

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 560 478**

51 Int. Cl.:

B81B 3/00 (2006.01)

F03G 7/06 (2006.01)

H01H 61/04 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **15.04.2004 E 04727485 (7)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **09.09.2015 EP 1620349**

54 Título: **Accionadores de MEMS**

30 Prioridad:

22.04.2003 US 464423 P

17.02.2004 US 782708

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

19.02.2016

73 Titular/es:

RÉSEAUX MEMS (100.0%)

4230, rang St-Elzéar est

Laval QC H7E 4P2, CA

72 Inventor/es:

MÉNARD, STÉPHANE;

LASSONDE, NORMAND y

VILLENEUVE, JEAN-CLAUDE

74 Agente/Representante:

SUGRAÑES MOLINÉ, Pedro

ES 2 560 478 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

Accionadores de MEMS

5 Los sistemas microelectromecánicos (MEMS, *microelectromechanical system*) son unas estructuras mecánicas móviles muy pequeñas que se construyen usando unos procesos para semiconductores convencionales. Los MEMS se pueden proporcionar como accionadores, que son muy útiles en muchas aplicaciones. Por lo general, estos accionadores suelen tener una longitud de unos pocos cientos de micrómetros, a veces con una anchura de solo unas pocas decenas de micrómetros. Por lo general, un accionador de MEMS está configurado y dispuesto de una forma en voladizo. Por lo tanto, este tiene un extremo que está fijado a un sustrato y un extremo libre opuesto que es móvil entre por lo menos dos posiciones, siendo una una posición neutra y siendo las otras unas posiciones desviadas.

15 Los mecanismos de accionamiento más comunes usados en la industria son electrostáticos, magnéticos, piezoeléctricos y térmicos. El mecanismo de accionamiento que se analiza en el presente documento es de un tipo térmico. El desvío de un accionador de MEMS térmico resulta de la aplicación de un potencial entre un par de terminales, que se denominan "almohadillas de anclaje", potencial que da lugar a un flujo de corriente que eleva la temperatura de la estructura. En última instancia, esto da lugar a que una parte de la misma se contraiga o se alargue, dependiendo del material que se esté usando.

20 Un uso posible para los accionadores de MEMS es configurar los mismos como conmutadores. Estos conmutadores están hechos de por lo menos un accionador. En el caso de múltiples accionadores, estos se operan en secuencia con el fin de conectar una de sus partes con, o liberarla de, una parte similar en el otro. El accionador o accionadores pueden ser accionadores de brazo caliente único o accionadores de brazo caliente doble, dependiendo del diseño. Así mismo existen otros tipos de accionadores, incluyendo algunos con más de dos miembros de brazo caliente. Estos accionadores forman un conmutador que se puede abrir o cerrar de forma selectiva usando una tensión de control que se aplica en unas almohadillas de anclaje correspondientes sobre cada accionador.

30 Debido a que estos son extremadamente pequeños, teniendo cada accionador aproximadamente una longitud de unos pocos cientos de micrómetros y una anchura de unas pocas décimas de micrómetros, se puede proporcionar un número muy grande de conmutadores de MEMS en una única oblea.

35 Los conmutadores de MEMS tienen muchas ventajas. Entre otras cosas, estos son muy pequeños y económicos, dependiendo de la configuración. Por lo general, el consumo de potencia también es realmente pequeño y su tiempo de respuesta es extremadamente corto. La secuencia completa para cerrar o abrir un conmutador de MEMS puede ser tan corta como unos pocos milisegundos.

40 A pesar de que los conmutadores y accionadores de MEMS previamente existentes fueron satisfactorios hasta cierto punto, seguía existiendo una necesidad de mejorar adicionalmente su rendimiento, su fiabilidad y su aptitud para la fabricación.

45 El documento WO02/17339 divulga un accionador en el que el extremo común de los miembros del brazo caliente y el extremo del brazo frío se acoplan de forma mecánica por una fijación dieléctrica que está ubicada por debajo de los extremos de dichos brazos.

De acuerdo con un primer aspecto de la presente invención, se proporciona un accionador en voladizo de MEMS que está montado sobre un sustrato, comprendiendo el accionador:

50 un miembro de brazo caliente alargado que tiene dos porciones separadas, provista cada una en un extremo con una almohadilla de anclaje correspondiente que está conectada con el sustrato, estando conectadas las porciones entre sí en un extremo común que es opuesto con respecto a las almohadillas de anclaje;
 un miembro de brazo frío alargado adyacente y sustancialmente paralelo con respecto al miembro de brazo caliente, teniendo el miembro de brazo frío en un extremo una almohadilla de anclaje que está conectada con el sustrato, y un extremo libre que es opuesto con respecto a la almohadilla de anclaje del mismo; y
 55 una fijación dieléctrica que está fijada por encima del extremo común de las porciones del miembro de brazo caliente y el extremo libre del miembro de brazo frío para acoplar de forma mecánica el miembro de brazo caliente y el miembro de brazo frío y mantener estos eléctricamente independientes.

60 De acuerdo con otro aspecto de la presente invención, se proporciona un conmutador de MEMS que está montado sobre un sustrato, comprendiendo el conmutador:

un primer accionador en voladizo que comprende:

65 - un primer miembro de brazo caliente alargado que tiene dos porciones separadas, provista cada una en un extremo con una almohadilla de anclaje correspondiente que está conectada con el sustrato, estando

conectadas las porciones del primer miembro de brazo caliente entre sí en un extremo común que es opuesto con respecto a sus almohadillas de anclaje;

- un primer miembro de brazo frío alargado adyacente y sustancialmente paralelo con respecto al primer miembro de brazo caliente, teniendo el primer miembro de brazo frío en un extremo una almohadilla de anclaje que está conectada con el sustrato, y un extremo libre que es opuesto con respecto a la almohadilla de anclaje del mismo; y
- una primera fijación dieléctrica que está fijada por encima del extremo común de las porciones del primer miembro de brazo caliente y el extremo libre del primer miembro de brazo frío para acoplar de forma mecánica el primer miembro de brazo caliente y el primer miembro de brazo frío y mantener estos eléctricamente independientes; y

un segundo accionador en voladizo que comprende:

- un segundo miembro de brazo caliente alargado que tiene dos porciones separadas, provista cada una en un extremo con una almohadilla de anclaje correspondiente que está conectada con el sustrato, estando conectadas las porciones del segundo miembro de brazo caliente entre sí en un extremo común que es opuesto con respecto a sus almohadillas de anclaje;
- un segundo miembro de brazo frío alargado adyacente y sustancialmente paralelo con respecto al segundo miembro de brazo caliente, teniendo el segundo miembro de brazo frío en un extremo una almohadilla de anclaje que está conectada con el sustrato, y un extremo libre que es opuesto con respecto a la almohadilla de anclaje del mismo; y
- una segunda fijación dieléctrica que está fijada por encima del extremo común de las porciones del segundo miembro de brazo caliente y el extremo libre del segundo miembro de brazo frío para acoplar de forma mecánica el segundo miembro de brazo caliente y el segundo miembro de brazo frío y mantener estos eléctricamente independientes;

en el que el primer accionador y el segundo accionador están configurados y dispuestos de tal modo que el conmutador es selectivamente móvil entre una posición cerrada en la que los extremos libres de los miembros de brazo frío están acoplados de forma eléctrica, y una posición abierta en la que los miembros de brazo frío son eléctricamente independientes.

De acuerdo con un aspecto adicional de la presente invención, se proporciona un método de fabricación de un accionador en voladizo de MEMS que se va a montar sobre un sustrato, comprendiendo el método:

- proporcionar un miembro de brazo caliente alargado que tiene dos porciones separadas, provista cada una en un extremo con una almohadilla de anclaje correspondiente que está conectada con el sustrato, estando conectadas las porciones entre sí en un extremo común que es opuesto con respecto a las almohadillas de anclaje;
- proporcionar un miembro de brazo frío alargado adyacente y sustancialmente paralelo con respecto al miembro de brazo caliente, teniendo el miembro de brazo frío en un extremo una almohadilla de anclaje que está conectada con el sustrato, y un extremo libre que es opuesto con respecto a la almohadilla de anclaje del mismo;
- y proporcionar una fijación dieléctrica por encima del extremo común de las porciones del miembro de brazo caliente y el extremo libre del miembro de brazo frío para acoplar de forma mecánica el miembro de brazo caliente y el miembro de brazo frío y mantener estos eléctricamente independientes.

Los detalles de estos y también otros aspectos de la presente invención se proporcionan en la siguiente descripción detallada, que se hace con referencia a las figuras adjuntas que se describen de forma concisa en lo sucesivo en el presente documento:

La figura 1 es una vista en planta desde arriba de un accionador de MEMS de acuerdo con una realización preferida.

La figura 2 es una vista lateral del accionador que se muestra en la figura 1.

La figura 3 es una vista en planta desde arriba de un conmutador de MEMS usando dos accionadores dispuestos en perpendicular como en la figura 1.

La figura 4 es una vista lateral esquemática ampliada de unas bridas de contacto lateral eléctricamente aisladas de acuerdo con una realización preferida.

Las figuras 5 a 19 son unas vistas en planta desde arriba que ilustran otras posibles variantes del conmutador de MEMS con unos accionadores dispuestos en perpendicular.

Un accionador en voladizo de MEMS (10) y un conmutador de MEMS (100) de acuerdo con diversas realizaciones posibles se describen en lo sucesivo en el presente documento y se ilustran en las figuras adjuntas. También se describe un método de fabricación de un accionador de MEMS (10). Se ha de hacer notar que pueden efectuarse

diversos cambios y modificaciones en los mismos sin apartarse del alcance de la presente invención tal como se define por las reivindicaciones adjuntas.

5 No se hace referencia a algunas partes de accionador que se muestran en la figura 3 y las figuras 5 a 19 mediante números para simplificar las figuras. Estas partes se corresponden con unas partes de accionador idénticas o similares que son identificadas por números en la misma figura.

10 Haciendo referencia en primer lugar a las figuras 1 y 2, en ellas se muestra un ejemplo de un accionador en voladizo de MEMS (10) que está montado sobre un sustrato (12) de acuerdo con una realización preferida. El extremo libre del accionador (10) puede ser movido debido a la configuración asimétrica del mismo. El accionador (10) comprende un miembro de brazo caliente alargado (20) que tiene dos porciones separadas (22), estando provista cada una en un extremo con una almohadilla de anclaje (24) correspondiente que está conectada con el sustrato (12). Las porciones (22) son paralelas y están conectadas entre sí en un extremo común (26) que es opuesto con respecto a las almohadillas de anclaje (24) y que está superpuesto al sustrato (12), tal como se muestra en la figura 2. El accionador (10) también comprende un miembro de brazo frío alargado (30) adyacente y sustancialmente paralelo con respecto al miembro de brazo caliente (20). El miembro de brazo frío (30) tiene en un extremo una almohadilla de anclaje (32) que está conectada con el sustrato (12), y un extremo libre (34) que es opuesto con respecto a la almohadilla de anclaje del mismo (32). El extremo libre (34) está superpuesto al sustrato (12).

20 Una fijación dieléctrica (40) se fija por encima del extremo común (26) de las porciones (22) del miembro de brazo caliente (20) y el extremo libre (34) del miembro de brazo frío (30). La fijación dieléctrica (40) se usa para acoplar de forma mecánica el miembro de brazo caliente (20) y el miembro de brazo frío (30) y mantener estos eléctricamente independientes, manteniendo de ese modo los mismos en una relación separada con una separación mínima entre ellos para evitar un contacto directo o un cortocircuito durante un funcionamiento normal así como para mantener la tensión soportada requerida, tensión que es proporcional con respecto a la separación entre los miembros (20, 30). La fijación dieléctrica (40) se moldea directamente en su lugar en la ubicación deseada y se fija mediante una adhesión directa. Un moldeo directo permite adicionalmente tener una pequeña cantidad de material que entra en el espacio entre las partes antes de solidificar. Se debería hacer notar que la fijación dieléctrica (40) se puede fijar al miembro de brazo caliente (20) y el miembro de brazo frío (30) de una forma diferente a la que se muestra en la figura 1.

35 Tal como se puede apreciar, la fijación dieléctrica (40) está ubicada por encima del accionador (10), en concreto en el lado opuesto con referencia al sustrato (12). Esto tiene muchas ventajas sobre los accionadores de MEMS previos para los que la fijación dieléctrica, que se fabrica por lo general de vidrio, se proporcionaba por debajo del miembro de brazo caliente (20) y el miembro de brazo frío (30). Por lo general, la fijación dieléctrica fabricada de vidrio y ubicado por debajo del accionador usaba unas capas delgadas de nitruro u óxido de silicio, capas que eran muy frágiles. Tales fijaciones dieléctricas también aumentaban la complejidad del proceso de fabricación.

40 La fijación dieléctrica (40) se fabrica preferiblemente en su totalidad de un material fotosensible. Se halló que un material muy adecuado para ese fin y sencillo de fabricar es el material que se conoce en el sector como "SU-8". El SU-8 es un material fotosensible de UV cercano y de tipo resina epoxídica, negativo, que se basa en la resina epoxídica EPON SU-8 (de Shell Chemical) que ha sido desarrollada originalmente por IBM. Se debería hacer notar que existen de hecho y pueden usarse así mismo otros materiales fotosensibles, dependiendo de los requisitos de diseño. Otros materiales adecuados posibles incluyen poliimida, vidrio aplicado por rotación u otros polímeros. Además, también es posible combinar diferentes materiales. La provisión de la fijación dieléctrica (40) por encima del accionador (10) es ventajosa debido a que esta permite usar los materiales que se han mencionado en lo que antecede, que proporcionan a cambio más flexibilidad sobre el material de las fijaciones y una mayor fiabilidad.

