

SISTEMA SENSOR

ANTECEDENTES

Un sistema sensor, por ejemplo, un sistema biosensor, puede incluir una
5 celda de flujo dispuesta sobre una capa superior de una pila de capas de
pasivación (en este documento, la "pila de pasivación") de una estructura de
sensor de imagen, en donde la celda de flujo y la pila de pasivación forman un
canal de flujo entre ellas. Dichos sistemas sensores a menudo utilizan matrices
de nanopocillos de alta densidad dispuestas en la capa superior de la pila de
10 pasivación y dentro del canal de flujo de la celda de flujo, para así llevar a cabo
los protocolos de reacción controlada en los análisis dispuestos dentro de los
nanopocillos.

En un ejemplo de dicho protocolo de reacción, los análisis (como los
agrupamientos de segmentos de ADN, cadenas moleculares de ácido nucleico
15 o similares) que están dispuestos en una matriz de nanopocillos de una
estructura de sensor de imagen pueden marcarse con una etiqueta identificable
(como una molécula marcada con fluorescencia) que se envía a los análisis a
través del flujo de fluido que va por el canal de flujo. Después, se pueden dirigir
una o más luces de excitación hacia los análisis marcados dentro de los
20 nanopocillos. Los análisis pueden emitir fotones de una luz emisiva, que puede
transmitirse a través de la pila de pasivación y hacia las guías de luz de la
estructura del sensor de imagen que están asociadas (por ejemplo, ubicadas
directamente debajo) a cada nanopocillo.

Una superficie superior de cada guía de luz está en contacto directo con
25 la superficie inferior de la pila de pasivación, en donde la superficie superior de

cada guía de luz recibe una parte significativa de los fotones de la luz emisiva transmitidos desde su nanopocillo asociado. Las guías de luz dirigen los fotones de luz emisiva hacia los detectores de luz dispuestos dentro de la estructura del sensor de imagen y asociados (por ejemplo, ubicados directamente debajo) a las guías de luz. Los detectores de luz detectan los fotones de luz emisiva. Después, el circuito del dispositivo dentro de la estructura del sensor de imagen procesa y transmite señales de datos utilizando los fotones detectados. Las señales de datos pueden entonces analizarse para descubrir las propiedades de los análisis. Los ejemplos de tales protocolos de reacción incluyen la secuenciación de alto rendimiento del ADN para las industrias farmacéutica y sanitaria, y más.

A medida que crece de manera continua la necesidad de aumentar el rendimiento de los datos generados a partir de tales protocolos de reacción, también lo hace la necesidad de reducir continuamente el tamaño de nanopocillos de las matrices de nanopocillos en una estructura de sensor de imagen y de aumentar el número de nanopocillos de las matrices de nanopocillos. Además, a medida que crece la necesidad de reducir el tamaño y aumentar el número de nanopocillos, se vuelve cada vez más fundamental que la química de la superficie, necesaria para preparar y realizar tales reacciones químicas, sea compatible con los componentes electrónicos (como las almohadillas de unión) de dentro del sistema sensor.

DESCRIPCIÓN BREVE

La presente divulgación ofrece ventajas y alternativas con respecto a la técnica anterior al proporcionar un sistema sensor, tal como, por ejemplo, un sistema biosensor, que incluye almohadillas de unión dispuestas bajo una pila de pasivación de un sistema sensor de imagen. Debido a que las almohadillas

de unión están protegidas por la pila de pasivación, el área del canal de flujo del sistema del sensor ya no está limitada por las almohadillas de unión y puede agrandarse, de modo que se dispone sobre las almohadillas de unión y los nanopocillos. En consecuencia, se puede aumentar el número de nanopocillos
5 que pueden caber debajo del canal de flujo de una estructura de sensor de imagen que tiene un tamaño fijo.

Un sistema de acuerdo con uno o más aspectos de la presente divulgación incluye una estructura de sensor de imagen y una celda de flujo. La estructura del sensor de imagen incluye una capa de imagen dispuesta sobre un sustrato
10 base. Sobre la capa de imagen hay dispuesta una pila de dispositivos. Dentro de la pila de dispositivos hay una almohadilla de unión. Sobre la pila de dispositivos y la almohadilla de unión hay dispuesta una pila de pasivación. Hay dispuesta una matriz de nanopocillos en una capa superior de la pila de pasivación. Una vía a través de silicio (TSV) está en contacto eléctrico con la almohadilla de
15 unión. La TSV se extiende a través del sustrato base. Una capa de redistribución (RDL) se dispone sobre una superficie inferior del sustrato base. La RDL está en contacto eléctrico con la TSV. La celda de flujo está dispuesta sobre la capa superior de la pila de pasivación para formar un canal de flujo entre ellas. El canal de flujo está dispuesto sobre la matriz de nanopocillos y la almohadilla de unión.

20 Otro sistema de acuerdo con uno o más aspectos de la presente divulgación incluye una celda de flujo y una estructura de sensor de imagen. La estructura del sensor de imagen incluye una capa de imagen dispuesta sobre un sustrato base. La capa de imagen incluye una matriz de detectores de luz dispuestos en su interior. Sobre la capa de imagen hay dispuesta una pila de
25 dispositivos. En la pila de dispositivos hay dispuesta una pluralidad de

almohadillas de unión. Hay dispuesta una matriz de guías de luz en la pila de dispositivos. Una pila de pasivación está dispuesta sobre la pila de dispositivos y la pluralidad de almohadillas de unión. Hay dispuesta una matriz de nanopocillos en una capa superior de la pila de pasivación. Una vía a través de silicio (TSV) está en contacto eléctrico con las almohadillas de unión de la pluralidad de almohadillas de unión. La TSV se extiende a través del sustrato base. Una capa de redistribución (RDL) se dispone sobre una superficie inferior del sustrato base. La RDL está en contacto eléctrico con la TSV. Sobre la capa superior de la pila de pasivación hay dispuesta una celda de flujo para formar un canal de flujo entre ellas. El canal de flujo está dispuesto sobre la matriz de nanopocillos y la pluralidad de almohadillas de unión.

Un método de acuerdo con uno o más aspectos de la presente divulgación incluye disponer una pila de dispositivos y una capa de imagen sobre una capa de sustrato base. Dentro de la pila de dispositivos hay una almohadilla de unión. Sobre la pila de dispositivos y la almohadilla de unión hay dispuesta una pila de pasivación. En una capa superior de la pila de pasivación se forma una matriz de nanopocillos. Una TSV se graba a través de una superficie inferior del sustrato base. La TSV se extiende hasta la almohadilla de unión. La TSV se enchapa para que haga contacto eléctrico con la almohadilla de unión. Hay dispuesta una RDL sobre la superficie inferior del sustrato base. La RDL está en contacto eléctrico con la TSV. Sobre la capa superior de la pila de pasivación hay dispuesta una celda de flujo para formar un canal de flujo entre ellas. El canal de flujo está dispuesto sobre la matriz de nanopocillos y la almohadilla de unión.

DIBUJOS

La divulgación se comprenderá de forma más completa a partir de la

siguiente descripción detallada tomada junto con los dibujos adjuntos, en los que:

La FIG. 1 es una vista lateral en sección transversal simplificada de un ejemplo de un tipo de sistema sensor, que tiene una celda de flujo dispuesta sobre una estructura de sensor de imagen para formar un canal de flujo entre ellas, teniendo la estructura del sensor de imagen una matriz de nanopocillos dispuesta dentro del canal de flujo, teniendo también la estructura del sensor de imagen almohadillas de unión dispuestas fuera del canal de flujo;

la FIG. 2 es una vista lateral en sección transversal simplificada de un sistema sensor que tiene una celda de flujo dispuesta sobre una estructura del sensor de imagen para formar un canal de flujo entre ellas, incluyendo la estructura del sensor de imagen una matriz de nanopocillos dispuesta dentro del canal de flujo, incluyendo además la estructura del sensor de imagen almohadillas de unión dispuestas dentro del canal de flujo de acuerdo con un ejemplo divulgado en el presente documento;

la FIG. 3 es una vista en sección transversal simplificada del sistema sensor de la FIG. 2 en una fase intermedia de fabricación, en donde la estructura del sensor de imagen incluye guías de luz dispuestas en una pila de dispositivos y la pila de dispositivos está dispuesta sobre un sustrato base de acuerdo con un ejemplo divulgado en el presente documento;

la FIG. 4 es una vista en sección transversal simplificada del sistema sensor de la FIG. 3, en donde la estructura del sensor de imagen incluye almohadillas de unión dispuestas en la pila de dispositivos de acuerdo con un ejemplo divulgado en el presente documento;

la FIG. 5 es una vista en sección transversal simplificada del sistema sensor de la FIG. 4, en donde la estructura del sensor de imagen incluye una pila

de pasivación dispuesta sobre la pila de dispositivos y las almohadillas de unión de acuerdo con un ejemplo divulgado en el presente documento;

la FIG. 6 es una vista en sección transversal simplificada del sistema sensor de la FIG. 5, en donde la estructura del sensor de imagen incluye nanopocillos dispuestos en una capa superior de la pila de pasivación de acuerdo con un ejemplo divulgado en el presente documento;

la FIG. 7 es una vista en sección transversal simplificada del sistema sensor de la FIG. 6, en donde la estructura del sensor de imagen incluye una vía a través de silicio (TSV) que se extiende desde una superficie inferior del sustrato base hasta las almohadillas de unión de acuerdo con un ejemplo divulgado en el presente documento;

la FIG. 8 es una vista en sección transversal simplificada del sistema sensor de la FIG. 7, en donde la estructura del sensor de imagen incluye una capa de redistribución (RDL) dispuesta sobre la superficie inferior del sustrato base y en contacto eléctrico con la TSV de acuerdo con un ejemplo divulgado en el presente documento;

la FIG. 9 es una vista en sección transversal simplificada del sistema sensor de la FIG. 8, en donde la estructura del sensor de imagen incluye una primera (1ª) capa de protección ambiental dispuesta sobre una 1ª parte de la RDL de acuerdo con un ejemplo divulgado en el presente documento;

la FIG. 10 es una vista en sección transversal simplificada del sistema sensor de la FIG. 9, en donde la estructura del sensor de imagen incluye estructuras de soporte mecánico unidas a la 1ª capa de protección ambiental y una capa de protección temporal que cubre una segunda (2ª) parte de la RDL de acuerdo con un ejemplo divulgado en el presente documento;

la FIG. 11 es una vista en sección transversal simplificada del sistema sensor de la FIG. 10, en donde la estructura del sensor de imagen incluye una capa de hidrogel dispuesta dentro de los nanopocillos de acuerdo con un ejemplo divulgado en el presente documento;

