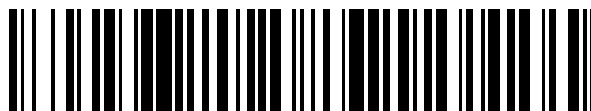


19



OFICINA ESPAÑOLA DE  
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 652 036**

51 Int. Cl.:

**H04R 17/00** (2006.01)

**G09G 3/34** (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **28.11.2012 PCT/US2012/066875**

87 Fecha y número de publicación internacional: **06.06.2013 WO13082169**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **28.11.2012 E 12805839 (3)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **27.09.2017 EP 2786595**

54 Título: **Micro-altavoz con cavidad sellada entre el sustrato y la membrana**

30 Prioridad:

**29.11.2011 US 201113306397**

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

**31.01.2018**

73 Titular/es:

**SNAPTRACK, INC. (100.0%)  
5775 Morehouse Drive  
San Diego, CA 92121, US**

72 Inventor/es:

**STEPHANOU, PHILIP JASON;  
BURNS, DAVID WILLIAM y  
SHENOY, RAVINDRA V.**

74 Agente/Representante:

**FORTEA LAGUNA, Juan José**

ES 2 652 036 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

Micro-altavoz con cavidad sellada entre el sustrato y la membrana

### 5 CAMPO TÉCNICO

[001] Esta divulgación se refiere a dispositivos de sistemas electromecánicos y, más en particular, a dispositivos de micro-altavoces electromecánicos.

### 10 DESCRIPCIÓN DE LA TÉCNICA RELACIONADA

[002] Los sistemas electromecánicos (EMS) incluyen dispositivos que tienen elementos eléctricos y mecánicos, activadores, transductores, sensores, componentes ópticos (incluso espejos) y electrónica. Los sistemas electromecánicos se pueden fabricar en una variedad de escalas incluyendo, pero sin limitarse a, micro-escalas y nano-escalas. Por ejemplo, los dispositivos de sistemas micro-electromecánicos (MEMS) pueden incluir estructuras que tienen tamaños que varían desde aproximadamente un micrómetro a cientos de micrómetros o más. Los dispositivos de sistemas nano-electromecánicos (NEMS) pueden incluir estructuras que tienen tamaños menores que un micrómetro, incluyendo, por ejemplo, tamaños menores que varios cientos de nanómetros. Los elementos electromecánicos pueden ser creados usando deposición, grabado, litografía y/u otros procesos de micro-mecanizado que eliminan por raspado partes de sustratos y/o capas de material depositadas, o que añaden capas para formar dispositivos eléctricos y electromecánicos.

[003] Un tipo de dispositivo de EMS se denomina modulador interferométrico (IMOD). El término modulador interferométrico, o modulador lumínico interferométrico, se refiere a un dispositivo que absorbe selectivamente y/o refleja la luz utilizando los principios de interferencia óptica. En algunas implementaciones, un IMOD puede incluir un par de placas conductoras, una de las cuales, o ambas, puede(n) ser transparentes y/o reflectante(s), total o parcialmente, y capaces de movimiento relativo tras la aplicación de una señal eléctrica adecuada. En una implementación, una placa puede incluir una capa fija depositada sobre un sustrato y la otra placa puede incluir una membrana reflectante separada de la capa física por una brecha aérea. La posición de una placa en relación con otra puede cambiar la interferencia óptica de la luz incidente en el IMOD. Los dispositivos IMOD tienen una amplia gama de aplicaciones, y se prevé que se utilizarán para mejorar los productos existentes y crear nuevos productos, especialmente aquellos con capacidades de visualización.

[004] Otro tipo de dispositivo de EMS es un micro-altavoz. Un micro-altavoz puede convertir señales eléctricas en ondas de sonido.

[005] El documento 2008/0212807 se refiere a un transductor acústico que incluye una o más cápsulas, paredes laterales y una placa de respaldo. Cada cápsula contiene una cavidad formada por las paredes laterales y una pluralidad de pilas de películas.

### 40 RESUMEN

[006] Cada uno de los sistemas, procedimientos y dispositivos de la divulgación tiene varios aspectos innovadores, ninguno de los cuales es el único responsable de los atributos deseables divulgados en el presente documento.

[007] Un aspecto innovador del tema descrito en esta divulgación puede implementarse en un elemento de micro-altavoz electromecánico. El elemento del micro-altavoz puede incluir una membrana dieléctrica deformable que abarca una cavidad del altavoz. La membrana dieléctrica deformable puede incluir un piezo-activador y una capa dieléctrica. Tras la aplicación de una señal de control al piezo-activador, la capa dieléctrica puede curvarse, produciendo sonido. En algunas implementaciones, una formación de elementos de micro-altavoz puede encapsularse entre un sustrato de vidrio y un cristal de cobertura. El sonido generado por los elementos de micro-altavoz puede emitirse a través de una rejilla de altavoz formada en el cristal de cobertura.

[008] Otro aspecto innovador del objeto descrito en esta divulgación puede implementarse en un micro-altavoz electromecánico que incluye un sustrato, una membrana deformable y una cavidad de altavoz dispuesta entre el sustrato y la membrana deformable, de manera que la membrana deformable se extienda por la cavidad del altavoz. La membrana deformable puede incluir una primera capa piezo-eléctrica intercalada entre las capas conductoras primera y segunda. La membrana deformable puede incluir además una capa dieléctrica configurada para deformarse al aplicar una tensión de control a través de la primera capa piezo-eléctrica.

[009] En algunas implementaciones, la primera capa piezo-eléctrica puede estar dispuesta entre la capa dieléctrica y el sustrato. En algunas implementaciones, la capa dieléctrica puede estar dispuesta entre la primera capa piezo-eléctrica y el sustrato. La primera capa piezo-eléctrica puede tener varias configuraciones. Por ejemplo, la primera capa piezo-eléctrica puede abarcar la cavidad del altavoz o cubrir solo una parte de la cavidad del altavoz, de acuerdo a la implementación deseada. En algunas implementaciones, la primera capa piezo-eléctrica se

superpone a una región periférica de la cavidad del altavoz. En algunas implementaciones, la primera capa piezo-eléctrica se centra sobre la cavidad del altavoz.

5 [0010] La membrana deformable puede incluir además una segunda capa piezo-eléctrica intercalada entre las capas conductoras tercera y cuarta. En algunas implementaciones, las capas piezo-eléctricas primera y segunda pueden estar ubicadas en lados opuestos de la capa dieléctrica.

10 [0011] Otro aspecto innovador del tema descrito en esta divulgación es un aparato audiovisual que incluye un micro-altavoz electromecánico, una pantalla y un procesador que está configurado para comunicarse con la pantalla. El procesador puede estar configurado para procesar datos de imágenes. El aparato puede incluir un dispositivo de memoria que está configurado para comunicarse con el procesador. El aparato puede incluir un circuito accionador configurado para enviar al menos una señal a la pantalla y un controlador configurado para enviar al menos una parte de los datos de imágenes al circuito accionador. El aparato puede incluir un módulo de origen de imagen configurado para enviar los datos de imágenes al procesador. El módulo de origen de imagen puede incluir al menos uno entre un receptor, un transceptor y un transmisor. El aparato puede incluir un dispositivo de entrada configurado para recibir datos de entrada y para comunicar los datos de entrada al procesador. El procesador puede configurarse para comunicarse con un micro-altavoz electromecánico.

20 [0012] Otro aspecto innovador del tema descrito en esta divulgación puede implementarse en un aparato que incluye una formación de elementos de micro-altavoz piezo-activado. La formación puede formarse entre los sustratos de vidrio unidos primero y segundo. Cada elemento de micro-altavoz piezo-activado puede incluir una cavidad de altavoz y una membrana deformable que abarca la cavidad del altavoz. La membrana deformable puede incluir una primera capa piezo-eléctrica intercalada entre las capas conductoras primera y segunda. La membrana deformable puede incluir además una capa dieléctrica configurada para deformarse al aplicar un voltaje de control a través de la capa piezo-eléctrica. El aparato puede incluir uno o más puertos acústicos formados en un sustrato de vidrio y dispuestos sobre la formación. El aparato puede incluir un dispositivo de circuito integrado colocado en una cavidad entre los sustratos de vidrio primero y segundo. El circuito integrado puede configurarse para controlar los elementos de micro-altavoz piezo-activado. Los sustratos de vidrio unidos pueden configurarse para unirse a un conector flexible.

30 [0013] Otro aspecto innovador más del tema descrito en esta divulgación se puede implementar en un procedimiento de formación de un micro-altavoz. El procedimiento puede incluir formar una capa protectora sobre un sustrato, formar un primer piezo-activador sobre la capa protectora, formar una capa dieléctrica deformable sobre la capa protectora y el sustrato, y eliminar la capa protectora para formar una cavidad de altavoz entre el sustrato y la capa dieléctrica deformable, de modo que la capa dieléctrica deformable abarque la cavidad del altavoz. El procedimiento puede incluir formar un segundo piezo-activador sobre la capa protectora. En algunas implementaciones, formar el primer piezo-activador sobre la capa protectora puede incluir formar una primera capa conductora sobre la capa protectora, formar una primera capa piezo-eléctrica sobre la primera capa conductora y formar una segunda capa conductora sobre la primera capa piezo-eléctrica.

40 [0014] Los detalles de una o más implementaciones del tema descrito en esta memoria descriptiva se exponen en los dibujos adjuntos y la descripción siguiente. Aunque los ejemplos proporcionados en esta divulgación se describen principalmente en términos de sistemas electromecánicos (EMS) y pantallas basadas en sistemas micro-electromecánicos (MEMS), los conceptos proporcionados en el presente documento pueden aplicarse a otros tipos de pantallas, tales como pantallas de cristal líquido (LCD), pantallas orgánicas de diodos emisores de luz ("OLED") y pantallas de emisión de campo. Otras características, aspectos y ventajas devendrán evidentes a partir de la descripción, los dibujos y las reivindicaciones. Obsérvese que las dimensiones relativas de las figuras siguientes pueden no estar dibujadas a escala.

50 **BREVE DESCRIPCIÓN DE LOS DIBUJOS**

[0015]

55 La figura 1 muestra un ejemplo de una vista isométrica que representa dos píxeles adyacentes en una serie de píxeles de un dispositivo visualizador modulador interferométrico (IMOD).

La figura 2 muestra un ejemplo de un diagrama de bloques de sistema que ilustra un dispositivo electrónico que incorpora una pantalla de IMOD de dimensión 3 x 3.

60 La figura 3 muestra un ejemplo de un diagrama que ilustra la posición de la capa reflectante móvil con respecto al voltaje aplicado para el IMOD de la figura 1.

La figura 4 muestra un ejemplo de una tabla que ilustra varios estados de un IMOD cuando se aplican varios voltajes comunes y de segmento.

65 La figura 5A muestra un ejemplo de un diagrama que ilustra una trama de datos de visualización en la pantalla

de IMOD de dimensión 3 x 3 de la figura 2.

La figura 5B muestra un ejemplo de un diagrama de temporización para las señales comunes y de segmento que pueden usarse para escribir la trama de datos de visualización ilustrados en la figura 5A.

La figura 6A muestra un ejemplo de una sección transversal parcial de la pantalla de IMOD de la figura 1.

Las figuras 6B a 6E muestran ejemplos de secciones transversales de diversas implementaciones de IMOD.

La figura 7 muestra un ejemplo de un diagrama de flujo que ilustra un proceso de fabricación para un IMOD.

Las figuras 8A a 8E muestran ejemplos de ilustraciones esquemáticas en sección transversal de diversas etapas en un procedimiento de fabricación de un IMOD.

Las figuras 9A a 10B muestran ejemplos de un micro-altavoz encapsulado en vidrio que incluye una formación de micro-altavoces sobre un sustrato de vidrio con un cristal de cobertura.

La figura 11 muestra un ejemplo de un diagrama de flujo que ilustra un proceso de fabricación para un micro-altavoz encapsulado en vidrio.

Las figuras 12A a 17 muestran ejemplos de elementos de micro-altavoces electromecánicos que incluyen una membrana dieléctrica deformable.

La figura 18 muestra un ejemplo de un diagrama de flujo que ilustra un proceso de fabricación para un elemento de micro-altavoz.

Las figuras 19A y 19B muestran ejemplos de diagramas de bloques de sistema que ilustran un dispositivo de visualización que incluye una pluralidad de los IMOD.

**[0016]** Los números de referencia y designaciones iguales en los diversos dibujos indican elementos iguales.

### DESCRIPCIÓN DETALLADA

**[0017]** La siguiente descripción se refiere a ciertas implementaciones con fines de descripción de los aspectos innovadores de esta divulgación. Sin embargo, una persona con conocimientos corrientes de la técnica reconocerá inmediatamente que las enseñanzas en el presente documento pueden aplicarse en multitud de formas diferentes. Las implementaciones descritas pueden implementarse en cualquier dispositivo o sistema que pueda configurarse para mostrar una imagen, ya sea en movimiento (por ejemplo, vídeo) o fija (por ejemplo, imagen fija), ya sea textual, gráfica o pictórica. Más en particular, se contempla que las implementaciones descritas pueden estar incluidas en, o asociadas a, varios dispositivos electrónicos tales como, pero no limitados a: teléfonos móviles, teléfonos celulares de multimedia habilitados para Internet, receptores de televisión móviles, dispositivos inalámbricos, teléfonos inteligentes, dispositivos de Bluetooth®, asistentes de datos personales (PDA), receptores inalámbricos de correo electrónico, ordenadores de mano o portátiles, ordenadores plegables en red, ordenadores plegables, libros inteligentes, tabletas, impresoras, copiadoras, escáneres, dispositivos de facsímil, receptores / navegadores del GPS, cámaras, reproductores de MP3, videocámaras, consolas de juegos, relojes de pulsera, relojes, calculadoras, monitores de televisión, pantallas planas, dispositivos electrónicos de lectura (por ejemplo, lectores electrónicos), monitores de ordenador, pantallas automáticas (incluidos los indicadores del odómetro y del velocímetro, etc.), pantallas y/o controles de cabina, pantallas de visualización de cámara (como la visualización de una cámara de visión trasera en un vehículo), fotografías electrónicas, carteleros o carteles electrónicos, proyectores, estructuras arquitectónicas, microondas, frigoríficos, sistemas estéreo, grabadoras o reproductores de casete, reproductores de DVD, reproductores de CD, VCR, radios, chips de memoria portátiles, lavadoras, secadoras, lavadoras / secadoras, parquímetros, embalaje (como en sistemas electromecánicos (EMS), sistemas micro-electromecánicos (MEMS) y aplicaciones no de MEMS), estructuras estéticas (por ejemplo, visualización de imágenes en una pieza de joyería) y varios dispositivos de EMS. Las enseñanzas en el presente documento también se pueden usar en aplicaciones sin visualización tales como, pero sin limitarse a, dispositivos de conmutación electrónica, filtros de radiofrecuencia, sensores, acelerómetros, giroscopios, dispositivos de detección de movimiento, magnetómetros, componentes inerciales para electrónica de consumo, piezas de productos electrónicos de consumo, varactores, dispositivos de cristal líquido, dispositivos electroforéticos, sistemas de activación, procesos de fabricación y equipos electrónicos de pruebas. Por lo tanto, las enseñanzas no están concebidas para limitarse a las implementaciones representadas únicamente en las figuras, sino que tienen, en cambio, amplia aplicabilidad, como resultará inmediatamente evidente para alguien que tenga conocimientos corrientes en la técnica.

**[0018]** Algunas implementaciones descritas en este documento se refieren a elementos de micro-altavoces electromecánicos. En algunas implementaciones, un elemento de micro-altavoz incluye una cavidad de altavoz dispuesta entre un sustrato y una membrana dieléctrica deformable. La membrana dieléctrica deformable puede incluir una capa dieléctrica y uno o más piezo-activadores. Cada piezo-activador puede incluir al menos una capa

piezo-eléctrica y electrodos a los que se puede aplicar una señal de accionamiento. La señal de accionamiento puede curvar la capa piezo-eléctrica, que curva la capa dieléctrica, produciendo sonido por tanto.

5 **[0019]** Algunas implementaciones descritas en la presente memoria se refieren a micro-altavoces encapsulados en vidrio. En algunas implementaciones, un micro-altavoz encapsulado en vidrio incluye un sustrato de vidrio, una formación de elementos de micro-altavoces electromecánicos dispuestos sobre el sustrato de vidrio y un vidrio de cobertura. El vidrio de cobertura se puede pegar al sustrato de vidrio con un adhesivo, tal como epoxi, vidrio fritado o un anillo de unión de metal. El vidrio de cobertura puede incluir un hueco que forma una cavidad cuando el vidrio de cobertura se pega a la superficie del sustrato de vidrio. El vidrio de cobertura también puede incluir una rejilla de altavoz dispuesta sobre la formación de elementos de micro-altavoz, para permitir que se emitan ondas de sonido desde la formación de elementos de micro-altavoz.

15 **[0020]** Pueden implementarse implementaciones particulares del asunto descrito en esta divulgación para realizar una o más de las siguientes posibles ventajas. En algunas implementaciones, se proporcionan micro-altavoces de bajo costo, tamaño pequeño, bajo perfil y bajo consumo de energía. Además, los micro-altavoces que se fabrican en sustratos de vidrio pueden ser compatibles con pantallas y otros dispositivos que también se fabrican en sustratos de vidrio, ya que los micro-altavoces se pueden fabricar conjuntamente con otros dispositivos o bien se pueden unir como un dispositivo independiente, teniendo la combinación propiedades de expansión térmica bien adaptadas. Los materiales empleados pueden dar lugar a un alto presupuesto térmico que permite la soldadura por reflujo o por onda para unir el dispositivo a una placa de circuitos impresos.

25 **[0021]** La tapa de vidrio y el sustrato de vidrio de un micro-altavoz acoplado pueden combinarse bien térmicamente. Uno o más puertos acústicos en la parte superior, los lados o la parte inferior brindan flexibilidad cuando se monta el sensor, tal como cuando se monta en un teléfono móvil para que sirva como altavoz, o en una formación de altavoces. Las vías de cristal translúcido en algunas implementaciones permiten la conexión directa del micro-altavoz a un circuito impreso o tablero de cableado. En algunas implementaciones, un conector flexible se puede conectar al micro-altavoz, lo que permite la conexión eléctrica a una PCB, permitiendo a la vez que el micro-altavoz se coloque cerca de una pared o cara exterior de un envase, tal como una carcasa de teléfono móvil.

30 **[0022]** Un ejemplo de un dispositivo de EMS o MEMS adecuado, al que pueden aplicarse las implementaciones descritas, es un dispositivo de visualización reflectante. Los dispositivos de visualización reflectantes pueden incorporar moduladores interferométricos (IMOD) para absorber y/o reflejar selectivamente la luz que incide sobre ellos utilizando principios de interferencia óptica. Los IMOD pueden incluir un absorbedor, un reflector que es móvil con respecto al absorbedor, y una cavidad resonante óptica definida entre el absorbedor y el reflector. El reflector se puede desplazar a dos o más posiciones diferentes, lo que puede cambiar el tamaño de la cavidad resonante óptica y, por lo tanto, afectar la reflectancia del IMOD. Los espectros de reflectancia de los IMOD pueden crear bandas espectrales bastante amplias que se pueden desplazar entre las longitudes de onda visibles para generar diferentes colores. La posición de la banda espectral se puede ajustar cambiando el grosor de la cavidad resonante óptica. Una forma de cambiar la cavidad resonante óptica es cambiando la posición del reflector.

35 **[0023]** La figura 1 muestra un ejemplo de una vista isométrica que representa dos píxeles adyacentes en una serie de píxeles de un dispositivo visualizador modulador interferométrico (IMOD). El dispositivo visualizador IMOD incluye uno o más elementos de visualización de MEMS interferométricos. En estos dispositivos, los píxeles de los elementos de visualización de MEMS pueden estar en un estado brillante u oscuro. En el estado brillante ("relajado", "abierto" o "encendido"), el elemento de visualización refleja una gran parte de la luz visible incidente, por ejemplo, para un usuario. Por el contrario, en el estado oscuro ("activado", "cerrado" o "apagado"), el elemento de visualización refleja poca luz visible incidente. En algunas implementaciones, las propiedades de reflectancia lumínica de los estados encendido y apagado pueden invertirse. Los píxeles de MEMS pueden configurarse para reflejar predominantemente a determinadas longitudes de onda, lo cual permite una visualización en color además del blanco y negro.

40 **[0024]** El dispositivo de visualización de IMOD puede incluir una formación de filas / columnas de los IMOD. Cada IMOD puede incluir un par de capas reflectantes, es decir, una capa reflectante móvil y una capa reflectante parcialmente fija, situadas a una distancia variable y controlable entre sí para formar una brecha aérea (también denominada brecha o cavidad óptica). La capa reflectante móvil puede desplazarse entre al menos dos posiciones. En una primera posición, es decir, una posición relajada, la capa reflectante móvil puede colocarse a una distancia relativamente grande de la capa fija parcialmente reflectante. En una segunda posición, es decir, una posición activada, la capa reflectante móvil puede colocarse más cerca de la capa parcialmente reflectante. La luz incidente que se refleja desde las dos capas puede interferir de manera constructiva o destructiva, según la posición de la capa reflectante móvil, produciendo un estado global reflectante o no reflectante para cada píxel. En algunas implementaciones, el IMOD puede estar en un estado reflectante cuando no está activado, reflejando la luz dentro del espectro visible, y puede estar en un estado oscuro cuando no está activado, reflejando luz fuera de la gama visible (por ejemplo, luz infrarroja). En algunas otras implementaciones, sin embargo, un IMOD puede estar en un estado oscuro cuando no está activado, y en un estado reflectante cuando está activado. En algunas implementaciones, la introducción de un voltaje aplicado puede hacer que los píxeles cambien de estado. En algunas otras implementaciones, una carga aplicada puede hacer que los píxeles cambien de estado.

**[0025]** La parte representada de la formación de píxeles en la figura 1 incluye dos IMOD 12 adyacentes. En el IMOD 12 a la izquierda (como se ilustra), se ilustra una capa reflectante móvil 14 en una posición relajada a una distancia predeterminada desde una pila óptica 16, que incluye una capa parcialmente reflectante. El voltaje  $V_0$  aplicado a través del IMOD 12 a la izquierda es insuficiente para provocar la activación de la capa reflectante móvil 14. En el IMOD 12 a la derecha, la capa reflectante móvil 14 se ilustra en una posición activada cercana o adyacente a la pila óptica 16. El voltaje  $V_{sesgo}$  aplicado a través del IMOD 12 a la derecha es suficiente para mantener la capa reflectante móvil 14 en la posición activada.

**[0026]** En la figura 1, las propiedades reflectantes de los píxeles 12 se ilustran en general con flechas 13 que indican luz incidente sobre los píxeles 12 y luz 15 que se refleja desde el píxel 12 a la izquierda. Aunque no se ilustra en detalle, alguien medianamente experto en la técnica entenderá que la mayor parte de la luz 13 incidente sobre los píxeles 12 será transmitida a través del sustrato transparente 20, hacia la pila óptica 16. Una parte de la luz incidente sobre la pila óptica 16 será transmitida a través de la capa parcialmente reflectante de la pila óptica 16, y una parte será reflejada de nuevo a través del sustrato transparente 20. La parte de luz 13 que se transmite a través de la pila óptica 16 se reflejará en la capa reflectante móvil 14, de nuevo hacia (y a través de) el sustrato transparente 20. La interferencia (constructiva o destructiva) entre la luz reflejada desde la capa parcialmente reflectante de la pila óptica 16 y la luz reflejada desde la capa reflectante móvil 14 determinará la(s) longitud(es) de onda de la luz 15 reflejada desde el píxel 12.

**[0027]** La pila óptica 16 puede incluir una sola capa o varias capas. La(s) capa(s) puede(n) incluir una o más entre una capa de electrodos, una capa parcialmente reflectante y parcialmente transmisora y una capa dieléctrica transparente. En algunas implementaciones, la pila óptica 16 es eléctricamente conductora, parcialmente transparente y parcialmente reflectante, y puede fabricarse, por ejemplo, depositando una o más de las capas anteriores sobre un sustrato transparente 20. La capa de electrodos puede estar formada por varios materiales, tales como diversos metales, por ejemplo, óxido de indio y estaño (ITO). La capa parcialmente reflectante puede estar formada por varios materiales que son parcialmente reflectantes, tales como diversos metales, tales el cromo (Cr), semiconductores y dieléctricos. La capa parcialmente reflectante puede estar formada por una o más capas de materiales, y cada una de las capas puede estar formada por un solo material o una combinación de materiales. En algunas implementaciones, la pila óptica 16 puede incluir un único espesor semitransparente de metal o semiconductor que sirve como absorbente óptico y como conductor, mientras que diferentes capas o partes más conductoras (por ejemplo, de la pila óptica 16 o de otras estructuras del IMOD) pueden servir para transmitir por bus señales entre píxeles de IMOD. La pila óptica 16 también puede incluir una o más capas aislantes o dieléctricas que cubren una o más capas conductoras o una capa conductora / absorbente.

**[0028]** En algunas implementaciones, la(s) capa(s) de la pila óptica (16) puede(n) ser modelada(s) en tiras paralelas y puede(n) formar electrodos de fila en un dispositivo de visualización, como se describe más adelante. Como entenderá alguien que tenga experiencia en la técnica, el término "estampado" se usa en el presente documento para referirse a procesos de enmascaramiento, así como de grabado. En algunas implementaciones, se puede usar un material sumamente conductor y reflectante, tal como el aluminio (Al), para la capa reflectante móvil 14, y estas tiras pueden formar electrodos de columna en un dispositivo de visualización. La capa reflectante móvil 14 puede estar formada como una serie de tiras paralelas de una capa o capas metálicas depositadas (ortogonales a los electrodos de fila de la pila óptica 16) para formar columnas depositadas sobre los postes 18 y un material protector intermedio depositado entre los postes 18. Cuando el material protector es eliminado por raspado, puede formarse una brecha definida 19, o cavidad óptica, entre la capa reflectante móvil 14 y la pila óptica 16. En algunas implementaciones, la separación entre postes 18 puede estar aproximadamente entre 1 y 1.000  $\mu\text{m}$ , mientras que la brecha 19 puede ser aproximadamente inferior a 10.000 Angstroms (Å).

