



19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA

11 Número de publicación: **2 305 493**

51 Int. Cl.:

H04R 17/00 (2006.01)

H01L 41/083 (2006.01)

H01L 41/02 (2006.01)

B06B 1/06 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Número de solicitud europea: **03752520 .1**

86 Fecha de presentación : **22.09.2003**

87 Número de publicación de la solicitud: **1444863**

87 Fecha de publicación de la solicitud: **11.08.2004**

54 Título: **Transductor ultrasónico encamisado.**

30 Prioridad: **23.09.2002 US 413069 P**
08.09.2003 US 501236 P
19.09.2003 US 667116

45 Fecha de publicación de la mención BOPI:
01.11.2008

45 Fecha de la publicación del folleto de la patente:
01.11.2008

73 Titular/es: **The Crest Group Inc.**
Scoth Road, P.O. Box 7266
Trenton, New Jersey 08628, US

72 Inventor/es: **Goodson, Michael, J.**

74 Agente: **Ungría López, Javier**

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

Transductor ultrasónico encamisado.

La presente invención se refiere a un transductor ultrasónico, que comprende:

uno o más cristales piezoeléctricos con forma de disco en los que cada cristal piezoeléctrico tiene un orificio axial;

una masa trasera situada en un lado de los cristales piezoeléctricos, en el que la masa trasera incluye un orificio axial;

una masa delantera situada en uno de los lados de los cristales piezoeléctricos opuestos a la masa trasera en el que la masa delantera tiene un orificio axial roscado internamente e incluye dos piezas compuestas por materiales diferentes; y

un perno roscado situado dentro del orificio axial de cada cristal piezoeléctrico y los orificios axiales de la masa trasera y la masa delantera y roscado hacia el orificio axial roscado internamente en la masa delantera, en el que el perno comprime los cristales piezoeléctricos entre la masa trasera y la masa delantera.

En un artículo titulado "Combination of Analytical and Finite Element Methods to obtain Acoustic Fields in Complex Structures driven by Piezoelectric Multi-layered transducers" en las páginas 955 a 958 de Proceedings of the 1977 IEEE Ultrasonics Symposium, J.C. Adamowski, M.Y. Matuda, F. Buiocchi, C.M. Furukawa, y R.A. Sigelmann se describe un transductor ultrasónico compuesto por una pila de cuatro discos de material piezoeléctrico sujetos juntos entre dos discos de acero mediante un perno que se extiende axialmente a través de orificios centrales en uno de los discos de acero y los cuatro discos piezoeléctricos, y de esta manera se conecta con un orificio con rosca de tornillo en el otro disco de acero. El documento US 2001/0001123 A1 describe un transductor ultrasónico que comprende un ensamblaje de apilamiento piezoeléctrico en combinación con un extremo delantero acampanado y mantenido en compresión mediante un perno en combinación con una campana del extremo posterior. El perno se conecta mediante rosca al extremo delantero acampanado.

Los transductores o convertidores ultrasónicos apilados 10 y 12 típicos de la técnica anterior se muestran en las Figuras 1 y 2. Ambos transductores 10 y 12 tienen múltiples PZT 14 (cristales piezoeléctricos o transductores), que son de forma anular y están localizados entre la masa trasera o accionador trasero 16 y una masa delantera o accionador frontal 18 (Figura 1) o 20 (Figura 2). Un perno 22 se rosca en roscas internas en la masa delantera 18 o 20 para mantener el convertidor junto y comprimir los PZT 14 entre la masa delantera y la masa trasera. Un manguito aislante 23 aísla eléctricamente los PZT 14 desde el perno 22, y los contactos eléctricos 25 proporcionan conexiones eléctricas a los PZT. Una extensión roscada 24 conecta el convertidor a un generador auxiliar o brazo (no mostrado) usado para soldadura ultrasónica o una aplicación similar. Los PZT funcionan en modo espesor, lo que significa que se expanden y contraen fundamentalmente en la dirección del eje central 26 del transductor. La masa delantera 18 o 20 está ahusada para amplificar la amplitud de las vibraciones de los PZT 14.

En la Figura 1, la masa delantera 18 es un solo material tal como aluminio o titanio. El aluminio tiene la ventaja de que tiene una alta capacidad térmica, lo que es útil como sumidero de calor para transferir calor lejos de los PZT. Sin embargo, el aluminio es un material relativamente blando y las roscas de tornillo necesitan retener el perno 22 y la extensión roscada 24 se debilita correspondientemente. El titanio tiene una resistencia de material y una resistencia de rosca superiores comparado con el aluminio, aunque tiene una menor capacidad térmica y no puede absorber calor tan eficazmente como el aluminio.

El transductor 12 mostrado en la Figura 2 sustituye el titanio por aluminio en el área roscada de la masa delantera. La masa delantera de dos piezas 20 está compuesta por aluminio en la pieza proximal 28 cerca de los PZT 14 y está compuesta por titanio en la pieza distal 30 que contiene roscas internas para ajustarse con el perno 22 y la extensión roscada 24. Una desventaja del diseño de dicha masa delantera de dos piezas es que no funciona tan bien como una masa delantera de una sola pieza (Figura 1) porque tener dos materiales interfiere con la ganancia de amplitud de la masa delantera ahusada y la transmisión de energía vibracional ultrasónica de los PZT al generador auxiliar o brazo.

En otras aplicaciones, un transductor ultrasónico puede unirse a una superficie de energía vibratoria ultrasónica a transferir. Por ejemplo, la superficie puede ser la superficie exterior de un tanque que contiene una solución de limpieza y en la que se sumergen los objetos a limpiar ultrasónicamente. En dicha aplicación, el transductor ultrasónico puede unirse de manera adhesiva a la superficie de tanque. Sin embargo, si el material del tanque y la masa delantera son diferentes, puede haber un desajuste en los coeficientes de la expansión térmica, que puede provocar el fallo del enlace adhesivo. El tanque puede hacerse de cuarzo y la masa delantera del transductor puede hacerse de aluminio, que tienen coeficientes significativamente diferentes de expansión térmica.

El documento EP 0749900 A1 describe un transductor ultrasónico de la clase definida anteriormente en el comienzo de este documento en el que las láminas metálicas se intercalan entre los discos piezoeléctricos para servir como electrodos conductores, y la masa delantera está compuesta por una junta con forma de disco a través de la que el perno se extiende con holgura, y un brazo de sellado en el que el perno se conecta con rosca de tornillo, separando la

ES 2 305 493 T3

junta la pila de discos piezoeléctricos de una superficie plana del brazo de sellado. Si el brazo es de titanio, la junta es de aluminio.

De acuerdo con la presente invención, un transductor ultrasónico como se ha indicado en el primer párrafo de este documento anteriormente, se caracteriza porque dichas dos piezas incluyen un manguito roscado que tiene dicho orificio axial roscado internamente y tiene una sección de diámetro reducido, y una carcasa externa que está axialmente fuera de la sección de diámetro reducido del manguito roscado.

Una realización preferida a la presente invención es un transductor ultrasónico encamisado que comprende un manguito roscado para una parte de la masa delantera y una carcasa exterior de un material diferente para la otra parte de la masa delantera. Como la masa delantera está compuesta por dos partes, puede hacerse de diferentes materiales, cada uno seleccionado para optimizar una propiedad o función diferente. En manguito roscado es preferiblemente metal tal como titanio que proporciona una resistencia de roscado superior para ajustarse con el perno y la extensión roscada, si lo hubiera, mientras que la carcasa externa es preferiblemente aluminio o cerámico que proporciona una buena capacidad de recogida de calor térmico y/o transmisión de energía vibracional. La combinación de los dos componentes proporciona un transductor ultrasónico mejorado.

