

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 615 505**

51 Int. Cl.:

G01F 1/58

(2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **30.06.2005 PCT/EP2005/007055**

87 Fecha y número de publicación internacional: **12.01.2006 WO06002921**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **30.06.2005 E 05763147 (5)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **30.11.2016 EP 1782025**

54 Título: **Electrodo para un sensor de flujo magnético**

30 Prioridad:

02.07.2004 GB 0414875

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

07.06.2017

73 Titular/es:

**SENTEC LIMITED (100.0%)
BRUNSWICK HOUSE, 61-69 NEWMARKET ROAD
CAMBRIDGE CB5 8EG, GB**

72 Inventor/es:

GLAUSER, ANTHONY

74 Agente/Representante:

CURELL AGUILÁ, Mireia

ES 2 615 505 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

Electrodo para un sensor de flujo magnético

5 Campo de la invención

La presente invención se refiere a sensores de flujo de fluido, por ejemplo sensores de flujo de fluido que pueden hacerse funcionar para medir flujos de líquidos tales como agua a través de los mismos. Además, la presente invención se refiere a electrodos de detección adaptados para su inclusión en tales sensores de flujo de fluido. Además, la presente invención también se refiere a procedimientos de fabricación de tales electrodos de detección.

Antecedentes de la invención

Se conocen transductores de flujo, y funcionan mediante el aprovechamiento de diversos efectos físicos. Se describen ejemplos de transductores de flujo magnético en una solicitud de patente internacional PCT publicada con el nº PCT/GB2004/001618 (WO 2004/090475). En esta solicitud PCT publicada, se da a conocer un transductor magnético para medir un flujo de un fluido. El transductor está ilustrado esquemáticamente en la figura 1 e indicado generalmente por 10 en la misma. El transductor 10 incluye un conducto 20 para guiar un flujo F de un fluido. Además, el transductor 10 comprende un conjunto magnético indicado generalmente por 30 para aplicar un campo magnético transversal 70 en una región del conducto 20 en la que se produce el flujo F en funcionamiento. Además, el transductor 10 incluye dos electrodos 40a, 40b en la región en la que se aplica el campo magnético 70, acoplándose los electrodos 40a, 40b eléctricamente con respecto al fluido en el conducto 20 y también se conectan a entradas de una unidad 90 de procesamiento de señales.

Cuando se aplica el campo magnético 70, este es sustancialmente paralelo a un primer eje, ortogonal a la dirección del flujo F a través del conducto 20. El conjunto magnético 30 incluye un componente 50 que genera campos magnéticos acoplado magnéticamente a piezas polares 60a, 60b dispuestas de este modo para aplicar el campo magnético transversal 70 tal como se ilustra. Opcionalmente, el componente 50 generador de campos magnéticos emplea una propiedad del campo remanente de un material magnético para eludir la necesidad de gastar potencia en mantener el campo magnético 70; en tal operación, el campo magnético transversal presenta, de manera conveniente, una magnitud del orden de militeslas.

Los electrodos 40a, 40b pueden hacerse funcionar para detectar una diferencia V de potencial señalada por una flecha 80 en un segundo eje, siendo el segundo eje sustancialmente ortogonal con respecto al primer eje y a la dirección de flujo F. La diferencia V de potencial se genera en funcionamiento debido al fluido que fluye en el conducto 20, que incluye portadores de carga libre con cargas opuestas, viéndose estos portadores de carga libre afectados entre sí de manera diferente por el campo magnético 70 para generar la diferencia V de potencial. La unidad 90 de procesamiento de señales puede hacerse funcionar para procesar la diferencia V de potencial, teniendo en cuenta el campo transversal 70, para generar una medición M de la magnitud del flujo F. La integración de la medición M con respecto al tiempo proporciona una indicación de un volumen acumulativo de fluido que fluye a través del transductor 10.

Con el fin de que el transductor 10 pueda funcionar de manera fiable en funcionamiento, se ha encontrado importante que los electrodos 40a, 40b estén en contacto eléctrico estable con el fluido en el conducto 20 y que no surjan desvíos electroquímicos variables en una interfaz presente entre cada uno de los electrodos 40a, 40b y el fluido. Mientras que, hasta la fecha, ha sido una práctica convencional emplear electrodos de aleación de metal resistentes a la corrosión o de grafito en tipos relacionados de medidores de flujo de fluidos, la solicitud PCT publicada mencionada anteriormente divulga que los electrodos que comprenden una combinación de un elemento de metal y un elemento de haluro de metal funcionan de manera más estable que aquellos electrodos de aleación de metal resistentes a la corrosión o de grafito; en efecto, el elemento de haluro de metal proporciona un contacto eléctrico más estable entre el elemento de metal y el fluido. Se ha encontrado que los electrodos fabricados a partir de plata y cloruro de plata representan una mejora considerable con respecto a los enfoques conocidos utilizados en transductores de flujo de fluido.

Sin embargo, se requieren mejoras adicionales a las descritas en la anterior solicitud PCT publicada para proporcionar una operación fiable durante un periodo de muchos años cuando el transductor 10 se emplea, por ejemplo, en situaciones domésticas o industriales de medición del flujo de agua. En estas situaciones de medición, se ha encontrado que necesita incluirse una cantidad inconvenientemente grande de haluro de metal dentro del transductor 10 para proporcionar una operación fiable durante el periodo de muchos años anteriormente mencionado debido al elemento de haluro de metal que se disuelve gradualmente en el fluido. Esta cantidad inconvenientemente grande de haluro de metal requerida para proporcionar una longevidad extendida representa un problema técnico. Un primer aspecto del problema es que el elemento de haluro de metal presenta una tendencia a aumentar la resistencia en serie del electrodo 40a, 40b, resistencia que afecta de manera perjudicial al rendimiento del ruido del transductor 10. Además, un segundo aspecto del problema es que la incorporación de más haluro de metal hace que el transductor 10 sea potencialmente más caro de fabricar, haciendo por tanto al transductor 10 menos atractivo comercialmente en comparación con tipos de transductores de flujo de fluido conocidos alternativos.

5 El documento DE1235036 divulga un electrodo, por ejemplo para mediciones de PH, que comprende un metal (plata) y un haluro de metal (cloruro de plata), mezclándose y dispersándose ambos elementos conjuntamente dentro de un material de plástico, y disponiéndose la masa obtenida de este modo en un núcleo de plata. Esta concepción potencia la estabilidad mecánica y reduce la pérdida de cloruro de plata en el fluido al que está expuesto.

Sumario de la invención

10 Un objetivo de la presente invención es proporcionar un sensor de flujo de fluido que sea capaz de proporcionar una vida útil de funcionamiento extensa y fiable sin requerir la inclusión de cantidades inconvenientemente grandes de material de electrodo dentro del sensor para lograr tal vida útil de funcionamiento extensa.

15 Un objetivo adicional de la invención es proporcionar un electrodo para un sensor de flujo de fluido que sea capaz de dotar al sensor de una vida útil de funcionamiento extensa y fiable.

20 Otro objetivo adicional de la invención es proporcionar por lo menos un procedimiento de fabricación de electrodos para sensores de flujo de fluido, siendo capaces los electrodos de dotar a tales sensores de flujo de fluido de una vida útil de funcionamiento extensa y fiable.

En su aspecto más amplio, la invención se define en la reivindicación 1.

25 Opcionalmente, en el electrodo, el elemento de metal incluye plata, y el elemento de haluro de metal incluye cloruro de plata. La plata y el cloruro de plata son beneficiosos porque se considera generalmente que ambos son generalmente no tóxicos y también porque muestran una tasa de disolución en agua relativamente baja. Además, tanto los materiales de plata como los de cloruro de plata están disponibles ampliamente a un coste razonable.

30 Opcionalmente, en el electrodo, el elemento poroso incluye por lo menos uno de entre: una lana de metal, una espuma de metal, un polímero poroso eléctricamente conductor, por lo menos en parte, un grafito poroso eléctricamente conductor, por lo menos en parte. Para proporcionar una ventaja en la presente invención, la conductividad eléctrica, por lo menos parcial, del elemento poroso puede dotar a los electrodos de una resistencia en serie relativamente baja a la vez que impide la pérdida del haluro de metal con respecto al flujo del fluido.

35 Opcionalmente, en el electrodo, el elemento poroso presenta en funcionamiento un coeficiente de resistividad eléctrica sustancialmente por lo menos en un orden de magnitud inferior al del elemento de haluro de metal. Conseguir que el elemento poroso presente un coeficiente de resistividad que es significativamente menor que el del elemento de haluro de metal permite al electrodo comportarse mejor que los electrodos más simples que comprenden solamente elementos de metal y elementos de haluro de metal.

40 Opcionalmente, en el electrodo, el elemento poroso y el elemento de haluro de metal son sustancialmente coincidentes espacialmente. Por ejemplo, tal como se da a conocer posteriormente, el elemento de haluro de metal y el elemento poroso pueden fabricarse sustancialmente como un componente integral; por ejemplo, el elemento poroso puede fabricarse a partir de partículas de material poroso y de material de haluro de metal sinterizadas o, de otro modo, unidas de manera mutua. Un potencial de enfoque integral de este tipo simplifica la construcción de los electrodos y puede reducir el coste de fabricación de los electrodos.

50 Opcionalmente, en el electrodo, el elemento poroso incluye, o es pretratado con, un agente humectante para hacer que el elemento poroso sea hidrófilo con respecto al fluido. La utilización de un agente humectante de este tipo puede hacer que el electrodo sea rápidamente estable en funcionamiento cuando se somete por primera vez a funcionamiento en el sensor mencionado anteriormente. Los costes de fabricación y el tiempo de calibración del sensor pueden, por tanto, reducirse potencialmente, haciendo por tanto que el sensor anterior sea más fácil de fabricar.

55 Opcionalmente, en el electrodo, el elemento de metal, el elemento de haluro de metal y el elemento poroso están sustancialmente acoplados entre sí de manera mutuamente concéntrica para formar el electrodo. Una manera de ensamblar de este tipo proporciona una forma compacta para el electrodo y es compatible con procesos de fabricación actuales.

60 Opcionalmente, en el electrodo, el elemento de metal, el elemento de haluro de metal y el elemento poroso se implementan como componentes alargados, haciendo por tanto que el electrodo presente una forma sustancialmente lineal. Una forma de este tipo para los electrodos es beneficiosa para procesos de fabricación continuos en los que las tiras para proporcionar los electrodos se extraen de manera continua de herramientas de fabricación.

