externa del ESD, y los topes rígidos de la Figura 25B están configurados para formar un sello entre el sustrato conductor bipolar y/o las lengüetas de conexión de sub-pilas adyacentes.

La Figura 25A muestra topes 2514 y 2532 rígidos que están acopladas con el sustrato 2512 conductor bipolar y con las lengüetas 2508A-B de conexión electrónica. Tal como se discutió anteriormente, los topes rígidos pueden situarse entre sub-pilas adyacentes (por ejemplo, las sub-pilas 2502A y 2502B adyacentes) y pueden circundar el sustrato 2512 conductor bipolar ubicado entre las dos sub-pilas adyacentes. El tope de 2514 rígido incluye una primera sección 2514A y una segunda sección 2514B. Las secciones 2514A-B primera y segunda poseen muescas 2526 conformadas para recibir las lengüetas 2508A-B de conexión electrónica y el sustrato 2512 conductor bipolar. Las secciones 2514A-B primera y segunda pueden proporcionar una fuerza 2520 que comprime las lengüetas 2508A-B de conexión electrónica y el sustrato 2512 conductor bipolar unos contra otros y sujeta el tope 2514 rígido en esa zona. La corona 2518A externa de las secciones 2514A-B de topes rígidos respectivas posee surcos 2522 recíprocos para recibir un anillo 2516 de sellado que se ubica entre las secciones 2514A-B primera y segunda del tope 2514 rígido. En ciertas realizaciones, tanto la primera sección como la segunda sección pueden incluir un surco respectivo. Por ejemplo, las secciones 2532A-B primera y segunda del tope 2532 rígido incluyen surcos 2524A-B en sus coronas 2518B externas respectivas para recibir un anillo 2516 de sellado. Los anillos 2516 de sellado dispuestos alrededor de la periferia de los topes 2514 y 2532 rígidos crean un sello entre las paredes 2504 de una carcasa del ESD y los topes 2514 y 2532 rígidos, evitando de este modo que el electrolito se desplace entre las sub-pilas 2502A-C adyacentes. Las secciones 2532A-B primera y segunda del tope 2532 rígido poseen de manera similar muescas 2528 conformadas para recibir las lengüetas 2508A-B de conexión electrónica y el sustrato 2512 conductor.

La Figura 25B muestra topes 2542A-D rígidos que están acoplados al sustrato 2532 conductor bipolar y a las lengüetas 2536A-B y 2538A-B de conexión electrónica. Los topes 2542A-D rígidos están dispuestos alrededor de la totalidad de la sub-pila en lugar de estarlo sólo en una porción de la misma (por ejemplo, las alturas respectivas de los topes 2542A-D rígidos son sustancialmente iguales a las alturas de la sub-pila 2530A-D así rodeada). Por ejemplo, el tope 2542B rígido rodea a la sub-pila 2530B y se extiende entre los sustratos 2532 conductores bipolares de sub-pilas 2530A y 2530C adyacentes. Cada tope 2542A-D rígido incluye surcos 2540 interiores en lados opuestos del mismo para recibir un anillo 2516 de sellado que está encajado entre el tope 2542A-D rígido y los sustratos 2532 conductores bipolares y/o las lengüetas 2536A-B de conexión electrónica. En ciertas realizaciones, el sustrato conductor bipolar se extiende hacia afuera más allá de las lengüetas de conexión electrónica. Por ejemplo, el sustrato 2532 conductor bipolar se extiende más allá de las lengüetas 2536A-B de conexión electrónica, y por lo tanto los anillos 2516 de sellado quedan acoplados con el sustrato 2532 conductor bipolar para evitar que el electrolito se desplace entre sub-pilas adyacentes. En ciertas realizaciones, las lengüetas de conexión electrónica pueden extenderse sustancialmente la misma distancia que el sustrato conductor bipolar. Por ejemplo, las lengüetas 2538A-B de conexión electrónica se extienden la misma distancia que el sustrato 2532 conductor bipolar, y por lo tanto los anillos de sellado quedan acoplados con las lengüetas 2538A-B de conexión electrónica para evitar que el electrolito se desplace entre sub-pilas adyacentes.

Los sustratos utilizados para formar los sustratos conductores pueden estar hechos de cualquier material conductor e impermeable o sustancialmente impermeable, incluyendo, pero sin estar limitados a, una lámina delgada de metal no perforada, una lámina delgada de aluminio, una lámina delgada de acero inoxidable, material de revestimiento incluyendo níquel y aluminio, material de revestimiento incluyendo cobre y aluminio, acero niquelado, cobre niquelado, aluminio niquelado, oro, plata, cualquier otro material apropiado, o combinaciones de los mismos, por ejemplo. En ciertas realizaciones, cada sustrato puede estar hecho de dos láminas delgadas de metal o más de dos adheridas entre sí.

Las capas de electrodo positivo de la descripción pueden estar fabricadas de cualquier material activo apropiado, incluyendo, pero sin estar limitados a, hidróxido de níquel ($\text{Ni}(\text{OH})_2$), zinc (Zn), o cualquier otro material apropiado, o combinaciones de los mismos, por ejemplo. El material activo positivo puede estar sinterizado e impregnado, revestido con un aglutinante acuoso y presionado, revestido con un aglutinante orgánico y presionado, o bien contenido mediante cualquier otra técnica apropiada para contener el material activo positivo con otros agentes químicos de soporte en una matriz conductora. La capa de electrodo positivo de la MPU puede tener partículas, incluyendo, pero sin estar limitadas a, hidruro de metal (MH), paladio (Pd), plata (Ag), o cualquier otro material apropiado, o combinaciones de los mismos, infundidas en su matriz para reducir el abultamiento, por ejemplo. Esto puede aumentar el ciclo de vida, mejorar la recombinación, y reducir la presión en el seno del segmento de celda, por ejemplo. Estas partículas, tales como el MH, también pueden estar presentes en un ligante de la pasta de material activo, tal como $\text{Ni}(\text{OH})_2$, para mejorar la conductividad eléctrica en el seno del electrodo y para apoyar la recombinación.

Las capas de electrodo negativo de la descripción pueden estar fabricadas de cualquier material activo apropiado, incluyendo, pero sin estar limitados a, MH, Cd, Mn, Ag, cualquier otro material apropiado, o combinaciones de los mismos, por ejemplo. El material activo negativo puede estar sinterizado, revestido con un aglutinante acuoso y presionado, revestido con un aglutinante orgánico y presionado, o contenido mediante cualquier otra técnica apropiada para contener el material activo negativo con otros agentes químicos de soporte en una matriz conductora, por ejemplo. El lado de electrodo negativo puede tener agentes químicos incluyendo, pero sin estar limitados a, Ni, Zn, Al, cualquier otro material apropiado, o combinaciones de los mismos, infundidos en el seno de la matriz de material de electrodo negativo para estabilizar la estructura, reducir la oxidación, y extender el ciclo de vida, por ejemplo.

Diversos aglutinantes apropiados pueden mezclarse con las capas de material activo para sujetar las capas a sus sustratos, incluyendo, pero sin estar limitados a, aglutinante de carboximetilcelulosa orgánica (CMC), caucho Creyton, PTFE (teflón), cualquier otro material apropiado, o combinaciones de los mismos. También pueden utilizarse con las construcciones de ESD apilado de la descripción aglutinantes ultra-fijadores, tal como la espuma de metal de 200 ppi.

El separador de cada capa de electrolito del ESD de la descripción puede estar fabricado de cualquier material apropiado que aisle eléctricamente sus dos MPUs adyacentes permitiendo sin embargo la transferencia de iones entre dichas MPUs. El separador puede contener celulosa súper absorbente para mejorar el llenado y actuar como un reservorio de electrolito para aumentar el ciclo de vida, de manera que el separador puede estar hecho de un material poli-absorbente de tipo pañal, por ejemplo. El separador, por lo tanto, puede liberar electrolito previamente absorbido cuando se aplica carga al ESD. En algunas realizaciones, el separador puede ser de una densidad inferior y de un grosor superior al de las células normales de tal manera que el espaciado inter-electrodo (IES, *inter-electrode spacing*) puede empezar siendo mayor de lo normal para ser continuamente reducido con el fin de mantener la capacidad (o tasa-C) del ESD a lo largo de su vida y también para extender la vida del ESD.

El separador puede ser de un material relativamente delgado unido a la superficie del material activo en las MPUs para reducir el acortamiento y mejorar la recombinación. Este material separador puede estar aplicado en forma de spray, en forma de revestimiento, presionado, o mediante una combinación de estas técnicas, por ejemplo. En ciertas realizaciones, el separador puede tener un agente de recombinación adherido al mismo. Este agente puede infundirse en el seno de la estructura del separador (por ejemplo, esto puede ser llevado a cabo atrapando físicamente el agente en un proceso húmedo utilizando un alcohol polivinílico (PVA o PVOH) para ligar el agente a las fibras del separador, o bien el agente puede colocarse en ese lugar mediante electrodeposición), o bien puede estar colocado en capas en la superficie mediante deposición de vapor, por ejemplo. El separador puede estar hecho de cualquier material o agente apropiado que permita de manera efectiva la recombinación, incluyendo, pero sin estar limitado a, Pb, Ag, o cualquier otro material apropiado, o combinaciones de los mismos, por ejemplo. Mientras que el separador puede presentar una resistencia si los sustratos de una celda se mueven uno hacia otro, un separador puede no proporcionarse en ciertas realizaciones de la descripción que pueden utilizar sustratos lo suficientemente rígidos como para no curvarse.

El electrolito de cada capa de electrolito del ESD de la descripción puede estar formado de cualquier compuesto químico apropiado que puede ionizarse cuando se disuelve o se funde para dar lugar a un medio eléctricamente conductor. El electrolítico puede ser un electrolito estándar de cualquier agente químico apropiado, incluyendo, pero sin estar limitado a, NiMH, por ejemplo. El electrolito puede contener agentes químicos adicionales, incluyendo, pero sin estar limitados a, hidróxido de litio (LiOH), hidróxido de sodio (NaOH), hidróxido de calcio (CaOH), hidróxido de potasio (KOH), o cualquier otro material apropiado, o combinaciones de los mismos, por ejemplo. El electrolito también puede contener aditivos para mejorar la recombinación, incluyendo, pero sin estar limitados a, $\text{Ag}(\text{OH})_2$, por ejemplo. El electrolito también puede contener hidróxido de rubidio (RbOH), por ejemplo, para mejorar el rendimiento a baja temperatura. En algunas realizaciones de la descripción, el electrolito puede estar congelado en el seno del separador y a continuación derretirse después de que el ESD esté completamente montado. Esto puede permitir que electrolitos particularmente viscosos sean insertados dentro de la pila de electrodos del ESD antes de que las juntas hayan formado sellos sustancialmente estancos a fluidos con las unidades de electrodo adyacentes a los mismos.

Los anillos de sellado del ESD de la descripción pueden estar fabricados de cualquier material o combinación de

materiales apropiados que puedan sellar de manera efectiva un electrólito en el seno del espacio definido por el tope rígido, el anillo de sellado y las MPUs adyacentes al mismo. En ciertas realizaciones, el anillo de sellado puede estar fabricado como una barrera o círculo de sellado sólido, o como múltiples porciones de círculo capaces de formar un círculo de sellado sólido que puede estar hecho de cualquier material eléctricamente aislante apropiado, incluyendo, pero sin estar limitado a, nailon, polipropileno, encapsulante *cell gard*, caucho, PVOH, cualquier otro material apropiado, o combinaciones de los mismos, por ejemplo.

De manera alternativa, o de manera adicional, el anillo de sellado puede estar fabricado de cualquier material viscoso o pasta apropiada, incluyendo, pero sin estar limitado a, resina epoxi, alquitrán de brea, pegamento impermeable a electrólito (por ejemplo, a KOH), adhesivos compresibles (por ejemplo, polímeros bicomponentes, tales como los adhesivos de la marca Loctite® comercializados por Henkel Corporation, que pueden estar hechos de silicio, acrílico, y/o plásticos reforzados con fibra (FRPs, *Fiber Reinforced Plastics*) y que pueden ser impermeables a electrolitos), cualquier otro material apropiado, o combinaciones de los mismos, por ejemplo. En algunas realizaciones, un anillo de sellado puede estar fabricado como una combinación de un círculo de sellado sólido y un material viscoso, de tal manera que el material viscoso pueda mejorar el sellado entre el círculo de sellado sólido y las paredes de la carcasa del ESD.

Un beneficio de utilizar ESDs diseñados con sub-pilas selladas en una formación apilada puede consistir en un aumento en la tasa de descarga del ESD. Esta tasa de descarga aumentada puede permitir la utilización de ciertos electrolitos menos corrosivos (por ejemplo, eliminando o reduciendo el amolado, aumentando la conductividad, y/o el componente o componentes químicamente reactivos del electrólito) que de otro modo no serían viables en diseños de ESDs con forma prismática o enrollados. Esta flexibilidad que puede proporcionarse mediante un diseño de ESD apilado para utilizar electrolitos menos corrosivos puede permitir la utilización de ciertas resinas epoxi (por ejemplo, resina epoxi J-B Weld) para formar un sello con anillos de sellado que de otro modo podrían corroerse en presencia de electrolitos más corrosivos.

Los topes rígidos del ESD de la descripción pueden fabricarse de cualquier material apropiado incluyendo, pero sin estar limitado a, varios polímeros (por ejemplo, polietileno, polipropileno), materiales cerámicos (por ejemplo, alúmina, sílice) cualquier otro material mecánicamente duradero y/o químicamente inerte, o combinaciones de los mismos. El material o materiales de los topes rígidos puede seleccionarse, por ejemplo, para resistir diversos agentes químicos que pueden utilizarse en el ESD.

El ESD de la descripción puede incluir una pluralidad de sub-pilas apiladas en una dirección de apilado formadas por múltiples MPUs. De acuerdo con una realización de la presente descripción, los grosores y los materiales de cada uno de los sustratos conductores bipolares, las capas de electrodos, las capas de electrólito, y los topes rígidos pueden ser diferentes uno de otro, no sólo de sub-pila a sub-pila, sino incluso en el seno de una sub-pila particular. Esta variación en las geometrías y en los agentes químicos, no sólo a nivel de pila sino también a nivel de sub-pila individual, puede crear ESDs con varios beneficios y características de funcionamiento.

Adicionalmente, los materiales y las geometrías de los sustratos, de las capas de electrodo, de las capas de electrólito y de los topes rígidos pueden variar a lo largo de la altura de la pila de sub-pila a sub-pila. El electrólito utilizado en cada una de las capas de electrólito del ESD puede variar sobre la base de la cercanía de su sub-pila respectiva a la mitad de la pila de segmentos de celda. Por ejemplo, las sub-pilas más internas pueden incluir una capa de electrólito que está formada por un primer electrólito, mientras que sub-pilas medias pueden incluir capas de electrólito que están formadas, cada una de ellas, por un segundo electrólito, mientras que sub-pilas más externas pueden incluir capas de electrólito que están formadas por un tercer electrólito. Utilizando electrolitos de mayor conductividad en las pilas internas, la resistencia puede ser más pequeña de tal manera que el calor generado puede reducirse. Esto puede proporcionar un control térmico del ESD mediante diseño en lugar de mediante técnicas de refrigeración externas.

Como ejemplo diferente, los materiales activos utilizados como capas de electrodo en cada una de las sub-pilas del ESD también pueden variar sobre la base de la cercanía de su sub-pila respectiva a la mitad de la pila de sub-pilas. Por ejemplo, la sub-pila más interna puede incluir capas de electrodo formadas por un primer tipo de materiales activos que tienen una primera tasa de rendimiento y/o de rendimiento térmico, mientras que sub-pilas medias pueden incluir capas de electrodo formadas por un segundo tipo de materiales activos que tienen una segunda tasa de rendimiento y/o de rendimiento térmico, mientras que sub-pilas más externas pueden incluir capas de electrodo formadas por un tercer tipo de materiales activos que tienen una tercera tasa de rendimiento y/o de rendimiento térmico. Como ejemplo, una pila de ESD puede estar gestionada térmicamente mediante la construcción de sub-pilas más internas con capas de electrodos de níquel-cadmio, que pueden absorber mejor el calor, mientras que los segmentos de celda más externos pueden disponer de capas de electrodo de níquel-metal hidruro, que pueden necesitar estar más fríos, por ejemplo. De manera alternativa, los agentes químicos o las geometrías del ESD pueden ser asimétricas, de manera que las sub-pilas en un extremo de la pila pueden estar hechas de un primer material activo y tener una primera altura, mientras que las sub-pilas en el otro extremo de la pila pueden estar hechas de un segundo material activo y tener una segunda altura.

Más aún, las geometrías de cada una de las sub-pilas del ESD también pueden variar a lo largo de la pila de sub-pilas. Además de variar la distancia entre materiales activos en el seno de una sub-pila particular, ciertas sub-pilas

pueden tener una primera distancia entre los materiales activos de aquellas sub-pilas, mientras que otras sub-pilas pueden tener una segunda distancia entre los materiales activos de aquellas sub-pilas. En cualquier caso, las sub-pilas o porciones de las mismas que tienen menores distancias entre capas de electrodos de material activo pueden tener mayor potencia, por ejemplo, mientras las sub-pilas o porciones de las mismas que tienen mayores distancias entre capas de electrodo de material activo pueden tener más espacio para el crecimiento de dendritas, un mayor ciclo de vida, y/o una mayor reserva de electrólito, por ejemplo. Estas porciones con distancias mayores entre las capas de electrodo de material activo pueden regular la aceptación de carga del ESD para garantizar que las porciones con menores distancias entre capas de electrodo de material activo se cargan primero, por ejemplo.

Aunque las implementaciones descritas e ilustradas anteriormente del ESD apilado muestran un ESD formado por el apilado de MPUs y sustratos conductores que tienen secciones transversales sustancialmente redondas para formar un ESD de sección recta cilíndrica o secciones transversales sustancialmente rectangulares para formar un ESD de sección transversal rectangular, debe apreciarse que puede utilizarse cualquiera de entre una gran variedad de formas para dar lugar a los sustratos del ESD apilado. Por ejemplo, el ESD apilado de la presente descripción puede fabricarse mediante el apilado de MPUs y sustratos conductores con áreas de sección transversal que sean rectangulares, triangulares, hexagonales, o de cualquier otra forma deseada o combinación de las mismas. Además, también pueden llevarse a cabo implementaciones descritas con respecto al ESD cilíndrico en el ESD rectangular, y viceversa. Por ejemplo, el orificio de tubo de llenado y la válvula de descompresión del ESD cilíndrico descritos en la Figura 14 y en la Figura 15 pueden implementarse en un ESD rectangular. Más aún, los sustratos conductores bipolares descritos en referencia a la Figura 2A-D, y las técnicas para acoplar electrónicamente las aletas conductoras en referencia a la Figura 8A-C, pueden implementarse en las aletas conductoras y los sustratos conductores de cualquier forma (por ejemplo, rectangular o circular).

