

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 386 680**

51 Int. Cl.:

H03H 9/02 (2006.01)

H03H 9/25 (2006.01)

H03H 9/64 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Número de solicitud europea: **09740349 .7**

96 Fecha de presentación: **17.09.2009**

97 Número de publicación de la solicitud: **2324516**

97 Fecha de publicación de la solicitud: **25.05.2011**

54 Título: **Dispositivo de ondas acústicas de interfaces**

30 Prioridad:
18.09.2008 FR 0805124

45 Fecha de publicación de la mención BOPI:
24.08.2012

45 Fecha de la publicación del folleto de la patente:
24.08.2012

73 Titular/es:
**Etat Français représenté par le Délégué Général
pour L'Armement
DGA D4S/SDGQ/BPI 16 bis, Avenue Prieur de la
Côte d'Or
94114 Arcueil Cedex, FR;
Centre National de la Recherche Scientifique y
Université de Franche-Comté**

72 Inventor/es:
**PETIT, Roger;
BALLANDRAS, Sylvain;
COURJON, Emilie y
GACHON, Dorian**

74 Agente/Representante:
Tomas Gil, Tesifonte Enrique

ES 2 386 680 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

Dispositivo de ondas acústicas de interfaces

5 [0001] La presente invención se refiere al ámbito de los dispositivos de ondas acústicas y particularmente al de los transductores aptos para funcionar en frecuencias muy altas, desde algunas centenas de MHz hasta varios GigaHertz.

10 [0002] Se conoce cierto número de solicitudes de patentes que describen los dispositivos pasivos para el tratamiento de señales RF, comprendiendo unas estructuras de peine de electrodos interdigitales y la puesta en servicio del mecanismo conocido bajo el nombre de ondas de interfaces. Este tipo de dispositivo necesita la puesta en servicio de una película de polímero que asegure un enlace elástico entre los materiales, lo cual genera pérdidas acústicas notables. Si ciertas configuraciones permiten liberarse de tal capa orgánica, éstas requieren sin embargo la implementación de técnicas que permiten la integración de la interfaz de dicho transductor interdigital, lo que supone dificultades tecnológicas notorias.

15 [0003] Se conoce también los transductores de separación energética baja comprendiendo electrodos de anchura optimizada y en los que la distancia entre electrodos es extremadamente reducida. Sin embargo, para funcionar a 1,6 GHz por ejemplo, unos electrodos de anchura 1,5 μm , sea ($\lambda/2$), se deben separar en una distancia del orden de algunas centenas de Ångström, necesitando la implementación de una tecnología delicada.

20 [0004] Para resolver estos inconvenientes, se conoce la solicitud de patente FR2811828 que describe un dispositivo de ondas acústicas de superficies comprendiendo una capa de material ferroeléctrico y un sustrato y caracterizado por el hecho de que la capa de material ferroeléctrico se incluye entre un primer electrodo y un segundo electrodo y por el hecho de que la capa de material ferroeléctrico incluye unos primeros campos de polarización positiva y unos segundos campos de polarización negativos, los primeros y segundos campos siendo alternados.

[0005] Sin embargo, este tipo de dispositivo incluye inconvenientes mayores, a saber:

30 - la necesidad de afinar una membrana en espesores muy reducidos (del orden de la longitud de onda acústica), por lo que la manipulación del objeto se vuelve muy delicada y generalmente incompatible con los procesos de fabricación industriales,

35 - una sensibilidad importante a los efectos externos requiere un encapsulado al vacío para poder funcionar correctamente.

- una densidad de modo muy elevada, a pesar de la posibilidad de reducir esta última por afinación del transductor (con las dificultades evocadas más arriba), generalmente poco propicia a la fabricación de dispositivos de alta pureza espectral

40 - una fuerte derivación de temperatura de la frecuencia de resonancia de los componentes que utiliza este principio, ligado al hecho de que los materiales ferroeléctricos utilizados habitualmente para este fin (PZT, niobato de litio, tantalato de litio) presentan propiedades elásticas muy sensibles a los efectos térmicos.

45 [0006] El objetivo de la invención consiste en resolver los inconvenientes citados anteriormente con un dispositivo de ondas acústicas que permite funcionar en frecuencias superiores al GHz sin dificultades de realización y comprendiendo una gran insensibilidad frente a los efectos externos y, por otra parte, la obtención de coeficientes de calidad muy elevados.