**[0029]** En algunas implementaciones, cada píxel del IMOD, ya sea en el estado activado o relajado, es esencialmente un condensador formado por las capas reflectantes fijas y móviles. Cuando no se aplica ningún voltaje, la capa reflectante móvil 14 permanece en un estado mecánicamente relajado, como se ilustra mediante el píxel 12 a la izquierda en la figura 1, con la brecha 19 entre la capa reflectante móvil 14 y la pila óptica 16. Sin embargo, cuando se aplica una diferencia de potencial, por ejemplo, un voltaje, a al menos una entre una fila y una 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 atraen los electrodos entre sí. Si el voltaje aplicado supera un umbral, la capa reflectante móvil 14 puede deformarse y desplazarse cerca de, o contra, la pila óptica 16. Una capa dieléctrica (no mostrada) dentro de la pila óptica 16 puede evitar el cortocircuito y controlar la distancia de separación entre las capas 14 y 16, como se ilustra mediante el píxel 12 activado a la derecha en la figura 1. El comportamiento es el mismo independientemente de la polaridad de la diferencia de potencial aplicada. Aunque una serie de píxeles en una formación se puede denominar en algunos casos "filas" o "columnas", una persona con conocimientos medios en la técnica comprenderá inmediatamente que referirse a una dirección como una "fila" y a otra como una "columna" es arbitrario. Dicho de otro modo, en algunas orientaciones, las filas pueden considerarse columnas, y las columnas considerarse filas. Además, los elementos de visualización pueden estar dispuestos uniformemente en filas y columnas ortogonales (una "formación"), o dispuestos en configuraciones no lineales, por ejemplo, con ciertos desplazamientos de posición de uno con respecto al otro (un "mosaico"). Los términos "formación" y "mosaico" pueden referirse a cualquiera de las dos configuraciones. Por lo tanto, a pesar de que se

hace referencia al visor como que incluye una "formación" o un "mosaico", los elementos mismos no necesitan estar dispuestos ortogonalmente entre sí, o dispuestos en una distribución uniforme, en cualquier caso, pero pueden incluir disposiciones que tengan formas asimétricas y elementos distribuidos no uniformemente.

5 **[0030]** La figura 2 muestra un ejemplo de un diagrama de bloques de sistema que ilustra un dispositivo electrónico que incorpora una pantalla de IMOD de dimensión 3x3. El dispositivo electrónico incluye un procesador 21 que puede estar configurado para ejecutar uno o más módulos de software. Además de ejecutar un sistema operativo, el procesador 21 puede estar configurado para ejecutar una o más aplicaciones de software, incluyendo un navegador de la Red, una aplicación telefónica, un programa de correo electrónico o cualquier otra aplicación de software.

10 **[0031]** El procesador 21 puede configurarse para comunicarse con un controlador de formación 22. El controlador de formación 22 puede incluir un circuito controlador de filas 24 y un circuito controlador de columnas 26 que proporcionan señales, por ejemplo, a una formación o panel de visualización 30. La sección transversal del dispositivo de visualización de IMOD ilustrado en la figura 1 se muestra mediante las líneas 1-1 en la figura 2. Aun que la figura 2 ilustra una formación de dimensión 3x3 de los IMOD por razones de claridad, la formación de visualización 30 puede contener un número muy grande de los IMOD y puede tener un número diferente de los IMOD en las filas que en las columnas, y viceversa.

20 **[0032]** La figura 3 muestra un ejemplo de un diagrama que ilustra la posición de la capa reflectante móvil con respecto al voltaje aplicado para el IMOD de la figura 1. Para los IMOD de MEMS, el procedimiento de escritura de fila / columna (es decir, común / segmento) puede aprovechar una propiedad de histéresis de estos dispositivos, como se ilustra en la figura 3. Un IMOD puede utilizar, por ejemplo, una diferencia de potencial de alrededor de 10 voltios para hacer que la capa reflectante móvil, o espejo, cambie desde el estado relajado al estado activado. Cuando el voltaje se reduce desde ese valor, la capa reflectante móvil mantiene su estado cuando el voltaje cae por debajo, por ejemplo, de 10 voltios; sin embargo, la capa reflectante móvil no se relaja completamente hasta que el voltaje cae por debajo de 2 voltios. Por lo tanto, existe un intervalo de voltaje, aproximadamente de 3 a 7 voltios, como se muestra en la figura 3, donde existe una ventana de voltaje aplicado dentro de la cual el dispositivo es estable, ya sea en el estado relajado o activado. Esto se denomina en el presente documento la "ventana de histéresis" o "ventana de estabilidad". Para una formación de visualización 30 que tiene las características de histéresis de la figura 3, el procedimiento de escritura de fila / columna puede diseñarse para abordar una o más filas a la vez, de tal manera que durante el abordaje de una fila dada, los píxeles en la fila abordada que tienen que activarse están expuestos a una diferencia de voltaje de aproximadamente 10 voltios, y los píxeles que se han de relajar están expuestos a una diferencia de voltaje de casi cero voltios. Después del abordaje, los píxeles están expuestos a un estado estable o a una diferencia de voltaje de sesgo de aproximadamente 5 voltios, de tal manera que permanezcan en el estado de estroboscopia anterior. En este ejemplo, después de ser abordado, cada píxel ve una diferencia de potencial dentro de la "ventana de estabilidad" de aproximadamente entre 3 y 7 voltios. Esta característica de propiedad de histéresis permite que el diseño de píxeles, por ejemplo, ilustrado en la figura 1, permanezca estable, en un estado preexistente, bien activado o bien relajado, en las mismas condiciones de voltaje aplicado. Puesto que cada píxel de IMOD, ya sea en el estado activado o relajado, es esencialmente un condensador formado por las capas reflectantes fijas y móviles, este estado estable puede mantenerse a un voltaje constante dentro de la ventana de histéresis, esencialmente sin consumir o perder potencia. Además, esencialmente poca, o ninguna, corriente fluye hacia el píxel de IMOD si el potencial de voltaje aplicado permanece esencialmente fijo.

45 **[0033]** En algunas implementaciones, se puede crear una trama de una imagen aplicando señales de datos en forma de voltajes de "segmento" a lo largo del conjunto de electrodos de columna, de acuerdo al cambio deseado (si lo hay) para el estado de los píxeles en una fila dada. Cada fila de la formación se puede abordar a su vez, de modo que la trama se escriba una fila por vez. Para escribir los datos deseados en los píxeles de una primera fila, pueden aplicarse voltajes de segmento correspondientes al estado deseado de los píxeles en la primera fila, sobre los electrodos de columna, y un pulso de primera fila en forma de un voltaje o señal "común" se puede aplicar al primer electrodo de fila. El conjunto de voltajes de segmento se puede entonces cambiar para corresponder al cambio deseado (si lo hay) en el estado de los píxeles en la segunda fila, y se puede aplicar un segundo voltaje común al segundo electrodo de fila. En algunas implementaciones, los píxeles en la primera fila no se ven afectados por el cambio en los voltajes de segmento aplicados a lo largo de los electrodos de columna y permanecen en el estado en el que fueron fijados durante el primer pulso de fila de voltaje común. Este proceso puede repetirse para toda la serie de filas o, de forma alternativa, de columnas, de manera secuencial para producir la trama de imagen. Las tramas se pueden refrescar y/o actualizar con nuevos datos de imagen repitiendo continuamente este proceso a algún número deseado de tramas por segundo.

60 **[0034]** La combinación de señales de segmento y comunes aplicadas a través de cada píxel (es decir, la diferencia de potencial a través de cada píxel) determina el estado resultante de cada píxel. La figura 4 muestra un ejemplo de una tabla que ilustra varios estados de un IMOD cuando se aplican varios voltajes comunes y de segmento. Como entenderá inmediatamente alguien medianamente experto en la técnica, los voltajes de "segmento" se pueden aplicar a los electrodos de columna o a los electrodos de fila, y los voltajes "comunes" se pueden aplicar al otro entre los electrodos de columna y los electrodos de fila.

**[0035]** Como se ilustra en la figura 4 (así como en el diagrama de temporización mostrado en la figura 5B), cuando se aplique un voltaje de liberación  $V_{CREL}$  a lo largo de una línea común, todos los elementos de IMOD a lo largo de la línea común se pondrán en un estado relajado, alternativamente denominado estado liberado o no activado, independientemente del voltaje aplicado a lo largo de las líneas de segmento, es decir, voltaje de segmento alto  $V_{SH}$  y voltaje de segmento bajo  $V_{SL}$ . En particular, cuando el voltaje de liberación  $V_{CREL}$  se aplica a lo largo de una línea común, el voltaje de potencial a través del modulador (de forma alternativa, denominado voltaje de píxel) está dentro de la ventana de relajación (véase la figura 3, también denominada ventana de liberación), cuando tanto el voltaje de segmento alto  $V_{SH}$  como el voltaje de segmento bajo  $V_{SL}$  se aplican a lo largo de la correspondiente línea de segmento para ese píxel.

**[0036]** Cuando se aplica un voltaje de retención en una línea común, tal como un voltaje de retención alto  $V_{CRETENCIÓN\_H}$  o un voltaje de retención bajo  $V_{CRETENCIÓN\_L}$ , el estado del IMOD se mantendrá constante. Por ejemplo, un IMOD relajado permanecerá en una posición relajada, y un IMOD activado permanecerá en una posición activada. Los voltajes de retención pueden seleccionarse de tal manera que el voltaje de píxel permanezca dentro de una ventana de estabilidad, cuando tanto el voltaje de segmento alto  $V_{SH}$  como el voltaje de segmento bajo  $V_{SL}$  se apliquen a lo largo de la línea de segmento correspondiente. Por lo tanto, la oscilación del voltaje del segmento, es decir, la diferencia entre el voltaje de segmento alto  $V_{SH}$  y el voltaje de segmento bajo  $V_{SL}$ , es menor que la anchura de la ventana de estabilidad, ya sea la positiva o la negativa.

**[0037]** Cuando se aplica un voltaje de abordaje o activación sobre una línea común, tal como un voltaje de abordaje alto  $V_{CADD\_H}$  o un voltaje de abordaje bajo  $V_{CADD\_L}$ , los datos pueden escribirse selectivamente en los moduladores a lo largo de esa línea mediante la aplicación de voltajes de segmento a lo largo de las líneas de segmento respectivas. Los voltajes de segmento pueden seleccionarse de tal manera que la activación dependa del voltaje de segmento aplicado. Cuando se aplica un voltaje de abordaje a lo largo de una línea común, la aplicación de un voltaje de segmento dará lugar a un voltaje de píxel dentro de una ventana de estabilidad, haciendo que el píxel permanezca sin activar. Por el contrario, la aplicación del otro voltaje de segmento dará lugar a un voltaje de píxel más allá de la ventana de estabilidad, dando como resultado la activación del píxel. El voltaje particular de segmento que provoca la activación puede variar según qué voltaje de abordaje se use. En algunas implementaciones, cuando el voltaje de abordaje alto  $V_{CADD\_H}$  se aplica a lo largo de la línea común, la aplicación del voltaje de segmento alto  $V_{SH}$  puede hacer que un modulador permanezca en su posición actual, mientras que la aplicación del voltaje de segmento bajo  $V_{SL}$  puede causar la activación del modulador. Como un corolario, el efecto de los voltajes de segmento puede ser el opuesto cuando se aplica un voltaje de abordaje bajo  $V_{CADD\_L}$ , provocando un voltaje de segmento alto  $V_{SH}$  la activación del modulador, y no teniendo el voltaje de segmento bajo  $V_{SL}$  ningún efecto (es decir, permaneciendo estable) en el estado del modulador.

**[0038]** En algunas implementaciones se pueden usar voltajes de retención, voltajes de abordaje y voltajes de segmento que producen la misma diferencia de potencial de polaridad a través de los moduladores. En algunas otras implementaciones, se pueden usar señales que alternan la polaridad de la diferencia de potencial de los moduladores. La alternancia de la polaridad a través de los moduladores (es decir, la alternancia de la polaridad de los procedimientos de escritura) puede reducir o inhibir la acumulación de carga que podría ocurrir después de operaciones de escritura repetidas de una sola polaridad.

**[0039]** La figura 5A muestra un ejemplo de un diagrama que ilustra una trama de datos de visualización en la pantalla de IMOD de dimensión 3x3 de la figura 2. La figura 5B muestra un ejemplo de un diagrama de temporización para las señales comunes y de segmento que pueden usarse para escribir la trama de datos de visualización ilustrados en la figura 5A. Las señales pueden aplicarse, por ejemplo, a la formación de dimensión 3x3 de la figura 2, lo cual, en última instancia, dará como resultado la disposición de pantalla del tiempo de línea 60e, ilustrada en la figura 5A. Los moduladores activados en la figura 5A están en un estado oscuro, es decir, donde una parte sustancial de la luz reflejada está fuera del espectro visible para dar como resultado un aspecto oscuro, por ejemplo, para un espectador. Antes de escribir la trama ilustrada en la figura 5A, los píxeles pueden estar en cualquier estado, pero el procedimiento de escritura ilustrado en el diagrama de temporización de la figura 5B supone que cada modulador se ha liberado y reside en un estado no activado antes del primer tiempo de línea 60a.

**[0040]** Durante el primer tiempo de línea 60a, se aplica un voltaje de liberación 70 en la línea común 1; el voltaje aplicado en la línea común 2 comienza con un voltaje de retención alto 72 y pasa a un voltaje de liberación 70; y se aplica un voltaje de retención bajo 76 a lo largo de la línea común 3. Por lo tanto, los moduladores (común 1, segmento 1), (1, 2) y (1, 3) a lo largo de la línea común 1 permanecen en un estado relajado, o no activado, durante el primer tiempo de línea 60a, los moduladores (2, 1), (2, 2) y (2, 3) a lo largo de la línea común 2 se desplazarán a un estado relajado, y los moduladores (3, 1), (3, 2) y (3, 3) a lo largo de la línea común 3 permanecerán en su estado anterior. Con referencia a la figura 4, los voltajes de segmento aplicados a lo largo de las líneas de segmento 1, 2 y 3 no tendrán ningún efecto sobre el estado de los IMOD, ya que ninguna de las líneas comunes 1, 2 ó 3 están exponiéndose a niveles de voltaje que causen la activación durante el tiempo de línea 60a (es decir,  $V_{CREL}$  - relajación y  $V_{CRETENCIÓN\_L}$  - estable).

**[0041]** Durante el segundo tiempo de línea 60b, el voltaje en la línea común 1 pasa a un voltaje de retención alto 72 y todos los moduladores a lo largo de la línea común 1 permanecen en un estado relajado independientemente



del voltaje de segmento aplicado, porque no se aplicó ningún voltaje de abordaje o activación a la línea común 1. Los moduladores a lo largo de la línea común 2 permanecen en un estado relajado debido a la aplicación del voltaje de liberación 70 y los moduladores (3, 1), (3, 2) y (3, 3) a lo largo de la línea común 3 se relajarán cuando el voltaje a lo largo de la línea común 3 se desplace a un voltaje de liberación 70.

5 **[0042]** Durante el tercer tiempo de línea 60c, la línea común 1 se aborda aplicando un voltaje de direccionamiento alto 74 en la línea común 1. Debido a que se aplica un voltaje de segmento bajo 64 a lo largo de las líneas de segmento 1 y 2 durante la aplicación de esta voltaje de abordaje, el voltaje de píxel entre los moduladores (1, 1) y (1, 2) es mayor que el extremo superior de la ventana de estabilidad positiva (es decir, el diferencial de voltaje superó un umbral predefinido) de los moduladores, y se activan los moduladores (1, 1) y (1, 2). A la inversa, debido a que se aplica un voltaje de segmento alto 62 a lo largo de la línea de segmento 3, el voltaje de píxel a través del modulador (1, 3) es menor que el de los moduladores (1, 1) y (1, 2) y permanece dentro de la ventana de estabilidad positiva del modulador; el modulador (1, 3) permanece por tanto relajado. También durante el tiempo de línea 60c, el voltaje a lo largo de la línea común 2 disminuye hasta un voltaje de retención bajo 76, y el voltaje a lo largo de la línea común 3 permanece a un voltaje de liberación 70, dejando los moduladores a lo largo de las líneas comunes 2 y 3 en una posición relajada.

10 **[0043]** Durante el cuarto tiempo de línea 60d, el voltaje en la línea común 1 vuelve a un voltaje de retención alto 72, dejando los moduladores a lo largo de la línea común 1 en sus respectivos estados abordados. El voltaje en la línea común 2 se reduce a un voltaje de abordaje bajo 78. Debido a que se aplica un voltaje de segmento alto 62 a lo largo de la línea de segmento 2, el voltaje de píxel a través del modulador (2, 2) está por debajo del extremo inferior de la ventana de estabilidad negativa del modulador, haciendo que el modulador (2, 2) actúe. A la inversa, debido a que se aplica un voltaje de segmento bajo 64 a lo largo de las líneas de segmento 1 y 3, los moduladores (2, 1) y (2, 3) permanecen en una posición relajada. El voltaje en la línea común 3 aumenta hasta un voltaje de retención alto 72, dejando los moduladores a lo largo de la línea común 3 en un estado relajado.

15 **[0044]** Finalmente, durante el tiempo de la quinta línea 60e, el voltaje en la línea común 1 permanece en el voltaje de retención alto 72 y el voltaje en la línea común 2 permanece en un voltaje de retención bajo 76, dejando los moduladores a lo largo de las líneas comunes 1 y 2 en sus respectivos estados abordados. El voltaje en la línea común 3 aumenta hasta un voltaje de abordaje alto 74 para abordar los moduladores a lo largo de la línea común 3. A medida que se aplica un voltaje de segmento bajo 64 en las líneas de segmento 2 y 3, los moduladores (3, 2) y (3, 3) actúan, mientras que el voltaje de segmento alto 62 aplicado a lo largo de la línea de segmento 1 hace que el modulador (3, 1) permanezca en una posición relajada. Por lo tanto, al final de la quinta línea de tiempo 60e, la matriz de píxeles de dimensión 3x3 está en el estado mostrado en la figura 5A, y permanecerá en ese estado mientras los voltajes de retención se apliquen a lo largo de las líneas comunes, independientemente de las variaciones en el voltaje de segmento que pueden ocurrir cuando están siendo abordados moduladores a lo largo de otras líneas comunes (no mostradas).

20 **[0045]** En el diagrama de temporización de la figura 5B, un procedimiento de escritura dado (es decir, tiempos de línea 60a a 60e) puede incluir el uso de voltajes altos de retención y abordaje, o voltajes bajos de retención y abordaje. Una vez que el procedimiento de escritura se haya completado para una línea común dada (y el voltaje común se fije en el voltaje de retención que tenga la misma polaridad que el voltaje de activación), el voltaje de píxel permanece dentro de una ventana de estabilidad dada y no atraviesa la ventana de relajación hasta que se aplique un voltaje de liberación en esa línea común. Además, dado que cada modulador se libera como parte del procedimiento de escritura antes de abordar el modulador, el tiempo de activación de un modulador, en lugar del tiempo de liberación, puede determinar el tiempo de línea necesario. Específicamente, en implementaciones en las que el tiempo de liberación de un modulador es mayor que el tiempo de activación, el voltaje de liberación puede aplicarse durante más tiempo que un tiempo de línea única, como se representa en la figura 5B. En algunas otras implementaciones, los voltajes aplicados a lo largo de líneas comunes o líneas de segmento pueden variar para tener en cuenta variaciones en los voltajes de activación y de liberación de diferentes moduladores, tales como moduladores de diferentes colores.

25 **[0046]** Los detalles de la estructura de los IMOD que funcionan de acuerdo a los principios expuestos anteriormente pueden variar ampliamente. Por ejemplo, las figuras 6A a 6E muestran ejemplos de secciones transversales de diversas implementaciones de los IMOD, incluyendo la capa reflectante móvil 14 y sus estructuras de soporte. La figura 6A muestra un ejemplo de una sección transversal parcial de la pantalla del IMOD de la figura 1, en la que una tira de material metálico, es decir, la capa reflectante móvil 14, se deposita sobre soportes 18 que se extienden ortogonalmente desde el sustrato 20. En la figura 6B, la capa reflectante móvil 14 de cada IMOD tiene una forma generalmente cuadrada o rectangular y está unida a soportes en o cerca de las esquinas, en las bridas 32. En la figura 6C, la capa reflectante móvil 14 es generalmente de forma cuadrada o rectangular, y está suspendida de una capa deformable 34, que puede incluir un metal flexible. La capa deformable 34 puede conectarse, directa o indirectamente, al sustrato 20 alrededor del perímetro de la capa reflectante móvil 14. Estas conexiones se denominan en el presente documento postes de soporte. La implementación mostrada en la figura 6C tiene beneficios adicionales obtenidos del desacoplamiento de las funciones ópticas de la capa reflectante móvil 14 de sus funciones mecánicas, que son llevadas a cabo por la capa deformable 34. Este desacoplamiento permite que el diseño estructural y los materiales utilizados para la capa reflectante 14, y los utilizados para la capa deformable

34, se optimicen independientemente entre sí.

**[0047]** La figura 6D muestra otro ejemplo de un IMOD, en el que la capa reflectante móvil 14 incluye una sub-capa reflectante 14a. La capa reflectante móvil 14 reposa sobre una estructura de soporte, tal como los postes de soporte 18. Los postes de soporte 18 proporcionan separación de la capa reflectante móvil 14 del electrodo fijo inferior (es decir, parte de la pila óptica 16 en el IMOD ilustrado), de manera que se forme una brecha 19 entre la capa reflectante móvil 14 y la pila óptica 16, por ejemplo cuando la capa reflectante móvil 14 esté en una posición relajada. La capa reflectante móvil 14 también puede incluir una capa conductora 14c, que puede configurarse para servir como electrodo, y una capa de soporte 14b. En este ejemplo, la capa conductora 14c está dispuesta en un lado de la capa de soporte 14b, distal del sustrato 20, y la sub-capa reflectante 14a está dispuesta en el otro lado de la capa de soporte 14b, proximal al sustrato 20. En algunas implementaciones, la sub-capa reflectante 14a puede ser conductora y puede estar dispuesta entre la capa de soporte 14b y la pila óptica 16. La capa de soporte 14b puede incluir una o más capas de un material dieléctrico, por ejemplo, oxinitruro de silicio (SiON) o dióxido de silicio (SiO<sub>2</sub>). En algunas implementaciones, la capa de soporte 14b puede ser una pila de capas, tal como, por ejemplo, una pila de tres capas de SiO<sub>2</sub>/SiON/SiO<sub>2</sub>. Una cualquiera, o ambas, entre la sub-capa reflectante 14a y la capa conductora 14c, pueden incluir, por ejemplo, una aleación de aluminio (Al) con aproximadamente un 0,5% de cobre (Cu) u otro material metálico reflectante. El empleo de capas conductoras 14a, 14c por encima y por debajo de la capa de soporte dieléctrico 14b puede equilibrar las tensiones y proporcionar una conducción mejorada. En algunas implementaciones, la sub-capa reflectante 14a y la capa conductora 14c pueden estar formadas de materiales diferentes para varios fines de diseño, tales como conseguir perfiles de tensión específicos dentro de la capa reflectante móvil 14.

**[0048]** Como se ilustra en la figura 6D, algunas implementaciones también pueden incluir una estructura de máscara negra 23. La estructura de máscara negra 23 puede formarse en regiones ópticamente inactivas (por ejemplo, entre píxeles o debajo de postes 18) para absorber la luz ambiente o dispersa. La estructura de máscara negra 23 también puede mejorar las propiedades ópticas de un dispositivo de visualización al impedir que la luz sea reflejada desde, o transmitida a través de, partes inactivas de la pantalla, aumentando de ese modo la relación de contraste. Además, la estructura de máscara negra 23 puede ser conductora y estar configurada para funcionar como una capa de transporte eléctrico. En algunas implementaciones, los electrodos de fila pueden conectarse a la estructura de máscara negra 23 para reducir la resistencia del electrodo de fila conectado. La estructura de máscara negra 23 se puede formar usando varios procedimientos, incluyendo técnicas de deposición y modelado. La estructura de máscara negra 23 puede incluir una o más capas. Por ejemplo, en algunas implementaciones, la estructura de máscara negra 23 incluye una capa de molibdeno-cromo (MoCr) que sirve como absorbente óptico, una capa de SiO<sub>2</sub> y una aleación de aluminio que sirve como reflectante y una capa de transporte, con un espesor en el intervalo entre aproximadamente 30 a 80 Å, 500 a 1000 Å y 500 a 6000 Å, respectivamente. Las una o más capas pueden ser modeladas usando varias técnicas, incluyendo la fotolitografía y el grabado en seco, incluyendo, por ejemplo, tetrafluoruro de carbono (CF<sub>4</sub>) y/u oxígeno (O<sub>2</sub>) para las capas de MoCr y SiO<sub>2</sub> y cloro (Cl<sub>2</sub>) y/o tricloruro de boro (BCl<sub>3</sub>) para la capa de aleación de aluminio. En algunas implementaciones, la máscara negra 23 puede ser una estructura de pila interferométrica o etalon. En dichas estructuras de máscara negra de pilas interferométricas 23, los absorbedores conductores se pueden utilizar para transmitir o conducir señales entre electrodos inferiores fijos en la pila óptica 16 de cada fila o columna. En algunas implementaciones, una capa separadora 35 puede servir para aislar eléctricamente de forma general la capa absorbente 16a de las capas conductoras en la máscara negra 23.

