

19



OFICINA ESPAÑOLA DE  
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 980 809**

51 Int. Cl.:

**G01N 15/08** (2006.01)

**G01V 9/00** (2006.01)

**G01N 19/10** (2006.01)

**G01N 13/02** (2006.01)

**G01N 33/24** (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **30.09.2019 PCT/CA2019/051395**

87 Fecha y número de publicación internacional: **23.04.2020 WO20077440**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **30.09.2019 E 19873472 (5)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **15.05.2024 EP 3867622**

54 Título: **Dispositivo de medición de parámetros de un medio poroso y método**

30 Prioridad:

**19.10.2018 US 201862747917 P**

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

**03.10.2024**

73 Titular/es:

**HORTAU INC. (100.0%)  
966 Chemin Olivier Suite 450  
Lévis, Québec G7A 2N1, CA**

72 Inventor/es:

**PERIARD LARRIVEE, YANN;  
DUVAL, MARCELLIN y  
PELLETIER, VINCENT**

74 Agente/Representante:

**ELZABURU, S.L.P**

ES 2 980 809 T3

Aviso: En el plazo de nueve meses a contar desde la fecha de publicación en el Boletín Europeo de Patentes, de la mención de concesión de la patente europea, cualquier persona podrá oponerse ante la Oficina Europea de Patentes a la patente concedida. La oposición deberá formularse por escrito y estar motivada; sólo se considerará como formulada una vez que se haya realizado el pago de la tasa de oposición (art. 99.1 del Convenio sobre Concesión de Patentes Europeas).

## DESCRIPCIÓN

Dispositivo de medición de parámetros de un medio poroso y método

**Referencia cruzada a la solicitud relacionada**

5 Esta solicitud reivindica el beneficio de la solicitud provisional en EE. UU. n.º 62/747,917, presentada el 19 de octubre de 2018.

**Campo técnico**

La presente tecnología se refiere en general a dispositivos para medir parámetros de un medio poroso, así como a métodos de uso de tales dispositivos. En particular, la presente tecnología se refiere a dispositivos para medir la tensión del agua en un medio poroso, así como a métodos de uso de tales dispositivos.

10 **Información de antecedentes**

15 A medida que las temperaturas globales alcanzan registros máximos, la sequía severa limita el suministro de agua a granjas, ciudades, industrias y ecosistemas. Deben ponerse en práctica estrategias para optimizar el uso de agua y para evitar el desperdicio de agua. El exceso de riego de suelos puede contribuir a la escasez de agua y suprimir la biodiversidad lixiviando nutrientes que causan eutrofización. Mejorar y optimizar la precisión de riego podría proporcionar por tanto beneficios ambientales y económicos significativos en todo el mundo.

20 Varios parámetros del suelo pueden verse afectados por la tensión del agua del suelo. Se han utilizado dispositivos y/o instrumentos de medición de parámetros del suelo para medir la tensión del agua del suelo (SWT) y derivar programas de riego óptimos. Desafortunadamente, los dispositivos y/o instrumentos actuales de medición de parámetros del suelo presentan varios problemas. Uno de tales problemas está causado por el hecho de que el intercambio de agua entre el instrumento y el suelo funciona solo a una presión negativa especificada (succión, potencial matricial) de la punta cerámica. Por ejemplo, una punta cerámica con un valor de entrada de aire de 80 kPa (80 centibar (cb)) que experimente un potencial matricial de 100 kPa (100 centibar (cb)) permitirá que el aire migre al tubo de instrumento. Tan pronto como ocurre esto, la presión negativa del instrumento caerá rápidamente a un valor cercano a 0 kPa (0 centibar (cb)), y la medición del instrumento no reflejará el potencial matricial real predominante de 100 kPa (100 centibar (cb)) y por lo tanto el instrumento no se puede utilizar en tales condiciones. Para rectificar esta situación, el tubo de instrumento tiene que ser rellenado con agua. Una bomba de vacío manual unida a la parte superior del tubo de instrumento tiene que ser operada para extraer agua del suelo a través de la punta cerámica del instrumento para purgar con agua cualesquiera burbujas de aire atrapadas dentro de la punta cerámica. Debido a problemas como este, los instrumentos actuales requieren un mantenimiento frecuente para garantizar la precisión de las mediciones.

30 Otro problema observado frecuentemente con instrumentos tales como tensiómetros que afectan a las mediciones es causado por burbujas de aire que aparecen dentro del tubo lleno de agua que conecta la punta porosa al dispositivo de medición de presión. Esto ocurre debido a la solubilidad reducida de los gases a una presión hidrostática más baja (así como a temperaturas más altas) y también debido a la difusión de los gases desde la fase de aire del suelo insaturado a través de las paredes porosas de la punta del tensiómetro.

35 El poder medir de manera precisa y exacta parámetros de un medio poroso tal como, por ejemplo, suelo, es de importancia crítica para derivar el programa de riego de cultivos. Por lo tanto, un objeto de la presente tecnología es proporcionar un dispositivo de medición de parámetros de medio poroso que alivie al menos algunos de estos problemas y que permita proporcionar mediciones más precisas de los parámetros.

40 El documento EP 3 655 755 describe un aparato para efectuar el potencial de agua en un medio que contiene agua que comprende una carcasa permeable al agua, un material de cambio de volumen que puede retener agua, un inserto compresible y un receptor para recibir y transducir una señal. El documento US 6 782 909 B1 divulga un dispositivo de medición de parámetros de medio poroso según el preámbulo de la reivindicación 1.

**Compendio de la divulgación**

45 En diversos aspectos, la presente tecnología se refiere a un dispositivo de medición de parámetros de medio poroso configurado para medir parámetros relacionados con la tensión del agua en un medio poroso según la reivindicación 1, comprendiendo el dispositivo: i) una parte permeable a líquidos que comprende un componente permeable a fluidos y una solución hinchable de polímero; ii) una parte permeable a gases que comprende un componente permeable a gases; en donde la parte permeable a líquidos está en comunicación operativa con la parte permeable a gases a través del componente permeable a gases; y en donde el componente permeable a gases actúa para purgar gases del componente permeable a líquidos y la solución hinchable de polímero. El componente permeable a gases está en comunicación operativa con el medio poroso para purgar los gases desde la parte permeable a líquidos hasta el medio poroso.

Otros aspectos y características de la presente divulgación resultarán evidentes para los expertos en la técnica tras la revisión de la siguiente descripción de realizaciones específicas.