50 [0007] La solución aportada es un dispositivo de ondas acústicas de interfaces comprendiendo al menos dos sustratos y una capa de material ferroeléctrico, esta última se incluye entre un primer electrodo y un segundo electrodo y comprende primeros campos de polarización positiva y segundos campos de polarización negativa, los primeros y segundos campos siendo alternados, este dispositivo se caracteriza por el hecho de que el conjunto, constituido por el primer electrodo, la capa de material ferroeléctrico y el segundo electrodo, se incluye entre un primer sustrato y un segundo sustrato.

55 [0008] Según una característica particular, la capa de material ferroeléctrico incluye una primera parte con primeros campos de polarización positiva y segundos campos de polarización negativos, los primeros y segundos campos siendo alternados, y una segunda parte polarizada uniformemente.

60 [0009] Según una característica particular que permite constituir las zonas de transferencia de energía, un dispositivo según la invención incluye al menos una cavidad al nivel de la capa de material ferroeléctrico y/o de al menos uno de los sustratos.

65 [0010] Según una característica adicional, un dispositivo según la invención incluye al menos una de las siguientes características:

- 5 - una primera parte con primeros campos de polarización positiva y segundos campos de polarización negativa, los primeros y segundos campos siendo alternados, y una segunda parte polarizada uniformemente, caracterizado por el hecho de que unas caras de al menos una cavidad constituyen fronteras con dichas primera y segunda partes y son ortogonales con respecto a estas últimas,
- al menos uno de los substratos incluye al menos una ranura en su cara en contacto con el electrodo, la cual ranura constituye una cavidad,
- 10 - una primera parte con primeros campos de polarización positiva y segundos campos de polarización negativa, los primeros y segundos campos siendo alternados, y una segunda parte uniformemente polarizada, caracterizado por el hecho de que la segunda parte incluye una tercera parte no cubierta por los electrodos y reducida con el fin de formar cavidades entre esta tercera parte y cada uno de los primer y segundo substratos, provocando una rotura de impedancia acústica propicia para la reflexión de las ondas y a su confinamiento a proximidad del transductor,
- 15 - una primera parte con primeros campos de polarización positiva y segundos campos de polarización negativa, los primeros y segundos campos siendo alternados, y una segunda parte constituida de primeros o segundos campos separados por cavidades.
- 20 [0011] La invención se refiere también a un resonador comprendiendo al menos un dispositivo según la invención.
- [0012] Otras ventajas y características aparecerán en la descripción de un modo de realización de la invención con respecto a las figuras anexas en las que:
- 25 - la figura 1 presenta un esquema general de un dispositivo de ondas de interfaces según un modo de realización particular de la invención.
- la figura 2 presenta un esquema de una primera variante de realización de un resonador para la implementación de un dispositivo de ondas de interfaces según la invención.
- 30 - la figura 3 presenta un esquema de una segunda variante de realización de un resonador para la implementación de un dispositivo de ondas de interfaces según la invención.
- la figura 4 presenta un esquema de una tercera variante de realización de un resonador para la implementación de un dispositivo de ondas de interfaces según la invención,
- 35 - la figura 5 presenta un esquema de una cuarta variante de realización de un resonador para la implementación de un dispositivo de ondas de interfaces según la invención.
- 40 [0013] La figura 1 presenta un esquema de un dispositivo de ondas acústicas de interfaces según una primera variante de realización de la invención. Este dispositivo de ondas acústicas de interfaces 1 comprendiendo una capa 2 de material ferroeléctrico comprendida entre un primer electrodo 3 y un segundo electrodo 4, y el conjunto, constituido por el primer electrodo 3, la capa de material ferroeléctrico 2 y el segundo electrodo 4, se incluye entre un primer substrato 5 y un segundo substrato 6. La capa 2 de material ferroeléctrico incluye primeros campos de polarización positiva 7 y segundos campos de polarizaciones negativas 8, los primeros y segundos campos siendo alternados.
- 45 [0014] En este ejemplo de realización, la capa 2 de material ferroeléctrico es de niobato de litio mientras que los primer y segundo electrodos son de oro dispuestos sobre la capa 2 de material ferroeléctrico por vaporización o pulverización catódica al vacío. Los primer y segundo substratos son de silicio y se pegan respectivamente sobre las superficies libres 9, 10 de los primer y segundo electrodos, 3, 4, por compresión metálica. Unas primera y segunda vías 11, 12 se abren respectivamente en los primer y segundo substratos 7, 8 para permitir una reanudación de los contactos eléctricos.
- 50 [0015] En esta primera figura se representa también la evolución de una onda 13 de longitud de onda λ dentro del dispositivo 1. Esta onda se propaga prácticamente sin pérdidas al nivel de las interfaces entre dicho conjunto y cada uno de los substratos mientras que al interior de cada uno de los substratos, la onda decrece de modo exponencial (onda evanescente).
- 55 [0016] La fabricación de tal capa 2 de material ferroeléctrico es conocida por el experto en la materia, y explicada particularmente en la solicitud de la patente FR2811828.
- 60 [0017] Para aplicaciones en el ámbito de los transductores, se puede realizar así estructuras con inversión de campos de pasos del orden de algunas centenas de nanómetros por lo tanto completamente adaptadas a aplicaciones en altas frecuencias. De hecho según la invención el paso de la red es del orden de la longitud de onda acústica. La frecuencia se obtiene en primera aproximación mediante la división de la velocidad de fase de la onda entre el paso de la red, esta última correspondiendo a una alternancia de polarización ferroeléctrica (top/down) igual a la longitud de onda acústica λ .
- 65