5 la FIG. 12 es una vista en sección transversal simplificada del sistema sensor de la FIG. 11, en donde la celda de flujo está unida a la estructura del sensor de imagen de acuerdo con un ejemplo divulgado en el presente documento;

10 la FIG. 13 es una vista en sección transversal simplificada del sistema sensor de la FIG. 12, en donde los cables están unidos a una 2ª parte de la RDL de acuerdo con un ejemplo divulgado en el presente documento; y

15 la FIG. 14 es una vista en sección transversal simplificada del sistema sensor de la FIG. 13, en donde una 2ª capa de protección ambiental se dispone sobre la 2ª parte de la RDL y los cables unidos para completar la formación del sistema sensor de acuerdo con un ejemplo divulgado en el presente documento.

DESCRIPCIÓN DETALLADA

A continuación, se describirán ciertos ejemplos para proporcionar una comprensión general de los principios de la estructura, función, fabricación y uso de los métodos, sistemas y dispositivos divulgados en este documento. En los dibujos adjuntos se ilustran uno o más ejemplos. Los expertos en la materia entenderán que los métodos, sistemas y dispositivos específicamente descritos en el presente documento e ilustrados en los dibujos adjuntos son ejemplos no limitantes y que el alcance de la presente divulgación está definido únicamente por las reivindicaciones. Las características ilustradas o descritas en relación con un ejemplo pueden combinarse con las características de otros ejemplos. Dichas

20

25

modificaciones y variaciones están destinadas a ser incluidas dentro del alcance de la presente divulgación.

Las expresiones "sustancialmente", "aproximadamente", "alrededor de", "relativamente" u otras similares que se pueden usar a lo largo de esta divulgación, incluidas las reivindicaciones, se utilizan para describir y explicar pequeñas fluctuaciones, tales como las debidas a las variaciones en el procesamiento. Por ejemplo, pueden referirse a menos de o igual al $\pm 10\%$, tal como menos de o igual al $\pm 5\%$, tal como menos de o igual al $\pm 2\%$, tal como menos de o igual al $\pm 1\%$, tal como menos de o igual al $\pm 0,5\%$, tal como menos de o igual al $\pm 0,2\%$, tal como menos de o igual al $\pm 0,1\%$, tal como menos de o igual al $\pm 0,05\%$.

Los ejemplos proporcionados en el presente documento se refieren a sistemas de sensores y a los métodos para hacerlos. Más específicamente, los ejemplos proporcionados en el presente documento se refieren a sistemas de sensores que tienen un canal de flujo dispuesto sobre nanopocillos y almohadillas de unión.

La FIG. 1 ilustra un sistema sensor de la técnica anterior que tiene nanopocillos dispuestos dentro de un canal de flujo y almohadillas de unión dispuestas por fuera del canal de flujo. La FIG. 2 ilustra un ejemplo de un sistema sensor que tiene un canal de flujo dispuesto sobre los nanopocillos y almohadillas de unión de acuerdo con la presente divulgación. Las FIGS. 3-14 ilustran varios ejemplos de los métodos para fabricar el sistema sensor de la FIG. 2 de acuerdo con la presente divulgación.

En cuanto a la FIG. 1, un ejemplo de un tipo de sistema sensor 10 (que, en este ejemplo, es un sistema biosensor 10) incluye una celda de flujo 12 unida

a una estructura de sensor de imagen 14. La celda de flujo 12 del sistema sensor 10 incluye una cubierta de celda de flujo 16 fijada a las paredes laterales de la celda de flujo 18. Las paredes laterales de la celda de flujo 18 están unidas a una capa superior 22 de una pila de pasivación 24 de la estructura del sensor de
 5 imagen 14 para formar un canal de flujo 20 entre ellas.

La capa superior 22 de la pila de pasivación 24 incluye una gran matriz de nanopocillos 26 dispuestos en su interior. Los nanopocillos 26 incluyen una fina capa de hidrogel 27 que se adapta a las superficies internas de los nanopocillos 26. La capa de hidrogel 27 se usa para ayudar a anclar y funcionalizar los análisis
 10 28 (tales como segmentos de ADN, oligonucleótidos, otras cadenas de ácido nucleico o similares), que pueden estar dispuestos dentro de los nanopocillos 26.

La cubierta de la celda de flujo incluye un orificio de entrada 30 y un orificio de salida 32 que están dimensionados para permitir que el flujo de fluido 34 entre, pase a través y salga de los canales de flujo 20. El flujo de fluido 34 puede
 15 utilizarse para realizar una gran cantidad de diversos protocolos de reacción controlada en los análisis 28 dispuestos dentro de los nanopocillos 26. El flujo de fluido 34 también puede enviar una etiqueta identificable 36 (tal como una molécula de nucleótido marcada con fluorescencia o similar) que se pueda usar para marcar los análisis 28.

20 La estructura del sensor de imagen 14 del sistema sensor 10 incluye una capa de imagen 40 dispuesta sobre un sustrato base 38. La capa de imagen 38 puede ser una capa dieléctrica, tal como de nitruro de silicio (Si_xN_x) y puede contener una matriz de detectores de luz 42 dispuesta en su interior. Un detector de luz 42, tal y como se usa en el presente documento, puede ser, por ejemplo,
 25 un semiconductor, tal como un fotodiodo, un material semiconductor

complementario de óxido metálico (CMOS), o ambos. Los detectores de luz 42 detectan los fotones de luz de la luz emisiva 44 que se emite desde las etiquetas fluorescentes 36 fijadas a los análitos 28 en los nanopocillos 26. El sustrato base 38 puede ser vidrio, silicio u otro material similar.

5 Una pila de dispositivos 46 está dispuesta sobre la capa de imagen 40. La pila de dispositivos 44 puede contener una pluralidad de capas dieléctricas (no mostradas) que contienen varios circuitos de dispositivos 48 que interactúan con los detectores de luz 42 y procesan las señales de datos usando los fotones de luz detectados de la luz emisiva 44.

10 También dispuesto en la pila de dispositivos 46 hay una matriz de guías de luz 50. Cada guía de luz 50 está asociada con al menos un detector de luz 42 de la matriz de detectores de luz. Por ejemplo, la guía de luz 50 puede estar ubicada directamente sobre su detector de luz 42 asociado. Las guías de luz 50 dirigen los fotones directos de luz emisiva 44 desde las etiquetas fluorescentes
15 36 de los análitos 28 dispuestos en los nanopocillos 26 hasta sus detectores de luz 42 asociados.

También dispuesta dentro de la pila de dispositivos 46, hay una capa de protección contra la luz 52, una capa antirreflectante 54 y una capa de revestimiento protectora 56. La capa de revestimiento protectora 56 puede estar
20 compuesta por nitruro de silicio (SiN) o dióxido de silicio (SiO₂) y reviste las paredes interiores de las guías de luz 50. La capa de protección contra la luz 52 puede estar compuesta por tungsteno (W) o aluminio (Al) y atenúa la luz emisiva 44 y la luz de excitación 58 transmitidas a la pila de dispositivos 46. La capa antirreflectante 54 puede estar compuesta por un nitruro de tungsteno (WN) u
25 oxinitruro de silicio (SiON) para la estampación fotolitográfica de una capa de

metal inferior.

La pila de pasivación 24 está dispuesta sobre la pila de dispositivos 46. La pila de pasivación 24 incluye una superficie inferior 60 que está en contacto directo con una superficie superior 62 de las guías de luz 50. La pila de pasivación 24 puede incluir una capa de pasivación 64 y una capa de protección química 66 (que en este caso es la capa superior 22 de la pila de pasivación 24). La capa de pasivación 64 puede estar compuesta por SiN e incluir la superficie inferior 60 de la pila de pasivación 24. La capa de protección química 66 puede estar compuesta por un pentóxido de tántalo (Ta_2O_5) y ser la capa superior 22 de la pila de pasivación 24.

La matriz de nanopocillos 26 también está dispuesta en la capa superior 22 de la pila de pasivación 24, en donde cada nanopocillo 26 está asociado a una guía de luz 50 de la matriz de guías de luz. Por ejemplo, cada nanopocillo 26 puede ubicarse directamente encima de una guía de luz 130 asociada, de modo que la mayoría de los fotones de la luz emisiva 50, que entra en la superficie superior 44 de cada guía de luz 62, se generen desde dentro del nanopocillo 50 asociado a esa guía de luz. Además, la matriz de nanopocillos 26 está dispuesta dentro del canal de flujo 20.