65 Opcionalmente, en el electrodo, por lo menos uno de entre el elemento de haluro de metal y el elemento poroso está fabricado a partir de partículas unidas entre sí para impartir porosidad a los mismos con respecto al fluido. La

5 utilización de partículas orientadas de manera sustancialmente aleatoria para fabricar los electrodos es beneficiosa porque puede permitir una fabricación eficaz así como un rendimiento eléctrico más estable para los electrodos. Más opcionalmente, las partículas están unidas entre sí de manera mutua por lo menos por uno de entre: sinterización, unión por compresión mecánica, unión por medio de un agente de unión añadido. Sin embargo, se apreciará que son factibles otros enfoques para unir de manera mutua las partículas entre sí.

10 Opcionalmente, en el electrodo, el elemento de metal está dispuesto espacialmente para contener, por lo menos en parte, el elemento poroso. Una forma de construcción de este tipo es potencialmente beneficiosa porque el elemento de metal es por lo general más resistente mecánicamente que el elemento poroso, proporcionando por tanto el elemento de metal protección física al elemento poroso.

15 Opcionalmente, en el electrodo, el elemento poroso está dispuesto de manera alternativa para contener por lo menos en parte el elemento de metal. Una forma de construcción de este tipo es beneficiosa porque se expone potencialmente una mayor área de detección de los electrodos al flujo del fluido, reduciendo por tanto potencialmente el ruido de medición.

20 Opcionalmente, en el electrodo, el elemento poroso se somete, durante su fabricación, a una deposición de haluro de metal en el mismo por medio de electroplastia y/o deposición anódica. Más opcionalmente, tal deposición anódica implica una deposición de haluro de metal en el elemento poroso por medio de un tratamiento que emplea una sal que incluye un metal presente en el elemento de metal, y por medio de un tratamiento que emplea un ácido que incluye un haluro presente en el elemento de haluro de metal. Muy opcionalmente, la sal incluye nitrato de plata y el ácido incluye ácido clorhídrico. Una manera de este tipo de introducir haluro de metal en el elemento poroso es beneficiosa porque los poros de dentro del elemento poroso se rellenan de manera eficaz a una escala de dimensiones intersticial.

25 De acuerdo con un segundo aspecto, la invención se define en la reivindicación 17.

Opcionalmente, el procedimiento comprende etapas adicionales de:

30 (e) incluir plata en el elemento de metal; e

(f) incluir cloruro de plata en el elemento de haluro de metal.

35 La plata y el cloruro de plata son beneficiosos porque se considera, generalmente, que ambos son no tóxicos y también porque presentan una tasa de disolución en agua relativamente baja. Además, tanto los materiales de plata como los de cloruro de plata están ampliamente disponibles a un coste razonable.

Opcionalmente, el procedimiento comprende una etapa adicional de:

40 (g) fabricar el elemento poroso para incluir por lo menos uno de entre: una lana de metal, una espuma de metal, un polímero poroso eléctricamente conductor, por lo menos en parte, un grafito poroso eléctricamente conductor, por lo menos en parte.

45 Opcionalmente, el procedimiento comprende una etapa de fabricar el elemento de haluro de metal y el elemento poroso de modo que son sustancialmente coincidentes espacialmente cuando se incluyen en el electrodo. Por ejemplo, tal como da a conocer posteriormente, el elemento de haluro de metal y el elemento poroso pueden fabricarse sustancialmente como una componente integral; por ejemplo, el elemento poroso puede fabricarse a partir de partículas de material poroso y de material de haluro de metal sinterizadas o, de otro modo, unidas entre sí de manera mutua. Un potencial de enfoque integral de este tipo simplifica la construcción de los electrodos y puede reducir el coste de fabricación del electrodo.

50 Opcionalmente, el procedimiento incluye una etapa adicional de incluir dentro del elemento poroso, o someter al elemento poroso a un tratamiento previo con, un agente humectante para hacer que el elemento poroso sea hidrófilo con respecto al fluido. La utilización de un agente humectante de este tipo puede hacer que el electrodo sea rápidamente estable en funcionamiento cuando se somete por primera vez a funcionamiento en el sensor mencionado anteriormente. Los costes de fabricación y el tiempo de calibración del sensor pueden, por tanto, reducirse potencialmente, haciendo por tanto que el sensor anterior sea más fácil de fabricar.

55 Opcionalmente, el procedimiento comprende una etapa adicional de ensamblar el elemento de metal, el elemento de haluro de metal y el elemento poroso entre sí de manera mutuamente concéntrica para formar el electrodo. Una manera de ensamblar de este tipo proporciona una forma compacta para el electrodo y es compatible con los actuales procesos de fabricación.

60 Opcionalmente, el procedimiento comprende una etapa adicional de fabricar el elemento de metal, el elemento de haluro de metal y el elemento poroso como componentes alargados para un montaje mutuo para fabricar el electrodo, siendo por tanto el electrodo de forma sustancialmente lineal. Una forma de este tipo para los electrodos

es beneficiosa para procesos de fabricación continuos en los que una tira para proporcionar los electrodos se extrae de manera continua de herramientas de fabricación.

5 Opcionalmente, el procedimiento incluye una etapa de fabricar por lo menos uno de entre el elemento de haluro de metal y el elemento poroso a partir de partículas unidas entre sí para impartir porosidad a los mismos con respecto al fluido. La utilización de partículas orientadas de manera sustancialmente aleatoria para fabricar los electrodos es beneficiosa porque puede permitir una fabricación eficaz así como un rendimiento eléctrico más estable para los electrodos. Más opcionalmente, las partículas están unidas entre sí de manera mutua por lo menos por uno de entre: 10 sinterización, unión por compresión mecánica, unión por medio de un agente de unión añadido. Sin embargo, se apreciará que son factibles otros enfoques para unir de manera mutua las partículas entre sí.

Opcionalmente, el procedimiento incluye una etapa de electroplastia o deposición anódica de haluro de metal en el elemento poroso tratando el elemento poroso con una sal que incluye un metal presente en el elemento de metal, y tratando el elemento poroso con un ácido que incluye un haluro presente en el elemento de haluro de metal. Más 15 opcionalmente, tal deposición anódica implica una deposición de haluro de metal en el elemento poroso por medio de un tratamiento que emplea una sal que incluye un metal presente en el elemento de metal, y por medio de un tratamiento que emplea un ácido que incluye un haluro presente en el elemento de haluro de metal. Muy opcionalmente, la sal incluye nitrato de plata y el ácido incluye ácido clorhídrico. Una manera de este tipo de introducir haluro de metal en el elemento poroso es beneficiosa porque los poros de dentro del elemento poroso se 20 rellenan de manera eficaz a una escala de dimensiones intersticial.

Según un tercer aspecto, la invención se define en la reivindicación 18.

Se apreciará que las características de la invención pueden combinarse en cualquier combinación sin apartarse del 25 alcance de la invención tal como se define en las reivindicaciones adjuntas.

Descripción de los diagramas

Las formas de realización de la presente invención se describirán, solamente a modo de ejemplo, con referencia a 30 los dibujos adjuntos en los que:

la figura 1 es un diagrama esquemático de un transductor de flujo de fluido conocido tal como se describe en una solicitud internacional PCT publicada anteriormente mencionada;

35 la figura 2 es una ilustración esquemática de un electrodo según la presente invención, incorporando el electrodo una combinación de metal, haluro de metal y elementos porosos eléctricamente conductores, por lo menos en parte,

40 la figura 3 es un diagrama esquemático de una implementación práctica del electrodo ilustrado en la figura 2;

la figura 4 es un diagrama esquemático de una versión simplificada del electrodo ilustrado en la figura 3;

45 la figura 5 es un diagrama esquemático de una implementación práctica alternativa del electrodo ilustrado en la figura 2;

la figura 6 es un diagrama esquemático de una implementación ampliada alternativa adicional del electrodo 50 ilustrado en la figura 2; y

50 la figura 7 es un gráfico esquemático que ilustra una mejora del rendimiento del ruido que puede lograrse empleando electrodos según la presente invención en el transductor de flujo de fluido tal como se presenta en la figura 1.

Descripción de formas de realización de la invención

55 En general, la presente invención se refiere a proporcionar por lo menos una solución parcial al problema mencionado anteriormente de que una capa más gruesa de haluro de metal, por ejemplo en los electrodos 40a, 40b del transductor 10, aumenta la resistencia en serie de los electrodos y por tanto el ruido de medición del flujo de fluido del sensor especialmente en frecuencias de medición por debajo de 1 Hz, mientras que una capa más delgada de haluro de metal, por ejemplo en los electrodos antes mencionados 40a, 40b del transductor 10, no puede proporcionar la longevidad de funcionamiento deseada del sensor de flujo de fluido debido a la disolución progresiva 60 de la capa más delgada de haluro de metal. La presente invención proporciona por lo menos una solución parcial a este problema empleando, tal como se ilustra en la figura 2, un elemento poroso 100 eléctricamente conductor, por lo menos en parte entre, o espacialmente coincidente con, un elemento de haluro de metal 110 de un electrodo 40 dado y un fluido 120 cuyo flujo va a medirse utilizando el electrodo 40 dado. Un elemento de metal 130 se incluye en el electrodo 40 dado en contacto eléctrico con el elemento de haluro de metal 110. Para un experto en la materia, la 65 utilización de un elemento poroso 100 de este tipo se consideraría insatisfactoria debido a que los poros 140

presentes en el elemento poroso 100 hacen que su porosidad sea susceptible de bloquearse por partículas o restos 150 diminutos en el fluido 120 o, por ejemplo, en una situación en la que el fluido 120 es agua, por crecimiento bacteriano o fúngico.

5 En la práctica, se ha encontrado que la incorporación del elemento poroso 100 en el electrodo 40 dado funciona de manera fiable durante periodos extensos de tiempo, por ejemplo potencialmente durante diez años o más de utilización continua. Los poros 140 pueden establecer un gradiente 160 de concentración progresivamente decreciente de haluro de metal a lo largo de los mismos con la mayor concentración de haluro de metal en el elemento de haluro de metal 110 en comunicación de fluido con unos primeros extremos 170 de los poros 140 lejos de un volumen del fluido 120, y con la menor concentración de haluro de metal en segundos extremos 180, concretamente aberturas de poro, de los poros 140 expuestos al volumen del fluido 120. La viscosidad del fluido 120 en combinación con el tamaño relativamente pequeño de los poros 140 reduce la tasa de pérdida de haluro de metal del elemento de haluro de metal 110 a través de los poros 140 al volumen del fluido 120, proporcionando por tanto una mayor longevidad de funcionamiento al electrodo 40 dado. La conductividad eléctrica, por lo menos parcial, del elemento poroso 100 contribuye a proporcionar una resistencia en serie eléctrica relativamente baja característica al electrodo 40 dado, reduciendo por tanto el ruido de medición, por ejemplo el ruido de Johnson, en la medición M obtenida del transductor 10 cuando se implementa utilizando el electrodo 40 dado. Si el elemento poroso 100 no fuera conductor, el electrodo 40 en la figura 2 presentaría una mayor resistencia en serie a la unidad 90 de procesamiento de señales y, por tanto, daría como resultado un aumento del ruido de Johnson en la medición M.