50 Durante el uso, cuando una tensión de control se aplica en las almohadillas de anclaje (24) del miembro de brazo caliente (20), una corriente se desplaza hasta la primera porción (22) y la segunda porción (22). En la realización que se ilustra, el material que se usa para fabricar el miembro de brazo caliente (20) está seleccionado de tal modo que la longitud de este aumenta a medida que el mismo se calienta. El miembro de brazo frío (30), no obstante, no tiene tal alargamiento debido a que inicialmente no está pasando corriente alguna a través de este. El resultado es que el extremo libre del accionador (10) se desvía en sentido lateral debido a la configuración asimétrica de las partes, moviendo de ese modo el accionador (10) de una posición neutra a una posición desviada. A la inversa, quitar la tensión de control permite que se enfríe el miembro de brazo caliente (20) y que se mueva este hasta su posición original. Ambos movimientos tienen lugar muy rápidamente.

60 Preferiblemente, el miembro de brazo frío (30) comprende una sección más estrecha (36) adyacente a su almohadilla de anclaje (32) con el fin de facilitar el movimiento entre la posición desviada y la posición neutra. La sección más estrecha (36) tiene una anchura que se disminuye en sentido lateral desde el exterior en comparación con una sección más ancha (38) del miembro de brazo frío (30). En la realización preferida, la anchura disminuye en ángulo recto. Son posibles otras formas, tal como se muestra en la figura 19, en la que la sección estrecha (36) es parabólica.

65

El accionador (10) en la realización que se muestra en la figura 1 incluye un conjunto de dos fijaciones dieléctricas adicionales separadas (50). Estas fijaciones dieléctricas adicionales (50) se disponen en sentido transversal por encima de las porciones (22) del miembro de brazo caliente (20) y por encima del miembro de brazo frío (30). Estas se adhieren a estas partes. Es ventajoso proporcionar por lo menos una de estas fijaciones dieléctricas adicionales (50) sobre un accionador (10) para proporcionar una resistencia adicional al miembro de brazo caliente (20) mediante la reducción de su longitud eficaz con el fin de evitar una distorsión del miembro de brazo caliente (20) con el tiempo. Debido a que el hueco entre las partes es extremadamente pequeño, las fijaciones adicionales (50) reducirían los riesgos de que tuviera lugar un cortocircuito entre las dos porciones (22) del miembro de brazo caliente (20) o entre la porción (22) del miembro de brazo caliente (20) que está lo más cerca del miembro de brazo frío (30) y el propio miembro de brazo frío (30) al mantener estos en una configuración separada. Otro problema es que debido a que el miembro de brazo frío (30) se puede usar para portar señales de alta tensión, la porción (22) del miembro de brazo caliente (20) lo más cerca del miembro de brazo frío (30) se deformará, moviendo este hacia el miembro de brazo frío (30), debido a la fuerza electrostática entre los mismos que es creada la señal de alta tensión. Si la porción (22) del miembro de brazo caliente (20) se acerca demasiado al miembro de brazo frío (30), puede tener lugar una interrupción de tensión, destruyendo el conmutador de MEMS (100). Adicionalmente, debido a que las dos porciones (22) del miembro de brazo caliente (20) son relativamente largas, estas tienden a distorsionarse cuando se calientan para crear el desvío, disminuyendo de ese modo la carrera eficaz de los accionadores (10).

Tal como se puede apreciar, el uso de una, dos o más fijaciones dieléctricas adicionales (50) tiene muchas ventajas, incluyendo aumentar la rigidez de las porciones (22) del miembro de brazo caliente (20), aumentar la carrera del accionador (10), disminuir los riesgos de cortocircuitos entre las porciones (22) del miembro de brazo caliente (20) y aumentar la tensión de interrupción entre el miembro de brazo frío (30) y los miembros de brazo caliente (20).

Las fijaciones dieléctricas adicionales (50) se fabrican de un material idéntico o similar al de la fijación dieléctrica principal (40). De forma ventajosa, se permite que pequeñas cantidades de materiales fluyan entre las partes antes de solidificar con el fin de mejorar la adhesión. Aún así, se pueden proporcionar uno o más orificios (52) en el miembro de brazo frío (30) para recibir una pequeña cantidad de material antes de que este solidifique.

La figura 1 muestra adicionalmente que el accionador (10) de la realización preferida comprende un miembro de punta (60) que está fijado al extremo libre del miembro de brazo frío (30). El accionador (10) se puede construir de lo contrario sin un miembro de punta (60). La superficie del miembro de punta (60) se diseña preferiblemente con el fin de bajar la resistencia de contacto cuando dos de tales miembros de punta (60) hacen contacto uno con otro. Esto se obtiene en la realización preferida mediante el uso de un miembro de punta (60) fabricado de oro, o bien fabricado en su totalidad de oro o bien sobrerrecubierto con oro. Otros materiales posibles incluyen una aleación de oro - cobalto, paladio, etc. Estos proporcionan una resistencia de contacto más baja en comparación con el níquel, que es el material preferido para el miembro de brazo frío (30). El miembro de brazo caliente (20) también se fabrica preferiblemente de níquel. Se pueden usar otros materiales para el miembro de brazo caliente (20) y el miembro de brazo frío (30).

La figura 2 muestra que el miembro de punta (60) se fija en la realización preferida por debajo del extremo libre (34) del miembro de brazo frío (30). Este se fija preferiblemente usando la adhesión natural de los materiales cuando se aplican como recubrimiento uno por encima de otro, a pesar de que se pueden usar así mismo otros medios.

Haciendo referencia de nuevo a la figura 1, se puede ver que el miembro de punta (60) del accionador (10) de la realización preferida comprende una brida de contacto lateral (62). Esta brida (62) es útil para conectar dos accionadores sustancialmente perpendiculares (10), tal como se muestra en la figura 3. Tal disposición crea un conmutador de MEMS (100). El conmutador de MEMS (100) tiene dos posiciones, en concreto una posición cerrada en la que el primer accionador (10) y el segundo accionador (10') están acoplados de forma eléctrica, y una posición abierta en la que estos son eléctricamente independientes, por lo tanto en la que no hay contacto eléctrico alguno entre los miembros de brazo frío (30). Para moverse de una posición a la otra, los accionadores (10, 10') se operan en secuencia. Expuesto de forma concisa, el miembro de punta (60) del segundo accionador (10') en la figura 3 se desvía hacia arriba. Entonces, el miembro de punta (60) del primer accionador (10) se desvía hacia su derecha. La tensión de control se libera en el segundo accionador (10'), lo que da lugar a que su brida (62) se acople con el lado posterior de la brida (62) del primer accionador (10) a medida que este vuelve hacia su posición neutra. La tensión de control del primer accionador (10) se libera de forma secuencial, permitiendo de ese modo un acoplamiento eléctrico estable entre ambos miembros de brazo frío (30). Una señal o simplemente una corriente se puede transmitir entonces entre ambas almohadillas de anclaje (32) correspondientes de los miembros de brazo frío (30). El cierre del conmutador de MEMS (100) es muy rápido, teniendo lugar todo esto por lo general en unos pocos milisegundos. El establecimiento del conmutador de MEMS (100) en la posición abierta se realiza mediante la inversión de las operaciones que se han mencionado en lo que antecede.

La figura 4 muestra una vista ampliada de las bridas (62) de los dos accionadores (10, 10') cuando estos son eléctricamente independientes. De forma ventajosa, estas bridas (62) tienen un lado que está provisto con una capa de aislamiento eléctrico (64). Cuando el conmutador de MEMS (100) está cerrado, ambas bridas (62) se encuentran en acoplamiento eléctrico y la corriente eléctrica puede fluir entre ellas. A la inversa, cuando el conmutador de MEMS (100) está abierto, las bridas (62) solo están separadas por un hueco muy pequeño. Cuanto más pequeño

sea el hueco, más pequeña será la tensión de disrupción entre la entrada de señal y la salida de señal, en concreto entre las dos bridas (62). La capa de aislamiento eléctrico (64) se proporciona para aumentar la disrupción de tensión entre las bridas (62) de un conmutador de MEMS (100) abierto, tal como se muestra. Estos emulan un entrehierro más grande. El material aislante preferido para la capa de aislamiento eléctrico (64) es un parileno. Se pueden usar así mismo otros materiales.

Tal como se ha mencionado en lo que antecede, de forma ventajosa los miembros de brazo frío (30) de los accionadores (10, 10') están provistos con una sección más estrecha (36) cerca de sus almohadillas de anclaje (32). Esto da a los accionadores (10, 10') algo de flexibilidad, por lo tanto la capacidad de desviarse con más facilidad. La anchura del miembro de brazo frío (30) en esa sección (36) es por lo tanto sustancialmente más pequeña que la de la sección más ancha (38) del mismo. Un inconveniente de tal anchura más pequeña es que una corriente que pasa a través del miembro de brazo frío (30) genera más calor en la sección más estrecha (36) que en ninguna otra parte. Este calor aumentado puede, en algún momento, sobrecalentar la sección más estrecha (36) del miembro de brazo frío (30) y crear un fallo.

Una solución al problema que se ha mencionado en lo que antecede es la provisión de un disipador térmico (70) que sobresale del lado de cada sección más estrecha (36), tal como se muestra en la figura 5. Estos disipadores térmicos (70) se encuentran preferiblemente en forma de placa acoplada al interior de la sección más estrecha (36) con el fin de aumentar la superficie a partir de la cual se puede disipar calor. Se debería hacer notar que los disipadores térmicos (70) se pueden usar sin las fijaciones dieléctricas adicionales (50). Además, un conmutador de MEMS (100) puede comprender solo un accionador (10, 10') con un disipador térmico (70).

La figura 6 ilustra un conmutador de MEMS (100) en el que el miembro de punta (60) de los accionadores (10, 10') está provisto con dos bridas (62) en lugar de solo una. Eso aumenta al máximo el área de contacto y divide la corriente en dos, reduciendo de ese modo el calor en cada brida (62). La figura 7 muestra una variante en el diseño del miembro de punta (60). Se debería hacer notar que se puede elegir diseñar un conmutador de MEMS (100) con unos accionadores (10, 10') que se construyan de forma diferente. Por ejemplo, el primer accionador (10) puede estar provisto con unas fijaciones dieléctricas adicionales (50) al tiempo que el segundo accionador (10') no tiene una. En la figura 7, el segundo accionador (10') se ilustra con una tercera fijación dieléctrica adicional (50) que está situada en la sección más estrecha. (36) del miembro de brazo frío (30).

Las figuras 6 y 7 muestran adicionalmente que las bridas (62) del primer accionador (10) están provistas, en un lado de las mismas, con una superficie de contacto eléctrico redondeada. Esta característica se puede usar sobre una o más de las bridas (62) de muchas de las realizaciones que se ilustran. Esta forma potencia el contacto eléctrico entre dos bridas (62).

La figura 8 ilustra un conmutador de MEMS (100) en el que un miembro de punta (60) tiene una brida (62), preferiblemente con un extremo libre en punta, al tiempo que el otro miembro de punta (60) solo tiene una indentación (65) para recibir el extremo libre de la brida (62). Un acoplamiento eléctrico tiene lugar cuando el extremo libre de la brida (62) está insertado en la indentación (65).

En la figura 9, el conmutador de MEMS (100) comprende dos miembros de brazo lateral independientes (66) adyacentes a los primeros accionadores (10). La presente realización también se puede construir con solo uno o más de dos miembros de brazo lateral independientes (66). Se hace un contacto eléctrico entre el miembro de brazo frío (30) del primer accionador (10) y los miembros de brazo lateral independientes (66) cuando el conmutador de MEMS (100) está cerrado.

La figura 10 muestra un conmutador de MEMS (100) que está provisto con un tercer accionador (10"). Este tercer accionador (10") es adyacente al segundo accionador (10') y está dispuesto de forma simétrica en el lado del mismo. El miembro de punta (60) del primer accionador (10) entonces está provisto con dos bridas (62), cada uno configurado y dispuesto para encajar en una indentación (65) correspondiente en el miembro de punta (60) del segundo (10') y el tercer (10") accionador. Durante el uso, los accionadores (10', 10") adyacentes se activan para abrirse en sentidos opuestos. El primer accionador (10) se activa entonces para moverse entre estos. La tensión de control sobre los accionadores (10', 10") adyacentes se libera y por último, se libera la tensión de control sobre el primer accionador (10). Todo esto permite establecer el conmutador de MEMS (100) en la posición cerrada. La apertura del conmutador de MEMS (100) se realiza en el orden inverso.

La figura 11 ilustra una variante del conmutador de MEMS (100) que se muestra en la figura 10. La presente realización tiene el primer accionador (10) provisto con unos miembros de brazo frío dobles (30A, 30B), siendo cada uno eléctricamente independiente. Cada miembro de brazo frío (30A, 30B) tiene una almohadilla de anclaje (32A, 32B) correspondiente en un extremo y un miembro de punta (60A, 60B) correspondiente en otro extremo. El primer miembro de brazo frío (30A) del primer accionador (10) se puede acoplar de forma eléctrica con el miembro de brazo frío del tercer accionador (10") y el segundo miembro de brazo frío (30B) del primer accionador (10) se puede acoplar de forma eléctrica con el miembro de brazo frío del segundo accionador (10').