### Breve descripción de los dibujos

5 Otros aspectos y ventajas de la presente tecnología se entenderán mejor con referencia a la descripción en asociación con lo siguiente en la que:

la Figura 1 es una vista en perspectiva lateral esquemática de un dispositivo de medición de parámetros de medio poroso según una realización de la presente tecnología;

la Figura 2 es una vista esquemática en perspectiva lateral en sección transversal de la parte inferior de un dispositivo de medición de parámetros de medio poroso según otra realización de la presente tecnología;

10 las Figuras 3A-3B son vistas esquemáticas en perspectiva lateral en sección transversal de una parte inferior de un dispositivo de medición de parámetros de medio poroso según otra realización de la presente tecnología; Figura 3A: la cámara interior 164 comprende una solución hinchable de polímero; Figura 3B: la cámara interior 164 comprende una solución de medio poroso;

15 la Figura 4 es una vista esquemática en perspectiva lateral en sección transversal de una parte inferior de un dispositivo de medición de parámetros de medio poroso según otra realización más de la presente tecnología;

la Figura 5 es una vista esquemática en perspectiva lateral en sección transversal de una parte inferior de un dispositivo de medición de parámetros de medio poroso según una realización adicional de la presente tecnología; y

la Figura 6 es una vista en perspectiva lateral en sección transversal esquemática de una parte inferior de un dispositivo de medición de parámetros de medio poroso según otra realización adicional de la presente tecnología.

### 20 Descripción detallada

Antes de continuar describiendo la presente divulgación con más detalle, debe entenderse que esta divulgación no se limita a dispositivos, sistemas, métodos o usos específicos o etapas de proceso, y como tales pueden variar. Debe observarse que, tal como se usa en esta memoria descriptiva y en las reivindicaciones adjuntas, la forma singular "un", "una" y "el", "la" incluyen referentes plurales a menos que el contexto indique claramente lo contrario.

25 Como se usa en esta memoria, el término "aproximadamente" en el contexto de un valor o intervalo dado se refiere a un valor o intervalo que está dentro del 20 %, preferiblemente dentro del 10 % y más preferiblemente dentro del 5 % del valor o intervalo dado.

30 Es conveniente señalar aquí que "y/o" cuando se usa en esta memoria debe tomarse como una divulgación específica de cada una de las dos características o componentes especificados con o sin el otro. Por ejemplo, "A y/o B" debe tomarse como divulgación específica de cada uno de (i) A, (ii) B y (iii) A y B, al igual que si cada uno se expusiera individualmente en esta memoria.

35 Debe entenderse que las descripciones posicionales tales como "por encima", "inferior", "superior", "por debajo", "hacia delante", "hacia atrás", "izquierda", "derecha" y similares deben tomarse, a menos que se indique lo contrario, en el contexto de las Figuras y corresponder a la posición y orientación de los dispositivos de medición de parámetros del medio poroso y partes correspondientes cuando se insertan en el medio poroso, correspondiendo la "superior" a una parte más próxima a la superficie expuesta del medio poroso y correspondiendo la "inferior" a una parte opuesta a la parte superior.

40 Como se usa en esta memoria, la expresión "medio poroso" se refiere a un material que contiene poros, cavidades, canales, huecos o una combinación de los mismos. La parte de esqueleto del material se denomina en esta memoria "cuerpo de material" o "matriz". Los poros, cavidades, canales o huecos se rellenan con fluidos (es decir, líquido, gas) y/o componentes sólidos del medio poroso. El medio poroso puede caracterizarse por una o más de sus porosidades, permeabilidades, resistencia a la tracción, conductividad eléctrica, pH, temperatura y tortuosidad. El medio poroso puede ser de naturaleza diferente y comprender diferentes componentes en diversas proporciones. Muchas sustancias naturales tales como rocas y suelo (por ejemplo, acuíferos, depósitos de petróleo), zeolitas, tejidos biológicos (por ejemplo huesos, paja, madera, corcho) y materiales hechos por el hombre tales como cementos y cerámicas pueden considerarse como medios porosos. Otros ejemplos de medios porosos incluyen, pero no sin limitación a esto, suelo de tierra o suelo de invernadero. El medio poroso puede ser un suelo para la producción de cultivos, que puede comprender, por ejemplo, arena, turba, corteza, fibras de coco, suelo franco, limo, arcilla y similares, cada uno en diversas proporciones. El medio poroso también puede ser un medio poroso que comprende compuestos orgánicos e inorgánicos en diversas proporciones, y puede usarse por ejemplo como medio de cultivo para invernaderos, producción de viveros, paisajismo y agricultura urbana. Suelos distintos de los de la producción de cultivos también están dentro del alcance de la expresión "medio poroso".

El medio poroso también puede incluir un contenido variable de una solución a base de agua, por ejemplo, una solución que finalmente se lixivía del medio poroso para formar la solución del medio poroso que comprende fluidos y/o especies iónicas disueltas y/u otros componentes del medio poroso.

5 Como se usa en esta memoria, los términos "conectado", "acoplado", "conectado operativamente" o "en comunicación" se refieren a cualquier conexión o acoplamiento, directo o indirecto, entre dos o más elementos. La conexión o acoplamiento entre los elementos puede ser mecánica, física, biológica, óptica, operativa y eléctrica o una combinación de las mismas.

10 El término "hidrogel", como se usa en esta memoria, se refiere a una red de cadenas poliméricas que son hidrófilas, algunas veces encontradas como un gel coloidal en el que el agua es el medio de dispersión. Los hidrogeles son sumamente absorbentes (pueden contener más del 90 % de agua) redes poliméricas naturales o sintéticas. Los hidrogeles también poseen un grado de flexibilidad muy similar al tejido natural, debido a su contenido de agua significativo.

La expresión "tensión del agua del suelo" o "SWT" en esta memoria se refiere a la fuerza necesaria para que las raíces de las plantas extraigan agua del suelo.

15 Como se usa en esta memoria, el término "fluido" incluye tanto líquidos como gases. Tal como se usa en esta memoria, el término "gas" se refiere a un fluido (tal como, pero sin limitarse a esto, aire) que no tiene forma ni volumen independientes pero tiende a expandirse indefinidamente, mientras que el término "líquido", tal como se usa en esta memoria, se refiere a un fluido (tal como, pero sin limitarse a esto, agua) que es casi incompresible y que se ajusta a la forma de su recipiente pero retiene un volumen (casi) constante independiente de la presión.

20 Como se usa en esta memoria, el término "tensiómetro" se refiere a un instrumento de medición para determinar el potencial de agua matricial (es decir, la tensión de humedad del suelo) en la zona vadosa.

25 Como se usa en esta memoria, el término "cavitación" se refiere a la cavitación hidrodinámica que es el proceso de vaporización, generación de burbujas e implosión de burbujas que se produce en un líquido que fluye como resultado de una disminución y posterior aumento de la presión local. La cavitación se produce cuando la presión local disminuye hasta algún punto por debajo de la presión de vapor saturado del líquido y la recuperación posterior por encima de la presión de vapor. Si la presión de recuperación no está por encima de la presión de vapor, entonces se dice que se ha producido la evaporación instantánea. La cavitación hidrodinámica puede producirse haciendo pasar un líquido a través de un canal constreñido a una velocidad de flujo específica o por rotación mecánica de un objeto a través de un líquido. El proceso de generación de burbujas, y el crecimiento y colapso posteriores de las burbujas de cavitación, da como resultado densidades de energía altas y temperaturas locales y presiones locales altas en la superficie de las burbujas durante un tiempo muy corto.