20 Se apreciará que, en la práctica, los poros 140 en el elemento poroso 100 no son necesariamente trayectorias rectas sino que pueden ser rutas intersticiales complejas múltiples entre partículas sinterizadas o, de otro modo, unidas entre sí para formar el elemento poroso 100. Cuando el elemento 100 se fabrica de tal manera, o alternativamente se corta de material a granel que se produce de manera natural, los poros 140 presentan opcionalmente un diámetro nominal en un intervalo entre 10 μm y 50 μm , más opcionalmente en un intervalo entre 0,1 μm y 25 μm , y lo más opcionalmente sustancialmente en un intervalo entre 0,5 μm y 10 μm . Además, las partículas sinterizadas o, de otro modo, unidas entre sí para formar el material poroso presentan opcionalmente diámetros efectivos en un intervalo entre 0,1 μm y 200 μm , más opcionalmente en un intervalo entre 0,5 μm y 100 μm y lo más opcionalmente en un intervalo entre 1 μm y 50 μm .

30 El elemento poroso 100 se fabrica, por ejemplo, a partir de un material conductor, por lo menos en parte, tal como grafito que no solamente presenta una tasa de disolución relativamente baja en el fluido 120 sino que también es mecánicamente robusto. Alternativamente, el elemento poroso 100 puede fabricarse a partir de un polímero conductor, por lo menos en parte, formado de este modo para incluir los poros 140 en el mismo. Cuando el material de grafito se emplea para fabricar el elemento poroso 100, el material de grafito puede obtenerse o bien a partir de bloques de grafito sólido que se producen de manera natural cortados adecuadamente, por ejemplo bloques de grafito pirolítico que se producen de manera natural, u obtenerse a partir de partículas de grafito que se unen o, de otro modo, se juntan de manera mutua entre sí para formar el material de grafito para fabricar el elemento poroso 100. Opcionalmente, el elemento poroso 100 incluye de manera integral en el mismo regiones o partículas de haluro de metal también presentes en la región de haluro de metal 110; cuando el elemento poroso 100 se fabrica a partir de partículas sinterizadas o, de otro modo, unidas entre sí de manera mutua, por ejemplo utilizando una presión elevada en una prensa hidráulica, opcionalmente, las partículas incluyen una mezcla de partículas conductoras, por lo menos en parte, por ejemplo una mezcla de partículas de grafito y partículas de haluro de metal. Alternativamente, tal como se dará a conocer en más detalle posteriormente, en el elemento poroso 100, de manera posterior, puede formarse o depositarse en el mismo, material de haluro de metal, por ejemplo, mediante electroplastia o mediante deposición anódica.

45 Por ejemplo, en una forma de realización a modo de ejemplo, el electrodo 40 dado representado en la figura 2, de manera beneficiosa, presenta su elemento de metal 130 implementado utilizando metal de plata, su elemento de haluro de metal 110 implementado utilizando cloruro de plata, y su elemento poroso 100 implementado como una combinación de partículas de grafito y de partículas de cloruro de plata, o simplemente de partículas de grafito. En una implementación de este tipo, en la que el elemento poroso 100 también incluye partículas de haluro de metal, el elemento de haluro de metal 110 puede hacerse que sea relativamente delgado o, por ejemplo, estar sustancialmente ausente de modo que, sustancialmente, el elemento de metal 130 se comunica directamente con el elemento poroso 100 que incluye partículas de haluro de metal. El electrodo 40 dado, cuando se fabrica en el transductor 10 representado en la figura 1, opcionalmente se moldea o, de otro modo, se une a una pared 200 del conducto 20 de flujo mencionado anteriormente tal como se representa en la figura 2 para proporcionar un sello estanco a los fluidos en el mismo.

60 Según la invención, el propio elemento poroso 100 está dispuesto para disolverse o erosionarse gradualmente en el fluido a granel 120 de modo que los poros 140 que se bloquean en sus segundos extremos 180 se limpian de restos 150 para mantener el acceso del fluido a granel 120 a través de los poros 140 al elemento de haluro de metal 110 o, si se desea, directamente al elemento de metal 130.

65 Aunque el electrodo 40 dado representado en la figura 2 está ilustrado en forma esquemática, empleándose el electrodo 40 de manera beneficiosa en un transductor 10 tal como se señala en la figura 1 para proporcionar los

electrodos 40a, 40b, se apreciará que, en la práctica, el electrodo 40 dado puede implementarse de un gran variedad de maneras tal como se describirá posteriormente.

El electrodo 40 dado en la figura 2 corresponde a un electrodo galvánico que, cuando se emplea en el transductor 10, proporciona un beneficio de introducir menos ruido relativo en el resultado de la medición M del transductor 10, especialmente a frecuencias relativamente bajas en el orden de 1 Hz o menos, en comparación, el transductor 10 emplea electrodos galvánicos de haluro de metal/metál básicos tal como se describe en la solicitud internacional PCT publicada n.º PCT/GB2004/001618, o electrodos de acero inoxidable o carbono convencionales. Un electrodo galvánico se distingue porque permite en funcionamiento un flujo de corriente eléctrica dentro o fuera de un fluido a través de una transferencia de tipos de cargas a lo largo de su superficie, incluso a potenciales eléctricos relativamente bajos; tales potenciales eléctricos bajos son, por ejemplo, de menos de un voltio con respecto al fluido. Tales electrodos galvánicos deben contrastarse con electrodos de bloqueo que, de manera eficaz, solo permiten que fluya una corriente de desplazamiento capacitiva en condiciones comparables.

Tal como se dio a conocer en la solicitud PCT publicada anteriormente mencionada, un ejemplo simple de un electrodo galvánico es un elemento de metal de plata revestido con una película delgada permeable de cloruro de plata, estando el electrodo sumergido en funcionamiento en un electrolito iónicamente conductor. Aunque un electrodo galvánico simple de este tipo proporciona un rendimiento satisfactorio en condiciones de laboratorio, concretamente en entornos no hostiles sustancialmente desprovistos de restos y partículas 150, el inventor ha identificado que son posibles mejoras en el electrodo galvánico simple para mejorar sus características de detección. Las limitaciones del electrodo de cloruro de plata/plata simple incluyen:

(i) una pérdida gradual de cloruro de plata mediante acción química y mecánica cuando se expone a líquido que fluye, dando como resultado tal pérdida una degradación de la estabilidad de medición del electrodo cuando se expone al líquido durante periodos prolongados, por ejemplo varias semanas o meses; y

(ii) un aumento del ruido de Johnson en la medición M a medida que aumenta el grosor de la película de cloruro de plata en el electrodo en la fabricación inicial, debiéndose tal aumento de ruido al aumento de la resistencia en serie de la capa de cloruro de plata.

Tal como se dio a conocer anteriormente, el punto (ii) impone un límite superior indeseable en una cantidad de cloruro de plata que puede aplicarse de manera útil al electrodo galvánico simple en su fabricación inicial. La presente invención, por tanto, se compromete a proporcionar un electrodo mejorado para un sensor de flujo de fluido, concretamente un transductor, que presenta un depósito relativamente mayor de haluro de metal, por ejemplo cloruro de plata, de tal manera que se intente evitar una degradación en el rendimiento del ruido del electrodo. Un enfoque para proporcionar un electrodo mejorado de este tipo es insertar un gránulo de haluro de metal, por ejemplo cloruro de plata, en una cavidad dentro de una superficie del electrodo de manera que por lo menos una parte de la superficie del electrodo, en funcionamiento, esté en contacto eléctrico con un líquido a través de una capa de haluro de metal relativamente delgada, por ejemplo cloruro de plata. Una solución adicional mejorada en relación con la presente invención es incluir un elemento poroso eléctricamente conductor, por lo menos en parte, entre el haluro de metal, por ejemplo cloruro de plata, y un fluido, por ejemplo un líquido, cuyo flujo va a medirse; el elemento poroso puede hacerse funcionar para presentar por lo menos una de un área conductora adicional con respecto al fluido, y permitir una reducción de la tasa de disolución de haluro de metal en el fluido.

Haciendo referencia a la figura 3, se muestra una primera forma de realización práctica del electrodo 40 dado. En la figura 3, el electrodo 40 dado está ilustrado en una vista en sección transversal lateral así como en una vista en perspectiva. El electrodo 40 comprende una carcasa de metal 300, por ejemplo fabricada de plata, elementos de haluro de metal 310, 320 correspondientes, que comprenden por ejemplo cloruro de plata, y un elemento poroso 330 fabricado de un material poroso eléctricamente conductor, por lo menos en parte; tal como se dio a conocer anteriormente, el material poroso, opcionalmente, puede incluir por lo menos uno de entre una espuma de metal, una lana de metal y grafito, aunque también pueden emplearse otros tipos de materiales porosos conductores, por ejemplo un material cerámico eléctricamente conductor. El grafito presenta un coeficiente de resistencia en un intervalo entre $3 \times 10^{-6} \Omega\text{m}$ y $60 \times 10^{-6} \Omega\text{m}$. Además, el grafito pirolítico que presenta planos de cristal identificables presenta un coeficiente de resistencia de $5 \times 10^{-6} \Omega\text{m}$ a lo largo de sus planos de cristal y $5 \times 10^{-3} \Omega\text{m}$ en la normal a sus planos. En comparación, el metal de plata presenta un coeficiente de resistencia de sustancialmente $1,5 \times 10^{-8} \Omega\text{m}$ a temperatura ambiente. Con el fin de describir la presente invención, la expresión "conductor, por lo menos en parte" se interpreta opcionalmente para que signifique que el material poroso presenta un coeficiente volumétrico de resistencia que es sustancialmente por lo menos de un orden de magnitud inferior que el del material de haluro de metal cuando se ve afectado por el fluido 120 durante su utilización. Más opcionalmente, la expresión "conductor, por lo menos en parte" se interpreta para que signifique que el material poroso presenta un coeficiente volumétrico de resistencia que es sustancialmente por lo menos dos órdenes de magnitud inferior que el del material de haluro de metal cuando se ve afectado por el fluido 120 durante su utilización. Por ejemplo, el cloruro de plata es sustancialmente un aislante en forma seca pero proporciona conductividad cuando se combina con agua.

