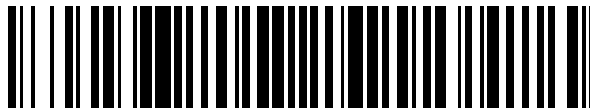


19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 548 006**

51 Int. Cl.:

H04B 13/00 (2006.01)

H04B 11/00 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **27.11.2007 E 07824930 (7)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **26.08.2015 EP 2122868**

54 Título: **Transferencia de datos**

30 Prioridad:

21.12.2006 GB 0625559
21.12.2006 EP 06256460

45 Fecha de publicación y mención en BOPI de la traducción de la patente:
13.10.2015

73 Titular/es:

BAE SYSTEMS PLC (100.0%)
6 Carlton Gardens
London SW1Y 5AD, GB

72 Inventor/es:

BAGSHAW, JOHN MARTIN y
KENT, LIONEL WILLIAM JOHN

74 Agente/Representante:

CARPINTERO LÓPEZ, Mario

ES 2 548 006 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

Transferencia de datos

5 La presente invención se refiere a la transferencia de datos y en particular, aunque no en exclusiva, a un aparato y a un método para la transferencia de señales y datos digitales de gran ancho de banda a través de cascos de submarino u otras barreras sólidas utilizando técnicas acústicas.

10 Se ha intentado varias veces proporcionar comunicaciones de señales a través de cascos de buques sin la necesidad de atravesar el casco para pasar cables u otros pasacables. Las técnicas utilizadas han incluido transmisión de señales eléctricas o de señales acústicas. En un ejemplo conocido de una técnica acústica, descrita en Hobart et al., "Unidad de módem acústico", Oceans 2000 MTS/IEEE Conference and Exhibition, págs. 769-772, volumen 2, septiembre de 2000, se utilizaron transductores piezoeléctricos para generar señales acústicas para llevar datos de baja velocidad binaria a través del casco de un barco, adecuadas para el transporte de datos ambientales, por ejemplo, temperatura y salinidad del mar desde el exterior del casco sin la necesidad o el inconveniente de modificar la embarcación perforando agujeros en el casco. Estos datos se transmiten típicamente a una velocidad de transmisión de datos baja, en un modo de ráfaga. Otros ejemplos se pueden encontrar en los documentos de patente US 6.037.704 y 4.242.653.

15 En un primer aspecto, la presente invención se refiere a un aparato para la comunicación de datos a través de un sustrato rígido sólido, que comprende:

un primer transductor acústico montado en una cara del sustrato;

20 un segundo transductor acústico montado en una segunda cara del sustrato, colocado para recibir señales acústicas transmitidas por el primer transductor acústico;

medios de excitación para excitar el primer transductor con una señal portadora de onda continua modulada con datos; y

un demodulador para la detección de datos modulados en una señal acústica detectados por el segundo transductor,

25 en el que las dimensiones de los transductores primero y segundo y la frecuencia de la señal portadora se seleccionan a fin de reducir la interferencia producida por señales de tránsito triple a través del sustrato a un nivel suficientemente bajo como para permitir la comunicación continua de datos a través del sustrato a una velocidad binaria de al menos 1 MHz.

30 Aunque se conoce el uso de señales acústicas para la comunicación de datos digitales a una velocidad binaria baja a través de un sustrato sólido rígido sin necesidad de atravesar la estructura, los inventores en el presente caso han descubierto que mediante una cuidadosa elección del tamaño de los transductores y de la frecuencia de la señal portadora, los efectos de la señal de tránsito triple, es decir, el tercer tránsito a través del sustrato de una parte reflejada de una señal acústica principal, se puede reducir a un nivel tal que se puede lograr la comunicación de datos a velocidades de al menos 1 MHz.

35 En una realización preferida de la presente invención, se puede aplicar la misma técnica para lograr una velocidad binaria de datos de aproximadamente 10 MHz cuando se utiliza una señal portadora centrada en la frecuencia de 25 MHz, o una velocidad binaria de datos de aproximadamente 18 MHz cuando se utiliza una señal portadora centrada en la frecuencia de 40 MHz. De manera preferible, se pueden utilizar señales portadoras de frecuencias en el intervalo de 25 MHz a 72 MHz.

40 Preferiblemente, en particular cuando se utilizan señales portadoras con una frecuencia del orden de 25 MHz y mayor, los medios de excitación incluyen un circuito de adaptación de radiofrecuencia para proporcionar una adaptación de radiofrecuencia apropiada para el primer transductor.