La figura 12 ilustra otra realización posible para el conmutador de MEMS (100). Cada accionador (10, 10') de este conmutador de MEMS (100) tiene un miembro de brazo frío (30) que se diseña de una forma tal que unas subsecciones en la sección más ancha (38) del mismo tienen un espacio intermedio aumentado con el miembro de brazo caliente (20) correspondiente con el fin de aumentar la tensión de disrupción entre el miembro de brazo caliente (20) y el miembro de brazo frío (30). Esta también muestra que la sección más estrecha (36) de los accionadores (10, 10') puede tener una longitud diferente.

En la figura 13, el miembro de brazo frío (30) del primer accionador (10) está provisto con un segmento de derivación (80) entre por lo menos unos extremos opuestos de la sección más estrecha (36). El segmento de derivación (80) permite reducir la corriente en la sección estrecha (36). Dividir la corriente entre la sección más estrecha (36) y la sección de derivación (80) reducirá el calor en la sección más estrecha (36), evitando de ese modo que tenga lugar un cierto fallo potencial. La temperatura en la sección más estrecha (36) es por lo tanto menor que sin el segmento de derivación (80). La ventaja de tal configuración es que debido a que la subida de temperatura es menor, hay menos alargamiento del miembro de brazo frío (30) cuando el conmutador de MEMS (100) está cerrado y una señal lo está atravesando. Este alargamiento mostró ser problemático en algunos diseños debido a la fuerza que se aplicó contra el miembro de punta (60) del segundo accionador (10'). Cuando el calor es excesivo, pueden tener lugar unas deformaciones permanentes debido a la ausencia de cualquier grado de libertad. Este problema se puede solucionar mediante el segmento de derivación (80). Se debería hacer notar que se pueden usar unos segmentos de derivación (80) sobre ambos accionadores (10, 10') al mismo tiempo.

La figura 14 ilustró otra realización posible. En la presente realización, el miembro de brazo frío (30) tiene una sección más estrecha con forma de U (36). Debido a que el miembro de brazo frío (30) solo está fijado al sustrato por la almohadilla de anclaje (32), la sección más estrecha con forma de U (36) permite que este se expanda, cuando se calienta, sin dar lugar a que se aplique una fuerza en el miembro de punta (60) del mismo. Además, la primera porción recta de la sección más estrecha (36) a partir de la almohadilla de anclaje (32) es ligeramente flexible, permitiendo de ese modo compensar cualquier tensión que esta pueda tener en el miembro de brazo frío (30).

En la figura 15, la sección más estrecha (36) de cada accionador (10, 10') tiene forma de L. La flexibilidad de la primera porción de la sección más estrecha (36), a partir de la almohadilla de anclaje (32), permite compensar cualquier alargamiento de la porción de la sección más estrecha (36) en paralelo con respecto al eje longitudinal de cada accionador (10, 10'). Se debería hacer notar que se pueden usar unas secciones más estrechas con forma de L (36) sin el espacio intermedio aumentado, tal como se ilustra.

La figura 16 muestra otra configuración alternativa para el conmutador de MEMS (100). En la presente realización, los accionadores (10, 10') están configurados y dispuestos de tal modo que sus extremos libres (34) o los miembros de punta (60) se encuentran en acoplamiento por interferencia cuando el conmutador de MEMS (100) está cerrado, y sin acoplamiento cuando el conmutador de MEMS (100) está abierto. Los miembros de punta (60) se usan en la realización que se ilustra. Los dos accionadores (10, 10') están yuxtapuestos y casi alineados uno con otro. Uno de los miembros de brazo frío (30) preferiblemente tiene un miembro de punta plano (60), al tiempo que el opuesto tiene un miembro de punta redondeado (60). El conmutador de MEMS (100) se cierra al mover los accionadores (10, 10') hasta que sus miembros de punta (60) están acoplados uno por encima de otro. Esto se logra usando la siguiente secuencia: activar el primer accionador (10), activar el segundo accionador (10'), liberar el primer accionador (10) y a continuación liberar el segundo accionador (10'). La interferencia entre las partes permitirá que estas permanezcan en acoplamiento hasta que se haya iniciado la secuencia de liberación. Esto consiste en activar ambos accionadores (10, 10') al mismo tiempo, liberar el segundo accionador (10') y a continuación liberar el primer accionador (10). Se debería hacer notar que así mismo en la presente realización se pueden usar las fijaciones dieléctricas adicionales (50).

La figura 17 ilustra una realización en la que cada accionador (10, 10') está provisto con una fijación dieléctrica principal ampliada (40) que cubre más de la mitad de la superficie de las partes. El material u otros materiales que se usan para fabricar esta fijación (40) están seleccionados de tal modo que esta tiene un cierto grado de elasticidad y permite que el accionador (10, 10') se desvíe cuando la tensión de control se aplica en las almohadillas de anclaje (24) correspondientes del miembro de brazo caliente (20). El uso de tal fijación dieléctrica ampliada (40) sobre por lo menos uno de los accionadores (10, 10') tiene muchas ventajas. Una de ellas es que esta actúa como un disipador térmico para el miembro de brazo caliente (20), posibilitando de ese modo una distribución de temperaturas más uniforme a lo largo del miembro de brazo caliente (20) para evitar dañar potencialmente puntos calientes. Esto mismo es de aplicación para el miembro de brazo frío (30) cuando una señal o una corriente fluyen a través del conmutador de MEMS (100).

La figura 18 ilustra una realización adicional en la que cada accionador (10, 10') está provisto con unos disipadores térmicos (90) sobre las porciones (22) del miembro de brazo caliente (20). Estos disipadores térmicos (90) se encuentran preferiblemente en forma de áreas ampliadas y que sobresalen en sentido lateral. Estos están ubicados en donde tienen lugar o es probable que tengan lugar puntos calientes, posibilitando de ese modo una distribución de temperaturas más uniforme a lo largo del miembro de brazo caliente (20).

Tal como se ha mencionado en lo que antecede, la figura 19 ilustra una realización en la que la sección estrecha (36) de cada accionador (10, 10') tiene una forma parabólica.

REIVINDICACIONES

1. Un accionador en voladizo de MEMS (10) que está montado sobre un sustrato (12), comprendiendo el accionador (10):
- 5 un miembro de brazo caliente alargado (20) que tiene dos porciones separadas (22), provista cada una en un extremo con una almohadilla de anclaje (24) correspondiente que está conectada con el sustrato (12), estando conectadas las porciones (22) entre sí en un extremo común (26) que es opuesto con respecto a las almohadillas de anclaje (24);
- 10 un miembro de brazo frío alargado (30) adyacente y sustancialmente paralelo con respecto al miembro de brazo caliente (20), teniendo el miembro de brazo frío (30) en un extremo una almohadilla de anclaje (32) que está conectada con el sustrato (12), y un extremo libre (34) que es opuesto con respecto a la almohadilla de anclaje (32) del mismo; y
- 15 una fijación dieléctrica (40) para acoplar de forma mecánica el miembro de brazo caliente (20) y el miembro de brazo frío (30) y mantener estos eléctricamente independientes; estando el accionador (10) **caracterizado por que** la fijación dieléctrica se fija por encima del extremo común (26) de las porciones (22) del miembro de brazo caliente y el extremo libre (34) del miembro de brazo frío (30).
2. El accionador (10) de acuerdo con la reivindicación 1, **caracterizado por que** la fijación dieléctrica (40) se fabrica por lo menos en parte de un material que está seleccionado de entre un grupo que consiste en un material fotosensible, tal como SU-8, una poliimida o vidrio aplicado por rotación.
3. El accionador (10) de acuerdo con la reivindicación 1 o 2, **caracterizado por que** este comprende adicionalmente por lo menos una fijación dieléctrica adicional (50) que está dispuesta en sentido transversal por encima del miembro de brazo caliente (20) y el miembro de brazo frío (30).
- 25 4. El accionador (10) de acuerdo con la reivindicación 3, **caracterizado por que** la fijación dieléctrica adicional (50) comprende por lo menos una porción que está retenida en un orificio (52) que se proporciona sobre el miembro de brazo frío (30).
- 30 5. El accionador (10) de acuerdo con la reivindicación 3 o 5, **caracterizado por que** la fijación dieléctrica adicional (50) se fabrica por lo menos en parte de un material que está seleccionado de entre un grupo que consiste en un material fotosensible, tal como SU-8, una poliimida o vidrio aplicado por rotación.
- 35 6. El accionador (10) de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 5, **caracterizado por que** el miembro de brazo frío (30) comprende una sección más estrecha (36) adyacente a la almohadilla de anclaje (32) del mismo, teniendo la sección más estrecha (36) una anchura que se disminuye en sentido lateral desde el exterior en comparación con una sección más ancha (38) del miembro de brazo frío (30).
- 40 7. El accionador (10) de acuerdo con la reivindicación 6, **caracterizado por que** la sección más estrecha (36) y la sección más ancha (38) están delimitadas por una transición de forma cuadrada o una transición parabólica.
8. El accionador (10) de acuerdo con la reivindicación 6 o 7, **caracterizado por que** la sección más estrecha (36) del miembro de brazo frío (30) comprende un disipador térmico (70).
- 45 9. El accionador (10) de acuerdo con la reivindicación 6, 7 u 8, **caracterizado por que** el miembro de brazo frío (30) comprende un segmento de derivación (80) para reducir la corriente que está atravesando la sección más estrecha (36).
- 50 10. El accionador (10) de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones 6 a 9, **caracterizado por que** la sección más estrecha (36) del miembro de brazo frío (30) tiene forma de U o forma de L.
11. El accionador (10) de acuerdo con las reivindicaciones 6 a 10, **caracterizado por que** la sección más ancha (38) del miembro de brazo frío (30) comprende por lo menos una subsección que tiene un espacio intermedio aumentado con el miembro de brazo caliente (20).
- 55 12. El accionador (10) de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 11, **caracterizado por que** este comprende adicionalmente un miembro de punta (60) que está fijado al extremo libre (34) del miembro de brazo frío (30).
- 60 13. El accionador (10) de acuerdo con la reivindicación 12, **caracterizado por que** el miembro de punta (60) comprende por lo menos una brida de contacto lateral (62), preferiblemente con un lado que tiene una capa de aislamiento eléctrico (64) o una superficie de contacto eléctrico redondeada.
- 65 14. El accionador (10) de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 13, **caracterizado por que** este comprende adicionalmente un disipador térmico (70) sobre por lo menos una de las porciones (22) del miembro de

brazo caliente (20).

15. El accionador (10) de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 14, **caracterizado por que** la fijación dieléctrica (40) cubre más de la mitad del miembro de brazo caliente (20) y el miembro de brazo frío (30).

16. Un conmutador de MEMS (100) que está montado sobre un sustrato (12), comprendiendo el conmutador (100):

un primer accionador en voladizo (10) de acuerdo con la reivindicación 1

un segundo accionador en voladizo (107) de acuerdo con la reivindicación 1

por lo cual el primer accionador (10) y el segundo accionador (10') están configurados y dispuestos de tal modo que el conmutador (100) es selectivamente móvil entre una posición cerrada en la que los extremos libres (34) de los miembros de brazo frío (30) están acoplados de forma eléctrica, y una posición abierta en la que los miembros de brazo frío (30) son eléctricamente independientes, siendo perpendiculares el primer accionador (10) y el segundo accionador (10').

17. El conmutador (100) de acuerdo con la reivindicación 16, **caracterizado por que** las fijaciones dieléctricas (40) se fabrican por lo menos en parte de un material que está seleccionado de entre un grupo que consiste en un material fotosensible tal como SU-8, una poliimida o vidrio aplicado por rotación.

18. El conmutador (100) de acuerdo con la reivindicación 16 o 17, **caracterizado por que** este comprende adicionalmente por lo menos una fijación dieléctrica adicional (50) que está dispuesta en sentido transversal por encima del miembro de brazo caliente (20) y el miembro de brazo frío (30) de por lo menos uno de los accionadores (10, 10').

19. El conmutador (100) de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones 16 a 18, **caracterizado por que** el miembro de brazo frío (30) de cada accionador (10, 10') comprende una sección más estrecha (36) adyacente a la almohadilla de anclaje (32) del mismo, teniendo cada sección más estrecha (36) una anchura que se disminuye en sentido lateral desde el exterior en comparación con una sección más ancha (38) del miembro de brazo frío (30) correspondiente.

20. El conmutador (100) de acuerdo con la reivindicación 19, **caracterizado por que** la sección más estrecha (36) del miembro de brazo frío (30) de por lo menos uno de los accionadores (10, 10') comprende un disipador térmico (70).

21. El conmutador (100) de acuerdo con la reivindicación 19 o 20, **caracterizado por que** el miembro de brazo frío (30) de por lo menos uno de los accionadores (10, 10') comprende un segmento de derivación (80) para reducir la corriente que está atravesando la sección más estrecha (36).

22. El conmutador (100) de acuerdo con la reivindicación 19, 20 o 21, **caracterizado por que** la sección más estrecha (36) del miembro de brazo frío (30) de por lo menos uno de los accionadores (10, 10') tiene forma de U o forma de L.