El elemento poroso 330 se expone en funcionamiento, en su primera cara, a un volumen del fluido 120 y en su segunda cara al elemento de haluro de metal 320 que comprende material de haluro de metal. En la figura 3, el

elemento poroso 330 se muestra en contacto eléctrico tanto con los elementos de haluro de metal 310, 320 como también directamente con la carcasa de metal 300. Opcionalmente, el elemento de haluro de metal 310 puede omitirse tal como se representa en la figura 4 en vistas en perspectiva y en sección transversal. De manera conveniente, el elemento 320 se implementa como un gránulo de material de haluro de metal, por ejemplo cloruro de plata, fijándose el gránulo en la carcasa de metal 300 durante la fabricación. El electrodo 40 representado en la figura 3, cuando se incorpora en el transductor 10, preferentemente se moldea o, de otro modo, se une a la pared 200 del conducto 20 con un sello que se proporciona a la carcasa de metal 300; en la práctica, el inventor ha encontrado que no es fácil realizar un sello estanco a los fluidos para el propio elemento poroso 330. Opcionalmente, una primera cara proporcionada por el elemento poroso 330 con respecto al fluido 120 está a nivel de una superficie interna del conducto 20 para reducir perturbaciones locales y por tanto reducir la abrasión mecánica en la primera cara del elemento poroso 330. Además, la carcasa 300 está convenientemente fabricada a partir de chapas metálicas planas que se troquelan durante la fabricación para darles una forma similar a una carcasa; sin embargo, también son factibles otros enfoques para fabricar la carcasa 300 tal como mecanizado de barras de metal o moldeado. El elemento de haluro de metal 320, de manera conveniente, está retenido mecánicamente dentro de la carcasa 300 por lo menos por uno de embutición mecánica de la carcasa 300 en el elemento 320, y aplicando de manera cuidadosa un adhesivo o agente de unión a una parte de una interfaz presentada entre el elemento de haluro de metal 320 y una superficie interna de la carcasa 300. Además, la carcasa 300, opcionalmente, está eléctricamente conectada en su superficie posterior a un cable 340 moldeado o unido a la pared 200 para proporcionar un sello estanco a los fluidos; el cable 340 puede hacerse funcionar para acoplar, por ejemplo, el electrodo 40 dado en la figura 3 a la unidad 90 de procesamiento de señales del transductor 10 para proporcionar un transductor de flujo de fluido potenciado, concretamente un sensor de flujo de fluido, según la presente invención.

El elemento poroso 330 dota al electrodo 40 dado, representado en las figuras 3 y 4, de una superficie conductora esencialmente continua a frecuencias de señal más altas, concretamente superiores a 0,1 Hz, en las que una componente capacitiva de una impedancia presentada por el electrodo 40 con respecto al fluido 120 es una trayectoria de conducción de señal dominante. Además, el electrodo 40 dado, representado en las figuras 3 y 4, también permite en funcionamiento un intercambio de iones entre el elemento de haluro de metal 320 y el fluido 120, tal como se requiere para un rendimiento de detección a baja frecuencia óptimo, en el que una componente resistiva de una impedancia presentada por el electrodo 40 con respecto al fluido 120 es una trayectoria de conducción de señal dominante. En otras palabras, la inclusión del elemento poroso 330 combina sinérgicamente un rendimiento beneficioso del electrodo a alta frecuencia debido al aumento del área de superficie de electrodo conductor que se presenta de manera eficaz con respecto al fluido 120, y un rendimiento potenciado a baja frecuencia debido a los elementos 310, 320 que incluyen material de haluro de metal que proporciona una característica de conexión eléctrica galvánica estable con respecto al fluido 120.

Un beneficio significativo de incluir el elemento poroso 330 en el electrodo 40 dado de las figuras 3 y 4 es que se reduce la disminución de material de haluro de metal, por ejemplo cloruro de plata, del elemento de haluro de metal 320 mediante abrasión mecánica y difusión de iones. Los restos o partículas 150 en el fluido 120, en funcionamiento, tenderán a dañar el elemento poroso 330 en lugar del material de haluro de metal incluido en el elemento 320. Mientras que el daño al elemento 320 degrada potencialmente un rendimiento a baja frecuencia del electrodo 40, no surge degradación del rendimiento de detección como consecuencia de la abrasión del elemento poroso 330. Tras una utilización prolongada del electrodo 40 dado, como en las figuras 3 y 4, empleado en el transductor 10 ilustrado en la figura 1, por ejemplo durante una vida útil de trabajo del electrodo de 20 años, se producirá la disolución gradual del elemento de haluro de metal 320 en el fluido 120. Cuando el haluro de metal es cloruro de plata, generalmente no se considera que las cantidades de trazas de cloruro de plata en el fluido 120 constituyan un riesgo para la salud; por ejemplo, el cloruro de plata se ha empleado previamente como un aditivo de coloración de alimentos aprobado oficialmente y desprovisto de efectos nocivos para la salud documentados. Tal riesgo bajo para la salud hace que el electrodo 40 dado pueda utilizarse en situaciones en las que el flujo de agua potable debe monitorizarse. Por tanto, el elemento poroso 330 es beneficioso porque puede hacerse funcionar para retrasar la dispersión de los iones de haluro de metal del elemento 320 en el fluido 120, retrasando por tanto la disolución del elemento 320 en el fluido 120 y dotando por tanto al electrodo 40 dado de una longevidad de funcionamiento potenciada.

Tal como se dio a conocer anteriormente, el inventor apreció que el intercrecimiento o la inclusión de material de haluro de metal en el elemento poroso 330 representa una implementación opcional adicional del electrodo 40 dado. Tal intercrecimiento o inclusión de material de haluro de metal puede lograrse utilizando una mezcla de partículas de haluro de metal y de partículas de material poroso conductor cuando se fabrica el elemento poroso 330 mediante sinterización o procesos por compresión o unión similares para unir de manera mutua las partículas entre sí. Alternativa o adicionalmente, el haluro de metal puede formarse posteriormente en el material poroso conductor utilizado para fabricar el elemento poroso 330 mediante tratamiento anódico.

En tal tratamiento anódico, el elemento poroso 330, por ejemplo, puede fabricarse inicialmente mediante mecanizado de grafito poroso o mediante la unión de manera mutua de partículas de grafito entre sí para formar una masa de grafito. La masa de grafito puede exponerse entonces posteriormente a una solución de una sal de metal, por ejemplo una solución de nitrato de plata, que puede infiltrarse en los poros 140 de la masa. A continuación, la

masa expuesta a la solución de la sal de metal se expone posteriormente a un ácido que incluye un haluro, por ejemplo ácido clorhídrico. La reacción del ácido con la solución de la sal de metal infiltrada en los poros 140 da como resultado la deposición de haluro de metal en los poros 140. El cloruro de plata, por tanto, puede depositarse en espacios intersticiales entre partículas unidas de manera mutua para fabricar el elemento poroso 330 tratando en primer lugar la masa de grafito con una solución de nitrato de plata seguido por la exposición de la masa de grafito tratada a ácido clorhídrico. También se apreciará que, por ejemplo, como alternativa, las técnicas de electroplastia para provocar el crecimiento de material de haluro de metal en los poros 140 del elemento poroso 330 son también enfoques de fabricación factibles.

En las figuras 3 y 4, se muestra que la carcasa 300 rodea, por lo menos en parte, el elemento poroso 330. Se apreciará que son factibles otras implementaciones del electrodo 40 dado, tal como se señala en la figura 5, en vistas en perspectiva y en sección transversal. En la figura 5, el electrodo 40 dado se implementa con una varilla central o cable 400 de metal, por ejemplo de metal de plata, rodeados de manera concéntrica, por lo menos en parte, por un elemento de haluro de metal 410 correspondiente, por ejemplo cloruro de plata que, a su vez, está rodeado de manera concéntrica, por lo menos en parte, por un elemento poroso 420. Opcionalmente, el elemento poroso 400 está fabricado a partir de materiales similares a los empleados para fabricar el elemento 330 mencionado anteriormente en las figuras 3 y 4. Se apreciará que el conjunto concéntrico de manera mutua del cable 400 y los elementos 410, 420 es opcional y que el conjunto no concéntrico también es factible. Opcionalmente, el material de haluro de plata puede estar incorporado de manera integral en el elemento poroso 420 de modo que puede reducirse el grosor del elemento de haluro de metal 410 o incluso omitirse. Durante su utilización, el electrodo 40 dado representado en la figura 4 puede montarse de modo que una superficie exterior periférica del elemento poroso 420 proporciona principalmente una trayectoria de conducción principal para hacer contacto eléctrico con el fluido 120. Alternativamente, una región de extremo del electrodo 40 de la figura 5 en una dirección señalada por una flecha 450 proporciona una trayectoria de conducción principal para hacer contacto eléctrico con el fluido 120; tal última disposición es beneficiosa porque el cable 400 así como los elementos 410, 420 pueden contribuir potencialmente a hacer contacto eléctrico con el fluido 120. Opcionalmente, el electrodo 40 representado en la figura 5 puede unirse o moldearse a la pared 200 del conducto 20 del transductor 10 de manera que se proporciona un sello de fluido contra la varilla central o cable 400 tal como se muestra. El electrodo 40 representado en la figura 5 es potencialmente más simple de fabricar porque puede eludirse la necesidad de embutir o de, otro modo, unir la carcasa 300 a los elementos 310, 320.

En lo anterior, se apreciará que los elementos porosos 330, 420 están fabricados a partir de uno o más materiales que son menos activos electroquímicamente que los materiales de haluro de metal y metal empleados para los elementos 310, 320, 410, para la carcasa 300 y para el cable o varilla 400. Cuando se emplea una combinación de cloruro de plata/plata para el haluro de metal/metal, de manera beneficiosa, los elementos porosos 330, 420 no incluyen uno o más de paladio, platino u oro que presentan potenciales electroquímicos que pueden interferir potencialmente con el funcionamiento del electrodo 40 dado, por ejemplo cuando se fabrican para utilizar una combinación de cloruro de plata/plata.

Para reducir costes, el cable o varilla 420, y de manera similar la carcasa 300, pueden fabricarse a partir de un metal económico, por ejemplo cobre, que entonces se chapa posteriormente con un metal deseado, por ejemplo plata, sobre su superficie exterior. De este modo, el coste de fabricación del electrodo 40, tal como se ilustra en las figuras 4 a 5, puede reducirse potencialmente. Sin embargo, en una implementación de este tipo, es deseable que el fluido 120 no pueda penetrar en una superficie de contacto que surge entre el metal económico y el metal deseado en caso de que se produzca corrosión en los mismos.

Las figuras 3, 4 y 5 ilustran formas de realización del electrodo 40 dado implementado en disposiciones sustancialmente concéntricas. El inventor ha apreciado que también son factibles disposiciones alternativas. Por ejemplo, en vistas en perspectiva y en sección transversal en la figura 6, se muestra el electrodo 40 implementado en una disposición lineal que incluye una carcasa alargada 500 de metal formada en una forma de tipo canal, por ejemplo un canal en forma de "U", cuya superficie 510 interior por lo menos está dotada de una capa 520 de haluro de metal correspondientes. Por ejemplo, la carcasa 500 de metal, opcionalmente, está fabricada a partir de plata y la capa 520 de cloruro de plata. Retenida dentro de la carcasa 500 de metal hay una tira alargada 530 de material poroso eléctricamente conductor, por lo menos en parte, por ejemplo grafito, lana de metal, espuma de metal o material de plástico o de polímero poroso eléctricamente conductor; el material poroso incluye poros 140 a través de los cuales el fluido 120 puede penetrar para hacer contacto eléctrico con la capa 520 y por tanto con la carcasa 500 de metal.