35 Son importantes varios parámetros del suelo para mantener una producción óptima de los cultivos. Los parámetros del suelo están influenciados por la concentración de diferentes especies iónicas en la solución del suelo que está presente en los poros e intersticios de la matriz porosa del suelo. Es necesario acceder a esta agua del suelo para medir los parámetros de la solución del suelo. Hasta ahora, se ha usado lisímetro/esfigmomanómetro de succión para conseguir esto. Sin embargo, tales dispositivos/técnicas presentan algunos inconvenientes al menos en que debe mantenerse una solución saturada de suelo. Esta dificultad está causada por el hecho de que cuando una solución se somete a presión negativa, frecuentemente experimentará un cambio de fase incluso a temperatura ambiente (aproximadamente 25 °C). Este fenómeno de cavitación heterogénea se amplifica cuando el agua no es pura y comprende gases. Este problema se ve amplificado aún más cuando los gases se acumulan por difusión en los componentes porosos y/o en el depósito de agua de un tensiómetro (por ejemplo, parte cerámica). En tensiómetros estándar, los datos se vuelven inexactos cuando la tensión del suelo alcanza un valor de entre aproximadamente 60-80 kPa. Cuando se alcanza dicha tensión, se produce cavitación en el depósito de agua y en la cerámica. A largo plazo, incluso si no se alcanza una presión de 60 kPa, los gases difundirán y eventualmente desaturarán parcialmente la cerámica, provocando así retrasos significativos en el tiempo de respuesta. Si la cerámica alcanza un punto de entrada de aire de 1100 kPa, se desaturará. Cuando se alcanza este punto crítico, la presión interior se vuelve igual a la presión atmosférica. A partir de este punto, el sensor de presión del tensiómetro tiene que compensar la presión atmosférica y muestra 0 kPa. Para reiniciar el tensiómetro, es necesario crear un vacío para eliminar los gases presentes en la cerámica y llenar el depósito de agua.

40 La presente tecnología procede de la elucidación de los descubridores de que el uso de un componente permeable a gases que presenta alta permeabilidad a los gases y baja permeabilidad al agua en contacto simultáneamente con: i) el entorno exterior del dispositivo de medición de parámetros de medio poroso (es decir, en contacto con el medio poroso) y ii) un componente permeable a líquidos y/o una solución hinchable de polímero del dispositivo, permite la evacuación rápida de gases del dispositivo. En ausencia de esta evacuación rápida, como se ve en los dispositivos actuales, los gases permanecen atrapados en el componente permeable a los fluidos durante períodos más largos, creando así una sobrepresión. Los descubridores han descubierto que con esta característica se logra una rápida estabilización del sistema, lo que no se observa con los dispositivos actuales.

En vista de lo anterior, un aspecto de la presente tecnología es proporcionar un dispositivo de medición de parámetros de medio poroso (PMPM) que permita medir la tensión del agua, así como otros parámetros que están relacionados o afectados por la tensión del agua (es decir, parámetros relacionados con la tensión del agua), tales como, pero sin limitarse a esto: concentración iónica, en el medio poroso.

5 Aunque algunas de las realizaciones de la presente tecnología se explicarán y describirán en esta memoria en relación con el dispositivo de PMPM que mide la tensión del agua en el suelo (por ejemplo, tensiómetro), se apreciará que las diversas características, funcionalidades y ventajas del presente dispositivo de PMPM pueden aplicarse para medir otros parámetros o características de un medio poroso (por ejemplo, concentración iónica de  $\text{NO}_3$ ,  $\text{PO}_4^{3-}$ ,  $\text{K}^+$ ,  $\text{NH}_4^+$ ,  $\text{Ca}^{2+}$ ,  $\text{Mg}^{2+}$ ,  $\text{Na}^+$  o  $\text{Cl}$ ) como se explicará mejor más adelante en la presente memoria.

10 La Figura 1 muestra la estructura general global de un dispositivo de medición de parámetros de medio poroso según la presente tecnología. En esta realización, el dispositivo de medición de parámetros de medio poroso (PMPM) se representa generalmente como 10 y se coloca en un medio poroso 20 (por ejemplo, suelo). El dispositivo de PMPM 10 comprende una carcasa 30 que tiene una forma alargada para facilitar la inserción del dispositivo de PMPM 10 en el medio poroso 20. La carcasa 30 puede tener preferiblemente un interior hueco para alojar ciertos componentes del dispositivo. La carcasa 30 comprende un extremo inferior 32 que, en uso, se inserta en el medio poroso 20 y un extremo superior 34 que, en uso, es el componente del dispositivo que está más cerca de la superficie del medio poroso 20. La carcasa 30 se sella herméticamente o se sella herméticamente en su extremo superior 34. Se apreciará que el dispositivo de PMPM 10 puede configurarse con diversas otras formas y formas sin apartarse de la presente tecnología.

20 La Figura 2 Muestra una vista ampliada de la parte inferior 32 del dispositivo de PMPM 10. El extremo inferior 32 de la carcasa 30 comprende una parte permeable a líquidos 40 que es sustancialmente impermeable al aire y una parte permeable a gases 50 que es sustancialmente impermeable a líquidos (por ejemplo, baja permeabilidad a los líquidos). La parte permeable a líquidos 40 está en comunicación operativa, por ejemplo en comunicación de gas, con la parte permeable a gases 50. En algunos casos, la parte permeable a líquidos 40 está en contacto con la parte permeable a gases 50, en donde al menos una parte de la parte permeable a líquidos 40 está en contacto con al menos una parte de la parte permeable a gases 50 para garantizar la comunicación operativa entre las partes 40, 50.

25 La parte permeable a líquidos 40 comprende un componente permeable a líquidos 60 que tiene una pared permeable a líquidos 62 que define una cámara interior 64. La cámara interior 64 comprende (por ejemplo, está llena de) una solución hinchable de polímero 70. Un sensor de presión 90 está en comunicación operativa con la cámara interior 64 para medir la presión dentro de la cámara interior 64. El componente permeable a líquidos 60 se hace de un material poroso que, aunque es permeable a líquidos, es sustancialmente impermeable a gases (por ejemplo, aire) y sustancialmente impermeable a los polímeros de la solución hinchable de polímero 70. En algunos casos, el material poroso es cerámico, por ejemplo, cerámico hidrófilo. La cerámica utilizada en la fabricación del componente permeable a líquidos 60 puede presentar un punto de entrada de aire que esté por debajo de la presión máxima (inducida por la concentración de polímero). Por ejemplo, el punto de entrada de aire está entre aproximadamente 25 kPa y aproximadamente 2000 kPa, o es aproximadamente 1100 kPa.