23. El conmutador (100) de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones 19 a 22, **caracterizado por que** la sección más ancha (38) del miembro de brazo frío (30) de por lo menos uno de los accionadores (10, 10') comprende por lo menos una subsección que tiene un espacio intermedio aumentado con los miembros de brazo caliente (20) correspondientes.

24. El conmutador (100) de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones 16 a 23, **caracterizado por que** por lo menos uno de los accionadores (10, 10') comprende adicionalmente un miembro de punta (60) que está fijado al extremo libre (34) del miembro de brazo frío (30) correspondiente.

25. El conmutador (100) de acuerdo con la reivindicación 24, **caracterizado por que** cada miembro de punta (60) comprende por lo menos una brida de contacto lateral (62), por lo cual las bridas (62) se encuentran en acoplamiento eléctrico cuando el conmutador (100) se encuentra en la posición cerrada del mismo.

26. El conmutador (100) de acuerdo con la reivindicación 25, **caracterizado por que** unas superficies de los miembros de punta (62) se fabrican de un material tal como oro proporcionando, cuando se acoplan mutuamente, una resistencia de contacto más baja en comparación con la resistencia de contacto usando un material, tal como níquel, del cual se fabrican los miembros de brazo frío (30).

27. El conmutador (100) de acuerdo con la reivindicación 26, **caracterizado por que** cada miembro de brazo caliente (20) se fabrica de un material que comprende níquel.

28. El conmutador (100) de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones 25 a 27, **caracterizado por que** un lado de la brida (62) de cada miembro de punta (60) está provisto con una capa de aislamiento eléctrico (64), por lo cual las capas de aislamiento eléctrico (64) están orientadas una hacia otra en la posición abierta del conmutador

(100).

5 29. El conmutador (100) de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones 25 a 28, **caracterizado por que** el miembro de punta (60) de uno de los accionadores (10, 10') comprende una brida de contacto lateral (62) y el miembro de punta (60) del otro accionador (10, 10') comprende una indentación (65) para recibir un extremo libre de la brida (62), por lo cual la brida (62) y la indentación (65) se encuentran en acoplamiento eléctrico cuando el conmutador (100) se encuentra en la posición cerrada del mismo.

10 30. El conmutador (100) de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones 16 a 29, **caracterizado por que** este comprende adicionalmente por lo menos un miembro de brazo lateral independiente (66) adyacente a uno de los accionadores (10, 10'), por lo cual se hace un acoplamiento eléctrico entre el miembro de brazo frío (30) del accionador (10, 10') correspondiente y el miembro de brazo lateral independiente (66) cuando el conmutador (100) se encuentra en la posición cerrada del mismo.

15 31. El conmutador (100) de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones 16 a 30, **caracterizado por que** este comprende adicionalmente un tercer accionador en voladizo (10'') adyacente a y dispuesto de forma simétrica en el lado del segundo accionador (10'), estando el segundo (10') y el tercer (10'') accionador configurados y dispuestos de tal modo que los miembros de brazo frío (30) del segundo (10') y el tercer (10'') accionadores se acoplan de forma eléctrica con el miembro de brazo frío (30) del primer accionador (10) cuando el conmutador (100) se encuentra en la posición cerrada del mismo.

20 32. El conmutador (100) de acuerdo con la reivindicación 31, **caracterizado por que** el primer accionador (10) comprende unos miembros de brazo frío dobles eléctricamente independientes (30A, 30B), siendo cada miembro de brazo frío (30A, 30B) del primer accionador (10) acoplable de forma eléctrica con uno respectivo del miembro de brazo frío (30) del segundo (10') y el tercer (10'') accionador cuando el conmutador (100) se encuentra en la posición cerrada.

25 33. El conmutador (100) de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones 16 a 32, **caracterizado por que** el primer (10) y el segundo (10') accionador son sustancialmente paralelos y están desplazados con referencia al otro, estando los accionadores (10, 10') configurados y dispuestos de tal modo que sus extremos libres (34) se encuentran en acoplamiento por interferencia en la posición cerrada del conmutador (100) y sin acoplamiento en la posición abierta del mismo.

30 34. Un método de fabricación de un accionador en voladizo de MEMS (10) que se va a montar sobre un sustrato (12), comprendiendo el método:

35 proporcionar un miembro de brazo caliente alargado (20) que tiene dos porciones separadas (22), provista cada una en un extremo con una almohadilla de anclaje (24) correspondiente que está conectada con el sustrato (12), estando conectadas las porciones (22) entre sí en un extremo común (26) que es opuesto con respecto a las almohadillas de anclaje (24);
40 proporcionar un miembro de brazo frío alargado (30) adyacente y sustancialmente paralelo con respecto al miembro de brazo caliente (20), teniendo el miembro de brazo frío (30) en un extremo una almohadilla de anclaje (32) que está conectada con el sustrato (12), y un extremo libre (34) que es opuesto con respecto a la almohadilla de anclaje (32) del mismo; y
45 proporcionar una fijación dieléctrica (40) para acoplar de forma mecánica el miembro de brazo caliente (20) y los miembros de brazo frío (30) y mantener estos eléctricamente independientes; estando el método **caracterizado por que** la fijación dieléctrica (40) está situado por encima del extremo común (26) de las porciones (22) del miembro de brazo caliente (20) y el extremo libre (34) del miembro de brazo frío (30).
50

35. El método de acuerdo con la reivindicación 34, **caracterizado por que** este comprende adicionalmente:

55 fijar en sentido transversal por lo menos una fijación dieléctrica adicional (50) por encima del miembro de brazo caliente (20) y el miembro de brazo frío (30).

36. El método de acuerdo con la reivindicación 34 o 35, **caracterizado por que** este comprende adicionalmente:

60 proporcionar un miembro de punta (60) en el extremo libre (34) del miembro de brazo frío (30), tal como mediante una adhesión por sobrerrecubrimiento natural.

37. El método de acuerdo con la reivindicación 36, **caracterizado por que** este comprende adicionalmente:

65 proveer el miembro de punta (60) con por lo menos una brida de contacto lateral (62); teniendo un lado de la brida (62) preferiblemente una capa de aislamiento eléctrico (64).