Una pluralidad de almohadillas de unión 70 también está dispuesta en la pila de dispositivos 46. Las almohadillas de unión 70 pueden estar compuestas por una o más capas de metales de almohadilla (no mostradas). Las almohadillas de unión interactúan el circuito del dispositivo 48 para conducir las señales de datos que se procesaron usando los fotones de luz detectados hacia los cables 72 unidos a las almohadillas de unión 70.

Durante la operación, se irradian varios tipos de luz de excitación 58 sobre

los análisis 28 de los nanopocillos 26, haciendo que las moléculas marcadas 36 emitan fluorescencia a la luz emisiva 44. La mayoría de los fotones de luz emisiva 44 pueden transmitirse a través de la pila de pasivación 24 y entrar por la superficie superior 62 de su guía de luz 50 asociada. Las guías de luz 50 pueden
5 filtrar la mayor parte de la luz de excitación 58 y dirigir la luz emisiva 44 a un detector de luz 42 asociado ubicado directamente debajo de la guía de luz 50.

Los detectores de luz 42 detectan los fotones de luz emisiva. El circuito del dispositivo 48 dentro de la pila de dispositivos 46 procesa y transmite señales de datos usando los fotones detectados. Después, las señales de datos pueden
10 transmitirse a través de las almohadillas de unión 70 y analizarse para descubrir las propiedades de los análisis.

Las almohadillas de unión 70 pueden unirse a los cables 72 a través de uniones de cable 74 dispuestas sobre la capa superior 22 de la pila de pasivación 24 para permitir la transmisión externa de las señales de datos. Esto puede
15 hacerse formando una unión de metal eutéctico mediante unión por hilo (*wire bonding*) o unión con esferas de estaño. Además, la superficie de los nanopocillos 26 puede funcionalizarse químicamente, como, por ejemplo, con la deposición de una capa de hidrogel 27, para poder recibir los análisis 28 que pueden disponerse en los nanopocillos 26.

20 Sin embargo, los procesos para preparar las almohadillas de unión 70 en la capa superior 22 de la pila de pasivación 24 para tales técnicas de unión por hilo pueden contaminar la funcionalización de la superficie de los nanopocillos. Además, la funcionalización química de los nanopocillos puede depositar residuos sobre y/o potencialmente corroer las almohadillas de unión abiertas.
25 Además, el flujo de fluido 34 a través del canal de flujo 20 que se usa durante

una variedad de protocolos de reacción controlados puede dañar y/o corroer cualquier almohadilla de unión 70 que se exponga a dicho flujo de fluido 34. Además, puede ser difícil conectar eléctricamente los cables 72 a las almohadillas de unión 70 en la capa superior 22 de la pila de pasivación 24 si los
5 cables 70 tuvieran que extenderse hacia el canal de flujo 20.

Por al menos las razones anteriores, las almohadillas de unión 70 están dispuestas en la capa superior 22 de la pila de pasivación 24 por fuera del canal de flujo 20 de la celda de flujo 12. En consecuencia, la unión de cables o esferas de estaño con las almohadillas de unión 70 limitan el tamaño del canal de flujo
10 20, lo que también limita la cantidad de nanopocillos 26 que se pueden disponer dentro del canal de flujo 20 para un sistema sensor 10 que tiene un tamaño fijo.

Los sistemas sensores de ejemplo descritos en el presente documento se diferencian de algunos sistemas sensores preexistentes en varios aspectos. Por ejemplo, que las almohadillas de unión 70 de algunos ejemplos del presente
15 documento están dispuestas dentro del canal de flujo 20. Además, en los ejemplos de este documento se puede extender el canal de flujo 20 sobre las almohadillas de unión 70 para cubrir un área de superficie más grande en el mismo tamaño del biosensor. Además, los ejemplos del presente documento proporcionan mecanismos para proteger las almohadillas de unión 70 de los
20 daños y/o corrosión por exposición al flujo de fluido 34 a través del canal de flujo 20.

Con referencia a la FIG. 2, se ilustra una vista lateral en sección transversal de un ejemplo de un sistema sensor 100 que tiene una celda de flujo 102 dispuesta sobre una estructura 104 del sensor de imagen para formar un
25 canal de flujo 106, que se extiende sobre una matriz de nanopocillos 108 y una

pluralidad de almohadillas de unión 110. La matriz de nanopocillos 108 está dispuesta en una capa superior 112 de una pila de pasivación 114 de la estructura 104 del sensor de imagen. La pluralidad de almohadillas de unión 110 está dispuesta debajo de una superficie inferior 116 de la pila de pasivación 114.

- 5 Más específicamente, las almohadillas de unión 110 están dispuestas en una pila de dispositivos 118, en donde una superficie superior 120 de las almohadillas de unión 110 se dispone por debajo de la superficie inferior 116 de la pila de pasivación.

La celda de flujo 102 del sistema sensor 100 incluye una cubierta de celda
10 de flujo 122 fijada a las paredes laterales de la celda de flujo 124. Las paredes laterales de la celda de flujo 124 están unidas a la capa superior 112 de la pila de pasivación 114 de la estructura 104 del sensor de imagen para formar el canal de flujo 106 entre ellas.

La capa superior 112 de la pila de pasivación 114 incluye la gran variedad
15 de nanopocillos 108 dispuestos en su interior. Los nanopocillos 108 incluyen una fina capa de hidrogel 126 dentro de los nanopocillos 108. La capa de hidrogel 126 se usa para anclar y funcionalizar análisis 128 (tales como segmentos de ADN, oligonucleótidos, otras cadenas de ácido nucleico o similares) que pueden estar dispuestos dentro de los nanopocillos 108.

20 La cubierta de la celda de flujo 122 incluye un orificio de entrada 130 y un orificio de salida 132 que están dimensionados para permitir que el fluido fluya 134 dentro, a través y por fuera de los canales de flujo 106. El flujo de fluido 134 puede utilizarse para realizar una gran cantidad de diversos protocolos de reacción controlada en los análisis 128 dispuestos dentro de los nanopocillos
25 106. El flujo de fluido 134 también puede enviar una etiqueta identificable 136

(tal como una molécula de nucleótido marcada con fluorescencia o similar) que se pueda usar para marcar los análisis 128. Durante varios protocolos de reacción controlada, puede dirigirse una luz de excitación 138 sobre las etiquetas fluorescentes 136, lo que hace que las etiquetas 136 emitan fluorescencia a una luz emisiva 140.

La estructura 104 del sensor de imagen del sistema sensor 100 incluye una capa de imagen 142 dispuesta sobre un sustrato base 144. La capa de imagen 142 puede ser una capa dieléctrica, tal como SiN, y puede contener una matriz de detectores de luz 146 dispuestos en su interior. Un detector de luz 146, tal y como se usa en el presente documento, puede ser, por ejemplo, un semiconductor, tal como un fotodiodo, un material semiconductor complementario de óxido metálico (CMOS), o ambos. Los detectores de luz 146 detectan los fotones de luz de la luz emisiva 140 que se emiten desde las etiquetas fluorescentes 136 fijadas a los análisis 128 de los nanopocillos 108. El sustrato base 144 puede ser vidrio, silicio u otro material similar.

La pila de dispositivos 118 está dispuesta sobre la capa de imagen 142. La pila de dispositivos 118 puede contener una pluralidad de capas dieléctricas (no mostradas) que contienen varios circuitos de dispositivos 148 que interactúan con los detectores de luz 146 y procesan las señales de datos usando los fotones de luz detectados de la luz emisiva 140.

También dispuesta en la pila de dispositivos 118 hay una matriz de guías de luz 150. Cada guía de luz 150 está asociada con al menos un detector de luz 146 de la matriz de detectores de luz. Por ejemplo, la guía de luz 150 puede estar ubicada directamente sobre su detector de luz 146 asociado. Las guías de luz 150 dirigen los fotones directos de luz emisiva 140 desde las etiquetas

fluorescentes 136 de los análisis 128 dispuestos en los nanopocillos 108 hasta sus detectores de luz 146 asociados.

La guía de luz 150 puede ser un material de filtro orgánico que sea capaz de filtrar las longitudes de onda conocidas de la luz de excitación 138 y de
5 transmitir a través de las longitudes de onda conocidas de la luz emisiva 140. El material de guía de luz puede estar compuesto por moléculas de colorante formuladas a medida dispuestas en una matriz de polímero de alto índice.

También dispuesta dentro de la pila de dispositivos 118 hay una capa de protección contra la luz 152, una capa antirreflectante 154 y una capa de
10 revestimiento protectora 156. La capa de revestimiento protectora 156 puede estar compuesta por un material dieléctrico, tal como nitruro de silicio (SiN) u otros materiales similares, y reviste las paredes interiores de las guías de luz 150. La capa de protección contra la luz 152 puede estar compuesta por un metal de transición, tal como tungsteno (W) u otros materiales similares, y atenúa la
15 luz emisiva 140 y la luz de excitación 138 transmitidas a la pila de dispositivos 118. La capa antirreflectante 154 puede estar compuesta por un compuesto antirreflectante, como nitruro de tungsteno (WN) u oxinitruro de silicio (SiON) u otros materiales similares, y puede usarse para la estampación fotolitográfica de una capa de metal inferior.