Preferiblemente, el manguito roscado y la carcasa externa tienen superficies de contacto que encajan en un plano perpendicular a un eje del transductor. También preferiblemente, un diámetro externo de la sección de diámetro reducido del manguito roscado es sustancialmente igual a un diámetro interno de uno o más cristales piezoeléctricos.

Los términos transductor, convertidor, y generador se usan en este documento de forma intercambiable para hacer referencia a un dispositivo que genera vibraciones ultrasónicas como respuesta a una señal de accionamiento eléctrica. El término cristal piezoeléctrico se usa de forma intercambiable con los términos transductor piezoeléctrico y PZT. También, los términos masa delantera y accionamiento frontal se usan de forma intercambiable para referirse a la parte del transductor (o convertidor o generador) a través de la cual la energía vibracional ultrasónica pasa al objeto de interés. Igualmente, los términos masa trasera y accionador trasero se usan de forma intercambiable para referirse a la parte del transductor (o convertidor o generador) que es opuesta a la masa delantera (o accionador frontal) y que proporciona una masa para equilibrar las vibraciones de los cristales piezoeléctricos.

La invención se describirá ahora mediante ejemplos con referencia a los dibujos adjuntos, en los que:

La Figura 1 es una vista de sección lateral de un transductor ultrasónico de la técnica anterior que tiene una masa delantera compuesta por un solo material metálico.

La Figura 2 es una vista de sección lateral de otro transductor ultrasónico de la técnica anterior, teniendo éste una masa delantera de dos piezas compuesta por dos materiales metálicos.

La Figura 3 es una vista de sección lateral de un manguito roscado de la masa delantera de la primera realización de un transductor ultrasónico de acuerdo con la presente invención.

La Figura 4 es una vista de sección lateral de una carcasa externa de la masa delantera de la primera realización de un transductor ultrasónico de acuerdo con la presente invención.

La Figura 5 es una vista de sección lateral de un transductor ultrasónico encamisado de acuerdo con la presente invención, que usa el manguito de titanio de la Figura 3 y la carcasa de aluminio de la Figura 4.

La Figura 6 es una vista lateral del transductor ultrasónico encamisado del transductor de la Figura 5.

La Figura 7 es un diagrama impedancia-frecuencia de un transductor con un accionador frontal de dos piezas de aluminio/titanio como se muestra en la Figura 2.

La Figura 8 es un diagrama de impedancia-frecuencia de la primera realización de un transductor ultrasónico encamisado de acuerdo con la presente invención.

La Figura 9 es una vista de sección lateral de otra realización de un transductor ultrasónico encamisado de acuerdo con la presente invención, similar al transductor de las Figuras 3-6.

La Figura 10 es un transductor ultrasónico encamisado diferente.

La Figura 11 es una vista de sección lateral de otra realización alternativa de un transductor ultrasónico encamisado de acuerdo con la presente invención.

La Figura 12 es una vista lateral de transductor de la Figura 11.

La Figura 13 es una vista de sección lateral de otra realización alternativa del transductor ultrasónico encamisado de acuerdo con la presente invención.

Como se muestra en las Figuras 3-6, un transductor ultrasónico encamisado 40 de acuerdo con la presente invención tiene una masa delantera de dos piezas 42 que comprende un manguito roscado internamente 44 de un material y una carcasa externa contra-perforada 46 de otro material. Preferiblemente, el manguito roscado 44 está compuesto por un material, tal como titanio u otro metal, que tiene una resistencia metálica suficiente para roscas de tornillo. También preferiblemente, la carcasa externa está compuesta por un material, tal como aluminio, otro metal, o cerámico u otro material no metálico, que proporciona ventajosamente propiedades térmicas y/o acústicas, incluyendo conducción térmica, expansión térmica y/o conducción eficaz de la energía vibracional generada por los PZT (transductores o cristales piezoeléctricos) 14.

El manguito roscado 44 tienen roscas internas 48 que se ajustan con las roscas externas del perno 22 y la extensión roscada 24. La carcasa externa 46 tiene una superficie superior plana 50 que entra en contacto con la pila de PZT y un orificio contra-perforado 52 que anida o se ajusta con una sección de diámetro reducido 54 del manguito roscado 44. La carcasa exterior 46 tiene una superficie inferior plana 56 que es perpendicular al eje del transductor y que entra en contacto con un saliente 58 del manguito roscado 44. El perno 22 comprime los PZT 14 contra la superficie superior 50 de la carcasa externa 46 y comprime la superficie inferior 56 contra el saliente 58 del manguito roscado 44. Las vibraciones axiales de los PZT 14 viajan a través de la carcasa externa 46 y hacia el manguito roscado 44 en el contacto entre la superficie 56 de la carcasa externa y el saliente 58 del manguito roscado.

La superficie inferior 56 de la carcasa externa 46 se localiza preferiblemente en una sección cilíndrica 60 de la masa delantera, no en una sección ahusada 62. La ganancia de amplitud de la masa delantera se desarrolla totalmente en la sección ahusada 62, de manera que las vibraciones de la sección cilíndrica 60 son axiales. La transición entre las dos piezas de la masa delantera, donde la superficie 56 se apoya contra el saliente 58, se localiza en la sección cilíndrica de manera que las vibraciones axiales se transfieren eficazmente de la carcasa externa 46 al manguito roscado 44. Preferiblemente, el diámetro externo de la sección de diámetro reducido 54 del manguito roscado es sustancialmente igual que el diámetro interno de los PZT 14.

Comparado con el transductor ultrasónico anterior 12 con una masa delantera de dos piezas 20 (Figura 2), el transductor ultrasónico encamisado 40 de la presente invención con una carcasa externa de aluminio 46 y un manguito roscado de titanio 44 tiene más aluminio para recoger mejor el calor y tiene una transición más eficaz de vibraciones entre las piezas de aluminio y titanio. Como se muestra en la Figura 7, el transductor anterior 12 tiene una impedancia mínima de 11,24 ohm, mientras que la Figura 8 muestra que dicho transductor encamisado 40 de la presente invención tiene una impedancia mínima mejorada de 4,18 ohm.

Comparado con un transductor ultrasónico de una pieza 10 de la técnica anterior (Figura 1), el transductor ultrasónico encamisado 40 de la presente invención con una carcasa externa de aluminio 46 y un manguito roscado de titanio 44 tiene una mejor resistencia de rosca que uno de masa delantera toda de aluminio y mejor recogida de calor térmico que uno de masa delantera toda de titanio. La combinación de manguito roscado de titanio 44 y carcasa externa de aluminio 56 del transductor encamisado 40 consigue un rendimiento acústico equivalente a accionadores frontales de un solo metal.

La carcasa externa puede estar compuesta de un metal distinto de aluminio o un material no metálico incluyendo cerámicos tales como carburo de silicio, óxido de aluminio, u otros cerámicos avanzados. Como se usa en este documento, el término "cerámicos avanzados" se refiere a materiales cerámicos que tienen un tamaño de grano mínimo de pocos micrómetros o una fracción de micrómetro y que tienen también una densidad muy alta con una porosidad casi cero medida en micrómetros. La estructura de grano es muy uniforme permitiendo que las señales ultrasónicas se muevan en cada dirección simultáneamente. El carburo de silicio es una forma preferida de cerámico avanzado y se hace a partir de una reacción química con grafito. Usando un material cerámico para la carcasa externa mejora el rendimiento acústico porque el cerámico es mejor conductor de la energía vibracional ultrasónica que el aluminio y otros metales, y puede preferirse por esta razón.