En algunos otros casos, el material poroso se hace de plástico o inoxidable o cualquier otro material.

30 En algunos casos, el componente permeable a fluidos 60 tiene una longitud ( $L_{pc}$ ) medida desde el extremo más inferior del componente permeable a fluidos 40 hasta el punto más superior del componente permeable a fluidos 40.  $L_{pc}$  está entre aproximadamente 50 mm y aproximadamente 100 mm, o entre aproximadamente 60 mm y aproximadamente 75 mm o una longitud de aproximadamente 65 mm. En algunos casos, el componente permeable a fluidos 60 tiene un diámetro exterior entre aproximadamente 15 mm y aproximadamente 25 mm; o entre aproximadamente 17 mm y aproximadamente 22 mm, o un diámetro exterior de aproximadamente 19 mm. Las paredes 62 tienen un grosor medio de entre aproximadamente 2 mm y aproximadamente 5 mm, o entre aproximadamente 3 mm y aproximadamente 4 mm, o un grosor medio de aproximadamente 4 mm. En algunos otros casos, el componente permeable a fluidos 60 tiene una longitud de aproximadamente 65 mm, un diámetro exterior de aproximadamente 19 mm y un grosor de pared 62 de aproximadamente 4 mm.

35 La cámara interior 64 es adecuada para recibir la solución hinchable de polímero 70. En algunos casos, la cámara interior 64 tiene una altura ( $H_{ic}$ ) es decir, entre aproximadamente 0,2 mm y aproximadamente 75 mm, o entre aproximadamente 1 mm y aproximadamente 60 mm, o entre aproximadamente 5 mm y aproximadamente 60 mm. En algunos casos, la cámara interior 64 tiene un volumen que está entre aproximadamente 0,5  $\text{cm}^3$  y aproximadamente 7  $\text{cm}^3$  o entre aproximadamente 0,5  $\text{cm}^3$  y aproximadamente 6,5  $\text{cm}^3$ .

En algunas implementaciones de estas realizaciones, el componente permeable a líquidos 60 tiene forma cónica. Debe entenderse que el componente permeable a líquidos 60 puede tener otras formas sin apartarse de la presente tecnología, tales como, por ejemplo: una forma tórica, una forma cúbica, una forma esférica o una forma similar a un disco.

55 La solución hinchable de polímero 70 comprende un polímero, preferiblemente un polímero soluble en agua, más preferiblemente un polímero soluble en agua no iónico. En algunos casos, el polímero presente en la solución hinchable de polímero 70 tiene una o más de las siguientes propiedades: i) hidrófila; ii) no sensible al pH, iii) alta tasa de absorción; iv) baja propensión al secado; v) estabilidad química y vi) robustez mecánica.

Ejemplos de polímeros que pueden estar presentes en la solución hinchable de polímero de la presente tecnología incluyen, pero no se limitan a esto: superabsorbentes; hidrogeles tales como, por ejemplo: poli(2-metacrilato de hidroxietilo), N-vinilpirrolidona, copolímero de metacrilato de 2,3-dihidroxiopropilo, metacrilato de 2-hidroxietilo, polietilenglicol (PEG), polivinilpirrolidinona oro (PVP), poli(alcohol vinílico) (PVA), poli(N-isopropilacrilamida), poli(cloruro de acrilamida-co-dialildimetilamonio), derivado de sacarosa y celulosa. Otros ejemplos de polímeros incluyen: poliacrilamidas no iónicas.

Otros ejemplos de polímeros que pueden estar presentes en la solución hinchable de polímero de la presente tecnología incluyen, pero no se limitan a esto: ácido acrílico, ácido metacrílico, ácido 2-bromoacrílico, ácido 2-(bromometil)acrílico, ácido 2-etilacrílico, ácido metacrílico, ácido 2-propilacrílico, acrilato sódico, metacrilato de sodio o cualquier derivado de los mismos, hidróxido de sodio, u homopolímeros, heteropolímeros o cualquier derivado de los mismos polimerizados con un reticulador de di-acrilato, di-acrilamida, y divinilo, alquilacrilamida, clorhidrato de N-(3-aminopropil)metacrilamida, N-terc-butilacrilamida, diacetona acrilamida, N,N-dietilacrilamida, N,N-dietilmetacrilamida, N,N-dimetilacrilamida, N-[3-(dimetilamino)propil]metacrilamida, N-etilacrilamida, N,N'-eexametilenbis(metacrilamida), N-hidroxietilacrilamida, N-(hidroximetil)acrilamida, (4-hidroxifenil)metacrilamida, 2-hidroxiopropil-metacrilamida, N-(isobutoximetil)acrilamida, N-isopropilacrilamida, N-isopropilmetacrilamida, metacrilamida, u homopolímeros, heteropolímeros o derivados de los mismos polimerizados con un reticulador de di-acrilato, di-acrilamida, y divinilo.

Otros ejemplos de polímeros que pueden estar presentes en la solución hinchable de polímero de la presente tecnología incluyen, pero no se limitan a esto: copolímeros de copolímero de anhídrido maleico, copolímeros de poli(alcohol vinílico), óxido de polietileno reticulado, carboximetilcelulosa reticulada o copolímero injertado con almidón.

En algunas realizaciones, la concentración de polímeros en la solución hinchable de polímero de la presente tecnología está entre aproximadamente el 5 % en peso y aproximadamente el 90 % en peso, o entre aproximadamente el 10 % en peso y aproximadamente el 70 % en peso, o entre aproximadamente el 10 % en peso y aproximadamente el 30 % en peso. En algunas realizaciones, la concentración de polímeros en la solución hinchable de polímero de la presente tecnología es de al menos aproximadamente el 5 % en peso, al menos aproximadamente el 10 % en peso, al menos aproximadamente el 15 % en peso, al menos aproximadamente el 20 % en peso, al menos aproximadamente el 25 % en peso, al menos aproximadamente el 30 % en peso, al menos aproximadamente el 35 % en peso, al menos aproximadamente el 40 % en peso, al menos aproximadamente el 45 % en peso, al menos aproximadamente el 50 % en peso, al menos aproximadamente el 55 % en peso, al menos aproximadamente el 60 % en peso, al menos aproximadamente el 65 % en peso, al menos aproximadamente el 70 % en peso, al menos aproximadamente el 75 % en peso, al menos aproximadamente el 80 % en peso, al menos aproximadamente el 85 % en peso o al menos aproximadamente el 90 % en peso.