**[0049]** La figura 6E muestra otro ejemplo de un IMOD, en el que la capa reflectante móvil 14 es autoportante. A diferencia de la figura 6D, la implementación de la figura 6E no incluye postes de soporte 18. En cambio, la capa reflectante móvil 14 toma contacto con la pila óptica subyacente 16 en múltiples ubicaciones y la curvatura de la capa reflectante móvil 14 proporciona suficiente soporte para que la capa reflectante móvil 14 vuelva a la posición no activada de la figura 6E cuando el voltaje a través del IMOD es insuficiente para provocar la activación. La pila óptica 16, que puede contener una pluralidad de varias capas diferentes, se muestra aquí para mayor claridad como incluyendo de un absorbedor óptico 16a y un dieléctrico 16b. En algunas implementaciones, el absorbedor óptico 16a puede servir tanto como un electrodo fijo como una capa parcialmente reflectante.

**[0050]** En implementaciones tales como las mostradas en las figuras 6A a 6E, los IMOD funcionan como dispositivos de vista directa, en los que se ven imágenes desde el lado frontal del sustrato transparente 20, es decir, el lado opuesto al lado en el que está dispuesto el modulador. En estas implementaciones, las partes traseras del dispositivo (es decir, cualquier parte del dispositivo de visualización detrás de la capa reflectante móvil 14, incluyendo, por ejemplo, la capa deformable 34 ilustrada en la figura 6C) se pueden configurar y accionar sin incidir o afectar negativamente en la calidad de imagen del dispositivo de visualización, porque la capa reflectante 14 protege ópticamente esas partes del dispositivo. Por ejemplo, en algunas implementaciones puede incluirse una estructura de bus (no ilustrada) detrás de la capa reflectante móvil 14 que proporciona la capacidad de separar las propiedades ópticas del modulador de las propiedades electromecánicas del modulador, tales como el abordaje de voltaje y los movimientos resultantes de dicho abordaje. Además, las implementaciones de las figuras 6A a 6E pueden simplificar el procesamiento, tal como el modelado.

**[0051]** La figura 7 muestra un ejemplo de un diagrama de flujo que ilustra un proceso de fabricación 80 para un

IMOD, y las figuras 8A a 8E muestran ejemplos de ilustraciones esquemáticas en sección transversal de etapas correspondientes de un proceso de fabricación 80 de este tipo. En algunas implementaciones, el proceso de fabricación 80 puede implementarse para fabricar, por ejemplo, los IMOD del tipo general ilustrado en las figuras 1 y 6, además de otros bloques no mostrados en la figura 7. Con referencia a las figuras 1, 6 y 7, el proceso 80 comienza en el bloque 82 con la formación de la pila óptica 16 sobre el sustrato 20. La figura 8A ilustra dicha pila óptica 16 formada sobre el sustrato 20. El sustrato 20 puede ser un sustrato transparente tal como vidrio o plástico, puede ser flexible o relativamente rígido e inflexible, y puede haber sido sometido a procesos previos de preparación, por ejemplo, limpieza, para facilitar la formación eficaz de la pila óptica 16. Como se ha expuesto anteriormente, la pila óptica 16 puede ser eléctricamente conductora, parcialmente transparente y parcialmente reflectante, y puede fabricarse, por ejemplo, depositando una o más capas que tengan las propiedades deseadas sobre el sustrato transparente 20. En la figura 8A, la pila óptica 16 incluye una estructura de múltiples capas que tiene las sub-capas 16a y 16b, aunque se pueden incluir más o menos sub-capas en algunas otras implementaciones. En algunas implementaciones, una de las sub-capas 16a, 16b puede configurarse con propiedades tanto ópticamente absorbentes como conductoras, tal como la sub-capa combinada conductora / absorbente 16a. Adicionalmente, una o más de las sub-capas 16a, 16b pueden ser modeladas en tiras paralelas, y pueden formar electrodos de fila en un dispositivo de visualización. Tal modelado puede realizarse mediante un proceso de enmascaramiento y grabado u otro proceso adecuado conocido en la técnica. En algunas implementaciones, una de las sub-capas 16a, 16b puede ser una capa aislante o dieléctrica, tal como la sub-capa 16b que se deposita sobre una o más capas metálicas (por ejemplo, una o más capas reflectantes y/o conductoras). Además, la pila óptica 16 puede ser modelada en tiras individuales y paralelas que forman las filas de la pantalla.

**[0052]** El proceso 80 continúa en el bloque 84 con la formación de una capa protectora 25 sobre la pila óptica 16. La capa protectora 25 se retira más tarde (por ejemplo, en el bloque 90) para formar la cavidad 19 y por lo tanto la capa protectora 25 no se muestra en los IMOD 12 resultantes ilustrados en la figura 1. La figura 8B ilustra un dispositivo parcialmente fabricado que incluye una capa protectora 25 formada sobre la pila óptica 16. La formación de la capa protectora 25 sobre la pila óptica 16 puede incluir la deposición de un material grabable por difluoruro de xenón ( $XeF_2$ ), tal como el molibdeno (Mo) o el silicio amorfo (Si), en un espesor seleccionado para proporcionar, después de la eliminación subsiguiente, una brecha o cavidad 19 (véanse también las figuras 1 y 8E) con un tamaño de diseño deseado. La deposición del material protector se puede llevar a cabo usando técnicas de deposición tales como la deposición física de vapor (PVD, por ejemplo, pulverización catódica), la deposición química de vapor mejorada por plasma (PECVD), la deposición química térmica de vapor (CVD térmica) o el revestimiento por centrifugación.

**[0053]** El proceso 80 continúa en el bloque 86 con la formación de una estructura de soporte, por ejemplo, un poste 18 como se ilustra en las figuras 1, 6 y 8C. La formación del poste 18 puede incluir el modelado de la capa protectora 25 para formar una abertura de estructura de soporte, depositando a continuación un material (por ejemplo, un polímero o un material inorgánico, por ejemplo, óxido de silicio) en la abertura para formar el poste 18, usando un procedimiento de deposición tal como PVD, PECVD, CVD térmica o revestimiento por centrifugación. En algunas implementaciones, la abertura de la estructura de soporte formada en la capa protectora puede extenderse a través tanto de la capa protectora 25 como de la pila óptica 16 hasta el sustrato subyacente 20, de manera que el extremo inferior del poste 18 tome contacto con el sustrato 20 como se ilustra en la figura 6A. De forma alternativa, como se representa en la figura 8C, la abertura formada en la capa protectora 25 puede extenderse a través de la capa protectora 25, pero no a través de la pila óptica 16. Por ejemplo, la figura 8E ilustra los extremos inferiores de los postes de soporte 18 en contacto con una superficie superior de la pila óptica 16. El poste 18, u otras estructuras de soporte, pueden formarse depositando una capa de material de estructura de soporte sobre la capa protectora 25 y modelando partes del material de estructura de soporte situadas lejos de aberturas en la capa protectora 25. Las estructuras de soporte pueden estar situadas dentro de las aberturas, como se ilustra en la figura 8C, pero también pueden extenderse, al menos parcialmente, sobre una parte de la capa protectora 25. Como se ha indicado anteriormente, el modelado de la capa protectora 25 y/o de los postes de soporte 18 puede llevarse a cabo mediante un proceso de modelado y grabado, pero también puede realizarse mediante procedimientos de grabado alternativos.

**[0054]** El proceso 80 continúa en el bloque 88 con la formación de una capa o membrana móvil reflectante tal como la capa reflectante móvil 14 ilustrada en las figuras 1, 6 y 8D. La capa reflectante móvil 14 puede formarse empleando una o más etapas de deposición, por ejemplo, deposición de capa reflectante (por ejemplo, aluminio, aleación de aluminio), junto con una o más etapas de modelado, enmascaramiento y/o grabado. La capa reflectante móvil 14 puede ser eléctricamente conductora, y mencionada como una capa eléctricamente conductora. En algunas implementaciones, la capa reflectante móvil 14 puede incluir una pluralidad de sub-capas 14a, 14b, 14c, como se muestra en la figura 8D. En algunas implementaciones, una o más de las sub-capas, tales como las sub-capas 14a, 14c, pueden incluir sub-capas sumamente reflectantes seleccionadas por sus propiedades ópticas, y otra sub-capa 14b puede incluir una sub-capa mecánica seleccionada para sus propiedades mecánicas. Puesto que la capa protectora 25 está todavía presente en el IMOD parcialmente fabricado formado en el bloque 88, la capa reflectante móvil 14 habitualmente no es móvil en esta etapa. Un IMOD parcialmente fabricado que contiene una capa protectora 25 también se puede denominar en el presente documento un IMOD "no liberado". Como se ha descrito anteriormente en relación con la figura 1, la capa reflectante móvil 14 puede ser modelada en tiras individuales y paralelas que forman las columnas de la pantalla.

**[0055]** El proceso 80 continúa en el bloque 90 con la formación de una cavidad, por ejemplo, la cavidad 19, como se ilustra en las figuras 1, 6 y 8E. La cavidad 19 puede formarse exponiendo el material protector 25 (depositado en el bloque 84) a un agente grabador. Por ejemplo, un material protector grabable tal como el Mo o el Si amorfo puede eliminarse mediante grabado químico en seco, por ejemplo, exponiendo la capa protectora 25 a un agente grabador gaseoso o vaporoso, tal como vapores obtenidos del XeF<sub>2</sub> sólido durante un período de tiempo que es eficaz para eliminar la cantidad deseada de material, habitualmente separada selectivamente con respecto a las estructuras que rodean la cavidad 19. También se pueden usar otros procedimientos de grabado, tales como el grabado húmedo y/o el grabado en plasma. Dado que la capa protectora 25 se retira durante el bloque 90, la capa reflectante móvil 14 es habitualmente móvil después de esta etapa. Después de la eliminación del material protector 25, el IMOD resultante, total o parcialmente fabricado, puede denominarse en el presente documento un IMOD "liberado".

**[0056]** Otro ejemplo de un dispositivo de EMS es un micro-altavoz. En algunas implementaciones, se pueden montar, unir o conectar de otro modo uno, dos o múltiples micro-altavoces a uno o más dispositivos de EMS, tales como un dispositivo de visualización de IMOD. En algunas implementaciones, se pueden fabricar uno, dos o múltiples micro-altavoces como parte de un dispositivo de visualización de IMOD.

**[0057]** Las figuras 9A y 9B muestran ejemplos de un micro-altavoz encapsulado en vidrio que incluye una formación de micro-altavoces sobre un sustrato de vidrio con un vidrio de cobertura. La figura 9A muestra un ejemplo de un diagrama de vista en despiece del micro-altavoz encapsulado en vidrio. La figura 9B muestra un ejemplo de una vista isométrica simplificada del micro-altavoz encapsulado en vidrio que se muestra en la figura 9A. Para mayor claridad, algunos componentes que se muestran en la figura 9A no se muestran en la figura 9B.

**[0058]** El micro-altavoz encapsulado en vidrio 100 mostrado en el ejemplo de las figuras 9A y 9B incluye un vidrio de cobertura 102, un dispositivo de circuito integrado 104, un sustrato de vidrio 106, una formación de micro-altavoces 108 y un anillo de unión 110. Si bien el vidrio de cobertura 102 y el sustrato de vidrio 106 se representan como transparentes en las figuras 9A y 9B, así como en algunas otras figuras, el vidrio de cobertura y el sustrato de vidrio pueden ser transparentes o no transparentes. Por ejemplo, el vidrio de cobertura y el sustrato de vidrio pueden estar escarchados, revestidos, pintados u opacados de otro modo.

**[0059]** Un vidrio de cobertura puede ser un sustrato plano que tiene dos superficies principales esencialmente paralelas y uno o más huecos. El vidrio de cobertura 102 incluye un hueco 112, como se muestra en la figura 9A. Cuando el vidrio de cobertura 102 se pega al sustrato de vidrio 106, se forma una cavidad 113 como se muestra en la figura 9B. La cavidad 113 es un volumen que puede asimilar diferentes componentes del micro-altavoz 100 encapsulado en vidrio. La cavidad 113 en el ejemplo de las figuras 9A y 9B asimila el dispositivo de circuito integrado 104 y la formación de micro-altavoces 108.

**[0060]** En algunas implementaciones, la longitud y el ancho del vidrio de cobertura 102 pueden ser iguales o aproximadamente iguales a la longitud y al ancho del sustrato de vidrio 106. Por ejemplo, una longitud del vidrio de cobertura puede tener aproximadamente 1 a 5 mm, y un ancho del vidrio de cobertura puede tener aproximadamente 1 a 5 mm. En algunas implementaciones, el vidrio de cobertura y el sustrato de vidrio pueden tener aproximadamente las mismas dimensiones y pueden ser rectangulares o cuadrados. En algunas implementaciones, el vidrio de cobertura y el sustrato de vidrio pueden tener aproximadamente las mismas dimensiones y pueden ser circulares, un óvalo u otra forma. En diversas implementaciones, el vidrio de cobertura puede tener un espesor de aproximadamente 50 a 700 micrómetros, por ejemplo, de aproximadamente 100 a 300 micrómetros de espesor, de aproximadamente 300 a 500 micrómetros de espesor, o de aproximadamente 500 micrómetros de espesor.

**[0061]** El dispositivo de circuito integrado 104 se puede configurar para proporcionar entrada a la formación de micro-altavoces 108 y se puede disponer sobre el sustrato de vidrio 106. En algunas implementaciones, el dispositivo de circuito integrado 104 puede ser un circuito integrado específico de la aplicación (ASIC). En el ejemplo de las figuras 9A y 9B, el dispositivo de circuito integrado 104 está pegado por chips de inversión a las almohadillas de unión de la superficie superior 127a sobre el sustrato de vidrio 106. En algunas implementaciones, el dispositivo de circuito integrado 104 puede estar unido por cable a almohadillas de unión, o fabricado en la superficie del sustrato de vidrio 106.

**[0062]** El sustrato de vidrio 106 es generalmente un sustrato plano que tiene dos superficies esencialmente paralelas, una superficie superior 126a y una superficie inferior 126b. Las vías a través del vidrio 122 proporcionan trayectos conductores entre partes de la superficie superior 126a y la superficie inferior 126b, a través del sustrato de vidrio 106. Los trazos conductores del lado superior 124 sobre la superficie superior 126a conectan las vías a través del vidrio 122 a las almohadillas adhesivas de la parte superior 127a, que proporcionan conexiones eléctricas al dispositivo de circuito integrado 104. Las almohadillas adhesivas del lado inferior 127b sobre la superficie inferior 126b proporcionan conexiones eléctricas del lado inferior a las vías a través del vidrio 122. La formación de micro-altavoces 108 y el dispositivo de circuito integrado 104 pueden estar conectados eléctricamente a una o más de las vías a través del vidrio 122, directa o indirectamente, mediante los trazos conductores de la parte superior 124 sobre el sustrato de vidrio 106. En el ejemplo mostrado, los trazos conductores de la parte superior 128 conectan la

formación de micro-altavoces 108 a las almohadillas de unión 129; las almohadillas de unión 129 pueden usarse para conexiones al dispositivo de circuito integrado 104. Las vías a través del vidrio 122 proporcionan así una conexión eléctrica directa desde uno o más trazos, almohadillas de unión, dispositivos de circuito integrado, elementos de micro-altavoces y/u otros componentes en un lado del sustrato de vidrio 106, a uno o más trazos, almohadillas de unión y/u otros componentes en el lado opuesto. La disposición particular de las vías a través del vidrio 122, los trazos conductores superiores 124 y las almohadillas de unión del lado superior y del lado inferior 127a y 127b, asociadas al sustrato de vidrio 106, son un ejemplo de una posible disposición, con otras disposiciones posibles de acuerdo a la implementación deseada.

**[0063]** En el ejemplo mostrado en las figuras 9A y 9B, el anillo de unión 110 rodea las vías a través del vidrio 122, las trazas conductoras superiores 124 y las almohadillas de unión de la parte superior 127a. En algunas implementaciones, el anillo de unión 110 puede solapar algunos de los trazos conductores superiores 124 y/o algunas de las vías a través del vidrio 122. En la Solicitud de Patente Estadounidense N° 13/048.768 titulada "VÍA DE PELÍCULA FINA A TRAVÉS DEL VIDRIO Y PROCEDIMIENTOS PARA FORMAR LA MISMA", presentada el 15 de marzo de 2011, y en la Solicitud de Patente Estadounidense N° 13/221.677, titulada "VÍA TROQUELADA A TRAVÉS DEL VIDRIO Y PROCEDIMIENTOS PARA FORMAR LA MISMA", presentada el 30 de agosto de 2011, puede hallarse una descripción adicional de los sustratos de vidrio y de las vías a través del vidrio eléctricamente conductoras.

**[0064]** En algunas implementaciones, partes de los trazos conductores del lado superior 124 en la superficie superior 126a que están expuestas al entorno exterior pueden ser desactivadas. Por ejemplo, los trazos conductores del lado superior pueden desactivarse con una capa de desactivación, tal como un recubrimiento de un óxido o un nitruro. La capa de desactivación puede evitar que los trazos conductores en el lado superior se oxiden y posiblemente causen una falla del micro-altavoz encapsulado en vidrio 100. La capa de desactivación puede depositarse con un proceso de CVD o un proceso de PVD, u otra técnica de deposición adecuada. Además, otras superficies metálicas expuestas del micro-altavoz encapsulado en vidrio 100 también pueden desactivarse.

**[0065]** En algunas implementaciones, una longitud del sustrato de vidrio 106 puede ser de aproximadamente 1 a 5 mm, y una anchura del sustrato de vidrio 106 puede ser de aproximadamente 1 a 5 mm. En diversas implementaciones, el sustrato de vidrio 106 puede tener un grosor de aproximadamente 50 a 700 micrómetros, por ejemplo, de aproximadamente 100 a 300 micrómetros de espesor, de aproximadamente 300 a 500 micrómetros de espesor o de aproximadamente 500 micrómetros de espesor.

**[0066]** El anillo de unión 110 pega el vidrio de cobertura 102 al sustrato de vidrio 106. El anillo de unión 110 puede estar conformado de cualquier manera adecuada y generalmente está conformado y dimensionado para corresponder al vidrio de cobertura 102 y al sustrato de vidrio 106 a unir. El anillo de unión 110 puede incluir cualquier número de diferentes materiales de adhesión. En algunas implementaciones, el anillo de unión 110 puede ser un adhesivo. Por ejemplo, el anillo de unión 110 puede ser un epoxi, que incluye un epoxi curable ultravioleta (UV) o un epoxi curable por calor. En algunas implementaciones, el anillo de unión 110 puede ser un anillo de unión de vidrio fritado. En algunas implementaciones, el anillo de unión 110 puede ser un anillo de unión de metal. El anillo de unión de metal puede incluir una metalurgia soldable, una metalurgia eutéctica, una pasta de soldadura o similar. Ejemplos de metalúrgicas soldables incluyen el níquel / oro (Ni/Au), el níquel / paladio (Ni/Pd), el níquel / paladio / oro (Ni/Pd/Au), el cobre (Cu) y el oro (Au). La unión metálica eutéctica implica formar una capa de aleación eutéctica entre el vidrio de cobertura 102 y el sustrato de vidrio 106. Los ejemplos de aleaciones eutécticas que se pueden usar incluyen el indio / bismuto (InBi), el cobre / estaño (CuSn) y el oro / estaño (AuSn). Las temperaturas de fusión de estas aleaciones eutécticas son de aproximadamente 150°C para la aleación eutéctica de InBi, de aproximadamente 225°C para la aleación eutéctica de CuSn y de aproximadamente 305°C para la aleación eutéctica de AuSn.

**[0067]** La formación de micro-altavoces 108 puede formarse en, o unirse a, el sustrato de vidrio 106. La formación de micro-altavoces 108 puede incluir cualquier número de elementos de micro-altavoces individuales. Por ejemplo, la formación de micro-altavoces 108 puede incluir una formación de dimensión 1x1, 1x2, 2x2, 10x10 ó 10x20 de elementos individuales de micro-altavoces. En algunas implementaciones, cada elemento de micro-altavoz incluye una membrana dieléctrica deformable que se curva al recibir una señal de activación, por ejemplo, desde el dispositivo de circuito integrado 104. Más detalles de las implementaciones de los elementos de micro-altavoces se describen a continuación con respecto a las figuras 12A a 17. La membrana deformada genera ondas de sonido que se emiten a través de una rejilla de altavoces 115 en el vidrio de cobertura 102. La rejilla de altavoces 115 incluye múltiples puertos acústicos 114 que se extienden a través del vidrio de cobertura 102, a través del cual las ondas de sonido pueden transmitirse, por ejemplo, a un usuario. En algunas implementaciones, la membrana deformada puede generar un sonido que tiene una frecuencia entre aproximadamente 20 Hz y 20,000 Hz, o una parte de la misma. En algunas implementaciones, el micro-altavoz, o la formación de micro-altavoces, se puede dimensionar y controlar para generar ondas de sonido ultrasónicas de hasta 40.000 Hz y más.

**[0068]** La rejilla de altavoces 115 permite que las ondas de sonido pasen desde la formación de micro-altavoces 108, permitiendo a la vez que el vidrio de cobertura 102 proteja los componentes internos del micro-altavoz encapsulado en vidrio 100. Los puertos acústicos 114 en la rejilla de altavoces 115 pueden estar en varias

configuraciones diferentes, que incluyen un único orificio o múltiples orificios dispuestos en una formación hexagonal, circular o cuadrada, por ejemplo. Los puertos acústicos 114 también pueden tener cualquiera entre una serie de formas diferentes, que incluyen formas circulares, rectangulares o triangulares, por ejemplo. En algunas implementaciones, los puertos acústicos 114 están diseñados de manera que no actúen como un corte acústico para una onda de sonido en la gama de frecuencias que se emitirá por el micro-altavoz encapsulado en vidrio 100. Por ejemplo, el diámetro de cada uno de los puertos acústicos 114 puede ser lo suficientemente grande y la profundidad de cada uno de los puertos acústicos 114 puede ser lo suficientemente delgada para permitir que pase el sonido de frecuencia moderadamente baja, media y alta, desalojando a la vez las ondas de sonido a bajas frecuencias. Los diámetros ejemplares de los orificios van desde aproximadamente entre 10 y 30 micrómetros por lo bajo hasta más de 500 micrómetros por lo alto. En algunas implementaciones, los puertos acústicos 114 pueden recubrirse con un material hidrófobo. Los ejemplos de revestimientos hidrófobos incluyen el politetrafluoroetileno y otros fluoropolímeros.

**[0069]** Las figuras 10A y 10B muestran otro ejemplo de un micro-altavoz encapsulado en vidrio que incluye una formación de micro-altavoces sobre un sustrato de vidrio con un vidrio de cobertura. La figura 10A muestra un ejemplo de un diagrama de vista en despiece del micro-altavoz encapsulado en vidrio. La figura 10B muestra un ejemplo de una vista isométrica del micro-altavoz encapsulado en vidrio que se muestra en la figura 10A.

**[0070]** El micro-altavoz encapsulado en vidrio 100 que se muestra en las figuras 10A y 10B incluye un vidrio de cobertura 102, un dispositivo de circuito integrado 104, un sustrato de vidrio 106, una formación de micro-altavoces 108 y un anillo de unión 110. El vidrio de cobertura 102 incluye un hueco 112 y una rejilla de altavoces 115 que incluye puertos acústicos a través del vidrio 114. Cuando el vidrio de cobertura 102 se pega al sustrato de vidrio 106, se forma una cavidad 113 mediante el hueco 112.

**[0071]** El sustrato de vidrio 106 es un sustrato esencialmente plano que tiene dos superficies esencialmente paralelas, una superficie superior 126a y una superficie inferior 126b. Un reborde 132 admite conexiones eléctricas a partes de la superficie superior 126a encerradas por el vidrio de cobertura 102. Los trazos conductores del lado superior 124 sobre la superficie superior 126a conectan las almohadillas de unión del lado superior 127a a las almohadillas de reborde 127c. Las almohadillas de unión del lado superior 127a se pueden usar para las conexiones al dispositivo de circuito integrado 104. La formación de micro-altavoces 108 y el dispositivo de circuito integrado 104 pueden estar conectados eléctricamente a una o más de las almohadillas de reborde 127c, directa o indirectamente, mediante los trazos conductores del lado superior 124 sobre el sustrato de vidrio 106. En el ejemplo mostrado, los trazos conductores del lado superior 128 conectan la formación de micro-altavoces 108 a las almohadillas de unión 129, conectando las almohadillas de unión 129 la formación de micro-altavoces 108 al dispositivo de circuito integrado 104. Los trazos conductores del lado superior 124 y 128 proporcionan así una conexión eléctrica desde una o más almohadillas de enlace 127a y 129, el dispositivo de circuito integrado 104, la formación de micro-altavoces 108 u otros componentes que puedan estar rodeados por el vidrio de cobertura 102, a una o más almohadillas de reborde 127c o a otros componentes. La disposición particular de los trazos conductores, las almohadillas de unión y las almohadillas de reborde asociadas al sustrato de vidrio 106 son un ejemplo de una posible disposición, con otras disposiciones posibles de acuerdo a la implementación deseada.

**[0072]** En algunas implementaciones, se pueden desactivar partes de los trazos conductores del lado superior 124 y/o 128 en la superficie superior 126a, que están expuestas al entorno exterior. Por ejemplo, los trazos conductores del lado superior 124 y/o 128 pueden ser desactivados con una capa de desactivación, tal como un recubrimiento de un óxido o un nitruro.

**[0073]** El anillo de unión 110 pega el vidrio de cobertura 102 al sustrato de vidrio 106. El anillo de unión 110 puede incluir cualquier número de materiales de adhesión diferentes, como se ha descrito anteriormente con respecto a las figuras 9A y 9B. En algunas implementaciones, cuando el anillo de unión 110 es un anillo de unión metálica que pega el vidrio de cobertura 102 al sustrato de vidrio 106, los trazos conductores del lado superior 124, que conectan eléctricamente las almohadillas de unión del lado superior 127a a las almohadillas de reborde 127c, pueden aislarse eléctricamente del anillo de unión metálica. Por ejemplo, los trazos conductores del lado superior 124 se pueden aislar eléctricamente mediante una capa de desactivación, como se he descrito anteriormente.