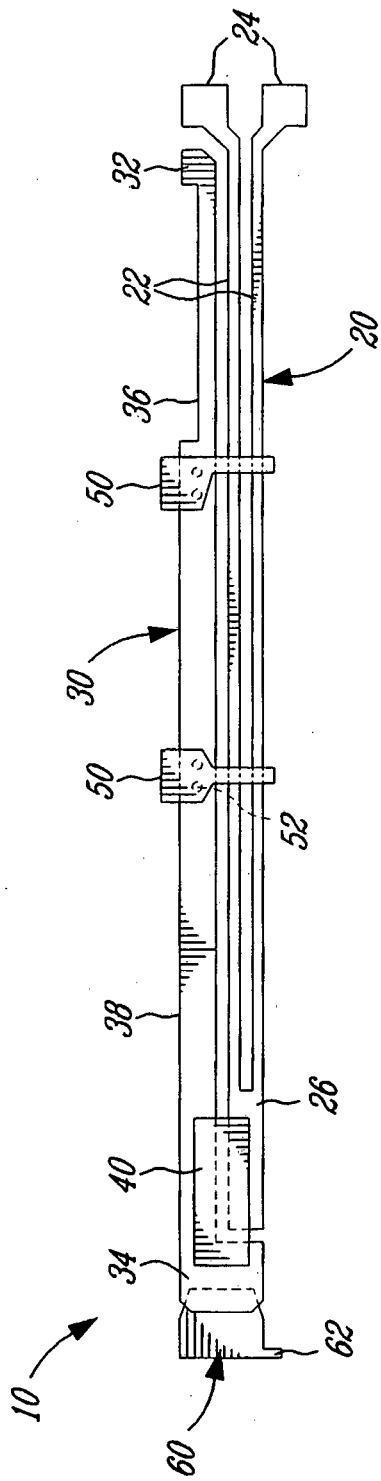


FIG. 1

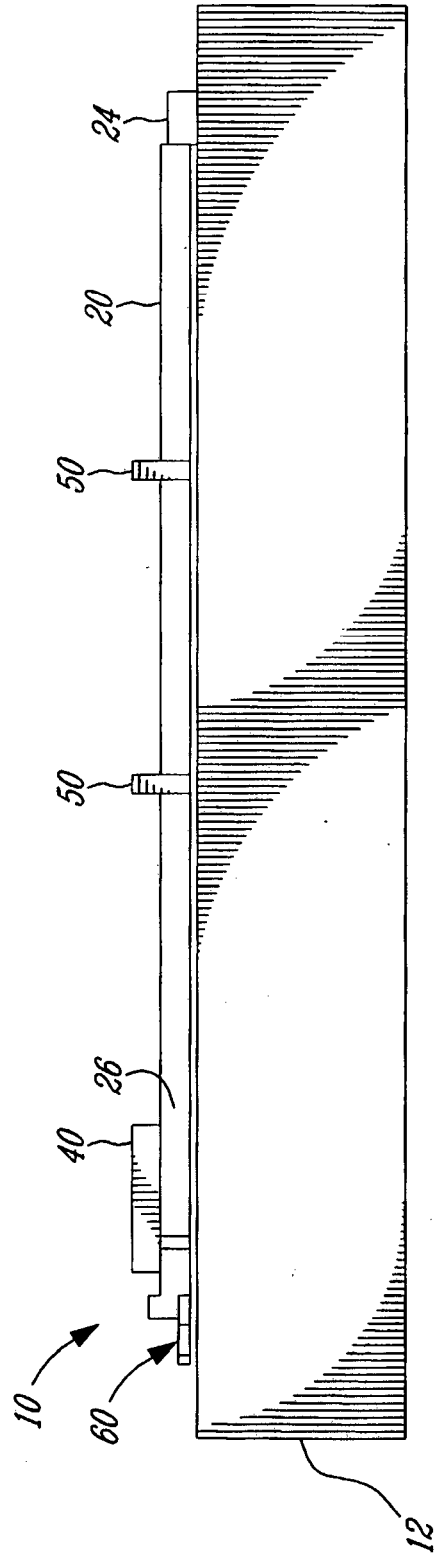


FIG. 2

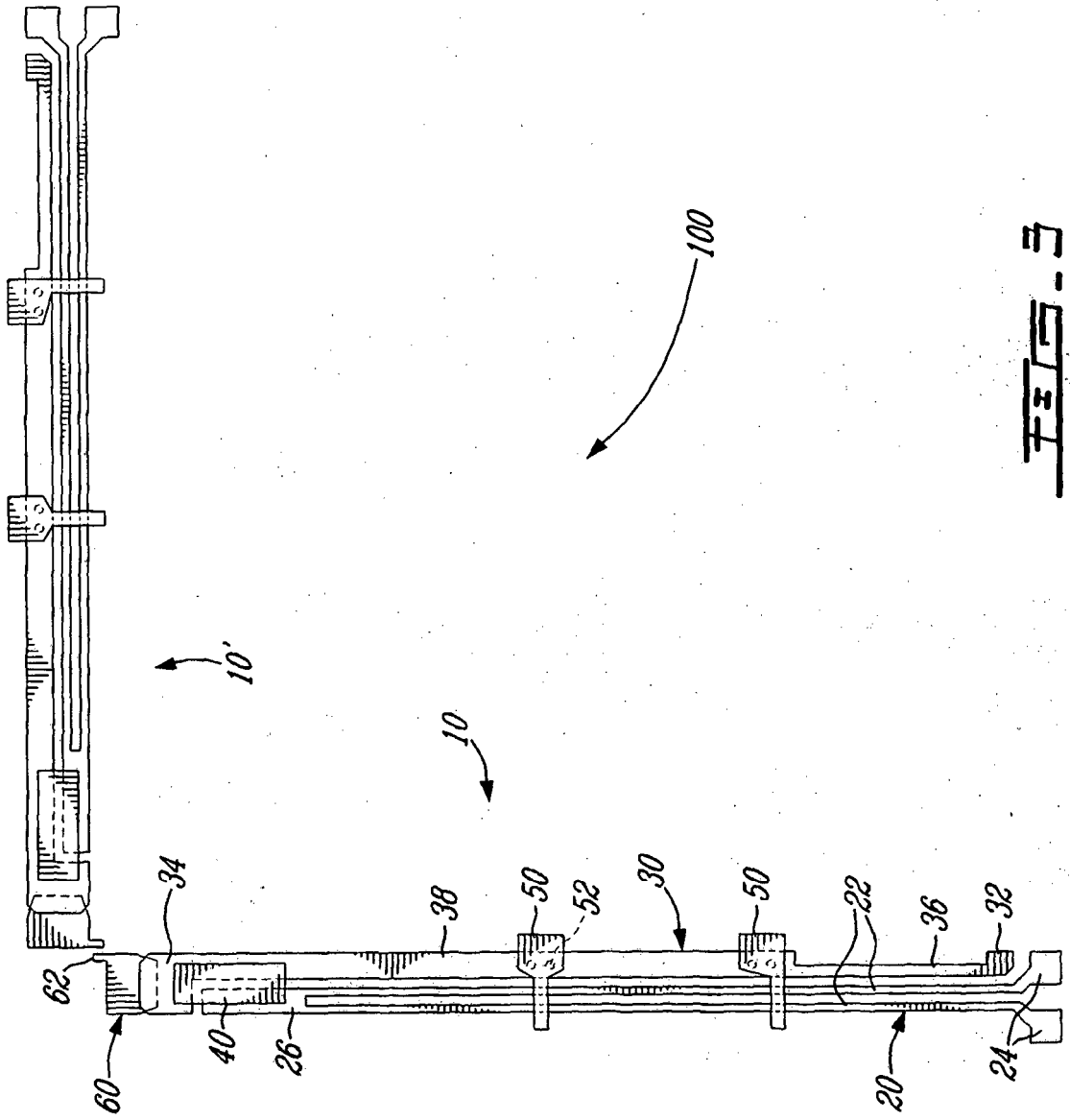


FIG. 3

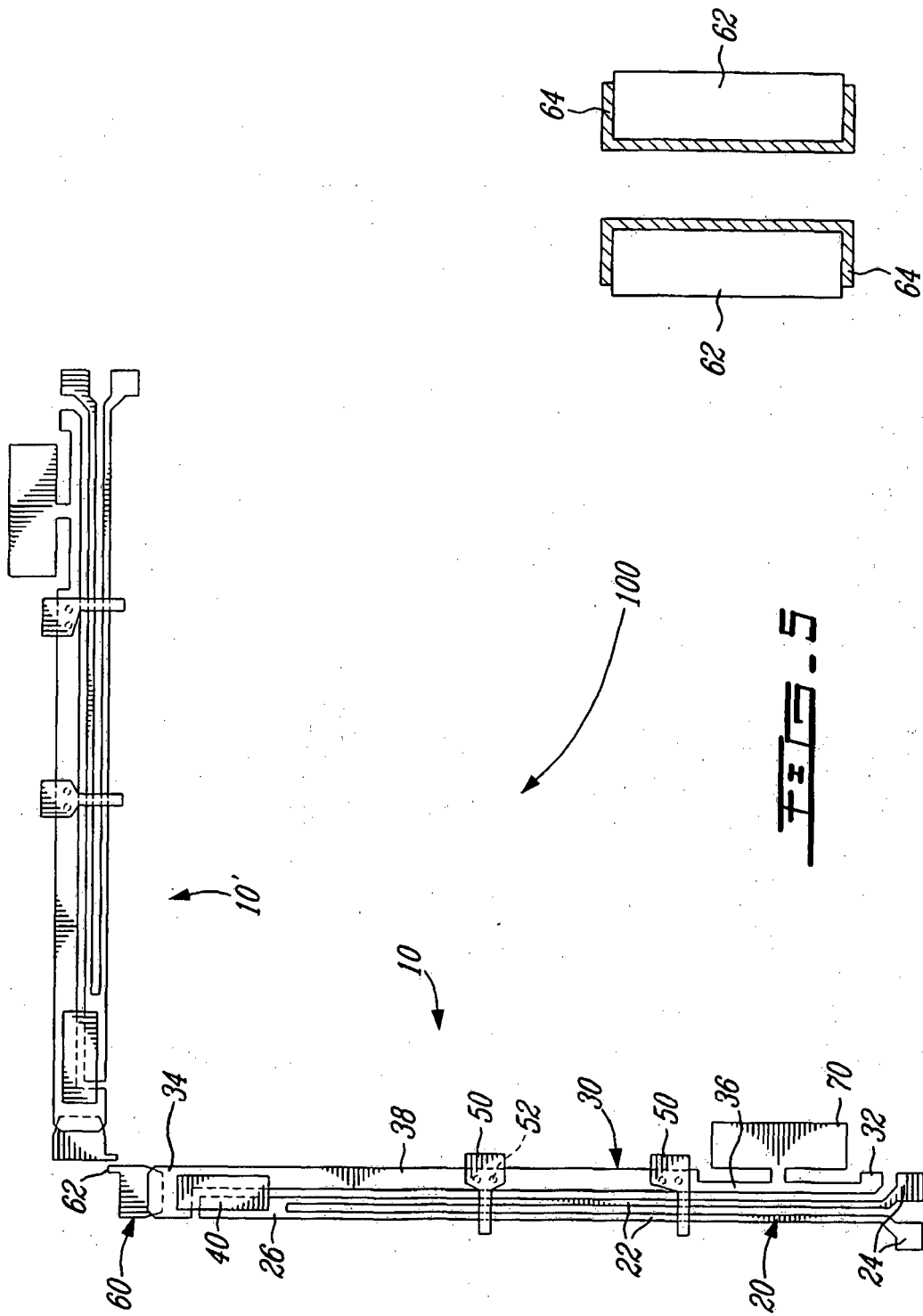


FIG. 5