La Figura 9 muestra una construcción alternativa de la realización de la Figura 3-6 de la presente invención. El transductor 90 tiene una masa delantera 92 que tiene una carcasa externa 94 y un manguito roscado 96. Una sección de diámetro reducido 98 del manguito roscado 96 se extiende hacia arriba hacia la parte superior de la carcasa externa 94. La carcasa externa 94 tiene un orificio axial dimensionado para acomodar la sección 98 del manguito roscado 96. Preferiblemente, el diámetro externo de la sección de diámetro reducido 98 del manguito roscado 96 es esencialmente la misma que el diámetro interno de los PZT 14. La energía vibracional de los PZT 14 se transfiere a la carcasa externa 94, después hacia abajo a una superficie inferior 100 de la carcasa externa hacia una superficie superior 102 del manguito roscado 96. En otros aspectos, el transductor 90 es el mismo que el transductor 40 descrito anteriormente. La Figura 10 muestra un transductor ultrasónico para aplicaciones de alta frecuencia. Un transductor ultrasónico 70 tiene dos PZT anulares 72 en el medio de una pila, un disco anular 74 de óxido de aluminio por encima de los PZT, un disco anular 76 de carburo de silicio por debajo de los PZT, una masa delantera de titanio 78 y una masa trasera de titanio 80. La masa trasera 80 tiene un manguito roscado 82 que está roscado internamente y que se extiende hacia la región anular de la pila de transductores desde arriba. La masa delantera 78 tiene un miembro roscado externamente 84 que se extiende hacia la región anular de la pila de transductores desde abajo. El manguito roscado internamente 82 de la masa trasera 80 se ajusta con el miembro roscado externamente 84 de la masa delantera 78 para asegurar la pila de transductores y comprimir los PZT 72 y los discos 74 y 76 entre la masa delantera y la masa trasera.

Otro aspecto de la presente invención se refiere a una mejora en los transductores ultrasónicos usados en sistemas de limpieza, mostrados en las Figuras 12-13. Más específicamente, se ha reconocido ahora que el rendimiento potenciado puede conseguirse para formar el tanque o recipiente de cuarzo o material cerámico avanzado y enlazando el transductor directamente sobre una superficie del tanque.

Los transductores ultrasónicos usados habitualmente para operaciones de limpieza tienen una construcción apilada. Un transductor típico tiene uno o más cristales piezoeléctricos conformados en forma de disco con un orificio anular. El cristal piezoeléctrico está orientado de manera que la expansión y contracción en respuesta a señales eléctricas aplicadas es en la dirección axial. En un lado del cristal piezoeléctrico hay una masa trasera y en el otro lado hay una masa delantera. Un tornillo o perno comprimen el cristal piezoeléctrico entre la masa delantera y la masa trasera. La masa delantera se monta en el tanque y transmite vibraciones desde el cristal piezoeléctrico al tanque. La masa trasera equilibra los desplazamientos provocados por la expansión y contracción del cristal piezoeléctrico. En nuestras patentes anteriores de Estados Unidos 5.748.566 y 5.998.908, se describe una mejora a la construcción del transductor apilado, y añade un resonador hecho de un material cerámico entre el cristal piezoeléctrico y la masa delantera.

Un problema que hay que superar para enlazar un transductor a un tanque de limpieza son las propiedades del material inconsistentes entre los materiales usados para el tanque y el transductor. Las masas delantera y trasera habitualmente se hacen de metal tales como aluminio que tienen un coeficiente de expansión mucho mayor que el cuarzo o cerámicos tales como carburo de silicio.

La presente invención tiene una construcción diferente para el transductor, que facilita el enlace del transductor a un tanque. Típicamente, se monta más de un transductor a un tanque, interna o externamente. Habitualmente, se montan varios transductores en la parte inferior de un tanque de limpieza. El tanque contiene un líquido y partes a limpiar, enjuagar, o procesar de tal manera usando ultrasonidos. Los transductores se excitan mediante corriente alterna. Las vibraciones de provocadas por los cristales piezoeléctricos de los transductores se transfieren al tanque y a través del líquido a las piezas que hay en el tanque.

La construcción de otra realización del transductor de la presente invención se muestra como el transductor 110 en las Figuras 11 y 12. Los componentes del transductor 110, desde la parte superior, incluyen una masa trasera 118, electrodo 120, cristal piezoeléctrico 122, electrodo 120, resonador cerámico 124, y una masa delantera 125 que incluye un manguito roscado 126 y una carcasa externa 128. Un perno 130 se rosca en un orificio roscado internamente en un manguito roscado 122 y comprime los electrodos 120, el cristal piezoeléctrico 122 y el resonador cerámico 124 entre la masa trasera 118 y la masa delantera 125. La carcasa externa 128 está compuesta preferiblemente por carburo de silicio u otro material cerámico y está ligada a una superficie plana 132 del manguito roscado 126. Preferiblemente, la carcasa externa está compuesta por un material metálico o no metálico que tiene un coeficiente de expansión térmica similar al coeficiente de expansión térmica del material de tanque. Otra superficie plana 134 de la carcasa externa 128 está unida la superficie de un tanque de limpieza. Un saliente 136 en la parte inferior del manguito roscado 126 se ajusta con un orificio axial 138 de la carcasa externa 128 para ayudar a colocar el manguito roscado respecto a la carcasa externa. Todas las partes del transductor excepto los electrodos 120 son parcialmente simétricas. La masa trasera 118 y el manguito roscado 126 están compuestos preferiblemente de material de aluminio, aunque pueden hacerse de otros materiales no metálicos o metálicos tales como titanio si se necesita resistencia de roscado.

En la Figura 13 se muestra una construcción alternativa del transductor 110. El transductor 150 tiene un manguito roscado 152 que se extiende hacia abajo hacia la parte inferior de la carcasa externa 128, que proporciona un área más roscada para que el perno 130 se conecte. También, el transductor 150 tiene un manguito aislado 154 dentro del diámetro interno del PZT 156. Preferiblemente, el diámetro externo 158 del saliente inferior 160 del manguito roscado 152 es sustancialmente el mismo que el diámetro interno 162 del PZT 156. Dicha construcción puede ser más eficaz para transferir la energía vibracional del PZT a través de la carcasa externa 128 al tanque. Como alternativa, el resonador cerámico 124 puede tener el mismo diámetro interno que el PZT 156 con el manguito aislado 154 extendiéndose hacia abajo hacia la parte superior del manguito roscado 152.

Una ventaja de la construcción del transductor 110 o 150 es que la carcasa externa 128 de la masa delantera puede hacerse de un metal o un material no metálico tal como carburo de silicio, que tiene propiedades similares a aquellas del material del tanque, que puede ser de cuarzo o de carburo de silicio u otro cerámico avanzado. El carburo de silicio es un material policristalino. Hay muchos granos en el cerámico de carburo de silicio, con un tamaño de grano que es de pocos micrómetros (sinterizado directo). Hay diferentes formas de cuarzo, incluyendo cuarzo fundido y cuarzo monocristalino. El cuarzo fundido es un material amorfo (no cristalino, o vidrio). Hablando en general, el cuarzo monocristalino es uno de grano grande. Puede ser de un tamaño tan grande como varios centímetros (sólo un grano). El cuarzo fundido es amorfo, de manera que no contiene granos.

Los coeficientes de expansión térmica del vidrio y el cerámico son isotrópicos, lo que quiere decir que no son dependientes de la dirección. El coeficiente de expansión térmica de un cuarzo monocristalino es anisotrópico (dependiente de la dirección), lo que significa que varía con la orientación del cristal. Hablando en general, el coeficiente de expansión térmica del cuarzo monocristalino es aproximadamente 15-20 veces mayor que el vidrio de cuarzo fundido. El tipo de cuarzo preferido para tanques de limpieza es cuarzo fundido. Los coeficientes de expansión térmica (en unidades de $\mu\text{m/m-}^\circ\text{C}$) son 0,4 para cuarzo fundido, 4,5 para carburo de silicio, 17 para acero inoxidable, 9 para titanio y 23-24 para aluminio.