Debe entenderse que lo anterior es solamente ilustrativo de los principios de la descripción, y que pueden llevarse a cabo varias modificaciones por parte de aquellas personas expertas en la técnica sin apartarse del alcance y el espíritu de la descripción. También debe entenderse que varios términos direccionales y de orientación tales como "horizontal" y "vertical", "parte superior" y "parte inferior" y "cara" y "lado", "longitud" y "anchura" y "altura" y "grosor", "interno" y "externo", "interior" y "exterior", y términos de ese tipo se han utilizado en la presente memoria sólo por conveniencia, y que no se pretenden ningunas limitaciones de dirección u orientación fijas o absolutas mediante el uso de estos términos. Por ejemplo, los dispositivos de esta descripción, así como sus componentes individuales, pueden tener cualquier orientación deseada. En caso de que se reorienten, podría ser necesario utilizar en su descripción términos direccionales o de orientación diferentes, pero ello no alterará su naturaleza fundamental en el seno del alcance de esta descripción. Aquellas personas expertas en la técnica apreciarán que la descripción puede llevarse a la práctica mediante otras realizaciones distintas de las descritas, que se han presentado con propósitos de ilustración y no de limitación, y que la descripción está limitada solamente por las reivindicaciones que siguen.

REIVINDICACIONES

- 1.- Un dispositivo de almacenamiento de energía que comprende:
un sustrato (908) conductor bipolar que posee un primer lado acoplado a una primera sub-pila (902A) y un segundo lado acoplado a una segunda sub-pila (902B)
- 5 donde la primera sub-pila y la segunda sub-pila comprenden:
una pluralidad de unidades de electrodo monopolar positivo y de unidades de electrodo monopolar negativo apiladas de manera alterna, donde cada unidad de electrodo monopolar respectiva comprende una primera capa de electrodo de material activo y una segunda capa de electrodo de material activo en lados opuestos de un camino de conducción; y
- 10 un separador (524) dispuesto entre unidades de electrodo monopolares adyacentes,
donde los caminos de conducción de las unidades de electrodo monopolar positivo están acoplados electrónicamente para formar un bus (930) de corriente positiva dotado de lengüetas y los caminos de conducción de las unidades de electrodo monopolar negativo están acoplados electrónicamente para formar un bus (936) de corriente negativa dotado de lengüetas; y
- 15 donde el bus (936) de corriente negativa dotado de lengüetas de la primera sub-pila está acoplado al primer lado del sustrato (908) conductor bipolar y el bus (930) de corriente positiva dotado de lengüetas de la segunda sub-pila está acoplado al segundo lado del sustrato conductor bipolar.
- 2.- El dispositivo de almacenamiento de energía de la reivindicación 1, en el que el camino (202A-D) de conducción comprende perforaciones (208A-B).
- 20 3.- El dispositivo de almacenamiento de energía de la reivindicación 2, en el que las perforaciones están separadas entre sí de manera uniforme, o en el que las perforaciones están dimensionadas uniformemente.
- 4.- El dispositivo de almacenamiento de energía de la reivindicación 2, en el que la primera capa de electrodo de material activo y la segunda capa de electrodo de material activo están unidas físicamente entre sí a través de perforaciones en el camino de conducción.
- 25 5.- El dispositivo de almacenamiento de energía de la reivindicación 2, en el que el área superficial del camino de conducción es igual al área definida por las perforaciones.
- 6.- El dispositivo de almacenamiento de energía de la reivindicación 1, en el que la primera capa de electrodo de material activo y la segunda capa de electrodo de material activo comprenden espuma de metal que posee un material activo respectivo depositado sobre ellas, o
- 30 donde la primera capa de electrodo de material activo y la segunda capa de electrodo de material activo comprenden un material activo respectivo unido al camino de conducción utilizando un aglutinante.
- 7.- El dispositivo de almacenamiento de energía de la reivindicación 1, en el que el camino de conducción comprende una pluralidad de aletas conductoras.
- 8.- El dispositivo de almacenamiento de energía de la reivindicación 7, en el que el bus de corriente positiva dotado de lengüetas comprende la pluralidad de aletas conductoras de las unidades de electrodo monopolar positivo, y el bus de corriente negativa dotado de lengüetas comprende la pluralidad de aletas conductoras de las unidades de electrodo monopolar negativo.
- 35 9.- El dispositivo de almacenamiento de energía de la reivindicación 7, en el que las aletas conductoras están dobladas para formar los buses de corriente positiva y negativa dotados de lengüetas respectivos.
- 40 10.- El dispositivo de almacenamiento de energía de la reivindicación 9, en el que las lengüetas dobladas están alineadas en una dirección de apilado, en el que de manera opcional los buses de corriente dotados de lengüetas son paralelos a la dirección de apilado.
- 11.- El dispositivo de almacenamiento de energía de la reivindicación 9, en el que los buses de corriente positiva y negativa dotados de lengüetas comprenden lengüetas de conexión electrónica que sobresalen hacia afuera desde la dirección de apilado en un extremo de los buses de corriente dotados de lengüetas respectivos.
- 45 12.- El dispositivo de almacenamiento de energía de la reivindicación 11, en el que lengüetas de conexión electrónica de la primera sub-pila están alineados con lengüetas de conexión electrónica de la segunda sub-pila cerca del sustrato conductor bipolar, y en el que las lengüetas de conexión electrónica de la primera sub-pila y de la segunda sub-pila están acopladas electrónicamente al sustrato conductor bipolar y también entre sí, o
- 50 en el que lengüetas de conexión electrónica sobresalen en dirección paralela al sustrato conductor bipolar, o

en el que las lengüetas de conexión electrónica se extienden a través de un lado de la sub-pila y en dirección perpendicular a la dirección de apilado.

5 13.- El dispositivo de almacenamiento de energía de la reivindicación 11, en el que el primer lado y el segundo lado del sustrato conductor bipolar se extienden hacia afuera desde la primera sub-pila y la segunda sub-pila para formar una porción que se extiende hacia afuera, y las lengüetas de conexión electrónica de la primera sub-pila y de la segunda sub-pila están acopladas a la porción que se extiende hacia afuera del sustrato conductor bipolar.

14.- El dispositivo de almacenamiento de energía de la reivindicación 13, que comprende adicionalmente un tope rígido que circunda el sustrato conductor bipolar y acopla el sustrato conductor bipolar a las lengüetas de conexión electrónica de la primera sub-pila y de la segunda sub-pila cerca de la porción que se extiende hacia afuera.

10 15.- El dispositivo de almacenamiento de energía de la reivindicación 14, en el que el tope rígido comprende un surco periférico y una corona externa del tope rígido para recibir un anillo de sellado, en el que el anillo de sellado evita que un electrolito de la primera sub-pila se combine con un electrolito de la segunda sub-pila, o

15 en el que el tope rígido comprende una pluralidad de muescas que alinean las lengüetas de conexión electrónica de la primera sub-pila y de la segunda sub-pila para orientar las lengüetas de conexión electrónica entre sí con respecto al sustrato conductor bipolar.

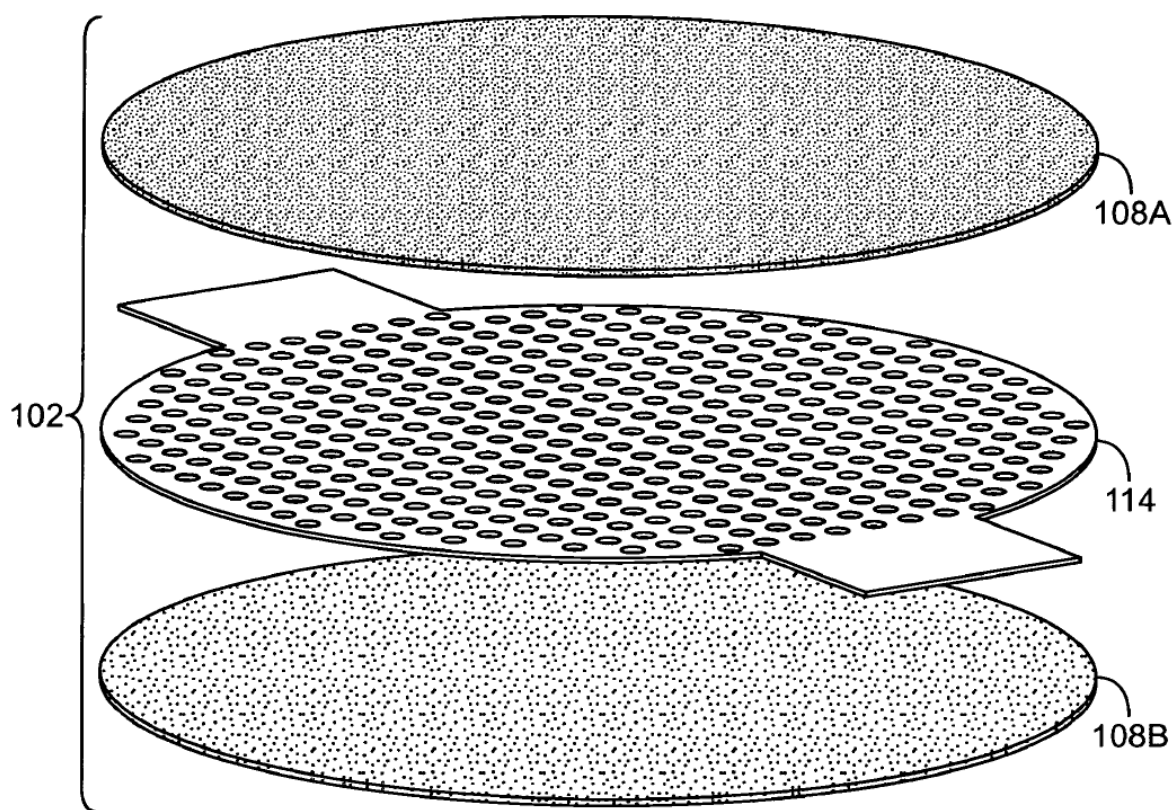


FIG. 1A

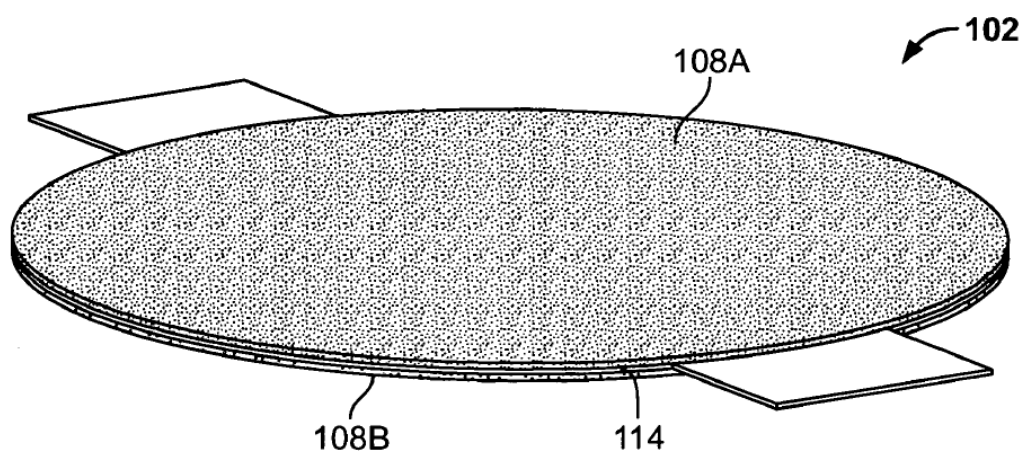


FIG. 1B

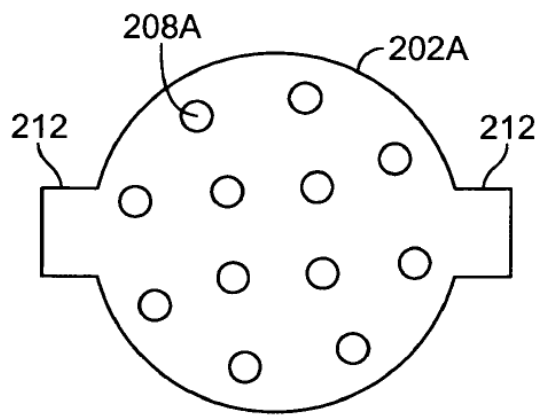


FIG. 2A

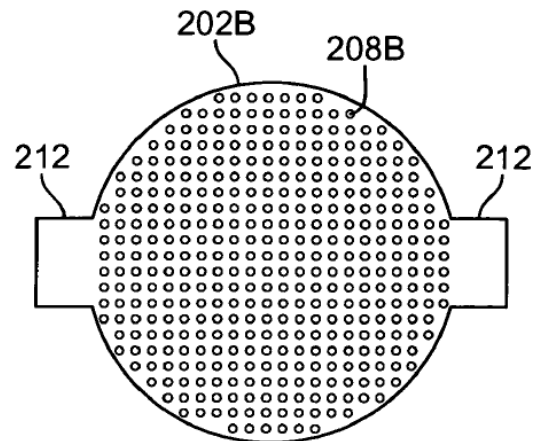


FIG. 2B

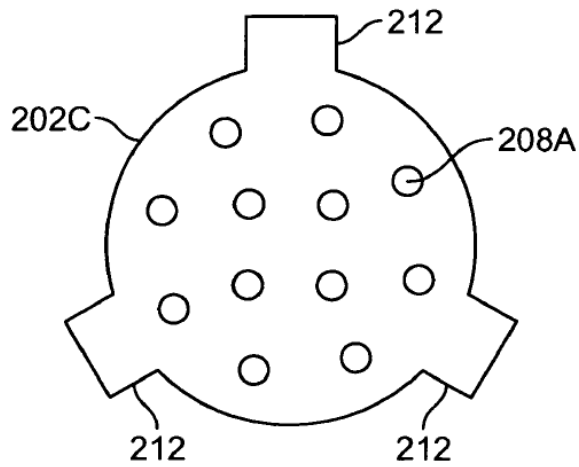


FIG. 2C

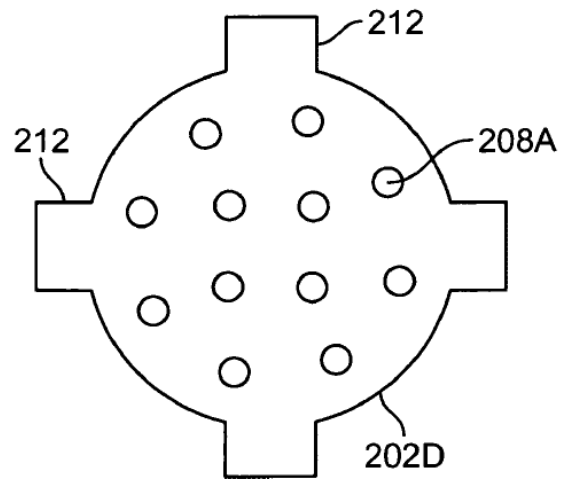


FIG. 2D

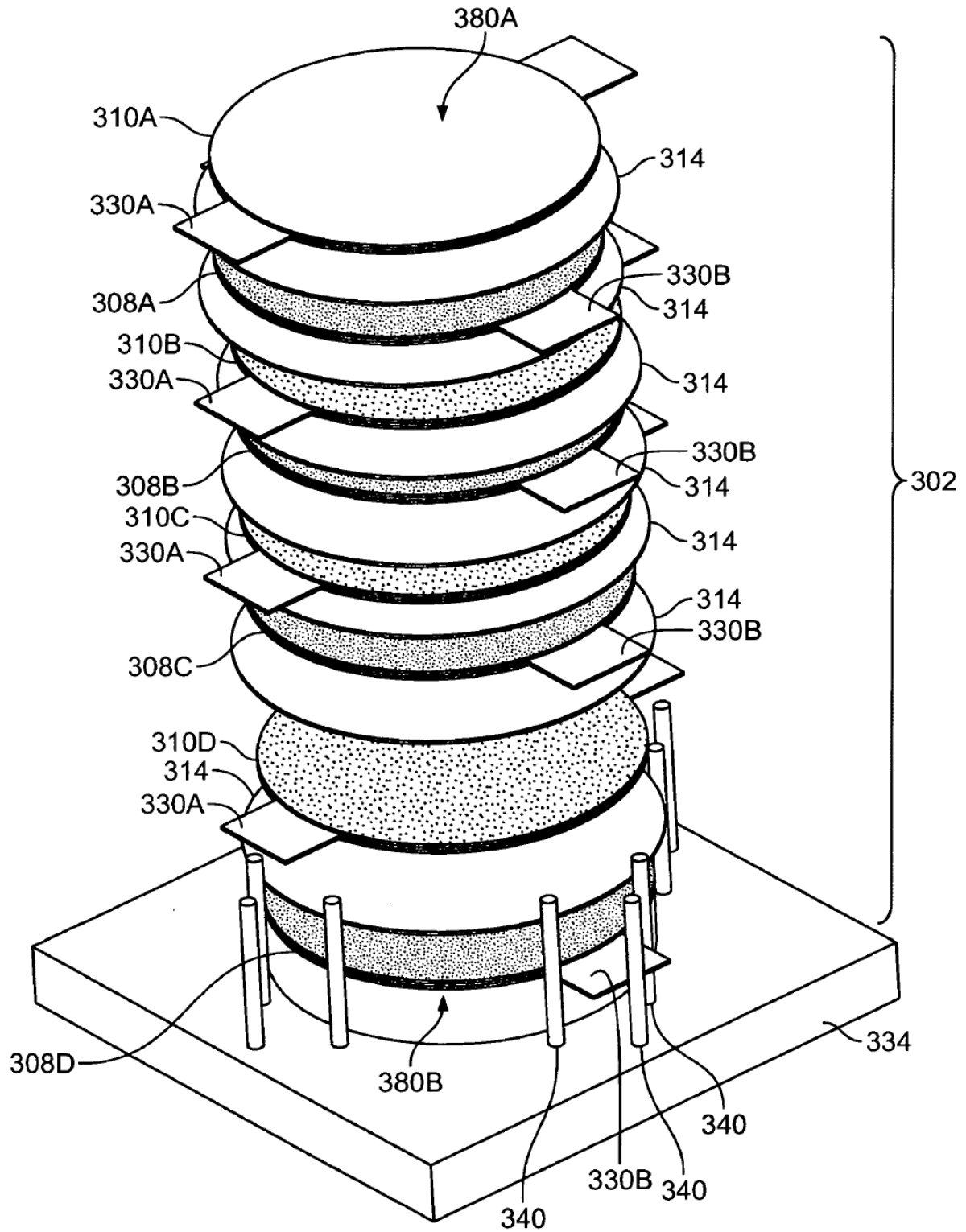
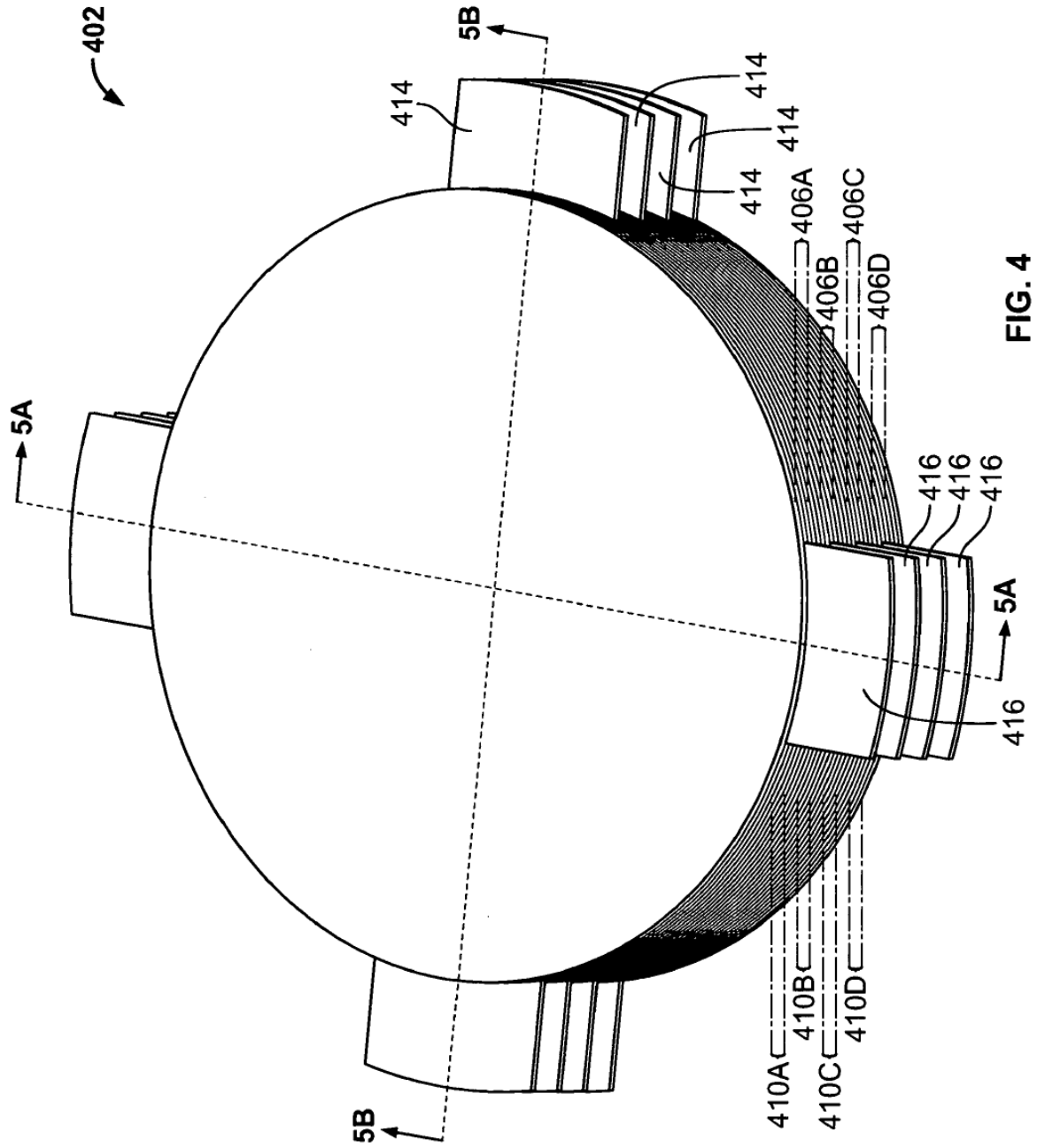