En algunas realizaciones, el dispositivo de PMPM comprende una solución hinchable de polímero en una cantidad que varía entre aproximadamente 2 g de polímero/l de solución (por ejemplo, agua), o entre aproximadamente 500 g de polímero/l de solución (por ejemplo, agua), o entre aproximadamente 2 kg de polímero/l de solución (por ejemplo, agua).

En algunas realizaciones, la parte permeable a líquidos 40 está en comunicación operativa con la parte permeable a gases 50 a través del componente permeable a gases 80. Tal comunicación operativa se logra cuando el componente permeable a gases 80 está en contacto con el entorno exterior del dispositivo 10 (es decir, con el medio poroso) y el material poroso del componente permeable a líquidos 60. En algunas otras realizaciones, la comunicación operativa se logra cuando el componente permeable a gases 80 está en contacto con el exterior del entorno del dispositivo 10 (es decir, con el medio poroso) y con la solución hinchable de polímero 70. En algunas otras realizaciones, la comunicación operativa se logra cuando el componente permeable a gases 80 está en contacto con el exterior del entorno del dispositivo 10 (es decir, con el medio poroso), el material poroso del componente permeable a líquidos 60 y con la solución hinchable de polímero 70. Por ejemplo, el componente permeable a gases 80 puede ser parte de la pared de la carcasa 30, o puede integrarse en la pared del alojamiento 30, o puede ser parte del componente permeable a fluidos 60.

En algunos casos, el componente permeable a gases 80 comprende una pluralidad de poros que tienen un tamaño promedio que varía entre aproximadamente 5 micrómetros y aproximadamente 50 micrómetros, o entre aproximadamente 5 micrómetros y 35 micrómetros, o entre aproximadamente 10 micrómetros y aproximadamente 50 micrómetros, o entre aproximadamente 10 micrómetros y aproximadamente 35 micrómetros. El componente permeable a gases 80 purga gas (por ejemplo, burbujas de aire/aire) que está atrapado en la solución hinchable de polímero 70 y/o atrapado en el componente permeable a líquidos 60. En algunos casos, esta acción de purga se logra poco después de que el polímero haya comenzado a hincharse (es decir, al entrar en contacto con la solución del medio poroso que entra en la cámara interior 64). En algunos casos, el polímero forma un hidrogel al entrar en contacto con la solución del medio poroso que entra en la cámara interior. Esta rápida eliminación de gas (por ejemplo, aire/burbujas de aire) mejora la homogeneidad global de la solución hinchable de polímero 70. En algunos casos, el componente permeable a gases 80 evita la fuga de los polímeros fuera de la solución hinchable de polímero 70.

En algunas implementaciones, el componente permeable a gases 80 es altamente permeable a gases y poco permeable al agua (por ejemplo, hidrófobo) lo que facilita la evacuación de gas del componente permeable a líquidos

60 y/o de la solución hinchable de polímero 70. El componente permeable a gases 80 puede hacerse de un material hidrófobo poroso que tiene un tamaño de poro promedio que evita que las moléculas de polímero pasen a través del material hidrófobo. Por ejemplo, el material hidrófobo puede ser una membrana hidrófoba, una funda hidrófoba, una película hidrófoba o similares. Preferiblemente, el material hidrófobo es adecuado para retener las moléculas de polímero en la parte permeable a líquidos 40 del dispositivo 10. En estos casos, el tamaño medio de poro del material hidrófobo es menor que el tamaño de las moléculas de polímero.

En algunos casos, el material hidrófobo incluye, pero no sin limitación a esto, polietileno y copolímeros de polietileno. El polietileno o los copolímeros de polietileno pueden tener un tamaño de poro promedio entre aproximadamente 10 y 200 micrómetros. Un experto en la técnica apreciará fácilmente que se pueden incluir otros materiales en el material hidrófobo sin apartarse de la presente tecnología.

Pueden concebirse diversas configuraciones de la parte permeable a líquidos 40 y de la parte permeable a gases 50 sin apartarse de la presente tecnología. Ejemplos de otras configuraciones se representan en Figuras 3 a 6.

La Figura 3A muestra la parte inferior 132 del dispositivo de PMPM 110 según otra realización de la presente tecnología en donde el dispositivo de medición de parámetros de medio poroso 110 comprende una parte permeable a gases 150 ubicada encima de la parte permeable a líquidos 140. En esta realización, el componente permeable a gases 180 está en contacto con el entorno exterior del dispositivo de medición de parámetros de medio poroso 110 (es decir, medio poroso) (en uso) así como en contacto con el componente permeable a líquidos 160 que tiene la pared 162. En esta configuración, el componente permeable a gases 180 no está en contacto directo con la solución hinchable de polímero 170 que está presente en la cámara interior 164 y la evacuación de gases desde el componente permeable a líquidos 160 se produce sin que estos gases tengan que pasar a través de la solución hinchable de polímero 170. En tal realización, el dispositivo de medición de parámetros de medio poroso 110 comprende un sensor de presión 190. El sensor de presión 190 está en configuración operativa con la cámara interior 164 para medir la presión dentro de la cámara interior 164. En otra configuración de esta realización, tal como se representa en la Figura 3B, la cámara interior 164 comprende una solución de medio poroso que carece de polímeros (por ejemplo, solución de medio poroso). En algunos casos, la solución hinchable de polímero 170 se encuentra en otra parte del dispositivo. Por ejemplo, como se ve en la Figura 3B, la solución hinchable de polímero 170 puede encontrarse entre el componente permeable a líquidos 160 y el componente permeable a gases 180.

La Figura 4 muestra otra realización del dispositivo de PMPM de la presente tecnología en donde el dispositivo de PMPM 210 comprende una parte permeable a gases 250 ubicada adyacente a la parte permeable a líquidos 240. En esta realización, el componente permeable a gases 280 está en contacto con el entorno exterior del dispositivo de PMPM 210 (es decir, medio poroso) cuando está en uso, así como en contacto con el componente permeable a líquidos 260 mientras no está en contacto directo con la solución hinchable de polímero 270 en la cámara interior 264. La solución hinchable de polímero 270 se separa del componente permeable a gases 280 por el revestimiento impermeable a fluidos 292. En algunos casos, el revestimiento impermeable a fluidos 292 se hace de materiales tales como, pero sin limitarse a esto, plástico, aluminio, inoxidable o similares.

El dispositivo 410 de PMPM representado en la Figura 6 tiene una configuración que es similar a la configuración del dispositivo de PMPM 210 de la Figura 4. Sin embargo, en la configuración representada en la Figura 6 una parte de la solución hinchable de polímero 470 está presente dentro del componente permeable a gases 480. La parte restante de la solución hinchable de polímero 470 está separada del componente permeable a gases 480 por un revestimiento impermeable a fluidos 492.