**[0074]** El micro-altavoz encapsulado en vidrio 100, mostrado en las figuras 10A y 10B, puede incluir además un conector flexible 140, también denominado cable de cinta, cable plano flexible o cinta flexible. El conector flexible 140 puede incluir una película de polímero con conexiones eléctricas integradas, tales como cables conductores o trazos, que corren paralelos entre sí en el mismo plano llano. El conector flexible 140 también puede incluir almohadillas de flexión en un extremo y contactos en el otro extremo, conectando eléctricamente los cables o trazos conductores las almohadillas de flexión individuales con contactos individuales. Las almohadillas flexibles pueden estar en la superficie inferior del conector flexible 140, y no se muestran en las figuras 10A ó 10B. Las almohadillas flexibles pueden configurarse para hacer contacto con las almohadillas de reborde 127c. En algunas implementaciones, las almohadillas de flexión del conector flexible 140 pueden estar pegadas a las almohadillas de reborde 127c del micro-altavoz encapsulado en vidrio 100 con una película conductora anisotrópica (ACF). En algunas implementaciones, las almohadillas de flexión del conector flexible 140 pueden estar pegadas a las almohadillas de reborde 127c del micro-altavoz encapsulado en vidrio 100, con soldadura. Los contactos del

conector flexible 140 se pueden ensamblar en un enchufe u otro conector, por ejemplo, para su conexión a una placa de circuitos impresos (PCB) o a otro componente electrónico.

5 **[0075]** En algunas implementaciones, el micro-altavoz encapsulado en vidrio 100 con un reborde 132 para la conexión a un conector flexible 140 puede permitir que el micro-altavoz encapsulado en vidrio 100 se ubique lejos de una PCB u otro componente electrónico. Cuando el micro-altavoz encapsulado en vidrio 100 se encuentra alejado de una PCB u otro componente electrónico, la PCB puede estar encerrada dentro de un recinto resistente al agua, mejorando la confiabilidad del dispositivo electrónico que incorpora el micro-altavoz encapsulado en vidrio y la PCB. Además, el conector flexible 140 puede permitir que el micro-altavoz encapsulado en vidrio 100 se monte cerca de  
10 donde se desea la generación de sonido, tal como en auriculares intra-auditivos o en la periferia de un dispositivo móvil, tal como un teléfono celular. Por ejemplo, el micro-altavoz encapsulado en vidrio 100 puede ubicarse en un auricular interno de un usuario, con algunos de, o todos, los componentes electrónicos de control asociados, en un dispositivo de IC ubicado fuera del oído. El uso de un conector flexible también puede evitar la necesidad de vías eléctricas a través del sustrato de vidrio, lo que puede simplificar los procesos de fabricación para el micro-altavoz  
15 encapsulado en vidrio 100.

**[0076]** Se pueden realizar diversas modificaciones a los ejemplos de micro-altavoces encapsulados en vidrio, descritos con referencia a las figuras 9A a 10B. En algunas implementaciones, por ejemplo, un vidrio de cobertura de un micro-altavoz encapsulado en vidrio puede incluir dos huecos de manera que, cuando el vidrio de cobertura se pegue al sustrato de vidrio, se formen dos cavidades. En algunas implementaciones, una de estas dos cavidades puede admitir un dispositivo de circuito integrado, mientras que la otra admite una formación de micro-altavoces. En algunas implementaciones, un anillo de unión puede separar un dispositivo de circuito integrado de una formación de micro-altavoces. En algunas implementaciones, un micro-altavoz encapsulado en vidrio puede no incluir un dispositivo de circuito integrado dispuesto entre un vidrio de cobertura y un sustrato de vidrio. En algunas  
20 implementaciones, la formación de micro-altavoces puede ser controlada por un dispositivo de circuito integrado externo, montado en un conector flexible o una PCB, por ejemplo. En algunas implementaciones, los componentes tales como vías a través del vidrio, los trazos conductores y las almohadillas se pueden incluir en, o a través de, un vidrio de cobertura, en lugar, o además, de dichos componentes, sobre, o a través de, un sustrato de vidrio. En algunas implementaciones, el micro-altavoz encapsulado en vidrio puede incluir un gran puerto lateral en el cristal de cobertura, en lugar de una rejilla de altavoces. Características adicionales de los envases de vidrio que pueden implementarse con los micro-altavoces encapsulados en vidrio, descritos en este documento, se dan en las Solicitudes de Patente Estadounidense, presentadas conjuntamente, con N° 13/221,701, 13/221,717 y 13/221,744, cada una titulada "VIDRIO COMO MATERIAL DE SUSTRATO Y UN EMBALAJE FINAL PARA MEMS Y  
25 DISPOSITIVOS DE IC" y presentadas el 30 de agosto de 2011.

**[0077]** La figura 11 muestra un ejemplo de un diagrama de flujo que ilustra un proceso de fabricación para un micro-altavoz encapsulado en vidrio. En el bloque 202 del proceso 200, se proporciona un sustrato de vidrio que tiene una formación de micro-altavoces electromecánicos sobre una superficie del sustrato de vidrio. Además de una formación de micro-altavoces, cualquier cantidad de otros componentes, tales como anillos de unión, rastros conductoras, almohadillas, vías, almohadillas de reborde y similares, pueden estar presentes en cualquier superficie, o a través, del sustrato de vidrio. Un ejemplo de un proceso de fabricación para formar elementos de micro-altavoces en la superficie de un sustrato de vidrio se expone a continuación con respecto a la figura 18. El sustrato de vidrio también puede tener un dispositivo de circuito integrado dispuesto sobre la superficie del sustrato de vidrio. Por ejemplo, el dispositivo de circuito integrado puede fabricarse directamente sobre la superficie del sustrato de vidrio, o añadirse como un componente independiente y unirse al sustrato de vidrio. Si está presente, el dispositivo de circuito integrado puede configurarse para conducir la formación de micro-altavoces. En el bloque 204, un vidrio de cobertura que incluye un hueco y una rejilla de altavoces está pegado a la superficie del sustrato de vidrio. El hueco y la rejilla de altavoces pueden formarse previamente, por ejemplo, con un proceso de grabado químico, un proceso de grabado con iones reactivos o un proceso de chorro de arena. En algunas implementaciones, los puertos de una rejilla de altavoces pueden formarse mediante un proceso de perforación láser usando, por ejemplo, un láser ultravioleta o excimer. En algunas implementaciones, se pueden formar puertos acústicos después de que se forma un hueco. Por ejemplo, se puede formar un hueco en un vidrio de cobertura mediante un proceso de grabado, teniendo los ejemplos del espesor resultante de la parte grabada del vidrio de cobertura entre aproximadamente 200 y 300 micrómetros. Los puertos que se extienden a través de la parte grabada del vidrio de cobertura se pueden formar mediante perforación por láser. Los ejemplos de diámetros de puertos perforados con láser pueden estar entre aproximadamente 10 y 30 micrómetros. Como se ha descrito anteriormente, el vidrio de cobertura se puede pegar al sustrato de vidrio con un anillo de unión que puede incluir cualquier número de materiales diferentes de adhesión. En algunas implementaciones, el vidrio de cobertura se pega al sustrato de vidrio con un adhesivo. En algunas implementaciones, el vidrio de cobertura se pega al sustrato de vidrio con un epoxi curable por UV o un epoxi curable por calor. Cuando se usa epoxi para pegar el vidrio de cobertura al sustrato de vidrio, el epoxi se puede tamizar o dispensar alrededor de los bordes del vidrio de cobertura o del sustrato de vidrio. Luego, el vidrio de cobertura y el sustrato de vidrio se pueden alinear y prensar juntos y se puede aplicar luz UV o calor al epoxi para curar el epoxi.  
50  
55  
60

65 **[0078]** En algunas implementaciones, el vidrio de cobertura está pegado al sustrato de vidrio con un anillo de unión de vidrio fritado. El vidrio fritado se puede aplicar al sustrato de vidrio, al vidrio de cobertura, o a ambos,

mediante el uso de dispensadores, enmascaramiento de sombras u otra técnica adecuada. Cuando se usa un anillo de unión de vidrio fritado para pegar el vidrio de cobertura al sustrato de vidrio, se pueden aplicar calor y presión al vidrio de cobertura, al sustrato de vidrio y al anillo de unión de vidrio fritado, cuando estos componentes están en contacto entre sí, de tal manera que el anillo de unión de vidrio fritado se funda y pegue las dos piezas de vidrio.

**[0079]** En algunas implementaciones, el vidrio de cobertura está pegado al sustrato de vidrio con un anillo de unión de metal. Cuando se usa un anillo de unión de metal para pegar el vidrio de cobertura al sustrato de vidrio, se puede aplicar calor al vidrio de cobertura, al sustrato de vidrio y al anillo de unión de metal, cuando estos componentes están en contacto entre sí, de manera que el anillo de unión metálica se derrita y pegue las dos piezas de vidrio entre sí.

**[0080]** Si bien el proceso 200 describe un ejemplo de un proceso de fabricación para un micro-altavoz encapsulado en vidrio, se puede fabricar una pluralidad de micro-altavoces encapsulados en vidrio con el proceso 200, con o sin variaciones. Por ejemplo, pueden proporcionarse decenas, cientos, miles, o más, de formaciones de micro-altavoces en un único panel de sustrato de vidrio. Del mismo modo, se pueden proporcionar decenas, cientos, miles, o más, de huecos y rejillas de altavoces en un panel de vidrio de una sola cubierta. El panel de vidrio de cobertura se puede pegar a la superficie del panel de sustrato de vidrio, formando una hoja de micro-altavoces encapsulados en vidrio, empaquetados individualmente. Los micro-altavoces encapsulados en vidrio se pueden separar luego uno del otro, por ejemplo, cortando en cubos con una cuchilla de diamante o un láser, mediante un proceso de rotulación y rotura, u otra técnica adecuada para cortar los paneles unidos de vidrio de cobertura y de sustrato de vidrio.

**[0081]** Como se ha indicado anteriormente, una formación de micro-altavoces puede incluir cualquier número de elementos de micro-altavoces individuales. Los elementos de micro-altavoces individuales en la formación pueden disponerse en filas y columnas o de forma irregular, de forma que la formación general tenga la forma de un polígono, un círculo, un marco, un anillo u otra forma. En algunas implementaciones, cada elemento de micro-altavoz incluye una membrana dieléctrica deformable que puede curvarse al recibir una señal de voltaje de accionamiento. Las figuras 12A a 17 muestran ejemplos de elementos de micro-altavoces electromecánicos que incluyen una membrana dieléctrica deformable. Las figuras 12A y 12B muestran ejemplos de un elemento de micro-altavoz electromecánico. La figura 12A muestra un ejemplo de una vista de arriba abajo del elemento de micro-altavoz 300. La figura 12B muestra un ejemplo de una vista esquemática en sección transversal del elemento de micro-altavoz 300 a través de la línea 1-1 de la figura 12A. El elemento de micro-altavoz 300 mostrado en las figuras 12A y 12B incluye un sustrato 305 y una membrana dieléctrica deformable 310, que incluye una capa dieléctrica 325 y uno o más piezo-activadores 330. El piezo-activador 330 puede incluir un material piezo-eléctrico 350 intercalado entre un primer electrodo 320 y un segundo electrodo 340. Una cavidad de altavoz 304 está dispuesta entre el sustrato 305 y la membrana dieléctrica deformable 310. En funcionamiento, se puede aplicar un voltaje de accionamiento a través del primer electrodo 320 y del segundo electrodo 340, para curvar el material piezo-eléctrico 350. La capa dieléctrica 325 se curva a su vez, produciendo sonido. Los trazos conductores 335 pueden conectar los electrodos primero y segundo 320 y 340 a un circuito de control (no mostrado), que puede estar ubicado dentro o fuera del sustrato 305. En implementaciones en las que el elemento de micro-altavoz 300 es uno entre una formación de múltiples elementos de micro-altavoces, el elemento de micro-altavoz 300 puede conectarse en paralelo con los otros elementos de micro-altavoces de la formación, por ejemplo, con el primer electrodo 320 conectado eléctricamente a los electrodos inferiores y el segundo electrodo 340 conectado eléctricamente a los electrodos superiores de los piezo-activadores de los otros elementos de micro-altavoces. Además, en las implementaciones en las que el elemento de micro-altavoz 300 es uno entre una formación de múltiples elementos de micro-altavoces, cada elemento de micro-altavoz 300 puede accionarse en fase o con un retardo de fase, y con la misma amplitud o amplitud diferente.

**[0082]** En algunas implementaciones, el sustrato 305 puede ser un sustrato de vidrio 106, como se ha descrito anteriormente con referencia a las figuras 9A a 10B. Es decir, el elemento de micro-altavoz 300 puede fabricarse sobre un sustrato de vidrio que forma parte de un micro-altavoz encapsulado en vidrio, como se ha descrito anteriormente. En algunas implementaciones, el elemento de micro-altavoz 300 puede fabricarse sobre un sustrato de vidrio, con ese sustrato de vidrio incorporado en un micro-altavoz encapsulado en vidrio, como se ha descrito anteriormente, o empaquetado de otro modo. En algunas implementaciones, el sustrato 305 puede ser un sustrato no de vidrio, tal como un sustrato plástico, cerámico, de silicio o conductor, con el sustrato no de vidrio incorporado en un micro-altavoz encapsulado en vidrio, como se ha descrito anteriormente, o embalado de otro modo. En algunas implementaciones, al menos la parte del sustrato 305 que define la cavidad del altavoz 304 es sustancialmente plana y se puede desgrabar. Como alternativa, una parte del sustrato 305 puede ser grabada o conformada de otro modo para formar una cavidad acústica debajo de la membrana dieléctrica deformable 310.

**[0083]** En el ejemplo representado en la figura 12A, la membrana dieléctrica deformable 310 es circular; sin embargo, en algunas otras implementaciones, la membrana dieléctrica deformable 310 puede tener cualquier forma adecuada, incluyendo la forma rectangular, triangular, cuadrada u ovalada. Los ejemplos de materiales dieléctricos que se pueden usar incluyen óxidos de silicio, nitruros de silicio, oxinitruros de silicio, nitruros de aluminio y óxidos de aluminio. El espesor de la capa dieléctrica 325 puede estar entre 1 y 10 micrómetros, por ejemplo. La cavidad de altavoz 304 puede tener entre aproximadamente 1 y 5 micrómetros de espesor, por ejemplo. La distancia en que la



membrana dieléctrica deformable 310 se extiende sobre la cavidad de altavoz 304, también denominada extensión de la membrana dieléctrica deformable 310, puede estar entre aproximadamente 100 y 3000 micrómetros en algunas implementaciones. Una región anular periférica 336 de la membrana dieléctrica deformable 310 se puede anclar al sustrato 305. En algunas implementaciones, la región anular periférica 336 está anclada completamente  
 5 alrededor de la membrana dieléctrica deformable 310. En algunas implementaciones, la membrana dieléctrica deformable 310 se puede anclar en posiciones separadas alrededor de su circunferencia.

**[0084]** La cavidad de altavoz 304 puede sellarse o abrirse a las condiciones ambientales, de acuerdo a la implementación deseada. En algunas implementaciones, la cavidad de altavoz 304 está sellada para evitar la amortiguación viscosa. La cavidad de altavoz 304 puede estar a presión de vacío, sub-atmosférica o atmosférica, de acuerdo a la implementación deseada. En algunas implementaciones, la cavidad de altavoz 304 está esencialmente encerrada por todos los lados, de modo que es un volumen esencialmente cerrado. Por ejemplo, una cavidad de altavoz sellada 304 puede definirse por el sustrato 305 y la membrana dieléctrica deformable 310, de manera que esté encerrada por todos los lados. En otro ejemplo, una cavidad de altavoz 304 abierta al entorno puede definirse  
 10 por el sustrato 305 y la membrana dieléctrica deformable 310, de manera que esté esencialmente encerrada por todos los lados. Uno o más orificios de ventilación, por ejemplo, entre la membrana dieléctrica deformable 310 y el sustrato 305, pueden estar presentes para permitir el equilibrio de la presión de una cavidad de altavoz 304 que esté esencialmente encerrada por todos los lados. Los orificios de ventilación también se pueden formar en la membrana dieléctrica deformable 310 y/o el sustrato 305.  
 20

**[0085]** El primer electrodo 320 y el segundo electrodo 340 pueden incluir uno o más de varios materiales diferentes eléctricamente conductores, y combinaciones de los mismos. Por ejemplo, en varias implementaciones, el primer y el segundo electrodo 320 y 340 pueden incluir metales tales como cobre (Cu), níquel (Ni), rutenio (Ru), tungsteno (W), platino (Pt), molibdeno (Mo), aluminio (Al), titanio (Ti) y/u oro (Au). En algunas implementaciones, el primer electrodo 320 y el segundo electrodo 340 pueden tener, cada uno, aproximadamente entre 100 y 3.000 Angstroms de espesor. Los trazos conductores 335 se pueden formar a partir del mismo material que el primer electrodo 320 y el segundo electrodo 340. El material piezo-eléctrico 350 puede ser cualquier material adecuado, tal como el nitruro de aluminio (AlN), el óxido de cinc (ZnO) o el titanato de zirconato de plomo (PZT). Los espesores ejemplares del material piezo-eléctrico pueden estar entre aproximadamente 1 y 3 micrómetros.  
 25  
 30

**[0086]** En el ejemplo de la figura 12A, el piezo-activador 330 se muestra como un anillo anular en, o cerca de, una región periférica de la parte de la membrana dieléctrica deformable 310 que se extiende por la cavidad del altavoz 304. En algunas implementaciones, el piezo-activador puede tener cualquier forma adecuada, incluyendo anillos rectangulares, triangulares, de forma cuadrada u ovalada, por ejemplo. En el ejemplo de la figura 12B, se ilustra una dimensión S que representa la luz de la membrana dieléctrica deformable 310, como lo es una dimensión D1 que representa una distancia desde el borde de la cavidad del altavoz 304 al diámetro interior del piezo-activador 330. En algunas implementaciones, D1 puede ser igual a aproximadamente un sexto de la dimensión S; sin embargo, se pueden usar otras razones, tanto mayores como menores, por ejemplo. El ancho del piezo-activador 330 puede o no ser aproximadamente igual a D1, según la implementación deseada. Los anchos ejemplares del piezo-activador 330 varían desde unos pocos micrómetros hasta unas pocas centenas de micrómetros, o más. El piezo-activador 330 puede contener uno o más segmentos de material piezo-eléctrico 350 y electrodos asociados 320 y 340.  
 35  
 40

**[0087]** Mientras que el piezo-activador 330 mostrado en la figura 12B y otras figuras es un piezo-activador unimorfo, los piezo-activadores de los elementos de micro-altavoces descritos en el presente documento pueden ser, alternativamente, piezo-activadores bimorfos. Los piezo-activadores bimorfos pueden incluir dos pilas de electrodos / piezo-eléctricas / electrodos, separadas por una capa elástica. Los ejemplos de capas elásticas incluyen nitruros de silicio, oxinitruros de silicio, óxidos de silicio y nitruros de aluminio.  
 45

**[0088]** En algunas implementaciones, los elementos de micro-altavoces descritos en este documento dejan expuesta una región de la capa dieléctrica para permitir que la capa dieléctrica se contraiga y se expanda en respuesta a una señal de activación. Por ejemplo, los piezo-activadores anulares, tales como el piezo-activador 330 representado en las figuras 12A y 12B, dejan expuesta una región central de la capa dieléctrica 325. Las figuras 13A y 13B muestran ejemplos de un elemento de micro-altavoz electromecánico que incluye un piezo-activador que ocupa una región central de la membrana dieléctrica deformable. La figura 13A muestra un ejemplo de una vista de arriba abajo del elemento de micro-altavoz 300. La figura 13B muestra un ejemplo de una vista esquemática en sección transversal del elemento de micro-altavoz 300 a través de la línea 1-1 de la figura 13A. El elemento de micro-altavoz 300 mostrado en las figuras 13A y 13B incluye un sustrato 305, una cavidad de altavoz 304, una membrana dieléctrica deformable 310 y uno o más trazos conductores 335, como se ha descrito anteriormente con respecto a las figuras 12A y 12B. La membrana dieléctrica deformable 310 incluye un piezo-activador 330 y una capa dieléctrica 325. El piezo-activador 330 ocupa una región central de la membrana dieléctrica deformable 310, dejando una región periférica de la capa dieléctrica 325 no cubierta por el piezo-activador 330. El piezo-activador 330 incluye un material piezo-eléctrico 350 intercalado entre un primer electrodo 320 y un segundo electrodo 340.  
 50  
 55  
 60

**[0089]** En el ejemplo representado en la figura 13A, el piezo-activador 330 es circular; sin embargo, en algunas otras implementaciones, el piezo-activador 330 puede ser de cualquier forma adecuada, incluyendo la rectangular, la triangular, la de forma cuadrada o la ovalada. En el ejemplo de la figura 13B, se ilustra una dimensión S que  
 65

representa el espacio de la membrana dieléctrica deformable, como lo es una dimensión D2 que representa una distancia desde el borde de la cavidad del altavoz 304 al diámetro exterior del piezo-activador 330. En algunas implementaciones, D2 puede ser igual a aproximadamente un sexto de la dimensión S; sin embargo, también pueden usarse otras razones, tanto mayores como menores, por ejemplo.

**[0090]** Las figuras 14A y 14B muestran ejemplos de un elemento de micro-altavoz electromecánico que incluye un piezo-activador "enterrado". La figura 14A muestra un ejemplo de una vista de arriba abajo del elemento de micro-altavoz 300. La figura 14B muestra un ejemplo de una vista esquemática en sección transversal del elemento de micro-altavoz 300 a través de la línea 1-1 de la figura 14A. El elemento de micro-altavoz 300 mostrado en las figuras 14A y 14B incluye un sustrato 305, una cavidad de altavoz 304, una membrana dieléctrica deformable 310 y uno o más trazos conductores 335, como se ha descrito anteriormente con respecto a las figuras 12A y 12B. La membrana dieléctrica deformable 310 incluye una capa dieléctrica 325 y un piezo-activador 330 en la posición central. El piezo-activador 330 incluye un material piezo-eléctrico 350 intercalado entre un primer electrodo 320 y un segundo electrodo 340. En el ejemplo de las figuras 14A y 14B, el piezo-activador 330 está dispuesto entre la cavidad de altavoz 304 y la capa dieléctrica 325. En algunas implementaciones, enterrar el piezo-activador 330 puede permitir que la capa dieléctrica 325 proteja el piezo-activador 330 de la humedad y de otras condiciones ambientales. Un piezo-activador que se encuentra en, o cerca de, la periferia de la cavidad, tal como se muestra en las figuras 12A y 12B, también se puede enterrar.

**[0091]** En algunas implementaciones, el elemento de micro-altavoz puede incluir una cavidad acústica que puede mejorar la respuesta del altavoz a la señal de activación, en particular, a bajas frecuencias. La figura 15 muestra un ejemplo de un elemento de micro-altavoz electromecánico conectado a una cavidad acústica. El elemento de micro-altavoz 300 incluye un sustrato 305, una membrana dieléctrica deformable 310 y una cavidad de altavoz 304, incluyendo la membrana dieléctrica deformable 310 una capa dieléctrica 325 y un piezo-activador 330. La cavidad de altavoz 304 está conectada a una cavidad acústica 311, que está formada en, y se extiende a través de, el sustrato 305.

**[0092]** En algunas implementaciones, el elemento de micro-altavoz puede incluir piezo-activadores en ambos lados de la capa dieléctrica. Las figuras 16A a 16C muestran ejemplos de un elemento de micro-altavoz electromecánico que incluye piezo-activadores en ambos lados de una capa dieléctrica de la capa dieléctrica deformable. La figura 16A muestra un ejemplo de una vista de arriba abajo del elemento de micro-altavoz 300. Las figuras 16B y 16C muestran ejemplos de vistas esquemáticas en sección transversal del elemento de micro-altavoz 300 a través de la línea 1-1 de la figura 16A. El elemento de micro-altavoz 300 mostrado en las figuras 16A a 16C incluye un sustrato 305, una cavidad de altavoz 304 y una membrana dieléctrica deformable 310. La membrana dieléctrica deformable 310 incluye una capa dieléctrica 325, un primer piezo-activador 330a y un segundo piezo-activador 330b. El primer piezo-activador 330a incluye un primer electrodo 320a, una primera capa piezo-eléctrica 350a y un segundo electrodo 340a. El segundo piezo-activador 330b incluye un tercer electrodo 320b, una segunda capa piezo-eléctrica 350b y un cuarto electrodo 340b. Los rastros conductores 335a y 335b pueden conectar el primer piezo-activador 330a y el segundo piezo-activador 330b, respectivamente, a un circuito controlador (no mostrado). En algunas implementaciones, el primer piezo-activador 330a y el segundo piezo-activador 330b pueden accionarse por separado. En algunas implementaciones, el primer piezo-activador 330a y el segundo piezo-activador 330b pueden estar en una modalidad de empuje / tracción, con respuestas iguales y opuestas a la señal de activación. En algunas implementaciones, uno o más electrodos están conectados a tierra. Por ejemplo, los electrodos internos, es decir, el primer electrodo 320a y el cuarto electrodo 340b, se pueden conectar a tierra.

**[0093]** Los piezo-activadores primero y segundo se pueden situar independientemente en el centro o en la periferia de la membrana dieléctrica deformable. En el ejemplo de la figura 16B, el primer piezo-activador 330a y el segundo piezo-activador 330b ocupan, ambos, regiones centrales de la membrana dieléctrica deformable 310. En el ejemplo de la figura 16C, el primer piezo-activador 330a está centrado, mientras que el segundo piezo-activador 330b está situado en, o cerca de, la periferia de la parte de la membrana dieléctrica deformable 310, que abarca la cavidad del altavoz 304.