20 La pila de pasivación 114 está dispuesta sobre la pila de dispositivos 118. La pila de pasivación 114 incluye la superficie inferior 116 que está en contacto directo con una superficie superior 158 de las guías de luz 150 y que está sobre la superficie superior 120 de las almohadillas de unión 110. La pila de pasivación también incluye la capa superior 112 en la que están dispuestos los nanopocillos
25 108.

La pila de pasivación 114 puede incluir cualquier número de capas. Por ejemplo, la pila de pasivación 114 puede incluir una 1ª capa de pasivación 160, que se dispone sobre la pila de dispositivos 118, y una 1ª capa de protección química 162, que se dispone sobre la 1ª capa de pasivación 160. En este
5 ejemplo, la capa superior 112 de la pila de pasivación 114 es la 1ª capa de protección química 162, que incluye los nanopocillos 108 dispuestos en su interior.

Sin embargo, en el ejemplo específico ilustrado en la FIG. 2, la pila de pasivación 114 incluye una 2ª capa de pasivación 164 adicional, dispuesta sobre
10 la 1ª capa química 162, más una 2ª capa de protección química 166 adicional, dispuesta sobre la 2ª capa de pasivación 164. En este ejemplo específico de la FIG. 2, la capa superior 112 de la pila de pasivación 114 es la 2ª capa de protección química 166, en donde los nanopocillos 108 están dispuestos en la 2ª capa de protección química 166.

15 Las capas de pasivación 160, 164, pueden estar compuestas por SiN. Las capas de protección química 162, 166 pueden estar compuestas por un óxido de metal de transición, como el pentóxido de tántalo (Ta_2O_5) u otros materiales similares.

Cada nanopocillo 108 de la matriz de nanopocillos está asociado con una
20 guía de luz 150 de la matriz de guías de luz. Por ejemplo, cada nanopocillo 108 puede ubicarse directamente encima de una guía de luz 150 asociada, de modo que la mayoría de los fotones de luz emisiva 140 que se introducen en la superficie superior 158 de cada guía de luz 150 se generen dentro del nanopocillo 108 asociado a esa guía de luz. Además, la matriz de nanopocillos
25 108 está dispuesta dentro del canal de flujo 106.

La pluralidad de almohadillas de unión 110 también está dispuesta en la pila de dispositivos 118. Aunque en la FIG. 2 solo se ilustran dos almohadillas de unión 110, puede haber cualquier cantidad de almohadillas de unión 110, desde una almohadilla de unión hasta cientos de almohadillas de unión y más. Las
5 almohadillas de unión 110 pueden estar compuestas por una o más capas (no mostradas) de metales de almohadilla, como cualquier metal adecuado, incluyendo tungsteno, cobre u otros materiales similares.

La vía a través de silicio (TSV) 168 está dispuesta en contacto eléctrico con las almohadillas de unión 110. La TSV 168 se extiende desde las
10 almohadillas de unión 110 a través del sustrato base 144 hasta una superficie inferior 170 del sustrato base 144. La TSV puede estar compuesta por un metal de transición, como tungsteno u otros materiales similares.

Sobre la superficie inferior 170 del sustrato base 144 hay una capa de redistribución (RDL) 172. La RDL 172 está en contacto eléctrico con la TSV 168.
15 La RDL puede estar compuesta por un metal, como tungsteno, cobre, oro, níquel u otros materiales similares.

La 1ª capa de protección ambiental 174 está dispuesta sobre una 1ª parte 176 de la RDL 172. La 1ª capa de protección ambiental puede estar compuesta por poliimida.

20 Las estructuras de soporte mecánico 178 están dispuestas sobre la 1ª capa de protección ambiental 174. Las capas de soporte mecánico 178 pueden estar compuestas por una oblea, tal como una oblea de silicio, oblea de vidrio o de otros materiales similares.

Los cables 180 están unidos en contacto eléctrico con una 2ª parte 182
25 de la RDL 172 para formar las uniones de cable 184. Esto se puede hacer

formando una unión de metal eutéctico mediante unión por hilo, unión con esferas de estaño o utilizando otras técnicas de conexión de cables bien conocidas. Los cables 180 pueden comprender un material eléctricamente conductor, como cobre u otros materiales similares.

- 5 La 2ª capa de protección ambiental 186 está dispuesta sobre la 2ª parte 182 de la RDL 172, en donde la 1ª y 2ª capas de protección ambiental 174, 186 cubren toda la RDL 172. La 2ª capa de protección ambiental 186 puede estar compuesta por un polímero, tal como epoxi, polímero curable por UV u otros materiales similares.
- 10 Durante la operación de un protocolo de reacción controlada, las nanopocillos 108 reciben análisis 128 que están etiquetados con una etiqueta molecular fluorescente 136. Las etiquetas fluorescentes 136 se envían a los análisis a través del flujo de fluido 134 que va a través del canal de flujo 106. Las etiquetas fluorescentes 136 generan luz emisiva 140 como respuesta a una luz
- 15 de excitación 138. Los fotones de la luz emisiva 140 se transmiten desde un nanopocillo 108, a través de la pila de pasivación 114, y hacia la superficie superior 158 de una guía de luz 150 asociada, que puede ubicarse directamente por debajo del nanopocillo 108. Después, la guía de luz 150 asociada guía los fotones de la luz emisiva 140 hacia un detector de luz 146 asociado, que puede
- 20 ubicarse directamente por debajo de la guía de luz 150. Los detectores de luz 146 asociados detectan los fotones de la luz emisiva 140. Además, el circuito del dispositivo 148 está integrado en los detectores de luz 146 para procesar los fotones de luz emisiva detectados y proporcionar señales de datos utilizando los fotones de luz emisiva detectados. El circuito del dispositivo 148 también está
- 25 integrado en las almohadillas de unión 110, de modo que las señales de datos

se transmiten a través de las almohadillas de unión 110, a través de la TSV 168 y salen de los cables 180 ubicados en la superficie inferior 170 del sustrato base 114, en donde esas señales de datos se pueden analizar.

5 Durante muchos de estos protocolos de reacción controlada, el flujo de fluido 134 puede ser dañino y/o corrosivo para cualquier área expuesta de las almohadillas de unión 110. Sin embargo, las almohadillas de unión 110 en este ejemplo de la FIG. 2 están protegidos por la pila de pasivación 114, que está dispuesta sobre las almohadillas de unión 110. Por lo tanto, el canal de flujo 106 puede estar dispuesto sobre las almohadillas de unión 110, ya que la pila de pasivación 114 está dispuesta entre el canal de flujo 106 y las almohadillas de
10 unión 110. Además, el área de la celda de flujo 102 se puede expandir sobre las almohadillas de unión 110 para aumentar el número de nanopocillos 108 dispuestos dentro del canal de flujo 106 y aumentar el rendimiento del sistema sensor 100 sin aumentar el tamaño del sistema sensor 100.

15 Con referencia a la FIG. 3, se ilustra una vista lateral en sección transversal de un ejemplo del sistema sensor 100 en una etapa intermedia de fabricación. En esta fase del flujo del proceso, la pila de dispositivos 118 y la capa de imagen 142 están dispuestas respectivamente sobre la capa de sustrato base 144.

20 La capa de imagen incluye la matriz de detectores de luz 146 dispuesta en su interior. La capa de imagen 142 puede disponerse sobre el sustrato base 144 usando una cualquiera de las diversas técnicas de deposición, tales como deposición química de vapor (CVD) o deposición física de vapor (PVD).

Las múltiples capas dieléctricas (no mostradas) de la pila de dispositivos
25 118, con su circuito de dispositivo 148 asociado, también se pueden disponer

sobre la capa de imagen 142 usando técnicas de deposición. Por tanto, la capa de protección contra la luz 152 y la capa antirreflectante 154 se pueden disponer sobre la pila de dispositivos 118 usando cualquier técnica de deposición adecuada, tal como CVD, PVD, deposición de capa atómica (ALD) o electrochapado.

Posteriormente, en el flujo del proceso, se graba una matriz de aberturas 188 de guía de luz en la pila de dispositivos 118. Esto se puede hacer usando cualquier proceso de grabado adecuado, como un proceso de grabado anisotrópico, como el grabado iónico reactivo (RIE). Un proceso de grabado en esta divulgación puede incluir la estampación, como la estampación litográfica.

La capa de revestimiento protectora 156 puede disponerse luego sobre la estructura 104 del sensor de imagen parcialmente formada, incluidas las superficies internas de las aberturas 100. Esto se puede hacer usando cualquier técnica de deposición adecuada, como CVD, PVD o ALD.

Posteriormente, en el flujo del proceso, sobre toda la estructura 100 se dispone una capa de guía de luz (no mostrada) para llenar las aberturas 188. La capa de guía de luz puede estar compuesta por un material de filtro orgánico que es capaz de filtrar las longitudes de onda conocidas de la luz de excitación 138 y de transmitir a través de las longitudes de onda conocidas de la luz emisiva 140.

A continuación, se planariza la capa de guía de luz para completar la formación de la matriz de guías de luz 150 en las aberturas de guía de luz 188. Cada guía de luz 150 está asociada con al menos un detector de luz 146 de la matriz de detectores de luz.

Esto se puede hacer usando cualquier técnica de pulido adecuada, como un

proceso químico de pulido mecánico.