[0018] De hecho, al cubrir la capa de material ferroeléctrico con un segundo electrodo, se puede excitar la estructura realizada así de forma dinámica. Al alternar campos de polarización positiva y de polarización negativa se alternan extensiones y compresiones de materia al nivel de la capa de material ferroeléctrico de manera a generar interferencias acústicas constructivas, que se propagan preferiblemente en el plano de la capa (que posee así una función de guía) en vez del volumen. De hecho la velocidad de propagación de las ondas elásticas guiadas en la capa es más reducida que la velocidad de propagación de las ondas elásticas en el sustrato. Sin embargo también es posible excitar ondas que presentan polarizaciones complejas (mezclando desplazamientos elípticos y cizallado) o de nuevo ondas de polarización mayoritariamente longitudinales. Mediante el uso de sustratos de velocidades de ondas elásticas elevadas (zafiro, carburo de silicio, carbono-diamante, etc.), tales ondas se pueden así capturar en la capa ferroeléctrica, presentando velocidades de propagación iguales a las de las ondas de volumen correspondientes. El uso de un material en el que las ondas elásticas se propagan menos rápidamente que en el niobato de litio (habitualmente tantalato de litio) permite también el guiado de tales ondas con el silicio o el niobato de litio como sustratos superior e inferior por ejemplo. El uso de cuarzo como sustrato es también posible con transductor en tantalato de litio, seleccionando juiciosamente los ángulos de corte de este material para favorecer el efecto de guiado deseado. Un ejemplo de corte de cuarzo favorable corresponde al corte (YXt)/90° en notación conforme a la norma IEEE std-176 revisión 1949 (IEEE Standard on piezoelectricity Std 176 -1949, Proc.of the IRE, vol. 37, pages 1378-1395, 1949) para el cual las ondas de Rayleigh (no acopladas por piezoelectricidad) se propagan a 3800 m.s^{-1} y la radiación acústica en el volumen para una velocidad de fase es de más de 4100 m.s^{-1} , es decir particularmente superior a la velocidad de las ondas de polarización elíptica en los transductores de campos ferroeléctricos alternados.

[0019] Se puede así definir en la superficie del sustrato un único transductor que presenta una admitancia característica bien identificada, utilizada en combinación con otros transductores del mismo tipo (pero cuya frecuencia central es diferente) de manera a realizar filtros en redes, en escala o en malla, o bien definir un transductor de entrada y un transductor de salida.

[0020] Según este concepto inventivo, es posible realizar de manera muy directa funciones de transducción que permitan elaborar transductores con especificaciones determinadas.

[0021] El período de los campos 7, 8, es entonces equivalente al período entre electrodos de misma polaridad al interior de las estructuras interdigitales del estado de técnica conocido. Para una anchura de trazo idéntico (utilizada para realizar los electrodos del transductor interdigital o para definir la anchura de un campo del transductor de polarización alternada), la presente invención proporciona una ventaja en cuanto a frecuencia de funcionamiento de un factor cercano a 2, como ya se mencionó en la solicitud de patente FR2811828.