**[0094]** En algunas implementaciones, el micro-altavoz puede incluir un piezo-activador que abarca la cavidad del micro-altavoz. La figura 17 muestra un ejemplo de un elemento de micro-altavoz electromecánico 300 que incluye una membrana dieléctrica deformable 310 sobre un sustrato 305. La membrana dieléctrica deformable incluye una capa dieléctrica 325 y un piezo-activador 330. El piezo-activador 330 incluye un primer electrodo 320, una capa piezo-eléctrica 350 y un segundo electrodo 340. Tanto la capa dieléctrica 325 como las partes del piezo-activador 330 abarcan la cavidad del altavoz 304. El primer electrodo 320 y el segundo electrodo 340 se extienden alrededor de la periferia de la membrana dieléctrica deformable 310. Como alternativa, el primer electrodo 320 y el segundo electrodo 340 pueden colocarse en el centro de la membrana dieléctrica deformable 310, uno en la parte superior y el otro en la parte inferior de la capa piezo-eléctrica 350. El piezo-activador 330 en la figura 17 está enterrado debajo de la capa dieléctrica 325. En otras implementaciones, el piezo-activador puede estar encima de la capa dieléctrica de manera que la capa dieléctrica esté dispuesta entre la cavidad del altavoz y el piezo-activador.

**[0095]** La figura 18 muestra un ejemplo de un diagrama de flujo que ilustra un proceso de fabricación para un elemento de micro-altavoz. Obsérvese que las operaciones del procedimiento 400 pueden combinarse y/o

reordenarse para formar cualquiera de los elementos de micro-altavoz descritos en este documento. Obsérvese también que el modelado y el grabado de las diferentes capas, como se describe a continuación, se pueden realizar para lograr diferentes patrones de las capas en diferentes regiones de un elemento de micro-altavoz. Debido a que las operaciones del procedimiento 400 pueden realizarse a temperatura aproximadamente ambiente hasta 400°C (es decir, los procesos del procedimiento pueden realizarse a aproximadamente 400°C, o menos), el procedimiento 400 es compatible con el vidrio y con tecnologías de vidrio de pantallas de panel plano.

**[0096]** En el bloque 402, se forma una capa protectora sobre un sustrato. Como se ha descrito anteriormente, el sustrato puede ser un sustrato de vidrio que forma un micro-altavoz encapsulado en vidrio o un sustrato de vidrio, o no de vidrio, que se puede pegar al sustrato de vidrio que forma un micro-altavoz encapsulado en vidrio, o se embala de otra manera. Antes de formar la capa protectora sobre el sustrato de vidrio, el sustrato se puede metalizar para formar vías a través del vidrio, trazos conductores, almohadillas de unión, almohadillas de reborde y similares. En algunas implementaciones, se puede depositar un óxido o un nitruro para desactivar el metal.

**[0097]** La formación de la capa protectora puede incluir la deposición de un material protector mediante una técnica de deposición adecuada, tal como la pulverización catódica, la evaporación o la CVD. Los ejemplos de materiales protectores incluyen materiales que se pueden grabar con gas, tales como el Mo, el MoCr, el Si amorfo o el Si policristalino. La capa protectora se elimina en el procesamiento posterior para formar una cavidad de altavoz, tal como la cavidad de altavoz 304 en la figura 14B; en consecuencia, se deposita en un espesor del tamaño deseado de la cavidad del altavoz, que puede ser de aproximadamente entre 1 y 5 micrómetros. La formación de la capa protectora puede incluir además el modelado del material protector después de la deposición para formar una forma deseada de la cavidad. Para formar un elemento de micro-altavoz 300 en la figura 14B, por ejemplo, el material protector puede modelarse para formar una forma circular. En algunas implementaciones, la formación de capas protectoras para una formación de elementos de micro-altavoces, o para una pluralidad de formaciones de elementos de micro-altavoces, se puede realizar simultáneamente depositando y modelando una película de material protector a través de un sustrato o parte del mismo. El material protector puede ser modelado usando procesos de litografía y grabado utilizados en la fabricación de circuitos integrados, tal como lo conoce una persona con experiencia media en la técnica.

**[0098]** En el bloque 404, se forma un piezo-activador sobre la capa protectora. En algunas implementaciones, la formación del piezo-activador puede implicar la deposición y el modelado de una primera capa de electrodo / capa piezo-eléctrica / segunda capa de electrodo, apiladas sobre la capa protectora para formar el piezo-activador en una forma deseada. Para formar un piezo-activador 330 como se muestra en la figura 14B, por ejemplo, la pila de primer electrodo / capa piezo-eléctrica / segundo electrodo puede modelarse para formar una forma circular. Se pueden depositar y modelar uno o más rastros conductores para cada uno de los electrodos primero y segundo durante la deposición y el modelado del electrodo asociado. El modelado, que incluye litografía y grabado químico, según lo conocido por una persona con experiencia media en la técnica, puede realizarse después de la deposición de cada capa o solo después de la deposición de la primera capa de electrodo / capa piezo-eléctrica / segunda capa de electrodo, de acuerdo a la implementación deseada. En algunas implementaciones, la formación del primer electrodo y de las segundas capas de electrodos puede incluir la deposición de un metal tal como Cu, Ni, Ru, W, Pt, Mo, Al, Ti y/o Au, mediante un proceso de deposición adecuado, tal como la pulverización catódica o la evaporación.

**[0099]** En algunas implementaciones, la formación de la capa piezo-eléctrica puede incluir la deposición de fluoruro de polivinilideno (PVDF), nitruro de aluminio (AlN), titanato de zirconato de plomo ( $\text{Pb}[\text{Zr}_x\text{Ti}_{1-x}]\text{O}_3$ ,  $0 \leq x \leq 1$ ), arseniuro de galio (GaAs), óxido de zinc (ZnO) u otro material adecuado, mediante un proceso de pulverización iónica reactiva, un proceso de bombardeo de corriente continua (CC) u otro proceso adecuado. En algunas implementaciones, la formación de piezo-activadores para una formación de elementos de micro-altavoces, o para una pluralidad de formaciones de elementos de micro-altavoces, se puede realizar simultáneamente depositando y modelando una película de material protector a través de un sustrato o parte del mismo.

**[00100]** En el bloque 406, se forma una capa dieléctrica sobre la capa protectora. Los ejemplos de materiales dieléctricos incluyen óxidos de silicio, nitruros de silicio, oxinitruros de silicio, nitruros de aluminio y óxidos de aluminio. La formación de la capa dieléctrica puede incluir la deposición del material dieléctrico mediante CVD térmica, técnica de PECVD u otra técnica de deposición adecuada. La formación de la capa dieléctrica puede incluir además el modelado del material dieléctrico depositado. Una parte de la capa dieléctrica puede formarse sobre el sustrato de vidrio para proporcionar soporte para la parte de la capa dieléctrica formada sobre la capa protectora. Al igual que con la capa protectora y el piezo-activador, la formación de capas dieléctricas para una formación de elementos de micro-altavoces, o para una pluralidad de formaciones de elementos de micro-altavoces, se puede realizar simultáneamente.

**[00101]** De acuerdo a diversas implementaciones, el bloque 404 puede realizarse antes o después del bloque 406. Por ejemplo, para formar un elemento de micro-altavoz 300, como se representa en el ejemplo de la figura 12B, el bloque 404 se puede realizar después del bloque 406, de manera que el piezo-activador se forme en la capa dieléctrica. En algunas implementaciones, el bloque 404 se puede realizar antes y después del bloque 406.

**[00102]** En el bloque 408 se elimina la capa protectora. En algunas implementaciones, eliminar la capa protectora

implica exponerla a un grabador. Por ejemplo, un material que puede grabarse con gas, tal como el Mo o el Si amorfo, se puede eliminar mediante grabado químico en seco con vapores obtenidos de XeF<sub>2</sub> sólido o de otro grabador basado en flúor. También pueden usarse otras combinaciones de material protector grabable y procedimientos de grabado, por ejemplo, grabado en húmedo y/o grabado con plasma.

5 **[00103]** Como se ha indicado anteriormente, se pueden hacer varias modificaciones para el procedimiento 400, para formar cualquiera de los elementos de micro-altavoz descritos en este documento. En implementaciones de elementos de micro-altavoces que incluyen capas elásticas no piezo-eléctricas, una capa elástica que incluye nitruro de silicio (SiN), oxinitruro de silicio (SiON), óxido de silicio (SiO<sub>2</sub>), silicio (Si), nitruro de aluminio (AlN), un metal, o un  
10 polímero, por ejemplo, se puede formar usando una técnica de procesamiento adecuada, tal como la conocida por una persona con experiencia media en la técnica. Por ejemplo, se puede formar una capa elástica con un proceso de bombardeo iónico, un proceso de deposición química de vapor (CVD), un proceso de deposición física de vapor (PVD) o un proceso de electro-deposición.

15 **[00104]** Como se ha indicado anteriormente, en algunas implementaciones, un paquete de vidrio, como se describe en el presente documento, puede ser parte de un dispositivo de visualización. En algunas otras implementaciones, los dispositivos no de visualización, fabricados en sustratos de vidrio, pueden ser compatibles con pantallas y otros dispositivos que también se fabrican en sustratos de vidrio, con los dispositivos no de visualización fabricados conjuntamente con un dispositivo de visualización o conectados como un dispositivo individual, teniendo la  
20 combinación propiedades de expansión térmica bien combinadas. En algunas implementaciones, se pueden implementar uno o más elementos de micro-altavoces en un aparato audiovisual tal como un televisor, una tableta, reproductores de medios portátiles u otros dispositivos de visualización.

25 **[00105]** Las figuras 19A y 19B muestran ejemplos de diagramas de bloques de sistema que ilustran un dispositivo de visualización 40 que incluye una pluralidad de IMOD. El dispositivo de visualización 40 puede ser, por ejemplo, un teléfono celular o móvil. Sin embargo, los mismos componentes del dispositivo de visualización 40, o ligeras variaciones de los mismos, son también ilustrativos de diversos tipos de dispositivos de visualización tales como televisores, tabletas, lectores electrónicos, dispositivos manuales y reproductores de medios portátiles.

30 **[00106]** El dispositivo de visualización 40 incluye una carcasa 41, un visor 30, una antena 43, un altavoz 45, un dispositivo de entrada 48 y un micrófono 46. La carcasa 41 puede estar formada a partir de cualquiera entre varios procesos de fabricación, incluyendo el moldeo por inyección y la formación en vacío. Además, la carcasa 41 puede estar hecha de cualquiera entre varios materiales, incluyendo, pero sin limitarse a: plástico, metal, vidrio, caucho y cerámica, o una combinación de los mismos. La carcasa 41 puede incluir partes desmontables (no mostradas) que  
35 pueden ser intercambiadas con otras partes desmontables de color diferente, o que contienen diferentes logotipos, imágenes o símbolos.

40 **[00107]** La pantalla 30 puede ser cualquiera entre varias pantallas, incluyendo una pantalla bi-estable o analógica, como se describe en el presente documento. La pantalla 30 también se puede configurar para incluir una pantalla de panel plano, tal como de plasma, EL, OLED, STN LCD o TFT LCD, o una pantalla de panel no plano, tal como un CRT u otro dispositivo tubular. Además, la pantalla 30 puede incluir una pantalla de IMOD, como se describe en el presente documento.

45 **[00108]** Los componentes del dispositivo de visualización 40 se ilustran esquemáticamente en la figura 19B. El dispositivo de visualización 40 incluye una carcasa 41 y puede incluir componentes adicionales al menos parcialmente contenidos en el mismo. Por ejemplo, el dispositivo de visualización 40 incluye una interfaz de red 27 que incluye una antena 43 que está acoplada a un transceptor 47. El transceptor 47 está conectado a un procesador 21, que está conectado al hardware de acondicionamiento 52. El hardware de acondicionamiento 52 puede estar configurado para acondicionar una señal (por ejemplo, filtrar una señal). El hardware de acondicionamiento 52 está  
50 conectado a un altavoz 45 y a un micrófono 46. El procesador 21 está también conectado a un dispositivo de entrada 48 y a un controlador de activación 29. El controlador de activación 29 está acoplado a una memoria intermedia de tramas 28, y a un controlador de formaciones 22, que a su vez está acoplado a una formación de visualización 30. En algunas implementaciones, una fuente de alimentación 50 puede suministrar energía a esencialmente todos los componentes en el diseño particular del dispositivo de visualización 40. El altavoz 45 puede ser un micro-altavoz electromecánico o una formación de micro-altavoces electromecánicos, como se ha descrito  
55 anteriormente.

60 **[00109]** La interfaz de red 27 incluye la antena 43 y el transceptor 47 para que el dispositivo de visualización 40 pueda comunicarse con uno o más dispositivos por una red. La interfaz de red 27 también puede tener algunas capacidades de procesamiento para aliviar, por ejemplo, los requisitos de procesamiento de datos del procesador 21. La antena 43 puede transmitir y recibir señales. En algunas implementaciones, la antena 43 transmite y recibe señales de RF de acuerdo al estándar IEEE 16.11, incluyendo el IEEE 16.11 (a), (b) o (g), o el estándar IEEE 802.11, incluyendo el IEEE 802.11a, b, g, n e implementaciones adicionales de los mismos. En algunas otras implementaciones, la antena 43 transmite y recibe señales de RF de acuerdo al estándar BLUETOOTH. En el caso de un teléfono celular, la antena 43 está diseñada para recibir señales de acceso múltiple por división de código (CDMA), de acceso múltiple por división de frecuencia (FDMA), de acceso múltiple por división del tiempo (TDMA),  
65

del sistema global para comunicaciones móviles (GSM), del GSM / Servicio general de radio por paquetes (GPRS), del entorno mejorado del GSM de datos (EDGE), de la radio troncalizada terrestre (TETRA), del CDMA de banda ancha (W-CDMA), de datos de evolución optimizados (EV-DO), de 1xEV-DO, de EV-DO Rev A, de EV-DO Rev B, del Acceso de Paquetes de Alta Velocidad (HSPA), del Acceso de Paquetes de Enlace Descendente de Alta Velocidad (HSDPA), de Acceso de Paquetes de Enlace Ascendente de Alta Velocidad (HSUPA), de Acceso de Paquetes de Alta Velocidad Evolucionado (HSPA+), de la Evolución a Largo Plazo (LTE), del AMPS u de otras señales conocidas que se utilizan para comunicarse dentro de una red inalámbrica, tal como un sistema que utiliza tecnología 3G o 4G. El transceptor 47 puede preprocesar las señales recibidas desde la antena 43 de manera que puedan ser recibidas y manipuladas adicionalmente por el procesador 21. El transceptor 47 también puede procesar las señales recibidas desde el procesador 21 para que puedan ser transmitidas desde el dispositivo de visualización 40 a través de la antena 43.

**[00110]** En algunas implementaciones, el transceptor 47 puede ser reemplazado por un receptor. Además, en algunas implementaciones, la interfaz de red 27 puede ser reemplazada por un origen de imagen, que puede almacenar o generar datos de imagen que se enviarán al procesador 21. El procesador 21 puede controlar el funcionamiento general del dispositivo de visualización 40. El procesador 21 recibe datos, tales como datos de imágenes comprimidas desde la interfaz de red 27 o un origen de imágenes, y procesa los datos en datos de imagen en bruto o en un formato que sea procesado inmediatamente en datos de imagen en bruto. El procesador 21 puede enviar los datos procesados al controlador de activación 29 o a la memoria intermedia de tramas 28 para su almacenamiento. Los datos sin procesar se refieren habitualmente a la información que identifica las características de la imagen en cada ubicación dentro de una imagen. Por ejemplo, tales características de imagen pueden incluir color, saturación y nivel de escala de grises.

**[00111]** El procesador 21 puede incluir un micro-controlador, una CPU o una unidad lógica para controlar el funcionamiento del dispositivo de visualización 40. El hardware de acondicionamiento 52 puede incluir amplificadores y filtros para transmitir señales al altavoz 45 y para recibir señales desde el micrófono 46. El hardware de acondicionamiento 52 pueden ser componentes discretos dentro del dispositivo de visualización 40, o puede incorporarse dentro del procesador 21 o de otros componentes.

**[00112]** El controlador de activación 29 puede tomar los datos de imágenes en bruto, generados por el procesador 21, ya sea directamente desde el procesador 21 o desde la memoria intermedia de tramas 28, y puede volver a formatear los datos de imágenes en bruto adecuadamente para su transmisión a alta velocidad al controlador de formaciones 22. En algunas implementaciones, el controlador de activación 29 puede volver a formatear los datos de imágenes en bruto en un flujo de datos que tenga un formato de tipo cuadrículado, de tal manera que tenga un orden temporal adecuado para escanear la formación de visualización 30. A continuación, el controlador de activación 29 envía la información formateada al controlador de formaciones 22. Aunque un controlador de activación 29, tal como un controlador de LCD, está a menudo asociado al procesador del sistema 21 como un circuito integrado (IC) independiente, tales controladores pueden ser implementados de muchas maneras. Por ejemplo, los controladores pueden estar integrados en el procesador 21 como hardware, integrados en el procesador 21 como software o totalmente integrados en hardware con el controlador de formaciones 22.

**[00113]** El controlador de formaciones 22 puede recibir la información formateada desde el controlador de activación 29 y puede volver a formatear los datos de vídeo en un conjunto paralelo de ondas que se aplican muchas veces por segundo a los cientos y, a veces, miles (o más) de conductores que vienen desde la matriz x-y de píxeles de la pantalla.

**[00114]** En algunas implementaciones, el controlador de activación 29, el controlador de formaciones 22 y la formación de visualización 30 son adecuados para cualquiera de los tipos de pantallas descritas en el presente documento. Por ejemplo, el controlador de activación 29 puede ser un controlador de pantalla convencional o un controlador de pantalla bi-estable (por ejemplo, un controlador de IMOD). Además, el controlador de formaciones 22 puede ser un controlador convencional o un controlador de pantalla bi-estable (tal como un controlador de pantalla de IMOD). Además, la formación de visualización 30 puede ser una formación de visualización convencional o una formación de visualización bi-estable (por ejemplo, un visor que incluye una formación de los IMOD). En algunas implementaciones, el controlador de activación 29 se puede integrar con el controlador de formaciones 22. Tal implementación puede ser útil en sistemas sumamente integrados, por ejemplo, teléfonos móviles, dispositivos electrónicos portátiles, relojes o pantallas de área pequeña.

**[00115]** En algunas implementaciones, el dispositivo de entrada 48 puede configurarse para permitir, por ejemplo, que un usuario controle el funcionamiento del dispositivo de visualización 40. El dispositivo de entrada 48 puede incluir un panel de teclas, tal como un teclado QWERTY o un panel de teclas de teléfono, un botón, un interruptor, un interruptor de balancín, una pantalla táctil integrada con la formación de visualización 30 o una membrana sensible a la presión o al calor. El micrófono 46 puede configurarse como un dispositivo de entrada para el dispositivo de visualización 40. En algunas implementaciones, se pueden usar comandos de voz a través del micrófono 46 para controlar las operaciones del dispositivo de visualización 40.

**[00116]** La fuente de alimentación 50 puede incluir varios dispositivos de almacenamiento de energía. Por ejemplo,

la fuente de alimentación 50 puede ser una batería recargable, tal como una batería de níquel-cadmio o una batería de iones de litio. En las implementaciones que usan una batería recargable, la batería recargable puede ser cargable usando energía que proviene, por ejemplo, de un enchufe de pared o de un dispositivo o formación fotovoltaicos. Alternativamente, la batería recargable puede cargarse de forma inalámbrica. La fuente de alimentación 50 también puede ser una fuente de energía renovable, un condensador o una célula solar, incluyendo una célula solar de plástico o una pintura de célula solar. La fuente de alimentación 50 también se puede configurar para recibir energía desde una toma de corriente de pared.

**[00117]** En algunas implementaciones, la programabilidad de control reside en el controlador de activación 29 que puede estar situado en varios lugares en el sistema de visualización electrónico. En algunas otras implementaciones, la programabilidad de control reside en el controlador de formaciones 22. La optimización descrita anteriormente se puede implementar en cualquier número de componentes de hardware y/o software y en diversas configuraciones.

**[00118]** Las diversas lógicas, bloques lógicos, módulos, circuitos y etapas de algoritmo ilustrativos, descritos en relación con las implementaciones divulgadas en el presente documento pueden implementarse como hardware electrónico, software informático o combinaciones de ambos. La intercambiabilidad de hardware y software se ha descrito en general en términos de funcionalidad y se ha ilustrado en los diversos componentes ilustrativos, bloques, módulos, circuitos y procesos descritos anteriormente. Si dicha funcionalidad se implementa como hardware o software depende de la aplicación específica y de las restricciones de diseño impuestas al sistema completo.

**[00119]** El hardware y el aparato de procesamiento de datos utilizados para implementar las diversas lógicas, bloques lógicos, módulos y circuitos ilustrativos descritos en relación con los aspectos divulgados en el presente documento pueden implementarse o realizarse con un procesador de propósito general de un único chip, o de múltiples chips, un procesador de señales digitales (DSP), un circuito integrado específico de la aplicación (ASIC), una formación de compuertas programables en el terreno (FPGA) u otro dispositivo de lógica programable, lógica de transistor o de compuertas discretas, componentes de hardware discretos o cualquier combinación de los mismos diseñada para realizar las funciones descritas en el presente documento. Un procesador de propósito general puede ser un microprocesador o cualquier procesador, controlador, micro-controlador o máquina de estados convencional. Un procesador también puede implementarse como una combinación de dispositivos informáticos, por ejemplo, una combinación de un DSP y un microprocesador, una serie de microprocesadores, uno o más microprocesadores junto con un núcleo de DSP o cualquier otra configuración de este tipo. En algunas implementaciones, etapas y procedimientos específicos pueden realizarse mediante circuitos que sean específicos para una función dada.

**[00120]** En uno o más aspectos, las funciones descritas pueden implementarse en hardware, circuitos electrónicos digitales, programas informáticos, firmware, incluyendo las estructuras divulgadas en esta memoria descriptiva y sus equivalentes estructurales, o en cualquier combinación de las mismas. Las implementaciones del asunto descrito en esta memoria descriptiva también pueden implementarse como uno o más programas de ordenador, es decir, uno o más módulos de instrucciones de programas informáticos, codificados en un medio de almacenamiento informático para su ejecución mediante, o para controlar el funcionamiento de, un aparato de procesamiento de datos.

**[00121]** Si se implementan en software, las funciones, como una o más instrucciones o códigos, se pueden almacenar en, o transmitir por, un medio legible por ordenador. Las etapas de un procedimiento o algoritmo divulgadas en el presente documento pueden implementarse en un módulo de software ejecutable por un procesador que pueda residir en un medio legible por ordenador. Los medios legibles por ordenador incluyen tanto medios de almacenamiento informático como medios de comunicación que incluyan cualquier medio que facilite la transferencia de un programa informático de un lugar a otro. Un medio de almacenamiento puede ser cualquier medio disponible al que pueda accederse mediante un ordenador. A modo de ejemplo, y no de limitación, dichos medios legibles por ordenador pueden comprender una RAM, una ROM, una EEPROM, un CD-ROM u otro almacenamiento de disco óptico, almacenamiento de disco magnético u otros dispositivos de almacenamiento magnético, o cualquier otro medio que pueda usarse para almacenar el código de programa deseado en forma de instrucciones o estructuras de datos y al que pueda accederse mediante un ordenador. También, cualquier conexión puede denominarse debidamente como un medio legible por ordenador. Los discos, como se usan en el presente documento, incluyen el disco compacto (CD), el disco láser, el disco óptico, el disco versátil digital (DVD), el disco flexible y el disco Blu-ray, donde algunos discos reproducen usualmente datos de forma magnética, mientras que otros discos reproducen datos de forma óptica con láseres. Las combinaciones de lo anterior deberían incluirse también dentro del alcance de los medios legibles por ordenador. Adicionalmente, las operaciones de un procedimiento o algoritmo pueden residir como un código o como cualquier combinación o conjunto de códigos e instrucciones en un medio legible por máquina y un medio legible por ordenador, que puedan incorporarse a un producto de programa informático.

**[00122]** Diversas modificaciones para las implementaciones descritas en esta divulgación pueden ser inmediatamente evidentes para los expertos en la técnica, y los principios genéricos definidos en el presente documento pueden aplicarse a otras implementaciones. Por tanto, las reivindicaciones no está concebidas para limitarse a las implementaciones mostradas en el presente documento, sino que ha de concedérseles el alcance más amplio coherente con esta divulgación, los principios y características novedosas divulgados en el presente

documento. La palabra "ejemplar" se usa de forma exclusiva en el presente documento para significar "que sirve de ejemplo, caso o ilustración". No ha de interpretarse necesariamente cualquier implementación, descrita en el presente documento como "ejemplar", como preferente o ventajosa con respecto a otras implementaciones. Adicionalmente, una persona con experiencia media en la técnica apreciará inmediatamente que los términos "superior" e "inferior" a veces se usan para facilitar la descripción de las figuras e indican posiciones relativas que corresponden a la orientación de la figura en una página orientada adecuadamente, y pueden no reflejar la orientación adecuada de un IMOD tal como se implementa.

**[00123]** Ciertas características que se describen en esta memoria descriptiva en el contexto de implementaciones independientes pueden implementarse también en combinación en una única implementación. Por el contrario, diversas características que se describen en el contexto de una única implementación pueden implementarse también en múltiples implementaciones, por separado o en cualquier sub-combinación adecuada. Además, aunque las características puedan haberse descrito anteriormente como que actúan en ciertas combinaciones e incluso reivindicarse inicialmente como tales, una o más características de una combinación reivindicada pueden eliminarse en algunos casos de la combinación, y la combinación reivindicada puede orientarse a una sub-combinación o variación de una sub-combinación.