Con referencia a la FIG. 4, las almohadillas de unión 110 están dispuestas en la pila de dispositivos 118. Esto puede hacerse primero mediante la estampación y grabado litográficos de la pila de dispositivos 118 para formar
5 aberturas 190 de almohadilla de unión en la pila de dispositivos 18. Después, se pueden disponer varias capas de metales de la almohadilla de unión (no mostradas) en las aberturas 190 de la almohadilla de unión usando cualquier técnica de deposición adecuada, tal como un proceso ALD, para formar las almohadillas de unión 110.

10 Una vez que se forma la almohadilla de unión 110, su superficie superior 120 puede quedar expuesta y ser accesible para el sondeo eléctrico. El sondeo eléctrico permite una serie de pruebas de aceptación (como las pruebas de continuidad) en el sistema sensor 100.

A continuación, con referencia a la FIG. 5, en el flujo del proceso, al menos
15 una parte de la pila de pasivación 114 se dispone sobre la pila de dispositivos 118 y las almohadillas de unión 110. En el ejemplo específico ilustrado en la FIG. 5, la 1ª capa de pasivación 160 está dispuesta sobre la matriz de guías de luz 150, de modo que la superficie inferior 116 de la 1ª la capa de pasivación 160 está en contacto directo con la superficie superior 158 de las guías de luz 150.
20 Después, la 1ª capa de protección química 162 se puede disponer sobre la 1ª capa de pasivación 160. La 2ª capa de pasivación 166 se puede disponer sobre la 1ª capa de protección química 162. Cada uno de estos procesos puede realizarse mediante cualquier proceso de deposición adecuado, como CVD o PVD. La 1ª capa de protección química 162 y la 1ª y 2ª capas de pasivación 160,
25 164 forman al menos una parte de la pila de pasivación 114. Así, la parte de la

pila de pasivación 114 puede recubrir las almohadillas de unión 110.

Posteriormente, en el flujo del proceso y con referencia a la FIG. 6, la matriz de nanopocillos 108 se forma en una capa superior 112 de la pila de pasivación 114. Cada nanopocillo 108 está asociado a una guía de luz 150 en la
5 matriz de guías de luz.

En el ejemplo específico ilustrado en la FIG. 6, esto se lleva a cabo a partir de la estampación y grabado litográficos de la matriz de nanopocillos 108 en la 2ª capa de protección química 164. Después, se dispone una 2ª capa de protección química 166 sobre la 2ª capa de pasivación 164. La 2ª capa de
10 protección química 166 puede desecharse usando cualquier proceso de deposición adecuado, como CVD, PVD o ALD.

La 2ª capa de protección química 166 es la capa superior 112 de la pila de pasivación 114. La 2ª capa de protección química 166 se ajusta a los nanopocillos 108 que se han grabado en la 2ª capa de pasivación 164 para
15 formar los nanopocillos 108 en la capa superior 112 de la pila de pasivación 114.

Posteriormente, en el flujo de proceso y con referencia a la FIG. 7, se reduce el grosor del sustrato base 144 hasta un grosor predeterminado. Esto puede hacerse mediante cualquier proceso de pulido adecuado, como un proceso de pulido mecánico químico (CMP) o un proceso de esmerilado.

20 Cuando se ha reducido el grosor, se graban las TSV 168 través de la superficie inferior 170 del sustrato base 144. Las TSV 168 se graban extendiéndose desde la superficie inferior 170 del sustrato base 144 hasta las almohadillas de unión 110. Esto puede hacerse mediante cualquier proceso de grabado adecuado, como un proceso RIE.

25 Después, las TSV 168 se enchapan para que hagan contacto eléctrico

con las almohadillas de unión 110. Esto puede hacerse mediante cualquier proceso de enchapado adecuado, como un proceso de galvanoplastia.

Posteriormente, en el flujo de proceso y con referencia a la FIG. 8, se dispone una RDL 172 en la superficie inferior 170 del sustrato base 144. Esto puede hacerse colocando primero la RDL 172 sobre toda la superficie inferior 170, y luego estampando y grabando litográficamente la RDL con una forma predeterminada.

Después, en el flujo de proceso y con referencia a la FIG. 9, se dispone una 1ª capa de protección ambiental 174 sobre una 1ª parte 176 de la RDL 172. Esto puede hacerse mediante cualquier proceso de deposición adecuado, como CVD o PVD. Una 2ª parte 182 de la RDL 172 se deja expuesta como uno o más sitios de unión para los cables 180 (se observa mejor en la figura 13).

Después, en el flujo de proceso y con referencia a la FIG. 10, las estructuras de soporte mecánico 178 se unen sobre las 1^{eras} capas de protección ambiental 174. Esto puede hacerse mediante unión física, como por ejemplo con adhesivos u otros procesos de unión mecánica.

Posteriormente, se dispone una capa protectora temporal 194 sobre las 2^{as} partes expuestas 182 de la RDL 172 para proteger estas 2^{as} partes 182 durante el procesamiento posterior del sistema sensor 100. La capa protectora temporal 194 puede estar compuesta por un material resistente. La capa protectora temporal 194 también puede disponerse utilizando varios procesos temporales que incluyen, pero no se limitan a, unir una cinta, un vidrio o una oblea de silicio a través de una capa de adhesivo sensible a la presión que puede retirarse. La capa de protección temporal 194 también puede venir en forma de recubrimientos de cera solubles en disolvente.

Después, en el flujo de proceso y con referencia a la FIG. 11, se dispone una capa de hidrogel 126 en los nanopocillos 108. La capa de hidrogel puede estar compuesta por cualquier polímero adecuado, tal como un polímero de acrilamida sin silano (SFA), metacrilamida, metacrilato de hidroxietileno o N-
5 vinilpirrolidinona. Se pueden utilizar varios procesos para este proceso de deposición general, que incluyen, entre otros:

- centrifugar la capa superior 112 de la pila de pasivación 114 con hidrogel 126;
- curar el hidrogel 126; y
- 10 • CMP hacia abajo del hidrogel 126 para que se disponga, al menos sustancialmente, sobre las superficies internas de los nanopocillos 108.

A continuación, en el flujo de proceso y con referencia a la FIG. 12, la celda de flujo 102 se dispone sobre la capa superior 112 de la pila de pasivación 114 para formar el canal de flujo 106 entre ellas, de modo que el canal de flujo
15 se dispone sobre la matriz de nanopocillos 108 y las almohadillas de unión 110. Esto puede realizarse mediante cualquier proceso de unión adecuado, como la unión adhesiva u otros procesos de unión.

Después, en el flujo de proceso y con referencia a la FIG. 13, la capa protectora temporal 194 se puede retirar para exponer las 2^{as} partes 182 de la
20 RDL 172. Esto se puede hacer mediante cualquier proceso de retirada adecuado, como el decapado resistente o el grabado en húmedo o en seco.

A continuación, los cables 180 se pueden unir a las 2^{as} partes 182 de la RDL 172, de modo que los cables unidos 180 estén en contacto eléctrico con la RDL 172 a través de las uniones de cable 184. Esto se puede hacer formando
25 una unión de metal eutéctico mediante unión por hilo o unión con esferas de

estaño, para así formar una unión de cable 184 de unión con estaño o utilizando otros procesos de unión de cables.

Después, en el flujo de proceso y con referencia a la FIG. 14, la 2ª capa de protección ambiental 186 se dispone sobre las 2ªs partes 182 de la RDL 172.

- 5 La 2ª capa de protección ambiental 186 y la 1ª capa de protección ambiental 174 cubren completamente la RDL 174. Esto puede hacerse mediante cualquier proceso de deposición adecuado, como CVD o PVD.