FIG. 3



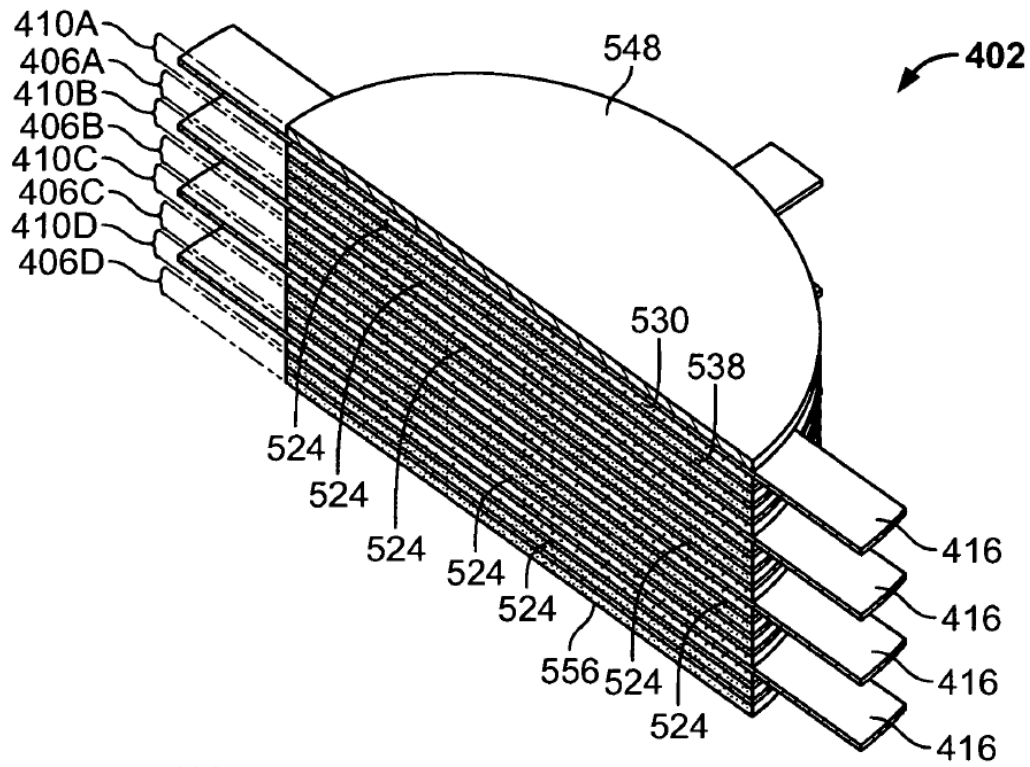


FIG. 5A

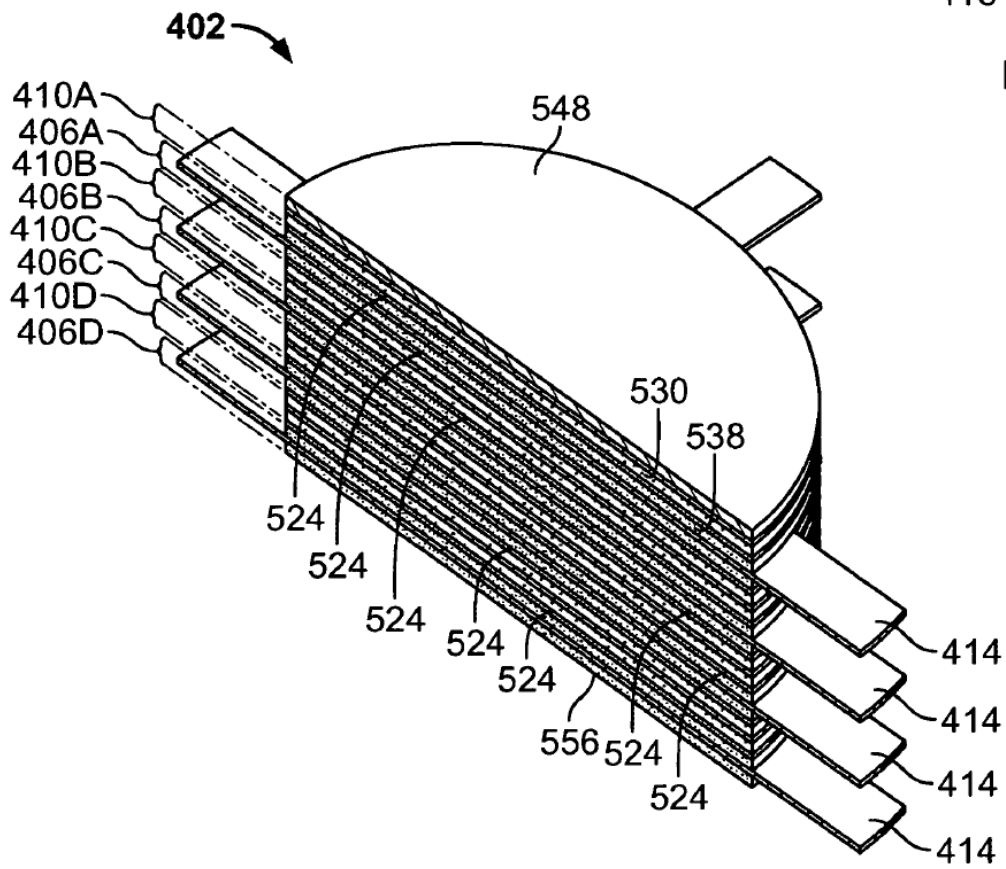


FIG. 5B

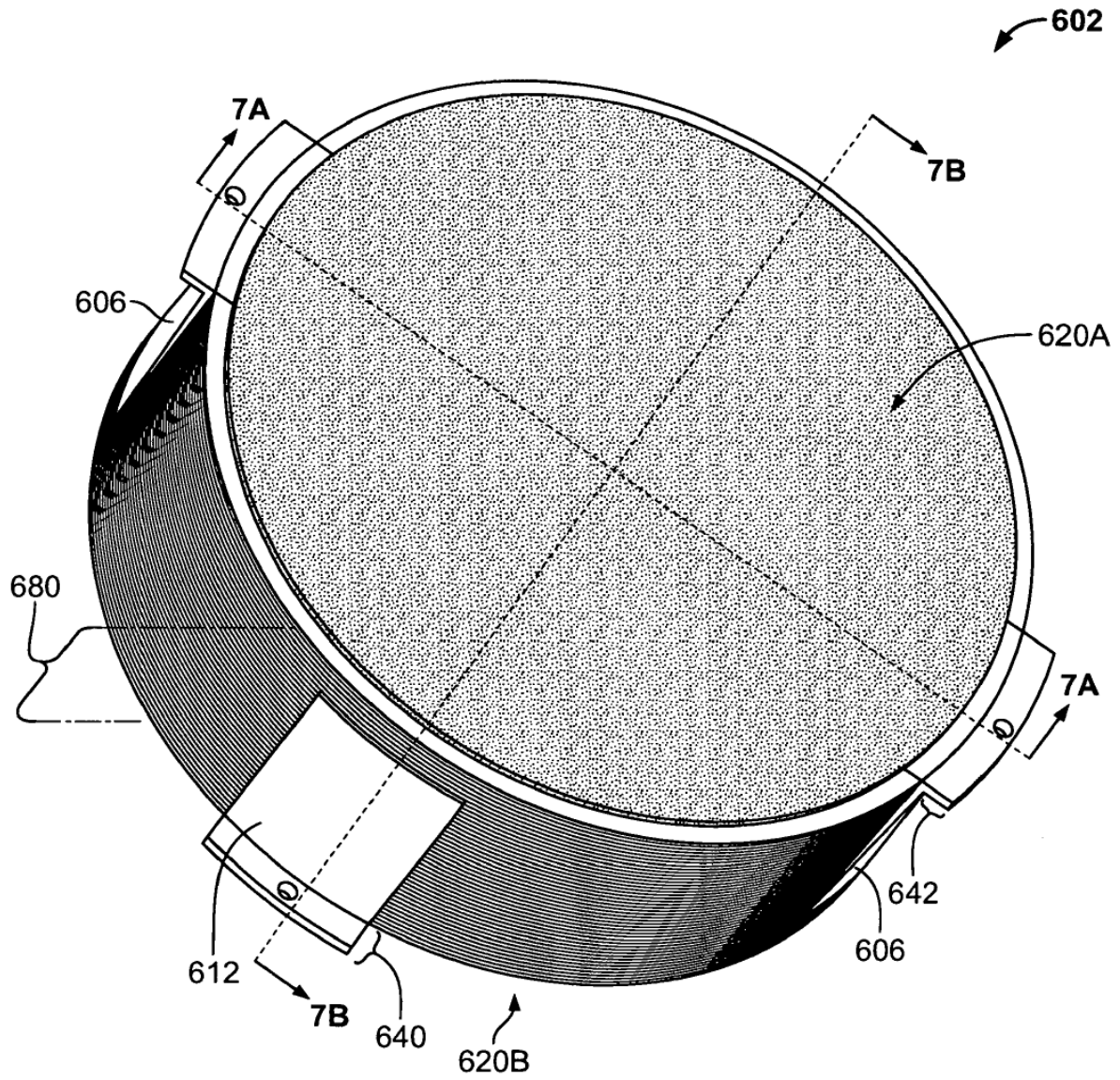


FIG. 6

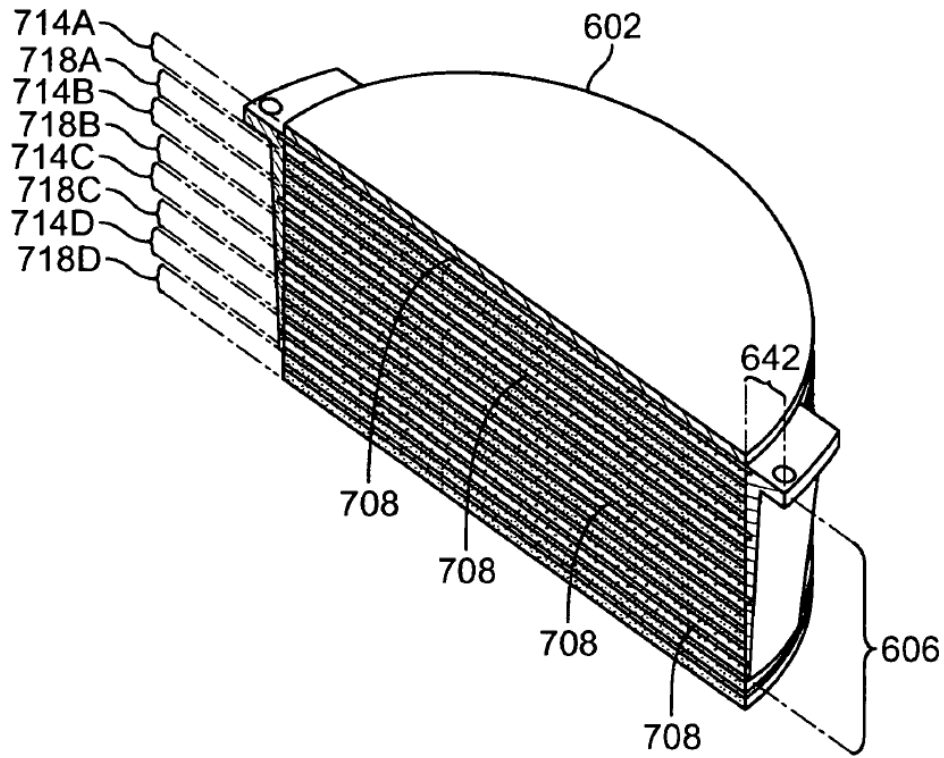


FIG. 7A

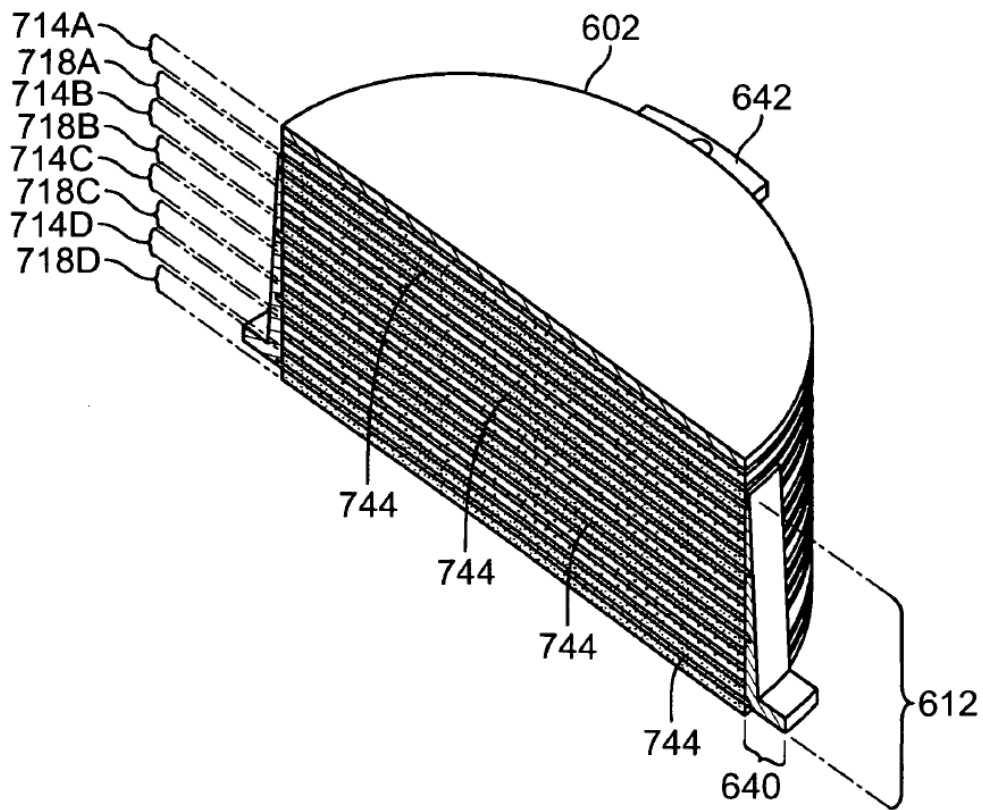
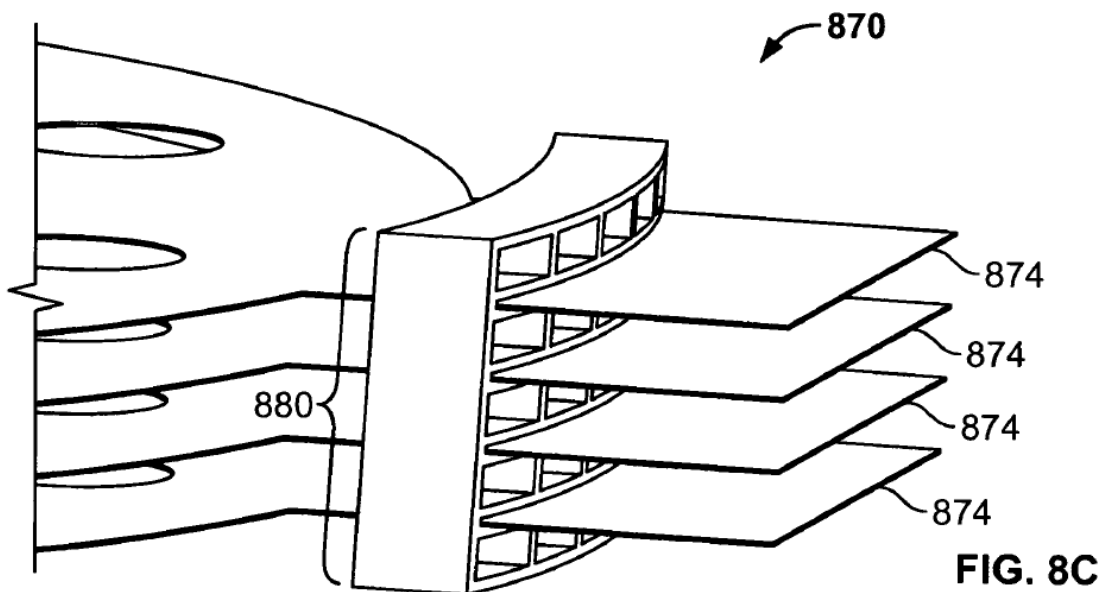
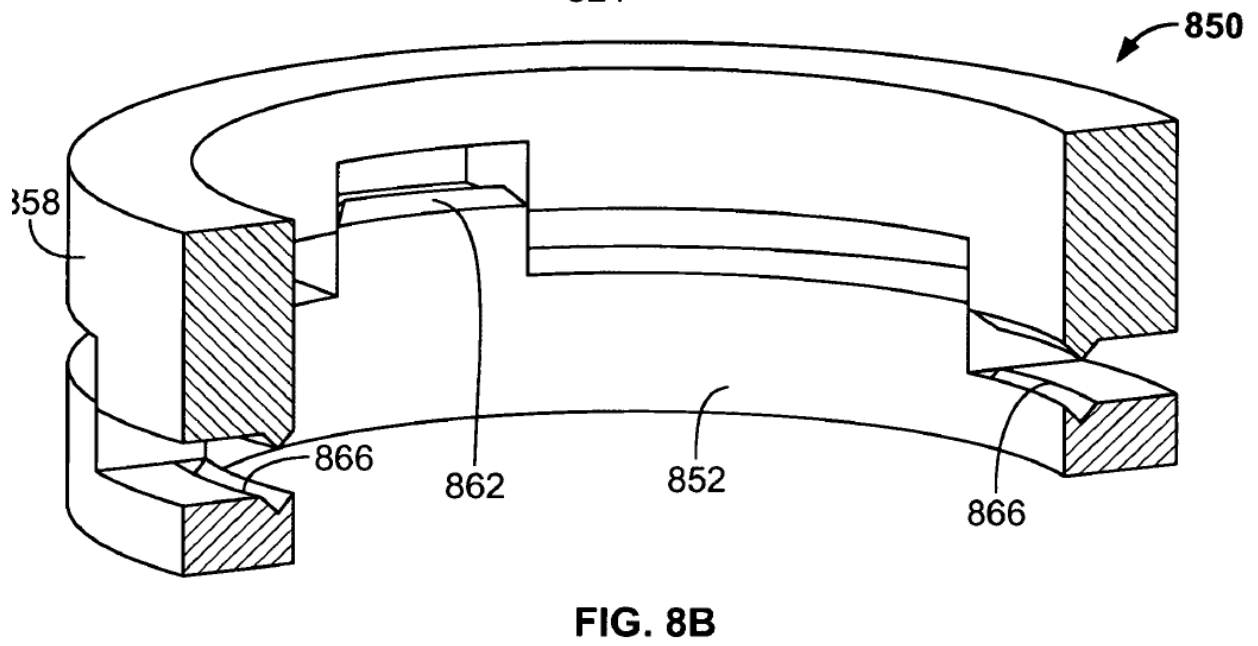
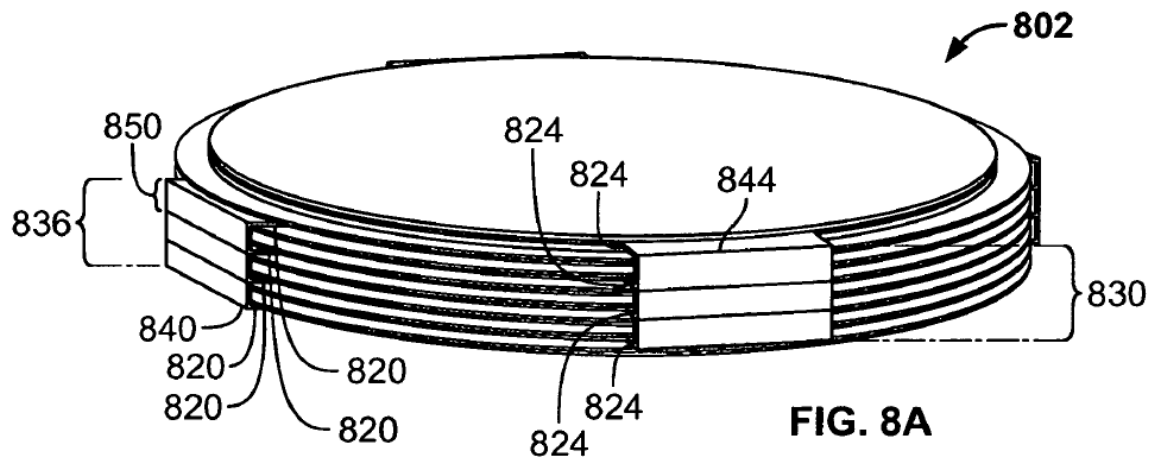