45 En una realización preferida, los transductores primero y segundo se utilizan alternativamente como transmisores y como receptores de señales acústicas en el sustrato para permitir una comunicación bidireccional. Sin embargo, dos conjuntos de transductores primero y segundo pueden estar montados en la superficie del sustrato suficientemente separados para evitar la interferencia de sus respectivas señales acústicas dentro del sustrato a fin de proporcionar un enlace continuo de comunicaciones bidireccionales a través del sustrato.

Realizaciones preferidas de la presente invención encuentran una aplicación particular en la comunicación de datos a través de estructuras de metal, en particular a través de cascos de submarinos o recipientes presurizados.

50 En un segundo aspecto, la presente invención se refiere a un método para comunicar datos a través de un sustrato rígido sólido utilizando señales acústicas transmitidas a través del sustrato entre un primer transductor acústico y un

segundo transductor acústico montados en superficies opuestas del sustrato, comprendiendo el método las etapas de:

(i) excitar el primer transductor acústico con una señal portadora de onda continua que ha sido modulada con datos; y

5 (ii) detectar, en el segundo transductor, señales acústicas transmitidas a través del sustrato por el primer transductor y detectar allí datos modulados;

en el que las dimensiones de los transductores primero y segundo y la frecuencia de la señal portadora se seleccionan a fin de reducir la interferencia producida por señales de tránsito triple a través del sustrato a un nivel suficientemente bajo como para permitir la comunicación continua de datos a través del sustrato a una velocidad binaria de al menos 1 MHz.

10 En una aplicación preferida de realizaciones preferidas de la presente invención, para una comunicación continua de banda ancha a través de un casco de submarino, la elección del tamaño del transductor y de la frecuencia de la señal portadora es crucial para lograr comunicaciones de banda ancha a velocidades binarias de datos en el orden de 10 MHz o superior. Las técnicas conocidas mencionadas anteriormente para la transferencia de datos sin atravesar los cascos de submarinos y estructuras de metal similares operan en modo de ráfaga y a velocidades de transmisión de datos bajas. Para operar a una alta velocidad de transmisión de datos se requiere atravesar el casco pasando a través de válvulas de presión y pasacables complejos. En un submarino moderno, la aplicación de estas perforaciones cuesta decenas de miles de libras esterlinas y crea posibles puntos de fallo en el casco, en particular porque es sometido a ciclos repetidos de estrés cuando el submarino se sumerge y vuelve a la superficie.

20 Normalmente hay varios cientos de perforaciones a través de un casco de submarino. Realizaciones preferidas de la presente invención proporcionan transferencia de datos a una velocidad de transmisión de datos mucho mayor que la de las disposiciones de la técnica anterior, en las denominadas velocidades de transmisión de datos de "banda ancha", sin atravesar el casco. En particular, se han alcanzado velocidades de transmisión de datos del orden de 15 MHz y más mediante realizaciones preferidas de la presente invención en base a una señal acústica centrada en aproximadamente 40 MHz. Tales velocidades de transmisión de datos son adecuadas para la transmisión de datos de vídeo y otros tipos de datos típicamente asociados a comunicaciones de banda ancha. Hay varios factores que han permitido esta mejora con respecto a sistemas de la técnica anterior.

30 Uno de los principales factores que limitan el ancho de banda de las comunicaciones digitales que utilizan señales acústicas a través de un medio de materiales sólidos es la presencia de señales parásitas, en particular reflexiones acústicas procedentes de capas de interconexión dentro de la trayectoria de transmisión acústica a través del medio. La reflexión más significativa es la señal de tránsito triple, la primera reflexión recibida de la señal principal después de un total de tres pasadas a través del medio desde el transductor de transmisión. Las comunicaciones de señal digital requieren una dinámica exenta de parásitos (SFDR) con respecto a la señal principal de aproximadamente 20dB. Cuando las señales se transmiten a velocidades binarias bajas, las múltiples señales reflejadas se pueden separar fácilmente de la señal principal. A velocidades binarias más altas, la separación no es tan fácil de lograr.