[0022] Particularmente se puede influir en la direccionalidad de las ondas acústicas de superficie mediante la creación de elementos neutros en polarización para modificar la fase de las ondas al perturbar localmente el paso de los campos alternados. La propagación de las ondas es así perturbada de manera no simétrica, privilegiando una dirección en lugar de otra.

[0023] También se puede realizar dispositivos de ondas de superficie con funciones de filtrado muy selectivas en longitud de onda y de una manera más sencilla que en el estado de técnica conocido. De hecho, el recubrimiento de los electrodos permite definir la forma de la respuesta impulsiva del transductor. Este enfoque conocido en el ámbito de los peines interdigitales con el nombre de apodización de transductor es muy apremiante en términos de realización tecnológica. En el presente caso, esta función se realiza con electrodos plenos (y no distribuidos), simplificando así particularmente la implementación de la técnica.

[0024] Además, un resonador por ejemplo se puede constituir utilizando dos dispositivos 1 según este primer modo de realización de la invención, una zona de transferencia de energía cuyas dimensiones se optimizan de manera conocida para permitir la mejor captura posible de las ondas.

[0025] Las figuras 2 a 5 presentan cada una un modo de realización de un resonador comprendiendo una estructura reflejante destinada a poner en servicio un espejo de Bragg para ondas de interfaces excitadas por un transductor para la implementación de un dispositivo de ondas de interfaces según la invención.

[0026] En el marco de la figura 2, el resonador 20 incluye un dispositivo de ondas acústicas de interfaces 21 comprendiendo una capa 22 de material ferroeléctrico incluida entre un primer electrodo 23 y un segundo electrodo 24, donde el conjunto, constituido por el primer electrodo 23, la capa de material ferroeléctrico 22 y el segundo electrodo 24, se incluye entre un primer sustrato 25 y un segundo sustrato 26. La capa 22 de material ferroeléctrico comprende una primera parte 30 con primeros campos de polarización positiva 27 y segundos campos de polarización negativa 28, los primeros y segundos campos siendo alternados, y una segunda parte 31 uniformemente polarizada. Al nivel de esta segunda parte 31, cada uno de los primer y segundo sustratos 25, 26 incluye ranuras 32 sobre su cara en contacto con el electrodo correspondiente. Estas ranuras se realizan por grabado.

[0027] La función de estas ranuras consiste en constituir zonas de transferencia de energía (difracción de las ondas, con reflexión en fase hacia el transductor emisor).

[0028] En el marco de la figura 3, el resonador 40 incluye un dispositivo de ondas acústicas de interfaces 41 comprendiendo una capa 42 de material ferroeléctrico comprendida entre un primer electrodo 43 y un segundo electrodo 44, donde el conjunto, constituido por el primer electrodo 43, la capa de material ferroeléctrico 42 y el segundo electrodo 44, se incluye entre un primer sustrato 45 y un segundo sustrato 46. La capa 42 de material ferroeléctrico incluye una primera parte 50 con primeros campos de polarización positiva 47 y segundos campos de polarización negativa 48, los primeros y segundos campos siendo alternados, y una segunda parte 51 uniformemente polarizada. Una cavidad 52 separa las primera y segunda partes 50, 51. Esta tiene una sección rectangular cuya altura es superior a dicho conjunto por lo que cada uno de los sustratos incluye una parte de ésta. Esta incluye dos caras 54 que constituyen fronteras con dichas primera y segunda partes y siendo ortogonales a estas últimas. De este modo, estas caras 54 son ortogonales a la dirección de propagación de las ondas dentro del dispositivo. La función de esta cavidad es constituir unas zonas de transferencia de energía. Este tipo de resonador permite también, mediante la aplicación de una diferencia de potencial sobre los electrodos, la fijación en frecuencia del dispositivo mediante la creación de un campo eléctrico estático en la capa de material ferroeléctrico. De hecho, como el signo de las constantes dieléctricas no es afectado por la polarización ferroeléctrica, pero la amplitud de dichas constantes se puede modificar por aplicación de un campo eléctrico estático, se puede utilizar este fenómeno para modificar la velocidad de propagación de las ondas y por consiguiente, la frecuencia de resonancia del dispositivo.

