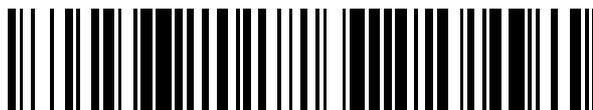


19



OFICINA ESPAÑOLA DE  
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 511 765**

51 Int. Cl.:

**G02B 26/00** (2006.01)

**B81B 5/00** (2006.01)

**G09G 3/34** (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **14.09.2005 E 05255648 (7)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **06.08.2014 EP 1640765**

54 Título: **Estructura de bus conductor para matriz de moduladores interferométricos**

30 Prioridad:

**27.09.2004 US 613372 P**

**11.02.2005 US 57045**

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

**23.10.2014**

73 Titular/es:

**QUALCOMM MEMS TECHNOLOGIES, INC.**

**(100.0%)**

**5775 MOREHOUSE DRIVE**

**SAN DIEGO, CA 92121, US**

72 Inventor/es:

**SAMPELL, JEFFREY B. y**

**CHUI, CLARENCE**

74 Agente/Representante:

**CARPINTERO LÓPEZ, Mario**

**ES 2 511 765 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**

Estructura de bus conductor para matriz de moduladores interferométricos

**Antecedentes****Campo de la invención**

- 5 El campo de la presente invención se refiere a sistemas microelectromecánicos (MEMS), y más en particular, a arquitecturas de conexión eléctrica para matrices de elementos MEMS.

**Descripción de la tecnología relacionada**

10 Los sistemas microelectromecánicos (MEMS) incluyen elementos de micromecánica, actuadores y electrónica. Los elementos micromecánicos pueden ser creados usando deposición, grabación química, y / u otros procesos de micromecanizado que graban químicamente eliminando partes de sustratos y / o capas de material depositado o que añaden capas para formar los dispositivos eléctricos y electromecánicos. Un tipo de dispositivo MEMS es denominado modulador interferométrico. Un modulador interferométrico puede comprender un par de placas conductoras, una o ambas de las cuales puede ser parcialmente transparente y capaz de realizar un movimiento relativo como consecuencia de la aplicación de una señal eléctrica apropiada. Una placa puede comprender una capa estacionaria depositada sobre un sustrato, la otra placa puede comprender una membrana metálica suspendida sobre la capa estacionaria.

15 Matrices de moduladores de luz interferométricos accionables independientemente se utilizan en ciertas configuraciones de visualizador como elementos visualizadores. Los moduladores de luz están conectados eléctricamente con el fin de proporcionar las tensiones de control o señales que son utilizadas para accionar individualmente cada modulador de luz.

20 Los documentos US 2002/149828, US 2004/051929 y US 5986796 desvelan la técnica anterior relacionada.

**Sumario de ciertas realizaciones**

De acuerdo con la invención, se proporciona el dispositivo de la reivindicación 1 y el procedimiento de la reivindicación 20. Otras realizaciones están definidas en las reivindicaciones dependientes.

**Breve descripción de los dibujos**

25 La figura 1 es una vista isométrica que representa una porción de una realización de un visualizador de moduladores interferométricos en la que una capa reflectante amovible de un primer modulador interferométrico se encuentra en una posición liberada y una capa reflectante amovible de un segundo modulador interferométrico se encuentra en una posición accionada.

30 La figura 2 es un diagrama de bloques de sistema que ilustra una realización de un dispositivo electrónico que incorpora un visualizador de moduladores interferométricos de 3 x 3.

La figura 3 es un diagrama de la posición de espejo amovible con respecto a la tensión aplicada de una realización ejemplar de un modulador interferométrico de la figura 1.

35 La figura 4 es una ilustración de un conjunto de tensiones en filas y columnas que se puede utilizar para accionar un visualizador de moduladores interferométricos.

Las figuras 5A y 5B ilustran un diagrama de tiempos ejemplar para señales de filas y columnas que se pueden usar para escribir una trama de datos de visualización en el visualizador de moduladores interferométricos de 3 x 3 de la figura 3.

La figura 6A es una sección transversal del dispositivo de la figura 1.

40 La figura 6B es una sección transversal de una realización alternativa de un modulador interferométrico.

La figura 6C es una sección transversal de otra realización alternativa de un modulador interferométrico.

La figura 7A ilustra esquemáticamente un visualizador de moduladores interferométricos de 3 x 3 ejemplar que tiene un bus conductor situado encima de la segunda capa de electrodo y que está acoplado eléctricamente a la primera capa de electrodo.

45 La figura 7B muestra una vista en sección transversal del visualizador de moduladores interferométricos de 3 x 3 de la figura 7A.

- La figura 7C es una vista de un soporte de montante único del visualizador de moduladores interferométricos de 3 x 3 de la figura 7A que muestra el bus conductor a la conexión de la segunda capa de electrodo en líneas de trazos circulares.
- 5 La figura 8A ilustra esquemáticamente un visualizador de moduladores interferométricos de 3 x 3 ejemplar que tiene un bus conductor situado encima de la segunda capa de electrodo y que está acoplado eléctricamente a la segunda capa de electrodo.
- La figura 8B muestra una vista en sección transversal del visualizador de moduladores interferométricos de 3 x 3 de la figura 8B.
- 10 La figura 9A ilustra esquemáticamente un visualizador de moduladores interferométricos de 3 x 3 ejemplar que tiene un bus conductor situado entre la segunda capa de electrodo y la primera capa de electrodo y que está acoplado eléctricamente a la primera capa de electrodo.
- La figura 9B muestra una vista en sección transversal del visualizador de moduladores interferométricos de 3 x 3 de la figura 9A.
- 15 La figura 9C ilustra esquemáticamente un visualizador de moduladores interferométricos de 3 x 3 ejemplar que tiene un bus conductor situado en, y eléctricamente acoplado a, la primera capa de electrodo.
- La figura 9D muestra una vista en sección transversal del visualizador de moduladores interferométricos de 3 x 3 de la figura 9C.
- 20 La figura 9E muestra una vista en sección transversal de otra realización del visualizador de moduladores interferométricos de 3 x 3 de la figura 9C que tiene un material de máscara alineado con el bus conductor y que está situado entre el bus conductor y el lado de vista del visualizador de moduladores interferométricos de 3 x 3.
- La figura 10A ilustra esquemáticamente un visualizador de moduladores interferométricos de 3 x 3 ejemplar que tiene un primer bus conductor situado encima de la segunda capa de electrodo y que está acoplado eléctricamente a la primera capa de electrodo y un segundo bus conductor situado encima del primer bus conductor y que está acoplado eléctricamente a la segunda capa de electrodo.
- 25 La figura 10B muestra una vista en sección transversal del visualizador de moduladores interferométricos de 3 x 3 de la figura 10A.
- Las figuras 11 (A) - 11 (Q) ilustran esquemáticamente una serie de etapas de proceso ejemplares para formar una estructura de bus conductor por encima de la segunda capa de electrodo.
- 30 La figura 12 muestra una vista en sección transversal de una realización de un modulador interferométrico que tiene una capa dieléctrica adicional situada dentro de la capa de pila óptica.
- La figura 13 muestra una vista en sección transversal de una realización de un modulador interferométrico que tienen bolsas de aire situadas dentro de la capa dieléctrica.
- 35 La figura 14 muestra una realización de un electrodo configurado con una zona activa eléctricamente disminuida.
- La figura 15 es una vista en sección transversal de un modulador interferométrico correspondiente a la figura 14 en un plano a través de las zonas activa e inactiva.
- La figura 16 es otra vista en sección transversal de un modulador interferométrico correspondiente a la figura 14 en un plano a través del área activa solamente.
- 40 La figura 17 muestra una realización alternativa de un electrodo configurado.
- La figura 18 es una vista en sección transversal del modulador interferométrico correspondiente a la figura 17.
- La figura 19 muestra una realización de un modulador interferométrico que tiene la zona responsable de la fuerza electrostática desacoplada de la capa de superficie reflectante.
- 45 La figura 20 muestra una realización del modulador interferométrico de la figura 19 en un estado "Conectado".

La figura 21 muestra una vista en perspectiva de una realización de un modulador interferométrico que tiene un diseño elástico de la segunda capa de electrodo.

La figura 22 muestra una vista de disposición de un píxel que comprende una matriz de 3 x 3 de moduladores interferométricos.

5 La figura 23 muestra una vista en sección transversal de una realización de un modulador interferométrico rojo de la matriz en la figura 22.

La figura 24 muestra una vista en sección transversal de una realización de un modulador interferométrico verde de la matriz en la figura 22.

10 La figura 25 muestra una vista en sección transversal de una realización de un modulador interferométrico azul de la matriz en la figura 22.

Las figuras 26A y 26B son diagramas de bloques del sistema que ilustran una realización de un dispositivo visualizador visual que comprende una pluralidad de moduladores interferométricos.

### Descripción detallada de ciertas realizaciones

15 Una realización ejemplar de un modulador de luz interferométrico comprende un sustrato, una primera capa de electrodo sobre el sustrato, una segunda capa de electrodo sobre el sustrato, y una capa de bus conductor. Al menos una porción de la capa de bus conductor está acoplada eléctricamente a al menos una de entre la primera capa de electrodo y la segunda capa de electrodo. La superficie reflectante se mueve entre la primera posición y la segunda posición en respuesta a una tensión aplicada a la capa de bus conductor. La capa de bus conductor proporciona una trayectoria eléctrica que tiene una resistencia eléctrica significativamente menor que las configuraciones que conectan eléctricamente columnas de moduladores interferométricos solamente a través de la primera capa de electrodo o que conectan filas de moduladores interferométricos solamente a través de la segunda capa de electrodo.

20 La descripción detallada que sigue se refiere a ciertas realizaciones específicas de la invención. Sin embargo, la invención se puede realizar en una multitud de diferentes maneras. En esta descripción, se hace referencia a los dibujos en los que en todos ellos las mismas partes se designan con los mismos números. Como será evidente a partir de la descripción que sigue, la invención se puede implementar en cualquier dispositivo que esté configurado para mostrar una imagen, ya sea en movimiento (por ejemplo, vídeo) o estacionaria (por ejemplo, una imagen fija), y ya sea de texto o gráfica. Más en particular, se contempla que la invención pueda implementarse en, o asociada con, una variedad de dispositivos electrónicos tales como, pero no limitados a, teléfonos móviles, dispositivos inalámbricos, asistentes de datos personales (PDA), ordenadores de mano o portátiles, receptores / navegadores de GPS, cámaras, reproductores de MP3, videocámaras, consolas de juegos, relojes de pulsera, relojes, calculadoras, monitores de televisión, pantallas planas, monitores de ordenador, pantallas de automóviles (por ejemplo, visualizador del odómetro, etc.), controles de cabina y / o visualizaciones, visualizaciones de vistas de cámara (por ejemplo, pantalla de una cámara de visión trasera en un vehículo), fotografías electrónicas, carteleras o signos electrónicos, proyectores, estructuras arquitectónicas, embalaje, y estructuras estéticas (por ejemplo, visualizador de imágenes sobre una pieza de joyería). Los dispositivos MEMS de estructura similar a los descritos en la presente memoria descriptiva también se pueden usar en aplicaciones de no visualización tales como en dispositivos de conmutación electrónicos.

30 Una realización de un visualizador de moduladores interferométricos que comprende un elemento interferométrico de visualización MEMS se ilustra en la figura 1. En estos dispositivos, los píxeles se encuentran, ya sea en un estado brillante u oscuro. En el estado brillante ("conectado" o "abierto"), el elemento de visualizador refleja una gran porción de la luz visible incidente a un usuario. Cuando se encuentra en el estado oscuro ("desconectado" o "cerrado"), el elemento de visualizador refleja poca luz incidente visible para el usuario. Dependiendo de la realización, las propiedades de reflectancia de la luz en los estados "conectado" y "desconectado" pueden ser revertidas. Los píxeles MEMS se pueden configurar para reflejar predominantemente en colores seleccionados, lo que permite una visualización en color además de blanco y negro.

35 La figura 1 es una vista isométrica que representa dos píxeles adyacentes en una serie de píxeles de un visualizador visual, en la que cada píxel comprende un modulador interferométrico MEMS. En algunas realizaciones, un visualizador de moduladores interferométricos comprende una matriz de filas / columnas de estos moduladores interferométricos. Cada modulador interferométrico incluye un par de capas reflectantes colocadas a una distancia variable y controlable de una con respecto a la otra para formar una cavidad óptica resonante con al menos una dimensión variable. En una realización, una de las capas reflectantes se puede mover entre dos posiciones. En la primera posición, denominada en la presente memoria descriptiva como estado liberado, la capa amovible está situada a una distancia relativamente grande de una capa fija parcialmente reflectante. En la segunda posición, la capa amovible está situada más ajustadamente adyacente a la capa parcialmente reflectante. La luz incidente que se refleja desde

las dos capas interfiere constructivamente o destructivamente, dependiendo de la posición de la capa reflectante amovible, produciendo ya un estado global reflectante o no reflectante de cada píxel.

La porción representada de la matriz de píxeles en la figura 1 incluye dos moduladores interferométricos adyacentes 12a y 12b. En el modulador interferométrico 12a de la izquierda, una capa 14a amovible y altamente reflectante se ilustra en una posición liberada a una distancia predeterminada de una capa fija parcialmente reflectante 16a. En el modulador interferométrico 12b de la derecha, la capa amovible altamente reflectante 14b se ilustra en una posición accionada adyacente a la capa fija parcialmente reflectante 16b.

Las capas fijas 16a, 16b son eléctricamente conductoras, parcialmente transparentes y parcialmente reflectantes, y pueden ser fabricadas, por ejemplo, depositando una o más capas, siendo cada una de ellas de cromo y de óxido de indio - estaño sobre un sustrato transparente 20. Las capas están configuradas en tiras paralelas, y pueden formar electrodos de fila en un dispositivo visualizador tal como se describe más adelante. Las capas amovibles 14a, 14b pueden estar formadas como una serie de tiras paralelas de una capa o capas metálicas depositadas (ortogonales a los electrodos de filas 16a, 16b) depositadas en la parte superior de los montantes 18 y un material de intervención de sacrificio depositado entre los montantes 18. Cuando el material de sacrificio es grabado químicamente con eliminación, las capas metálicas deformables son separadas de las capas metálica fijas por un espacio de aire definido 19. Un material altamente conductor y reflectante, tal como aluminio, puede ser utilizado para las capas deformables, y estas tiras pueden formar electrodos de columna en un dispositivo visualizador.

Cuando no hay tensión aplicada, la cavidad 19 permanece entre las capas 14a, 16a y la capa deformable está en un estado relajado mecánicamente como se ilustra por el píxel 12a en la figura 1. Sin embargo, cuando se aplica una diferencia de potencial a una fila y columna seleccionadas, el condensador formado en la intersección de los electrodos de fila y columna en el píxel correspondiente se carga, y las fuerzas electrostáticas tiran de los electrodos juntándolos. Si la tensión es suficientemente alta, la capa amovible se deforma y es forzada contra la capa fija (un material dieléctrico que no se ilustra en esta figura se puede depositar sobre la capa fija para evitar el cortocircuito y controlar la distancia de separación) como se ilustra por el píxel 12b a la derecha en la figura 1. El comportamiento es el mismo independientemente de la polaridad de la diferencia de potencial aplicada. De esta forma, el accionamiento de las filas / columnas que puede controlar los estados de los píxeles reflectantes con respecto a los no reflectantes es análogo en muchos aspectos a la utilizada en las LCD convencionales y otras tecnologías de visualizadores.

Las figuras 2 a 5 ilustran un proceso y un sistema ejemplares para el uso de una matriz de moduladores interferométricos en una aplicación de visualizador. La figura 2 es un diagrama de bloques del sistema que ilustra una realización de un dispositivo electrónico que puede incorporar aspectos de la invención. En la realización ejemplar, el dispositivo electrónico incluye un procesador 21 que puede ser cualquier microprocesador de propósito general de uno o múltiples chips tal como un microprocesador ARM, Pentium®, Pentium II®, Pentium III®, Pentium IV®, Pentium® Pro, un 8051, un MIPS®, un Power PC®, un ALPHA®, o cualquier microprocesador de propósito especial tal como un procesador de señal digital, un microcontrolador, o una matriz de puertas programables. Como es convencional en la técnica, el procesador 21 puede estar configurado para ejecutar uno o más módulos de software. Además de ejecutar un sistema operativo, el procesador puede estar configurado para ejecutar una o más aplicaciones de software, incluyendo un navegador web, una aplicación de teléfono, un programa de correo electrónico, o cualquier otra aplicación de software.

En una realización, el procesador 21 también está configurado para comunicarse con un excitador de matriz 22. En una realización, el excitador de matriz 22 incluye un circuito excitador de filas 24 y un circuito excitador de columnas 26 que proporcionan señales a una matriz de píxeles 30. La sección transversal de la matriz que se ilustra en la figura 1 se muestra por las líneas 1 - 1 en la figura 2. Para moduladores interferométricos MEMS, el protocolo de accionamiento de las filas / columnas puede aprovecharse de una propiedad de histéresis de estos dispositivos ilustrados en la figura 3. Se puede requerir, por ejemplo, una diferencia de potencial de 10 voltios para hacer que una capa amovible se deforme desde el estado liberado al estado accionado. Sin embargo, cuando la tensión disminuye de ese valor, la capa amovible mantiene su estado como cuando la tensión disminuye por debajo de 10 voltios. En la realización ejemplar de la figura 3, la capa amovible no se libera completamente hasta que la tensión cae por debajo de 2 voltios. Hay así un rango de tensión, alrededor de 3 a 7 V en el ejemplo ilustrado en la figura 3, en el que existe una ventana de tensión aplicada en el que el dispositivo es estable ya sea en el estado liberado o en el accionado. Esto se denomina en la presente memoria descriptiva como la "ventana de histéresis" o la "ventana de estabilidad". Para una matriz de visualización que tiene las características de histéresis de la figura 3, el protocolo de accionamiento de filas / columnas puede ser diseñado de manera que durante el accionamiento estroboscópico de la fila, los píxeles de la fila accionada estroboscópicamente que deben ser accionados están expuestos a una diferencia de tensión de aproximadamente 10 voltios, y los píxeles que van a ser liberados son expuestos a una diferencia de tensión de cerca de cero voltios. Después del accionamiento estroboscópico, los píxeles están expuestos a una diferencia de tensión en estado estacionario de aproximadamente 5 voltios de tal manera que permanezcan en el estado en el que los puso el accionamiento estroboscópico de la fila. Después de ser escrito, cada píxel se mantiene con una diferencia de potencial dentro de la "ventana de estabilidad" de 3 - 7 voltios en este ejemplo. Esta característica hace que el diseño de píxeles ilustrado en la figura 1 sea estable bajo las mismas condiciones de

tensión aplicada, ya sea en un estado preexistente accionado o liberado. Puesto que cada píxel del modulador interferométrico, ya sea en el estado accionado o liberado, es esencialmente un condensador formado por las capas reflectantes fija y amovible, este estado estable se puede mantener a una tensión dentro de la ventana de histéresis casi sin disipación de potencia. Esencialmente no fluye corriente en el píxel si el potencial aplicado es fijo.