40 En un enlace de gran ancho de banda basado en la transmisión continua de datos, en contraposición a la técnica de transmisión en el modo de ráfaga utilizada en ciertas disposiciones de la técnica anterior, la pluralidad de señales reflejadas se solapan entre sí causando la interferencia. Este problema se puede evitar diseñando el enlace de manera que las señales multitrayecto se atenúen en el transductor de recepción en un nivel, con respecto a la señal principal, mayor que la dinámica de 20dB exenta de parásitos. Preferiblemente, esto se logra equilibrando las pérdidas debidas a la propagación de haz acústico y a la atenuación acústica en el medio.

45 Aunque una disposición que comprende sólo transductores primero y segundo es capaz de proporcionar sólo comunicación unidireccional en un momento dado, los transductores, sin embargo, pueden estar configurados de manera que la dirección de comunicación pueda ser conmutada eléctricamente. Sin embargo, mediante la colocación de pares de transductores en cada lado del sustrato, por ejemplo, de un casco de submarino, el enlace de comunicaciones puede estar configurado para ser continuamente de dos vías; es decir, activo en ambas direcciones a la vez.

50 Una realización preferida de la presente invención se describirá ahora solo a modo de ejemplo y con referencia a los dibujos que se acompañan, en los que:

La figura 1 muestra una sección de un casco de submarino con transductores montados, de acuerdo con una realización preferida de la presente invención;

La figura 2 es un diagrama de circuito para un circuito de adaptación preferido para usar en un sistema de comunicación de acuerdo con la realización preferida de la presente invención; y

La figura 3 es un gráfico que muestra la forma de banda de transmisión a través de un casco de submarino medida para la realización preferida de la presente invención.

Los cascos de submarino tienen que ser capaces de soportar tensiones considerables en uso. Cada punto de perforación en el casco es un posible punto de fallo. Por otra parte, estas perforaciones son caras de fabricar y de instalar. Diseñadores de otros tipos de estructura cerrada, por ejemplo recipientes presurizados en reactores nucleares y tuberías de alta presión, comparten preocupaciones similares. Con frecuencia existe la necesidad de ser capaz de transmitir datos, por ejemplo, de presión, temperatura, radiación, datos y video de seguimiento químico procedentes de sensores, entre el interior de tal estructura cerrada y el exterior. Una técnica de comunicación de gran ancho de banda para la transferencia de tales datos que evite la necesidad de atravesar físicamente la estructura crea ventajas considerables en la integridad y la fiabilidad general de la estructura.

Una realización preferida de la presente invención, diseñada para proporcionar una velocidad de transferencia de datos digitales de aproximadamente 15 MHz a través de un casco de submarino de acero de 36 mm utilizando señales acústicas de 40 MHz, se describirá ahora con referencia a la figura 1.

Con referencia a la figura 1, se muestran unos transductores piezoeléctricos 100 y 105 que han sido alineados y unidos a caras opuestas de un casco de submarino 110 de acero con un espesor de 36 mm. Las dimensiones relativas de los transductores 100, 105 y del casco de submarino 110 se han exagerado en la figura 1 para mostrar más claramente la estructura de los transductores 100, 105. En un dibujo a escala, los transductores 100, 105 aparecerían significativamente más pequeños y más delgados en comparación con el espesor del casco 110.

Cada transductor 100, 105 comprende una plaqueta rectangular 115 de un material piezoeléctrico de aproximadamente 7 mm por 9 mm y aproximadamente 100 μm de espesor que ha sido unida a un plano de tierra 120. El plano de tierra 120, a su vez, se ha unido a la superficie del casco de acero 110 mediante una capa de unión (no mostrada en la figura 1). Preferiblemente, la capa de unión se elige para que tenga un espesor inferior a una vigésima parte de la longitud de onda de señales acústicas que van a ser generadas por los transductores 100, 105. En base a una velocidad acústica calculada a través del acero usado en cascos de submarinos 110 de aproximadamente 5.800 m/s, esto proporciona un espesor de capa de unión preferido inferior a 5 μm cuando se utiliza con señales acústicas preferidas de 40 MHz.

Cada transductor 100, 105 se activa mediante un electrodo 125 que tiene un área de aproximadamente 49 mm^2 . El electrodo 125 está situado en la cara de la plaqueta piezoeléctrica 115 opuesta a la del plano de tierra 120. Unos cables de unión 135 conectan el plano de tierra 120 y el electrodo 125 a un plano de tierra y a vías de conducción, respectivamente, de una tarjeta de circuitos de interconexión 140. La tarjeta de circuitos de interconexión 140 incluye componentes de interconexión 145, por ejemplo inductancias para una red de adaptación de impedancia que se describe a continuación. Preferiblemente, la tarjeta de interconexión 140 está montada sobre un elemento de soporte 150 que también está unido a la superficie del casco 110 para proporcionar un montaje sólido. El elemento de soporte 150 lleva un conector eléctrico 155 que está conectado eléctricamente a la tarjeta de interconexión 140.