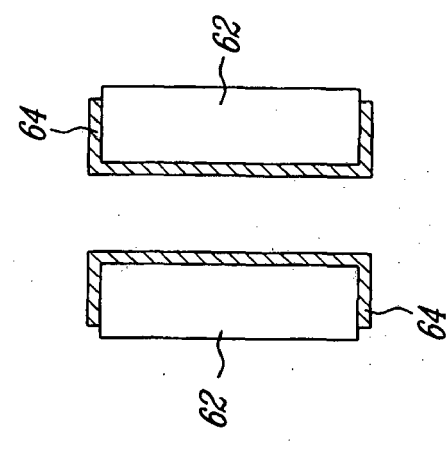


FIG. 4

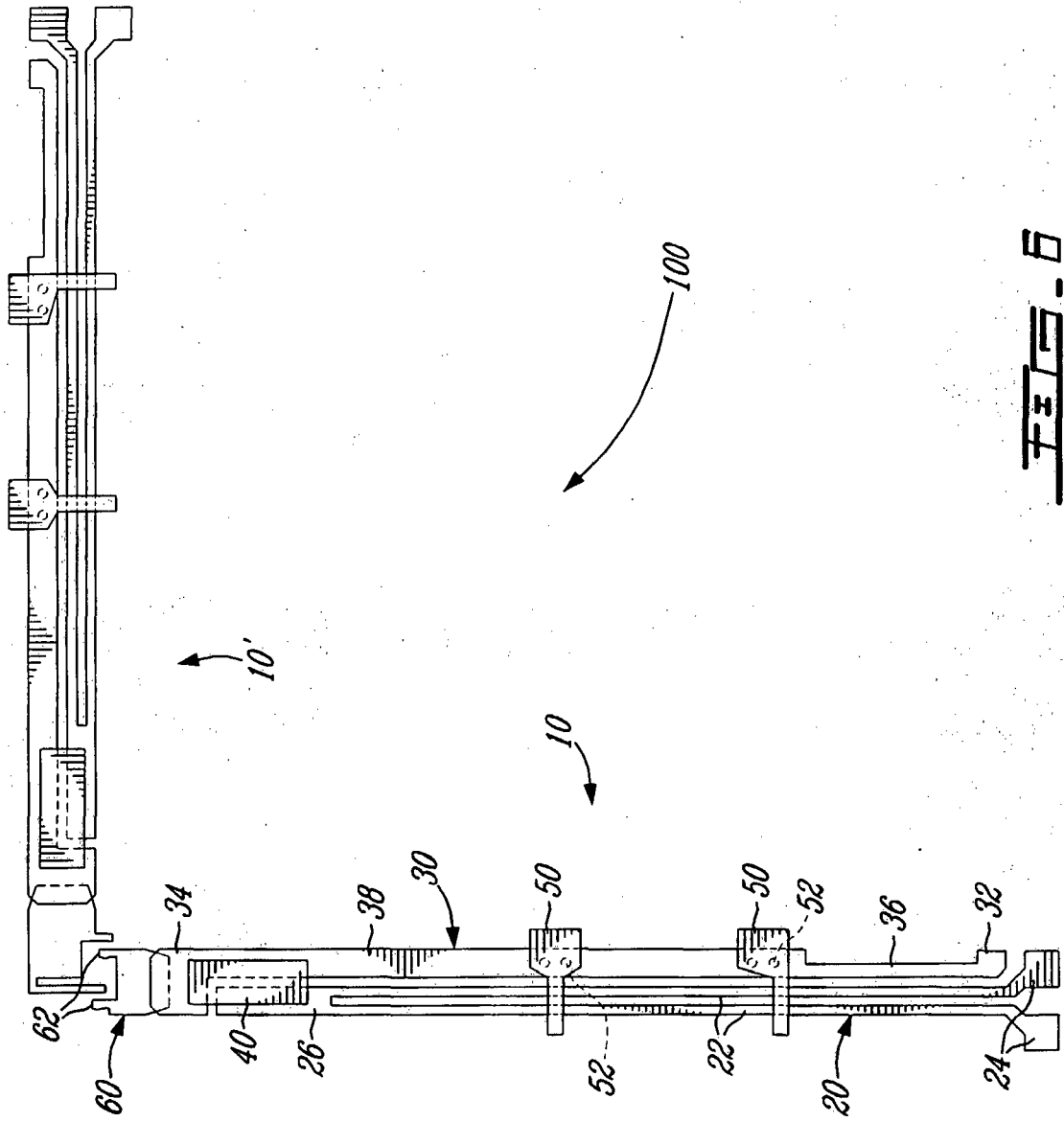


FIG. 6

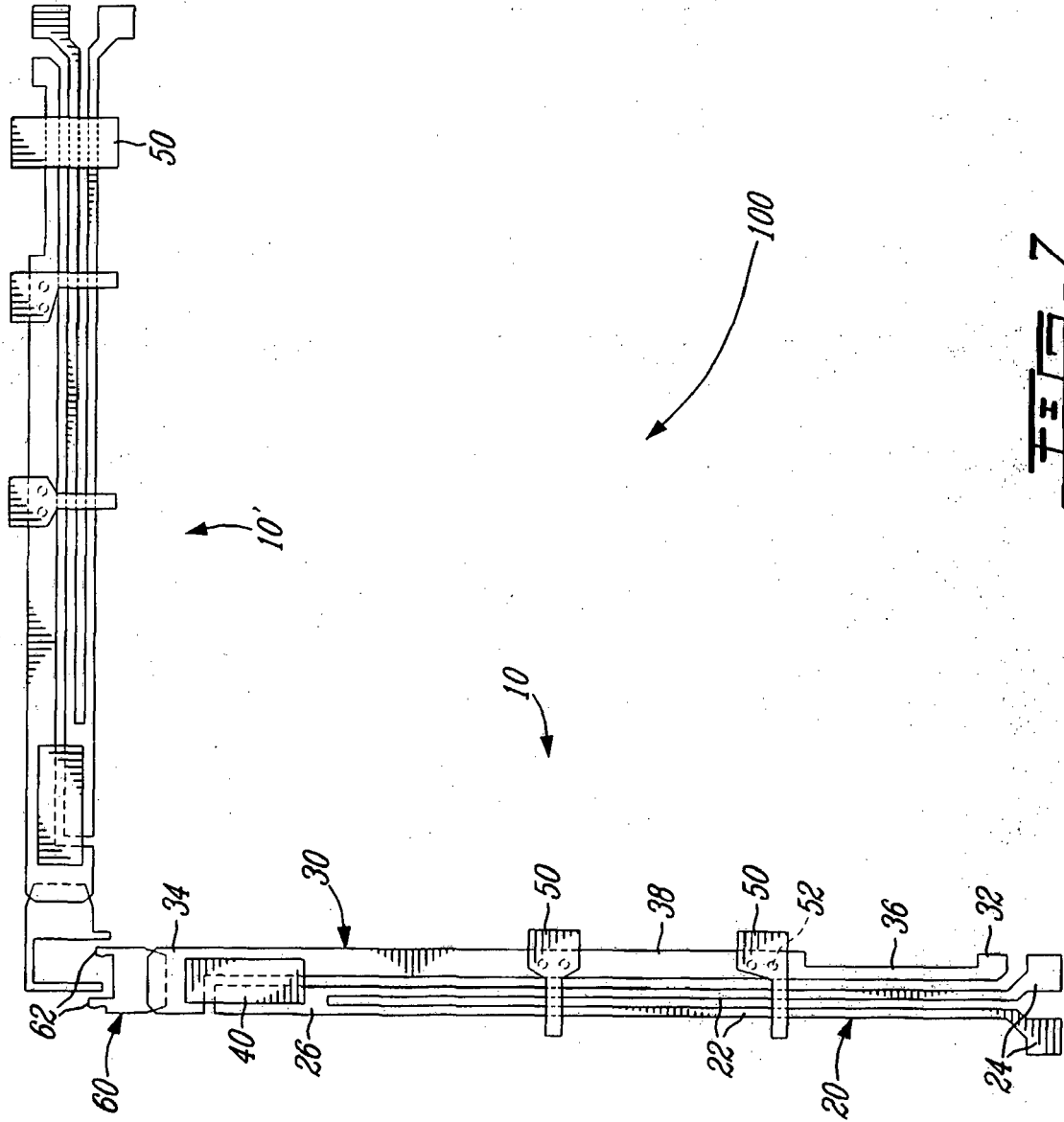


FIG. 7

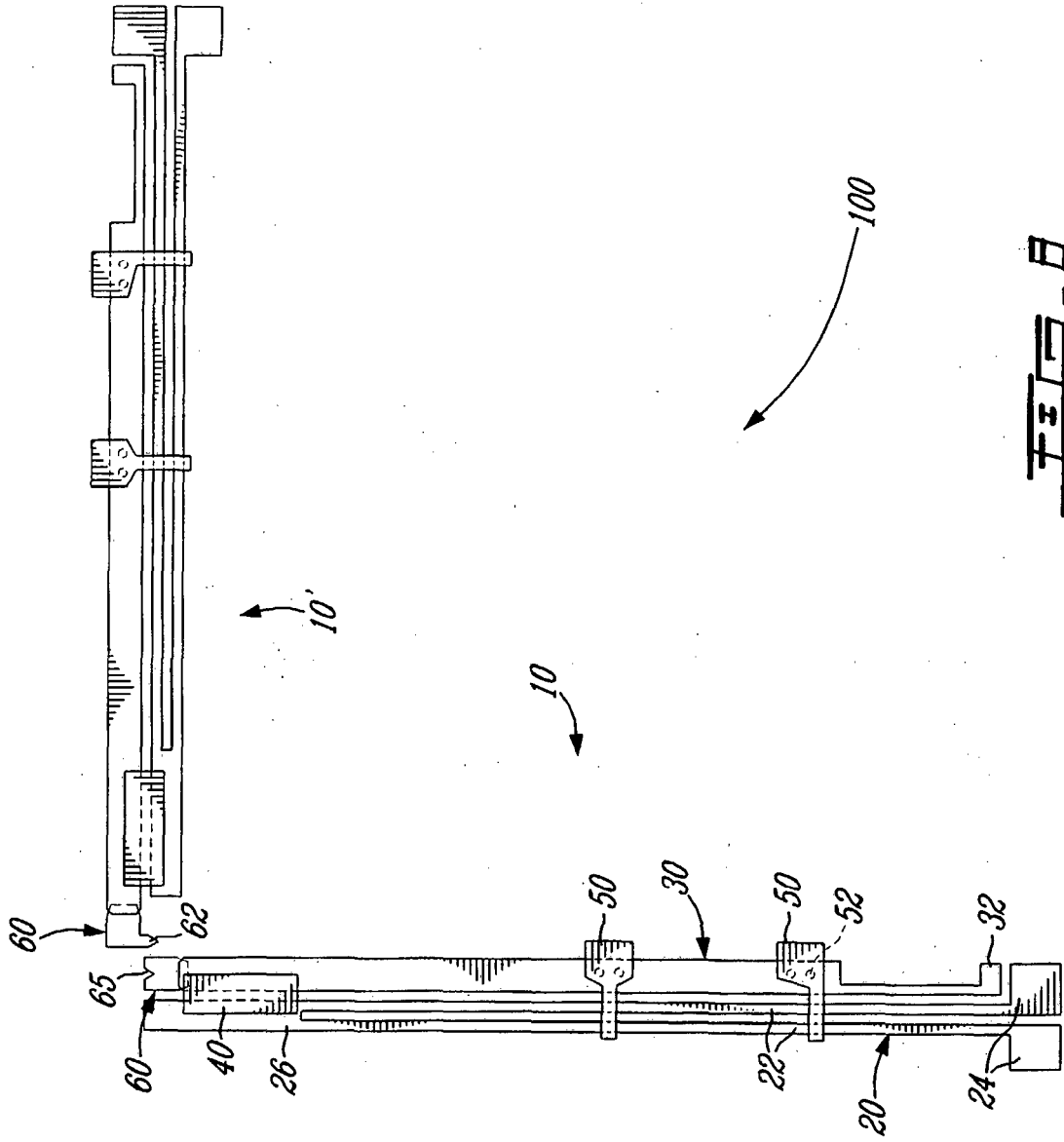


FIG. 8

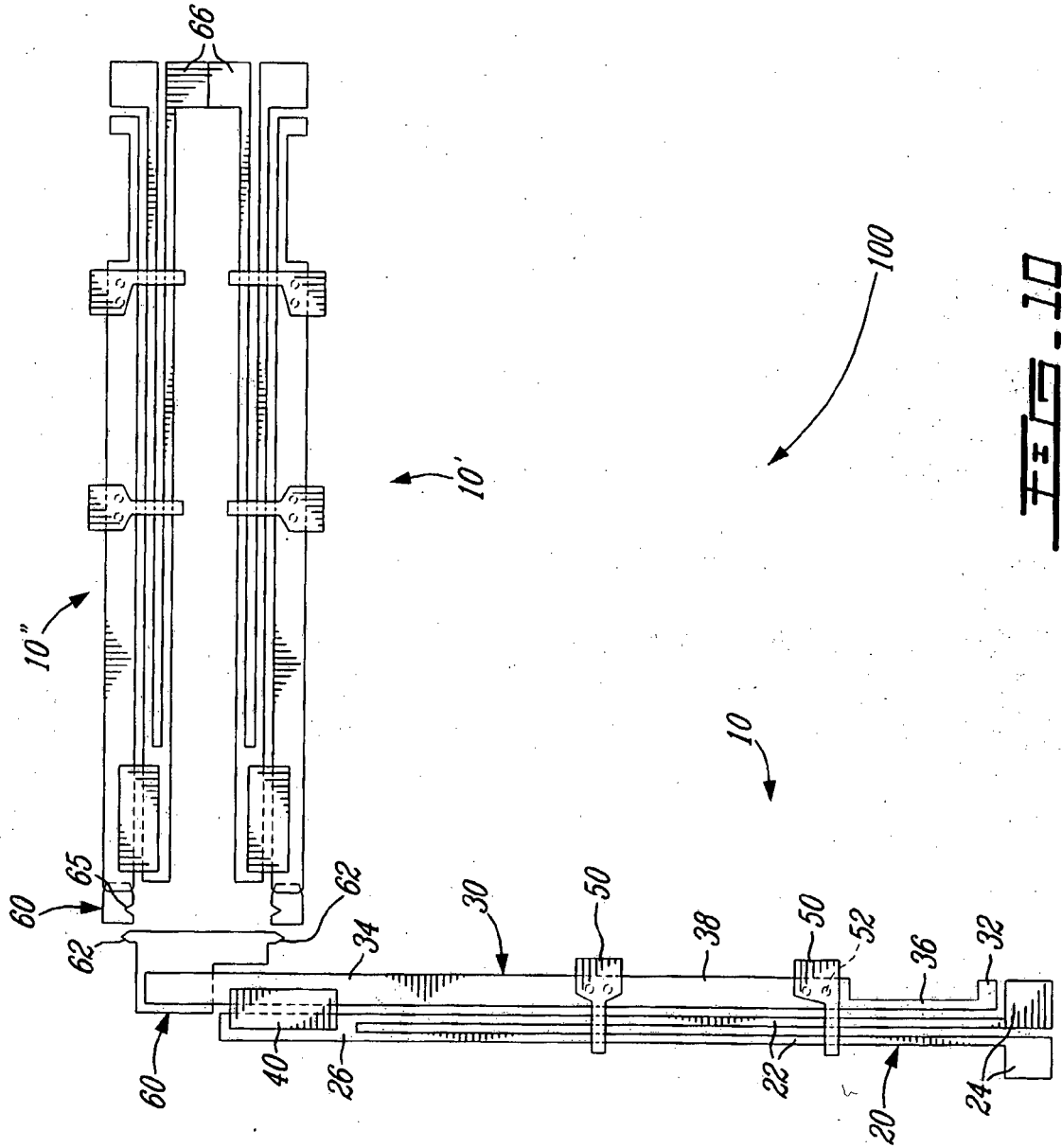