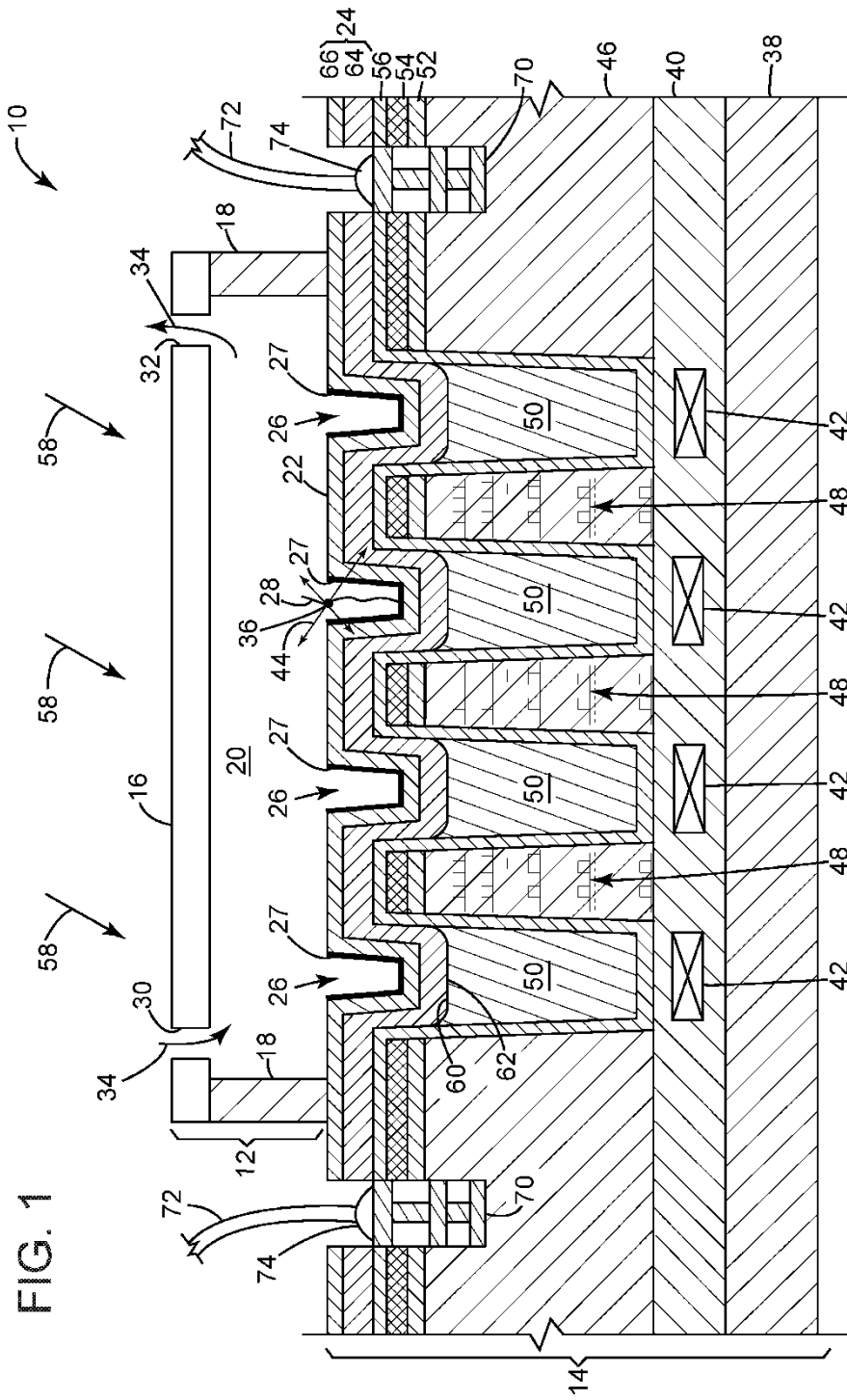
La 1ª y 2ª capas de protección ambiental 174, 186 también estabilizan y protegen los cables 180 y las uniones de cable 184 fijadas a la RDL 174.

- 10 Además, la deposición de la 2ª capa de protección ambiental completa la formación del sistema sensor 100.

Debe apreciarse que todas las combinaciones de los conceptos anteriores (siempre que tales conceptos no sean mutuamente incompatibles) se consideran parte de la materia objeto de la invención divulgada en el presente documento.

- 15 En particular, todas las combinaciones de la materia de objeto reivindicada que aparecen al final de esta divulgación se consideran parte de la materia objeto de la invención divulgada en el presente documento.

- 20 Aunque los ejemplos anteriores se han descrito haciendo referencia a ejemplos específicos, debe entenderse que se pueden realizar numerosos cambios dentro del espíritu y alcance de los conceptos inventivos descritos. Por consiguiente, se pretende que los ejemplos no se limiten a los ejemplos descritos, sino que tengan el alcance completo definido por el vocabulario de las siguientes reivindicaciones.