Los inventores en el presente caso han modelado el perfil de intensidad de señales acústicas 130 generadas por un transductor de plaquetas 100, 105 como una función del ángulo en dirección opuesta a la dirección de alineación del transductor 100, 105. Por tanto, han determinado que la alineación angular de las plaquetas de transductor 115 en lados opuestos del casco 110 cuando se utilizan electrodos cuadrados de 49 mm^2 125 debe estar dentro de aproximadamente $\pm 1^\circ$ para que el transductor de recepción esté dentro de los puntos 3dB de la respuesta del transductor modelado. En la práctica, la alineación se puede conseguir mediante un diseño con los transductores 100, 105 colocados por medición geométrica en cada lado del casco 110 o por alineación activa en cada lado del casco 110 utilizando señales de prueba generadas primero por un transductor 100, 105 y a continuación, por el otro.

En general, se utiliza una red de adaptación en combinación con el transductor 100, 105. Una red de adaptación preferida diseñada para su uso con la disposición descrita anteriormente con referencia a la figura 1, operativa a una frecuencia central preferida de 40 MHz, se describe a continuación con referencia a la figura 2.

Con referencia a la figura 2, se muestra un diagrama de circuito para una red de adaptación conectada a un transductor del tipo descrito anteriormente con referencia a la figura 1. Eléctricamente, el transductor (100, 105) es en efecto un condensador en serie con una resistencia a la radiación y una resistencia eléctrica debidas a la vía de interconexión con el transductor. La red de adaptación comprende un primer inductor 205 de 140nH para la conexión en paralelo con el transductor entre el electrodo de transductor 125 y el plano de tierra 120, y un segundo electrodo 210, también de 140nH, conectado en serie entre una entrada 215 a la red y la conexión del lado de electrodo del primer inductor 205. El primer inductor 205 se proporciona para desconectar la mayor parte de la capacitancia en el transductor (100, 105), y al mismo tiempo aumentar la impedancia del transductor y el inductor 205 combinados. El segundo inductor 210 completa el proceso de ajuste en la gama de frecuencias de banda ancha requerida. Preferiblemente, la red de adaptación se fabrica en la tarjeta de interconexión 140, como se muestra en la disposición de la figura 1, mientras que la entrada de red 215 y una conexión de plano de tierra 220 se terminan en el conector 155.

En general, para lograr un funcionamiento de banda ancha desde un transductor unido a un sustrato, la impedancia acústica del transductor, dada por el producto de la densidad del material de transductor y la velocidad acústica a través del mismo, debe adaptarse lo máximo posible a la del sustrato. Esto facilita el acoplamiento de la energía mecánica del transductor al sustrato. En una mejora adicional, el material seleccionado para el transductor debe tener el máximo coeficiente de acoplamiento electromecánico posible, que represente la fuerza de acoplamiento de la energía eléctrica suministrada en la energía mecánica en el transductor. Materiales transductores candidato para su uso en realizaciones preferidas de la presente invención incluyen PZT y niobato de litio. Otros materiales, y otras configuraciones de transductor también se pueden utilizar. Los inventores en el presente caso han demostrado que es posible lograr anchuras de banda fraccionarias de hasta el 50% de la frecuencia central operativa con transductores de ondas longitudinales adecuadamente seleccionados aplicados a un sustrato de acero de casco de submarino.

Otro factor a tener en cuenta en el diseño de un enlace de comunicación de banda ancha pasacasco es la necesidad de equilibrar las pérdidas derivadas de la propagación de un haz acústico a medida que viaja a través del material del casco y las debidas a la atenuación acústica del material. Las pérdidas derivadas de la propagación del haz tienden a disminuir con la frecuencia mientras que las pérdidas debidas a la atenuación tienden a aumentar con la frecuencia. Estas pérdidas pueden ser equilibradas para una longitud de trayectoria particular mediante una combinación de la elección del tamaño del transductor y la frecuencia operativa del aparato. Es importante que esto se haga porque de lo contrario el enlace de datos acústicos tendrá una pérdida mayor en un extremo de su ancho de banda operativa que en el otro extremo, causando una distorsión significativa de la señal transmitida.