5 En aplicaciones típicas, un marco de visualizador puede ser creado haciendo válido el conjunto de electrodos de columna de acuerdo con el conjunto deseado de píxeles accionados en la primera fila. Un pulso de fila se aplica entonces al electrodo de fila 1, accionando los píxeles correspondientes a las líneas de columna que se aceptan válidas. Se cambia entonces el conjunto de electrodos de columna que se aceptan válidos para que corresponda  
10 con el conjunto deseado de píxeles accionados en la segunda fila. Un pulso se aplica entonces al electrodo de fila 2, accionando los píxeles correspondientes en la fila 2 de acuerdo con los electrodos de columna que se aceptan válidos. Los píxeles de la fila 1 no son afectados por el pulso de la fila 2, y permanecen en el estado en que se establecieron durante el pulso a la fila 1. Esto se puede repetir en toda la serie de filas de una manera secuencial para producir el marco. En general, los marcos se actualizan con nuevos datos de visualizador repitiendo continuamente este proceso con algún número deseado de marcos por segundo. Una amplia variedad de protocolos para la excitación  
15 de electrodos de fila y columna de matrices de píxeles para producir marcos de visualizador también son bien conocidos y se puede usar en conjunto con la presente invención.

Las figuras 4 y 5 ilustran un posible protocolo de accionamiento para la creación de un marco de visualizador en la matriz de 3 x 3 de la figura 2. La figura 4 ilustra un conjunto posible de niveles de tensión de columna y de fila que se  
20 puede utilizar para los píxeles que presentan las curvas de histéresis de la figura 3. En la realización de la figura 4, el accionamiento de un píxel consiste en fijar la columna correspondiente a  $-V_{\text{polarización}}$ , y la fila correspondiente a  $+\Delta V$ , que puede corresponder a - 5 voltios y 5 voltios, respectivamente. La liberación del píxel se logra disponiendo la columna correspondiente a  $+V_{\text{polarización}}$ , y la fila correspondiente a la misma  $+\Delta V$ , produciendo una diferencia de potencial de cero voltios a través del píxel. En aquellas filas en las que se mantiene la tensión de fila en cero voltios, los píxeles son estables en el estado en que estaban originalmente, independientemente de si la columna está en  $+V_{\text{polarización}}$ , o en  $-V_{\text{polarización}}$ .  
25

La figura 5B es un diagrama de temporización que muestra una serie de señales de filas y columnas aplicadas a la matriz de 3 x 3 de la figura 2 que producirá la disposición de visualización que se ilustra en la figura 5A, en la que los píxeles accionados son no reflectante. Antes de escribir el marco que se ilustra en la figura 5A, los píxeles pueden estar en cualquier estado, y en este ejemplo, todas las filas están a 0 voltios, y todas las columnas están a + 5 voltios. Con estas tensiones aplicadas, todos los píxeles son estables en sus estados existentes accionados o libera-  
30 dos.

En el marco de la figura 5A, los píxeles (1,1), (1,2), (2,2), (3,2) y (3,3) están accionados. Para lograr esto, durante un "tiempo de línea" para la fila 1, las columnas 1 y 2 se disponen a - 5 voltios, y la columna 3 se dispone a + 5 voltios. Esto no cambia el estado de los píxeles, porque todos los píxeles permanecen en la ventana de estabilidad de 3 - 7  
35 voltios. La fila 1 es accionada estroboscópicamente entonces con un pulso que va desde 0, sube a 5 voltios, y vuelve de nuevo a cero. Esto excita los píxeles (1,1) y (1,2) y libera el píxel (1,3). No hay otros píxeles de la matriz afectados. Para configurar la fila 2 como se desee, la columna 2 se dispone a - 5 voltios, y las columnas 1 y 3 se disponen a + 5 voltios. La misma luz estroboscópica aplicada a la fila 2 accionará entonces el píxel (2,2) y liberará los píxeles (2,1) y (2,3). Una vez más, ningún otro píxel de la matriz es afectado. La fila 3 es dispuesta de manera similar disponiendo las columnas 2 y 3 a - 5 voltios, y la columna 1 a + 5 voltios. La luz estroboscópica de la fila 3 dispone los píxeles de la fila 3 como se muestra en la figura 5A. Después de escribir el marco, los potenciales de fila son  
40 cero, y los potenciales de columna pueden permanecer ya sea en + 5 o - 5 voltios, y el visualizador es estable entonces en la disposición de la figura 5A. Se apreciará que el mismo procedimiento puede ser empleado para las matrices de decenas o cientos de filas y columnas. También se apreciará que la temporización, secuencia y niveles de tensiones utilizadas para realizar la actuación de filas y columnas pueden variar ampliamente dentro de los principios generales que se han descrito más arriba, y el ejemplo anterior es ejemplar solamente, y cualquier procedimiento de tensión de accionamiento se puede utilizar con la presente invención.  
45

Los detalles de la estructura de los moduladores interferométricos que operan de acuerdo con los principios establecidos más arriba pueden variar ampliamente. Por ejemplo, las figuras 6A - 6C ilustran tres realizaciones diferentes  
50 de la estructura de espejo móvil. La figura 6A es una sección transversal de la realización de la figura 1, en la que se deposita una tira de material metálico 14 sobre soportes que se extienden ortogonalmente 18. En la figura 6B, el material reflectante amovible 14 está unido a soportes solamente en las esquinas, con bandas de sujeción 32. En la figura 6C, el material reflectante amovible 14 está suspendido de una capa deformable 34. Esta realización tiene ventajas debido a que el diseño estructural y los materiales usados para el material reflectante 14 se pueden optimizar con respecto a las propiedades ópticas, y el diseño estructural y los materiales usados para la capa deformable  
55 34 se puede optimizar con respecto a las propiedades mecánicas deseadas. La producción de diversos tipos de dispositivos interferométricos se describe en una variedad de documentos publicados, incluyendo, por ejemplo, la Solicitud Publicada norteamericana 2004/0051929. Una amplia variedad de técnicas bien conocidas se puede usar para producir las estructuras que se han descrito más arriba que implican una serie de deposiciones de material, configuraciones, y etapas de grabado químico.  
60

- El tiempo de respuesta para la descarga y carga de un modulador interferométrico depende en parte de una constante de tiempo RC (resistencia - capacitancia) para el circuito de tensión conectado al modulador interferométrico. Este tiempo de respuesta del modulador interferométrico tiene un efecto sobre la calidad del visualizador de la matriz de moduladores interferométricos. Cuando el tiempo entre pulsos de exploración entrantes recibidos por un modulador interferométrico dado es más corto que el tiempo de respuesta del modulador interferométrico, la capa en movimiento es incapaz de sincronizarse con los pulsos de exploración entrantes. Bajo tales condiciones, el estado del modulador interferométrico no responde a cada uno y a todos los pulsos de exploración, lo que resulta en una imagen que se muestra degradada. Por tanto, es deseable proporcionar un modulador interferométrico con un tiempo de respuesta reducido para permitir velocidades de exploración y de actualización más rápidas.
- El circuito de tensión conectado a un modulador interferométrico comprende los electrodos del modulador interferométrico, así como los contactos, conductores y otros elementos conductores que proporcionan conexiones eléctricas entre los electrodos y la electrónica del excitador de filas / columnas. En ciertas realizaciones, los materiales y geometrías de los electrodos del modulador interferométrico tienen un impacto sobre la constante de tiempo RC para el circuito de tensión. En ciertas configuraciones de matriz, los electrodos de moduladores interferométricos adyacentes están acoplados correctamente en serie para conectar los moduladores interferométricos adyacentes con la electrónica del excitador, lo que resulta en unas constantes de tiempo RC mayores. Para otras configuraciones de matrices, unos cables u otros conectores eléctricos pueden ser utilizados para las conexiones eléctricas entre los excitadores de filas y columnas y los electrodos de los moduladores interferométricos, contribuyendo estos cables a las constantes de tiempo RC de los moduladores interferométricos.
- Las figuras 7A, 7B y 7C ilustran esquemáticamente una porción ejemplar de 3 x 3 de un visualizador de moduladores interferométricos de acuerdo con realizaciones que se han descrito en la presente memoria descriptiva. Porciones de visualizador que son más grandes o más pequeñas que la porción de 3 x 3 que se ilustra en la figura 7A también son compatibles con las realizaciones que se han descrito en la presente memoria descriptiva. Como se muestra en la vista en sección transversal de la figura 7B, cada modulador comprende un sustrato 1106, una primera capa de electrodo 902 sobre el sustrato 1106, y una segunda capa de electrodo 1302 sobre el sustrato 1106. El modulador comprende, además, una superficie reflectante 901 que es sustancialmente paralela a la primera capa de electrodo 902 y que está acoplada a la segunda capa de electrodo 1302. La superficie reflectante 901 es amovible entre una primera posición y una segunda posición. La primera posición de la superficie reflectante 901 se encuentra a una primera distancia de la primera capa de electrodo 902. La segunda posición de la superficie reflectante 901 se encuentra a una segunda distancia de la primera capa de electrodo 902.
- En ciertas realizaciones, como se muestra en la figura 7B, la primera capa de electrodo 902 de cada modulador es fija, y está situada en la proximidad del sustrato 1106. Las primeras capas de electrodo 902 de la matriz están dispuestas en filas. Estas filas no se muestran en la figura 7A, pero corresponden a las tres filas de moduladores mostrados en la figura 7A. Las primeras capas de electrodo 902 de cada fila están conectadas eléctricamente unas con las otras, pero están aisladas eléctricamente de las primeras capas de electrodo 902 de las otras filas.
- En ciertas realizaciones, la segunda capa de electrodo 1302 de cada modulador comprende al menos una porción de la capa que se mueve por encima de la primera capa de electrodo 902. En la realización que se ilustra esquemáticamente en la figura 7A, la segunda capa de electrodo 1302 comprende la capa que se mueve completa. En ciertas realizaciones, las segundas capas de electrodo 1302 de la matriz están configuradas con el fin de separar las segundas capas de electrodo 1302 de cada columna de moduladores de las segundas capas de electrodo 1302 de las columnas adyacentes de los moduladores. Por lo tanto, las segundas capas de electrodo 1302 de la matriz están dispuestas en columnas. Por ejemplo, en la realización que se ilustra esquemáticamente en la figura 7A, las segundas capas de electrodo 1302 tienen correas o bandas de sujeción 1300 en las cuatro esquinas de la segunda capa de electrodo 1302 de cada modulador. Las bandas de sujeción 1300 acoplan mecánicamente las segundas capas de electrodo 1302 a los montantes de soporte 202 en las esquinas de los moduladores. Las bandas de sujeción 1300 también acoplan eléctricamente las segundas capas de electrodo 1302 de los moduladores adyacentes dentro de una columna, mientras que las segundas capas de electrodo 1302 están eléctricamente aisladas de las segundas capas de electrodo 1302 de las otras columnas. Otras segundas capas de electrodo 1302 compatibles con las realizaciones que se han descrito en la presente memoria descriptiva, tienen estructuras de resorte en lugar de las bandas de sujeción 1300 de la figura 7A.
- En ciertas realizaciones, como se ilustra esquemáticamente en las figuras 7A y 7B, la superficie reflectante 901 de cada modulador está acoplada mecánicamente a la segunda capa de electrodo 1302 del modulador correspondiente por un elemento de soporte 1200. Ciertas otras realizaciones comprenden una pluralidad de miembros de soporte que acoplan mecánicamente la superficie reflectante 901 a la segunda capa de electrodo 1302. Por lo tanto, cuando el modulador es activado, la superficie reflectante 901 se mueve entre la primera posición y la segunda posición relativa a la primera capa de electrodo 902 a lo largo de una dirección 903 sustancialmente perpendicular a la superficie reflectante 901.
- En ciertas realizaciones, cada modulador de la matriz comprende además una capa de bus conductor. Al menos una porción de la capa de bus conductor está acoplada eléctricamente a al menos una de entre la primera capa de elec-

trodo 902 y la segunda capa de electrodo 1302. La superficie reflectante 901 se mueve entre la primera posición y la segunda posición en respuesta a una tensión aplicada a la capa de bus conductor.

La capa de bus conductor 600 de ciertas realizaciones comprende un material conductor, incluyendo pero no limitado a, metales, materiales compuestos, y aleaciones. Materiales conductores ejemplares para la capa de bus conductor 600 incluyen, pero no se limitan a, titanio, cromo, níquel y aluminio. En ciertas realizaciones, el grosor de la capa de bus conductor 600 se encuentra en un intervalo de entre aproximadamente 0,1 micrómetros y aproximadamente 2 micrómetros medido en una dirección que es paralela a la dirección 903 en la figura 7B. Otros grosores también son compatibles con las realizaciones que se han descrito en la presente memoria descriptiva.

En ciertas realizaciones, como se muestra en la figura 7A, la capa de bus conductor 600 está situada por encima de la segunda capa de electrodo 1302. Las capas de bus conductor 600 de los moduladores forman una pluralidad de barras conductoras, que en la realización ejemplar que se ilustra en la figura 7A, se encuentran por encima de las segunda capas de electrodo 1302. Las barras conductoras de cada fila están conectadas eléctricamente unas con las otras y están aisladas eléctricamente de las barras conductoras de las otras filas. En ciertas realizaciones, cada barra conductora proporciona conexiones eléctricas entre un excitador de filas y las primeras capas de electrodo 902 de una fila correspondiente de moduladores. En ciertas realizaciones, la anchura de las barras conductoras que se desplazan a lo largo de las filas está comprendida en un intervalo entre aproximadamente 4 micrómetros y aproximadamente 10 micrómetros medida en una dirección que es perpendicular a la dirección 903 en la figura 7B. Otras anchuras son también compatibles con las realizaciones que se han descrito en la presente memoria descriptiva.

En la realización ejemplar que se ilustra en las figuras 7A - 7C, la capa de bus conductor 600 de un modulador está acoplada eléctricamente a la primera capa de electrodo 902 del modulador por una porción conductora de uno o más de los montantes de soporte 202 del modulador. Los montantes de soporte 202 proporcionan un soporte estructural a la capa móvil y a la segunda capa de electrodo 1302. En ciertas realizaciones, las porciones conductoras de los montantes de soporte 202 están acopladas eléctricamente a la capa de bus conductor 600 así como a la primera capa de electrodo 902, pero están aisladas eléctricamente de la segunda capa de electrodo 1302 por el material aislante 603, como se muestra en la figura 7B.

La figura 7C ilustra esquemáticamente un montante de soporte 202 de la porción de 3 x 3 del visualizador de moduladores interferométricos de la figura 7A compatible con realizaciones que se han descrito en la presente memoria descriptiva. Las bandas de sujeción 1300 se acoplan mecánicamente al montante de soporte 202, pero están aisladas eléctricamente de la capa de bus conductor 600 y de la porción eléctricamente conductora 700 del montante de soporte 200. La porción eléctricamente conductora 700 del montante de soporte 200 acopla eléctricamente la capa de bus conductor 600 a la primera capa de electrodo 902. Como se muestra en la figura 7C, la porción conductora eléctricamente 700 del montante de soporte 200 tiene una forma generalmente circular, como se ilustra por las líneas de trazos concéntricas. En ciertas otras realizaciones, la porción conductora 700 tiene otras formas de sección transversal (por ejemplo, cuadrada). En ciertas realizaciones, la porción conductora 700 es tubular, cilíndrica, o sólida. Las realizaciones de la porción conductora 700 pueden tener una sección transversal uniforme o no uniforme entre las capas de bus conductor 600 y las primeras capas de electrodo 902.

Ventajosamente, en las realizaciones que se ilustran esquemáticamente en las figuras 7A, 7B y 7C, la capa de bus conductor 600 está situada sobre la segunda capa de electrodo 1302 y separada de la trayectoria óptica de la luz que entra o que se refleja desde el modulador interferométrico. Por lo tanto, la capa de bus conductor 600 de tales realizaciones no interfiere con las propiedades ópticas del modulador interferométrico. Además, la capa de bus conductor 600 proporciona ventajosamente una trayectoria eléctrica entre la electrónica del excitador de filas de la matriz de moduladores interferométricos y la primera capa de electrodo 902 que tiene una resistencia eléctrica significativamente más baja que otras trayectorias eléctricas de otras configuraciones (por ejemplo, las primeras capas de electrodo 902 de una fila de moduladores interferométricos conectados en serie uno con el otro), lo que reduce ventajosamente la constante de tiempo RC en comparación con estas otras configuraciones.

La capa de bus conductor 600 de ciertas realizaciones se posiciona en diversas localizaciones en relación con las otras porciones del visualizador de moduladores interferométricos. En ciertas realizaciones, como se ilustra esquemáticamente en la figura 7A, la capa de bus conductor 600 se encuentra sobre la segunda capa de electrodo 1302. Como se describe a continuación, en ciertas otras realizaciones, la capa de bus conductor 600 se coloca dentro de o adyacente a la primera capa de electrodo 902, o entre la primera capa de electrodo 902 y la segunda capa de electrodo 1302. La capa de bus conductor 600 también puede estar situada por debajo de la primera capa de electrodo 902, o sustancialmente en el mismo plano que la segunda capa de electrodo 1302. Otras configuraciones de la capa de bus conductor 600 también son compatibles con las realizaciones que se han descrito en la presente memoria descriptiva.

La figura 8A ilustra esquemáticamente una porción de 3 x 3 ejemplar de un visualizador de moduladores interferométricos que tiene moduladores interferométricos en el que la capa de bus conductor 800 está situada por encima de la segunda capa de electrodo 1302 y está acoplada eléctricamente a la segunda capa de electrodo 1302. La figura 8B muestra una vista en sección transversal de la porción de 3 x 3 del visualizador de moduladores interfe-

rométricos de la figura 8A. En ciertas realizaciones, como se muestra en la figura 8A, las capas de bus conductor 800 de una columna de moduladores del visualizador se acoplan unas con las otras para formar una pluralidad de barras conductoras. La barra conductora de cada columna conecta eléctricamente las segundas capas de electrodo 1302 de la columna unas a las otras, y la barra conductora de cada columna está aislada eléctricamente de las barras conductoras de las otras columnas.

En ciertas realizaciones, cada barra conductora proporciona conexiones eléctricas entre un excitador de columna y las segunda capas de electrodo 1302 de la columna correspondiente de moduladores. En ciertas realizaciones, cada capa de bus conductor 800 está conectada eléctricamente a las segundas capas de electrodo correspondientes 1302 en una o más localizaciones. Como se ilustra en la figura 8B, la capa de bus conductor 800 está conectada a la segunda capa de electrodo 1302 sobre los montantes de soporte 202. En ciertas realizaciones, la anchura de las barras conductoras que se desplazan a lo largo de las columnas está comprendida en un intervalo entre aproximadamente 4 micrómetros y aproximadamente 10 micrómetros medida en una dirección que es perpendicular a la dirección 903 en la figura 8B. Otras anchuras son también compatibles con las realizaciones que se han descrito en la presente memoria descriptiva. Ventajosamente, la capa de bus conductor 800 proporciona una trayectoria eléctrica entre la electrónica del excitador de columnas de la matriz de moduladores interferométricos que tiene una resistencia eléctrica significativamente más baja que otras trayectorias eléctricas de otras configuraciones (por ejemplo, las segunda capas de electrodo 1302 de una columna de moduladores interferométricos conectados en serie unos con los otros), lo que reduce ventajosamente la constante de tiempo RC en comparación con otras configuraciones.