FIG. 10

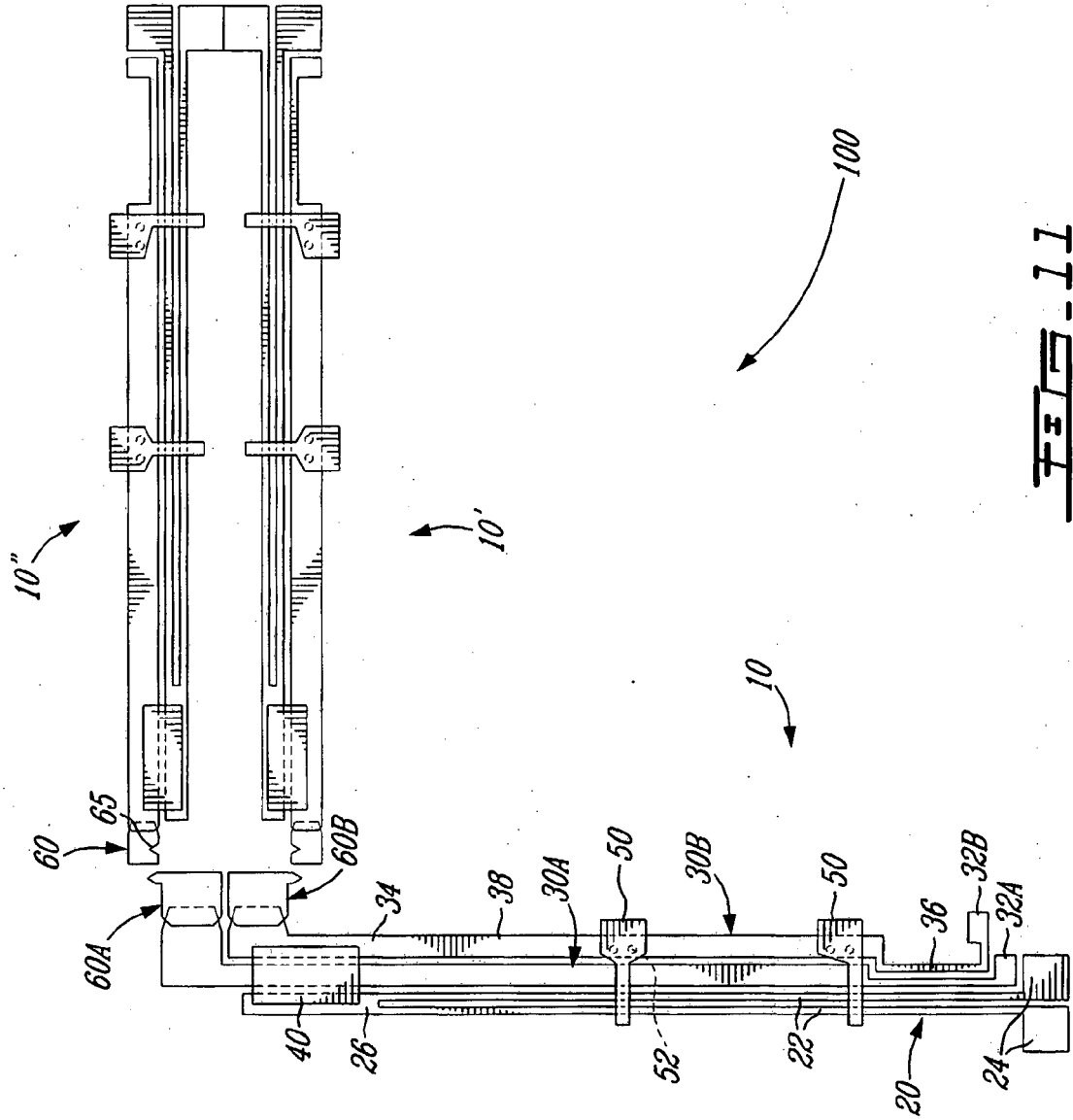


FIG. 11

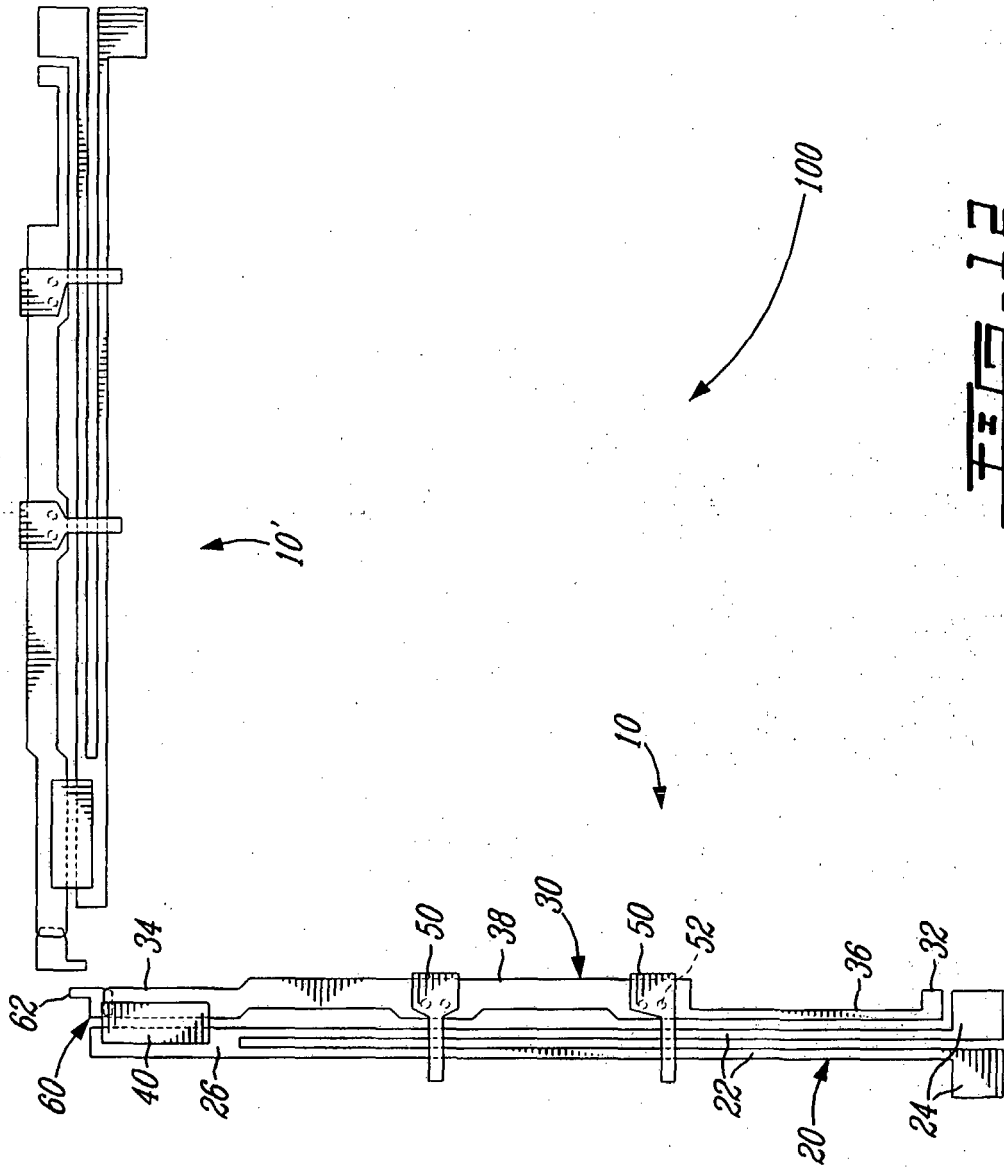


FIG. 12

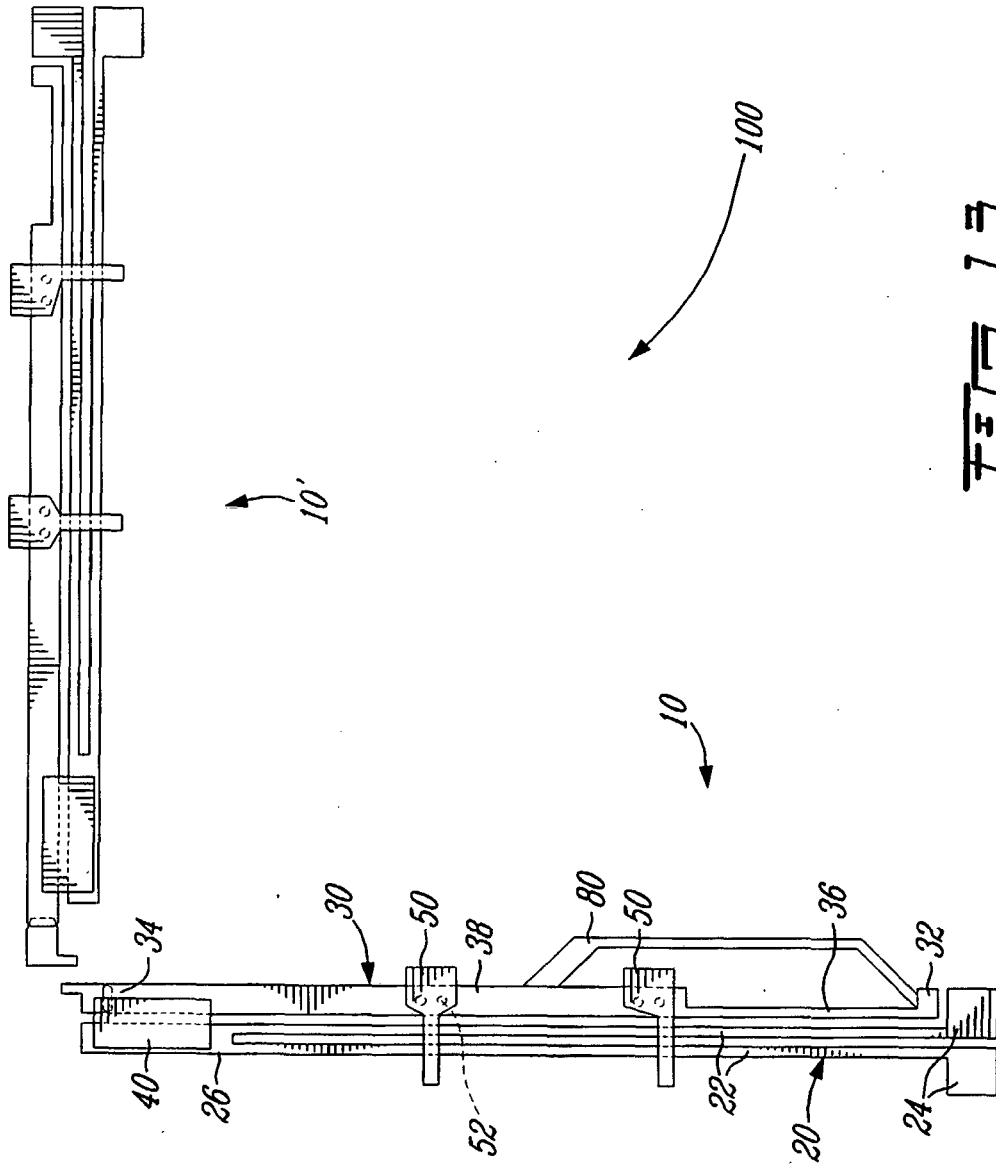
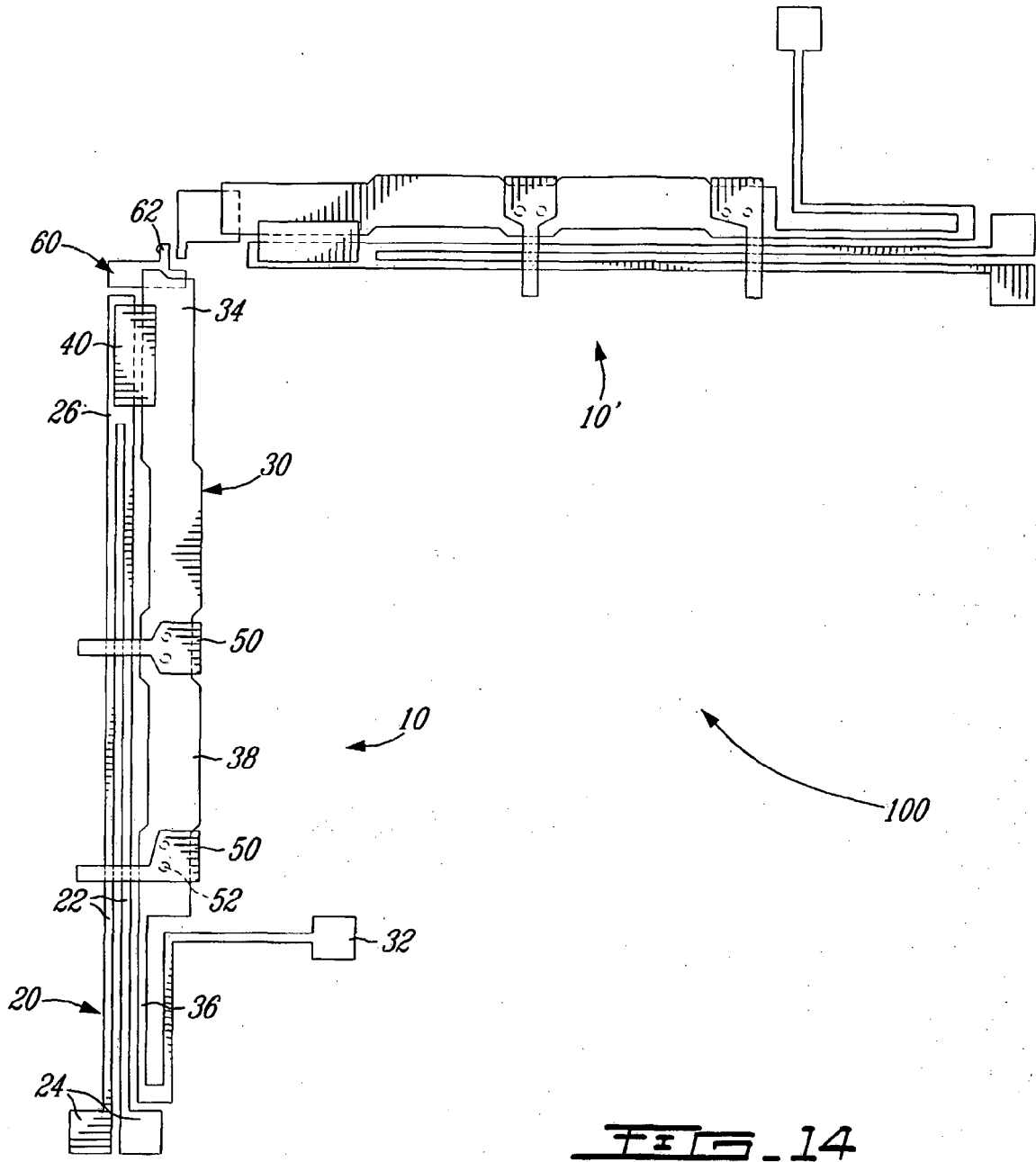