FIG. 7B



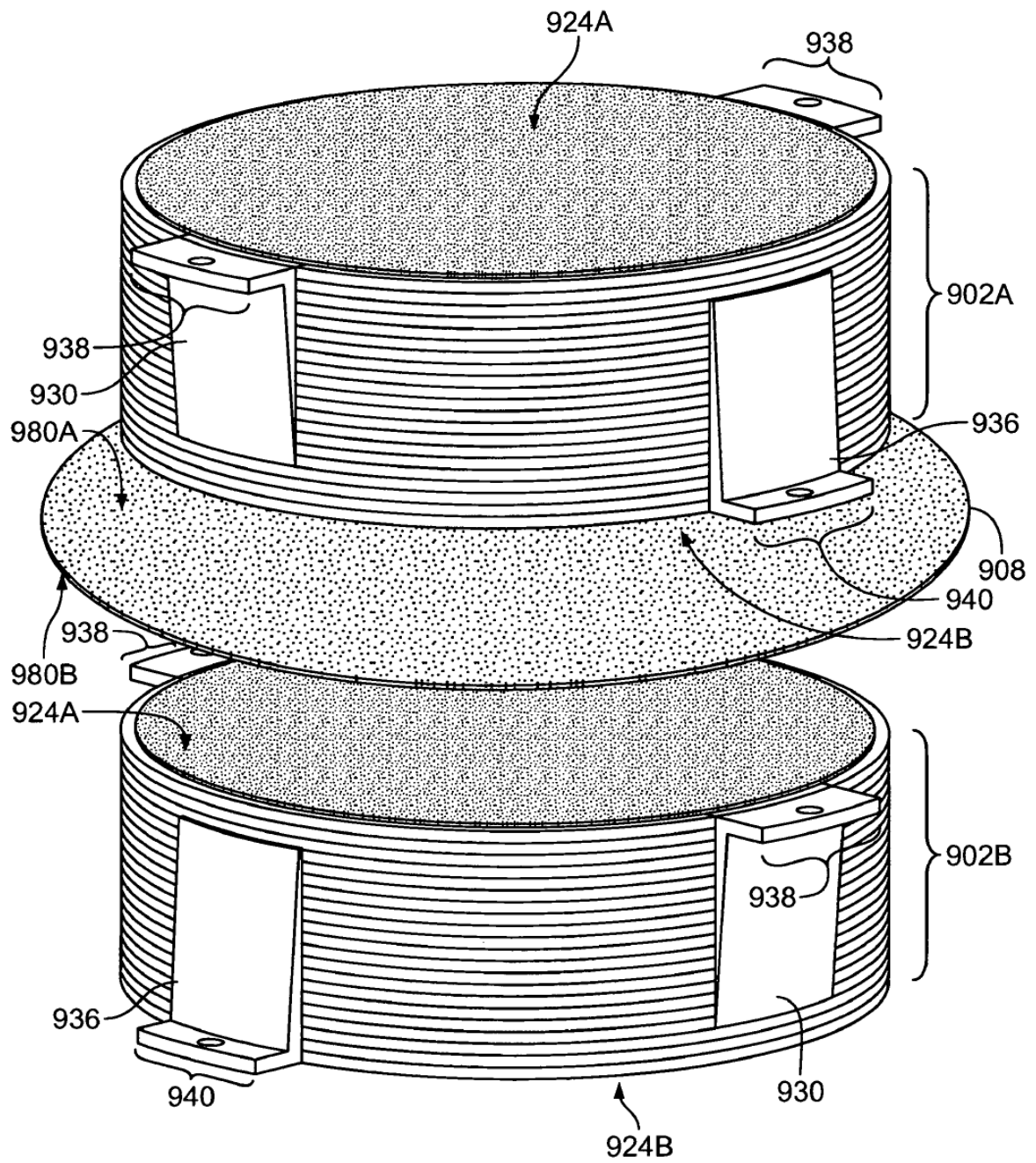


FIG. 9

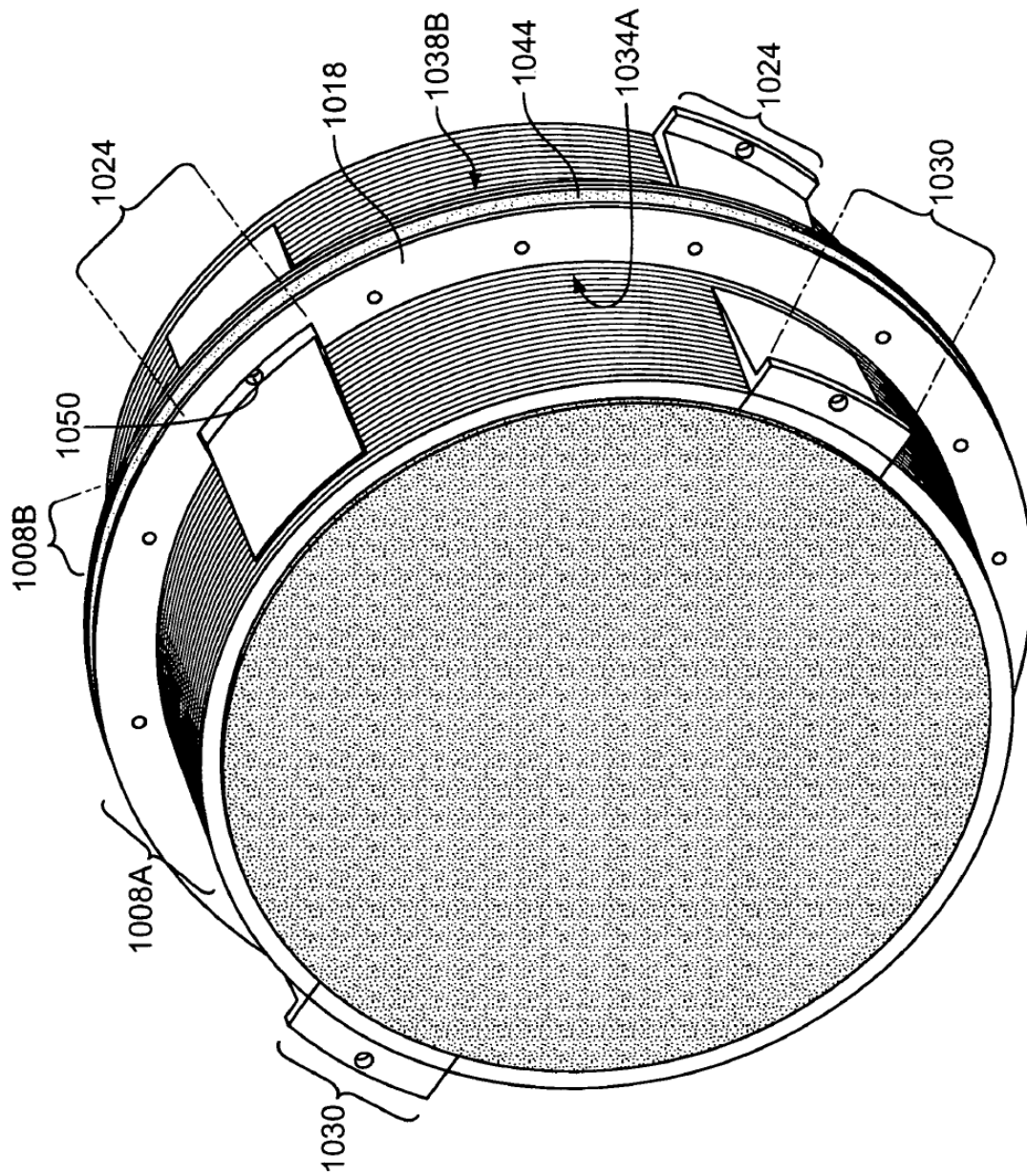


FIG. 10

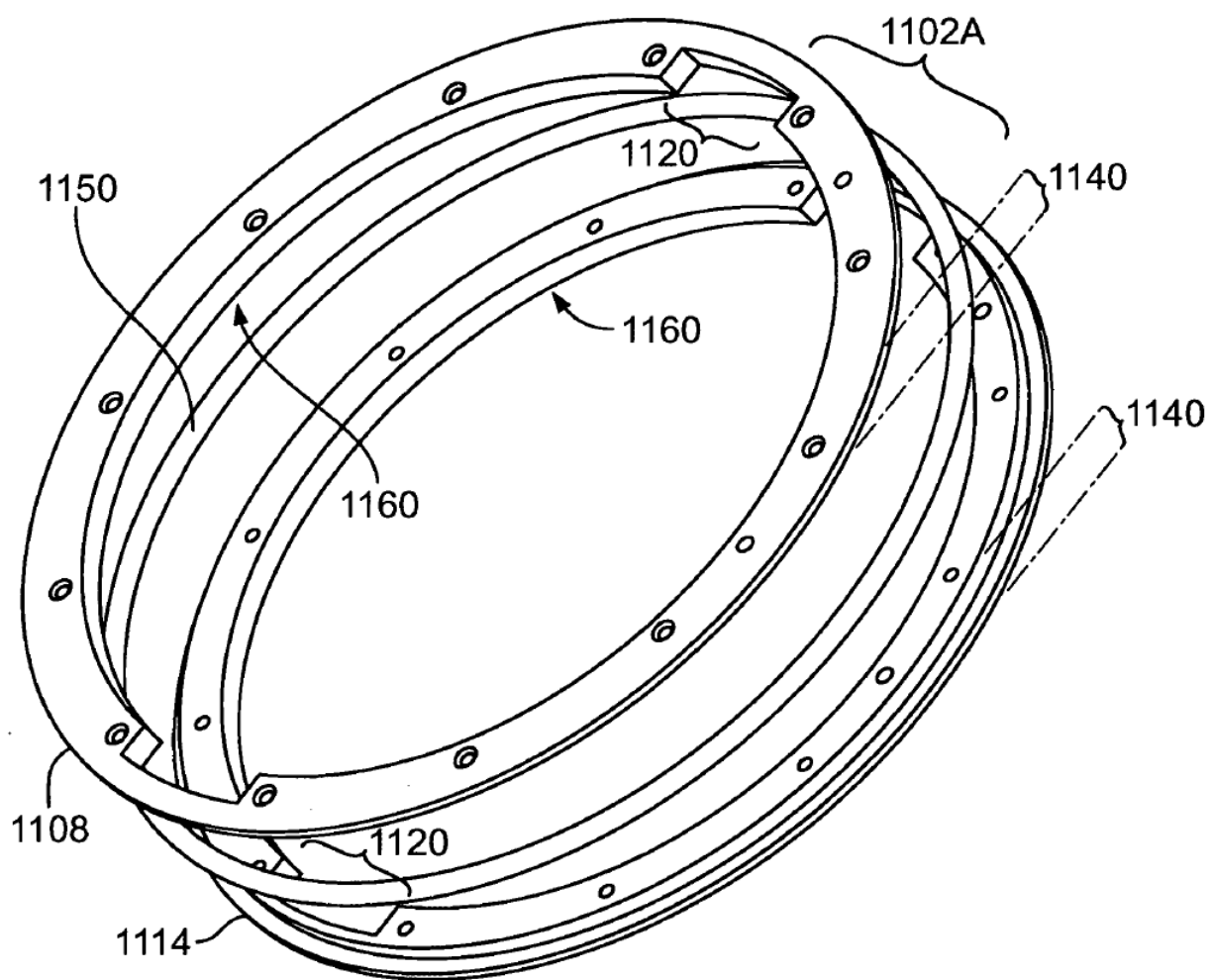


FIG. 11A

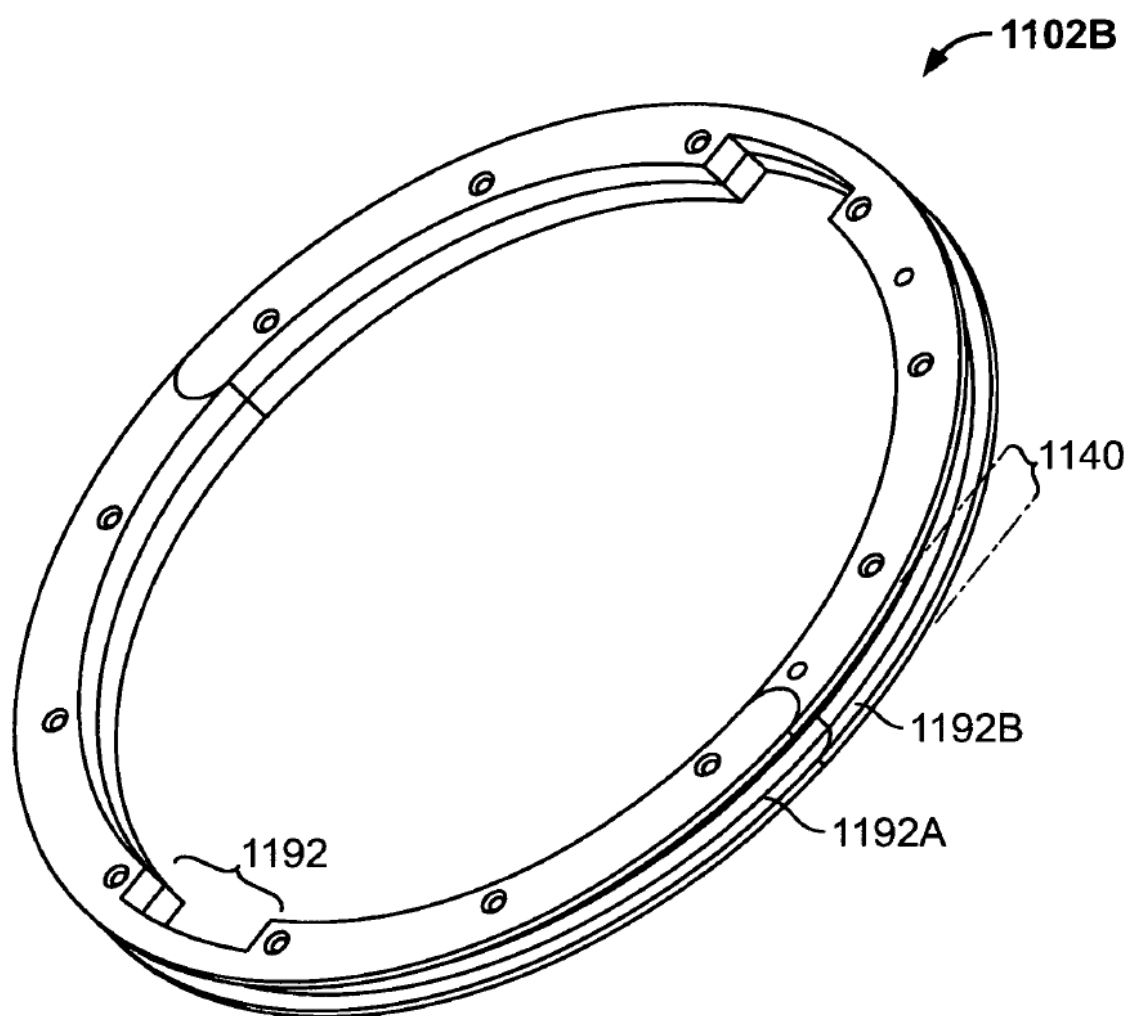


FIG. 11B

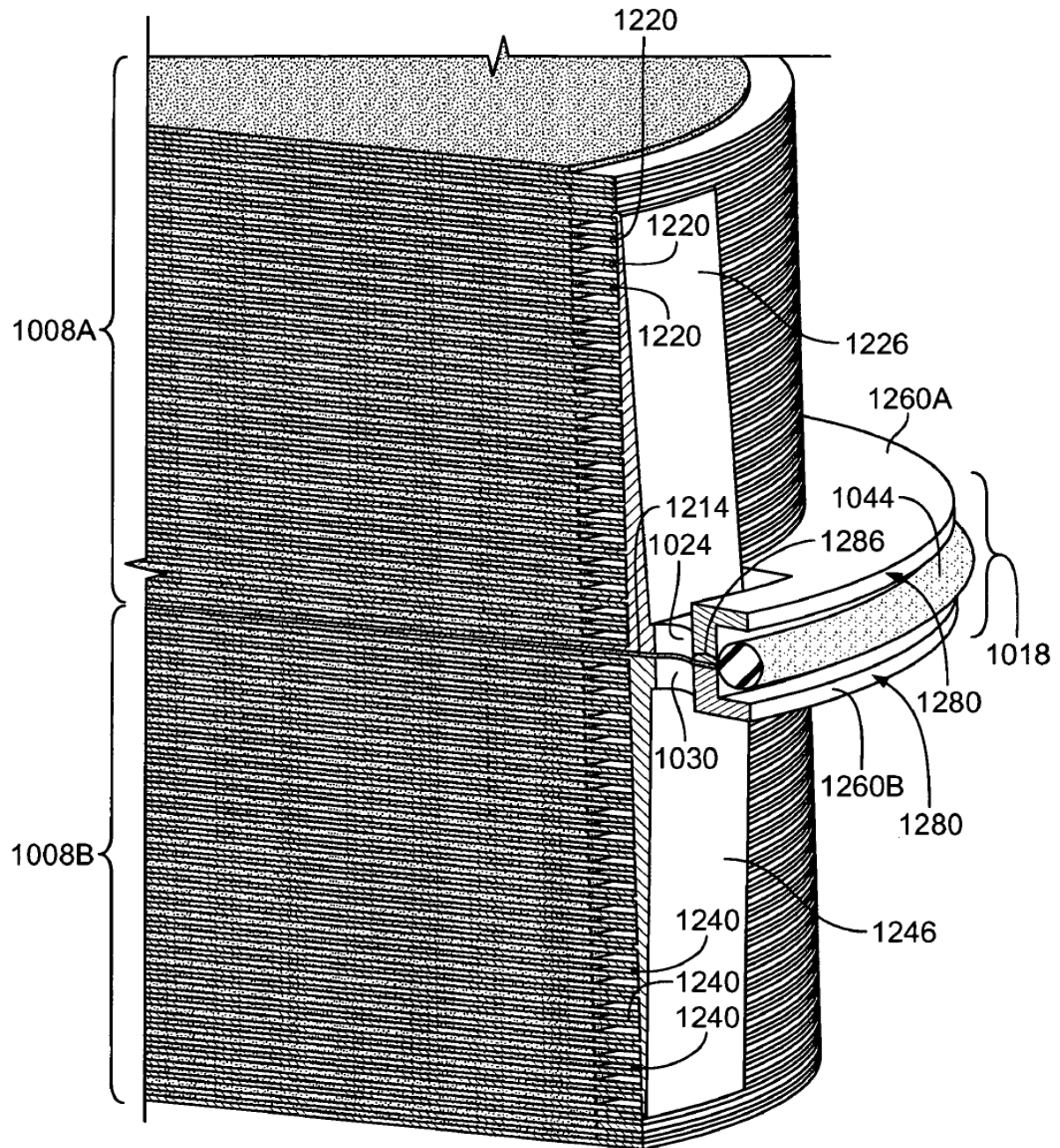


FIG. 12