[0029] En el marco de la figura 4, el resonador 60 incluye un dispositivo de ondas acústicas de interfaces 61 comprendiendo una capa 62 de material ferroeléctrico incluida entre un primer electrodo 63 y un segundo electrodo 64, donde el conjunto, constituido por el primer electrodo 63, la capa de material ferroeléctrico 62 y el segundo electrodo 64, se incluye entre un primer sustrato 65 y un segundo sustrato 66. La capa 62 de material ferroeléctrico incluye una primera parte 70 con primeros campos de polarización positiva 67 y segundos campos de polarización negativa 68, los primeros y segundos campos siendo alternados, y una segunda parte 71 uniformemente polarizada y una tercera parte 72 uniformemente polarizada dispuesta entre dichas primera y segunda partes no cubierta por los electrodos y reducida de manera a formar las cavidades 73 entre esta tercera parte y cada uno de los primer y segundo sustratos. La función de estas cavidades es constituir zonas de transferencia de energía.

[0030] En el marco de la figura 5, el resonador 80 incluye un dispositivo de ondas acústicas de interfaces 81 comprendiendo una capa 82 de material ferroeléctrico incluida entre un primer electrodo 83 y un segundo electrodo 84, donde el conjunto, constituido por el primer electrodo 83, la capa de material ferroeléctrico 82 y el segundo electrodo 84, se incluye entre un primer sustrato 85 y un segundo sustrato 86. La capa 82 de material ferroeléctrico incluye una primera parte 89 con primeros campos de polarización positiva 87 y segundos campos de polarización negativa 88, los primeros y segundos campos siendo alternados, y una segunda parte 90 comprendiendo campos de polarización negativa 88 separados por cavidades 91. Donde también en este caso, la función de estas cavidades es constituir zonas de transferencia de energía.

[0031] Los resonadores según la invención son de alta calidad inmunizados de ataques externos por la presencia de los sustratos en cada lado de dicho conjunto y funcionando a una frecuencia doble a la de un transductor de peine interdigital tradicional para una misma resolución litográfica.

[0032] Además, numerosas modificaciones se pueden aplicar a los procedimientos descritos sin salir del campo de la invención. De este modo, varios materiales ferroeléctricos mono, poli o multicristalinos tales como el óxido de plomo, titanio circonio, el tantalato de litio, el niobato de litio, el niobato de potasio, PZT, PbTiO_3 (todas las cerámicas ferroeléctricas, los relajadores y los cristales cerámicos de tipo PMN-PT) se pueden utilizar para crear la zona de transducción de campos de polarización alternada, con una preferencia por los monocristales o los materiales epitaxiados con el fin de preservar una calidad de propagación acústica ligada a la calidad de la red cristalina.

[0033] Lo mismo ocurre para el sustrato que se podría realizar por ejemplo por crecimiento de películas de carbono-diamante gruesas particularmente en espesores comprendidos entre 20 y $100\mu\text{m}$ o de silicio, zafiro, carburo de silicio, pero también el cuarzo mediante la elección de los cortes según sus propiedades de guiado de ondas en superficie (véase nota en el cuerpo del texto), el mismo niobato de litio (mismo cuidado de la elección de los cortes según las velocidades de propagación en superficie), y más habitualmente todo material mono-cristalino cuyas velocidades de ondas en superficie sobrepasan las velocidades de las ondas de misma polarización en el transductor. Existen también configuraciones para las cuales unas ondas de interfaces (esencialmente de polarización longitudinal) se pueden guiar más allá de la velocidad de radiación en los sustratos. Se debe así circunstanciar los puntos de funcionamiento, es decir la relación espesor del transductor/longitud de ondas, con el fin de minimizar las pérdidas de propagación por radiación en los sustratos.

[0034] Por otra parte, los electrodos se pueden realizar en cualquier material eléctricamente conductor.