La figura 9A ilustra esquemáticamente una porción de 3 x 3 ejemplar de un visualizador de moduladores interferométricos que tiene moduladores interferométricos, en el que la capa de bus conductor 900 está situada entre la primera capa de electrodo 902 y la segunda capa de electrodo 1302. La figura 9B muestra una vista en sección transversal de la porción de 3 x 3 del visualizador de moduladores interferométricos de la figura 9A. En la realización ejemplar que se ilustra en la figura 9A, la capa de bus conductor 900 se encuentra por debajo de la segunda capa de electrodo 1302 y es una porción conductora de los montantes de soporte 202. En la realización que se ilustra esquemáticamente en la figura 9B, cada capa de bus conductor 900 está acoplada eléctricamente a cada primera capa de electrodo 902 de una fila de moduladores interferométricos y está aislada eléctricamente de las primeras capas de electrodo 902 de las otras filas de moduladores interferométricos.

La capa de bus conductor 900 de ciertas realizaciones de este tipo conecta eléctricamente un excitador de filas y las primeras capas de electrodo 902 de una fila correspondiente de moduladores interferométricos. El excitador de filas aplica selectivamente tensiones a través de la capa de bus conductor 900 a las primeras capas de electrodo 902 de los moduladores interferométricos de una fila del visualizador. La capa de bus conductor 900 proporciona una trayectoria eléctrica que tiene significativamente una resistencia eléctrica menor que las configuraciones que conectan eléctricamente las filas de los moduladores interferométricos sólo a través de las primeras capas de electrodo 902.

La figura 9C ilustra esquemáticamente una porción de 3 x 3 ejemplar de un visualizador de moduladores interferométricos que tiene moduladores interferométricos con una capa de bus conductor 1000 situada adyacente a, y acoplada eléctricamente a las primeras capas de electrodo 902 de una fila correspondiente de moduladores interferométricos. La figura 9D muestra una vista en sección transversal de la porción de 3 x 3 del visualizador de moduladores interferométricos de la figura 9C. La capa de bus conductor 1000 de ciertas realizaciones de este tipo conecta eléctricamente un excitador de filas y las primeras capas de electrodo 902 de una fila correspondiente de moduladores interferométricos, proporcionando de esta manera una trayectoria eléctrica entre el excitador de filas y el modulador interferométrico que tiene una resistencia eléctrica significativamente menor que otras configuraciones que conectan eléctricamente las filas de los moduladores interferométricos sólo a través de las primeras capas de electrodo 902. En la realización ejemplar que se ilustra en la figura 9D, la capa de bus conductor 1000 está posicionada entre los montantes de soporte 202 y cerca de la periferia de una primera capa de electrodo subyacente 902. La capa de bus conductor 1000 está acoplada eléctricamente a la primera capa de electrodo subyacente 902.

El material para la capa de bus conductor 1000 se selecciona para mejorar la conductividad a través de las primeras capas de electrodo 902. En ciertas realizaciones, la capa de bus conductor 1000 comprende aluminio u otro material conductor. A diferencia de las primeras capas de electrodo 902 de ciertas realizaciones, el material seleccionado para la capa de bus conductor 1000 puede ser opaco. En ciertas realizaciones, la capa de bus conductor 1000 tiene una anchura comprendida en un intervalo de entre aproximadamente 4 micrómetros y aproximadamente 10 micrómetros medida en una dirección que es perpendicular a la dirección 903 en la figura 9D.

En ciertas realizaciones, una capa dieléctrica 906 está situada entre la capa de bus conductor 1000 y las capas superficiales reflectantes 901. La capa dieléctrica 906 de esas realizaciones evita ventajosamente el contacto entre la capa de bus conductor 1000 y la capa de superficie reflectante 901 del modulador interferométrico.

En ciertas realizaciones, la localización de la capa de bus conductor 1000 por debajo de la capa de superficie reflectante 901 puede impactar negativamente en el rendimiento óptico del modulador interferométrico debido el bloqueo de al menos una porción de la luz entrante y reflejada del modulador interferométrico. Para reducir el impacto visual de la capa de bus conductor 1000 sobre el rendimiento óptico del modulador interferométrico, se pueden utilizar

capas de bus conductor 1000 con anchuras menores medidas en una dirección que es perpendicular a la dirección 903 en la figura 9D.

La figura 9E muestra una vista en sección transversal de otra realización de la porción de 3 x 3 del visualizador de moduladores interferométricos de la figura 9C. Los moduladores interferométricos del visualizador que se ilustra en la figura 9E tienen un material de máscara 1002 generalmente alineado con las capas de bus conductor 1000 de los moduladores interferométricos y situado entre las capas de bus conductor 1000 y el lado de de vista del visualizador de 3 x 3 moduladores interferométricos. El material de la máscara 1002 es un material generalmente opaco y absorbente ópticamente con una anchura suficiente para bloquear la incidencia de la luz entrante que impacta contra las capas de bus conductor 1000. En la realización que se ilustra en la figura 9E, el material de máscara 1002 es un generalmente coplanar en una capa 1004 con un material ópticamente transmisible (por ejemplo, SiO<sub>2</sub>) que transmite la luz que entra a los moduladores y la luz reflejada desde los moduladores.

La figura 10A ilustra esquemáticamente una porción de 3 x 3 ejemplar de un visualizador de moduladores interferométricos que tiene moduladores interferométricos con una primera capa de bus conductor 1100 situada sobre la segunda capa de electrodo 1302 y una segunda capa de bus conductor 1102 situada sobre la primera capa de bus conductor 1100. La figura 10B muestra una vista en sección transversal del visualizador de 3 x 3 de moduladores interferométricos de la figura 10A. La primera capa de bus conductor 1100 está acoplada eléctricamente a través de una porción conductora de al menos un montante de soporte 202 a las primeras capas de electrodo 902 de una fila de moduladores interferométricos. La segunda capa de bus conductor 1102 está acoplada eléctricamente a las segundas capas de electrodo 1302 de una columna de moduladores interferométricos. La primera capa de bus conductor 1100 está aislada eléctricamente de la segunda capa de bus conductor 1102 por medio de porciones aislantes 605 de los montantes de soporte 202.

En la figura 10B, la primera capa de bus conductor 1100 está acoplada eléctricamente a la primera capa de electrodo 902 a través de una porción conductora de uno o más montantes de soporte 202. La segunda capa de bus conductor 1102 está acoplada eléctricamente a la segunda capa de electrodo 1302 en localizaciones sobre uno o más montantes de soporte 202.

En ciertas realizaciones, la trayectoria de menor resistencia proporcionada por las capas de bus conductor reduce ventajosamente la constante de tiempo RC del circuito. Los tiempos RC ejemplares para una pluralidad de moduladores interferométricos que tienen sus primeras capas de electrodo 902 acopladas eléctricamente en serie puede variar de 5 microsegundos a 100 microsegundos, dependiendo del número de moduladores interferométricos. Esta misma pluralidad de moduladores interferométricos puede tener una resistencia tan alta como 30 - 50 ohmios / cuadro. El uso de las capas de bus conductor para conectar eléctricamente los excitadores de filas y columnas a las primeras capas de electrodo correspondientes 902 y a las segundas capas de electrodo 1302 de la pluralidad de moduladores interferométricos puede reducir la resistencia eléctrica del circuito, reduciendo así la constante de tiempo RC.

### **Procedimiento de fabricación de bus conductor sobre la capa mecánica**

Una serie de etapas de procesamiento ejemplares para la formación de una estructura de bus conductor situada por encima de una segunda capa de electrodo 1302 se ilustra esquemáticamente en las figuras 11 (A) - 11 (Q). La figura 11 (A) muestra el depósito de una máscara negra 1800 sobre un sustrato 1106. En ciertas realizaciones, la máscara negra 1800 comprende molibdeno.

La figura 11 (B) muestra la máscara negra 1800 configurada y grabada químicamente para formar islas en la parte superior del sustrato 1106. La figura 11 (C) muestra el depósito de una capa de óxido 1802 sobre la máscara negra 1800 y el sustrato 1106, y la deposición de una capa metálica 904 y una primera capa de electrodo 902 sobre la capa de óxido 1802. En ciertas realizaciones, la capa metálica 904 comprende cromo y la primera capa de electrodo 902 comprende óxido de estaño e indio (ITO).

La figura 11 (D) muestran la primera capa de electrodo 902 y la capa metálica 904 que está configurada y grabada químicamente para formar electrodos y moduladores interferométricos compatibles con columnas, filas u otras configuraciones útiles de acuerdo con el diseño de visualizador. En la realización ejemplar que se ilustra en las figuras 11 (A) - 11 (Q), la primera capa de electrodo 902 es utilizable como un electrodo de columna.

Una capa dieléctrica 906 (por ejemplo, de óxido de silicio) está formada sobre la capa metálica 904, la primera capa de electrodo 902, y la capa de óxido 1802, como se ilustra en la figura 11 (D).

La figura 11 (E) muestra la formación de una capa de sacrificio 1804. La capa de sacrificio 1804 determina la dimensión de la cavidad sobre la cual se suspende la superficie reflectante 901. Las propiedades de interferencia de las cavidades se ven afectadas directamente por su profundidad. Ciertas realizaciones que tienen moduladores interferométricos de color forman moduladores que tiene cavidades de diferentes profundidades que proporcionan los colores quiescentes resultantes rojo, verde y azul. Para producir estas diferentes dimensiones de la cavidad, un

grosor diferente de la capa de sacrificio 1804 se deposita para cada uno de los diferentes moduladores interferométricos de color.

5 Por ejemplo, en ciertas realizaciones, una primera capa de sacrificio es depositada, enmascarada y configurada, definiendo la primera capa de sacrificio el área de un primer modulador. Una segunda capa de sacrificio se deposita a continuación y se configura para definir el área combinada del primer modulador definido más arriba y un segundo modulador. Los grosores combinados de la primera capa de sacrificio y de la segunda capa de sacrificio en el área del primer modulador interferométrico es mayor que el grosor de la segunda capa de sacrificio en el área del segundo modulador interferométrico. Posteriormente, en ciertas realizaciones, se forma una tercera capa de sacrificio sobre la segunda capa de sacrificio que define el área combinada del primer, segundo y tercer modulador interferométrico para cada conjunto de moduladores interferométricos de colores. Esta tercera capa de sacrificio no necesita ser configurada en ciertas realizaciones, ya que su grosor estará incluido en los tres moduladores del conjunto de moduladores interferométricos de color.

15 Las tres capas de sacrificio individuales que se han descrito en la presente memoria descriptiva pueden ser de diferentes grosores. De esta manera, el primer modulador del conjunto de moduladores interferométricos de color tendrá una profundidad de la cavidad igual a los grosores combinados de las tres capas de sacrificio. El segundo modulador del conjunto de moduladores interferométricos de color tendrá una profundidad de la cavidad igual a los grosores combinados de dos de las tres capas de sacrificio. El tercer modulador del conjunto de moduladores interferométricos de color tendrá una profundidad de la cavidad igual al grosor de una de las tres capas de sacrificio. Cuando se retiran las capas de sacrificio, las dimensiones de la cavidad variarán de acuerdo con los diversos grosores combinados de las tres capas de sacrificio, resultando en tres diferentes colores tales como rojo, verde y azul.

La figura 11 (F) ilustra la deposición de una capa de superficie reflectante 1901 sobre la capa dieléctrica 906. En la figura 11 (G), la capa de superficie reflectante 1901 fue configurada y grabada químicamente para formar islas de la capa de superficie reflectante 1901.

25 La figura 11 (H) ilustra la deposición de una capa de sacrificio 1810 sobre la capa de superficie reflectante 1901 y la capa dieléctrica 906. En ciertas realizaciones, la capa de sacrificio 1810 comprende molibdeno.

30 En la figura 11 (I) la capa de sacrificio 1810 ha sido configurada y grabada químicamente para formar orificios de bus conductor 1812 y los orificios de la capa de superficie reflectante 1814. Los orificios de bus conductor 1812 se extienden a través de la capa de sacrificio 1810 y de capas de intervención hasta la primera capa de electrodo 902. Los orificios de la capa de superficie reflectante 1814 se extienden a través de la capa de sacrificio 1810 hasta la capa de superficie reflectante 1901.

35 En la figura 11 (J), una capa conductora 1816 se deposita sobre la capa de sacrificio 1810 y en los orificios de bus conductor 1812 y en los orificios de la capa de superficie reflectante 1814. La capa conductora 1816 está acoplada eléctricamente a la primera capa de electrodo 902 a través de los orificios de bus conductor 1812. La capa conductora 1816 también está acoplada eléctricamente a la capa de superficie reflectante 1901 a través de los orificios de la capa de superficie reflectante 1814.

En la figura 11 (K), la capa conductora 1816 está configurada y grabada químicamente para formar una estructura de bus conductor 1820 y los conectores 1818 de la capa de superficie reflectante. Los conectores de la capa de superficie reflectante 1818 que se ilustran en la figura 11 (K) están aislados eléctricamente de la estructura de bus conductor 1820.

40 En la figura 11 (L), se deposita una capa dieléctrica 1824. En la figura 11 (M), la capa dieléctrica 1824 está configurada y grabada químicamente para eliminar porciones de la capa dieléctrica 1824 en las regiones situadas entre la estructura de bus conductor 1820 y los conectores 1818 de la capa de superficie reflectante.

45 La figura 11 (N) ilustra la deposición de una capa de sacrificio 1826. En la figura 11 (O), la capa de sacrificio 1826 está configurada y grabada químicamente para formar mesetas 1828 para una segunda capa de electrodo 1302. En la figura 11 (P), la segunda capa de electrodo 1302 ha sido depositada, configurada, y grabada químicamente. En la figura 11 (Q), las capas de sacrificio 1804, 1810, 1826 se eliminan, lo que hace que el modulador interferométrico tenga la estructura de bus 1820.

Sola, o en combinación con las características que se han descrito más arriba, la capacitancia de los moduladores interferométricos puede ser reducida. La reducción de la capacitancia del circuito reduce la constante de tiempo RC.

#### 50 **Velocidad de actualización**

El tiempo requerido para cargar y descargar o modificar la tensión aplicada a través de la primera capa de electrodo 902 y de la segunda capa de electrodo 1302 afecta a la velocidad de actualización del visualizador. Por ejemplo, una disminución en el tiempo de reacción de la segunda capa de electrodo 1302 a los cambios en la tensión aplicada

permite que el visualizador se actualice en menos tiempo. Un visualizador que se actualiza más rápidamente puede proporcionar una transición menos notable entre los marcos posteriores.

### Resolución de la imagen

5 En ciertas realizaciones, el uso de una estructura de bus conductor que comprende líneas de encaminamiento complejas a lo largo de la parte trasera de una matriz de moduladores interferométricos mejora las técnicas de visualización en escala de grises. Las técnicas para visualizar una imagen en escala de grises incluyen la subdivisión de píxeles en una pluralidad de módulos interferométricos o subpíxeles más pequeños. Al tener más subpíxeles en cada píxel, se pueden lograr escalas de grises más profundas. Sin embargo, el aumento del número de subpíxeles aumenta la complejidad del encaminamiento requerido a los excitadores de filas y columnas situados en el perímetro de la matriz de visualización.

10 En ciertas realizaciones, el uso de una estructura de bus conductor mejora la visualización de escala de grises. En la modulación temporal, cada modulador interferométrico de una imagen en escala de grises es pulsada o actualizada rápidamente para que el espectador perciba que el visualizador está exhibiendo variaciones en el nivel de intensidad. En ciertas realizaciones, la frecuencia de actualización o de modulación del modulador interferométrico se incrementa con la incorporación de una o más de las modificaciones que se han descrito más arriba. La frecuencia de actualización se puede calcular mediante el siguiente cálculo:

$$T_{\text{línea}} = T_{\text{rc}} + T_{\text{modulador interferométrico}}$$

en el que  $T_{\text{línea}}$  es el tiempo para actualizar 1 línea

$T_{\text{rc}}$  es el tiempo RC para la línea

20  $T_{\text{modulador interferométrico}}$  es el tiempo de respuesta mecánica del modulador interferométrico

Entonces:

$$T_{\text{actualización}} = n_{\text{filas}} \times T_{\text{línea}}$$

en el que  $T_{\text{actualización}}$  es el tiempo que se precisa para actualizar la pantalla completa

25  $n_{\text{filas}}$  es el número de filas en el visualizador

Entonces:

$$\text{Velocidad de Actualización de la Pantalla} = 1 / T_{\text{actualización}}$$

en la que la Velocidad de Actualización de la Pantalla es la velocidad de actualización del visualizador completa, por lo general en Hz.

30 Por lo tanto, cuando  $T_{\text{rc}}$  es disminuido con el uso del bus conductor,  $T_{\text{línea}}$  disminuye y  $T_{\text{actualización}}$  disminuye. Cuando disminuye  $T_{\text{actualización}}$ , la Velocidad de Actualización de la Pantalla aumenta y mejora la modulación temporal.

35 Haciendo referencia de nuevo a las figuras 7A y 7B, la primera capa de electrodo 902 tiene una conductividad intrínseca que depende del material seleccionado para la primera capa de electrodo 902. La resistencia del circuito eléctrico del modulador interferométrico se puede reducir por medio de la utilización de un material para el primer electrodo 902 que tenga una conductividad superior. En ciertas realizaciones, el material seleccionado para la primera capa de electrodo 902 comprende óxido de estaño y zinc (ZnTO), que tiene una conductividad mayor en comparación con el óxido de indio y estaño (ITO).

40 El grosor de la primera capa de electrodo 902 puede variar. En ciertas realizaciones, el grosor puede estar comprendido entre 300 angstroms y 2000 angstroms medido en una dirección que es paralela a la dirección 903 en la figura 7B. Se pueden utilizar otros grosores de la primera capa de electrodo 902.

45 Un material con una constante dieléctrica baja se puede seleccionar para la capa de óxido o material dieléctrico 906 que separa la primera capa de electrodo 902 de la segunda capa de electrodo 1302. El dieléctrico aísla eléctricamente la segunda capa de electrodo 1302 de la primera capa de electrodo 902 lo que permite que una carga o tensión sea almacenada entre las capas de electrodo primera y segunda. La capa dieléctrica 906 permite además que la tensión o la carga formen una fuerza electrostática que actúa sobre la segunda capa de electrodo 1302. Un material que tiene una constante dieléctrica baja reduce ventajosamente la constante de tiempo RC del circuito eléctrico. Por ejemplo, un material de baja constante dieléctrica (K) puede tener una constante dieléctrica menor que un di-

eléctrico hecho de dióxido de silicio (3,8). En ciertas realizaciones, la constante dieléctrica de la capa dieléctrica 906 es tan baja como 2,0.

**Reducir la capacitancia**

5 Diferentes y adicionales materiales pueden ser añadidos para reducir la capacitancia del circuito eléctrico. En ciertas realizaciones, el material seleccionado para la capa dieléctrica 906 puede reducir la capacitancia del circuito eléctrico. Estos materiales incluyen vidrio hilado, SiN, SiO<sub>2</sub>, AlO<sub>2</sub>, y materiales compuestos de uno o más de estos materiales.