ES 2 305 493 T3

Usando carburo de silicio en lugar de aluminio para la parte de la masa de la cabeza que está unida a un tanque de limpieza, el desajuste térmico se reduce significativamente. El desajuste en la expansión térmica entre dos materiales enlazados induce tensiones dentro del límite del material cuando hay un cambio de temperatura. La diferencia en los coeficientes de expansión térmica entre aluminio y el cuarzo fundido es de aproximadamente 60 veces, comparado con 10 veces entre carburo de silicio y cuarzo fundido.

El transductor 110 o 150 se une a una superficie (exterior o interior) del tanque con un adhesivo polimérico epoxi Supreme 10AOHT. Esta epoxi contiene una carga cerámica de óxido de aluminio (alúmina). Es una epoxi de curado térmico con alta resistencia a cizalla y alta resistencia a desgarro. También es técnicamente conductora y resistente a ciclos térmicos severos. Se usa el mismo adhesivo para unir el carburo de silicio de la carcasa externa 128 y el manguito roscado de aluminio 126 o 152.

El uso de carburo de silicio en la masa delantera proporciona un transductor ultrasónico que puede unirse fácilmente a un tanque de cuarzo o cerámico, que facilita la transferencia eficaz de vibraciones ultrasónicas desde el transductor a las partes o artículos que hay en el tanque.

REIVINDICACIONES

1. Un transductor ultrasónico, que comprende:

5 uno o más cristales piezoeléctricos con forma de disco (14), en los que cada cristal piezoeléctrico (14) tiene un orificio axial;

10 una masa trasera (16) situada en los lados de los cristales piezoeléctricos (14), en el que la masa trasera (16) incluye un orificio axial;

15 una masa delantera (42) situada en un lado de los cristales piezoeléctricos (14) opuesta a la masa trasera (16) en el que la masa delantera (42) tiene un orificio axial roscado internamente e incluye dos piezas (44, 46) compuestas de diferentes materiales; y un perno roscado (22) situado dentro del orificio axial de cada cristal piezoeléctrico (14) y los orificios axiales de la masa trasera (16) y la masa delantera (42) y roscado en el orificio axial roscado internamente de la masa delantera (42) en el que el perno (22) comprime los cristales piezoeléctricos (14) entre la masa trasera (16) y la masa delantera (42); **caracterizado** porque dichas dos piezas incluyen un manguito roscado (44) que tiene dicho orificio axial roscado internamente y tiene una sección de diámetro reducida y una carcasa externa (46) que está axialmente fuera de la sección de diámetro reducido del manguito roscado (44).

20 2. Un transductor ultrasónico de acuerdo con la reivindicación 1, **caracterizado** porque la carcasa externa (46) está próxima a los cristales piezoeléctricos (14) y el manguito roscado (44) es distal respecto a los cristales piezoeléctricos (14), la carcasa externa (46) tiene un orificio axial con holgura para el perno (22) y la carcasa externa (46) tiene un orificio contra-perforado y el manguito roscado (44) tiene una parte del manguito que se ajusta dentro del orificio contra-perforado de la carcasa externa (46).

3. Un transductor ultrasónico de acuerdo con la reivindicación 1 o 2, **caracterizado** porque la carcasa externa (46) está compuesta por aluminio.

30 4. Un transductor ultrasónico de acuerdo con la reivindicación 1, **caracterizado** porque el manguito roscado (152) está próximo a uno o más cristales piezoeléctricos (156) y la carcasa exterior (128) es distal a uno o más cristales piezoeléctricos (156) y la carcasa externa (128) tiene un orificio axial y la sección de diámetro reducido (160) del manguito roscado (152) se ajusta dentro del orificio axial de la carcasa externa (128).

35 5. Un transductor ultrasónico de acuerdo con la reivindicación 1 o 2 o 4, **caracterizado** porque el manguito roscado (44) y la carcasa externa (46) tienen superficies de contacto que ajustan (56) en un plano perpendicular a un eje del transductor.

40 6. Un transductor ultrasónico de acuerdo con la reivindicación 4, **caracterizado** porque el manguito roscado (126) y la carcasa externa (128) se unen juntos usando una epoxi con una carga cerámica.

7. Un transductor ultrasónico de acuerdo con la reivindicación 6, **caracterizado** porque el relleno cerámico es un óxido de aluminio.

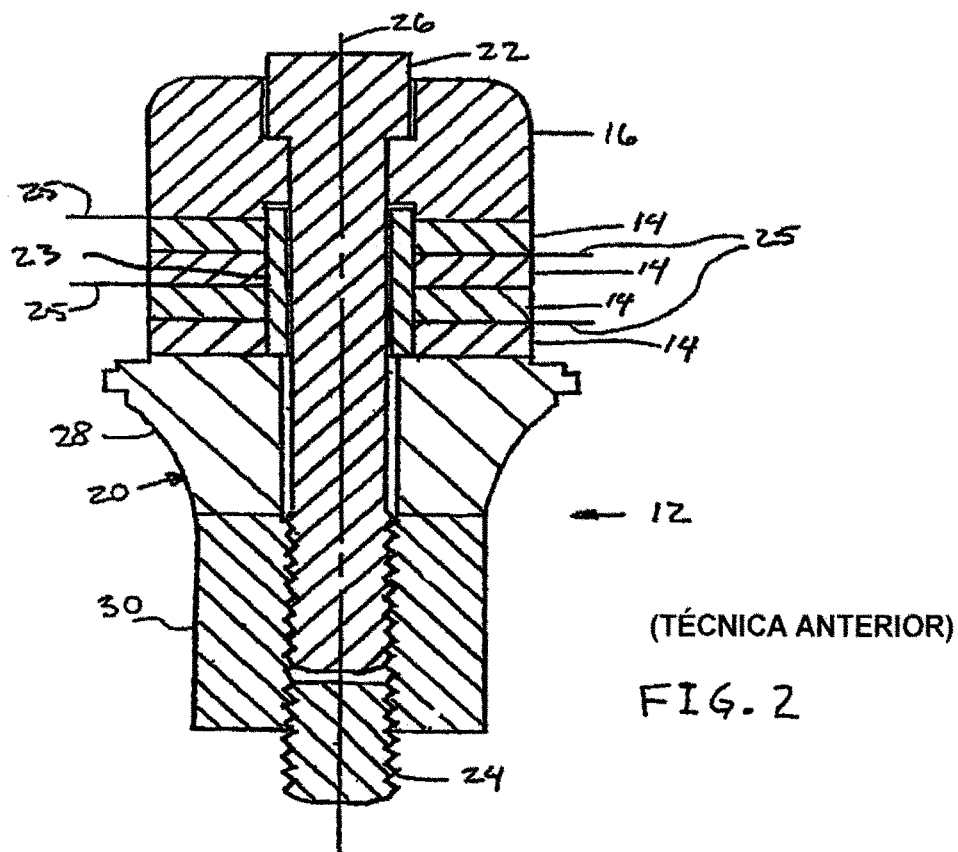
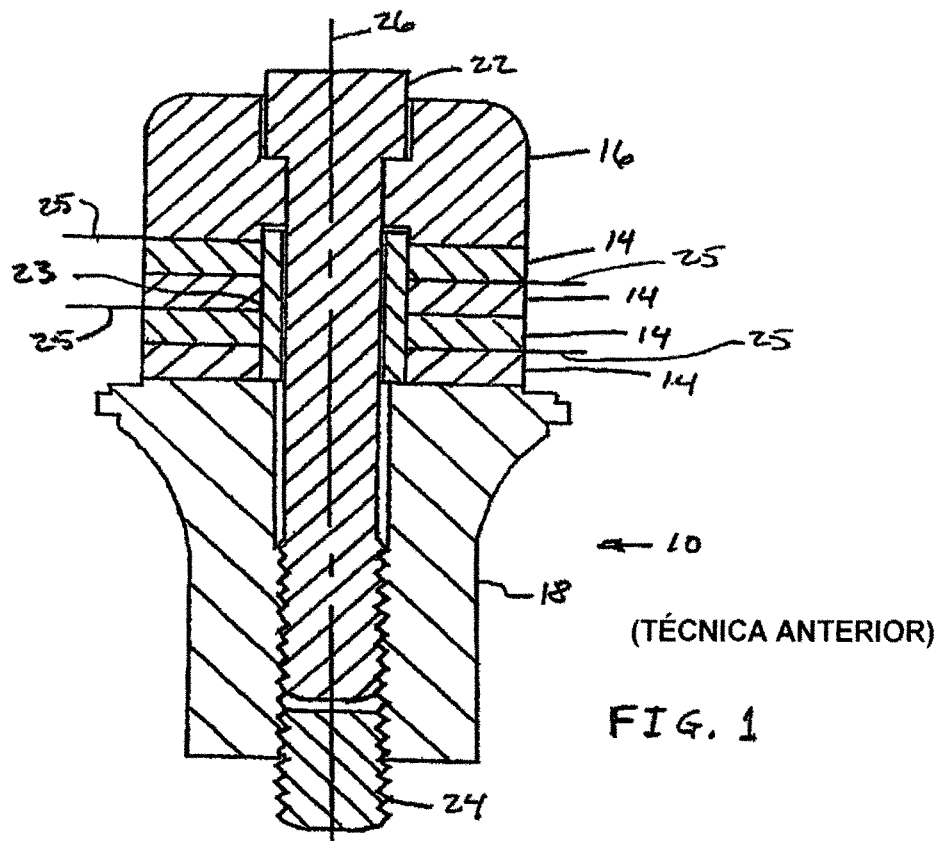
45 8. Un transductor ultrasónico de acuerdo con la reivindicación 6, **caracterizado** porque la epoxi es un adhesivo polimérico Supreme 10AOHT.