Con referencia a la figura 3, se proporciona un gráfico que muestra la forma de la banda de transmisión medida en una gama de frecuencias de entre 20 MHz y 60 MHz para la realización preferida de la presente invención que se describe aquí.

Aunque se ha utilizado un espesor de casco de 36 mm para demostrar el funcionamiento de una realización preferida de la presente invención, los inventores en el presente caso han determinado que un haz acústico lanzado por un transductor acústico 100, 105 a una frecuencia de 40 MHz usando electrodos de 49 mm², permanece aproximadamente colimado sobre una distancia de hasta 150 mm. Esto permite la aplicación de realizaciones preferidas de la presente invención a estructuras más gruesas que el casco de submarino de la demostración.

En la práctica, el tamaño del electrodo está determinado por una combinación de la trayectoria acústica (transductores más grandes son más fáciles de alinear), la frecuencia operativa y la facilidad de adaptación de la impedancia.

A diferencia de los transductores convencionales, cualquier transductor montado sobre la superficie externa de un submarino será hidrostáticamente cargado y quedará protegido del agua del mar encapsulándolo de cualquier modo en un revestimiento de plástico adecuado, o por ejemplo un aceite dentro de una cubierta deformable. Se ha tenido en cuenta el impacto de una carga de aceite en la superficie posterior del transductor de niobato de litio. Utilizando cálculos razonables para la densidad del aceite y la velocidad del sonido en el aceite, se ha encontrado que es probable que se acople muy poca energía acústica, menos de 0,2 dB del total disponible, a la carga de aceite debido al desajuste significativo de la impedancia acústica entre la plaqueta piezoeléctrica 115 y el aceite. Preferiblemente, el transductor y la electrónica asociada para montar en la superficie exterior de un submarino de manera compatible con operaciones en aguas profundas.

Esta técnica de comunicación de datos de alta frecuencia sin perforación de acuerdo con realizaciones preferidas de la presente invención es igualmente aplicable a muchas otras estructuras entre las que se incluyen reactores nucleares y tuberías de alta presión. La ventaja de esta técnica sobre otras técnicas más convencionales utilizadas con estas estructuras es que reduce la necesidad de taladrar agujeros, cada uno de los cuales es un potencial punto de fallo ya sea debido a una fractura por fatiga o por corrosión química. Una diferencia entre las diversas aplicaciones de la presente invención radica en el grado de protección del medio ambiente aplicado a cada estructura de transductor.

En una aplicación preferida de la presente invención cuando se aplica a cascos de submarinos, se pueden proporcionar puntos de comunicación bajo el agua en varios lugares sobre el exterior del casco para permitir, por ejemplo, comunicación de radiofrecuencia de corto alcance o comunicación óptica entre vehículos externos o buzos que están en el agua fuera del submarino y equipos o personas en su interior. Por ejemplo, se puede enlazar un transpondedor con el enlace de comunicación a través del casco según lo previsto por la presente invención para permitir el control remoto de un vehículo submarino desde el interior del submarino o para descargar datos recogidos por el vehículo submarino cuando se mueve dentro del rango de comunicación del transpondedor. La naturaleza de la banda ancha de la conexión a través del casco proporcionada por la presente invención parece particularmente atractiva por su capacidad de descargar rápidamente o intercambiar cantidades significativas de datos con un vehículo de control remoto o un buzo o un faro submarino en un tiempo muy corto.