10 En ciertas realizaciones, una segunda capa dieléctrica 104 está dispuesta entre la capa metálica 904 y la primera capa de electrodo 902. En ciertas realizaciones, como se ilustra en la figura 12, la segunda capa dieléctrica 104 está situado entre la capa metálica 904 y la primera capa de electrodo 902. Esta capa dieléctrica añadida 104 lo es además de la capa dieléctrica o de óxido 906. En tales realizaciones, la capa dieléctrica 104 separa las funciones ópticas de la capa metálica 904 de las funciones eléctricas de la primera capa de electrodo 902. En ciertas realizaciones, esta configuración no afecta negativamente a la calidad de imagen del visualizador.

15 En ciertas realizaciones de moduladores interferométricos, la reducción en la capacitancia debido a la adición de la segunda capa dieléctrica 104 es una función de los grosores de la capa dieléctrica 906 y de la segunda capa dieléctrica 104 cuando la superficie reflectante 901 está en la posición "cercana". En ciertas realizaciones, las dos capas dieléctricas 906, 104 comprenden el mismo material, mientras que en otras realizaciones, las dos capas dieléctricas comprenden diferentes materiales. La capacitancia de un modulador interferométrico puede ser aproximada por la ecuación que sigue cuando la capa dieléctrica 906 y la segunda capa dieléctrica 104 son del mismo material.

20  $Capacitancia \sim (\text{Área de la superficie reflectante } 901) \times (\text{Constante Dieléctrica}) \times (\text{Constante de Permisividad}) / (\text{Grosor del Dieléctrica Superior } 906 + \text{Grosor del Dieléctrico Inferior } 104).$

En ciertas realizaciones, el grosor de la capa dieléctrica 906 puede variar. Como se ilustra en la figura 13, la capa dieléctrica 906 comprende uno o más espacios de aire 1900 incrustados dentro de la capa dieléctrica 906.

25 Las figuras 14 y 17 ilustran un conjunto de moduladores interferométricos adyacentes 110 dispuestos en filas y columnas, teniendo cada uno una porción central de la primera capa de electrodo 902 que está aislada eléctricamente de una porción periférica de la primera capa de electrodo 902. En ciertas realizaciones, los cortes en la capa de primer electrodo 902 separan la porción central de la porción periférica. En ciertas de realizaciones de este tipo, el área de la porción de la primera capa de electrodo 902 que participa en la excitación del modulador interferométrico se reduce, reduciendo de ese modo la capacitancia del circuito.

30 En ciertas realizaciones, sólo la porción periférica contribuye a la zona eléctricamente activa de la primera capa de electrodo 902. En ciertas realizaciones de este tipo, las porciones periféricas están conectadas eléctricamente a una estructura de bus conductor. En otras ciertas realizaciones, sólo la porción central contribuye a la zona eléctricamente activa de la primera capa de electrodo 902. En ciertas realizaciones de este tipo, las porciones centrales están conectadas eléctricamente a una estructura de bus conductor. Las figuras 15 y 16 son secciones transversales de dos moduladores interferométricos adyacentes de la figura 14 que tienen una porción de centro 902 eléctricamente activa (a) que está aislada eléctricamente de una porción periférica 902 (b) de ambos moduladores interferométricos.

35 La figura 17 ilustra una matriz de moduladores interferométricos 112 que están dispuestos en filas y columnas, teniendo cada modulador interferométrico 112 una primera capa de electrodo 902 con una porción de columna 902 (c) que está aislada eléctricamente de dos porciones periféricas 902 (d), 902 (e) de la primera capa de electrodo 902. En ciertas realizaciones, una o más de las porciones periféricas 902 (c), 902 (d), 902 (e) contribuyen a la zona eléctricamente activa de la primera capa de electrodo 902 y una o más de las porciones periféricas 902 (c), 902 (d), 902 (e) no contribuye a la zona eléctricamente activa de la primera capa de electrodo 902. La figura 18 es una vista en sección transversal de dos moduladores interferométricos 112 de la figura 17 que tiene porciones periféricas eléctricamente activas 902 (d), 902 (e) aisladas eléctricamente de porciones de columna no eléctricamente activas 902 (c) de ambos moduladores interferométricos.

40 Las figuras 19 y 20 ilustran una realización de un modulador interferométrico que tiene una primera capa de electrodo 902 que comprende más de dos zonas eléctricamente activas 404 (a) - (e). Juntas, las zonas eléctricamente activas 404 (a) - (e) y la segunda capa de electrodo 1302 forman una fuerza electrostática que tira de la segunda capa de electrodo 1302 hacia las zonas eléctricamente activas 404 (a) - (e). A medida que la segunda capa de electrodo 1302 se mueve hacia las zonas eléctricamente activas 404 (a) - (e), la superficie reflectante 901 se mueve una distancia correspondiente con respecto al sustrato 1106 y a la capa metálica 904. El movimiento de la superficie reflectante 901 dispone al modulador interferométrico en "CONECTADO" o "DESCONECTADO", como se ha descrito más arriba. Al desacoplar las dos funciones, el área de la porción eléctricamente activa de la capa óptica (o de la capa mecánica) puede ser reducida para que sea menor que el área de la porción óptica de la capa óptica (o de la capa de mecánica).

55

### Reducir el consumo de energía

Un beneficio adicional de reducir la resistencia o la capacitancia del circuito es una reducción en el consumo de energía. Por ejemplo, para cargar y descargar una gran variedad de moduladores interferométricos, los excitadores de columnas y filas requieren energía para cargar y descargar los moduladores interferométricos. Mediante la reducción de la capacitancia de los moduladores interferométricos individuales, los excitadores de filas y columnas pueden aplicar una tensión inferior cuando excitan a cada modulador interferométrico. En ciertas realizaciones, una reducción en la tensión de activación se logra cambiando la rigidez mecánica del módulo interferométrico y / o afectando la intensidad de la fuerza electrostática dentro del modulador interferométrico.

Por ejemplo, los cambios geométricos del módulo interferométrico pueden reducir la rigidez mecánica de la segunda capa de electrodo 1302. Los cambios geométricos ejemplares incluyen el aumento de la separación entre los montantes de soporte adyacentes 202 o el cambio de la forma de la segunda capa de electrodo 1302. En ciertas realizaciones, el aumento de la separación nominal entre los montantes de soporte 202 aumenta la flexibilidad de la segunda capa de electrodo 1302 unida a los mismos. Este aumento en la flexibilidad permite que la segunda capa de electrodo 1302 y la superficie reflectante 901 cambien de estado en respuesta al excitador de columnas o filas que aplica una tensión de activación inferior.

En ciertas realizaciones, como se muestra en la figura 21, la geometría de la segunda capa de electrodo 1302 puede ser cambiada con el fin de simular un resorte mecánico. El diseño del resorte mecánico desacopla la superficie reflectante 901 de la segunda capa de electrodo 1302. Las bandas de sujeción 120 constituyen una porción elástica mientras que la superficie reflectante 901 se mueve hacia arriba y hacia abajo. En ciertas realizaciones, la superficie reflectante 901 comprende una porción de un cuerpo rígido, tal como una capa de superficie reflectante. De esta manera, las bandas de sujeción 120 y la superficie reflectante 901 se desacoplan ya que el movimiento de una no afecta sustancialmente a la otra.

La selección del material para la segunda capa de electrodo 1302 puede afectar a la tensión de activación. Seleccionar un material más conforme aumenta la flexibilidad de la segunda capa de electrodo 1302. De esta manera, en ciertas realizaciones, los excitadores de filas y columnas aplican una tensión de activación más baja y aún así logran el desplazamiento deseado de la capa de superficie reflectante. En ciertas realizaciones, la segunda capa de electrodo 1302 comprende un material más conforme tal como el aluminio para permitir que la capa de superficie reflectante 901 responda a una tensión de activación menor que produce una segunda capa de electrodo 1302 que comprende níquel. Otros materiales ejemplares que se podrían utilizar para la segunda capa de electrodo 1302 incluyen, pero no se limitan a, Cr, Cu, materiales compuestos hechos de óxidos y metales (por ejemplo, nitruro de silicio recubierto con aluminio), películas orgánicas reforzadas por metal (por ejemplo, fotorresistente recubierto con cualquiera de los ejemplos metálicos). La rigidez mecánica de la segunda capa de electrodo 1302 se puede reducir aún más mediante la reducción del grosor de la segunda capa de electrodo 1302. En ciertas realizaciones, la segunda capa de electrodo 1302 tiene un grosor de aproximadamente 500 angstroms.

Otra técnica en ciertas realizaciones para reducir la tensión de activación es cambiar la intensidad del campo eléctrico creado entre la primera capa de electrodo 902 y la segunda capa de electrodo 1302. La fuerza del campo eléctrico se incrementa configurando la primera capa de electrodo 902 para reducir la cantidad de área eléctricamente activa. De esta manera, se reduce el área del modulador interferométrico que forma la porción eléctricamente activa. La configuración del electrodo que disminuye el área eléctricamente activa, como se ilustra en las figuras 14 - 18 tiene el efecto de aumentar la tensión de accionamiento suponiendo que todos los otros parámetros se mantienen constantes.

La tensión de activación se puede reducir aún más en ciertas realizaciones mediante la selección de materiales para las una o más capas dieléctricas 906 que tienen constantes dieléctricas más altas. Como primera medida, la relación entre la constante dieléctrica y la tensión de accionamiento es:

$$V \sim 1/(K^{1/2}).$$

La tensión es inversamente proporcional a la raíz cuadrada de la constante dieléctrica. Por lo tanto, a medida que aumenta la constante, se necesita menos tensión para tirar de la segunda capa de electrodo 1302 hacia la primera capa de electrodo 902. Los materiales con constantes dieléctricas más altas aumentan la atracción electrostática resultante entre las capas de electrodo primera y segunda.

Una configuración posible de píxeles 602 de acuerdo con ciertas realizaciones se muestra en la figura 22. Esta vista es como se ve por el espectador desde la superficie frontal de un sustrato 106, y se compone de nueve elementos, tres para cada uno de los colores rojo, verde y azul. Los moduladores 1400 (a), 1400 (b), 1400 (c) puede corresponder a rojo, 1400 (d), 1400 (e), 1400 (f) a verde y 1400 (g), 1400 (h), 1400 (i) a azul, como se muestra. La matriz de moduladores interferométricos en la realización que se ilustra esquemáticamente en la figura 22 está dispuesta en una matriz de N x N con el fin de proporcionar una superficie de visualización para una imagen.

Los tres colores diferentes (rojo, verde, y azul) se pueden conseguir en ciertas realizaciones variando la distancia entre el espejo y la pila óptica. Cuando se aplica una tensión a los moduladores, todos ellos se pueden mover una distancia uniforme hacia el electrodo o todos ellos se pueden mover diferentes distancias hacia el electrodo. De hecho, todos los nueve moduladores pueden atravesar la cavidad completa y moverse a una posición cercana que les ponga en contacto directo con el sustrato 106. Las dimensiones de las cavidades en el estado de reposo se muestran por las dimensiones verticales 1500, 1600 y 1700, en las figuras 23, 24 y 25, respectivamente. En una realización, las dimensiones verticales 1500, 1600 y 1700 son 4000 angstroms, 3000 angstroms y 2000 angstroms, respectivamente.

Los moduladores interferométricos son minúsculos, típicamente de 25 a 60 micrómetros por lado (400 - 1000 puntos cada 25,4 milímetros). Por lo tanto, en ciertas realizaciones, muchos elementos moduladores interferométricos pueden ser agrupados y excitados juntos como un píxel, o un subpíxel en un visualizador monocromo, de color o de escala de grises. Por ejemplo, cada modulador interferométrico puede corresponder a un único píxel de visualizador en un visualizador monocromo. Para visualizadores de color o de escala de grises, el color o la intensidad de cada modulador interferométrico en ciertas realizaciones es determinado por el tamaño del espacio de aire entre las capas ópticas y mecánicas. Múltiples subelementos que tienen diferentes intensidades o colores forman un píxel de escala de grises o de color. Para crear un visualizador de panel plano, se fabrican una gran variedad de moduladores interferométricos en el formato deseado (por ejemplo, VGA de 12,7 cm de color completo) y se empaquetan.

La superficie reflectante 901 del modulador 1400(a) en ciertas realizaciones puede tener soportes de respaldo, una capa flexible e interfaces de montante de soporte diseñados para hacer que la superficie reflectante 901 se disponga a una distancia 1500. La superficie reflectante 901 del modulador 1400 (d) en ciertas realizaciones puede tener soportes de respaldo, una capa flexible, e interfaces de montante de soporte diseñados para hacer que la capa de superficie reflectante se disponga a una distancia 1600 que es menor que la distancia 1500. Finalmente, la capa de superficie reflectante 901 del modulador 1400 (g) en ciertas realizaciones puede tener soportes de respaldo, una capa flexible e interfaces de montante de soporte diseñados para hacer que la capa de superficie reflectante se disponga a una distancia 1700 que es menor que la distancia 1600. De esta manera, el control de las propiedades mecánicas y / o de las restricciones físicas de los soportes en ciertas realizaciones hace que se creen las tres dimensiones diferentes de la cavidad, y por lo tanto tres diferentes colores de los píxeles.

Alternativamente, las diferentes características de la capa flexible y de los soportes podrían ser manipuladas para hacer que la capa de superficie reflectante 901 se mueva distancias diferentes tras la aplicación de la misma tensión. Como otra alternativa, los moduladores pueden tener las mismas estructuras, pero diferentes tensiones aplicadas para diferentes colores.

Las figuras 26A y 26B son diagramas de bloques del sistema que ilustran una realización de un dispositivo visualizador 2040. El dispositivo visualizador 2040 puede ser, por ejemplo, un teléfono celular o móvil. Sin embargo, los mismos componentes del dispositivo visualizador 2040 o ligeras variaciones de los mismos también son ilustrativos de varios tipos de dispositivos visualizadores como televisores y reproductores de medios portátiles.

El dispositivo visualizador 2040 incluye una carcasa 2041, un visualizador 2030, una antena 2043, un altavoz 2045, un dispositivo de entrada 2048, y un micrófono 2046. La carcasa 2041 se forma generalmente a partir de cualquiera de una variedad de procesos de fabricación que son bien conocidos por los expertos en la técnica, incluyendo moldeado por inyección, y formación por vacío. Además, la carcasa 2041 puede estar hecha de cualquiera de una variedad de materiales, incluyendo pero sin limitarse a plástico, metal, vidrio, caucho, y cerámica, o una combinación de los mismos. En una realización, la carcasa 2041 incluye porciones removibles (no mostradas) que pueden ser intercambiadas con otras porciones removibles de diferente color, o que contienen diferentes logotipos, imágenes o símbolos.

El visualizador 2030 del dispositivo visualizador ejemplar 2040 puede ser cualquiera de una variedad de visualizadores, incluyendo un visualizador biestable, como se describe en la presente memoria descriptiva. En otras realizaciones, el visualizador 2030 incluye un visualizador de panel plano, tal como plasma, EL, OLED, STN LCD o TFT LCD como se ha descrito más arriba, o un visualizador de panel no plano, tal como un CRT u otro dispositivo de tubo, como es bien sabido por los expertos en la técnica. Sin embargo, para los propósitos de describir la presente realización, el visualizador 2030 incluye un visualizador de moduladores interferométricos, tal como se describe en la presente memoria descriptiva.

Los componentes de una realización del dispositivo visualizador ejemplar 2040 se ilustran esquemáticamente en la figura 26B. El dispositivo visualizador ejemplar ilustrado 2040 incluye una carcasa 2041 y puede incluir componentes adicionales al menos parcialmente incluidos en el mismo. Por ejemplo, en una realización, el dispositivo visualizador ejemplar 2040 incluye una interfaz de red 2027 que incluye una antena 2043 que está acoplada a un transceptor 2047. El transceptor 2047 está conectado al procesador 2021, que está conectado a hardware de acondicionamiento 2052. El hardware de acondicionamiento 2052 puede estar configurado para acondicionar una señal (por ejemplo, filtrar una señal). El hardware de acondicionamiento 2052 está conectado a un altavoz 2045 y a un micrófono 2046. El procesador 2021 también está conectado a un dispositivo de entrada 2048 y a un controlador del excitador 2029.

El controlador del excitador 2029 está acoplada a una memoria tampón de trama 2028 y al excitador de matriz 2022, que a su vez está acoplado a una matriz de visualización 2030. Una fuente de alimentación 2050 proporciona potencia a todos los componentes requeridos por el diseño del dispositivo visualizador particular ejemplar 2040.

5 La interfaz de red 2027 incluye la antena 2043 y el transceptor 2047 de manera que el dispositivo visualizador ejemplar 2040 se pueda comunicar con uno o más dispositivos a través de una red. En una realización, la interfaz de red 2027 también puede tener algunas capacidades de procesamiento para aliviar requisitos del procesador 2021. La antena 2043 es cualquier antena conocida por los expertos en la técnica para transmitir y recibir señales. En una realización, la antena transmite y recibe señales de RF de acuerdo con el estándar IEEE 802. 11, incluyendo IEEE 802. 11 (a), (b), o (g). En otra realización, la antena transmite y recibe señales de RF de acuerdo con el estándar 10 BLUETOOTH. En el caso de un teléfono celular, la antena está diseñada para recibir CDMA, GSM, AMPS u otras señales conocidas que se utilizan para comunicarse dentro de una red de telefonía celular inalámbrica. El transceptor 2047 preprocesa las señales recibidas desde la antena 2043 de manera que puedan ser recibidas y manipuladas adicionalmente por el procesador 2021. El transceptor 2047 también procesa las señales recibidas desde el procesador 2021 de manera que puedan ser transmitidas desde el dispositivo visualizador ejemplar 2040 a través de la 15 antena 2043.

En una realización alternativa, el transceptor 2047 puede ser reemplazado por un receptor. En todavía otra realización alternativa, la interfaz de red 2027 puede ser sustituida por una fuente de imagen, que puede almacenar o generar datos de imagen para ser enviados al procesador 2021. Por ejemplo, la fuente de imagen puede ser un disco de vídeo digital (DVD) o un controlador de disco duro que contiene datos de imagen, o un módulo de software que 20 genera datos de imagen.

El procesador 2021 controla generalmente el funcionamiento global del dispositivo visualizador ejemplar 2040. El procesador 2021 recibe datos, tales como datos de imagen comprimidos desde la interfaz de red 2027 o de una fuente de imagen, y procesa los datos en datos de imagen en bruto o en un formato que se procesa fácilmente en datos de imagen en bruto. El procesador 2021 envía entonces los datos procesados al controlador del excitador 2029 o a la memoria tampón de trama 2028 para el almacenamiento. Los datos en bruto se refiere típicamente a la información que identifica las características de la imagen en cada localización dentro de una imagen. Por ejemplo, 25 tales características de imagen pueden incluir color, saturación, y el nivel de escala de grises.