**[00124]** De manera similar, aunque las operaciones se representen en los dibujos en un orden particular, una persona medianamente experta en la técnica reconocerá inmediatamente que tales operaciones no deben realizarse necesariamente en el orden particular mostrado o en un orden secuencial, o que se realicen todas las operaciones ilustradas, para lograr los resultados deseables. Además, los dibujos pueden representar esquemáticamente uno o más procesos ejemplares en forma de un diagrama de flujo. Sin embargo, se pueden incorporar otras operaciones que no se representan en los procesos ejemplares que se ilustran esquemáticamente. Por ejemplo, se pueden realizar una o más operaciones adicionales antes, después, simultáneamente o entre cualquiera de las operaciones ilustradas. En ciertas circunstancias, el procesamiento de múltiples tareas y el procesamiento en paralelo pueden ser ventajosos. Además, la separación de diversos componentes del sistema en las implementaciones descritas anteriormente no debería entenderse como que se requiere dicha separación en todas las implementaciones, y debería entenderse que los componentes y sistemas de programa descritos pueden estar integrados generalmente entre sí en un único producto de software, o envasados en múltiples productos de software. Adicionalmente, otras implementaciones están dentro del alcance de las reivindicaciones siguientes. En algunos casos, las acciones mencionadas en las reivindicaciones pueden realizarse en un orden diferente y lograr todavía los resultados deseables.

## REIVINDICACIONES

- 5           1.    Un micro-altavoz electromecánico que comprende:
- un único sustrato (305) en el que el sustrato es plano;  
              una membrana deformable (310); y  
              una cavidad de altavoz (304) dispuesta entre el sustrato (305) y la membrana deformable (310) de  
10           manera que la membrana deformable (310) abarque la cavidad de altavoz (304), en donde la cavidad de  
              altavoz (304) es una cavidad de altavoz sellada definida por el sustrato (305) y la membrana deformable  
              (310), de manera que esté encerrado por todos los lados; incluyendo la membrana deformable (310) una  
              capa piezo-eléctrica (350) intercalada entre las capas conductoras primera y segunda (320, 340), e  
              incluyendo una capa dieléctrica (325), en donde la membrana deformable (310) está configurada para  
15           deformarse al aplicar un voltaje de control a través de la capa piezo-eléctrica (350).
2.    El micro-altavoz electromecánico de la reivindicación 1, en el que la capa piezo-eléctrica (350) abarca la  
              cavidad del altavoz (304) o está centrada sobre la cavidad del altavoz (304) o se superpone sobre una región  
              periférica de la cavidad del altavoz (304) o está dispuesta entre la capa dieléctrica (325) y el sustrato (305).
- 20           3.    El micro-altavoz electromecánico de la reivindicación 1, en el que la capa piezo-eléctrica (350) es una primera  
              capa piezo-eléctrica (350a), y en el que la membrana deformable (310) incluye además una segunda capa  
              piezo-eléctrica (350b) intercalada entre las capas conductoras tercera y cuarta (320b, 340b).
4.    El micro-altavoz electromecánico de la reivindicación 3, en el que las capas piezo-eléctricas primera y  
25           segunda (350a, 350b) están situadas en lados opuestos de la capa dieléctrica (325).
5.    El micro-altavoz electromecánico de cualquier reivindicación precedente, en el que la primera capa piezo-  
              eléctrica (350a) incluye nitruro de aluminio, o en el que el sustrato (305) es un sustrato de vidrio.
- 30           6.    El micro-altavoz electromecánico de cualquier reivindicación precedente, en el que las dimensiones del  
              aparato incluyen uno o más de los siguientes: un grosor de cavidad de altavoz entre aproximadamente 1 y 5  
              micrómetros, un grosor de capa dieléctrica entre aproximadamente 1 y 10 micrómetros, o un primer espesor  
              de capa piezo-eléctrica entre alrededor de 1 y 3 micrómetros.
- 35           7.    El micro-altavoz electromecánico de la reivindicación 1, en el que las capas conductoras primera y segunda  
              (320, 340) tienen, cada una, aproximadamente entre 100 y 3.000 Angstroms de espesor.
8.    El micro-altavoz electromecánico de cualquier reivindicación precedente, que comprende además una  
              cavidad acústica (311) formada en el sustrato (310), en la que la cavidad acústica (311) está conectada a la  
40           cavidad del altavoz (304).
9.    El micro-altavoz electromecánico de cualquier reivindicación precedente, en el que la membrana deformable  
              (310) está configurada para generar sonido en la aplicación a través de la capa piezo-eléctrica (350) de un  
              voltaje de accionamiento que oscila a una frecuencia de audio.
- 45           10.   Un aparato audiovisual, que comprende:
- al menos un micro-altavoz electromecánico según cualquier reivindicación anterior;  
              una pantalla (30);  
50           un procesador (21) que está configurado para comunicarse con la pantalla (30), estando configurado el  
              procesador (21) para procesar datos de imágenes; y  
              un dispositivo de memoria que está configurado para comunicarse con el procesador (21).
11.   Un aparato que comprende:
- 55           una formación (108) de micro-altavoces electromecánicos según cualquier reivindicación anterior,  
              formados entre los sustratos de vidrio unidos primero y segundo (102, 106),  
              incluyendo el segundo sustrato de vidrio (102) uno o más puertos acústicos (114) dispuestos sobre la  
              formación.
- 60           12.   El aparato de la reivindicación 11, en el que el aparato comprende además un dispositivo de circuito  
              integrado (104) posicionado en una cavidad entre los sustratos de vidrio primero y segundo (102, 106),  
              configurado el dispositivo de circuito integrado (104) para controlar los elementos de altavoces piezo-  
              activados. o en el que la formación (108) está configurada para conectarse a un dispositivo de circuito  
65           integrado externo.



13. El aparato de la reivindicación 11, en el que los sustratos de vidrio unidos (102, 106) están configurados para unirse a un conector flexible (140).
- 5 14. Un procedimiento de formación de un micro-altavoz, que comprende:
- 10 formar una capa protectora sobre un sustrato plano (305);  
formar un primer piezo-activador sobre la capa protectora;  
formar una capa dieléctrica deformable (325) sobre la capa protectora y el sustrato (305); y  
eliminar la capa protectora para formar una cavidad de altavoz sellada (304) entre el sustrato (305) y la  
capa dieléctrica deformable (325), de manera que la capa dieléctrica deformable (325) abarque la cavidad  
de altavoz (304).
15. El procedimiento de la reivindicación 14, que comprende además formar un segundo piezo-activador sobre la  
capa protectora.

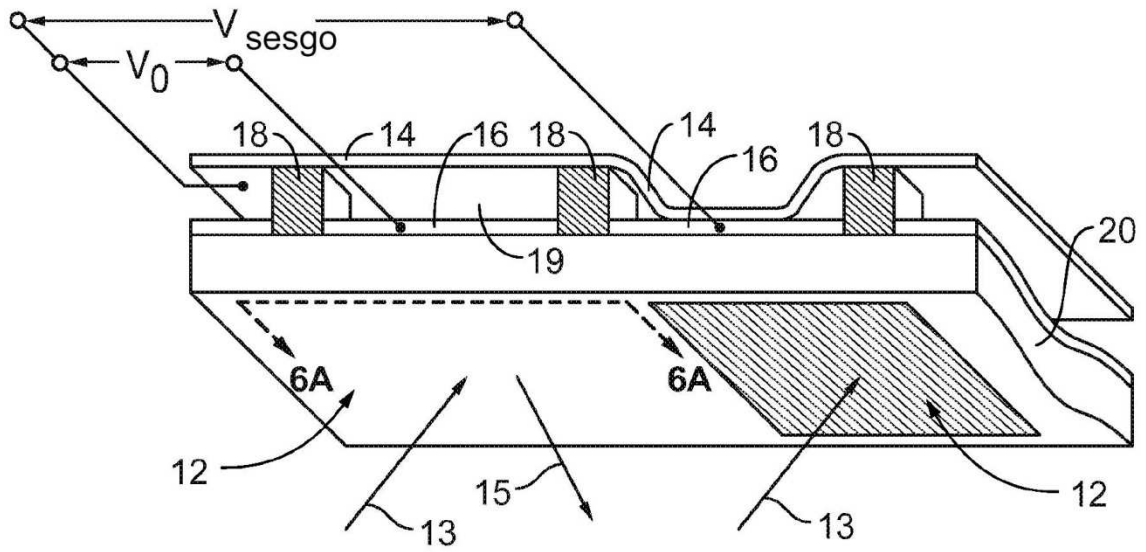


Figura 1

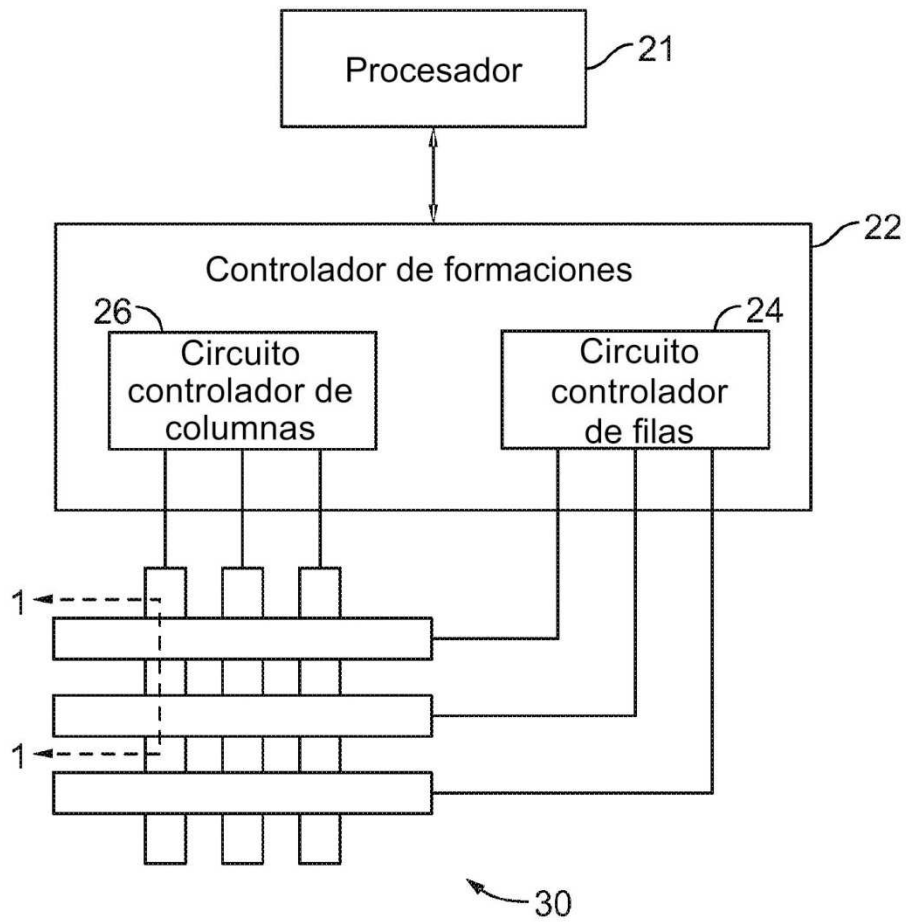


Figura 2

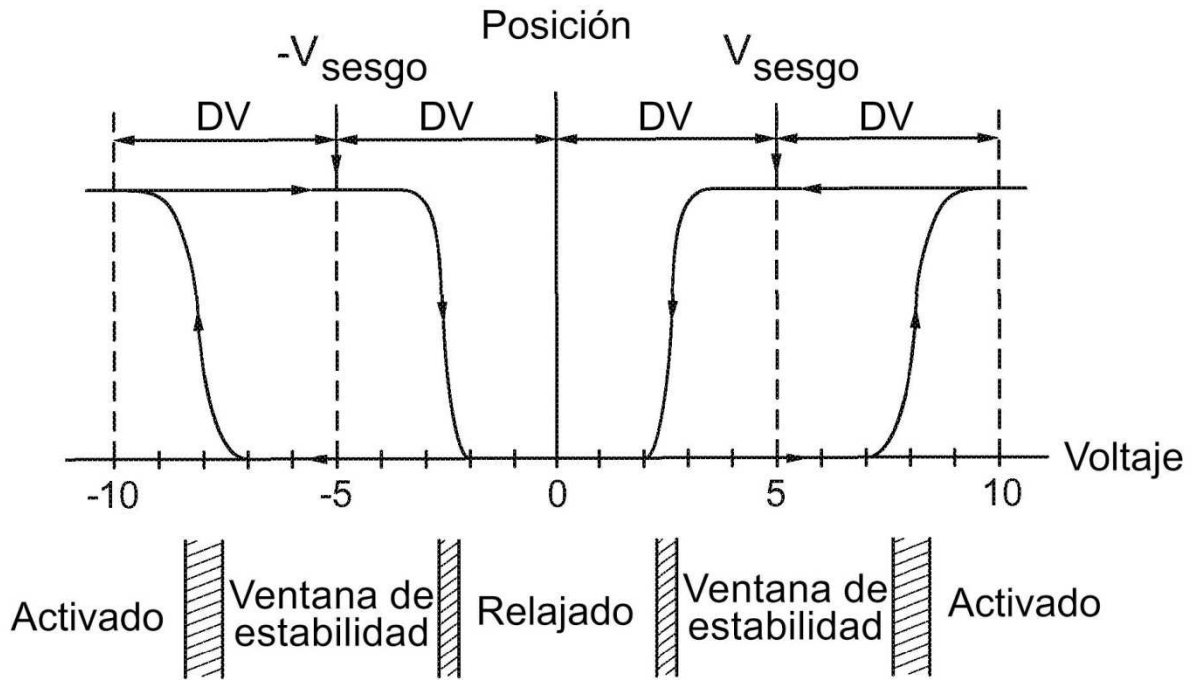


Figura 3

**Voltajes comunes**

Voltajes de segmento	Voltajes comunes				
	$VC_{ADD\_H}$	$VC_{HOLD\_H}$	$VC_{REL}$	$VC_{HOLD\_L}$	$VC_{ADD\_L}$
$VS_H$	Estable	Estable	Relajación	Estable	Activar
$VS_L$	Activar	Estable	Relajación	Estable	Estable