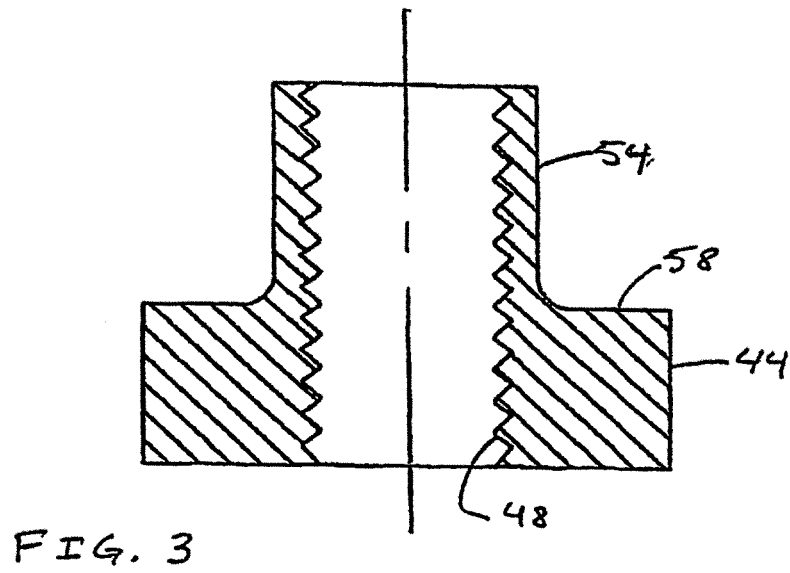
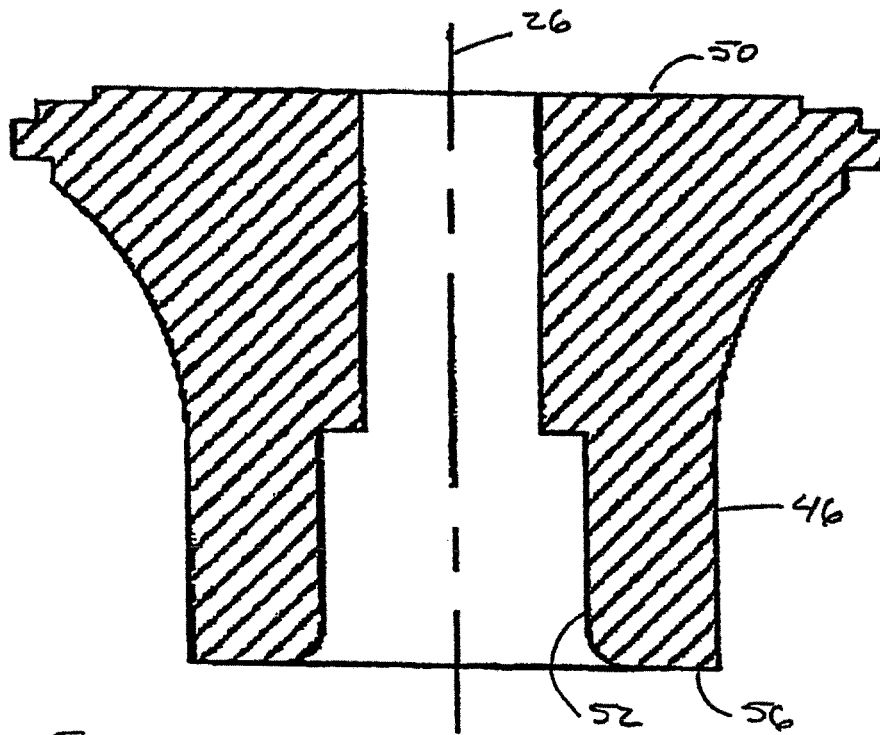
50 9. Un transductor ultrasónico de acuerdo con la reivindicación 1 o 2 o 4, **caracterizado** porque un elemento externo de la sección de diámetro reducido de la parte de manguito del manguito roscado (44; 96) es sustancialmente igual a un diámetro interno de uno o más cristales piezoeléctricos (14).

10. Un transductor ultrasónico de acuerdo con la reivindicación 1 o 2 o 4, **caracterizado** porque el manguito roscado está compuesto de titanio.

55 11. Un transductor ultrasónico de acuerdo con la reivindicación 1 o 4, **caracterizado** porque el manguito roscado está compuesto de aluminio.

12. Un transductor ultrasónico de acuerdo con la reivindicación 1 o 2 o 4, **caracterizado** porque la carcasa externa está compuesta de carburo de silicio.