En una realización, el procesador 2021 incluye un microcontrolador del excitador, CPU, o unidad lógica para controlar el funcionamiento del dispositivo visualizador ejemplar 2040. El hardware acondicionador 2052 generalmente incluye amplificadores y filtros para transmitir señales al altavoz 2045, y para recibir señales desde el micrófono 2046. El hardware acondicionador 2052 puede estar formado por componentes discretos dentro del dispositivo visualizador ejemplar 2040, o puede estar incorporado dentro del procesador 2021 o de otros componentes. 30

El controlador del excitador 2029 toma los datos de imágenes en bruto generados por el procesador 2021 o bien directamente desde el procesador 2021 o desde la memoria tampón de trama 2028 y vuelve a formatear los datos de imágenes en bruto apropiados para transmisión a alta velocidad al excitador de matriz 2022. Específicamente, el controlador del excitador 2029 reformatea los datos de imagen en bruto en un flujo de datos que tiene un formato en forma de ráster, de tal manera que tiene un orden de tiempo adecuado para la exploración a través de la matriz de visualización 2030. A continuación, el controlador del excitador 2029 envía la información formateada al excitador de matriz 2022. Aunque un controlador del excitador 2029, tal como un controlador LCD, está asociado a menudo con el procesador del sistema 2021 tal como un Circuito Integrado independiente (IC), tales controladores pueden implementarse de muchas maneras. Pueden estar incrustados en el procesador 2021 como hardware, incrustados en el procesador 2021 como software, o completamente integrados en el hardware con el excitador de matriz 2022. 35 40

Típicamente, el excitador de matriz 2022 recibe la información formateada desde el controlador del excitador 2029 y reformatea los datos de vídeo en un conjunto paralelo de formas de onda que se aplican muchas veces por segundo a los cientos y a veces miles de conductores procedentes de la matriz x - y de píxeles del visualizador. 45

En una realización, el controlador del excitador 2029, el excitador de matriz 2022, y la matriz de visualización 2030 son apropiados para cualquiera de los tipos de visualizador que se han descrito en la presente memoria descriptiva. Por ejemplo, en una realización, el controlador del excitador 2029 es un controlador de visualizador convencional o un controlador de visualizador biestable (por ejemplo, un controlador de modulador interferométrico). En otra realización, el excitador de matriz 2022 es un excitador convencional o un excitador de visualizador biestable (por ejemplo, un visualizador de moduladores interferométricos). En una realización, un controlador del excitador 2029 está integrado con el excitador de matriz 2022. Tal realización es común en los sistemas altamente integrados, tales como teléfonos celulares, relojes, y otros visualizadores de área pequeña. En todavía otra realización, la matriz de visualización 2030 es una matriz de visualización típica o una matriz de visualización biestable (por ejemplo, un visualizador que incluye una matriz de moduladores interferométricos). 50 55

El dispositivo de entrada 2048 permite a un usuario controlar el funcionamiento del dispositivo visualizador ejemplar 2040. En una realización, el dispositivo de entrada 2048 incluye un teclado, tal como un teclado QWERTY o un te-

clado de teléfono, un botón, un interruptor, un conmutador, una pantalla sensible al tacto, una membrana de presión o sensible al calor. En una realización, el micrófono 2046 es un dispositivo de entrada para el dispositivo visualizador ejemplar 2040. Cuando el micrófono 2046 se utiliza para introducir los datos al dispositivo, los comandos de voz pueden ser proporcionados por un usuario para controlar las operaciones del dispositivo visualizador ejemplar 2040.

5 La fuente de alimentación 2050 puede incluir una variedad de dispositivos de almacenamiento de energía, como es bien conocido en la técnica. Por ejemplo, en una realización, la fuente de alimentación 2050 es una batería recargable, tal como una batería de níquel - cadmio o una batería de iones de litio. En otra realización, la fuente de alimentación 2050 es una fuente renovable de energía, un condensador, o una célula solar, incluyendo una célula solar de plástico, y pintura de células solares. En otra realización, la fuente de alimentación 2050 está configurada para recibir energía de una toma de corriente.

10 En algunas implementaciones, la programabilidad de control reside, como se ha descrito más arriba, en un controlador del excitador que puede estar situado en varios lugares en el sistema de visualización electrónico. En algunos casos la programabilidad de control reside en el excitador de matriz 2022. Los expertos en la técnica reconocerán que la optimización que se ha descrito más arriba puede ser implementada en cualquier número de componentes de hardware y / o software y en varias configuraciones.

15 Aunque la descripción detallada anterior ha mostrado, descrito y señalado características novedosas de la invención como se aplica a varias realizaciones, se entenderá que diversas omisiones, sustituciones y cambios en la forma y detalles del dispositivo o procedimiento ilustrado pueden ser hechas por los expertos en la técnica sin apartarse del alcance de la invención tal como se define en las reivindicaciones adjuntas. Los procedimientos para la incorporación de las características que se han descrito más arriba con los moduladores interferométricos serán fácilmente evidentes a un experto ordinario en la técnica. Además, una o más de estas funciones puede ser adaptada para trabajar con cualquiera de las realizaciones, así como otras configuraciones de los moduladores interferométricos. Como se reconocerá, la presente invención se puede realizar en una forma que no ofrece todas las características y beneficios establecidos en la presente memoria descriptiva, ya que algunas características pueden ser usadas o practicadas por separado de las otras.

20

25

**REIVINDICACIONES**

1. Un dispositivo que comprende:
  - un sustrato (1106);
  - 5 una matriz de moduladores interferométricos formada sobre el sustrato (1106) y dispuestos en filas y columnas, comprendiendo cada modulador interferométrico:
    - una primera capa de electrodo (902) sobre el sustrato (1106);
    - una segunda capa de electrodo (1302) sobre el sustrato (1106);
    - 10 una superficie reflectante (901) sustancialmente paralela a la primera capa de electrodo (902) y que está acoplada a la segunda capa de electrodo (1302), siendo amovible la superficie reflectante (901) a lo largo de una dirección sustancialmente perpendicular a la superficie reflectante (901) y siendo amovible entre una primera posición y una segunda posición, estando la primera posición a una primera distancia de la primera capa de electrodo (902), estando la segunda posición a una segunda distancia de la primera capa de electrodo (902); y
    - 15 montantes de soporte (202) que proporcionan un soporte estructural a la capa reflectante amovible (901) y a la segunda capa de electrodo (1302);
    - en el que la primera capa de electrodo (902) conecta eléctricamente los moduladores interferométricos de la matriz en una fila, y la segunda capa de electrodo (1302) conecta eléctricamente los moduladores interferométricos de la matriz en una columna; y
    - 20 una capa de bus conductor (600, 800) acoplada eléctricamente a la primera capa de electrodo (902) o a la segunda capa de electrodo (1302) por una porción conductora de uno o más de los montantes de soporte (202);
    - en el que la combinación de la capa de bus conductor (600, 800) y la capa de electrodo a la que está acoplada proporciona una trayectoria eléctrica entre la electrónica del excitador de filas de la matriz y la primera capa de electrodo (902) o entre la electrónica del excitador de columnas de la matriz y la segunda capa de electrodo (1302), teniendo la trayectoria eléctrica una resistencia eléctrica menor que la que tendría si los moduladores interferométricos en una fila o los moduladores interferométricos en una columna estuviesen conectados solamente a través de las capas de electrodo primera o segunda, en el que la superficie reflectante (901) de cada modulador interferométrico se mueve entre la primera posición y la segunda posición en respuesta a una tensión aplicada a través de la primera capa de electrodo correspondiente (902) y de la segunda capa de electrodo correspondiente (1302).
2. El dispositivo de la reivindicación 1, en el que la capa de bus conductor (600) está conectada eléctricamente a la primera capa de electrodo (902).
3. El dispositivo de la reivindicación 1, en el que la capa de bus conductor (600) está conectada eléctricamente a la segunda capa de electrodo (1302).
4. El dispositivo de la reivindicación 1, en el que la capa de bus conductor (600) está posicionada por encima de la segunda capa de electrodo (1302).
5. El dispositivo de la reivindicación 1, en el que la capa de bus conductor (600) está posicionada adyacente a la primera capa de electrodo (902).
6. El dispositivo de la reivindicación 1, en el que la segunda capa de electrodo (1302) comprende la superficie reflectante (901).
7. El dispositivo de la reivindicación 1, que comprende, además, una capa reflectante acoplada a la segunda capa de electrodo (1302), en el que la capa reflectante comprende la superficie reflectante.
8. El dispositivo de la reivindicación 1, en el que la capa de bus conductor (600) comprende un metal conductor.
9. El dispositivo de la reivindicación 1, en el que la capa de bus conductor (600) comprende una aleación compuesta.

10. El dispositivo de la reivindicación 1, en el que la capa de bus conductor (600) comprende al menos uno de entre los siguientes materiales: aluminio, cromo, titanio y níquel.
11. El dispositivo de la reivindicación 1, en el que la capa de bus conductor (600) tiene un grosor comprendido entre 0,1 micrómetros y 2 micrómetros.
- 5 12. El dispositivo de la reivindicación 1, en el que la capa de bus conductor (600) comprende tiene una anchura comprendida entre 4 micrómetros y 10 micrómetros.
13. El dispositivo de la reivindicación 1, en el que la primera capa de electrodo (902) tiene un grosor comprendido entre 300 angstroms y 2000 angstroms.
14. El dispositivo de la reivindicación 1, que comprende además:
- 10 un procesador (21; 2021) que está en comunicación eléctrica con la citada capa de bus conductor (600), estando configurado el citado procesador (21; 2021) para procesar datos de imagen; y
- un dispositivo de memoria en comunicación eléctrica con el citado procesador.
15. El dispositivo de la reivindicación 14, que comprende, además:
- 15 un circuito de excitador (24, 26; 2022) configurado para enviar al menos una señal a la citada capa de bus conductor (600).
16. El dispositivo de la reivindicación 15, que comprende además:
- un controlador (22; 2209) configurado para enviar al menos una porción de los citados datos de imagen al citado circuito de excitador (24, 26; 2022).
17. El dispositivo de la reivindicación 14, que comprende además:
- 20 un módulo de fuente de imagen configurado para enviar los citados datos de imagen al citado procesador (21; 2021).
18. El dispositivo de la reivindicación 17, en el que el citado módulo de fuente de imagen comprende al menos uno de entre un receptor, un transceptor, y un transmisor.
19. El dispositivo de la reivindicación 14, que comprende, además:
- 25 un dispositivo de entrada (2048) configurado para recibir datos de entrada y para comunicar los citados datos de entrada al citado procesador (21; 2021).
20. Un procedimiento de fabricación de un dispositivo que comprende una matriz de moduladores interferométricos, comprendiendo el procedimiento:
- la proporción de un sustrato (1106);
- 30 la formación de los moduladores interferométricos, que comprende:
- formar una primera capa de electrodo (902) sobre el sustrato (1106);
- formar una segunda capa de electrodo (1302) sobre el sustrato (1106);
- 35 formar una superficie reflectante (901) sustancialmente paralela a la primera capa de electrodo (902) y acoplada a la segunda capa de electrodo (1302), siendo amovible la superficie reflectante (901) de cada modulador interferométrico a lo largo de una dirección sustancialmente perpendicular a la superficie reflectante (901), siendo amovible la superficie reflectante (901) de cada modulador interferométrico entre una primera posición y una segunda posición, estando situada la primera posición a una primera distancia de la primera capa de electrodo (902), estando situada la segunda posición a una segunda distancia de la primera capa de electrodo (902); y
- 40 formar montantes de soporte (202) para cada modulador interferométrico, que proporcionan un soporte estructural a la capa reflectante amovible (901) y a la segunda capa de electrodo (1302);
- en el que la primera capa de electrodo (902) conecta eléctricamente los moduladores interferométricos de la matriz en una fila, y la segunda capa de electrodo (1302) conecta eléctricamente los moduladores interferométricos de la matriz en una columna; y

formar una capa de bus conductor (600, 800) acoplada eléctricamente a la primera capa de electrodo (902) o a la segunda capa de electrodo (1302) por una porción conductora de uno o más de los montantes de soporte (202),

- 5 en el que la combinación de la capa de bus conductor (600, 800) y la capa de electrodo a la que está acoplada proporciona una trayectoria eléctrica entre la electrónica del excitador de filas de la matriz y el primer electrodo o entre la electrónica del excitador de columnas de la matriz y la segunda capa de electrodo (1302), teniendo la trayectoria eléctrica una resistencia eléctrica menor que la que tendría si los moduladores interferométricos en una fila o los moduladores interferométricos en una columna estuviesen conectados
- 10 solamente a través de las capas de electrodo primera o segunda, en el que la superficie reflectante (901) de cada modulador interferométrico se mueve entre la primera posición y la segunda posición en respuesta a una tensión aplicado a la capa de bus conductor (600).
21. El procedimiento de la reivindicación 20, en el que la capa de bus conductor (600) está acoplada eléctricamente a la primera capa de electrodo (902).
- 15 22. El procedimiento de la reivindicación 20, en el que la capa de bus conductor (600) está acoplada eléctricamente a la segunda capa de electrodo (1302).
23. El procedimiento de la reivindicación 20, en el que la capa de bus conductor (600) está posicionada por encima de la segunda capa de electrodo (1302).
24. El procedimiento de la reivindicación 20, en el que la capa de bus conductor (600) está posicionada adyacente a la primera capa de electrodo (902).
- 20 25. El procedimiento de la reivindicación 20, en el que la superficie reflectante (901) se encuentra sobre la segunda capa de electrodo (1302).
26. El procedimiento de la reivindicación 20, que comprende, además, proporcionar una capa reflectante acoplada a la segunda capa de electrodo (1302), en el que la capa reflectante comprende la superficie reflectante (901).