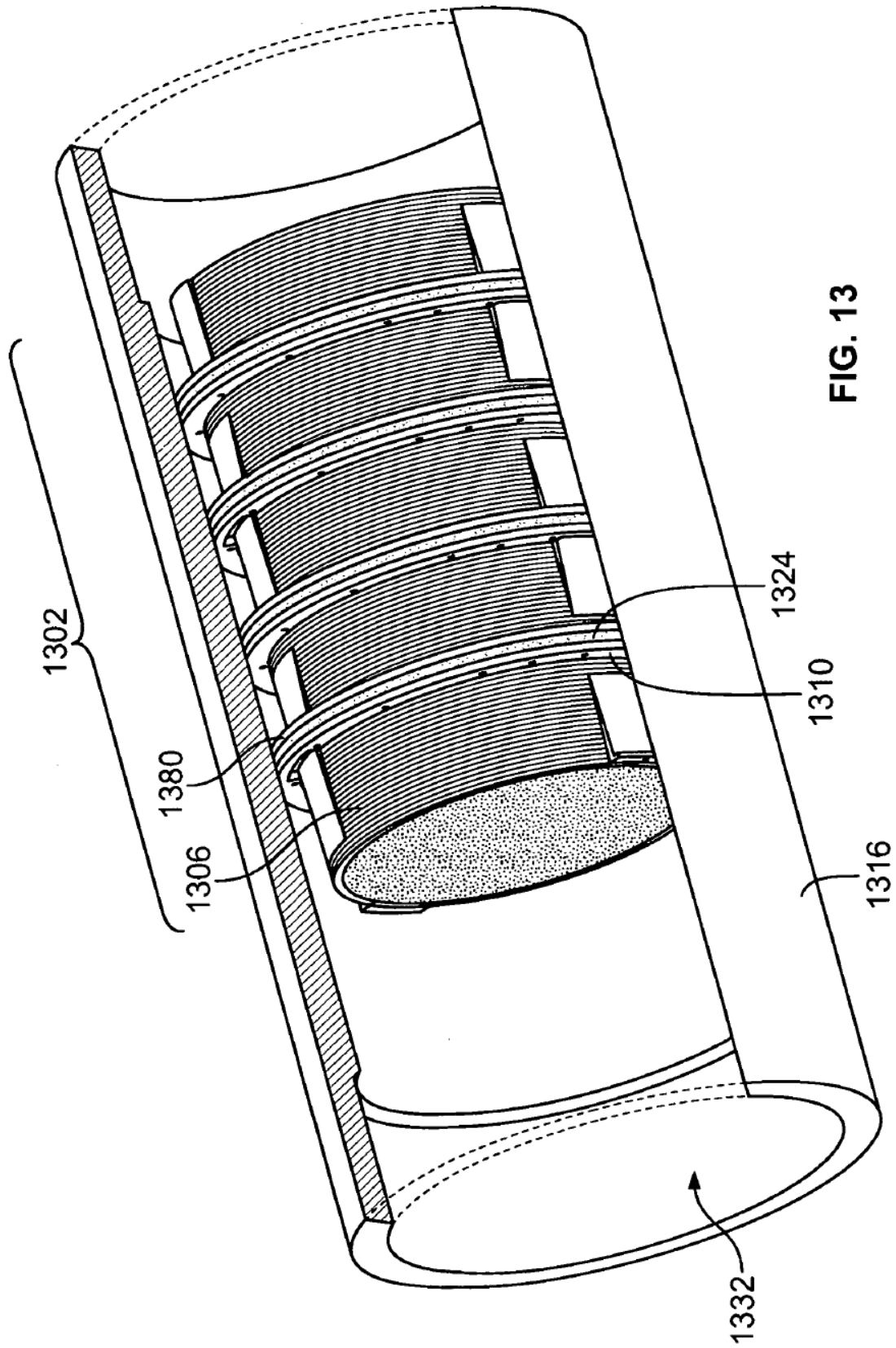


FIG. 13

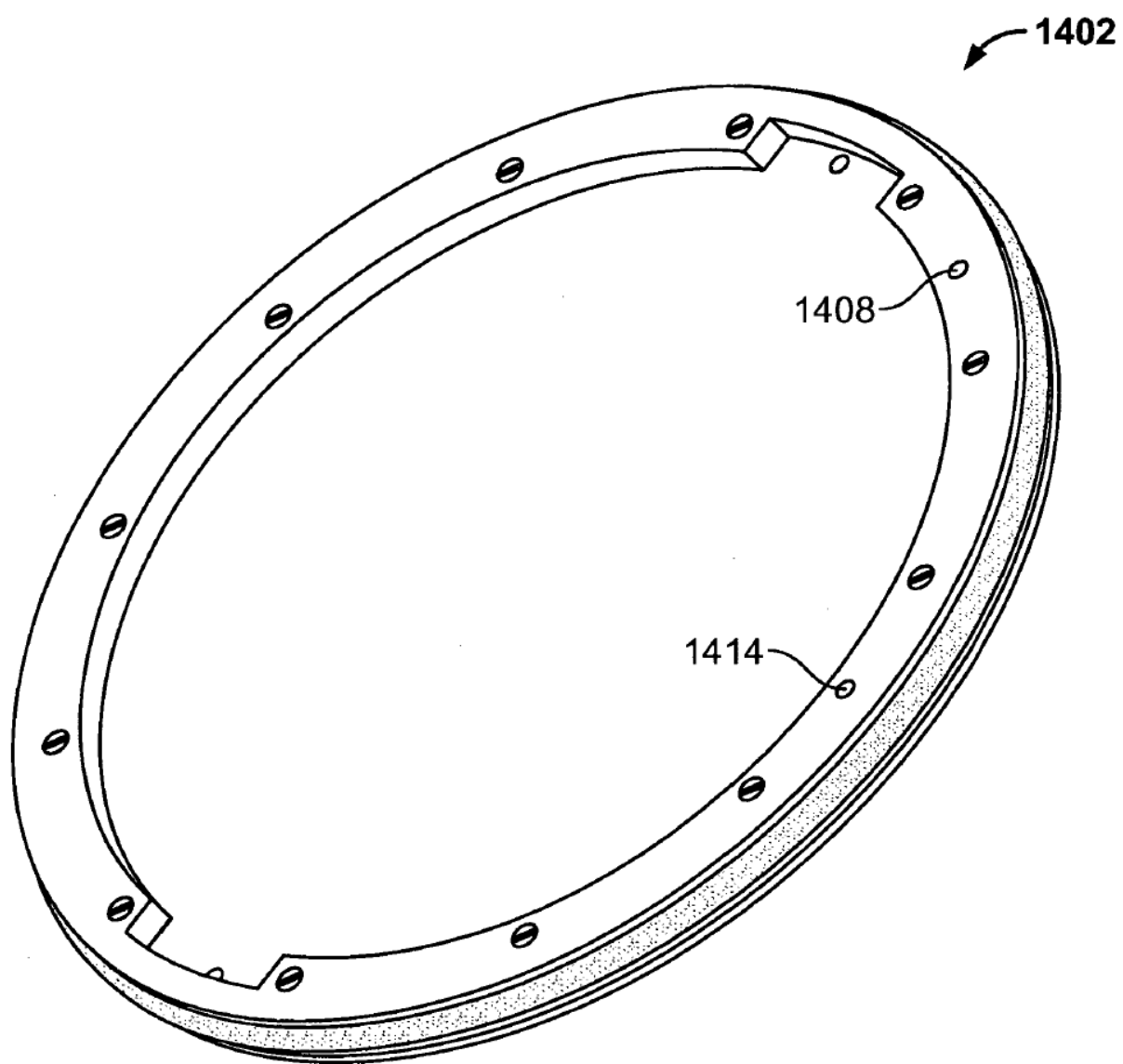


FIG. 14

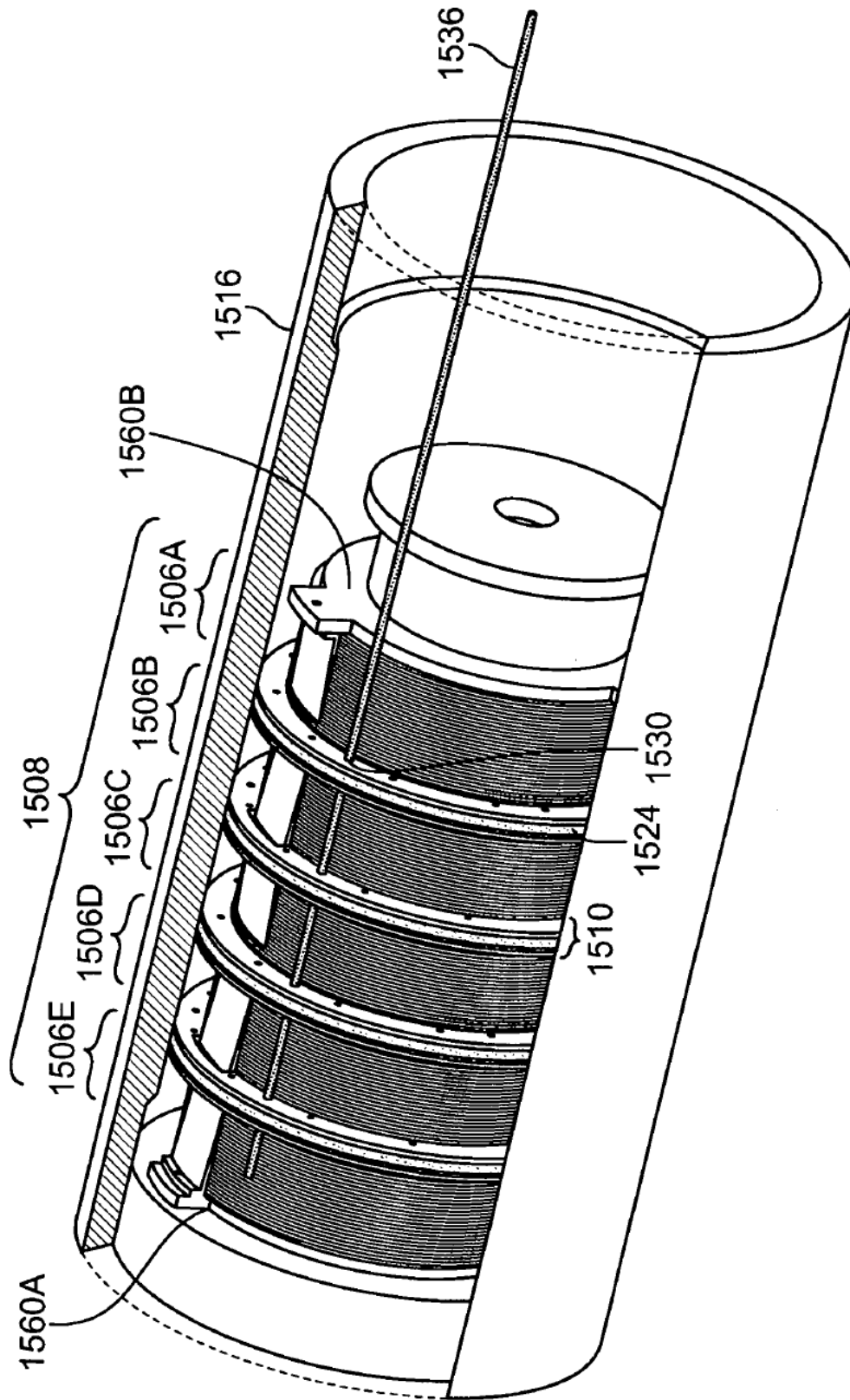
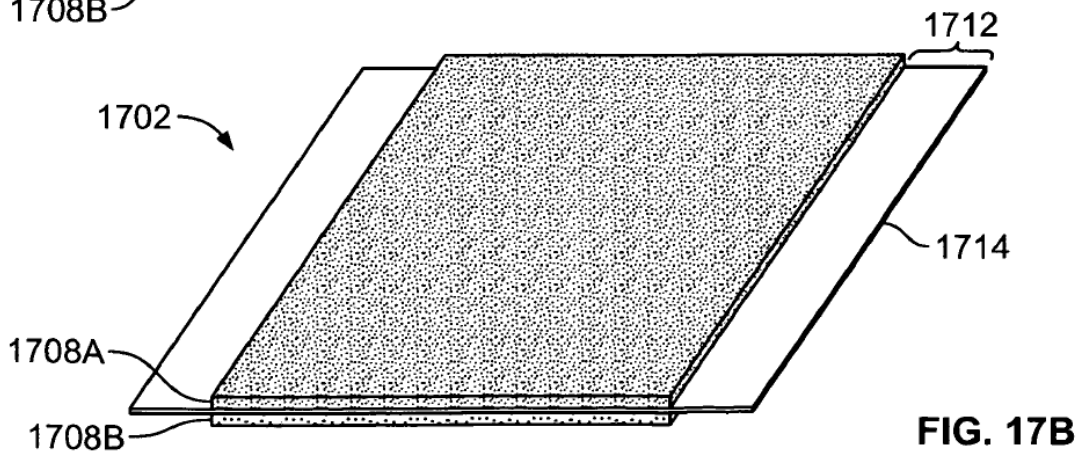
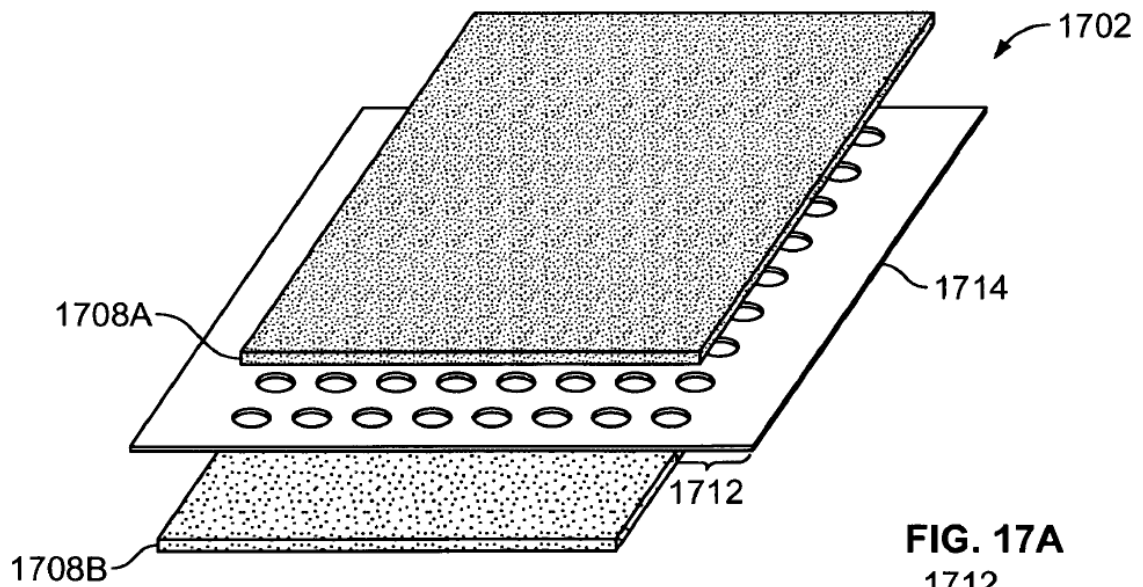
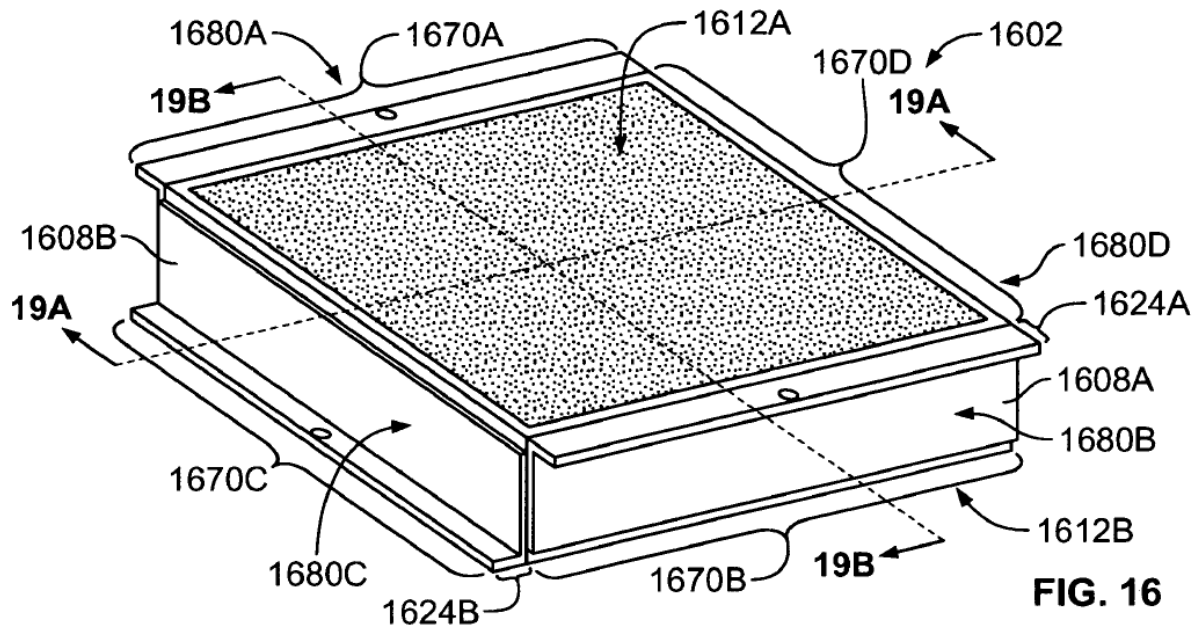