El electrodo 40 dado, tal como se ilustra en la figura 6, es beneficioso porque puede fabricarse a partir de una tira alargada que comprende la carcasa 500 dotada de su capa 520 y embutida sobre la tira 530. Esta tira alargada 530 puede serrarse o cortarse posteriormente para dividirla en electrodos 40 dados relativamente más cortos, tal como se señala en la figura 6, a los que pueden conectarse uno o más cables 540, por ejemplo mediante soldadura, embutición o soldadura por puntos. Cuando tales electrodos 40 dados se emplean en el transductor 10, el conducto 20 se fabrica de manera beneficiosa, por ejemplo, por medio de técnicas de moldeo por extrusión, para presentar una sección transversal rectangular para recibir tales electrodos alargados 40, tal como se ilustra en la figura 6.

Opcionalmente, los electrodos 40 dados de una forma tal como la señalada en la figura 6, se montan de manera transversal al flujo F cuando se incorporan en el transductor 10 representado en la figura 1.

Un aspecto que surge en la práctica, cuando se fabrican transductores 10 tal como se ilustra en la figura 1 que incluyen electrodos 40a, 40b implementados según la presente invención, por ejemplo utilizando electrodos 40 dados que incluyen elementos porosos eléctricamente conductores tal como se señala en una o más de las figuras 2 a 6, es la humectación inicial de los electrodos 40a, 40b. Los poros 140 requieren potencialmente un periodo de tiempo para rellenarse de manera apropiada con el fluido 120. Cuando el fluido 120 es agua, la humectación estable de los poros 140 puede llevar inicialmente varias horas antes de que la medición M del transductor 10 que incorpora tales electrodos 40 dados que incluyen elementos porosos conductores se haga estable en relación con el flujo F. El inventor ha previsto que los electrodos 40 dados pueden someterse a tratamiento previo con agentes humectantes, por ejemplo con uno o más de un alcohol, un detergente u otro agente humectante tal como se emplea habitualmente en procesos de fabricación de semiconductores; por tanto, se hace que los poros 140 sean hidrófilos y que por tanto puedan rellenarse rápidamente con el fluido 120 en funcionamiento. Cuando los elementos porosos 100, 330, 420, 520 se fabrican a partir de partículas unidas entre sí de manera mutua, los agentes humectantes pueden introducirse en las partículas antes de que se unan entre sí de manera mutua. Alternativamente, por ejemplo cuando los elementos porosos 100, 330, 420, 520 se fabrican utilizando un proceso de temperatura relativamente alta, por ejemplo un proceso de sinterización que utiliza temperaturas elevadas del orden de 500°C, un agente humectante de este tipo puede introducirse posteriormente en los elementos 100, 330, 420, 520 de modo que se estabilizan rápidamente, por ejemplo en minutos, cuando se utiliza por primera vez en el transductor 10. Tal introducción del agente humectante puede implementarse de manera conveniente por medio de impregnación a vacío o impregnación a alta presión, o simplemente mediante exposición prolongada de los elementos 100, 330, 420, 520 a agentes humectantes antes de su utilización inicial.

Tal como se dio a conocer anteriormente, los electrodos 40 dados según la presente invención que incluyen elementos porosos eléctricamente conductores para mejorar su rendimiento pueden emplearse dentro del transductor 10 ilustrado en la figura 1 para mejorar su estabilidad de medición y aumentar su vida útil. El transductor 10 puede aplicarse como un sensor de flujo de agua, por ejemplo en entornos domésticos e industriales. El sensor de flujo de agua, a su vez, puede incluirse en un medidor de flujo de agua para medir el flujo de agua acumulativo, por ejemplo con fines de facturar el consumo de agua. Cuando los electrodos 40 según la presente invención se emplean en el transductor 10, dotan al transductor 10 de una característica de ruido mejorada tal como se señala en la figura 7.

En la figura 7, se muestra un eje de frecuencia de abscisa 600 con una frecuencia que aumenta logarítmicamente de izquierda a derecha, y un eje de ruido de ordenada 610 que representa el ruido en la medición M con un aumento de ruido de abajo a arriba. El eje de abscisa 600 representa una frecuencia en la que el campo magnético 70 se modula para permitir que la unidad 90 de procesamiento de señales realice mediciones diferenciales para eliminar errores de desvío sistemáticos tal como se dará a conocer posteriormente. Se muestra adicionalmente una primera curva 620 que representa una característica de ruido de medición del transductor 10 cuando funciona con electrodos de metal resistentes a la corrosión o de grafito convencionales empleados para los electrodos 40a, 40b. Además, también se muestra una segunda curva 630 que representa una característica de ruido de medición del transductor 10 cuando funciona con electrodos de haluro de metal/metal para los electrodos 40a, 40b, estos electrodos de haluro de metal/metal tal como se describen en la solicitud PCT publicada mencionada anteriormente. Estos electrodos de haluro de metal/metal pueden dotar al transductor 10 de una reducción de ruido de medición de baja frecuencia, proporcionando por tanto una mejora del rendimiento del ruido tal como se representa por una región 640. Los electrodos de haluro de metal/metal que incluyen un elemento poroso eléctricamente conductor en relación con la presente invención, cuando se utiliza para los electrodos 40a, 40b en el transductor 10, pueden dotar al transductor 10 de una medición del rendimiento del ruido sustancialmente tal como se representa por la curva 630, que se mantiene potencialmente durante muchos años de funcionamiento continuo del transductor 10. Tal mantenimiento de la mejora sostenida del ruido presenta un beneficio considerable porque el transductor 10, para cumplir con un rendimiento dado del ruido tal como se contempla en la normativa reguladora, puede funcionar con una modulación menos frecuente del campo magnético 70 y conservar por tanto la potencia de funcionamiento. Tal funcionamiento a más baja potencia dota al transductor 10 de considerables beneficios porque puede hacerse funcionar durante periodos extensos a partir de una fuente de alimentación local, por ejemplo una batería local en el mismo, y es por tanto conveniente para instalarse en entornos domésticos e industriales debido a que no necesita conectarse a una fuente de alimentación externa, por ejemplo un suministro eléctrico de red alterna. La utilización de una batería local al transductor 10 no solamente simplifica la instalación del transductor 10 sino que también mejora su seguridad especialmente cuando se utiliza para medir el flujo de agua.

La medición diferencial mencionada anteriormente realizada en la unidad 90 de procesamiento de señales del transductor 10 se dará a conocer adicionalmente en general. El potencial V tal como se mide entre los electrodos 40a, 40b tal como se señala en la figura 1 se refiere a una magnitud del flujo de fluido 120 sustancialmente según Ecuación 1 (Eq. 1):

$$V = kFB + V_o + V_n$$

Ec. 1

en la que

V = una tensión generada entre los electrodos 40a, 40b

k = un coeficiente de escala

F = una tasa de flujo de fluido

V_o = una tensión de desvío sistemático de electrodo

B = una resistencia de campo magnético

V_n = ruido de medición.

Al implementar una medición diferencial en dos magnitudes diferentes del campo magnético 70, concretamente en las magnitudes de campo magnético de B_1 y B_2 , una medición diferencial de la tensión V se deriva por tanto a la unidad 90 de procesamiento de señales tal como se describe por la Ecuación 2 (Eq. 2):

$$\Delta V = kF(B_2 - B_1) + 2V_n \quad \text{Ec. 2}$$

en una primera aproximación. El ruido de medición no se reduce por tal medición diferencial debido a que el ruido no está relacionado temporalmente para las dos magnitudes de campo magnético diferentes de manera mutua B_1 , B_2 . En una situación especial en la que las magnitudes de campo magnético son idénticas de manera mutua pero de direcciones diferentes de manera mutua, concretamente $B_2 = -B_1$, la Ecuación 2 puede reformularse en la Ecuación 3 (Eq. 3)

$$\Delta V = 2kFB_2 + 2V_n \quad \text{Ec. 3}$$

Debido a que el ruido V_n es relativamente más bajo en la medición M cuando los electrodos de haluro de metal/metal que incluyen elementos porosos con conductividad eléctrica según la presente invención se emplean para los electrodos 40a, 40b en el transductor 10, el campo magnético 70 puede modularse de manera menos frecuente, por ejemplo tal como se señala por 660, haciendo por tanto que el transductor 10 pueda funcionar con un consumo de potencia más bajo; mientras que los medidores de flujo convencionales que utilizan el transductor 10 tal como se señala en la figura 1 que utilizan electrodos de metal resistentes a la corrosión o electrodos de grafito que funcionan con frecuencias de modulación de campo magnético para la medición diferencial en el orden de 50 Hz tal como se señala por 650, el transductor 10 que funciona con electrodos que incluyen elementos porosos según la presente invención puede funcionar con frecuencias de modulación de campo magnético para la medición diferencial en el orden de 1 Hz o menos. Por tanto, existe de este modo de manera potencial un ahorro de casi dos órdenes de magnitud en potencia de funcionamiento para el transductor 10 cuando se hace funcionar según la presente invención en comparación con enfoques conocidos para hacer funcionar el transductor 10 empleando tipos de electrodos 40a, 40b convencionales.

Se apreciará que el transductor 10 en la figura 1 provisto de electrodos de haluro de metal/metal que incluyen elementos porosos con conductividad eléctrica según la presente invención puede funcionar como un sensor de flujo de fluido, por ejemplo un sensor de flujo de agua. Cuando un sensor de flujo de agua de este tipo está provisto de la unidad 90 de procesamiento de señales con la función de integrar de manera temporal la tasa de flujo medida, el sensor de flujo de agua provisto de tal funcionalidad puede actuar como un medidor de agua en estado sólido. Debido a que un medidor de agua en estado sólido de este tipo que incluye electrodos según la presente invención provistos de elementos porosos eléctricamente conductores, por lo menos en parte, que proporcionan al medidor un menor ruido, el medidor de agua puede cumplir con los requisitos de medición de ruido a la vez que funciona durante periodos extensos con una fuente de alimentación local del mismo, por ejemplo una batería. Un medidor de agua en estado sólido de este tipo representa un producto técnica y potencialmente avanzado en comparación con los actuales medidores de agua en estado sólido conocidos.