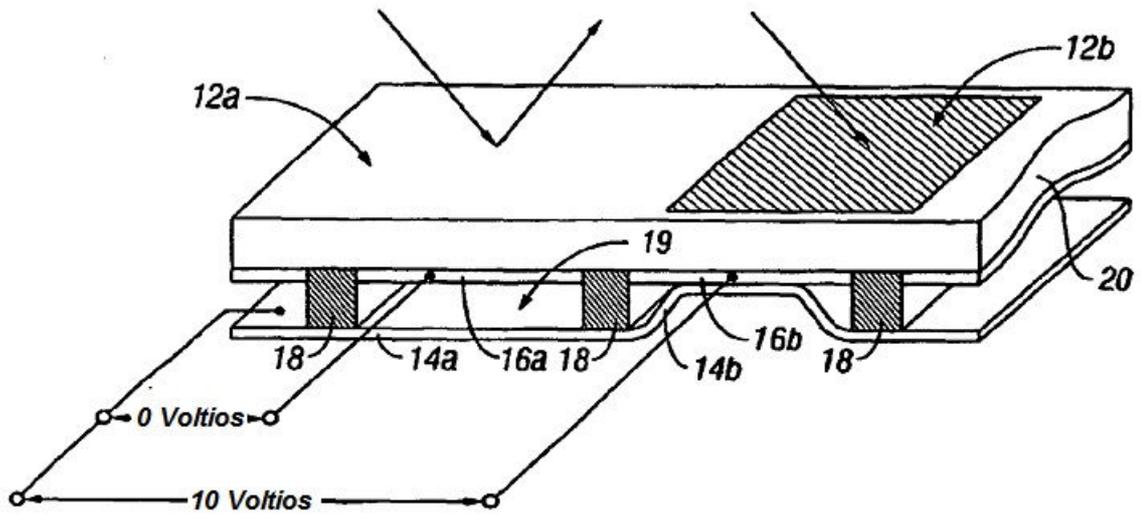


FIG. 1

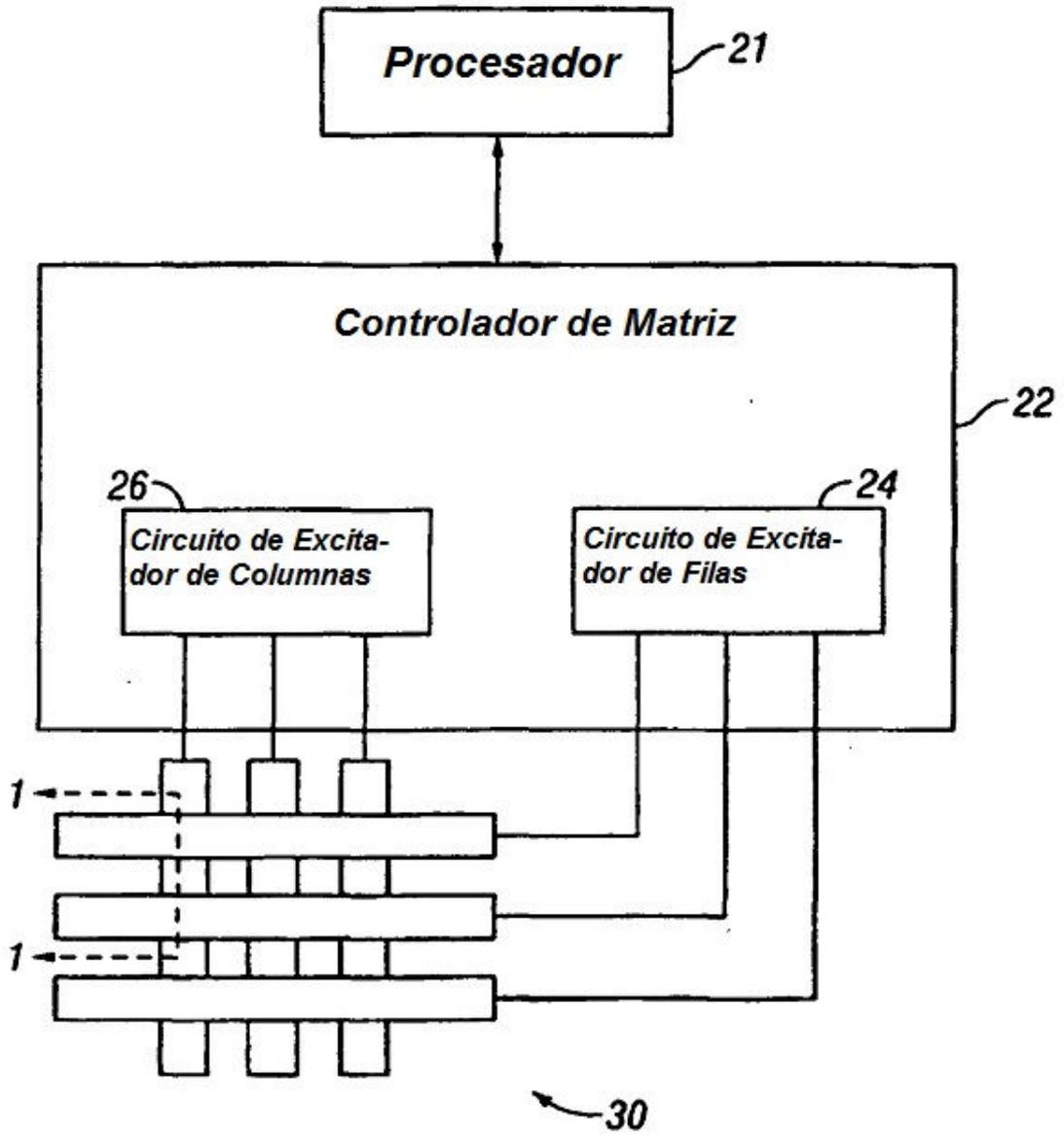


FIG. 2

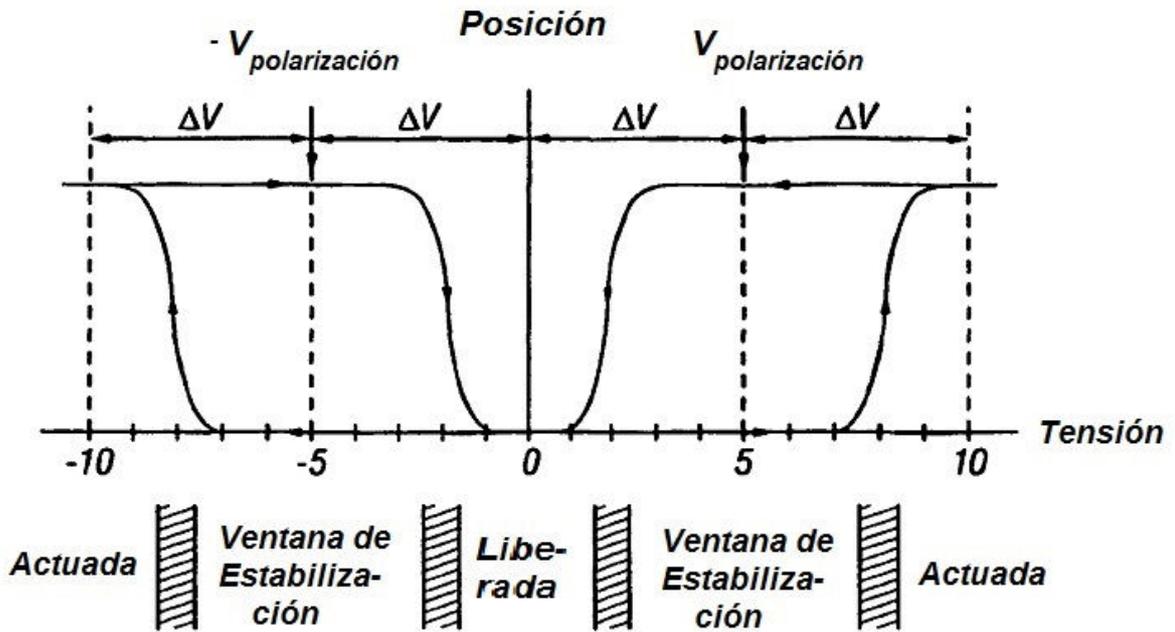


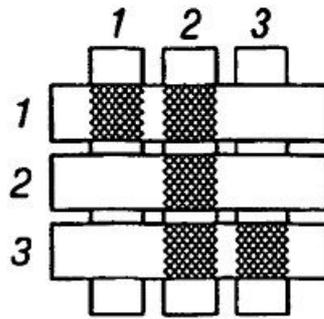
FIG. 3

Señales de Salida de Columna

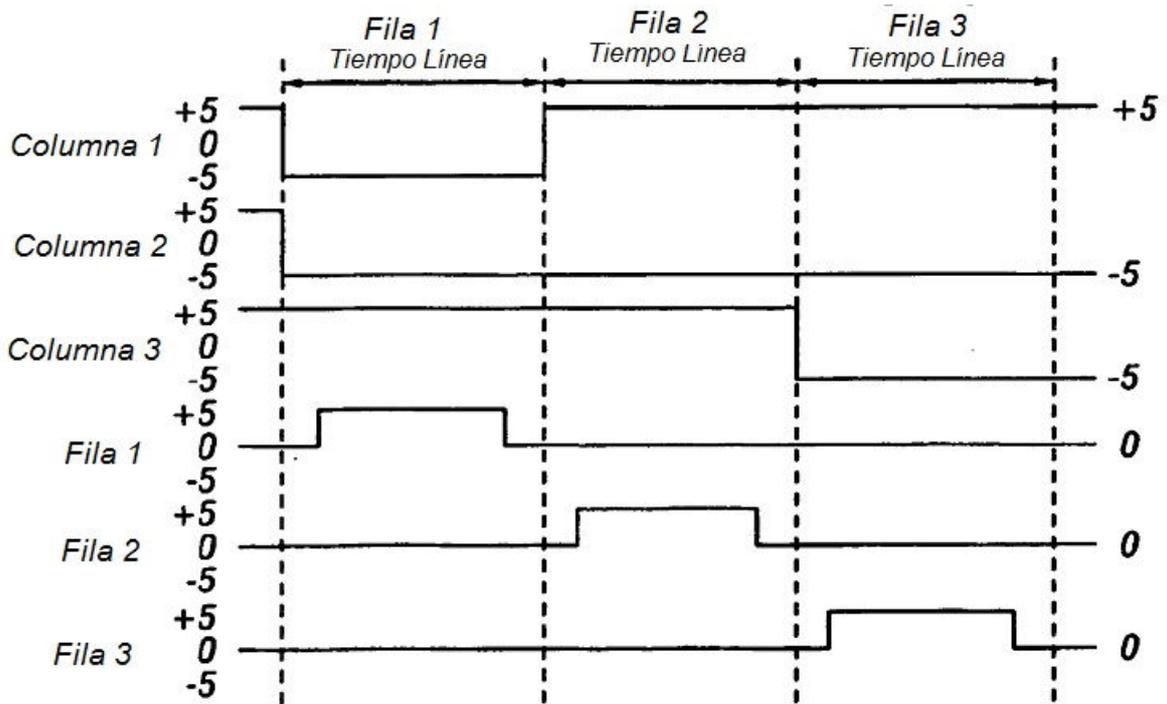
	$+V_{polariz.}$	$-V_{polariz.}$
0	Estable	Estable
$+\Delta V$	Liberar	Actuar