REIVINDICACIONES

- 5 1. Dispositivo de ondas acústicas de interfaces (1) comprendiendo al menos dos sustratos y una capa (2, 22, 42, 62, 82) de material ferroeléctrico, esta última se incluye entre un primer electrodo (3, 23, 43, 63, 83) y un segundo electrodo (4, 24, 44, 64, 84) y comprende primeros campos de polarización positiva (7, 27, 47, 67, 87) y segundos campos de polarización negativa (8, 28, 48, 68, 88), estos primeros y segundos campos siendo alternados, este dispositivo siendo **caracterizado por el hecho de que** el conjunto, constituido por el primer electrodo (3, 23, 43, 63, 83), la capa (2, 22, 42, 62, 82) de material ferroeléctrico y el segundo electrodo (4, 24, 44, 64, 84)), se incluye entre un primer sustrato (5, 25, 45, 65, 85) y un segundo sustrato (6, 26, 46, 66, 86).
- 10 2. Dispositivo de ondas acústicas de interfaces según la reivindicación 1, **caracterizado por el hecho de que** la capa (2) de material ferroeléctrico incluye una primera parte (30, 50, 70, 89) con primeros campos de polarización positiva (27, 47, 67, 87) y segundos campos (28, 48, 68, 88) de polarización negativa, los primeros y segundos campos siendo alternados, y una segunda parte (31, 51, 71) uniformemente polarizada.
- 15 3. Dispositivo de ondas acústicas de interfaces según cualquiera de las reivindicaciones 1 y 2, **caracterizado por el hecho de que** la capa de material ferroeléctrico incluye al menos una cavidad (52, 91).
- 20 4. Dispositivo de ondas acústicas de interfaces según la reivindicación 3 y comprendiendo una primera parte con primeros campos de polarización positiva y segundos campos de polarización negativa, los primeros y segundos campos siendo alternados, y una segunda parte uniformemente polarizada, **caracterizado por el hecho de que** unas caras (54) de al menos una cavidad (52) constituyen fronteras con dichas primera y segunda partes (50, 51) y son ortogonales con respecto a estas últimas.
- 25 5. Dispositivo de ondas acústicas de interfaces según cualquiera de las reivindicaciones 1 a 4, **caracterizado por el hecho de que** al menos uno de los sustratos incluye al menos una ranura (32) sobre su cara en contacto con el electrodo, la cual ranura constituye una cavidad.
- 30 6. Dispositivo de ondas acústicas de interfaces según la reivindicación 3 y comprendiendo una primera parte con primeros campos de polarización positiva y segundos campos de polarización negativa, los primeros y segundos campos siendo alternados, y una segunda parte uniformemente polarizada, **caracterizado por el hecho de que** la segunda parte incluye una tercera parte (72) no cubierta por los electrodos y reducida para formar cavidades (73) entre esta tercera parte y cada uno de los primer y segundo sustratos.
- 35 7. Dispositivo de ondas acústicas de interfaces según la reivindicación 3 y comprendiendo una primera parte (89) con primeros campos de polarización positiva y segundos campos de polarización negativa, los primeros y segundos campos siendo alternados, y una segunda parte (90) constituida por primeros o segundos campos separados por cavidades (91).
- 40 8. Resonador comprendiendo un dispositivo según cualquiera de las reivindicaciones 1 a 7.
9. Filtro de banda comprendiendo un dispositivo según cualquiera de las reivindicaciones 1 a 7.
- 45 10. Resonador, filtro de banda o sensor comprendiendo un dispositivo según cualquiera de las reivindicaciones 1 a 7 ajustable en frecuencia por aplicación de una diferencia de potencial en los electrodos creando un campo estático en el material ferroeléctrico