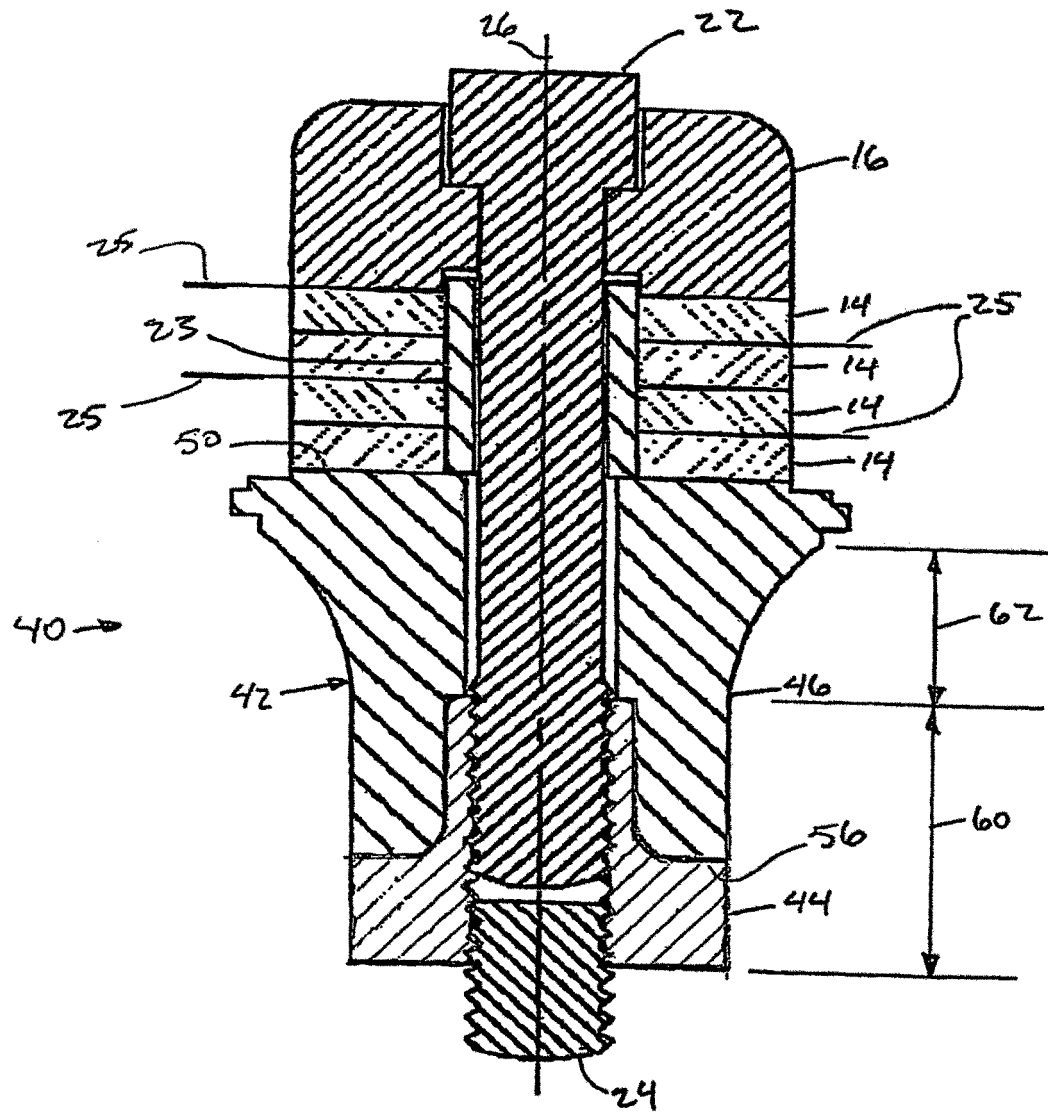


FIG. 5

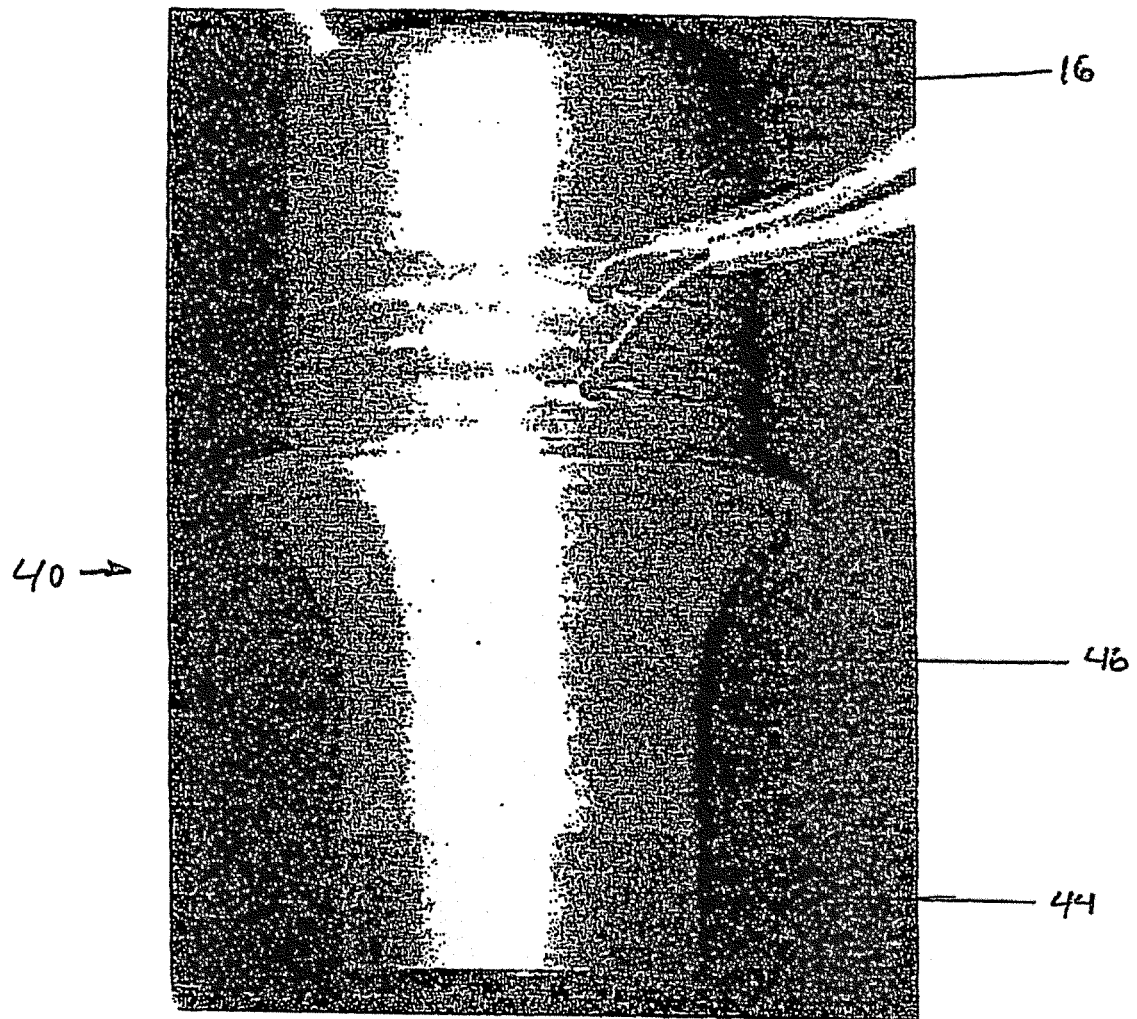


FIG. 6

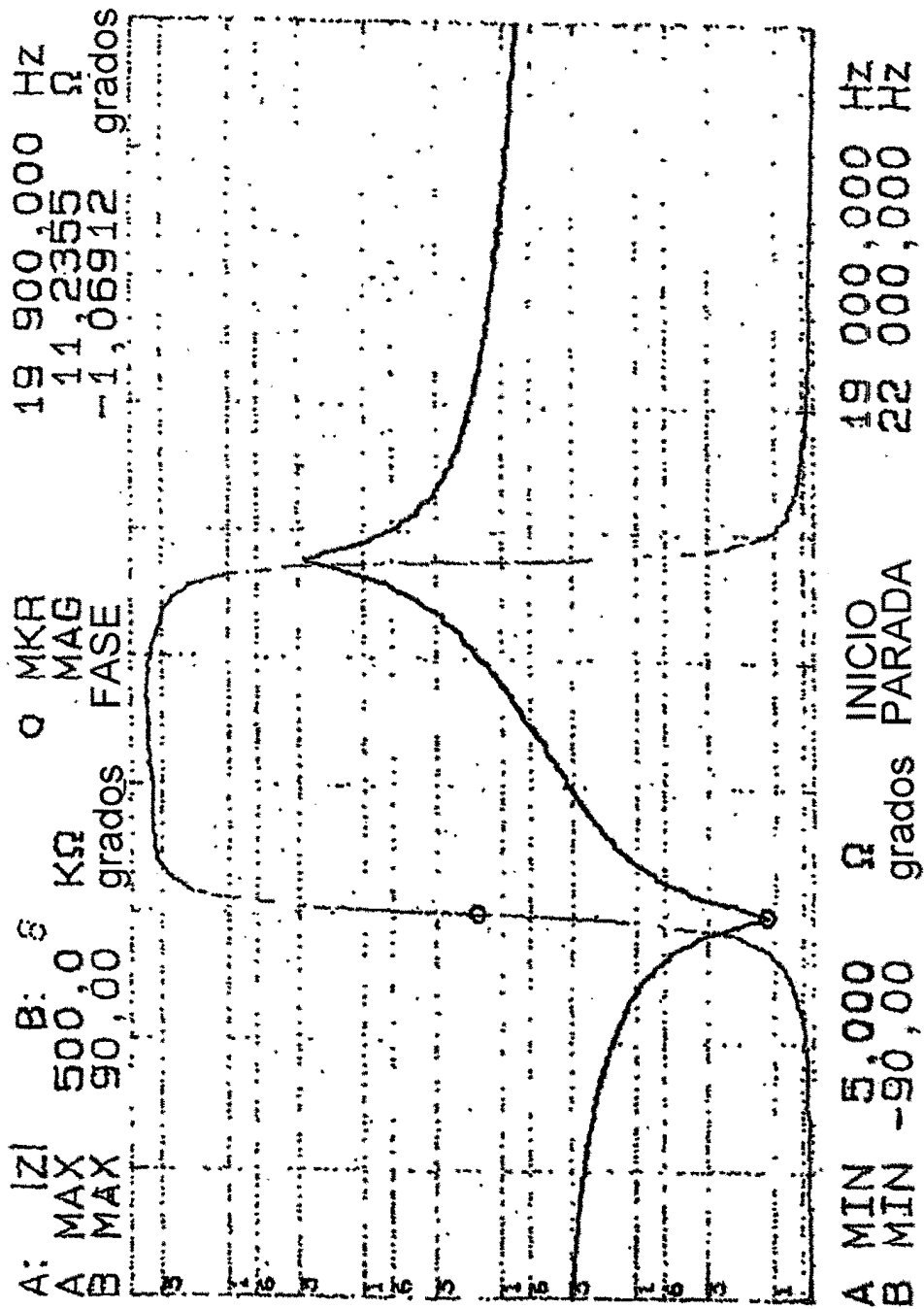