Señales de Salida de Filas

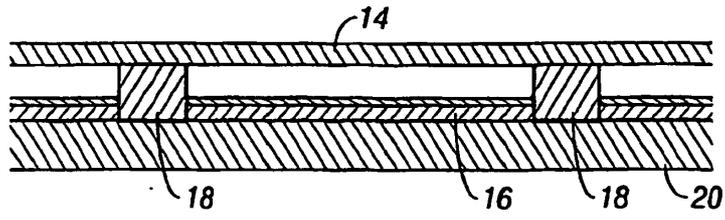
FIG. 4



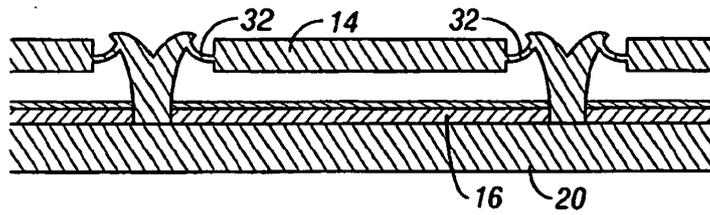
**FIG. 5A**



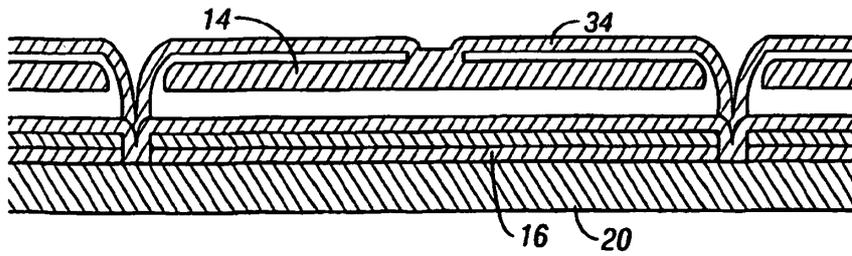
**FIG. 5B**



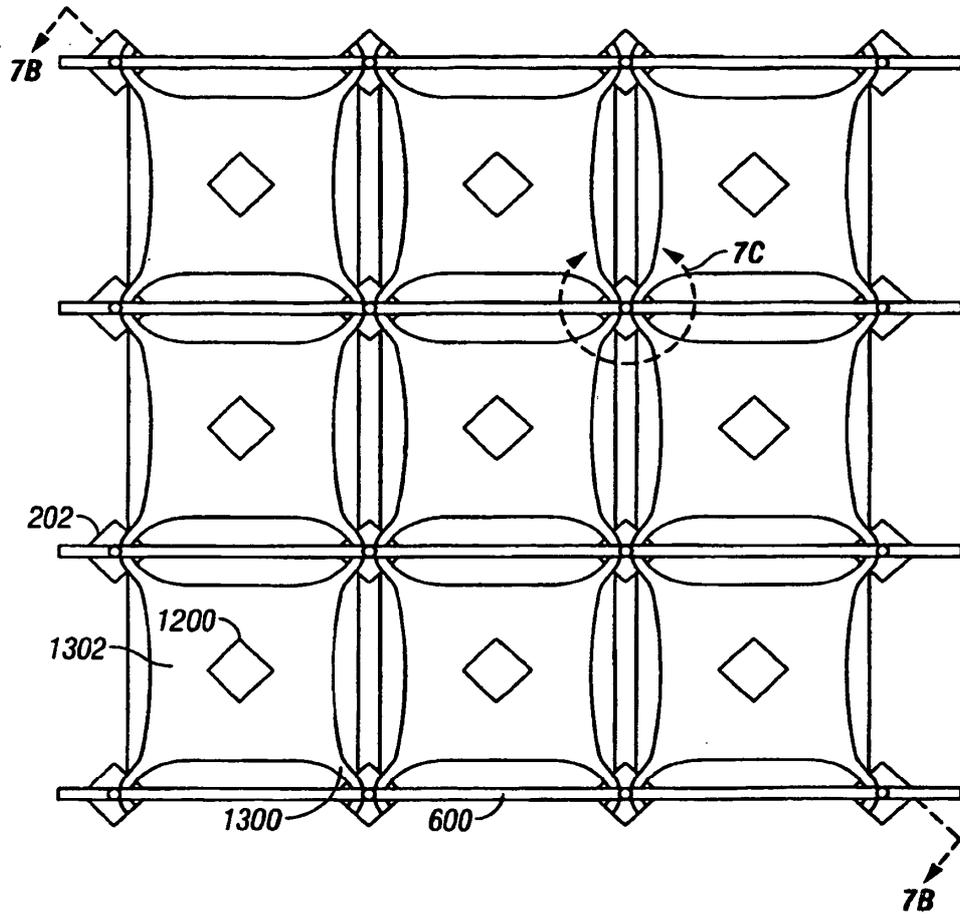
**FIG. 6A**



**FIG. 6B**



**FIG. 6C**



**FIG. 7A**

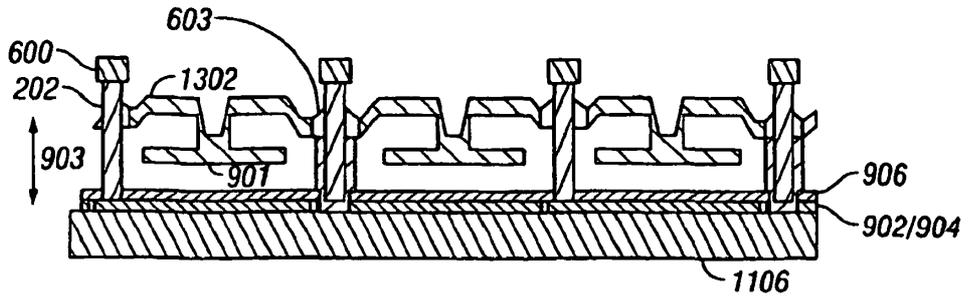


FIG. 7b

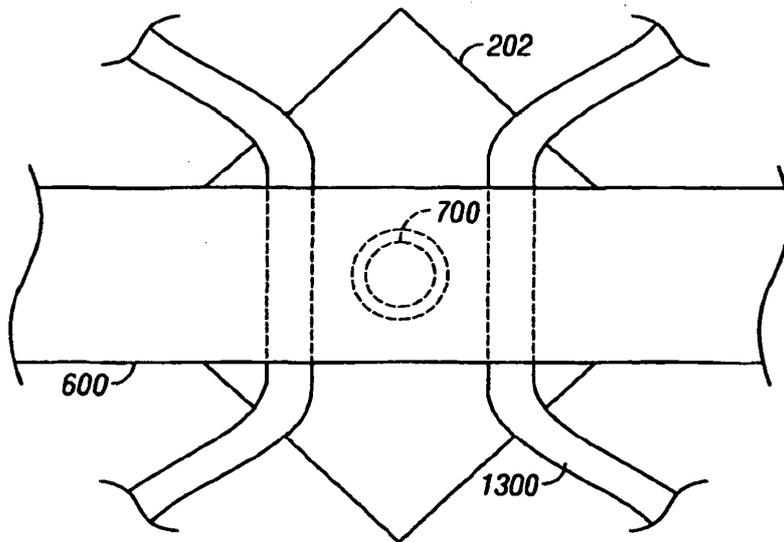


FIG. 7c

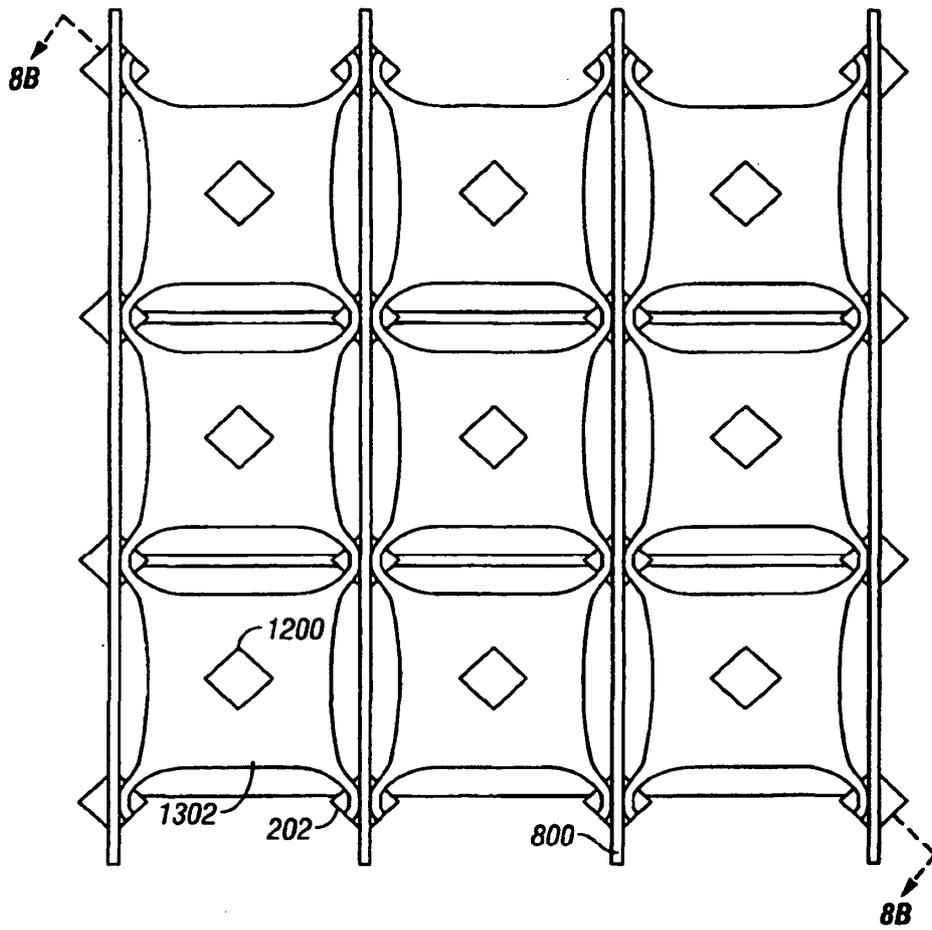


FIG. 8A

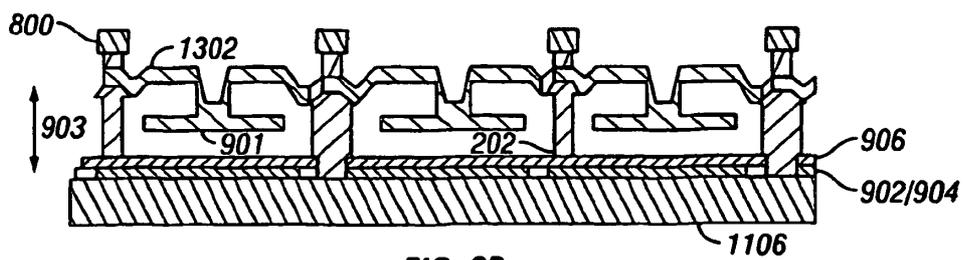


FIG. 8B

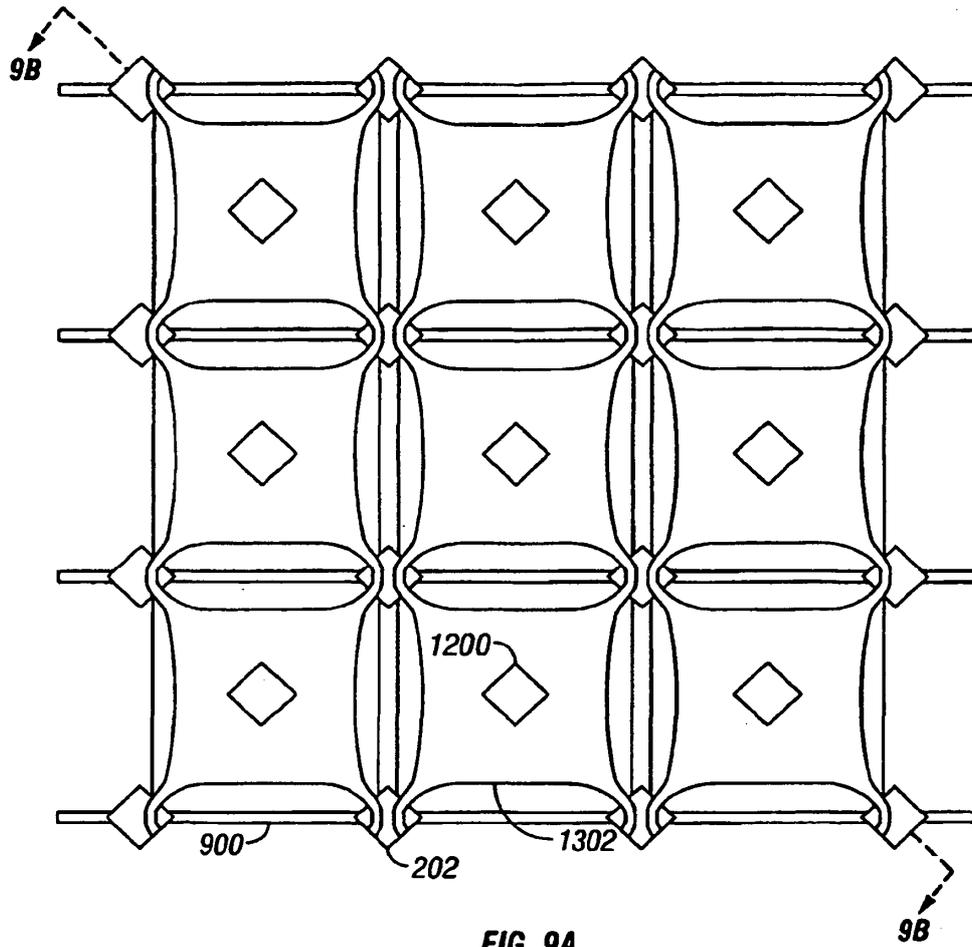


FIG. 9A

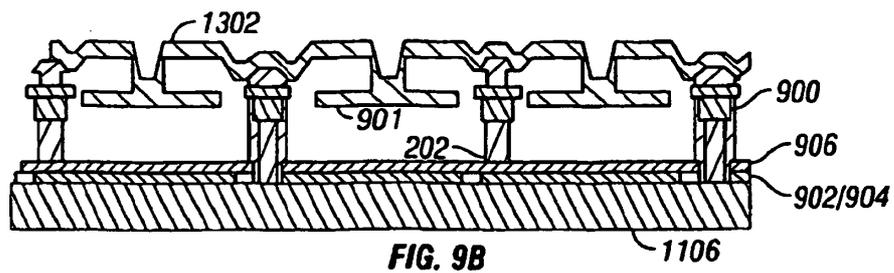


FIG. 9B

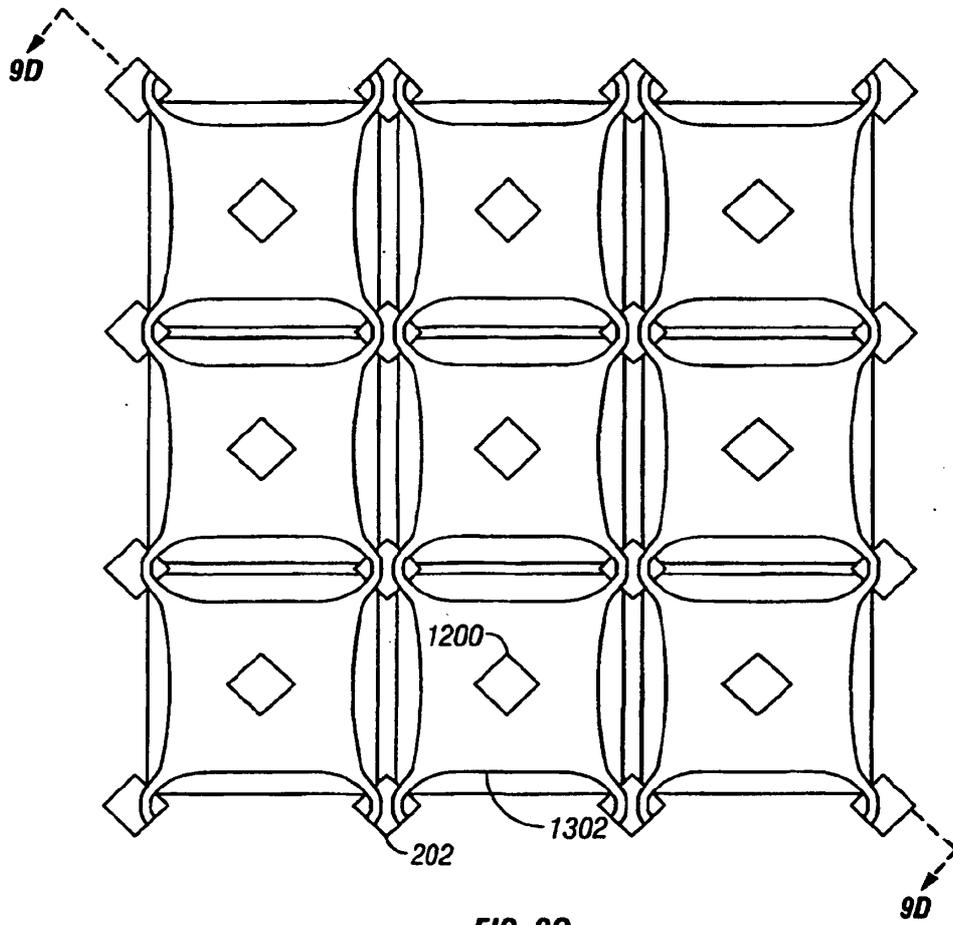


FIG. 9C

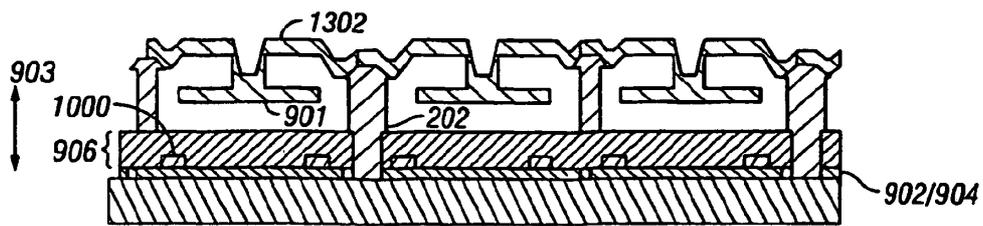


FIG. 9D

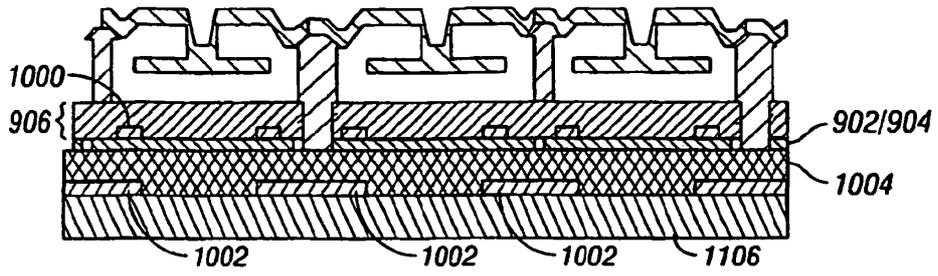


FIG. 9E

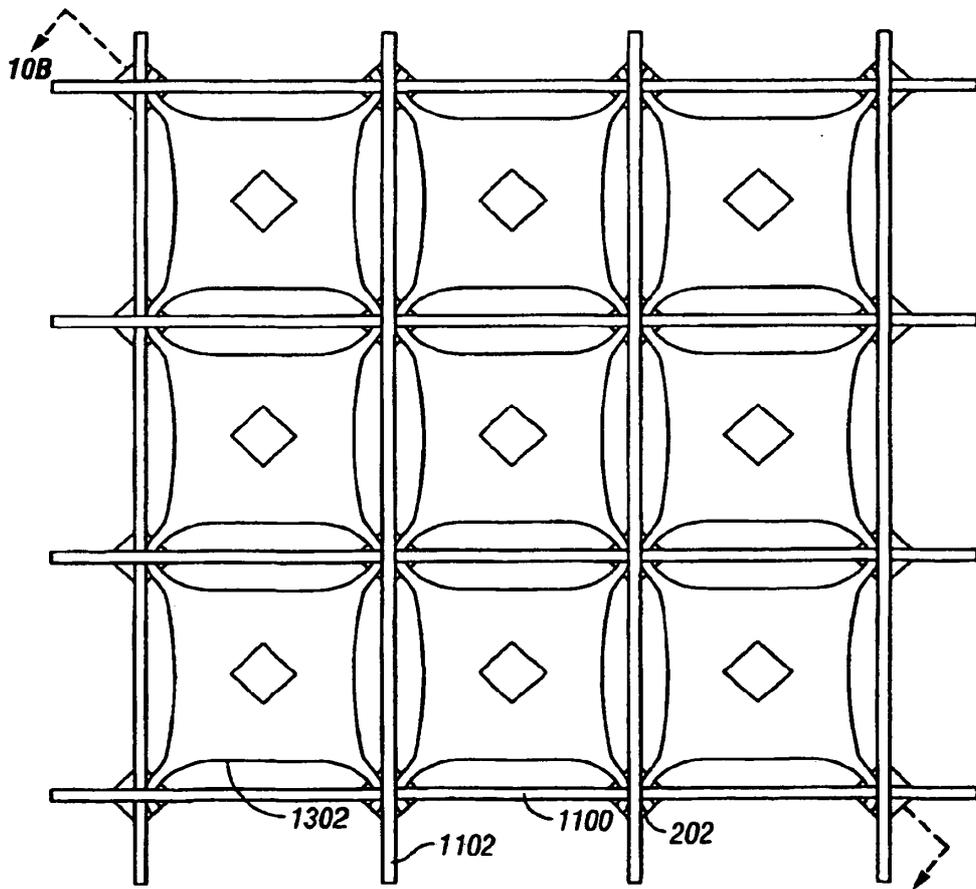
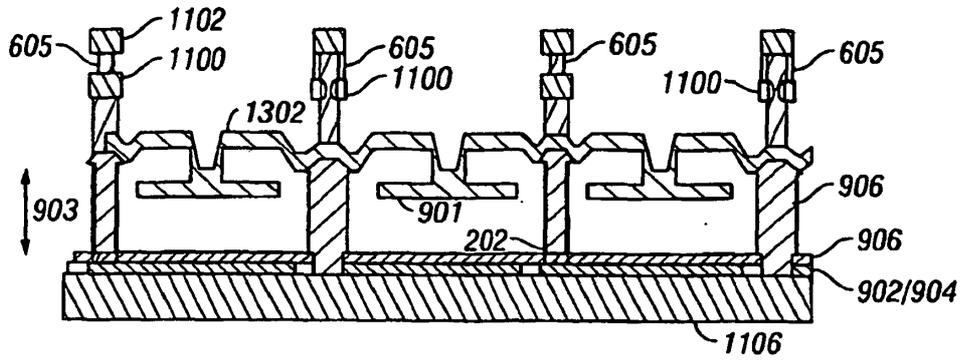
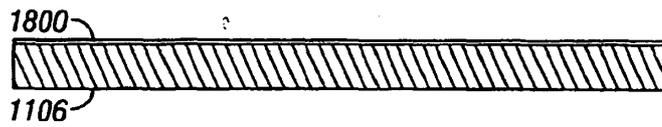


FIG. 10A



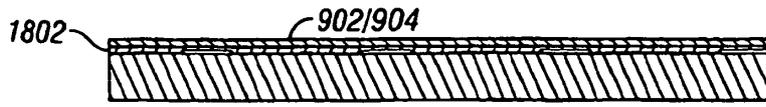
**FIG. 10B**



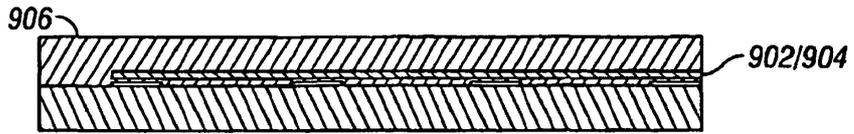
**FIG. 11A**



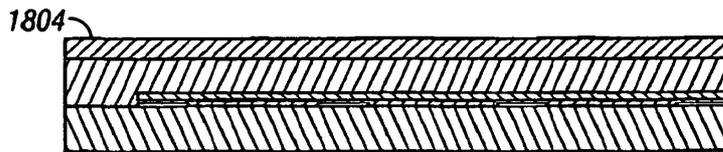
**FIG. 11B**



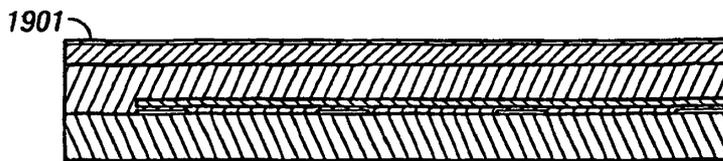
**FIG. 11C**



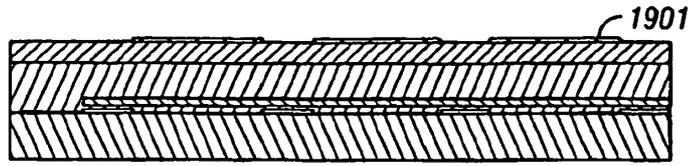
**FIG. 11D**



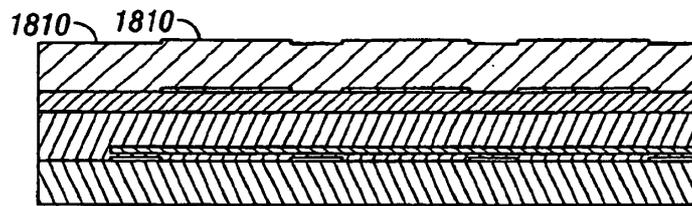
**FIG. 11E**



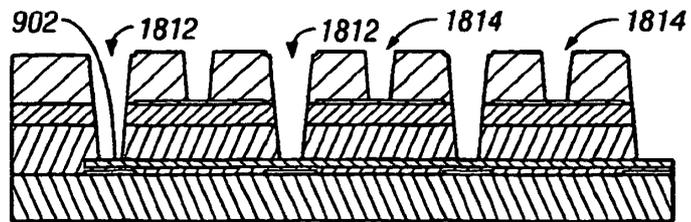
**FIG. 11F**



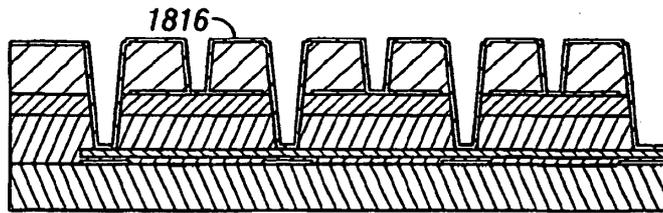
**FIG. 11G**



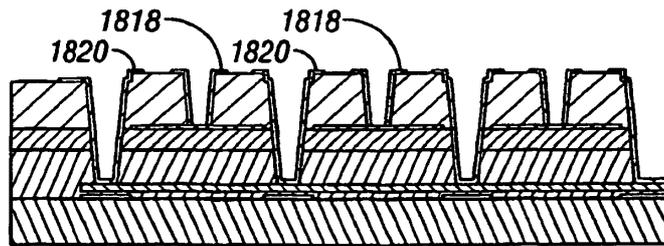
**FIG. 11H**



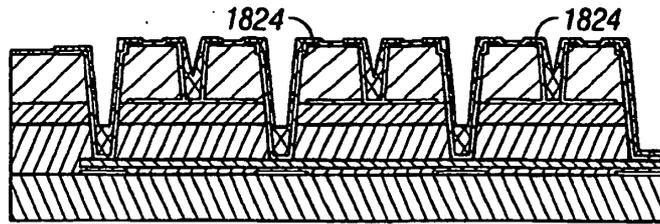
**FIG. 11I**



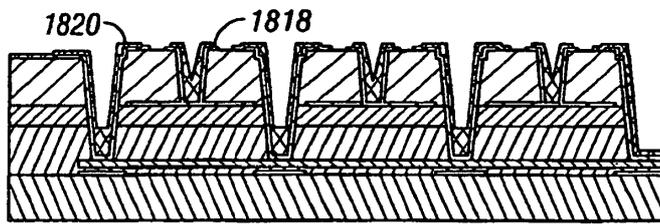
**FIG. 11J**



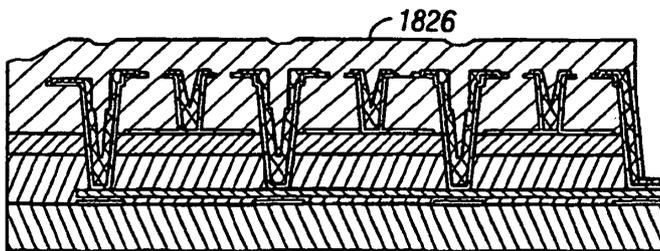
**FIG. 11K**



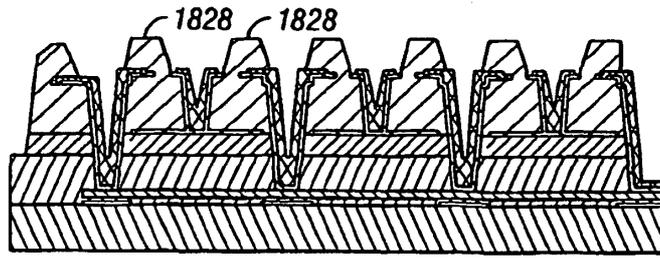
**FIG. 11L**



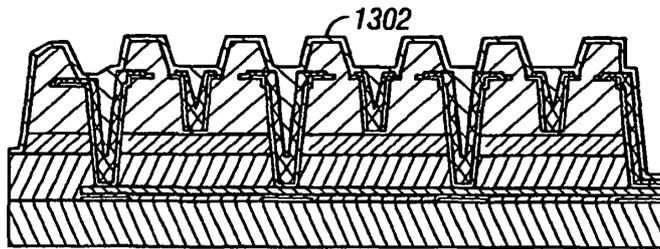
**FIG. 11M**



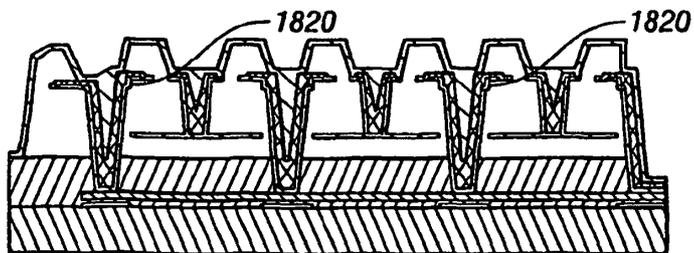
**FIG. 11N**



**FIG. 110**



**FIG. 11P**



**FIG. 11Q**

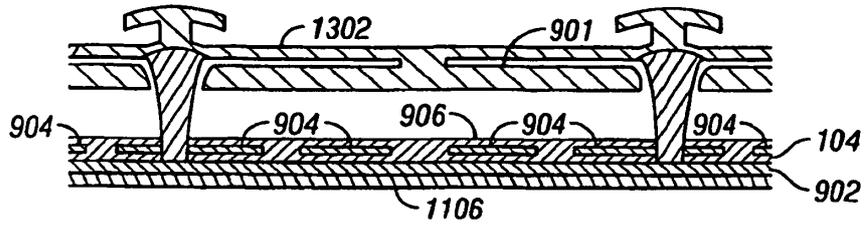


FIG. 12

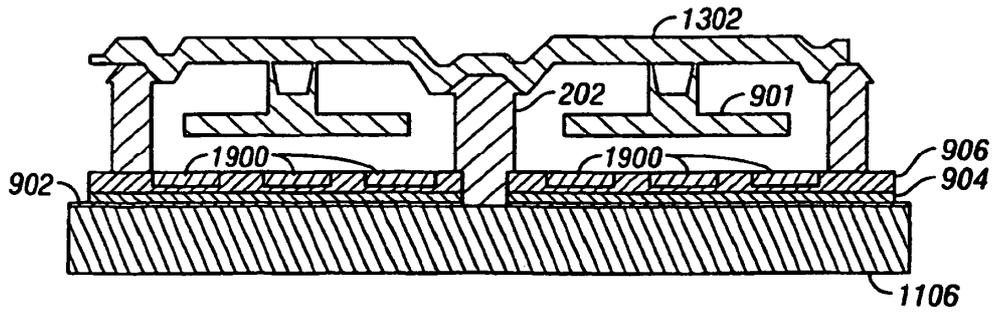
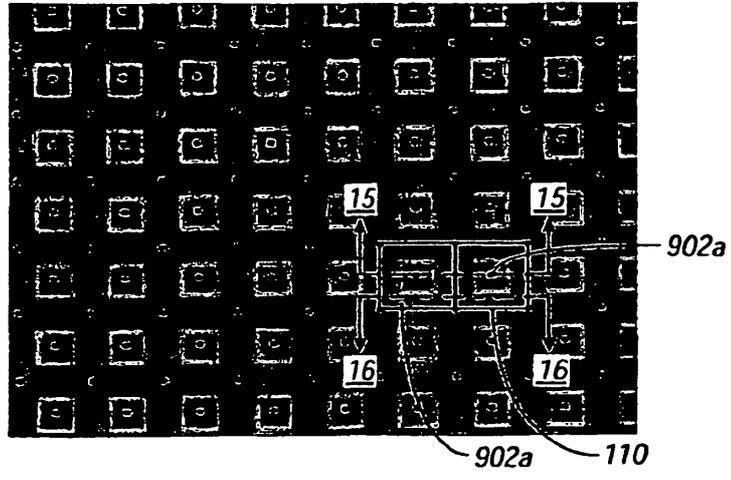
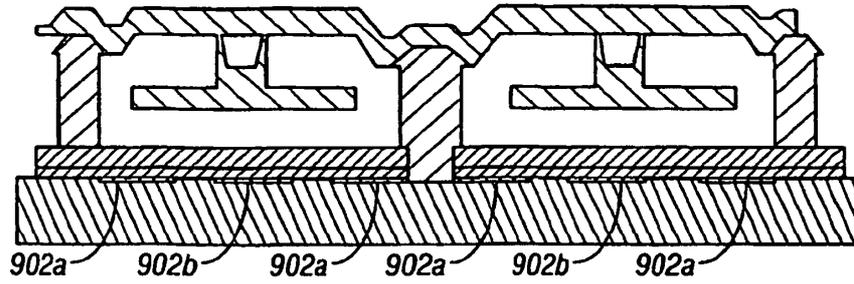