FIG. 15



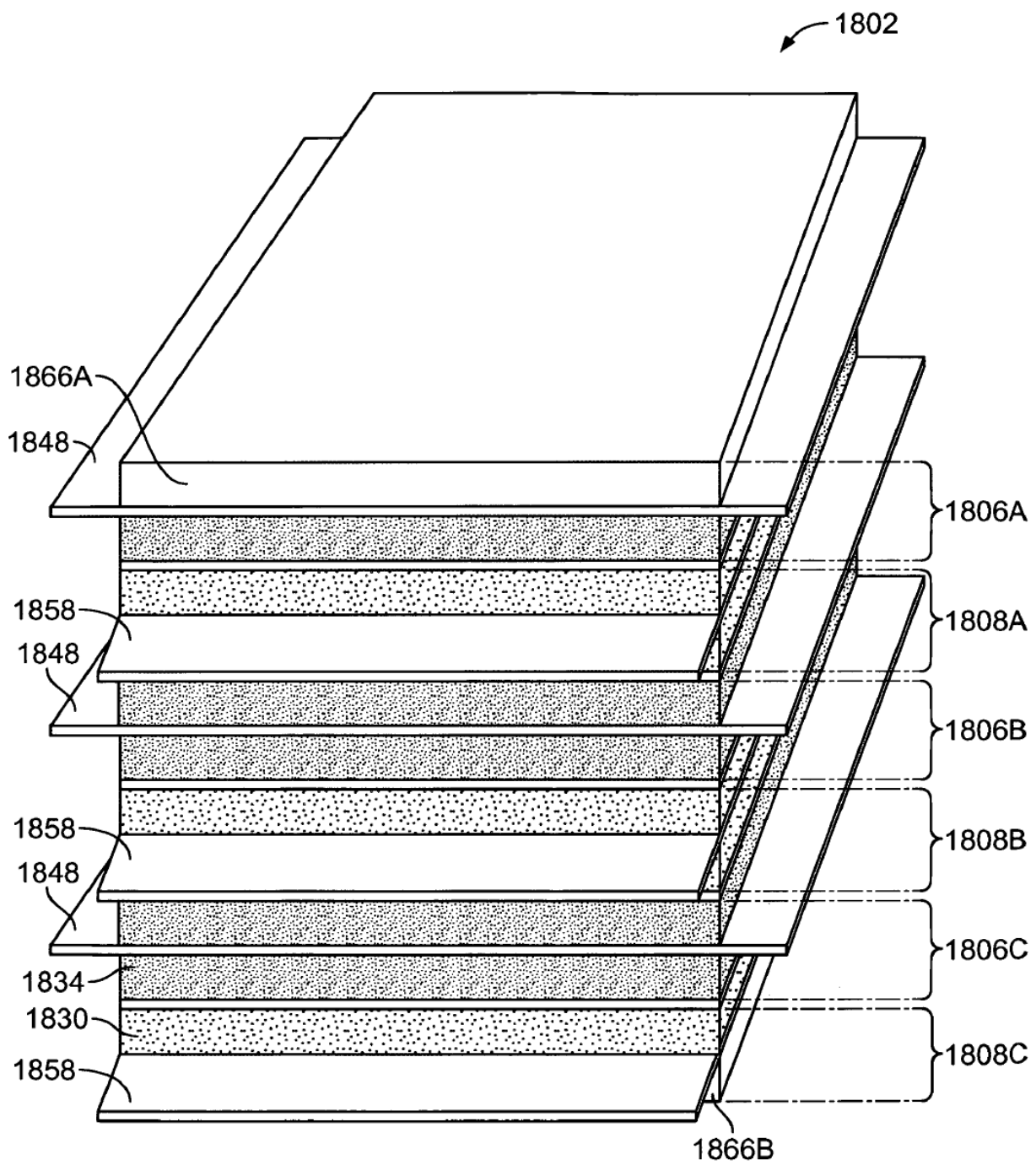
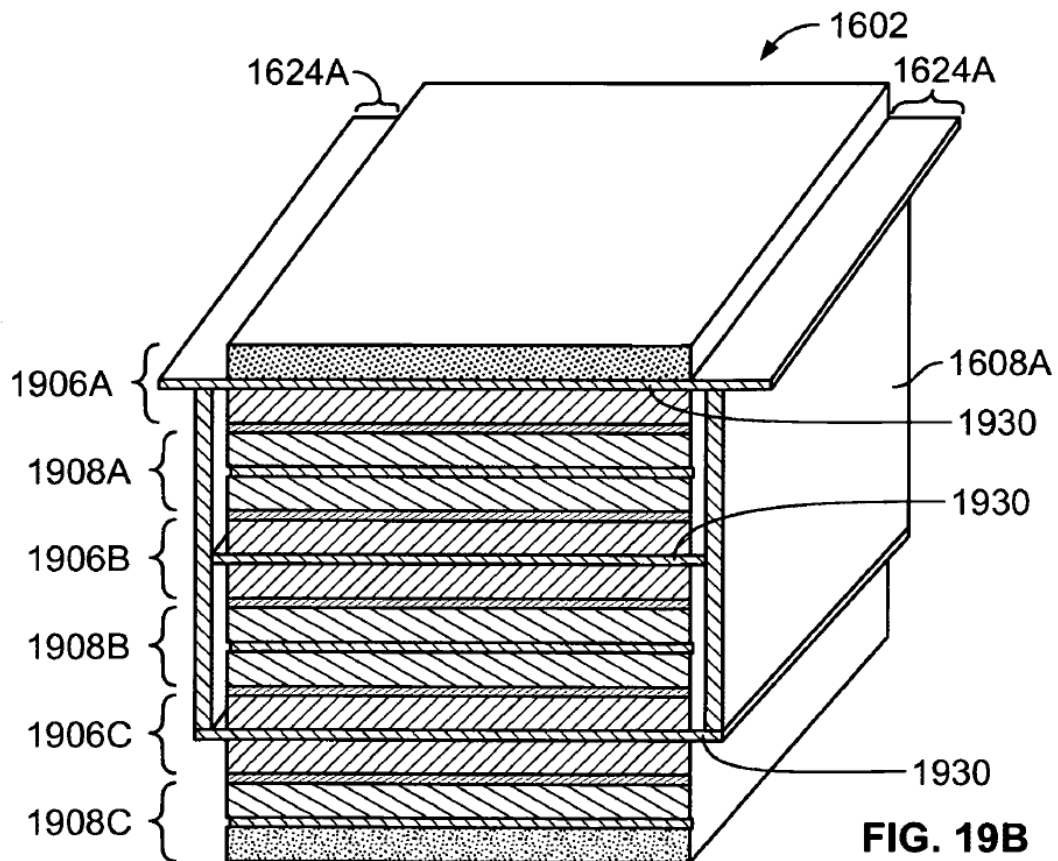
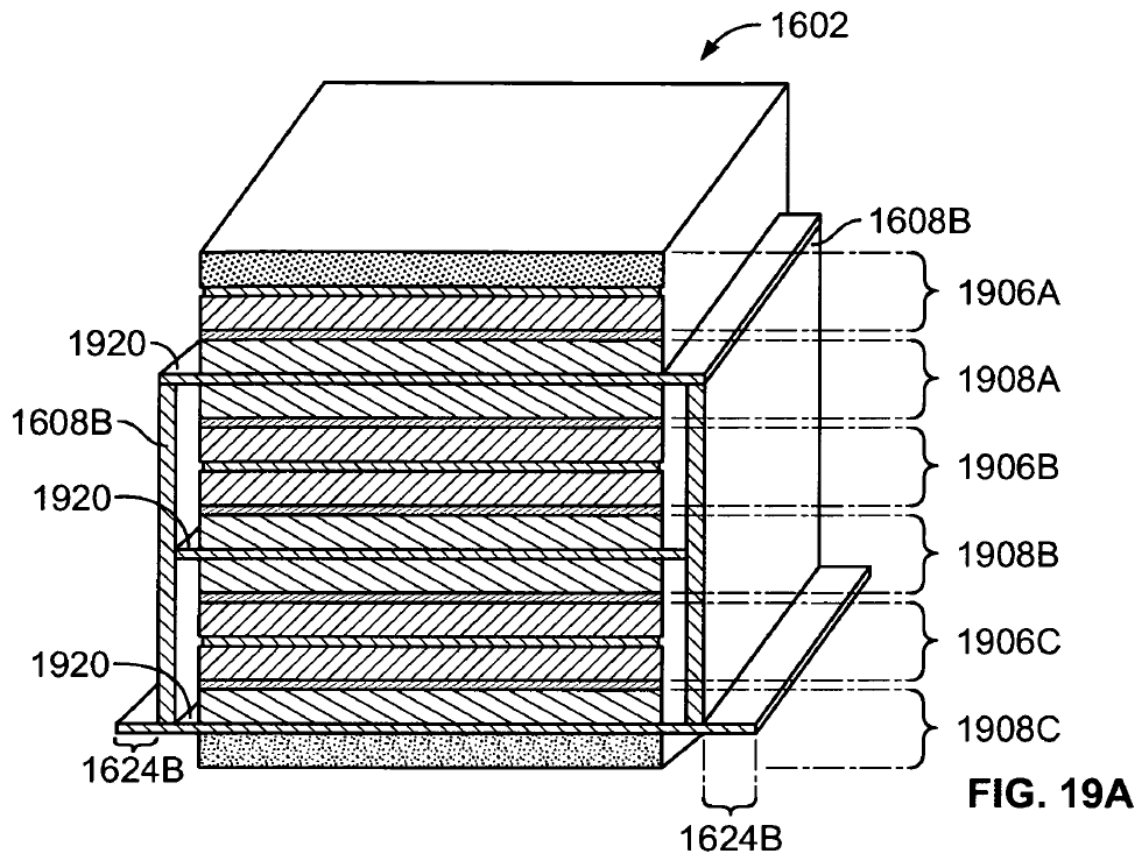