En el dispositivo de PMPM 310 representado en la Figura 5, el componente permeable a gases 380 está en contacto con el entorno exterior del dispositivo de PMPM 310 (es decir, medio poroso) cuando está en uso, el componente permeable a líquidos 360 y con la solución hinchable de polímero 370. En esta realización, la solución hinchable de polímero 370 está presente entre el componente permeable a líquidos 360 y el componente permeable a gases 380. En algunas implementaciones de esta realización, el dispositivo de PMPM 310 comprende un dispositivo de detección 394 tal como, por ejemplo, dispositivos de detección capacitivos (por ejemplo, electrodos) para medir iones presentes en la parte permeable a líquidos 340. Se pueden prever otros sensores tales como sensores para evaluar: salinidad, nitrato, pH, presencia/concentración de sustancias orgánicas, nutrientes, contaminantes orgánicos o inorgánicos, productos de petróleo o similares. Se pueden usar otros aparatos de detección, tales como, pero sin limitación a esto, aparatos para mediciones ópticas por absorbancia, transmitancia, luminiscencia, espectroscopia, espectroscopia (Raman, SERS), aparatos para mediciones electroquímicas por electrodos iónicos específicos estándar (ISE) o adaptaciones microelectrónicas (labchip, tecnologías de chip, etc.), transistor de efecto de campo (FET), aparato para mediciones electroquímicas de transistor de efecto de campo sensible, transistor de efecto de campo químico, transistor de efecto de campo semiconductor de óxido electrolítico, transistor de efecto de campo semiconductor de óxido metálico, transistor de efecto de campo enzimático, aparato para reacciones químicas o electroquímicas en electrodos con superficies adecuadas (polímero, nanopartículas, etc.) que se pueden medir por óptica (optodos, optrodos, etc.), aparato para mediciones eléctricas directas (resistencia, conductividad, voltametría, amperometría, capacitiva, potenciométrica, etc.), aparato para mediciones de microondas.

Se apreciará que pueden preverse otras configuraciones diversas de las partes permeables a los líquidos y permeables a los gases del dispositivo de PMPM sin apartarse de la presente tecnología.

5 En algunas realizaciones, los dispositivos de PMPM de la presente tecnología pueden comprender un sensor de presión. En algunos casos, el sensor de presión está en contacto operativo con la solución hinchable de polímero para medir la presión en la solución hinchable de polímero. Por ejemplo, como se muestra en la Figura 2, el sensor de presión 100 puede estar en contacto con la solución hinchable de polímero 70 para monitorizar la presión en la cámara interior 64. En algunos casos, el sensor de presión puede ser un sensor digital con compensación de temperatura o sin compensación de temperatura. En algunos otros casos, el sensor de presión puede ser un sensor de presión diferencial o puede ser un sensor de presión absoluta o un sensor de deformación. En algunos casos, el sensor de presión se coloca en el dispositivo de medición de parámetros de medio poroso para quedar completamente enterrado en el medio poroso en uso, mientras que en algunos otros casos, el sensor de presión puede estar parcialmente fuera del medio poroso en uso.

10 En algunas realizaciones, los dispositivos de PMPM de la presente tecnología comprenden un controlador. El controlador puede tener la forma de una placa de circuito impreso (PCB). El controlador puede realizar diversas actividades tales como adquirir, almacenar, procesar, transmitir y/o comunicar diferentes parámetros del suelo obtenidos de los sensores del dispositivo de medición de medio poroso. Los ejemplos de diferentes parámetros del suelo que pueden ser procesados por el controlador incluyen, pero no sin limitación a esto, el voltaje a partir de la presión, temperatura, conductancia, conductividad, presión atmosférica y cualquier otra variable. En algunos casos, el controlador puede comunicarse a través de medios de cableado (por ejemplo, cable) o de manera inalámbrica a un ordenador en una ubicación remota. En algunos casos, los datos obtenidos por el controlador pueden transmitirse al ordenador a intervalo fijo o solo cuando se produce una variación (por ejemplo, en porcentaje o en kPa). El controlador puede ser alimentado por una fuente de energía recargable colocada en el controlador o remotamente desde el controlador (por ejemplo, en otras partes del dispositivo de PMPM). El controlador puede equiparse con un sensor de temperatura para medir la temperatura del medio poroso.

15 Aunque los dispositivos de PMM de la presente tecnología se han descrito principalmente para la medición de parámetros de medios de cultivo, y en particular en relación con la medición de la tensión del agua en el suelo, debe apreciarse que los dispositivos de PMM de la presente tecnología podrían aplicarse para medir parámetros similares en un depósito, cubeta de retención, cultivo de interiores, lago o similares.

20 En algunas realizaciones, los dispositivos de PMPM de la presente tecnología pueden comprender más de una cámara interior que comprende una solución hinchable de polímero que tiene diferentes concentraciones de polímero.



REIVINDICACIONES

1. Un dispositivo de medición de parámetros de medio poroso (10) configurado para medir parámetros relacionados con la tensión del agua en un medio poroso (20) que comprende:
  - 5 i) una parte permeable a líquidos (40) que comprende un componente permeable a líquidos (60) y una solución hinchable de polímero (70);
 caracterizado porque el dispositivo de medición de parámetros de medio poroso (10) comprende además
  - ii) una parte permeable a gases (50) que comprende un componente permeable a gases (80);
 en donde la parte permeable a líquidos (40) está en comunicación operativa con la parte permeable a gases (50) a través del componente permeable a gases (80); y en donde el componente permeable a gases (80) está en comunicación operativa con el medio poroso (20) para purgar los gases de la parte permeable a líquidos (40) al medio poroso (20).
2. El dispositivo de medición de parámetros de medio poroso (10) como se define en la reivindicación 1, en donde la comunicación operativa del componente permeable a gases (80) con el medio poroso (20) es comunicación de gas.
- 15 3. El dispositivo de medición de parámetros de medio poroso (10) según se define en las reivindicaciones 1 o 2, en donde el componente (80) permeable a gases actúa purgando gases atrapados en uno o ambos de: i) el componente permeable a líquidos (60), y ii) la solución hinchable de polímero (70).
4. El dispositivo de medición de parámetros de medio poroso (10) como se define en una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 3, en donde el parámetro relacionado con la tensión del agua es uno o más de: i) tensión del agua en el medio poroso; y ii) una concentración iónica.
- 20 5. El dispositivo de medición de parámetros de medio poroso (10) como se define en una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 4, en donde la parte permeable a líquidos (60) es impermeable a gases.
6. El dispositivo de medición de parámetros de medio poroso (10) como se define en una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 5, en donde la parte permeable a gases (50) es permeable a gases e impermeable a líquidos.
- 25 7. El dispositivo de medición de parámetros de medio poroso (10) como se define en una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 6, en donde el componente permeable a gases (80) está en contacto con el componente permeable a líquidos (60).
8. El dispositivo de medición de parámetros de medio poroso (10) como se define en una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 7, en donde el componente permeable a gases (80) está en contacto con la solución hinchable de polímero (70).
- 30 9. El dispositivo de medición de parámetros de medio poroso (10) como se define en una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 8, en donde el componente permeable a gases (80) está en comunicación operativa con uno o más de: i) el componente permeable a líquidos (60); y ii) la solución hinchable de polímero (70).
10. El dispositivo de medición de parámetros de medio poroso (10) como se define en una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 9, en donde la parte permeable a gases (50) es hidrófoba.
- 35 11. El dispositivo de medición de parámetros de medio poroso (10) como se define en una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 10, en donde el componente permeable a gases (80) es una membrana hidrófoba.
12. El dispositivo (10) de medición de parámetros de medio poroso según una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 11, en donde el componente (60) permeable a líquidos es un componente poroso.
- 40 13. El dispositivo (10) de medición de parámetros de medio poroso como se define en la reivindicación 12, en donde el componente poroso se hace de material hidrófilo poroso es un material cerámico.
14. El dispositivo poroso de medición de parámetros del medio (10) como se define en una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 13, que comprende además un dispositivo de detección (394), en donde el dispositivo de detección (394) es un sensor de presión (90), un dispositivo de detección capacitivo, un dispositivo óptico, un electrodo específico de iones, un transistor de efecto de campo, un aparato para mediciones eléctricas directas o un aparato para mediciones de microondas.
- 45 15. Un método para medir un parámetro relacionado con la tensión del agua en un medio poroso (20), comprendiendo el método:
  - a) insertar el dispositivo de medición de parámetros de medio poroso (10) como se define en una cualquiera de