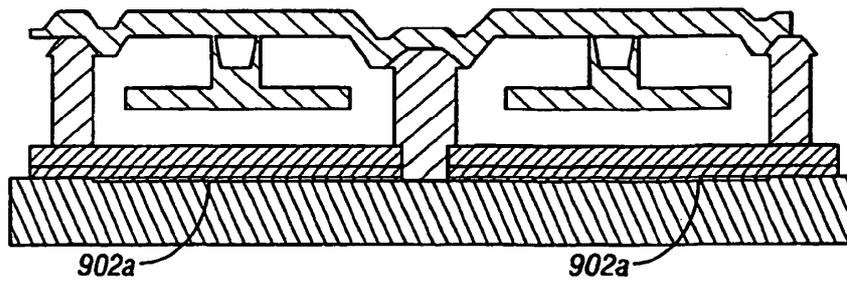
FIG. 13



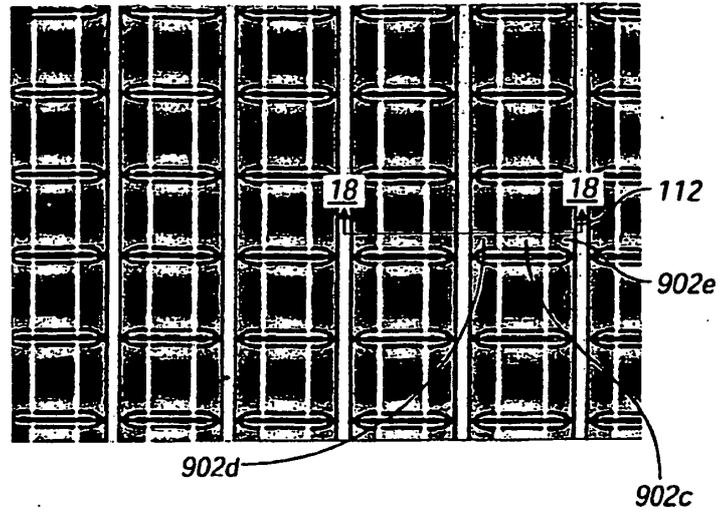
**FIG. 14**



**FIG. 15**



**FIG. 16**



**FIG. 17**

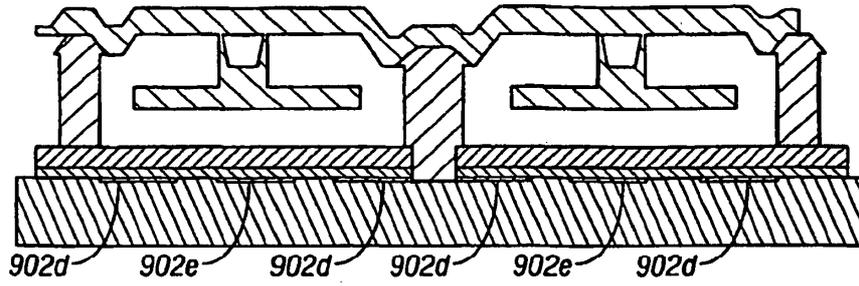


FIG. 18

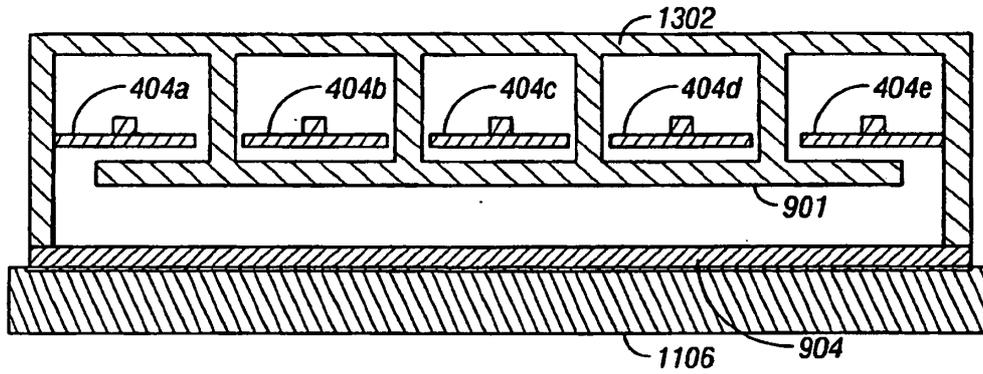


FIG. 19

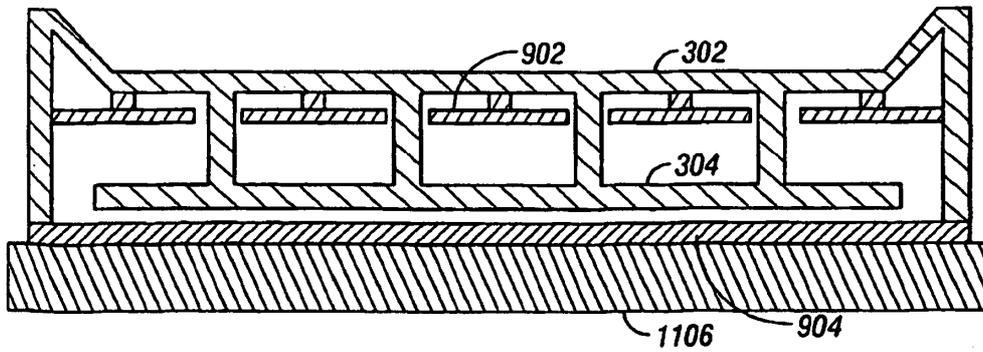


FIG. 20

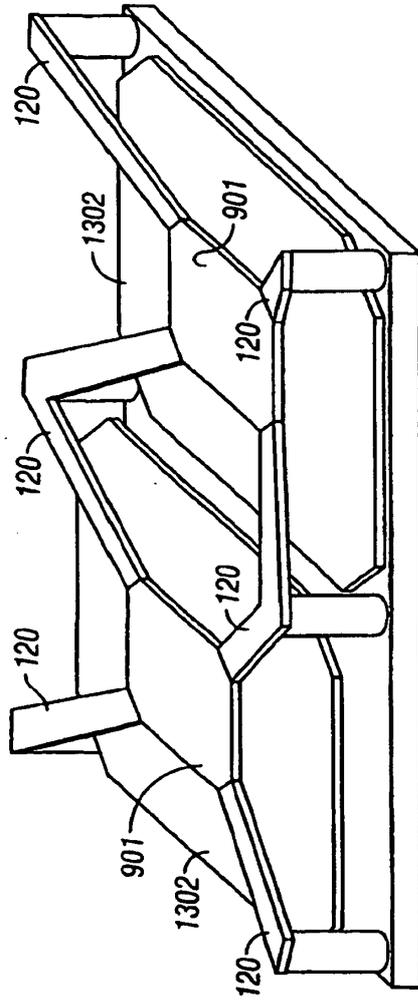


FIG. 21

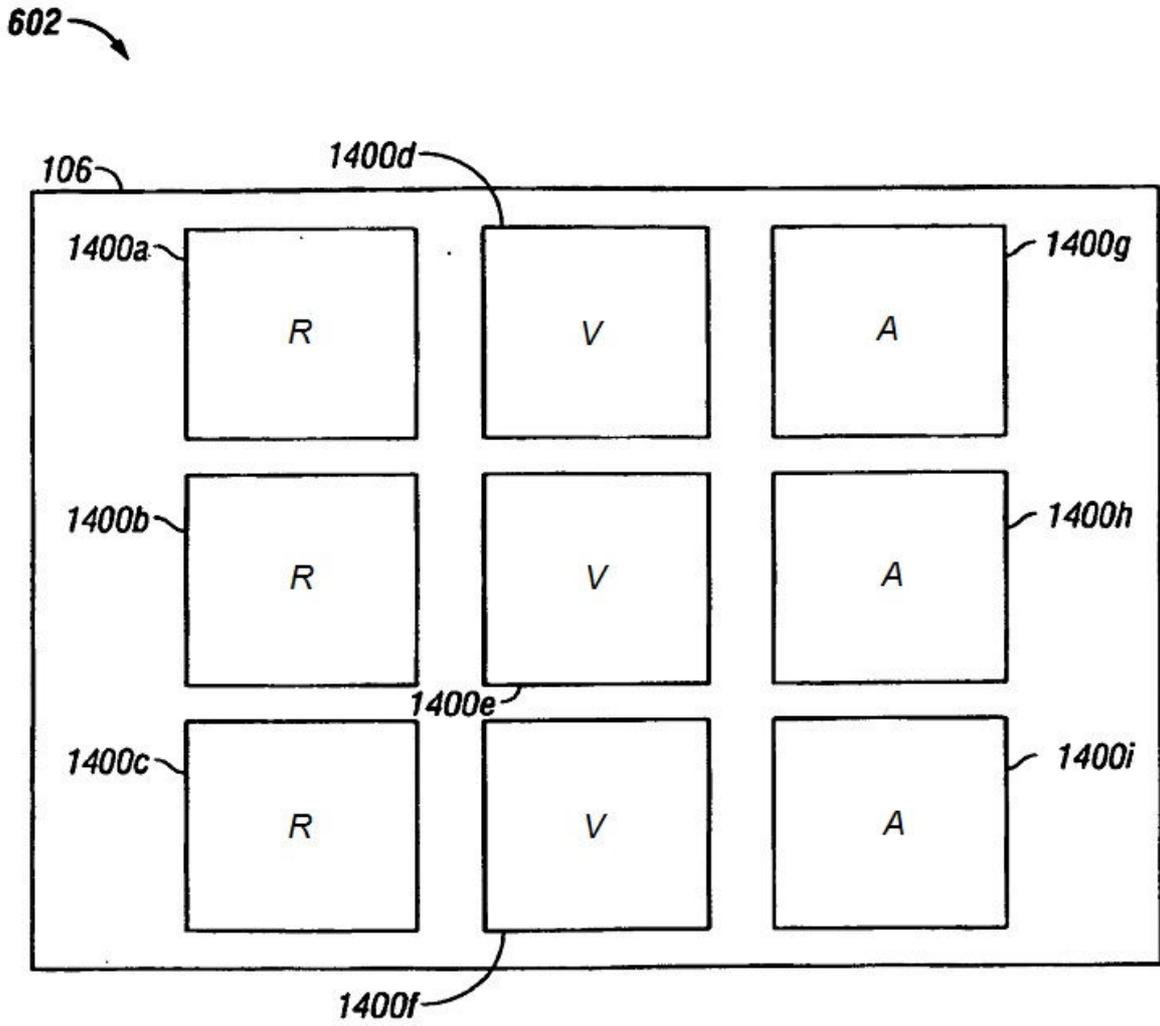
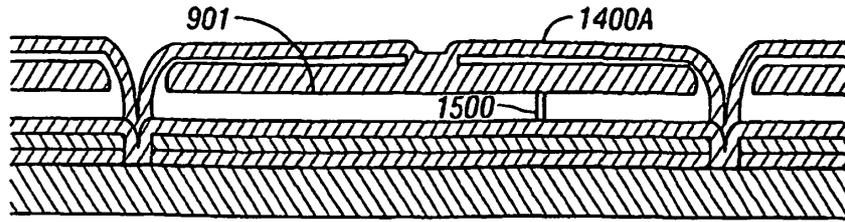
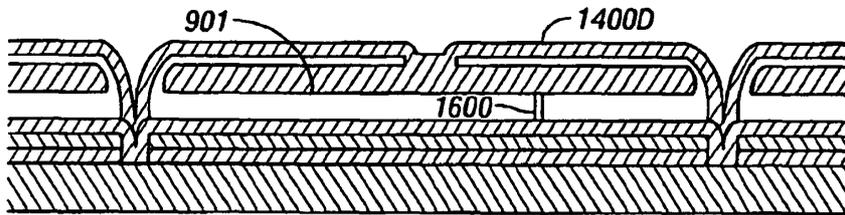


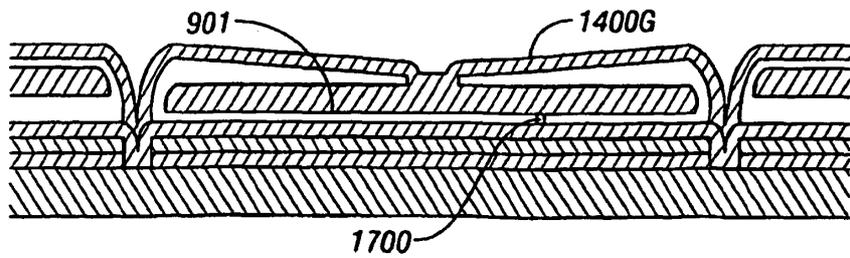
FIG. 22



**FIG. 23**



**FIG. 24**



**FIG. 25**

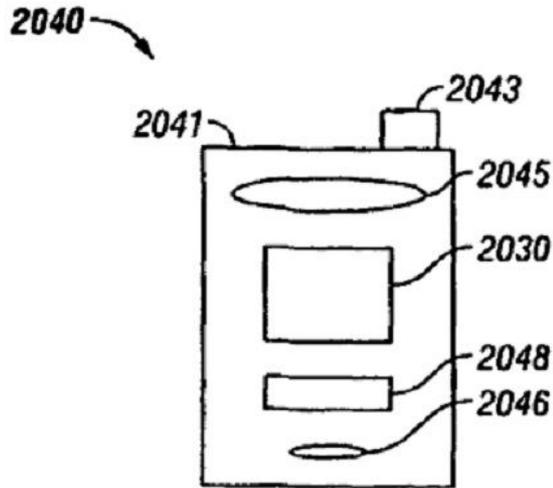


FIG. 26A

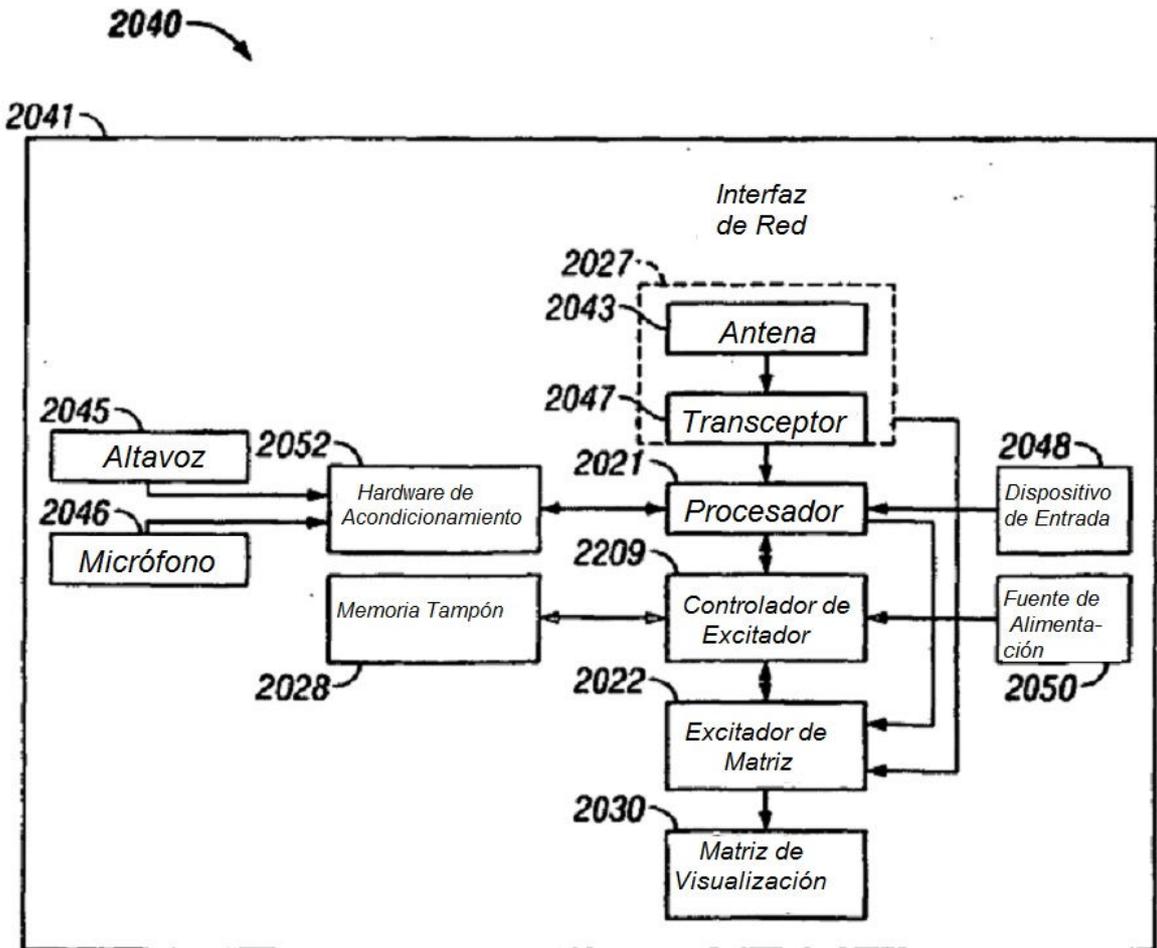


FIG. 26B