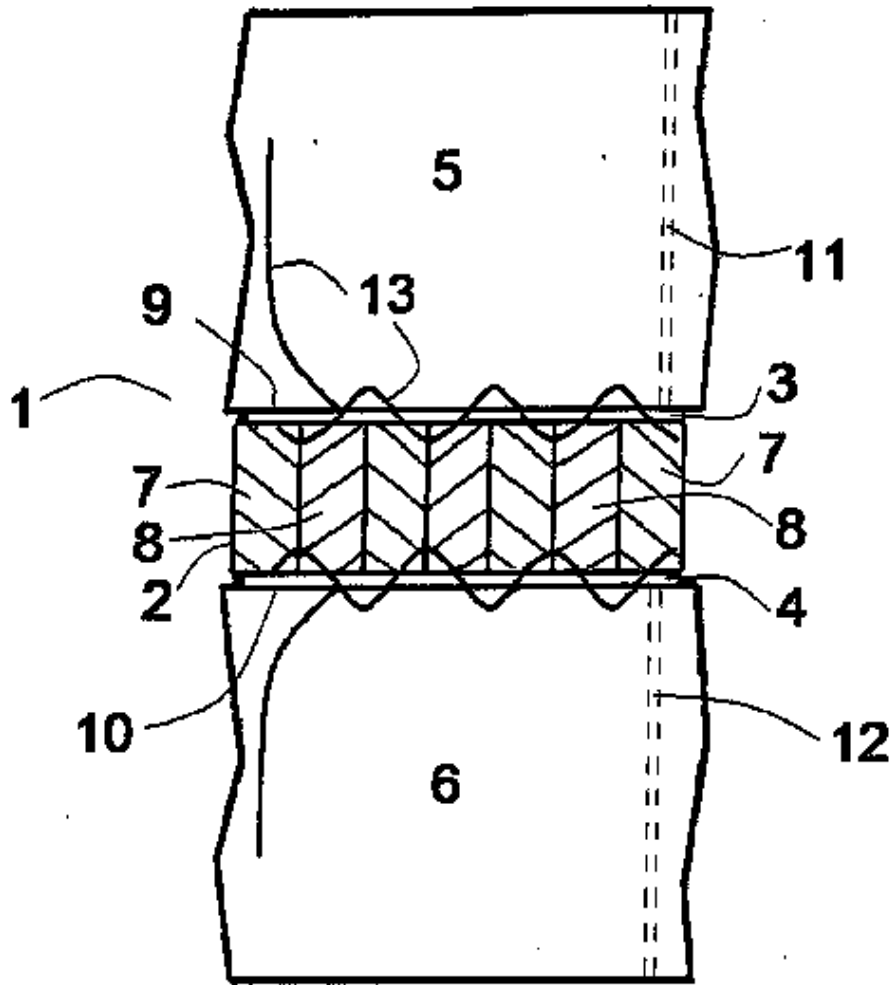


Fig. 1

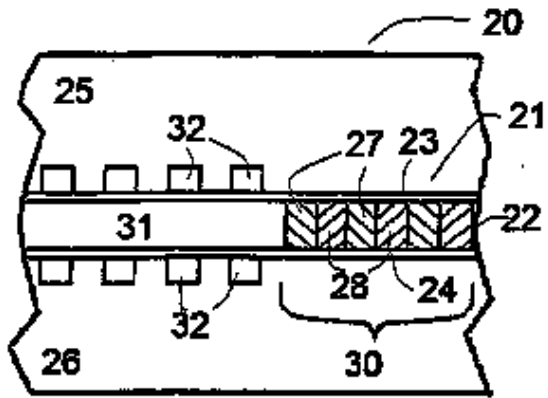


Fig. 2

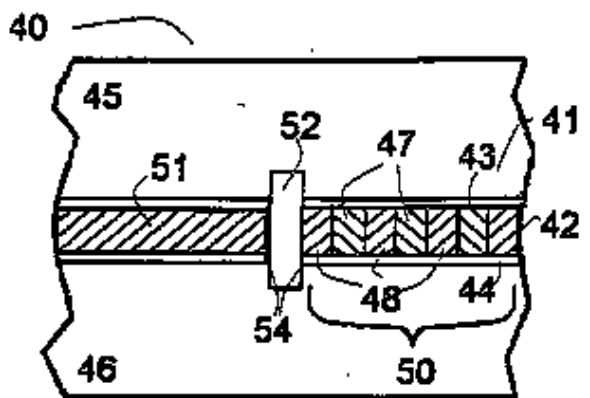


Fig. 3

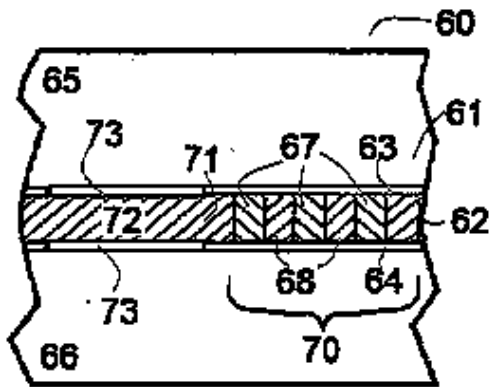


Fig. 4

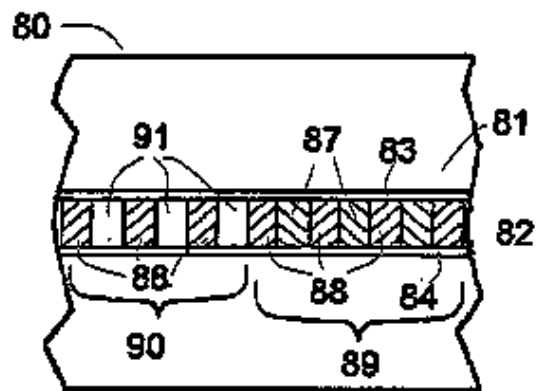


Fig. 5