FIG. 18



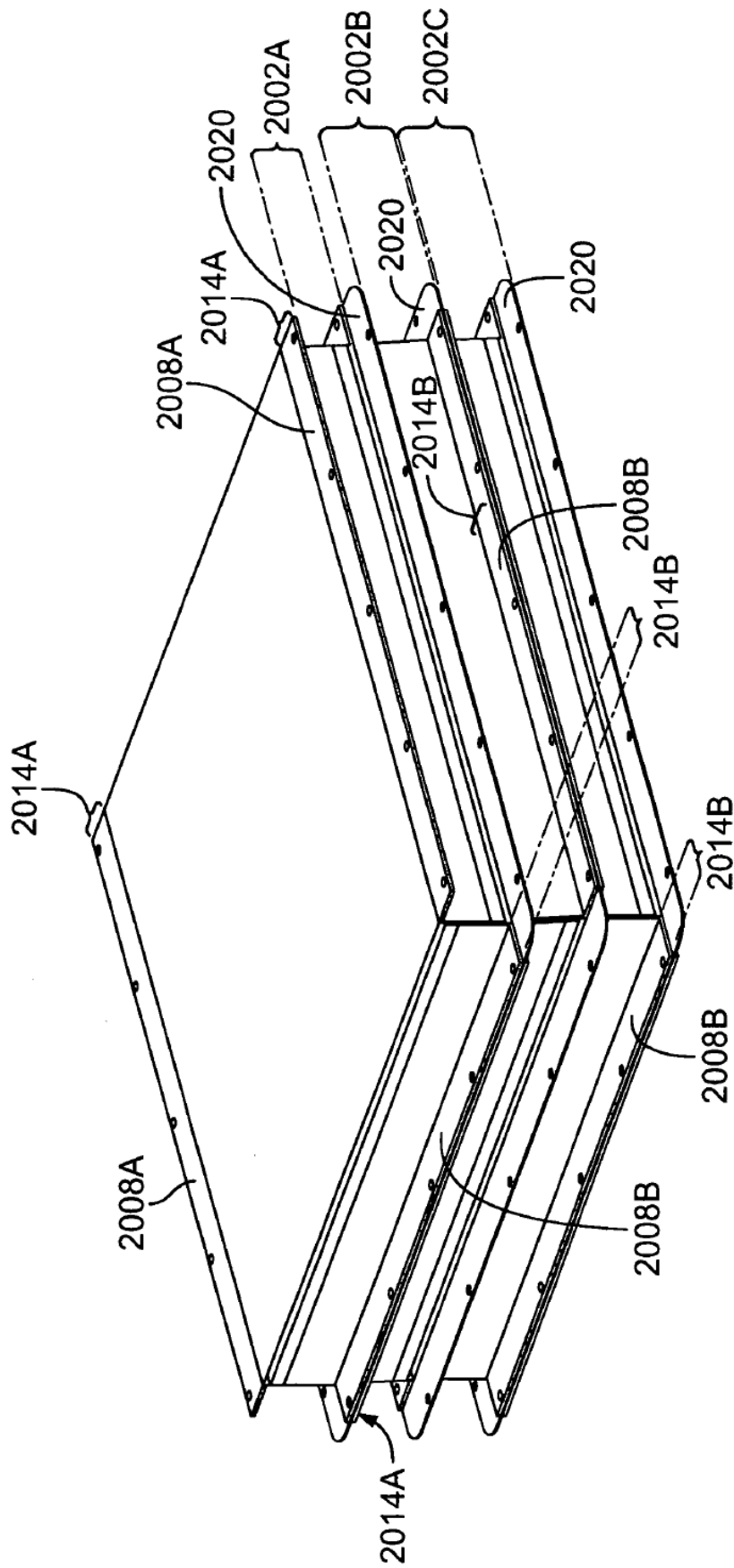


FIG. 20

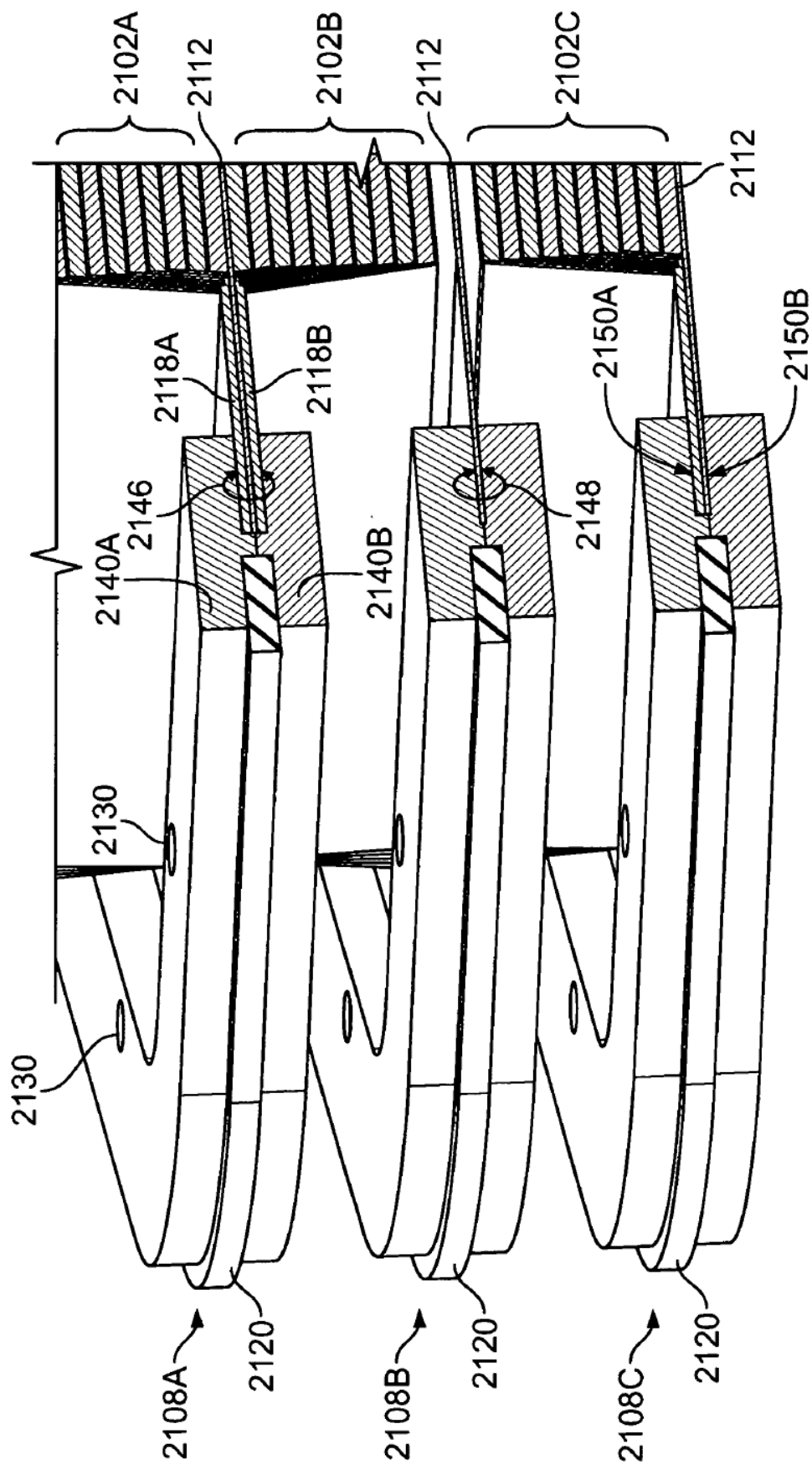


FIG. 21

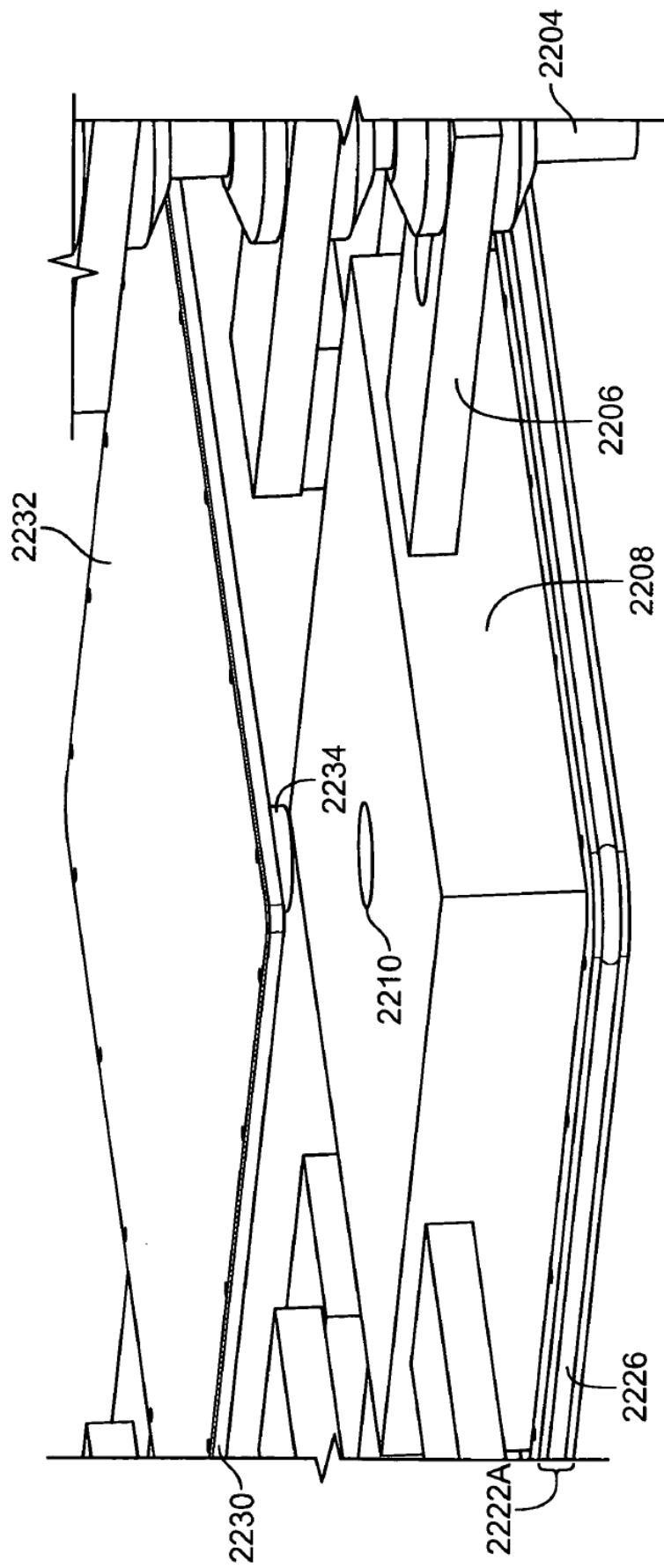


FIG. 22A

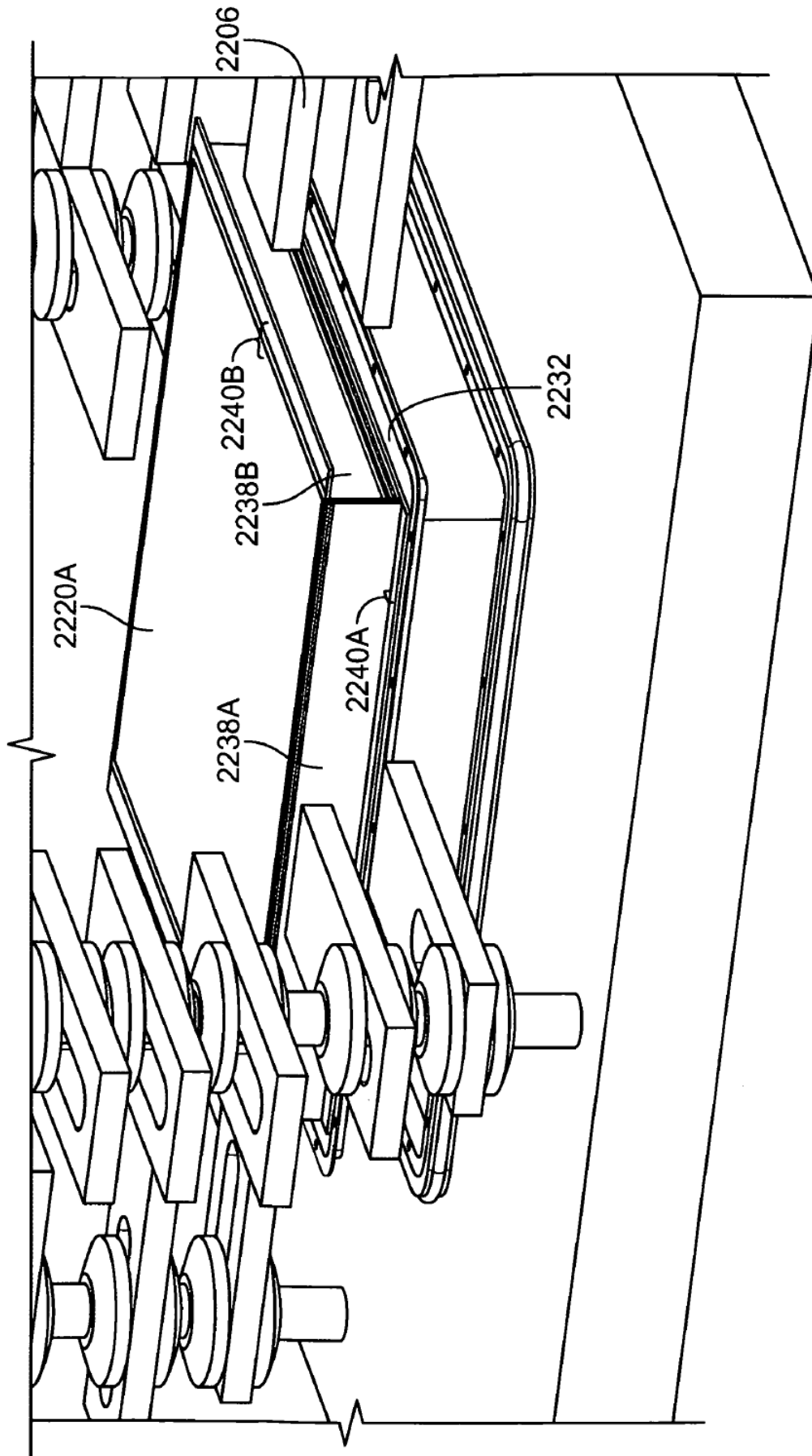


FIG. 22B

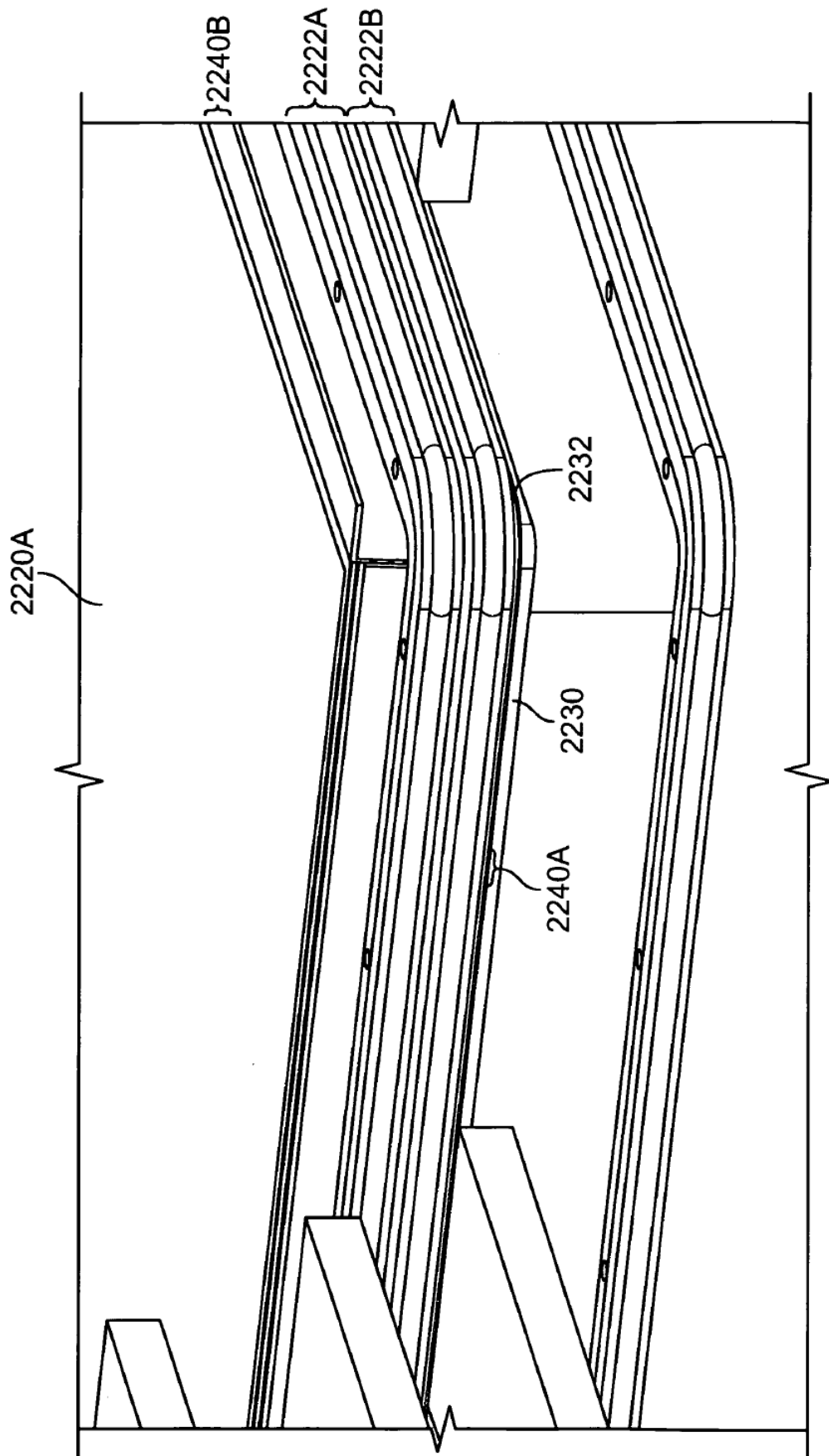


FIG. 22C

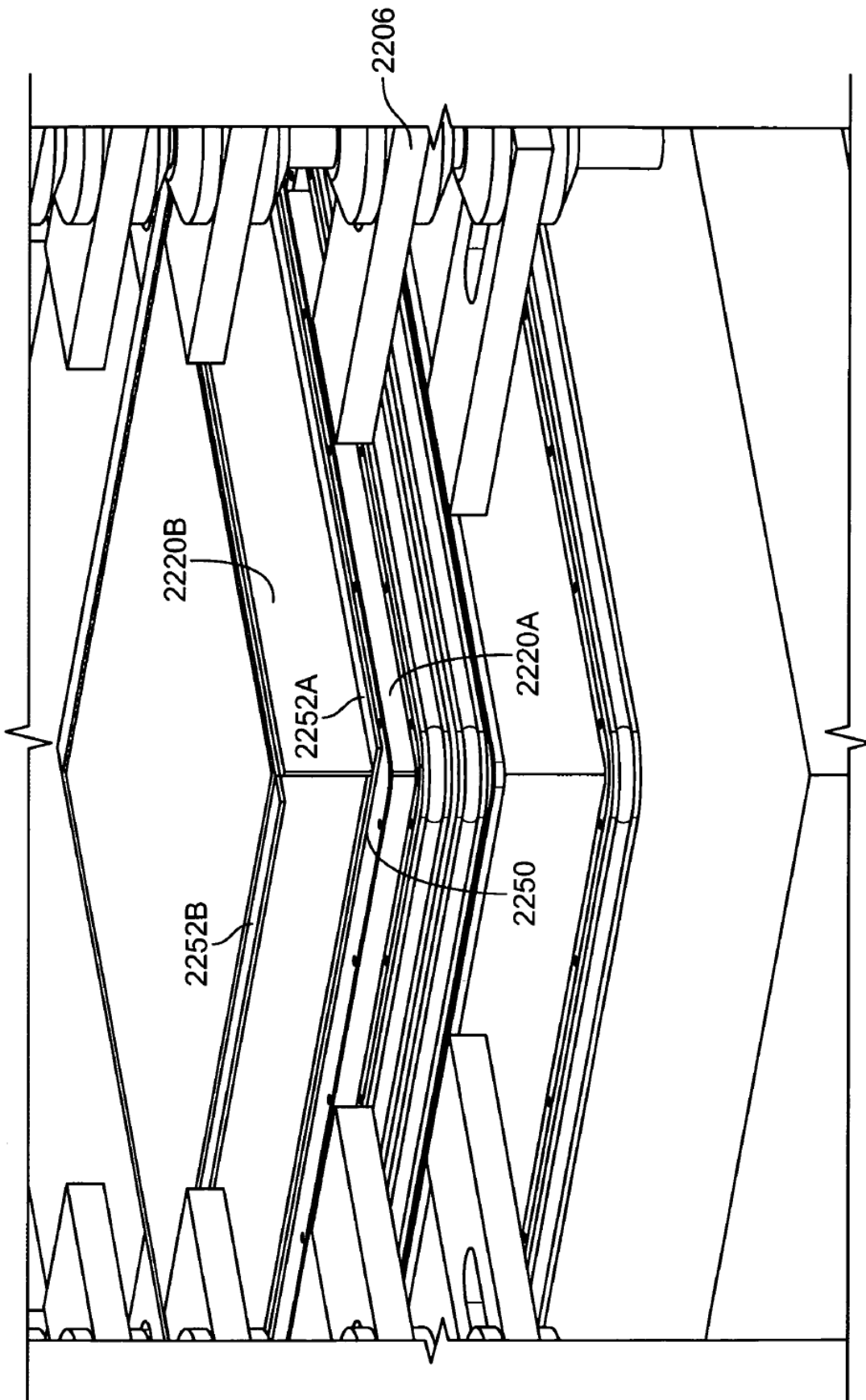


FIG. 22D

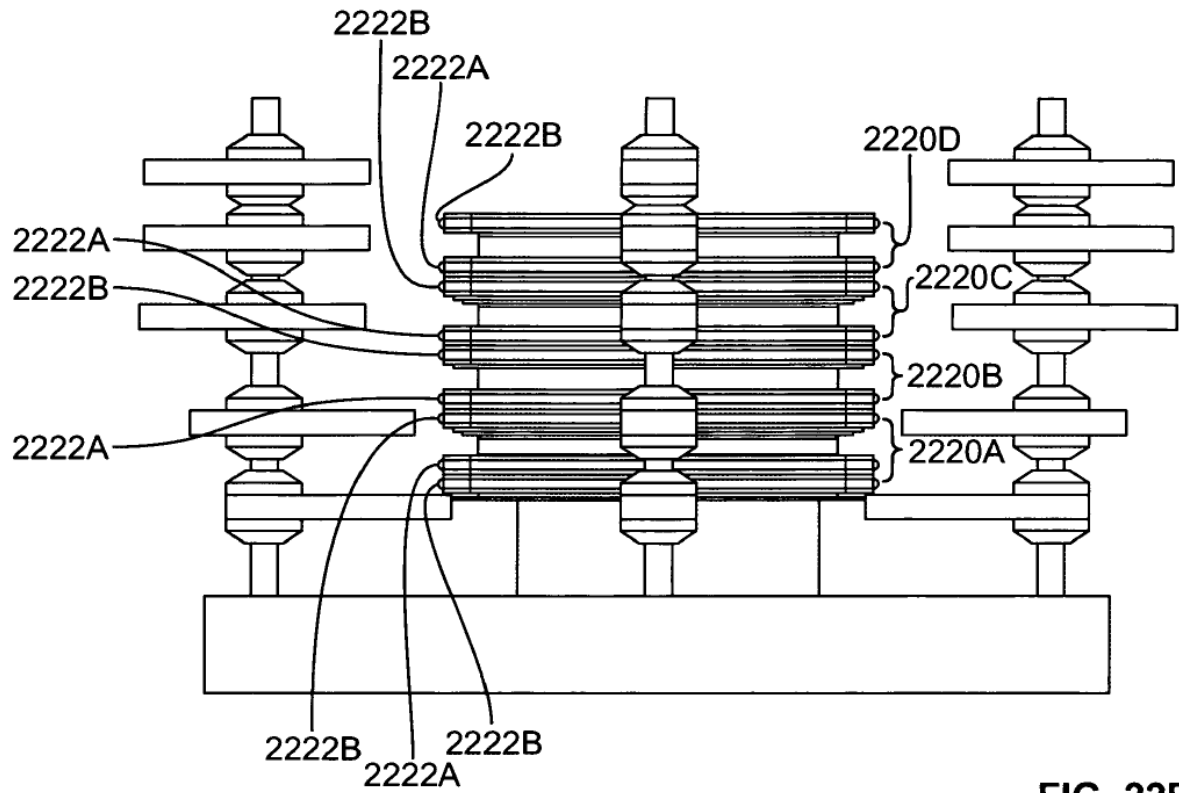


FIG. 22E