Se apreciará adicionalmente que el componente 50 generador de campos magnéticos puede implementarse de varias maneras alternativas. Tal como se dio a conocer en la solicitud PCT publicada anteriormente mencionada, el componente 50 generador de campos magnéticos puede emplear un campo remanente característico de modo que la energía solamente se gasta al alterar el campo magnético 70 y no cuando mantiene el campo magnético 70 en un estado dado. Alternativamente, la modulación del campo magnético 70 puede lograrse mediante la modulación de la reluctancia magnética de un circuito magnético que comprende el componente 50 generador de campos magnéticos, las piezas polares 60a, 60b y una región del conducto 20 en la que el campo magnético está establecido. Por ejemplo, el componente 50 generador de campos puede implementarse como un campo magnético permanente que se desplaza espacialmente con respecto a las piezas polares 60a, 60b para modular el campo

5 magnético 70. Tales enfoques alternativos para modular el campo magnético 70 del transductor 10 con fines de medición diferencial para eliminar desvíos sistemáticos dentro del transductor 10, cuando el transductor 10 se implementa con sus electrodos 40a, 40b según la presente invención mediante la inclusión de elementos porosos eléctricamente conductores, por lo menos en parte, en combinación con metal/elementos de haluro de metal, también se encuentra dentro del alcance de la presente invención, por ejemplo cuando el transductor 10 está dispuesto para funcionar como un medidor de flujo de agua.

10 La unidad 90 de procesamiento de señales del transductor 10 puede implementarse o bien utilizando hardware informático, hardware de aplicación específica o una mezcla de tales implementaciones. Opcionalmente, el hardware se implementa según la tecnología de semiconductores complementarios de óxido metálico (CMOS) para proporcionar al transductor 10 un consumo de potencia relativamente bajo, permitiendo por tanto a la unidad de procesamiento 90 funcionar durante muchos años a partir de una fuente de alimentación local, por ejemplo una batería local de la misma. Opcionalmente, la unidad 90 se implementa como un circuito integrado para aplicaciones específicas (ASIC) personalizado que puede hacerse funcionar para proporcionar una medición acumulativa del flujo 15 F del fluido 120 a través del conducto 20 para permitir que el transductor 10 funcione como un medidor de flujo, por ejemplo un medidor de flujo de agua.

20 Son posibles modificaciones a las formas de realización de la invención descritas anteriormente sin apartarse del alcance de la invención tal como se define en las reivindicaciones adjuntas. Por ejemplo, aunque las formas de realización anteriores se describen en relación con la medición de tasas de flujo de fluidos tales como agua, la presente invención puede adaptarse para medir tasas de flujo de gases ionizados y similares, por ejemplo de sistemas de combustión. Además, los electrodos descritos anteriormente pueden utilizarse en una gama potencialmente amplia de aplicaciones en las que se requiere un contacto eléctrico fiable con respecto a un fluido durante un periodo de tiempo extenso.

25 Expresiones tales como “que incluye”, “que comprende”, “que incorpora”, “que consiste en”, “presentan”, “es” utilizadas para describir y reivindicar la presente invención, están destinadas a interpretarse de manera no excluyente, permitiendo, en concreto, que los artículos, componentes o elementos no descritos de manera explícita también se encuentren presentes. Las referencias al singular también están destinadas a abarcar el plural y 30 viceversa.

35 Los números de referencia incluidos dentro de paréntesis en las reivindicaciones adjuntas están destinados a contribuir a la comprensión de las reivindicaciones y de ningún modo se interpretará que limitan el objeto reivindicado por estas reivindicaciones.

REIVINDICACIONES

- 5 1. Electrodo (40) para un transductor de flujo magnético y para proporcionar un contacto eléctrico a un fluido (120), comprendiendo el electrodo (40) un elemento de metal (130; 300; 400; 500) y un elemento de haluro de metal (110; 310, 320; 410; 520),
- 10 en el que el electrodo (40) incluye un elemento de metal (130; 300; 400; 500), un elemento de haluro de metal (110; 310, 320; 410; 520) y un elemento poroso que es, por lo menos en parte, eléctricamente conductor (100; 330; 420; 530); estando dicho elemento poroso ubicado en contacto con dicho elemento de haluro de metal y, durante su utilización, con dicho fluido; pudiendo dicho elemento poroso (100; 320; 420; 530) hacerse funcionar para, por lo menos en parte, impedir la pérdida progresiva del elemento de haluro de metal (110; 310, 320; 420; 520) en el fluido (120), y para proporcionar una trayectoria eléctricamente conductora entre el fluido (120) y el elemento de haluro de metal (110; 310, 320; 410; 520) y, por tanto, al elemento de metal (130; 300; 400; 500); en el que dicho elemento poroso es menos electroquímicamente activo que el metal empleado para el elemento de metal; y caracterizado por que dicho elemento poroso puede disolverse o erosionarse progresivamente en dicho fluido (120), contribuyendo por tanto a hacer que los poros (140) del elemento poroso (100; 330; 420; 530) proporcionen porosidad al mismo accesible por el fluido (120).
- 20 2. Electrodo (40) según cualquiera de la reivindicación 1 o la reivindicación 2, en el que el elemento de metal (130; 300; 400; 500) incluye plata, y el elemento de haluro de metal (110; 310, 320; 410; 520) incluye cloruro de plata.
- 25 3. Electrodo (40) según cualquier reivindicación anterior, en el que el elemento poroso (100; 330; 420; 530) incluye por lo menos uno de entre: una lana de metal, una espuma de metal, un polímero poroso eléctricamente conductor, por lo menos en parte, un grafito poroso eléctricamente conductor, por lo menos en parte.
- 30 4. Electrodo (40) según cualquier reivindicación anterior, en el que el elemento poroso (100; 330; 420; 530) exhibe, en funcionamiento, un coeficiente de resistividad eléctrica de sustancialmente por lo menos un orden de magnitud inferior al del elemento de haluro de metal (110; 310, 320; 410; 520).
- 35 5. Electrodo (40) según cualquier reivindicación anterior, en el que el elemento poroso (420) y el elemento de haluro de metal (410) son sustancialmente coincidentes espacialmente.
6. Electrodo (40) según cualquier reivindicación anterior, en el que el elemento de haluro de metal (110; 310, 320; 410; 520) está incorporado, por lo menos en parte, en el elemento poroso (100; 330; 420; 530).
- 40 7. Electrodo (40) según cualquier reivindicación anterior, en el que el elemento poroso (100; 330; 420; 530) incluye, o es pretratado con, un agente humectante para hacer que el elemento poroso (100; 330; 420; 530) sea hidrófilo con respecto al fluido (120).
- 45 8. Electrodo (40) según cualquier reivindicación anterior, en el que el elemento de metal (130; 300; 400), el elemento de haluro de metal (110; 310, 320; 410) y el elemento poroso (100; 330; 420) están sustancialmente ensamblados juntos mutuamente de manera concéntrica para formar el electrodo (40).
- 50 9. Electrodo (40) según cualquier reivindicación anterior, en el que el elemento de metal (500), el elemento de haluro de metal (520) y el elemento poroso (530) se implementan como componentes alargados, haciendo por tanto que el electrodo (40) presente una forma sustancialmente lineal.
- 55 10. Electrodo (40) según cualquier reivindicación anterior, en el que por lo menos uno de entre el elemento de haluro de metal (110; 310, 320; 410; 520) y el elemento poroso (100; 330; 420; 530) está fabricado a partir de partículas unidas entre sí para impartir porosidad al mismo con respecto al fluido (120).
11. Electrodo (40) según la reivindicación 10, en el que las partículas están unidas entre sí de manera mutua por lo menos por uno de entre: sinterización, unión por compresión mecánica, unión por medio de un agente de unión añadido.
- 60 12. Electrodo (40) según cualquier reivindicación anterior, en el que el elemento de metal (300; 500) está dispuesto espacialmente para contener, por lo menos en parte, el elemento poroso (330; 530).
13. Electrodo (40) según cualquier reivindicación anterior, en el que el elemento poroso (420) está dispuesto para contener, por lo menos en parte, el elemento de metal (400).
- 65 14. Electrodo (40) según cualquier reivindicación anterior, en el que el elemento poroso (100; 330; 420; 530) se somete, durante su fabricación, a una deposición de haluro de metal en el mismo por medio de electroplastia y/o deposición anódica.

- 5 15. Electrodo (40) según la reivindicación 14, en el que la deposición anódica implica una deposición de haluro de metal en el elemento poroso (100; 330; 420; 530) por medio de un tratamiento con una sal que incluye un metal presente en el elemento de metal (130; 300; 400; 500), y de un tratamiento con un ácido que incluye un haluro presente en el elemento de haluro de metal (110; 310, 320; 410; 520).
- 10 16. Electrodo (40) según la reivindicación 15, en el que la sal incluye nitrato de plata y el ácido incluye ácido clorhídrico.
- 15 17. Procedimiento de fabricación de un electrodo (40) según cualquier reivindicación anterior, comprendiendo el procedimiento las etapas de:
- (a) proporcionar un elemento de metal (130; 300; 400; 500);
- (b) proporcionar un elemento de haluro de metal (110; 310, 320; 410; 520);
- (c) proporcionar un elemento poroso que es, por lo menos en parte, eléctricamente conductor (100; 330; 420; 530), que es poroso con respecto al fluido (120) y que es menos electroquímicamente activo que el metal empleado para el elemento de metal;
- 20 (d) ensamblar de manera mutua el elemento de metal (130; 310, 320; 410; 520), el elemento de haluro de metal (110; 310, 320; 410; 520) y el elemento poroso (100; 330; 420; 530) de manera que el elemento poroso (100; 330; 420; 530) puede hacerse funcionar para impedir, durante su utilización, la pérdida progresiva del elemento de haluro de metal (110; 310, 320; 410; 520) en el fluido (120), y para proporcionar una trayectoria eléctricamente conductora entre el fluido (120) y el elemento de haluro de metal (110; 310, 320; 410; 520) y por tanto al elemento de metal (130; 300; 400; 500); y de manera que el elemento poroso se pueda disolver o erosionar progresivamente en dicho fluido (120), contribuyendo por tanto a hacer que los poros (140) del elemento poroso (100; 300; 420; 530) proporcionen porosidad al mismo accesible por el fluido (120).
- 25 18. Sensor de flujo de fluido (10) para detectar un flujo de un fluido (120) a través de una región, comprendiendo el sensor (10) un circuito magnético (30) para aplicar un campo magnético (70) a por lo menos una parte de la región, y una configuración de electrodos (40a, 40b) para detectar un potencial generado en funcionamiento entre los electrodos (40a, 40b) en respuesta al fluido (120) que fluye a través del campo magnético (120), en el que cada uno de los electrodos es un electrodo según cualquiera de las reivindicaciones 1 a 16.
- 30 19. Sensor (10) según la reivindicación 18 que incluye una unidad (90) de procesamiento de señales para recibir de la configuración de electrodos (40a, 40b; 40) una señal correspondiente al potencial generado entre los electrodos (40a, 40b; 40) en funcionamiento, pudiendo la unidad (90) de procesamiento de señales hacerse funcionar para procesar la señal para generar por lo menos uno de entre una medición del flujo del fluido (120), y una medición acumulativa del flujo del fluido, proporcionando por tanto el sensor (10) en combinación con la unidad (90) de procesamiento de señales un medidor de flujo de fluido.
- 35 40