Figura 4

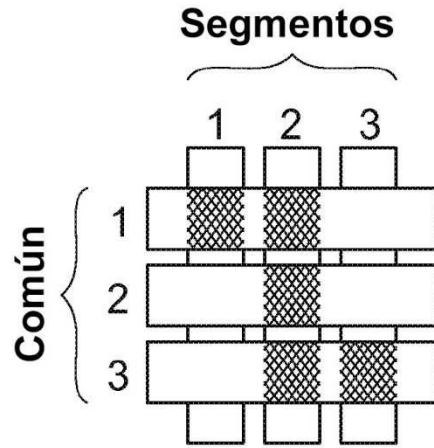


Figura 5A

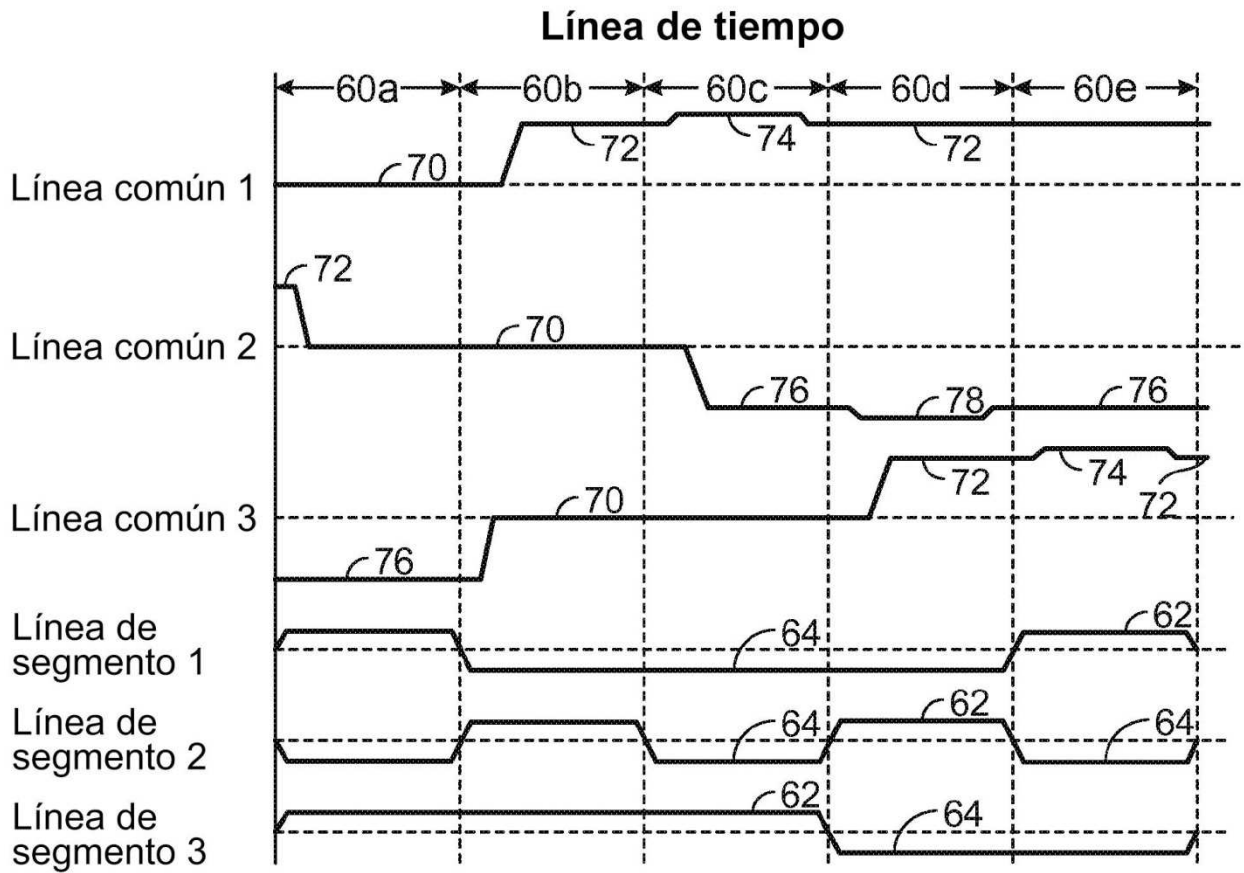


Figura 5B

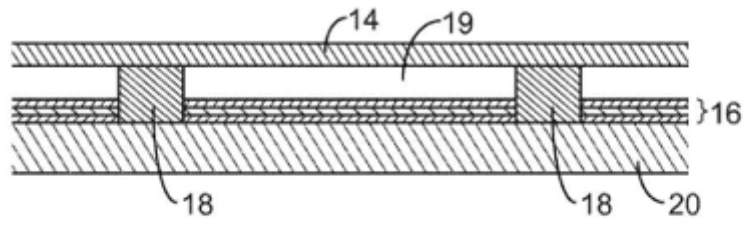


Figura 6A

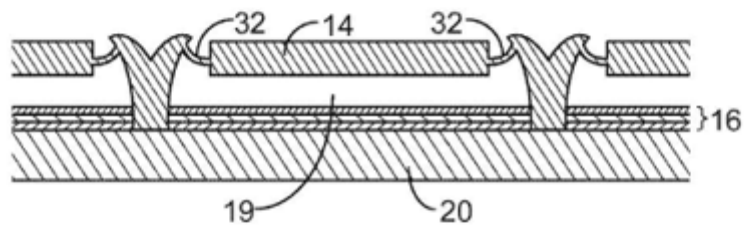


Figura 6B

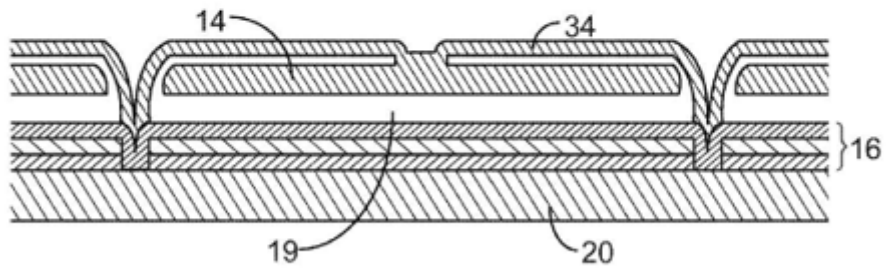


Figura 6C

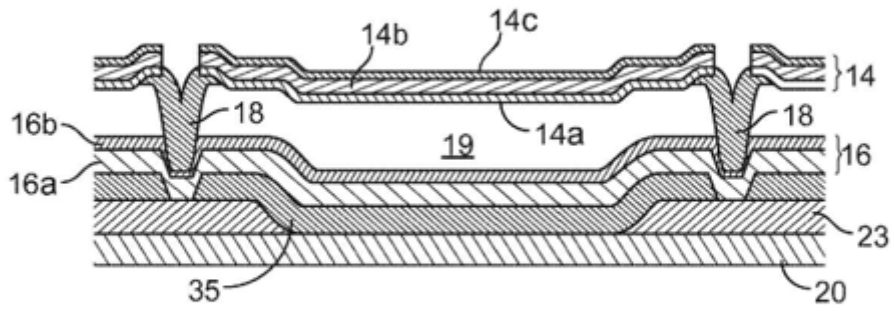


Figura 6D

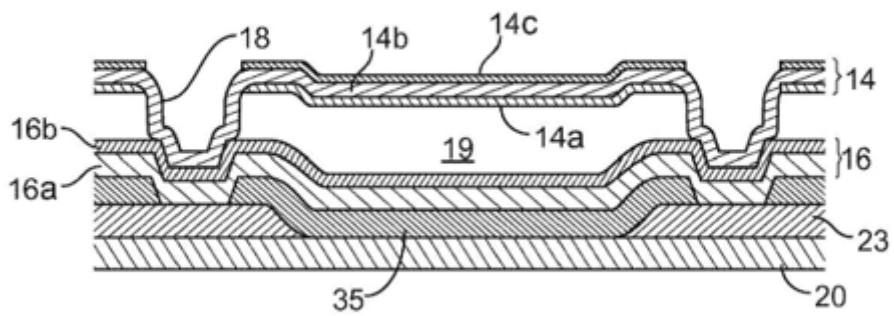


Figura 6E

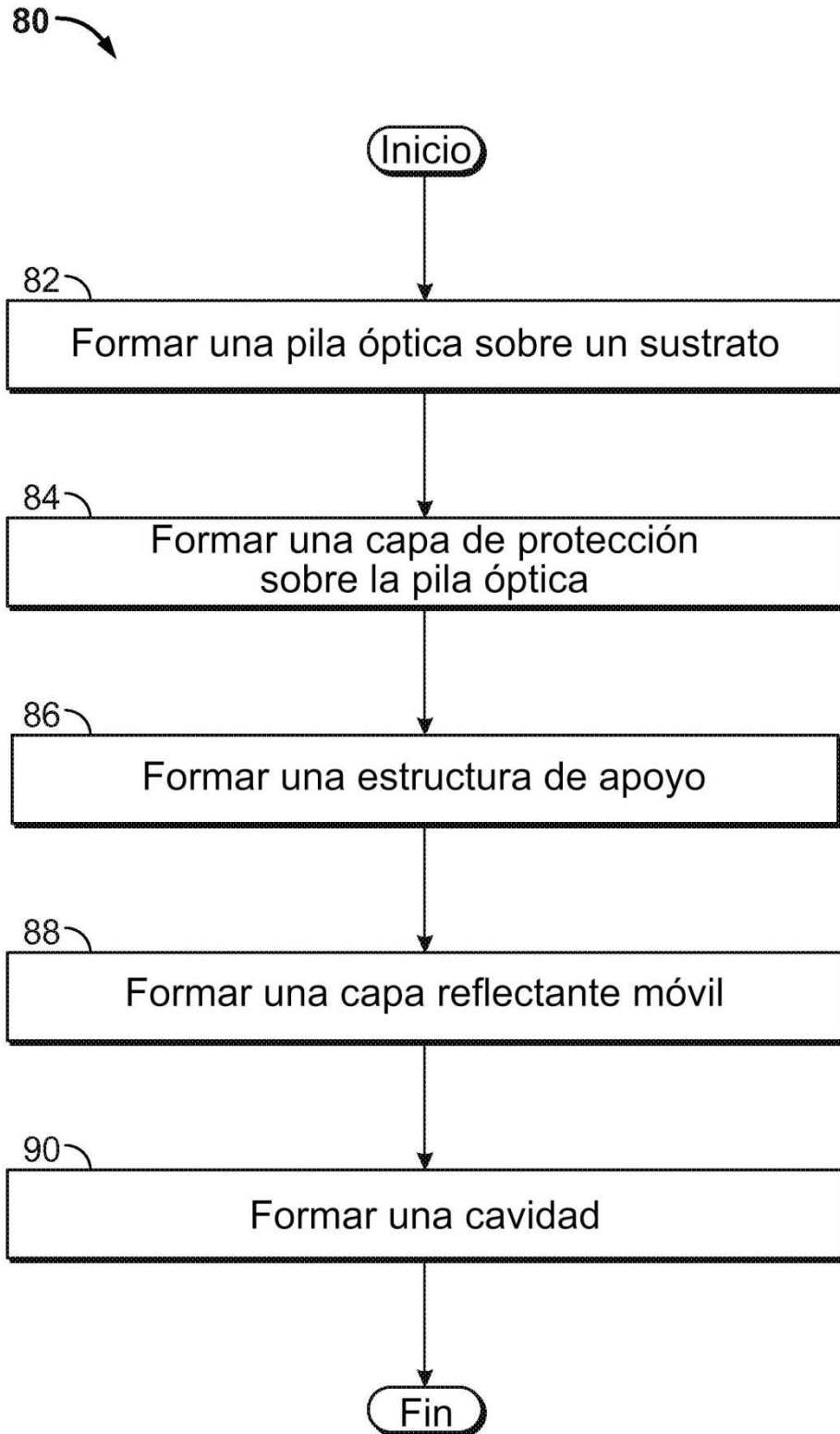


Figura 7

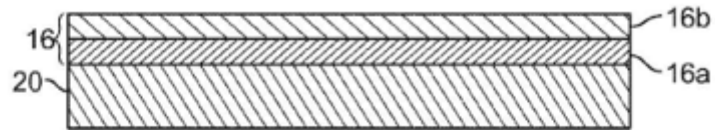


Figura 8A

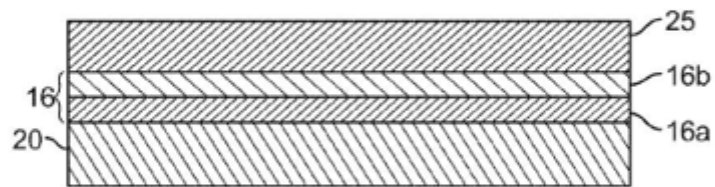


Figura 8B

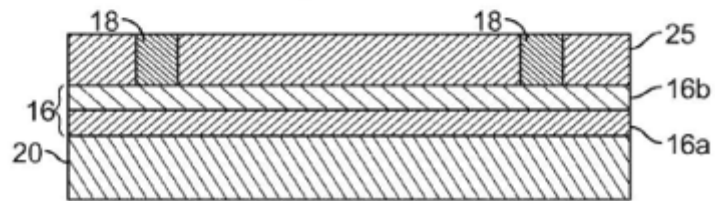


Figura 8C

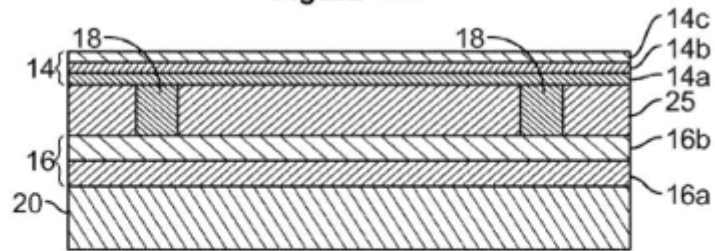


Figura 8D

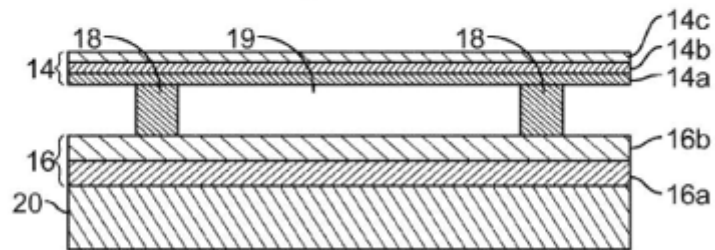


Figura 8E



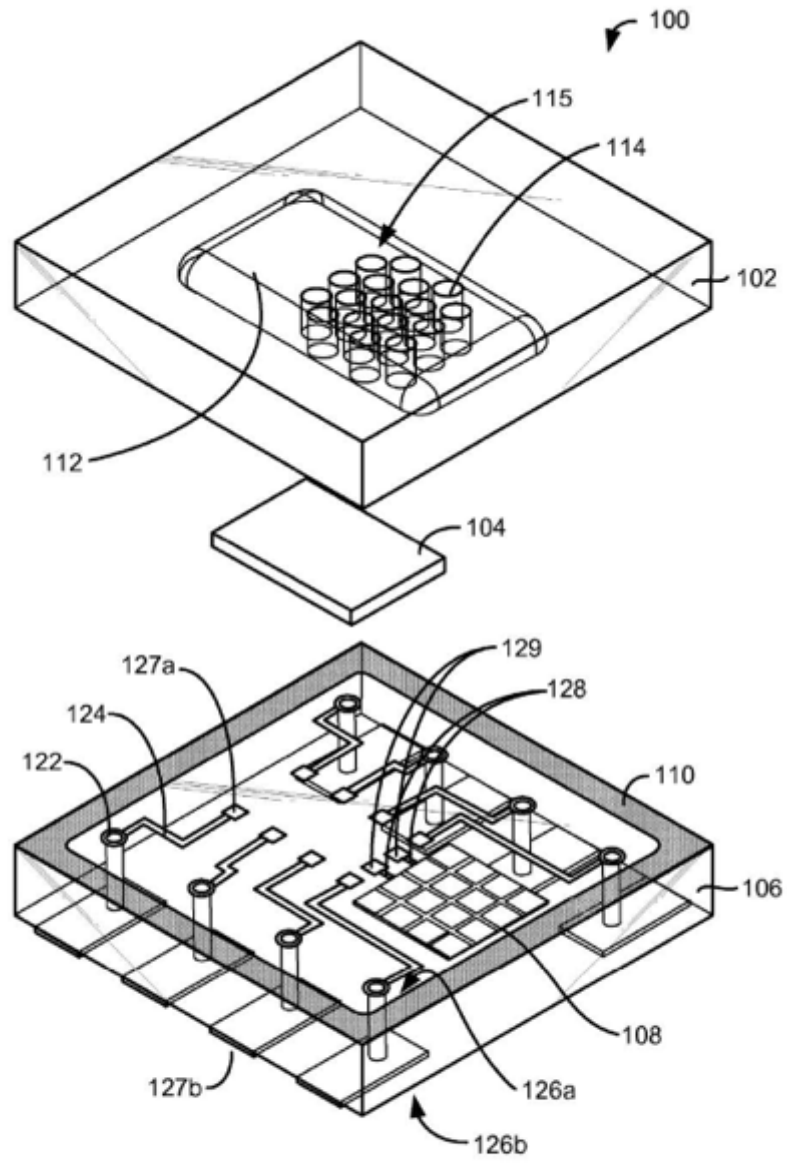


Figura 9A

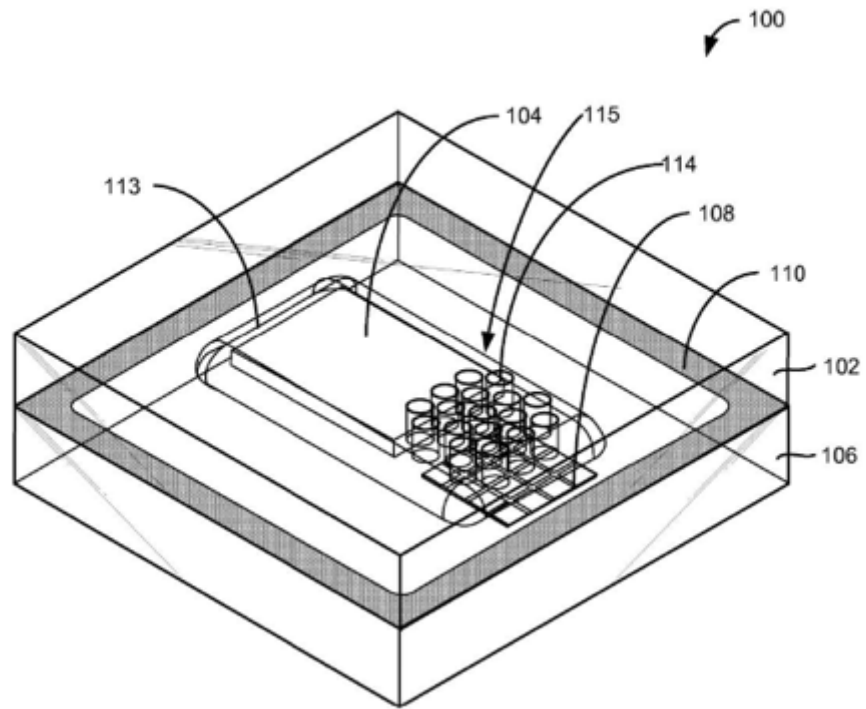


Figura 9B

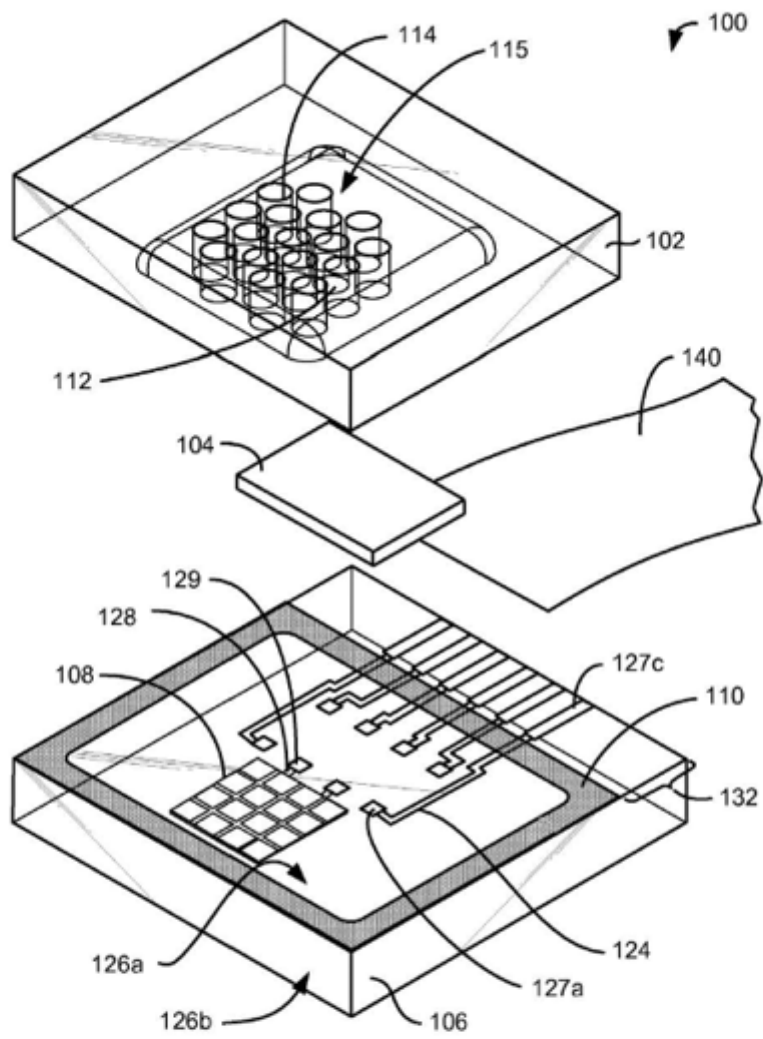


Figura 10A