FIG. 7

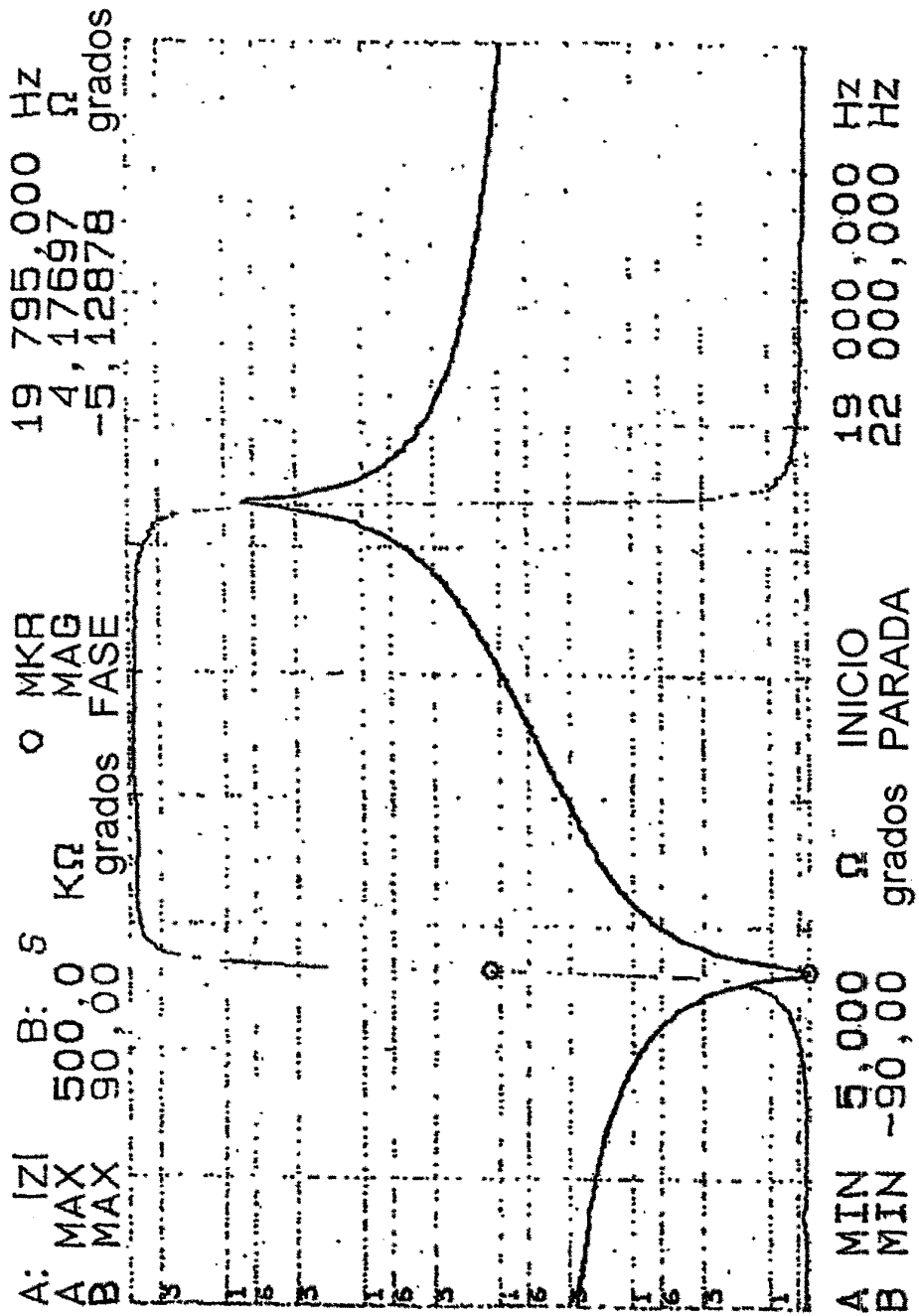


FIG. 8

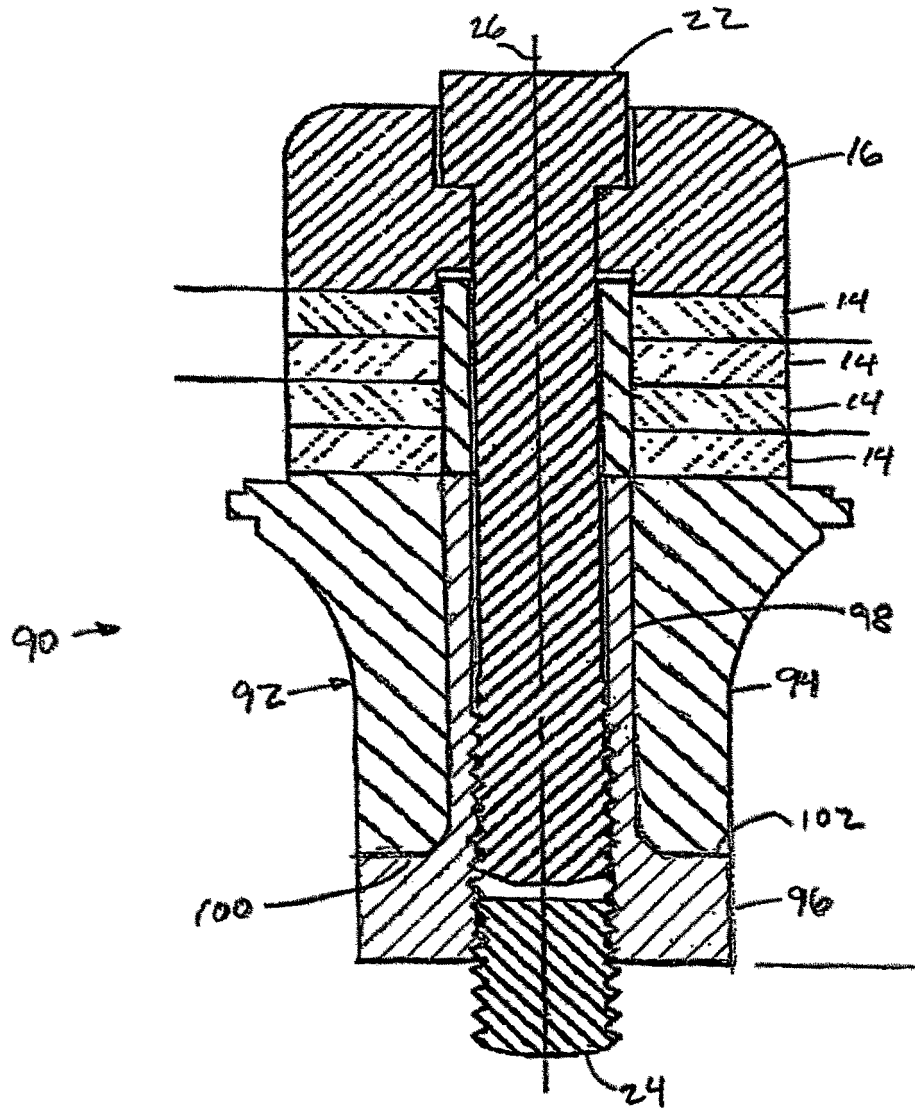