REIVINDICACIONES

1. Aparato para la comunicación de datos a través de un sustrato rígido sólido (110), que comprende:
- un primer transductor acústico (100) montado en una cara del sustrato;
- 5 un segundo transductor acústico (105) montado en una segunda cara del sustrato, colocado para recibir señales acústicas transmitidas por el primer transductor acústico;
- medios de excitación para excitar el primer transductor con una señal portadora de onda continua modulada con datos; y
- un demodulador para la detección de datos modulados en una señal acústica detectada por el segundo transductor, caracterizado por que
- 10 las dimensiones de los transductores primero y segundo y de la frecuencia de la señal portadora se seleccionan a fin de reducir la interferencia producida por señales de tránsito triple a través del sustrato a un nivel suficientemente bajo como para permitir la comunicación continua de datos a través del sustrato a una velocidad binaria de al menos 1 MHz.
- 15 2. Aparato de acuerdo con la reivindicación 1, en el que las señales de tránsito triple son atenuadas en el segundo transductor a un nivel, con respecto a la señal principal, mayor que la dinámica de 20dB exenta de parásitos.
3. Aparato de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en el que los medios de excitación funcionan para generar una señal portadora de onda continua centrada entre 25MHz y 72MHz.
4. Aparato de acuerdo con la reivindicación 3, en el que la velocidad binaria de comunicación de datos es de al menos 10MHz.
- 20 5. Aparato de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en el que los medios de excitación comprenden además un circuito de adaptación de radiofrecuencia para el primer transductor.
6. Aparato de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en el que el sustrato es una parte de una estructura de metal.
7. Aparato de acuerdo con la reivindicación 6, en el que la estructura de metal es un casco de submarino de acero.
- 25 8. Aparato de acuerdo con la reivindicación 6, en el que la estructura de metal es un recipiente presurizado.
9. Método para comunicar datos a través de un sustrato rígido sólido utilizando señales acústicas transmitidas a través del sustrato entre un primer transductor acústico y un segundo transductor acústico montados en superficies opuestas del sustrato, comprendiendo el método las etapas de:
- 30 (i) excitar el primer transductor acústico con una señal portadora de onda continua que ha sido modulada con datos; y
- (ii) detectar, en el segundo transductor, señales acústicas transmitidas a través del sustrato por el primer transductor y detectar allí datos modulados; caracterizado por que
- 35 las dimensiones de los transductores primero y segundo y la frecuencia de la señal portadora se seleccionan a fin de reducir la interferencia producida por señales de tránsito triple a través del sustrato a un nivel suficientemente bajo como para permitir la comunicación continua de datos a través del sustrato a una velocidad binaria de al menos 1 MHz.

Fig.1.

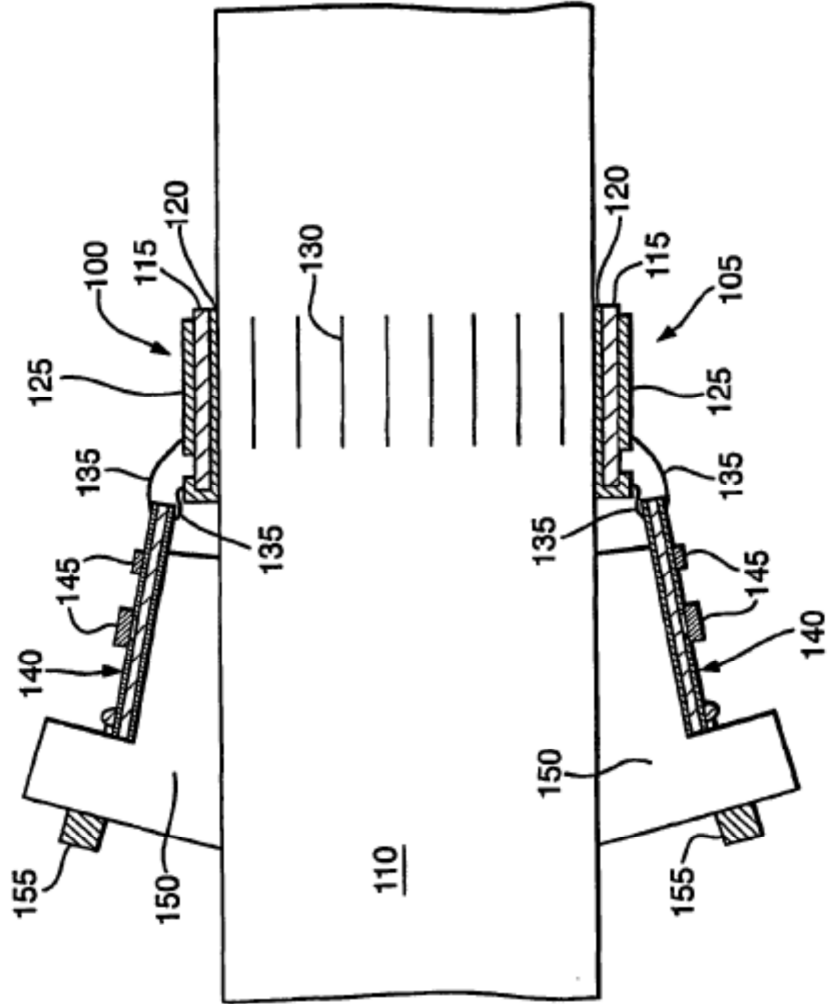


Fig.2.