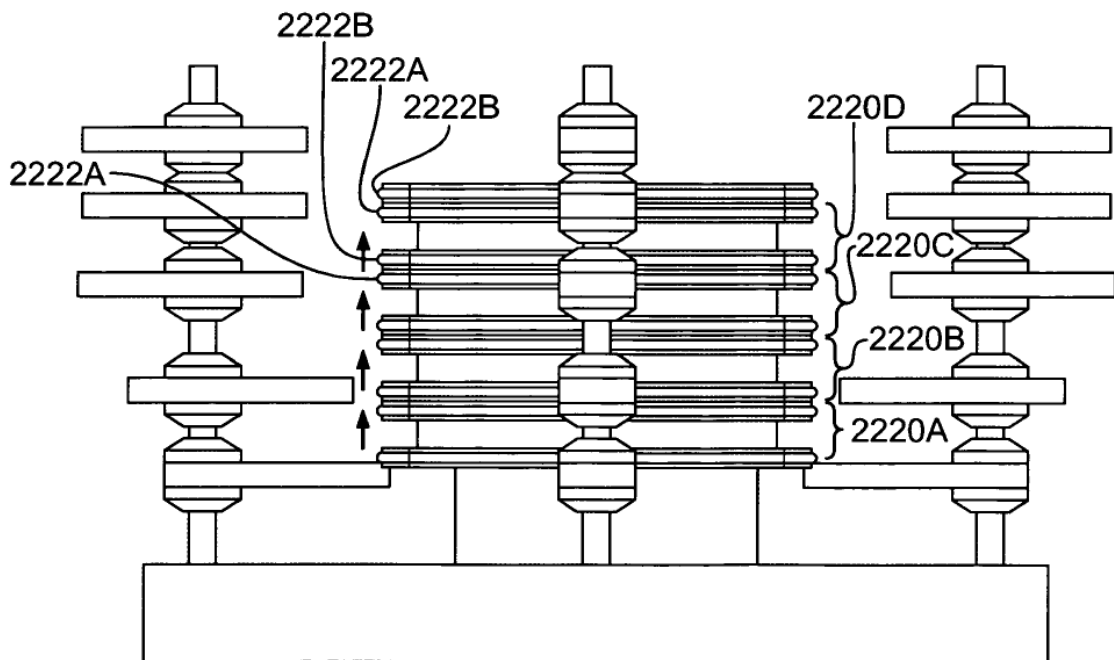


FIG. 22F

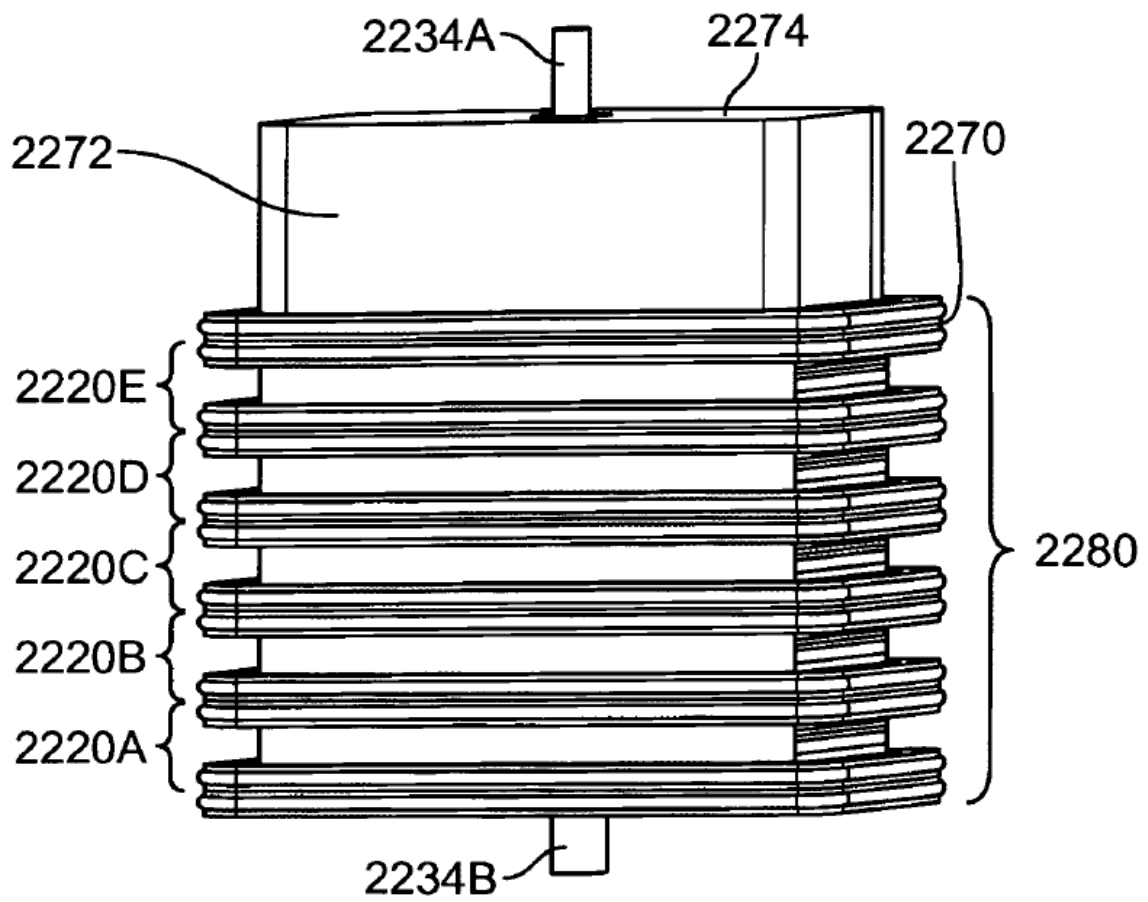


FIG. 22G

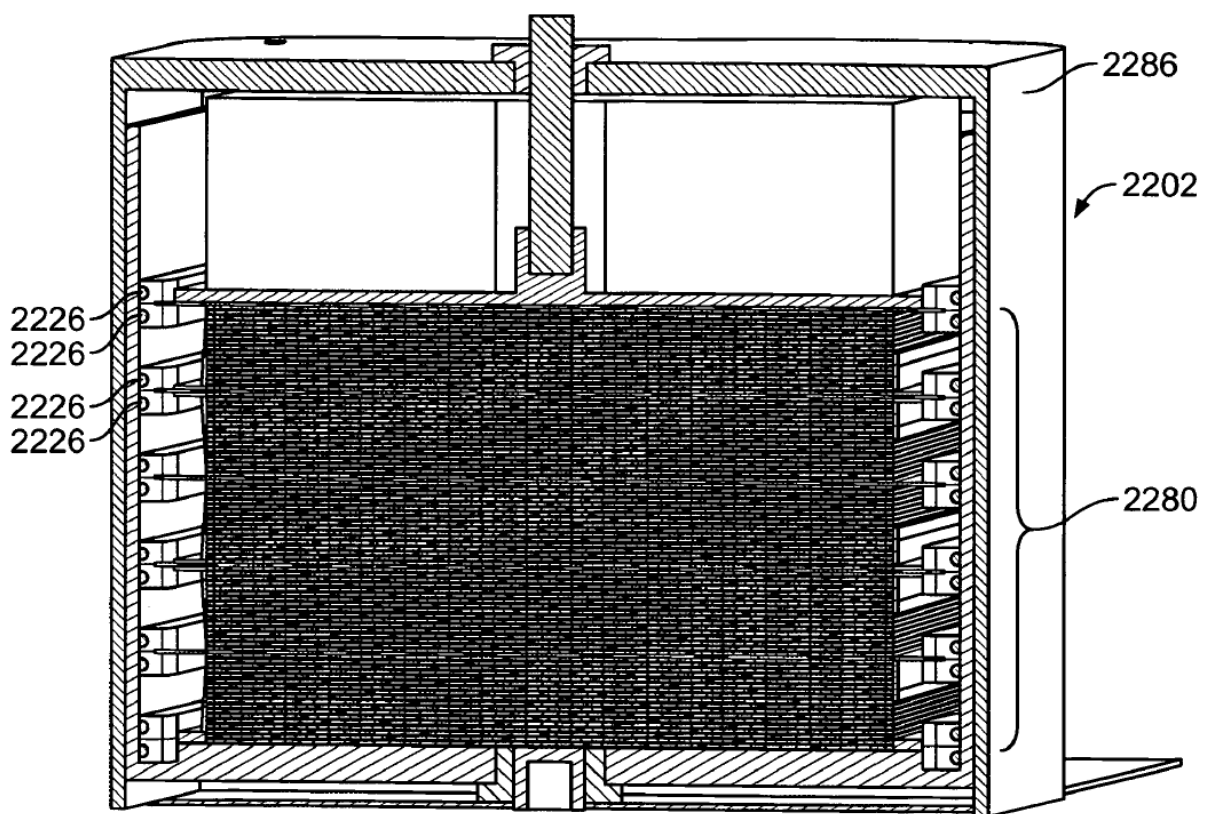


FIG. 22H

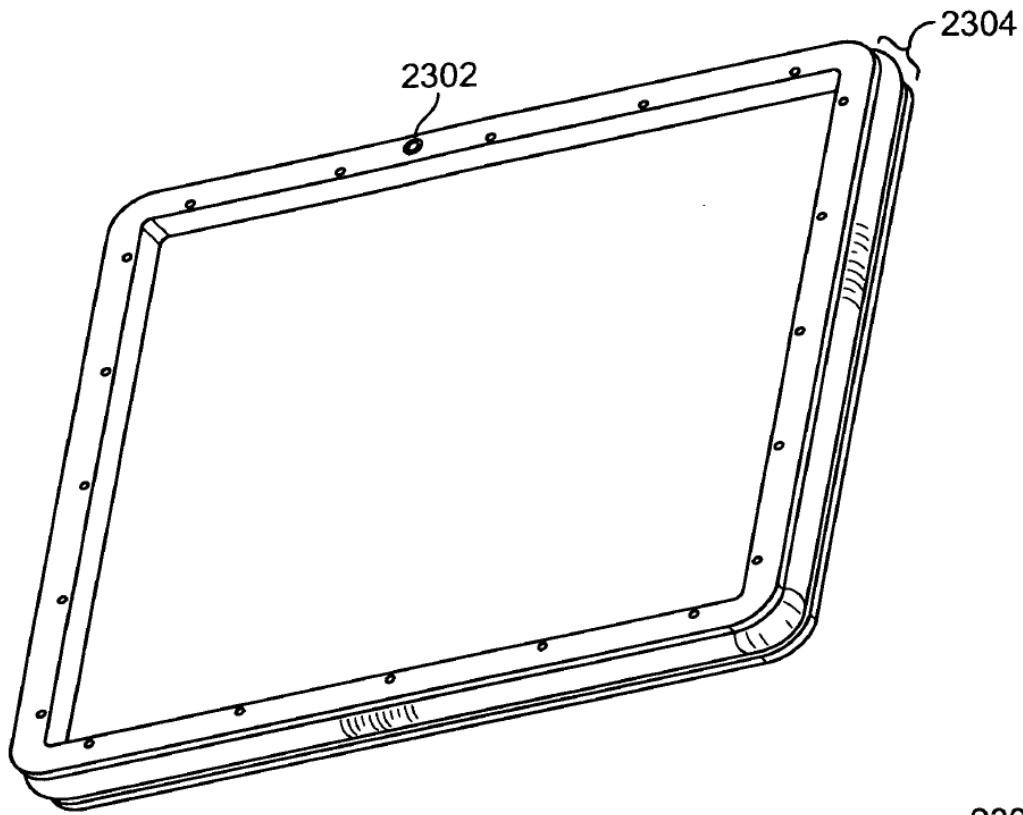


FIG. 23A

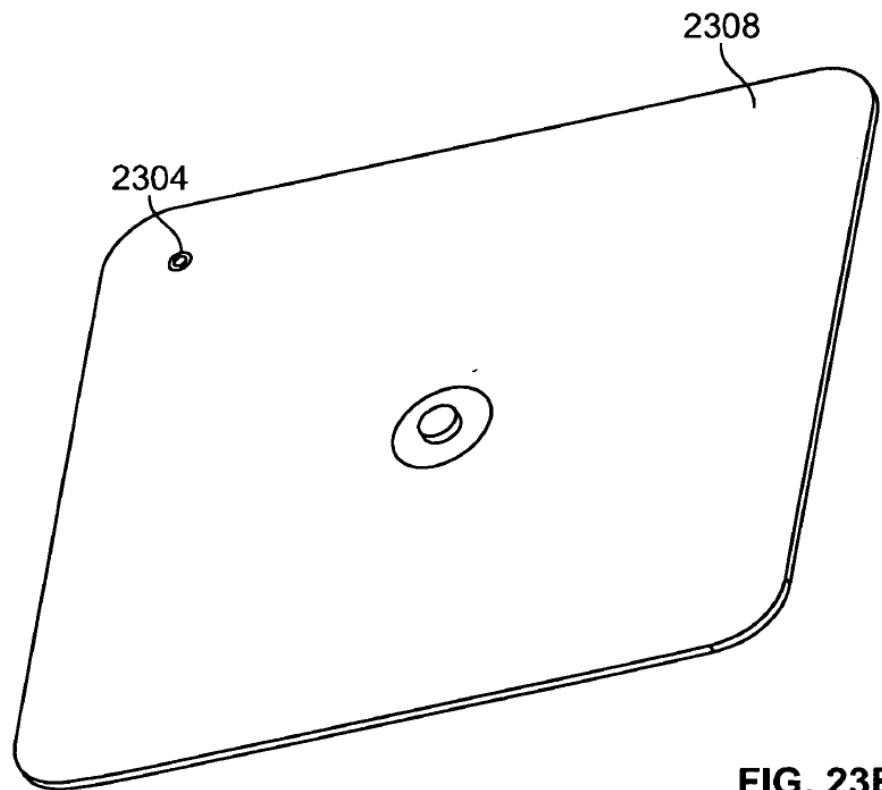


FIG. 23B

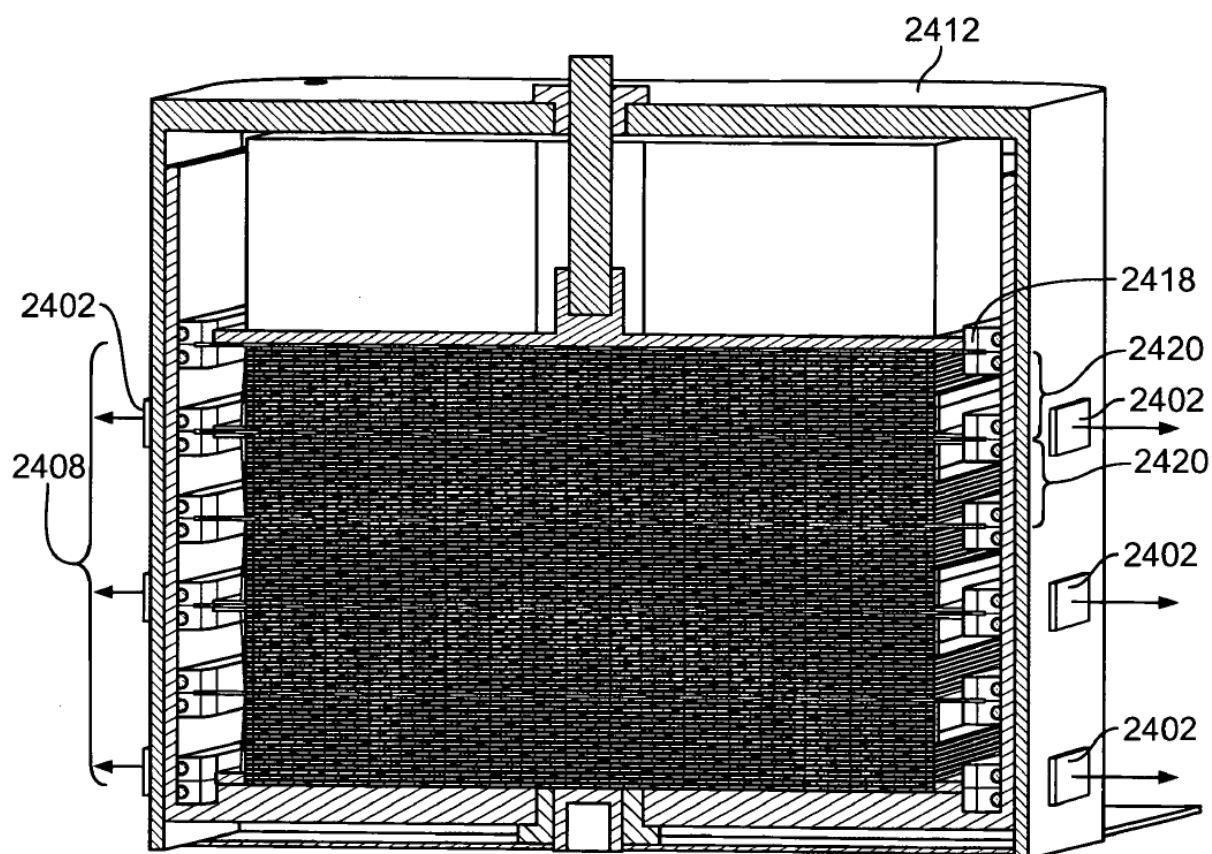


FIG. 24

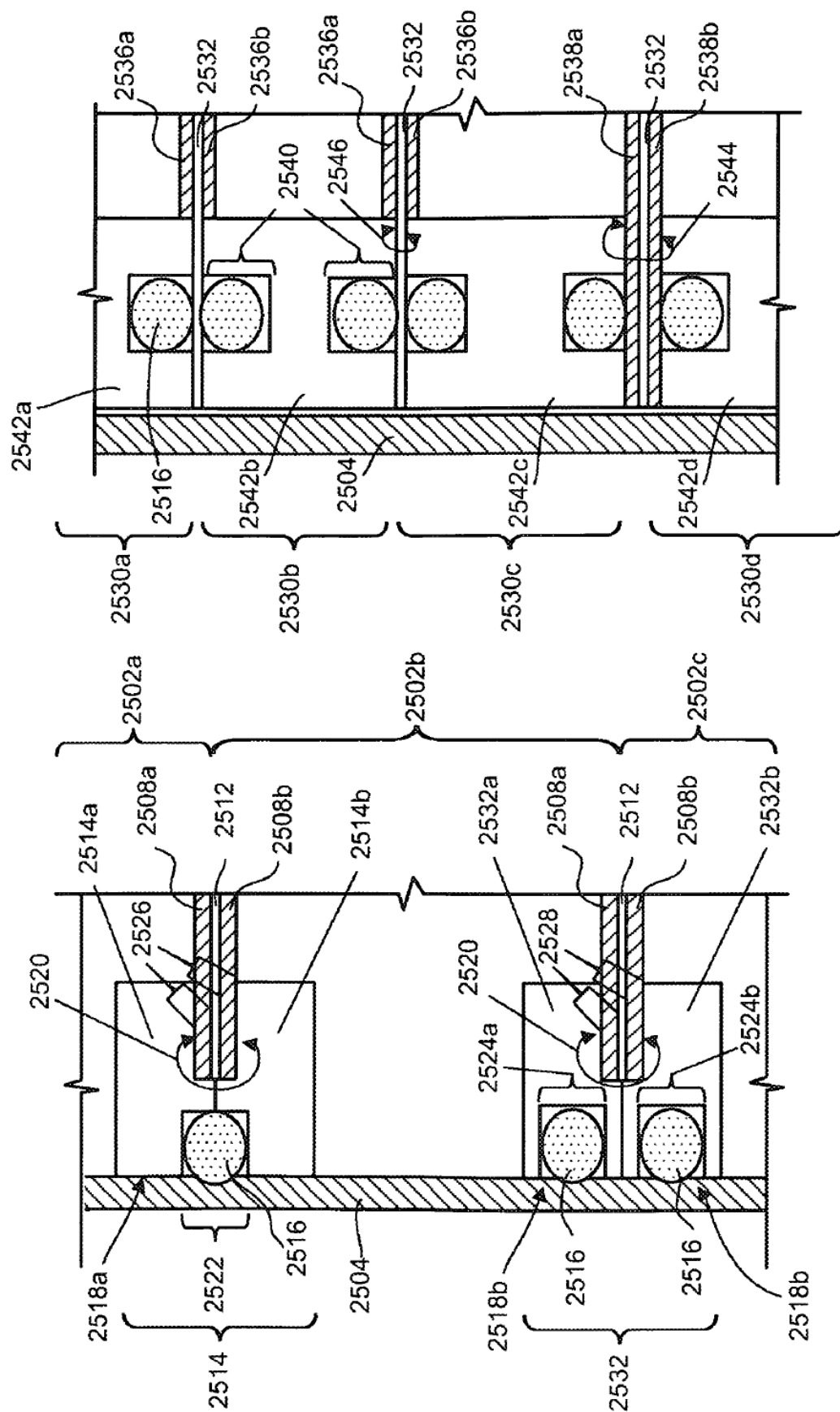


FIG. 25A

FIG. 25B