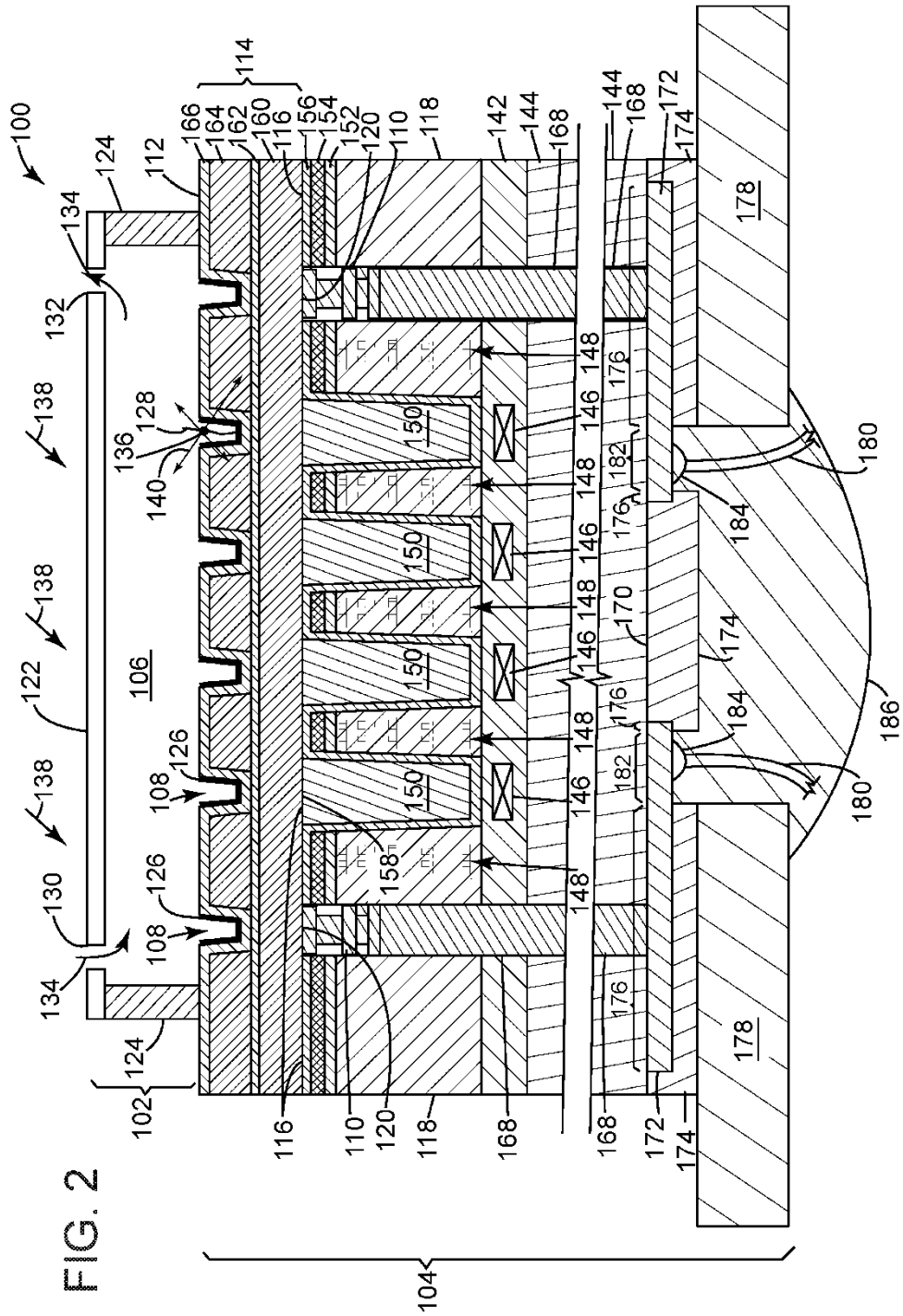


FIG. 3

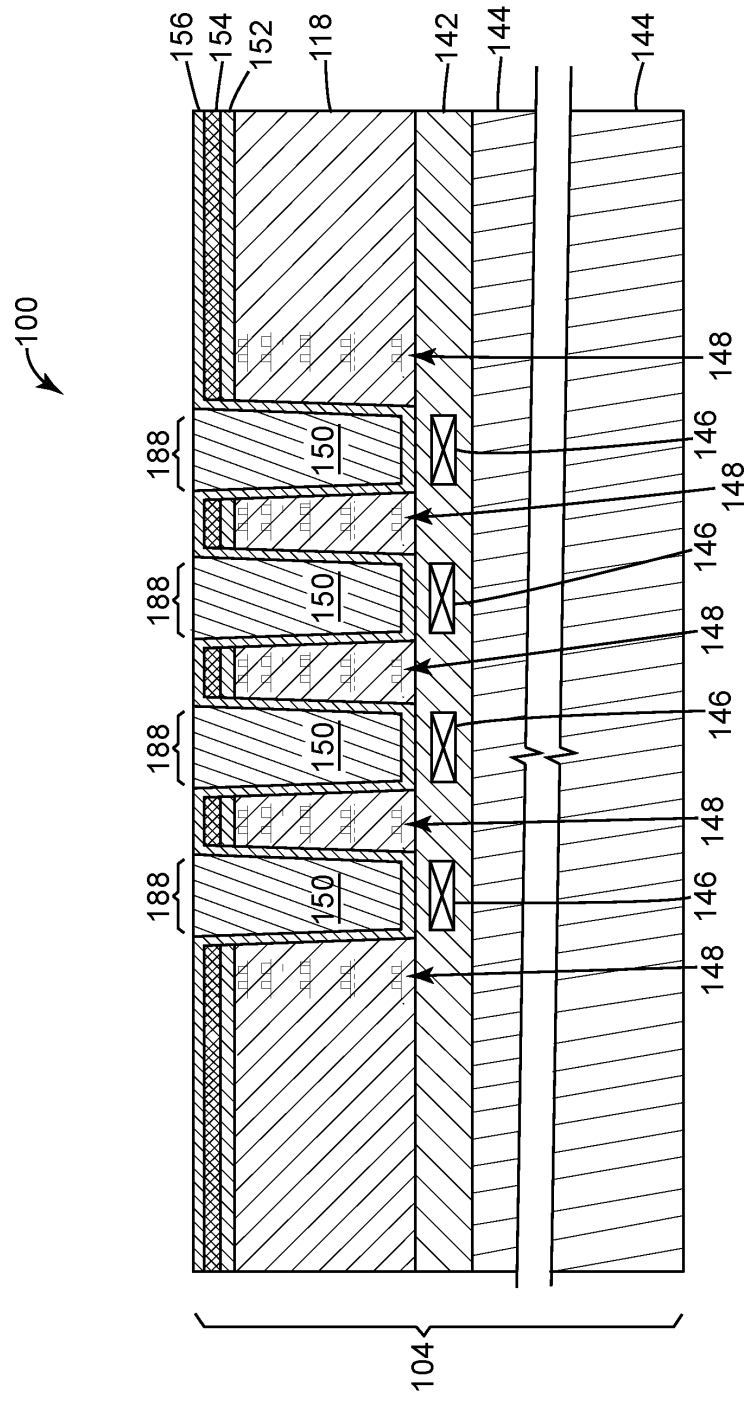


FIG. 4

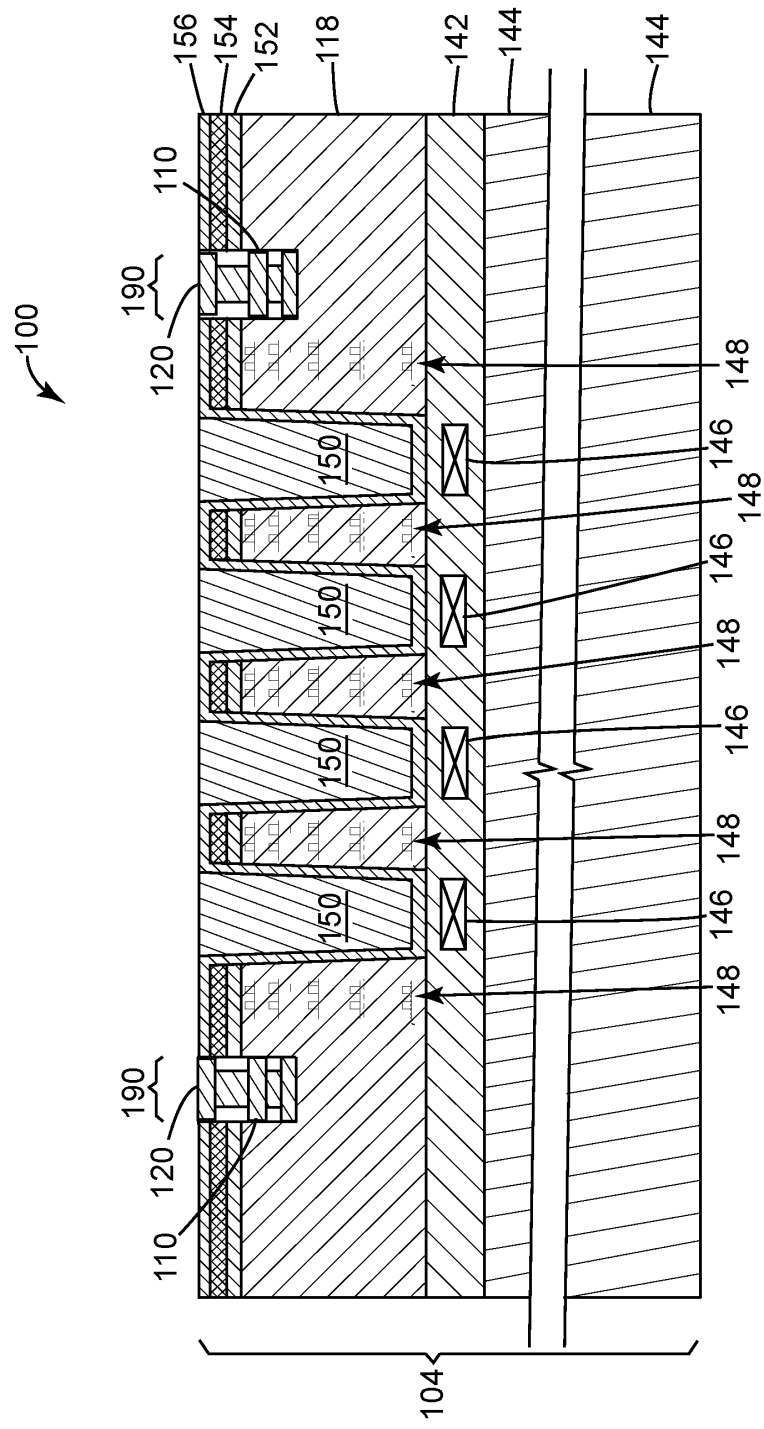
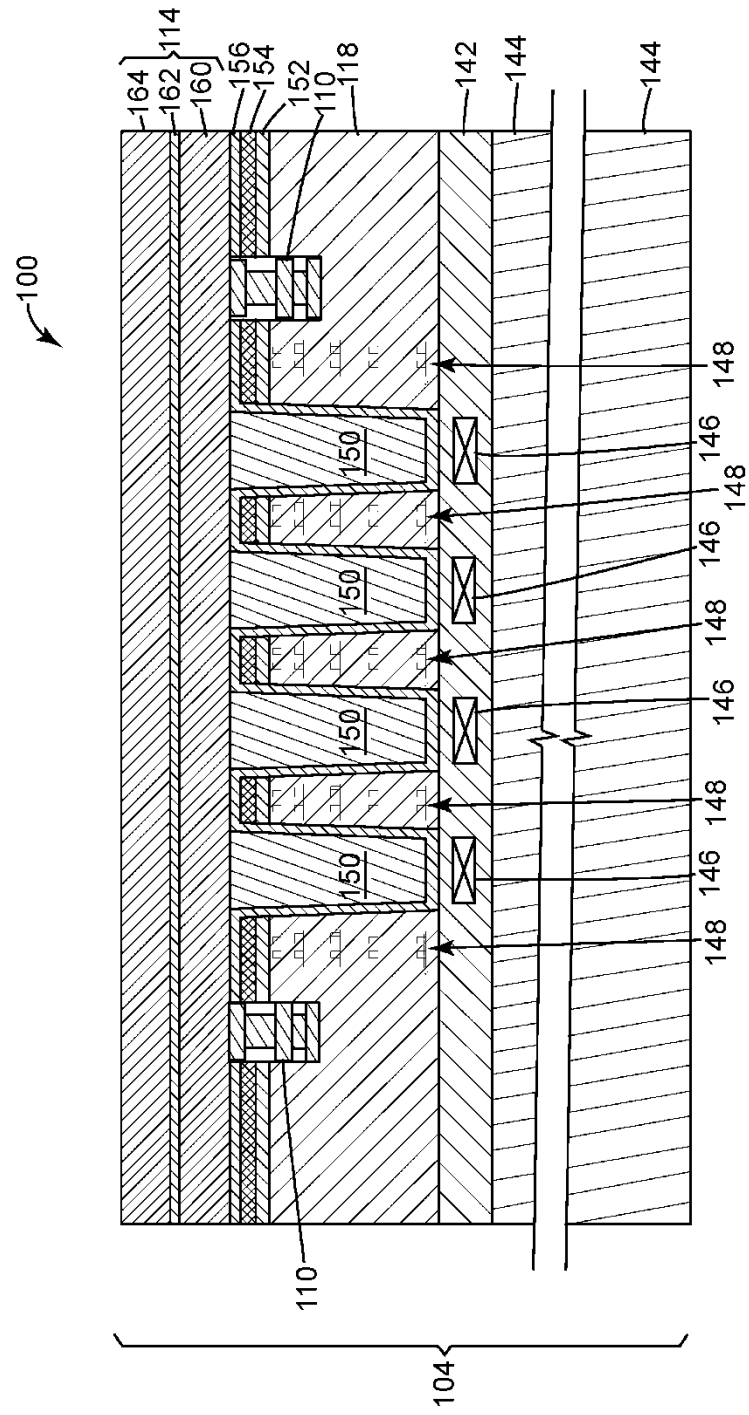