FIG. 9

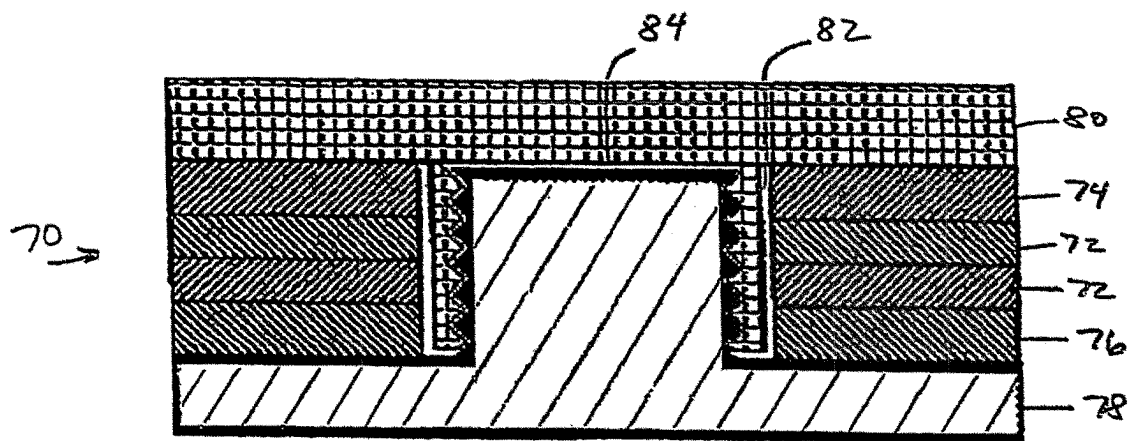


FIG. 10

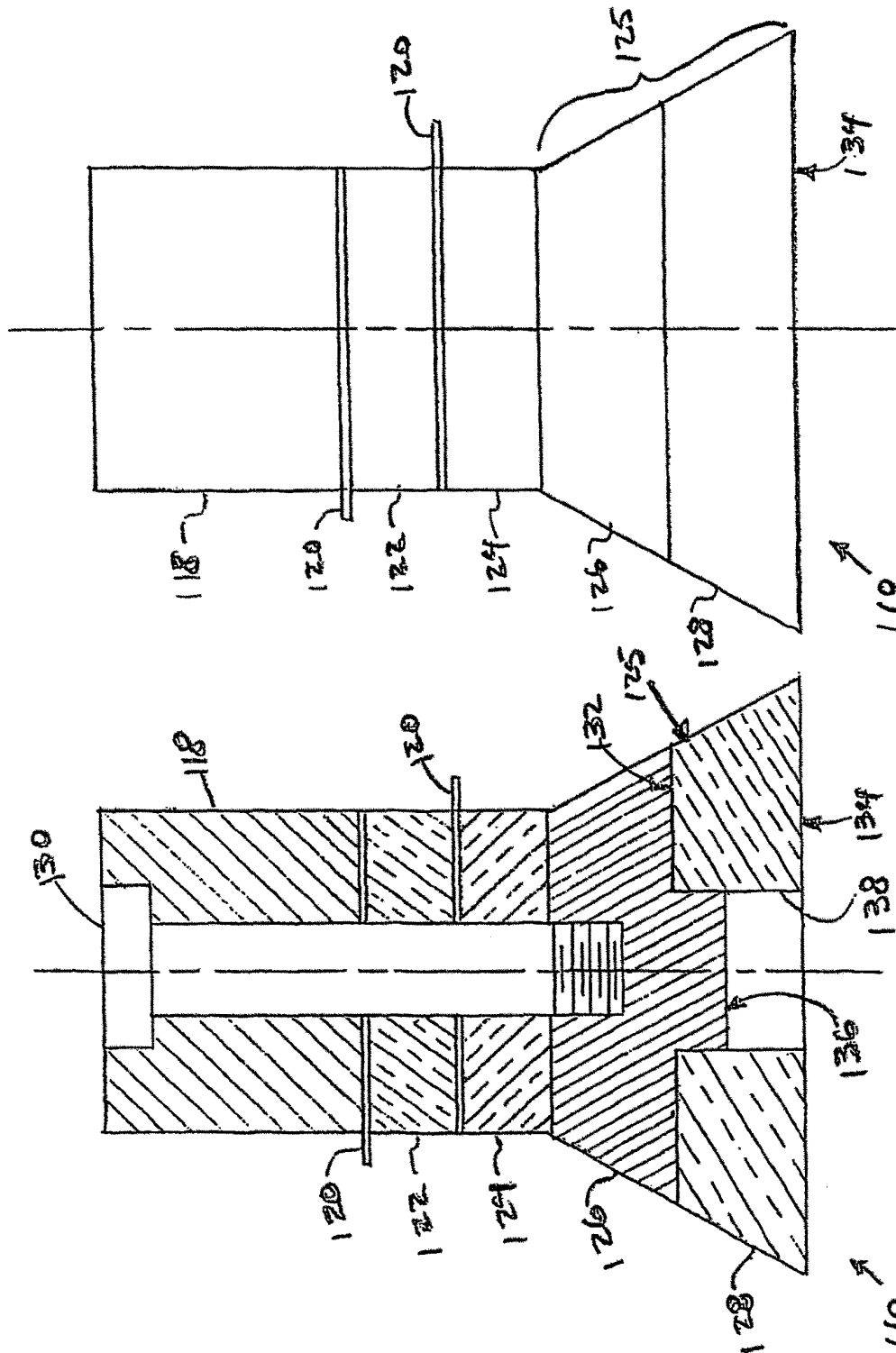


FIG. 12

FIG. 14