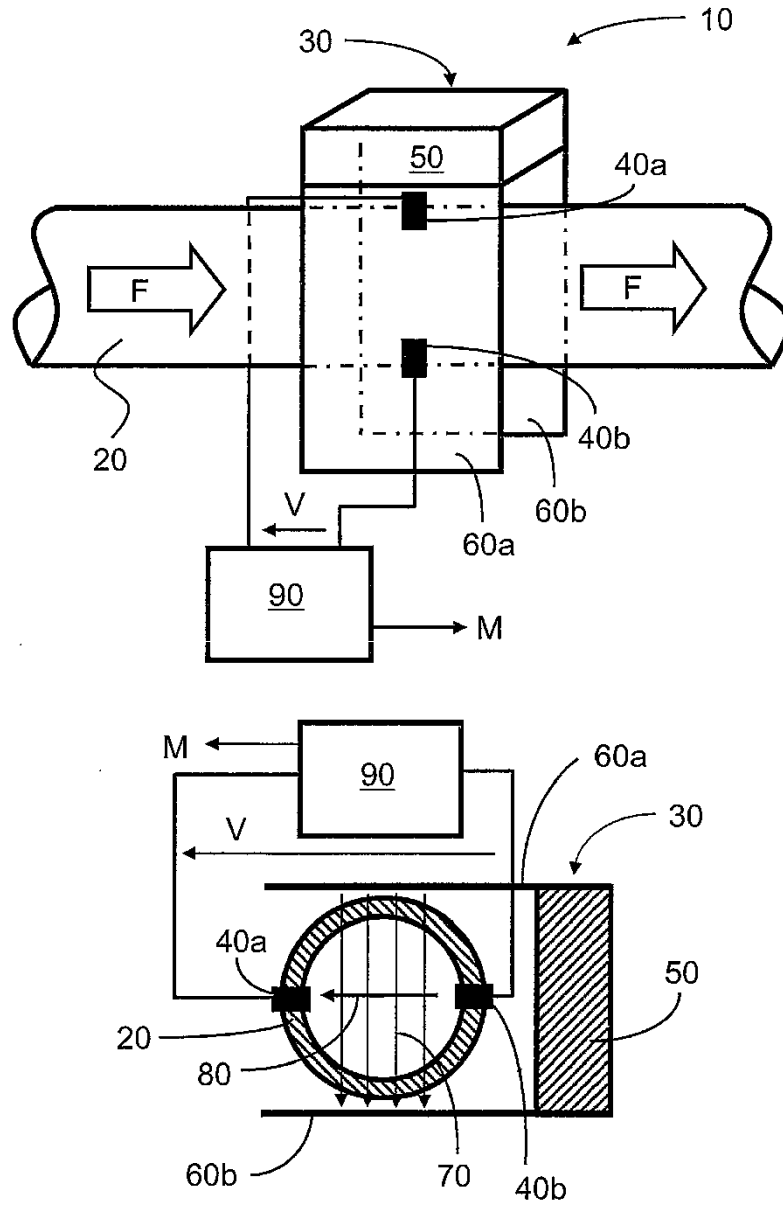


FIG. 1

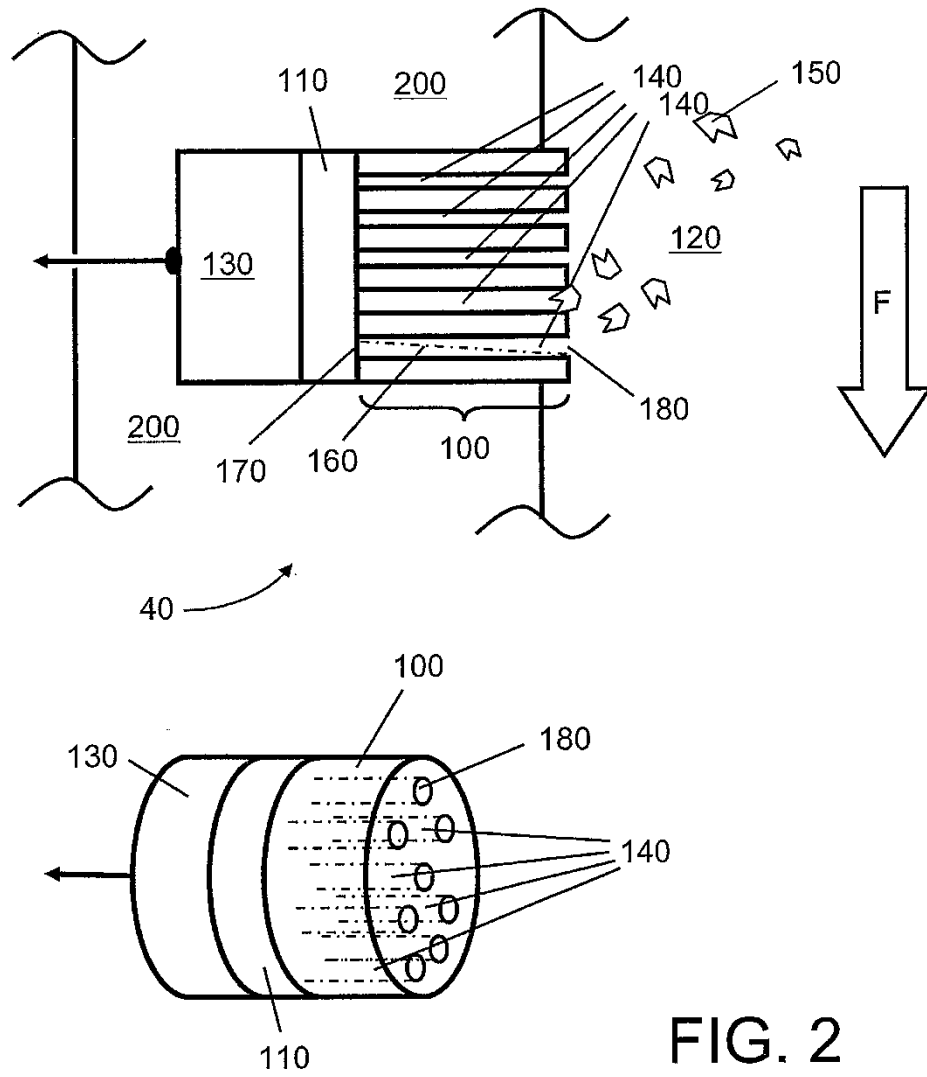


FIG. 2

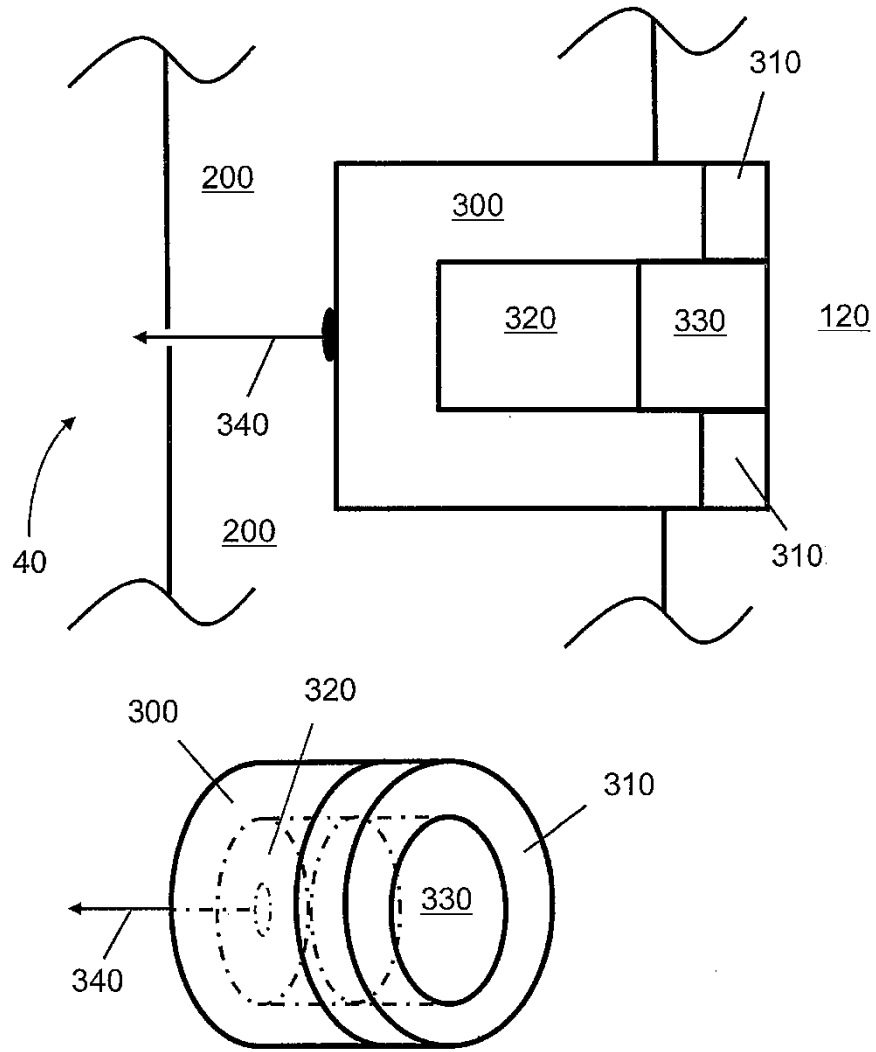
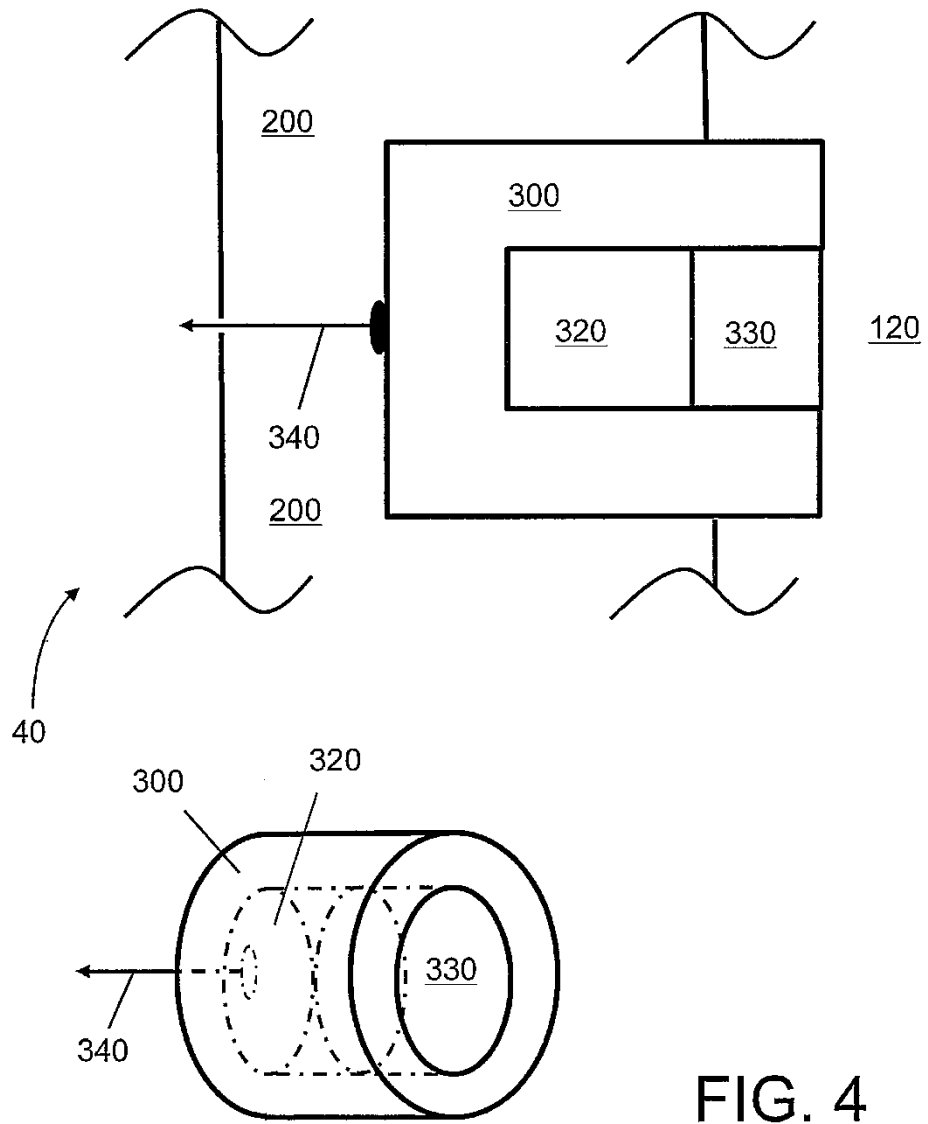