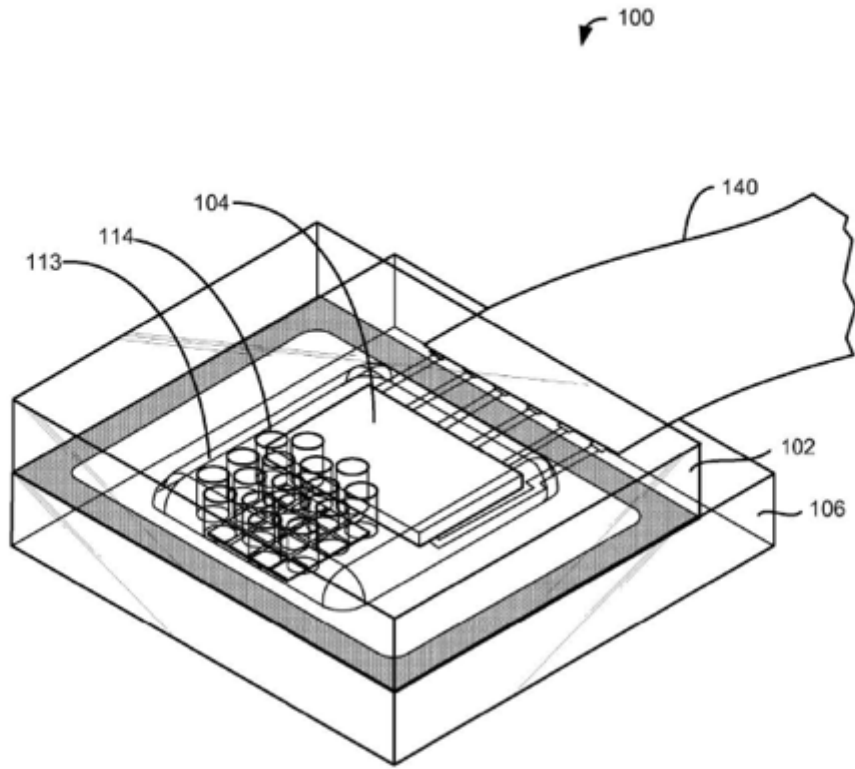

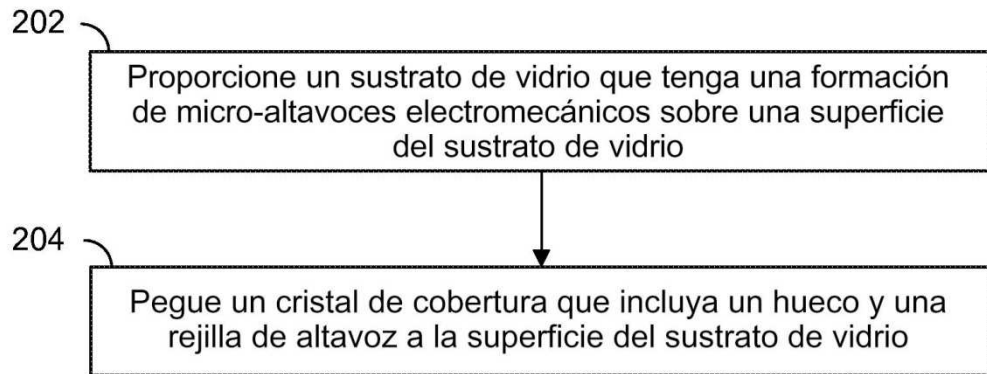


Figura 10B

200 



**Figura 11**

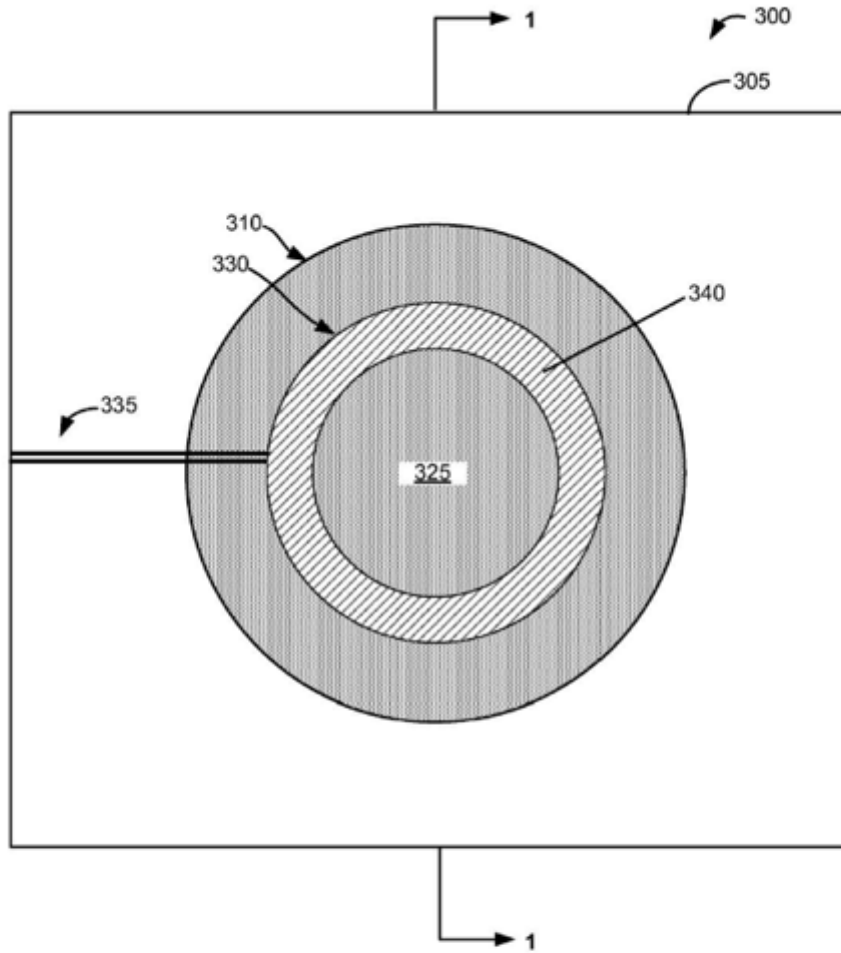


Figura 12A

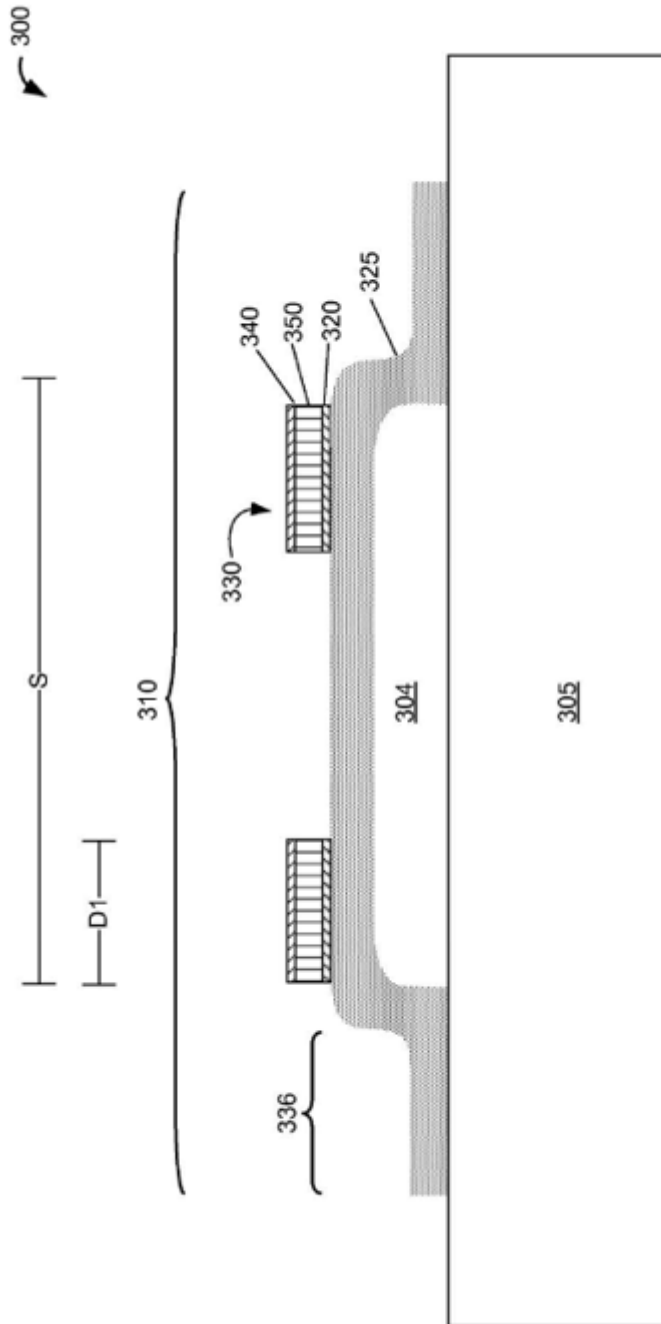


Figura 12B

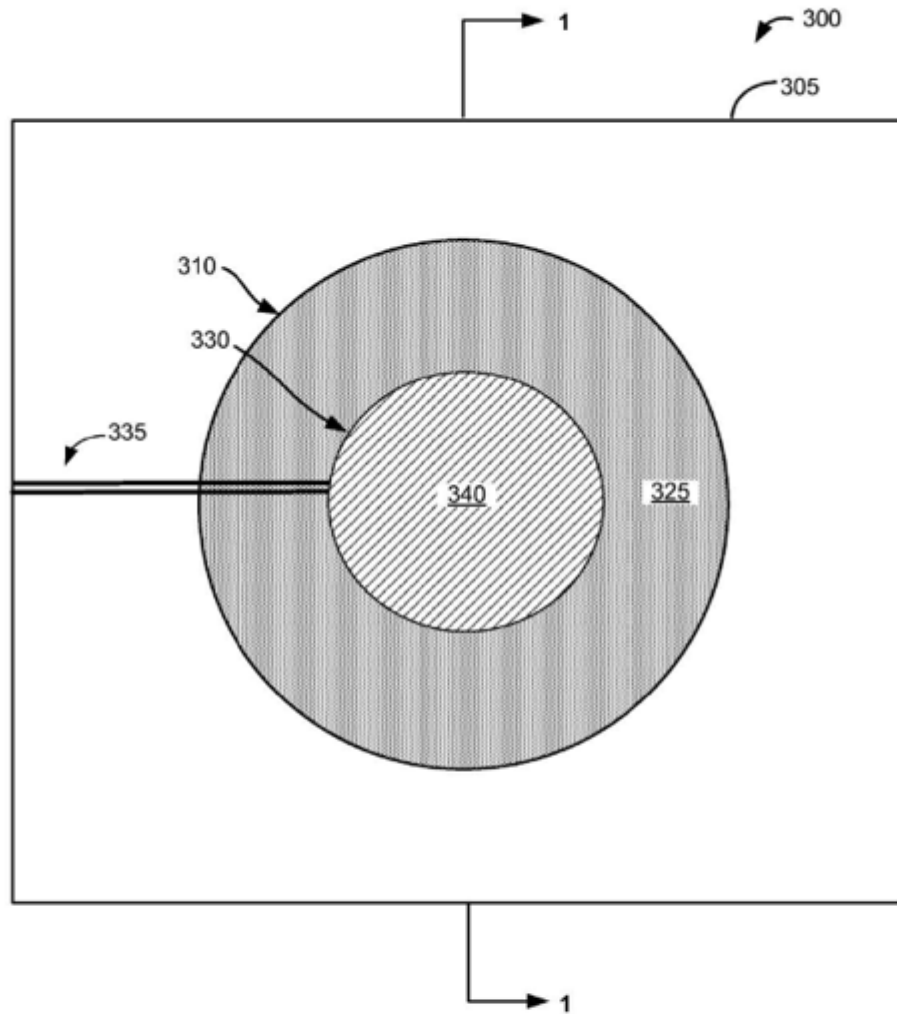


Figura 13A



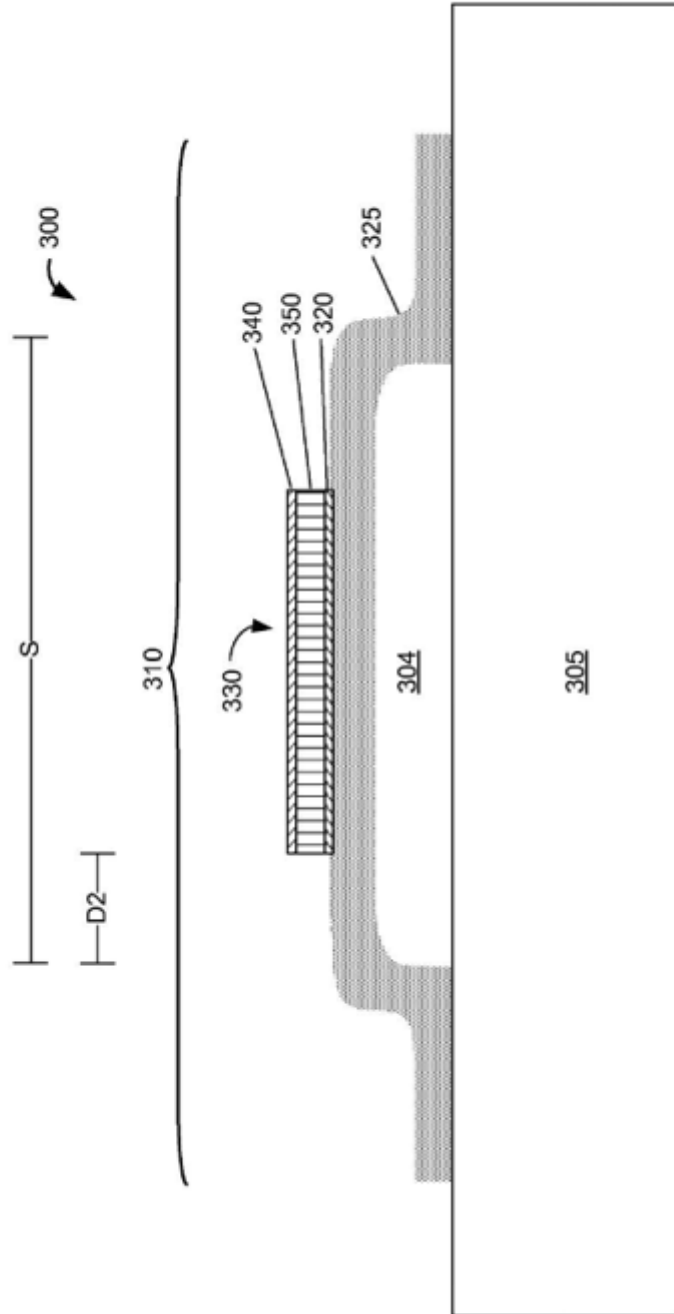


Figura 13B

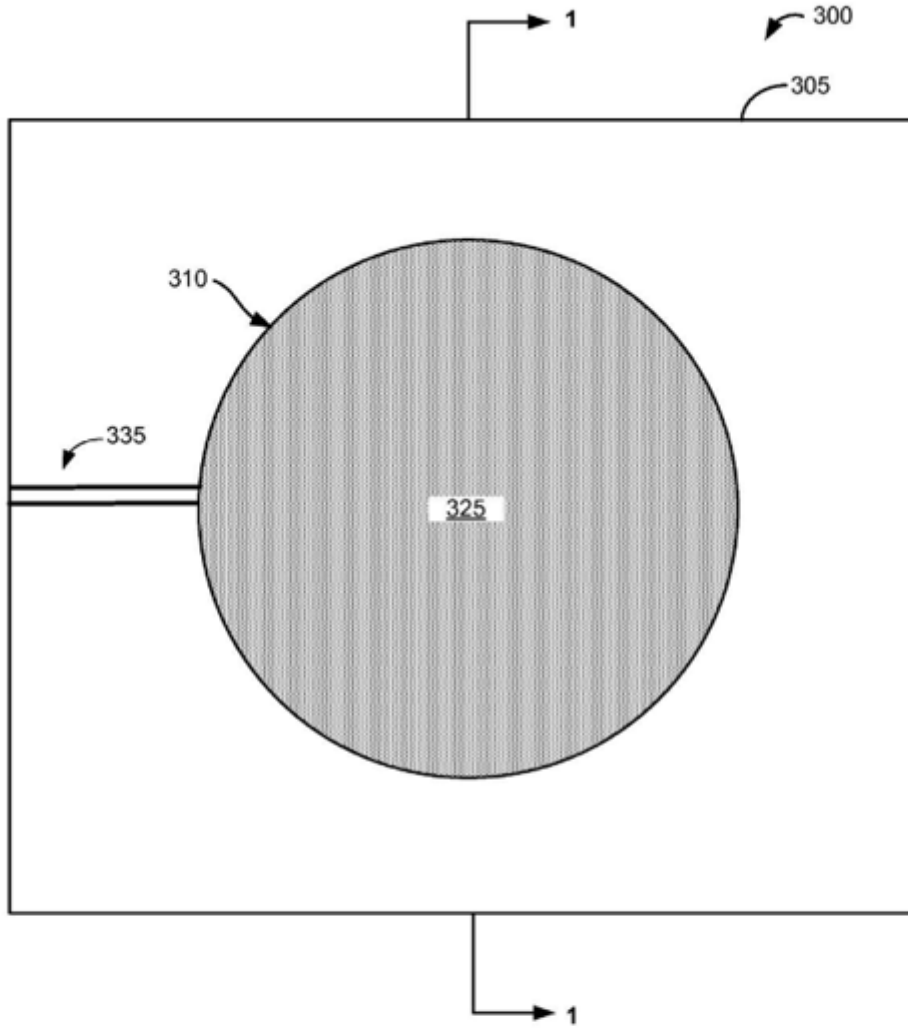


Figura 14A

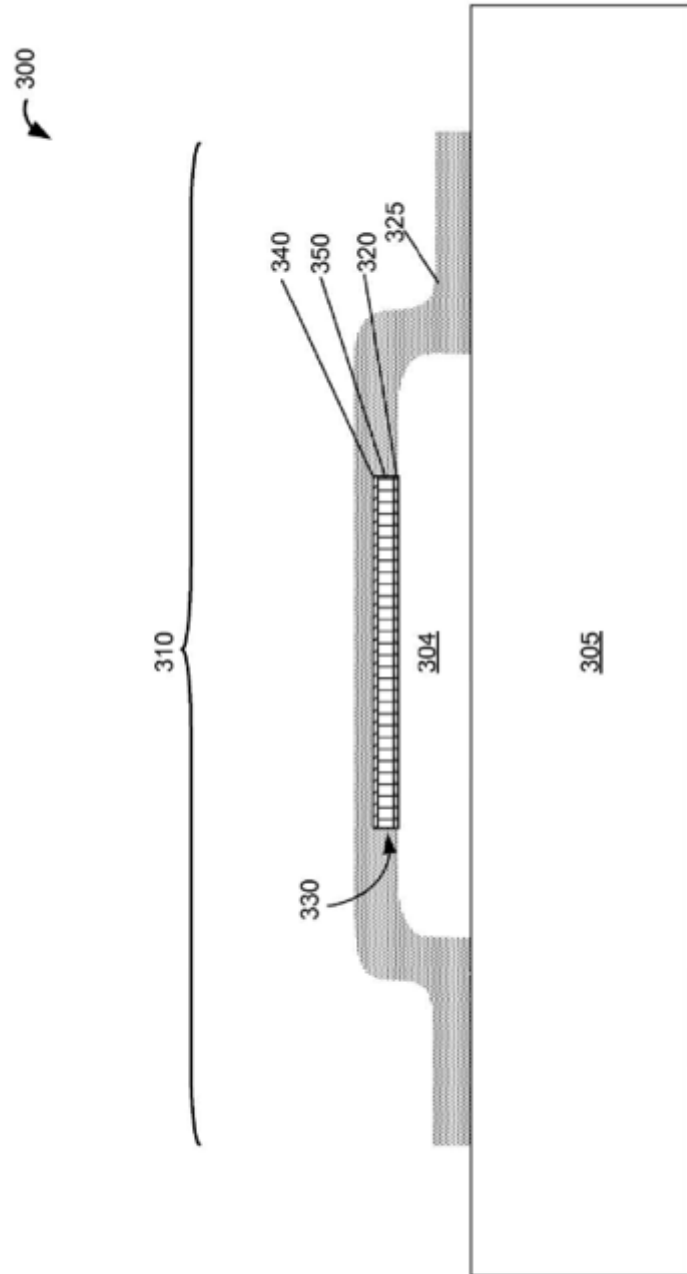


Figura 14B

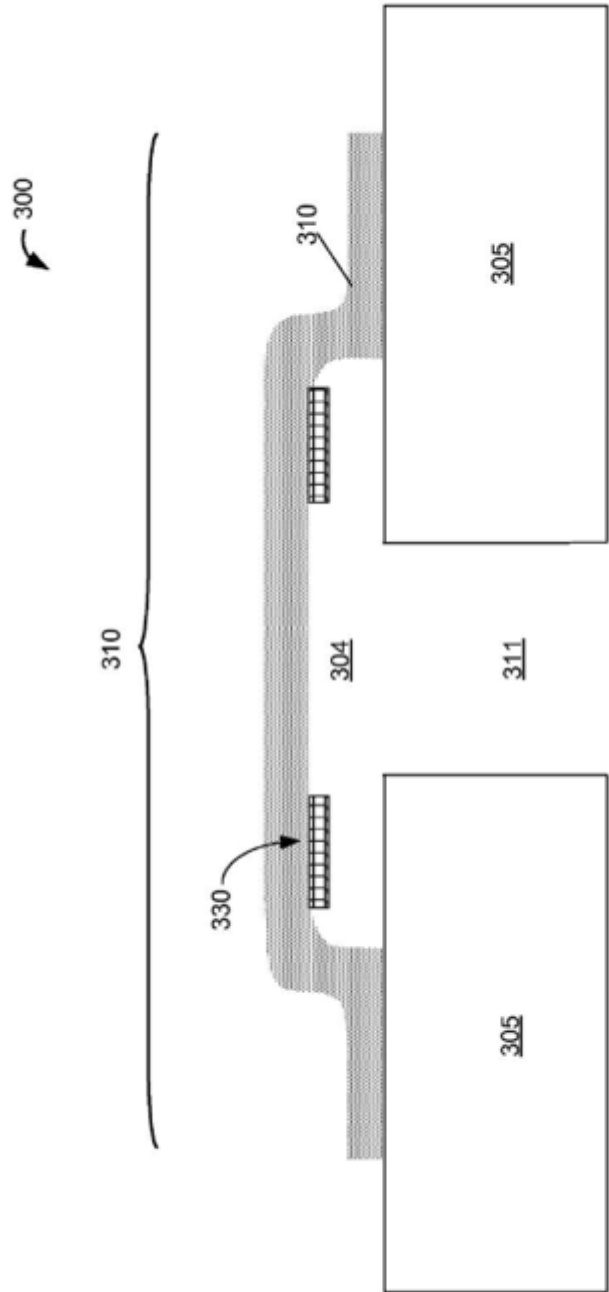


Figure 15

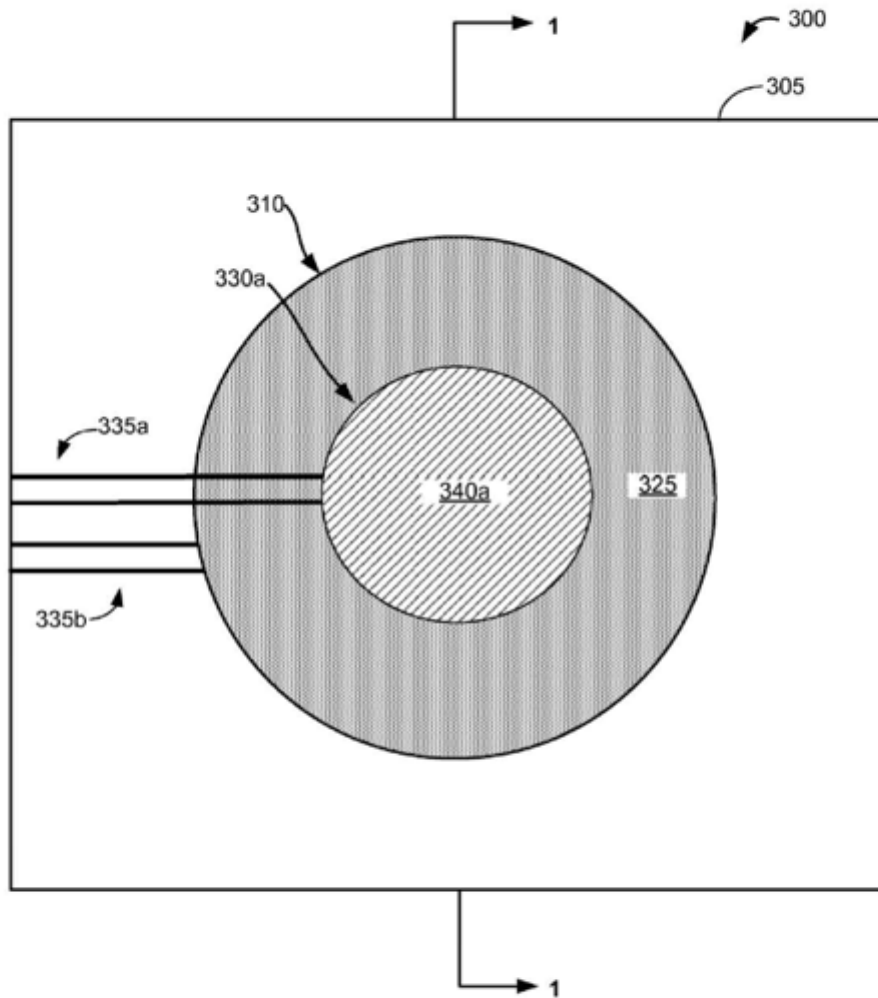


Figura 16A

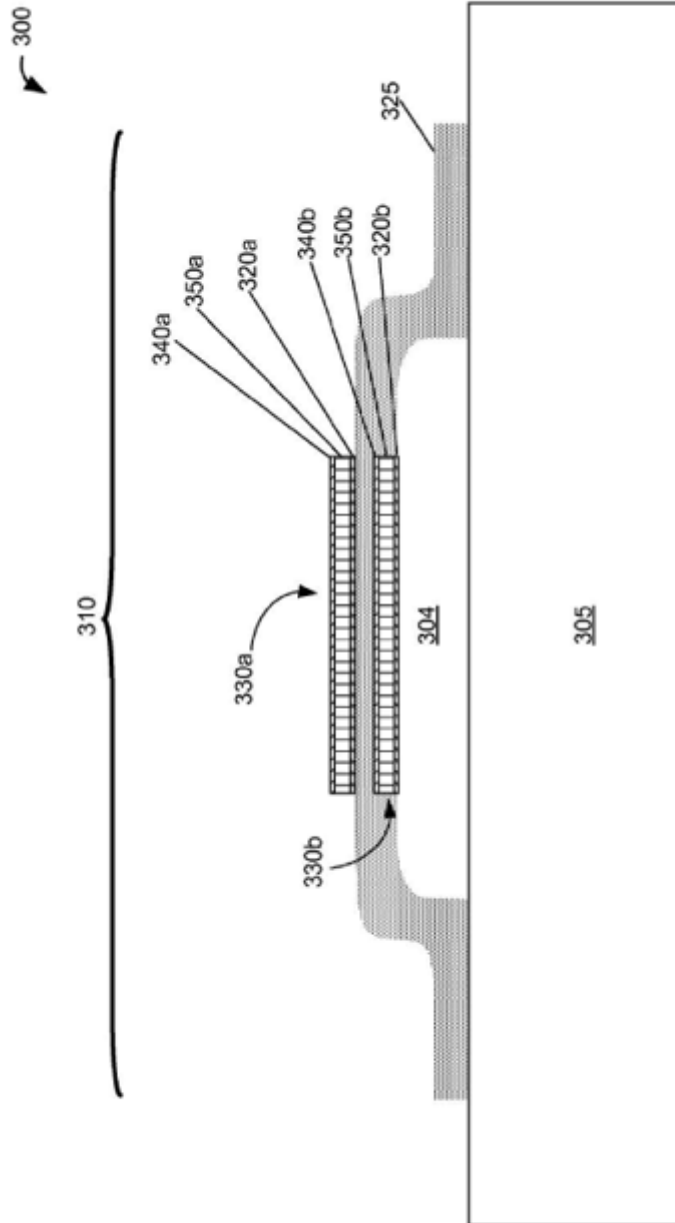


Figura 16B

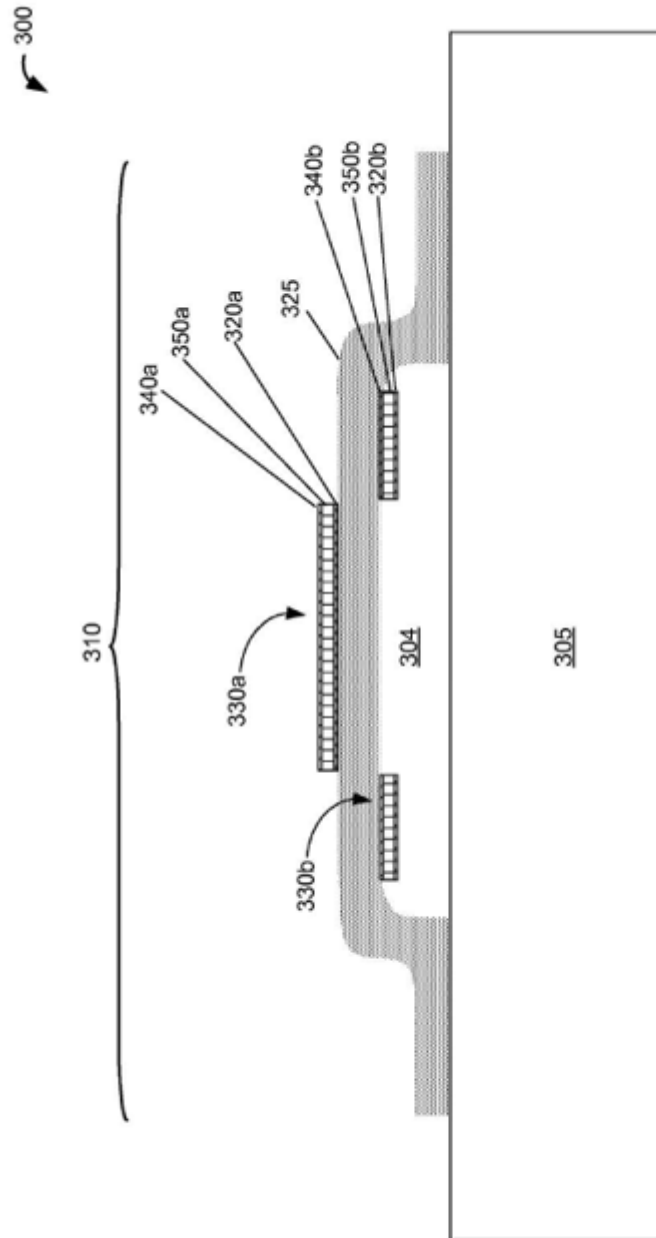


Figura 16C

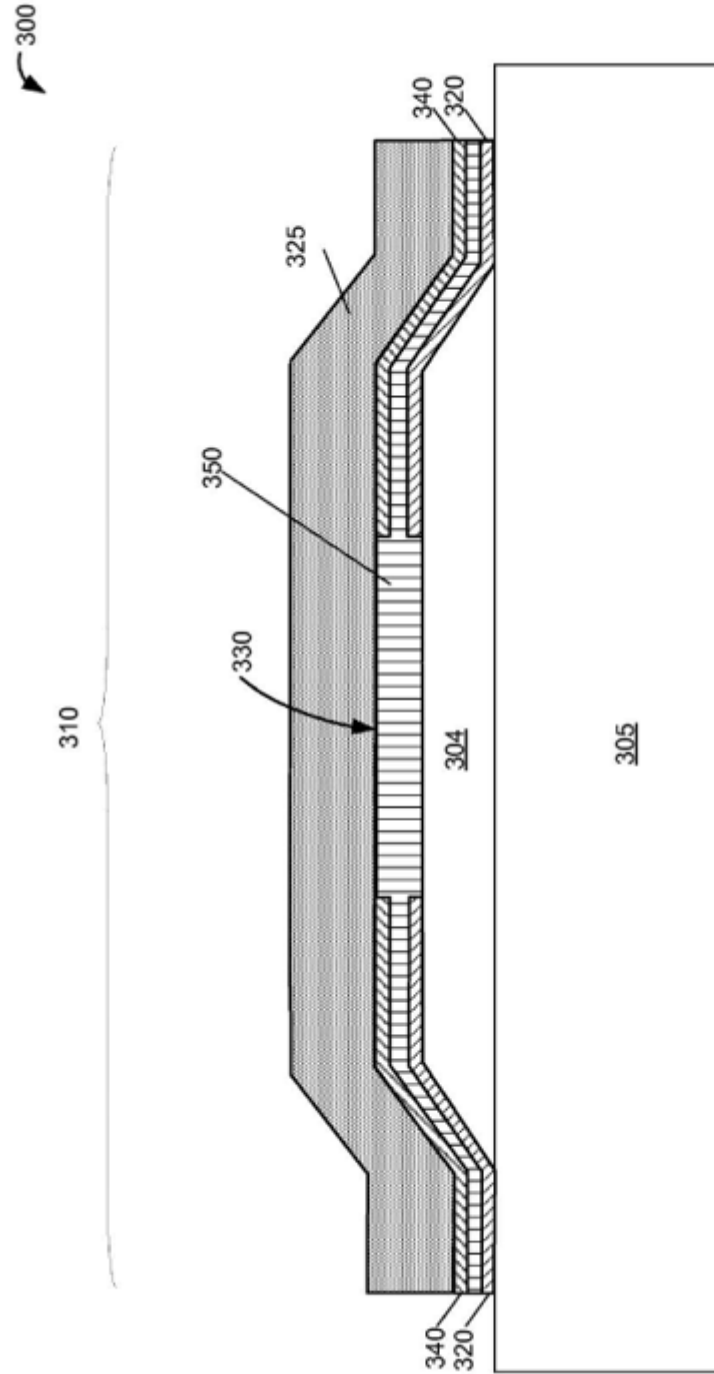
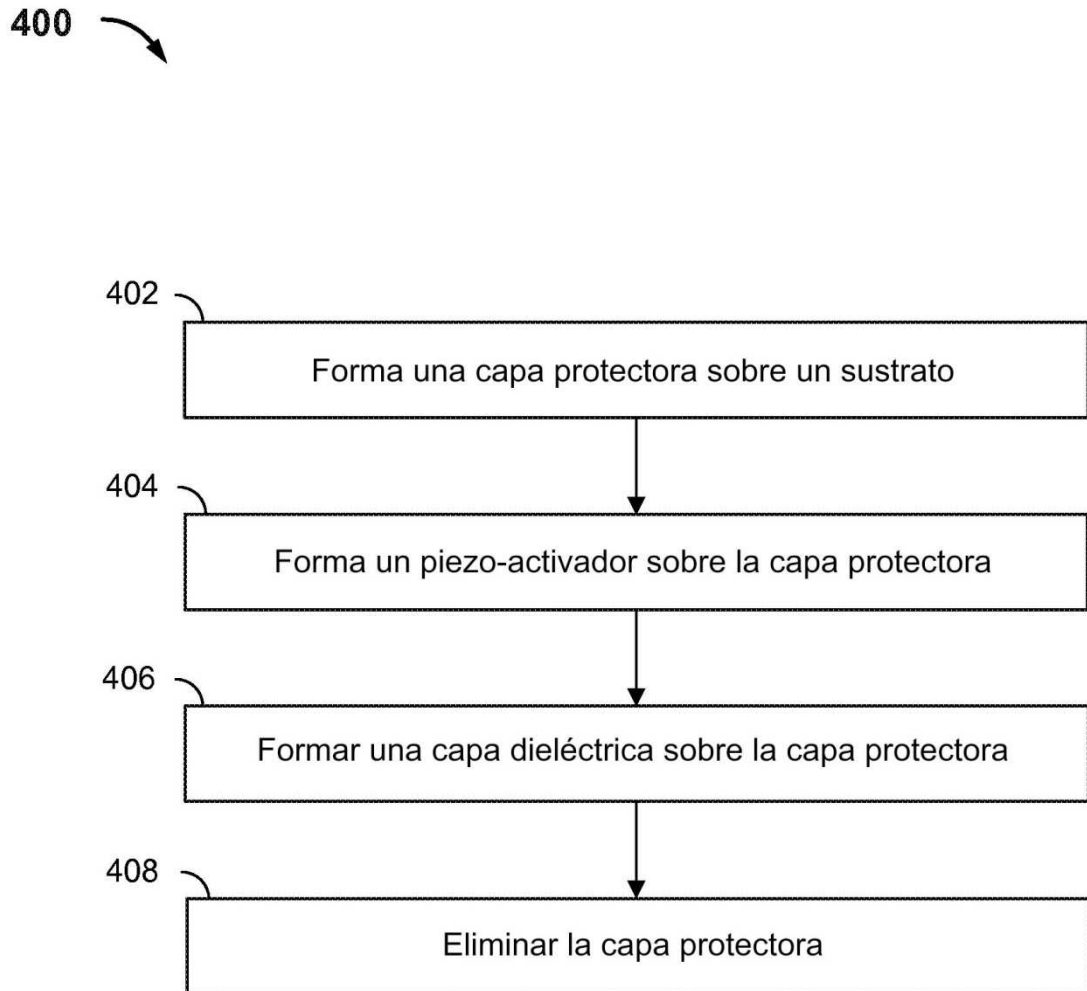


Figure 17





**Figura 18**

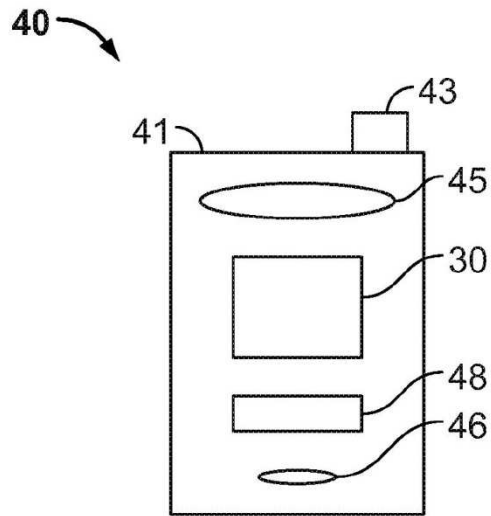


Figura 19A

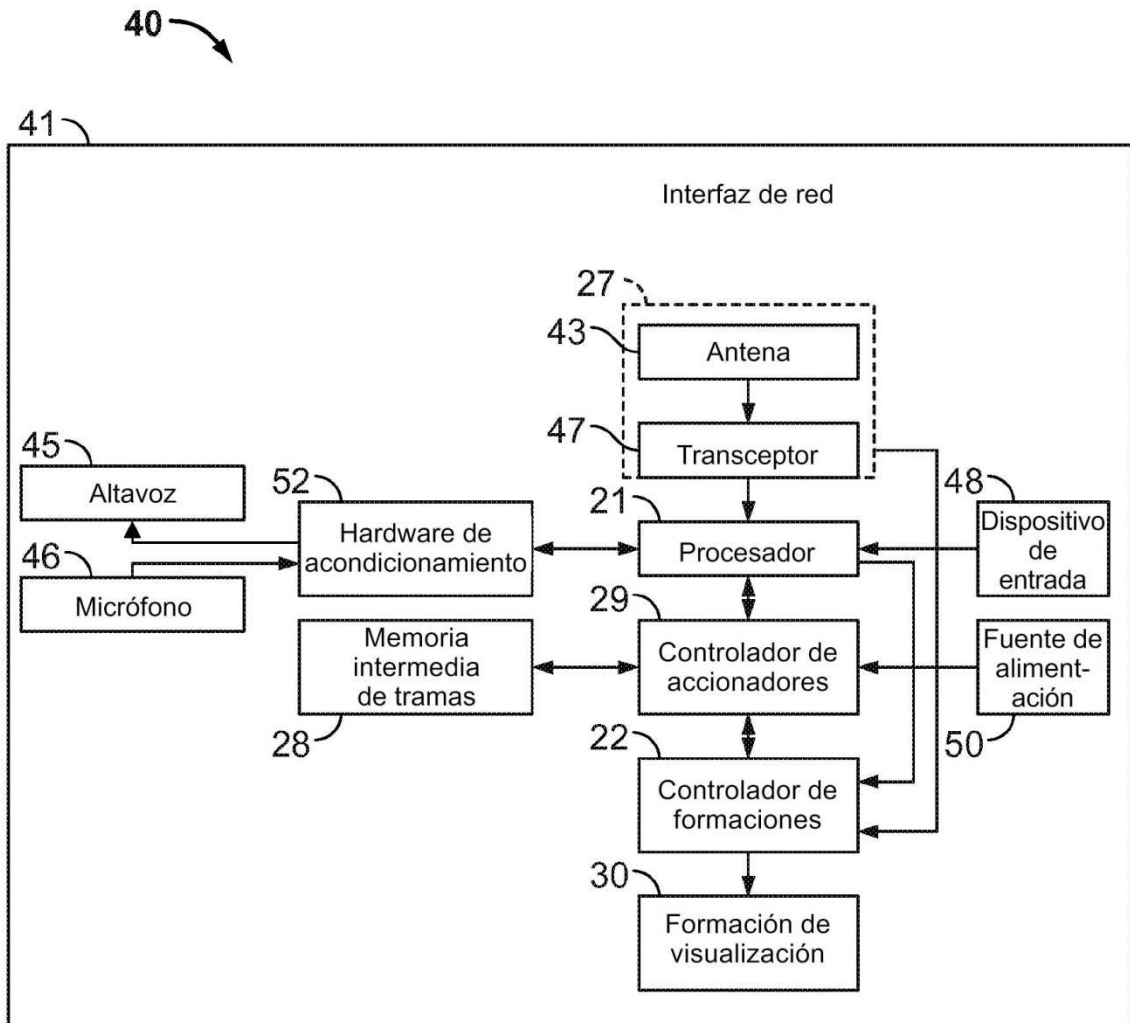


Figura 19B