FIG. 5



60

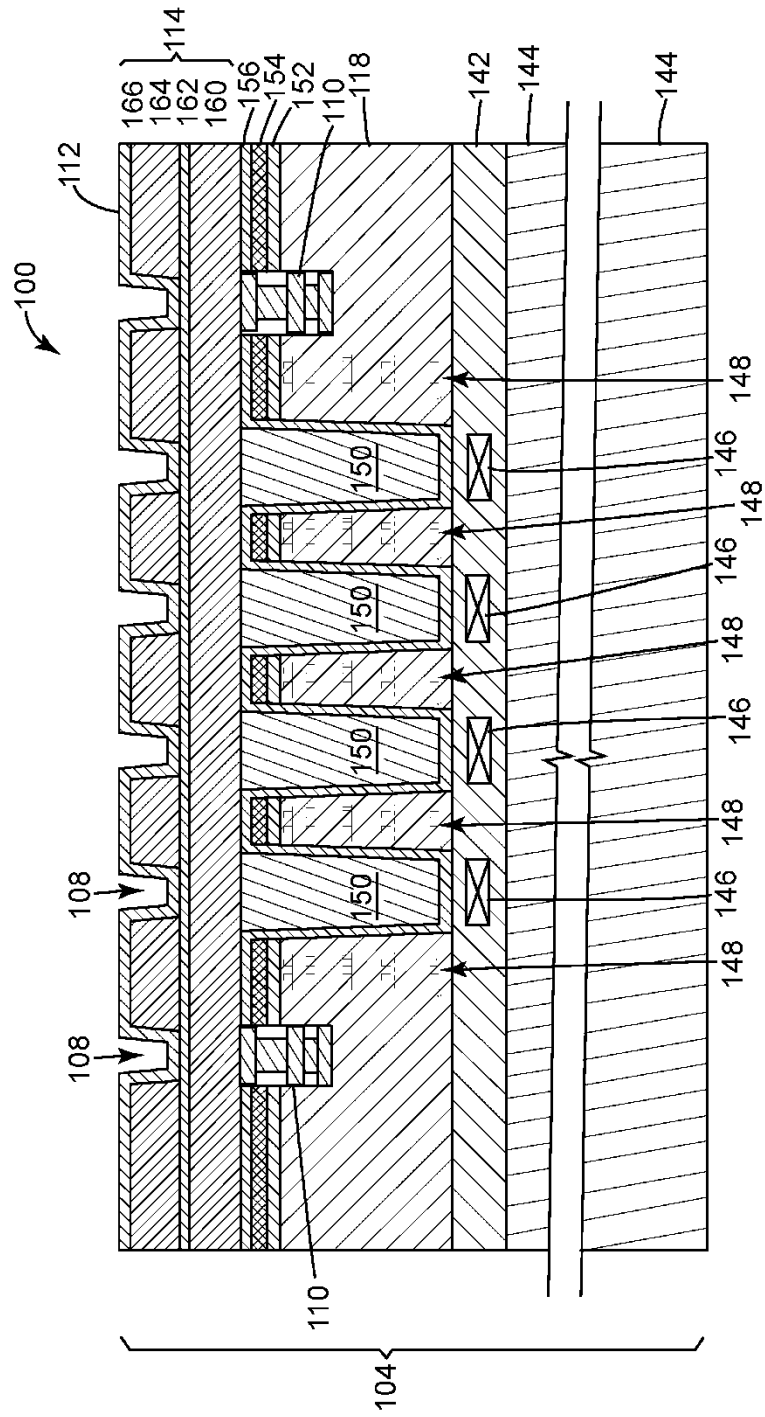
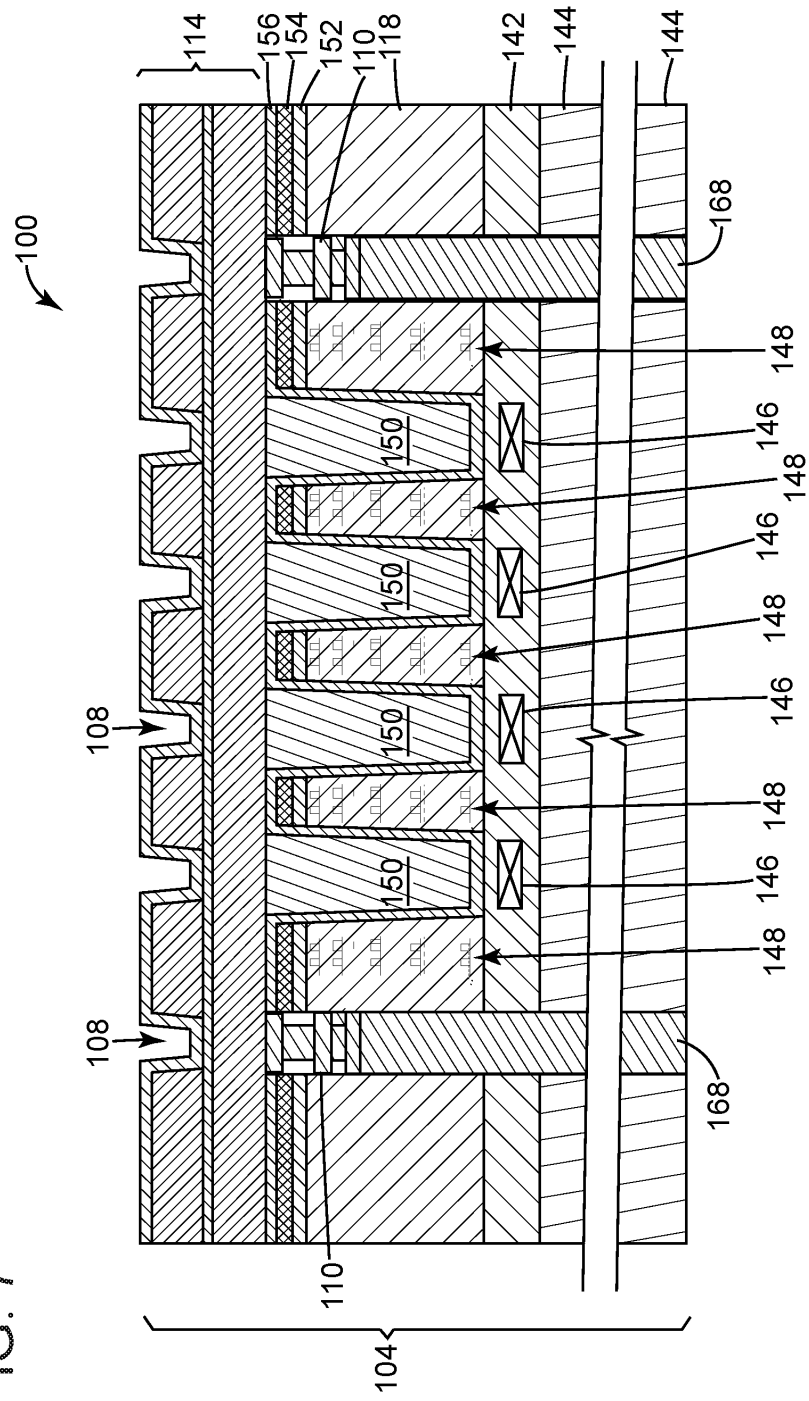


FIG. 7



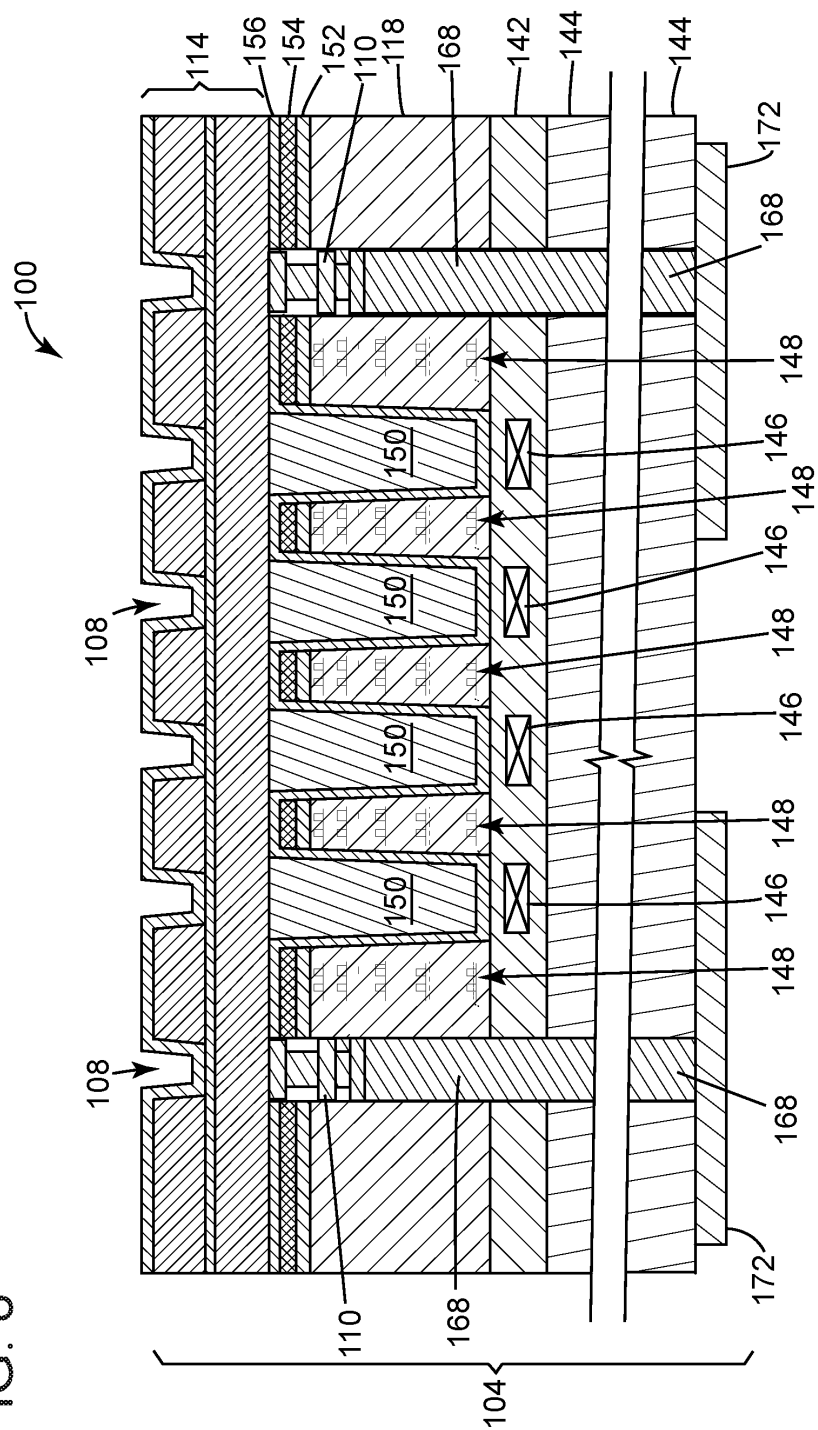


FIG. 10