FIG. 3



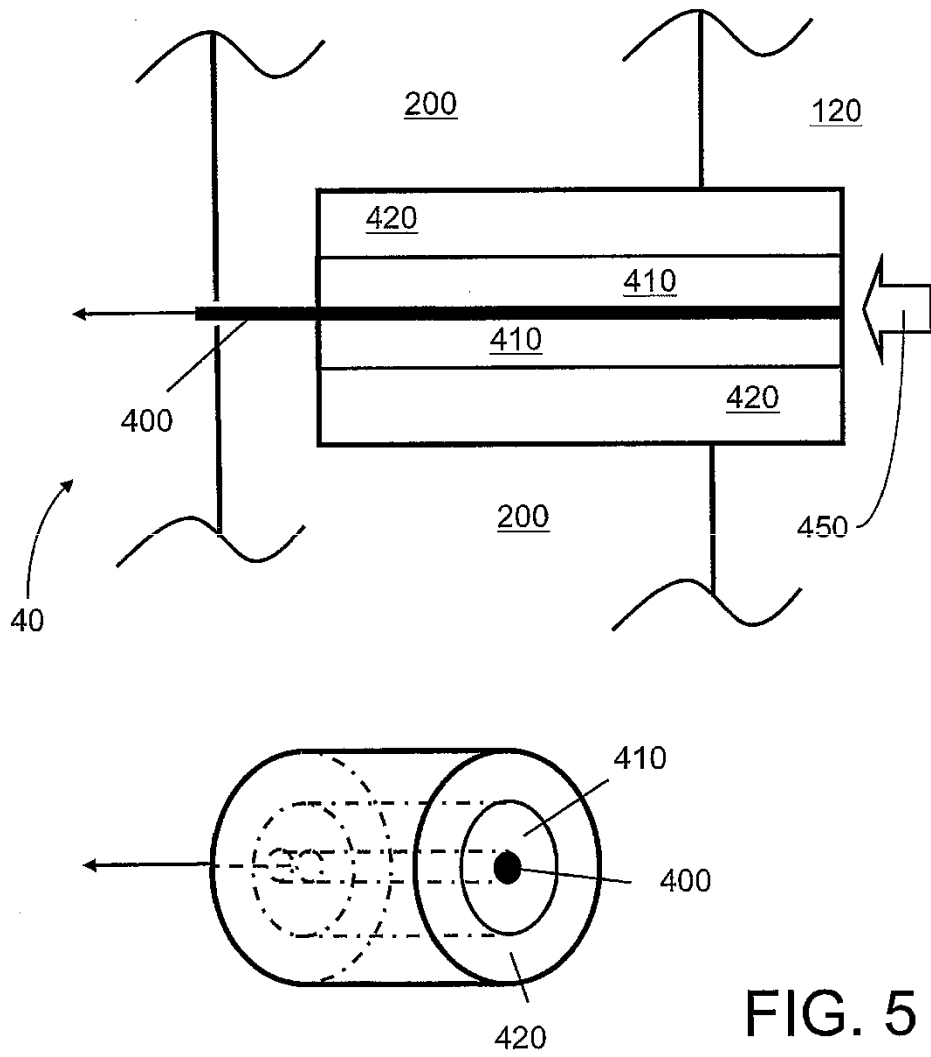


FIG. 5

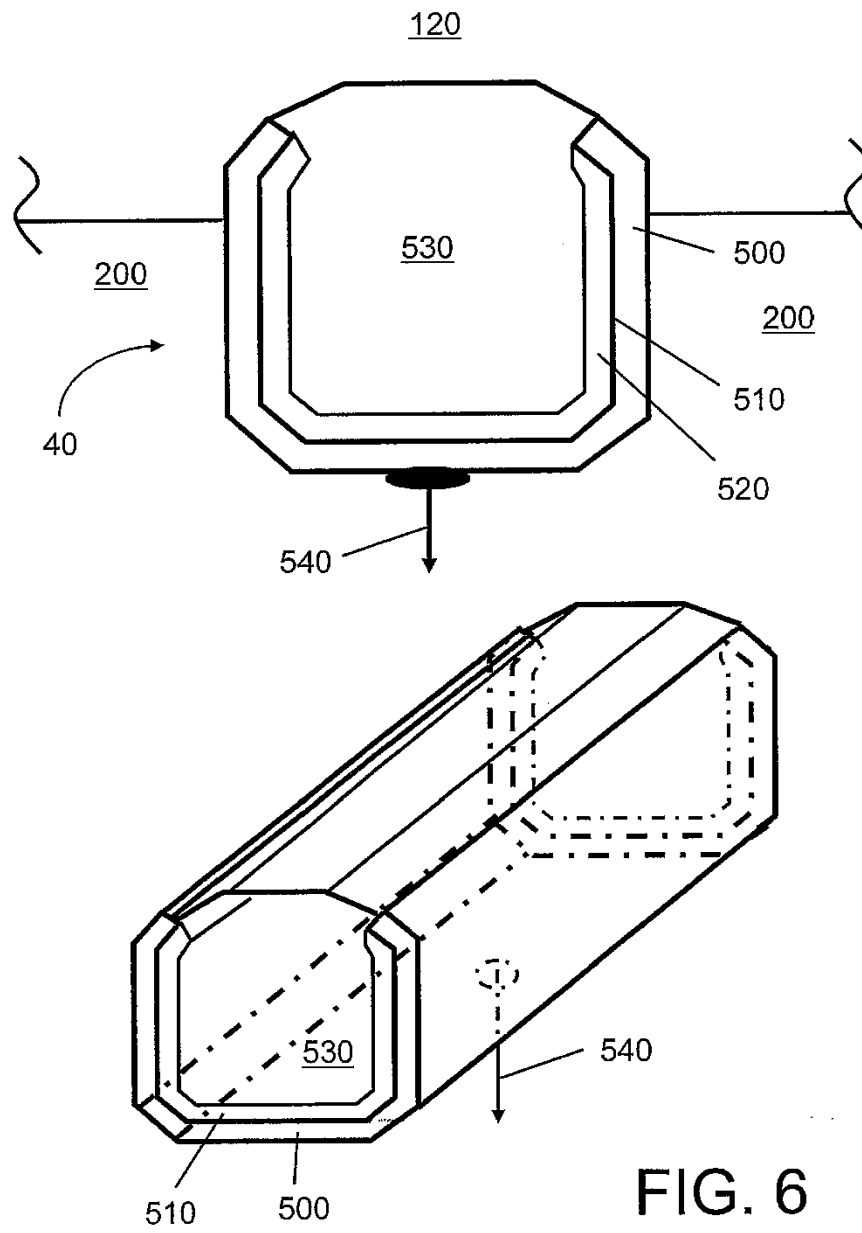


FIG. 6

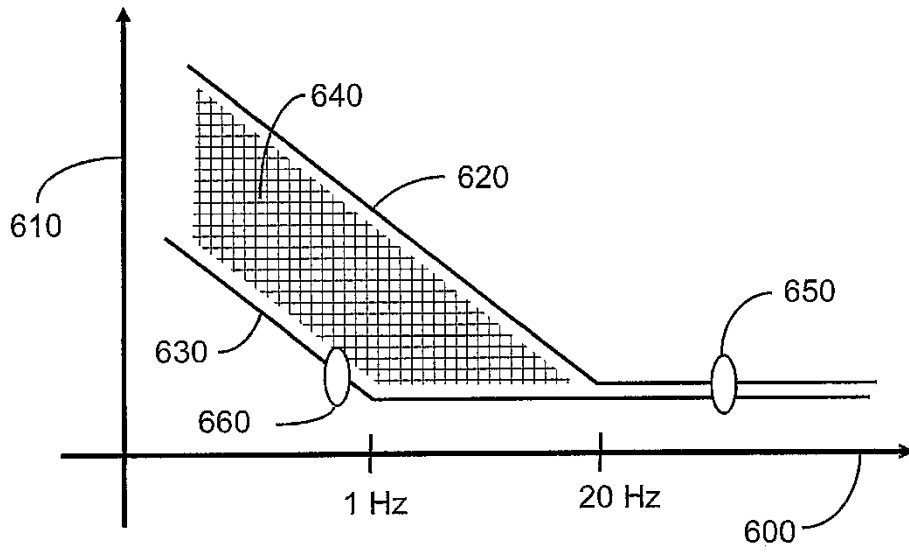


FIG. 7