FIG. 13



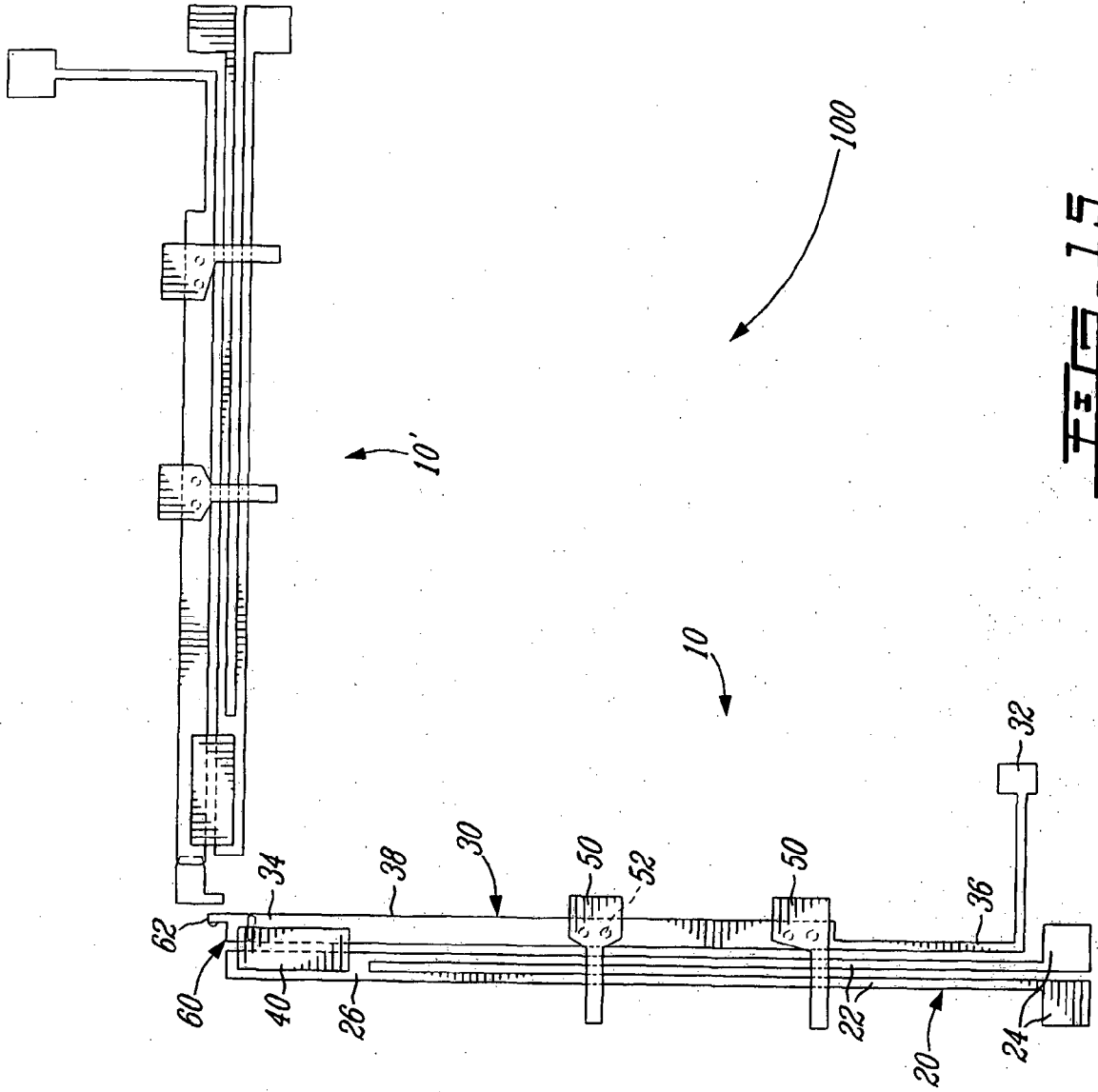


FIG. 15

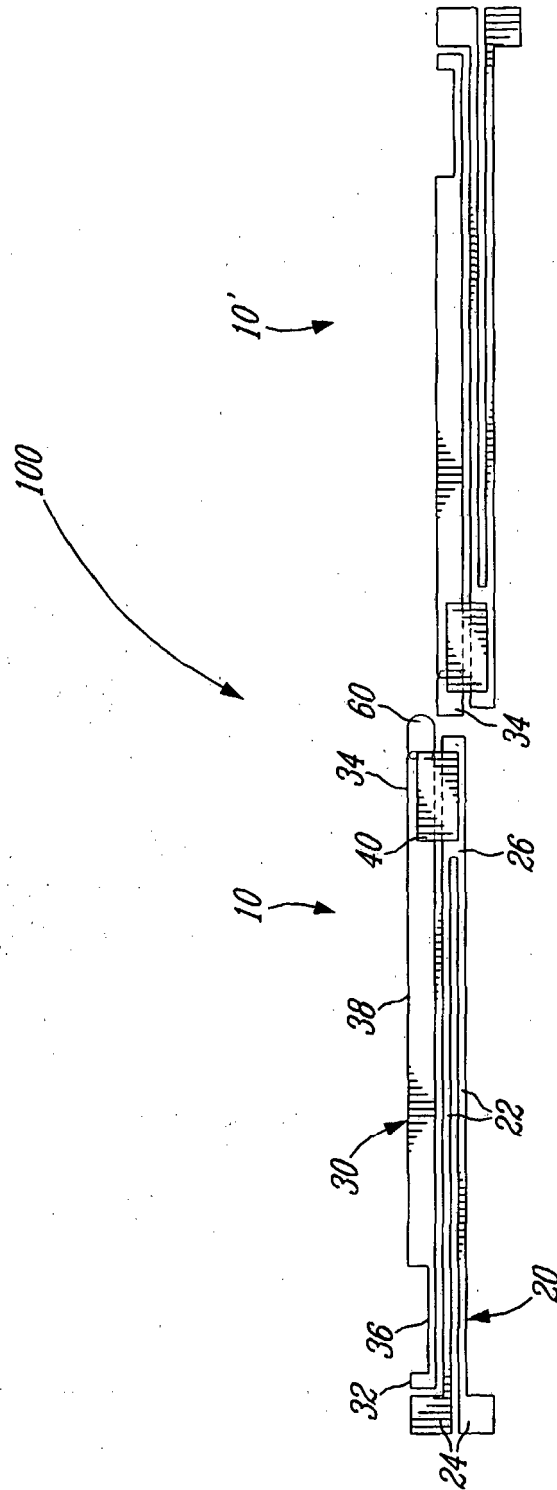


FIG. 10

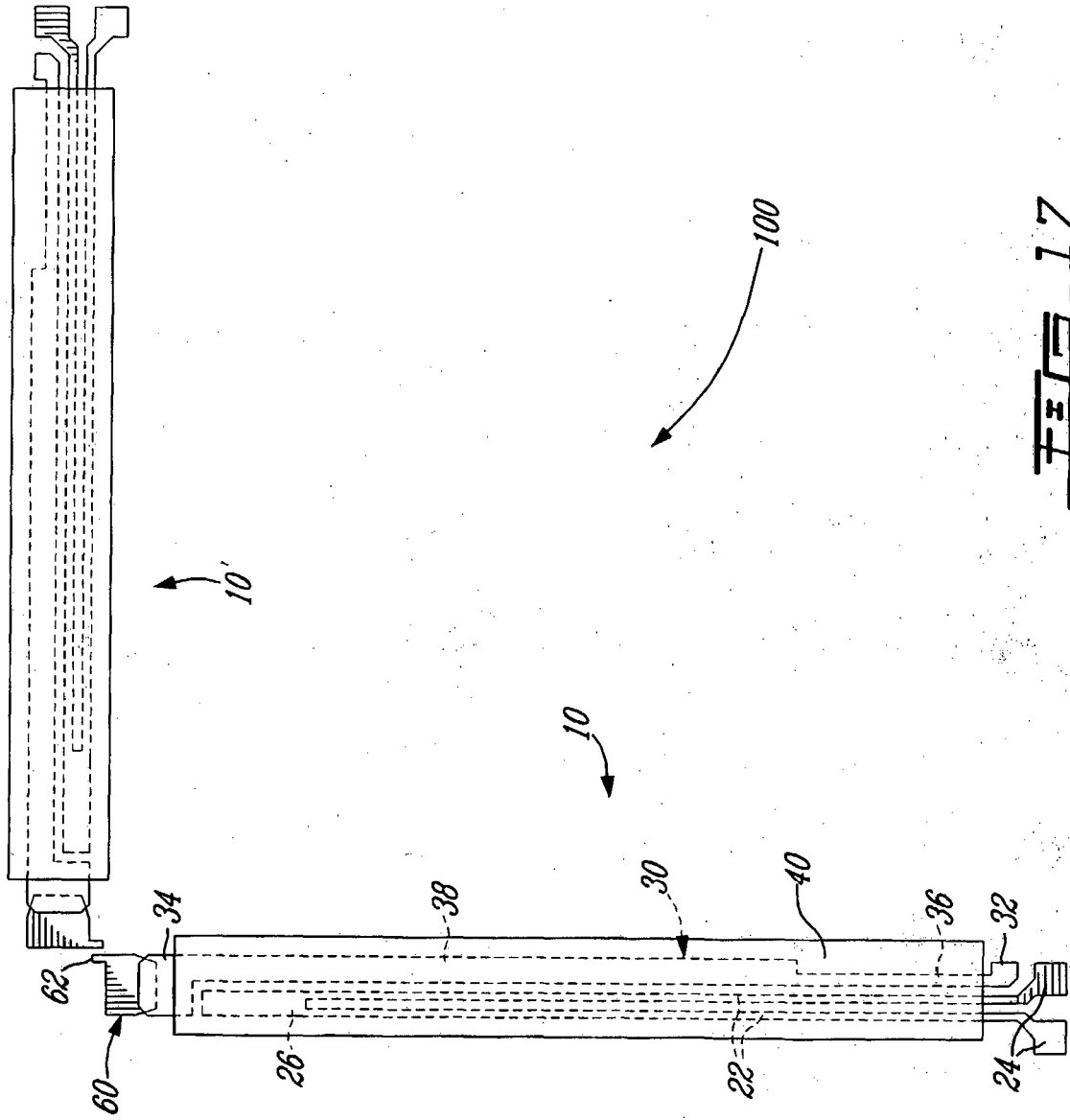


FIG. 17

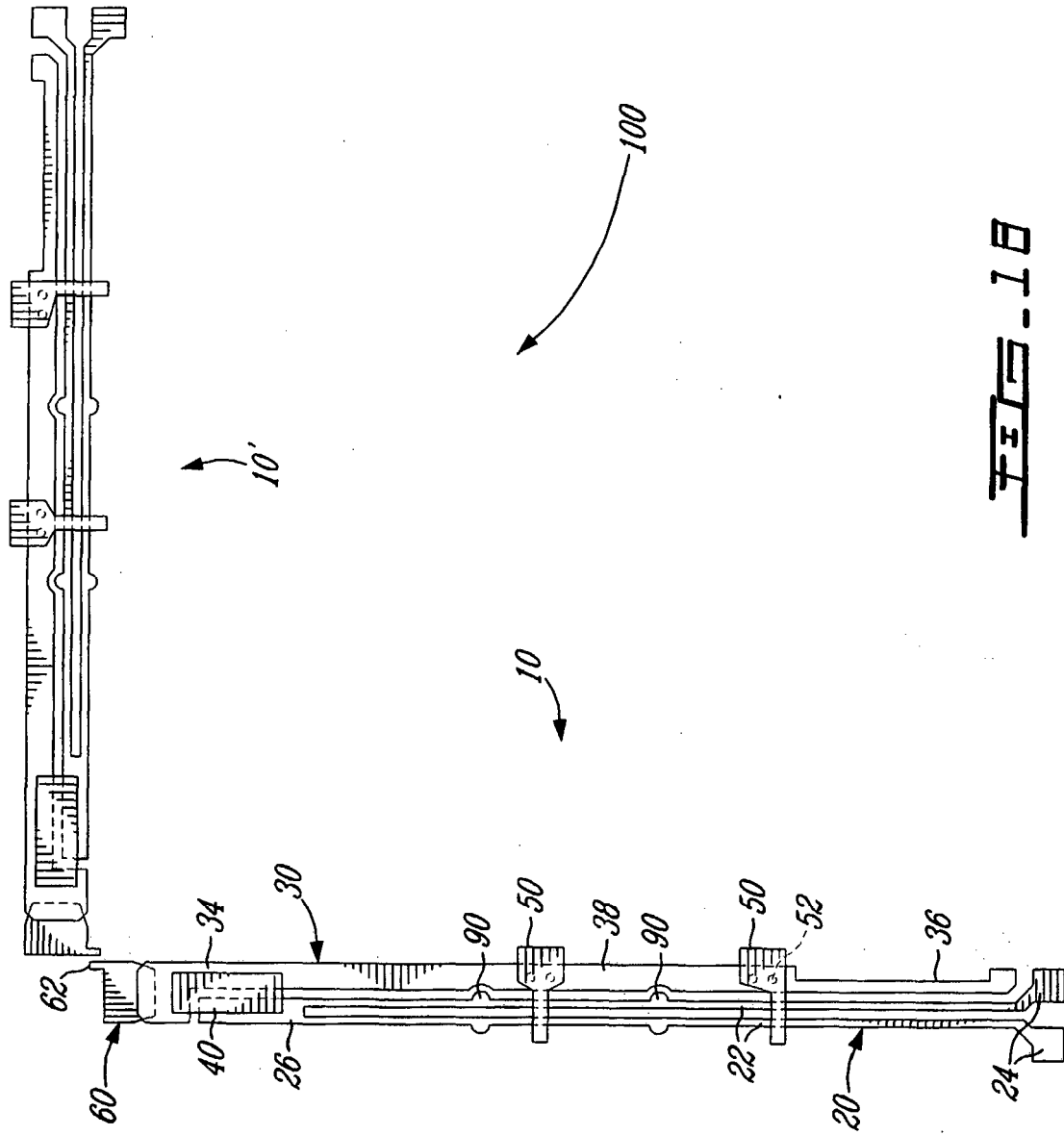


FIG. 1B

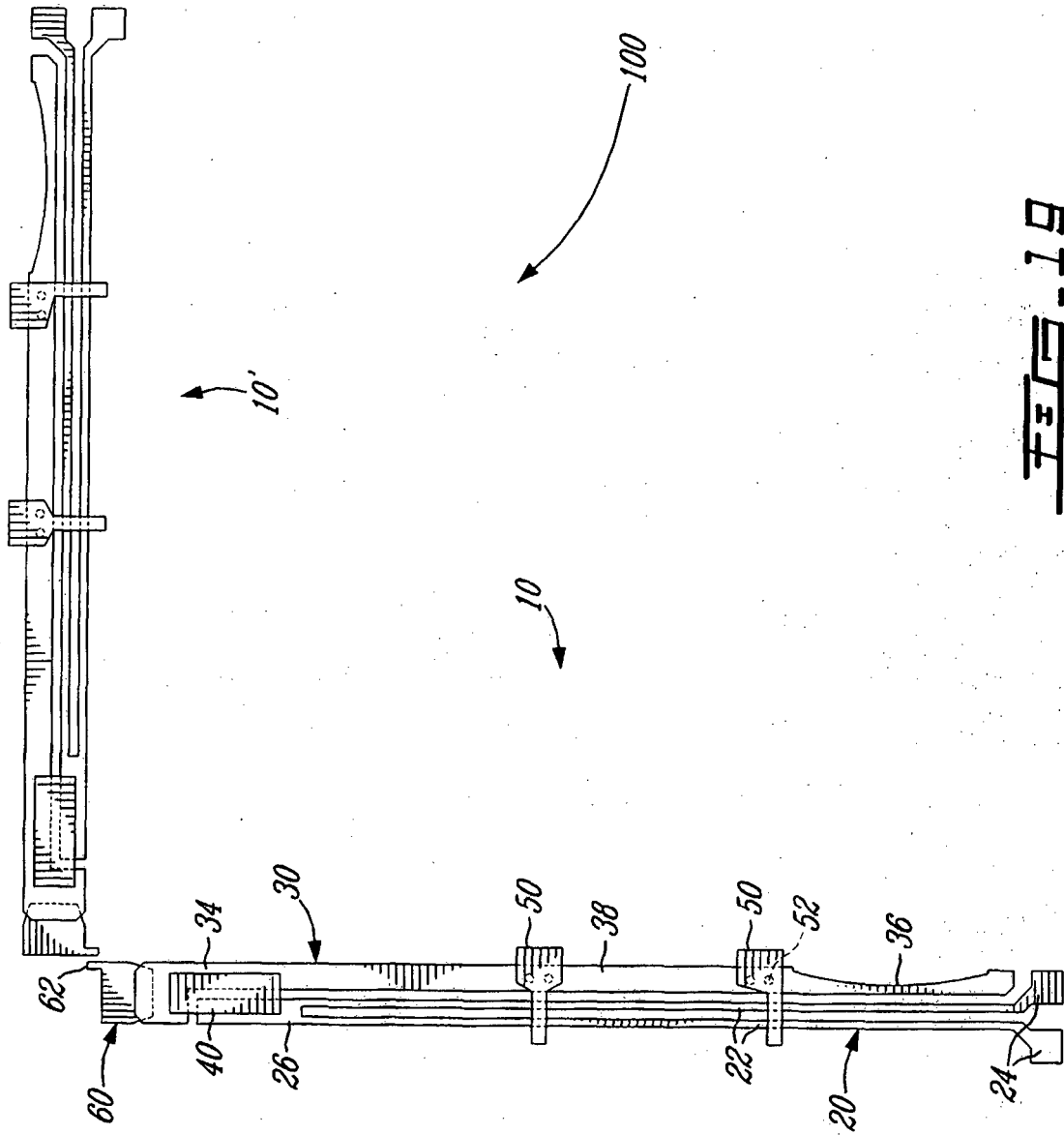


FIG. 19