las reivindicaciones 1 a 14 en un medio poroso (20) que comprende una solución de medio poroso;

- b) permitir que la solución de medio poroso se difunda a través del dispositivo de medición de parámetros de medio poroso (10); y
- c) medir el parámetro relacionado con la tensión del agua de la solución del medio poroso comprendida en el dispositivo de medición de parámetros de medio poroso (10).

5

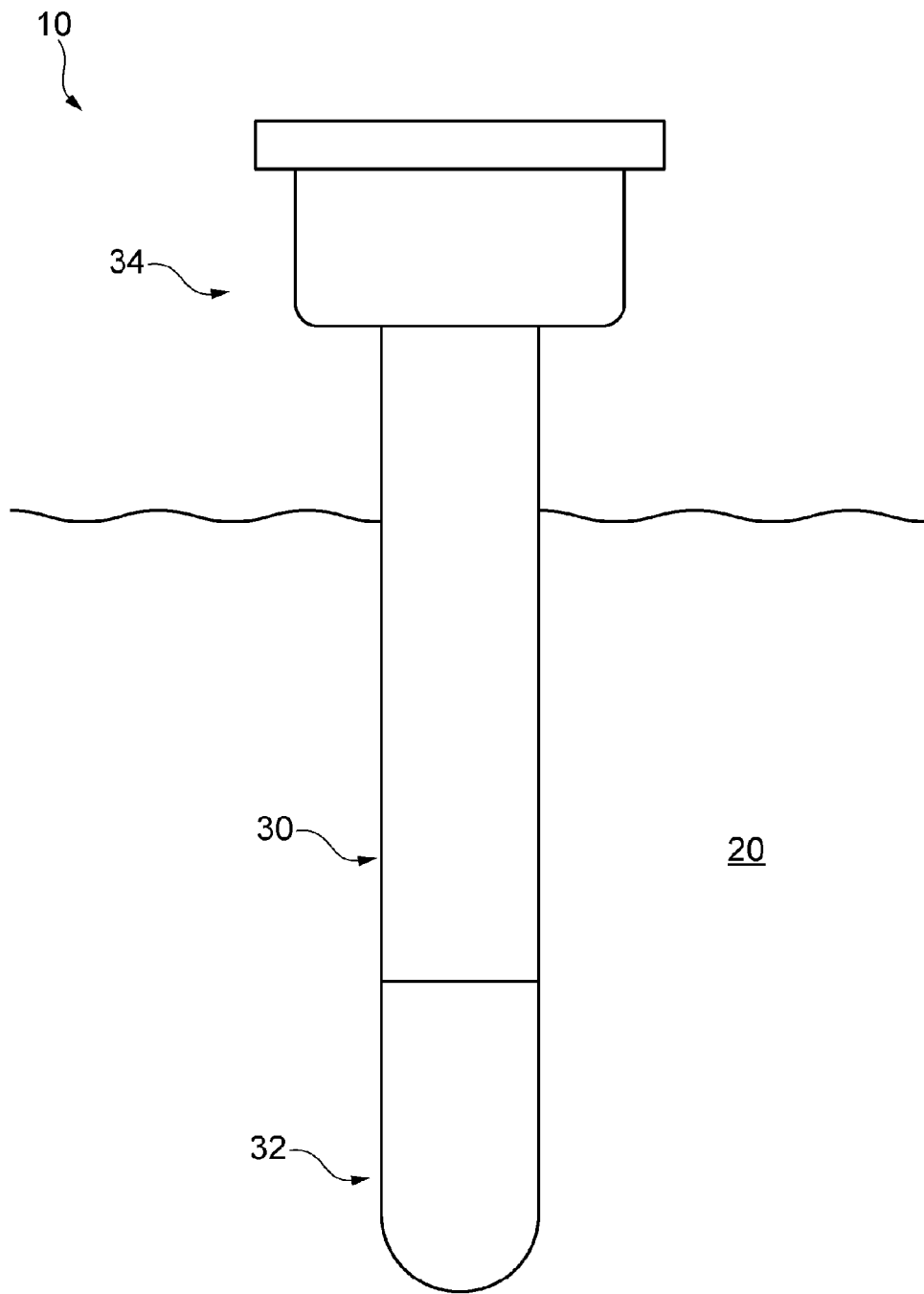


FIG. 1

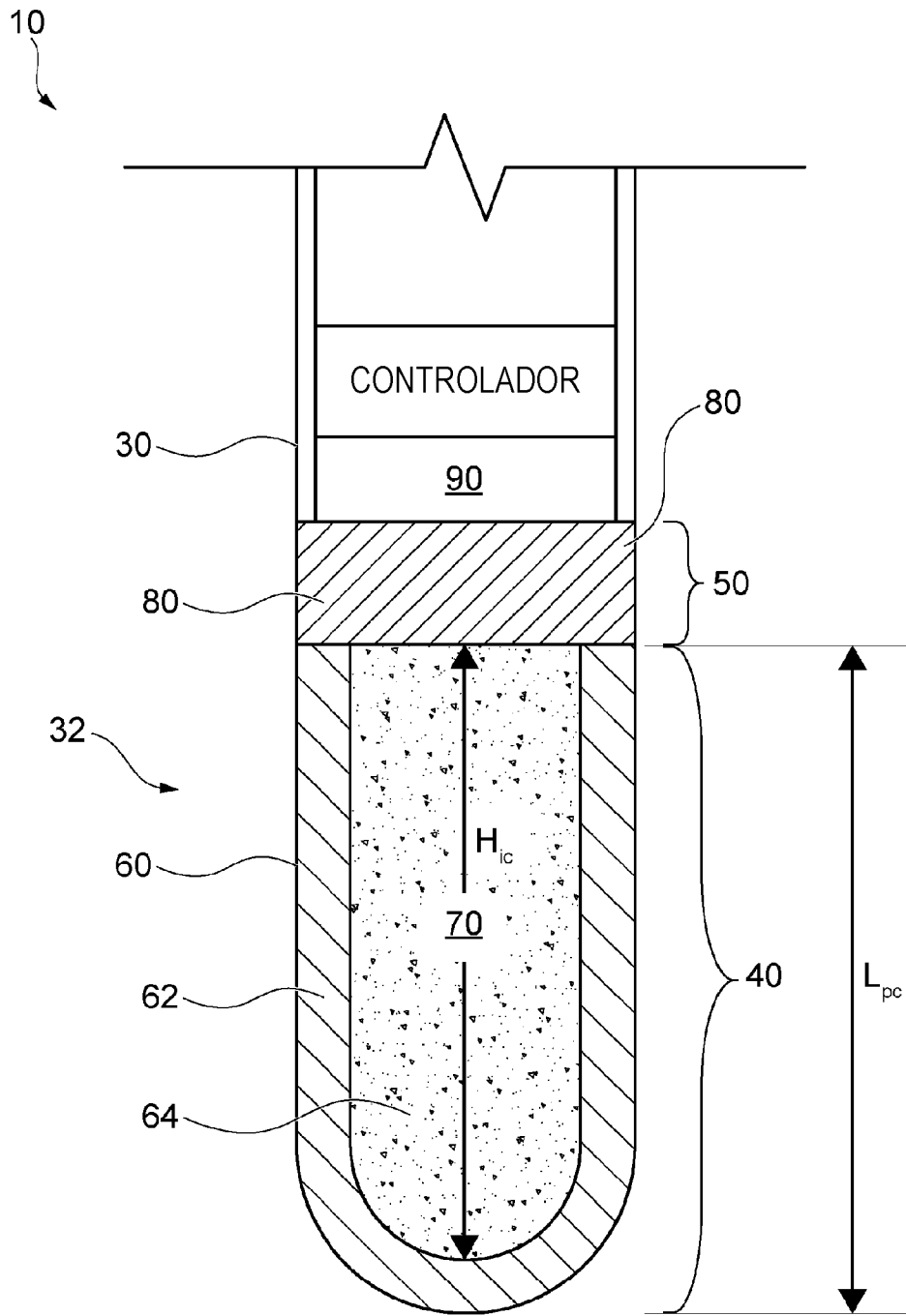


FIG. 2

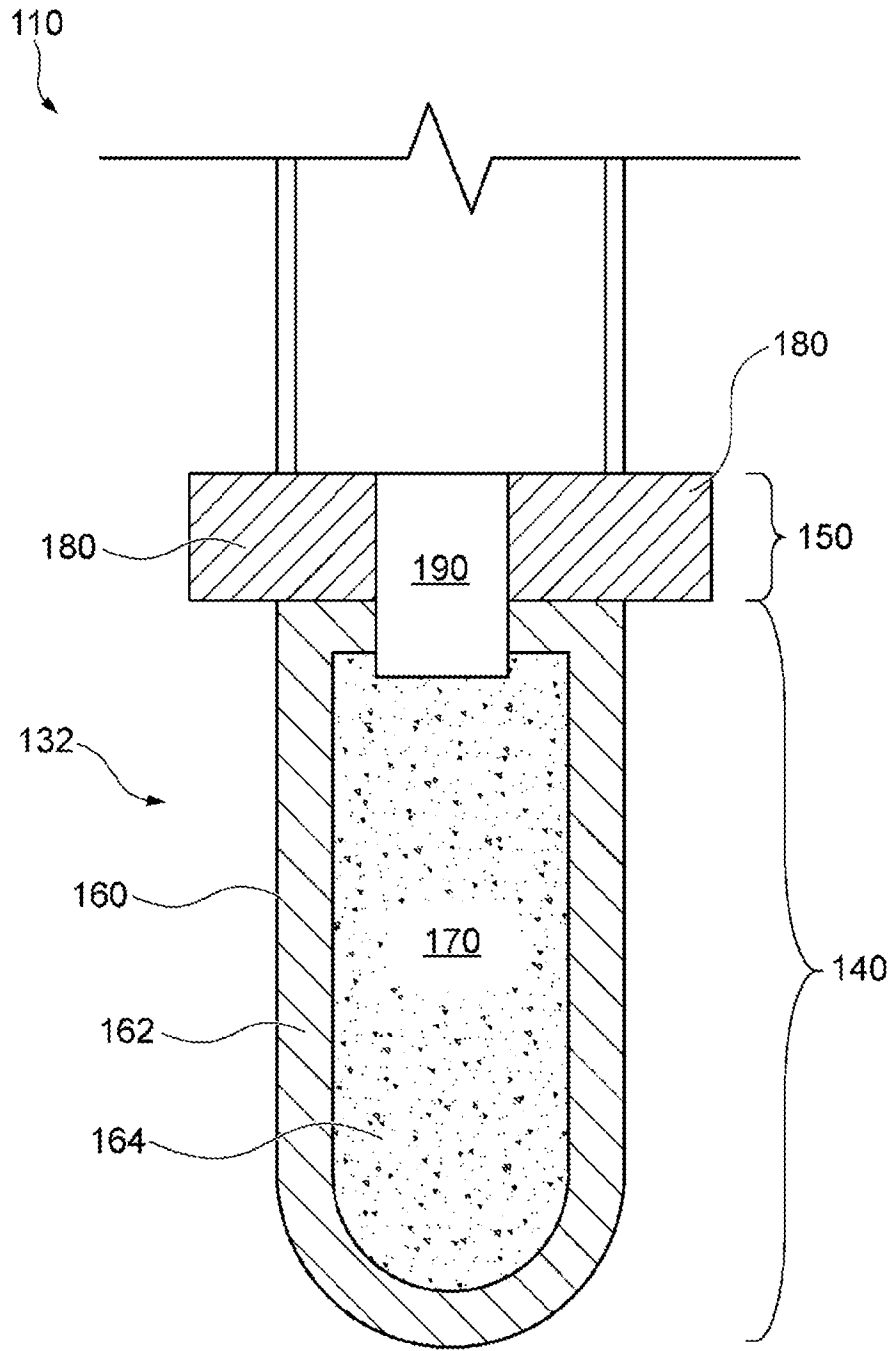


FIG. 3A

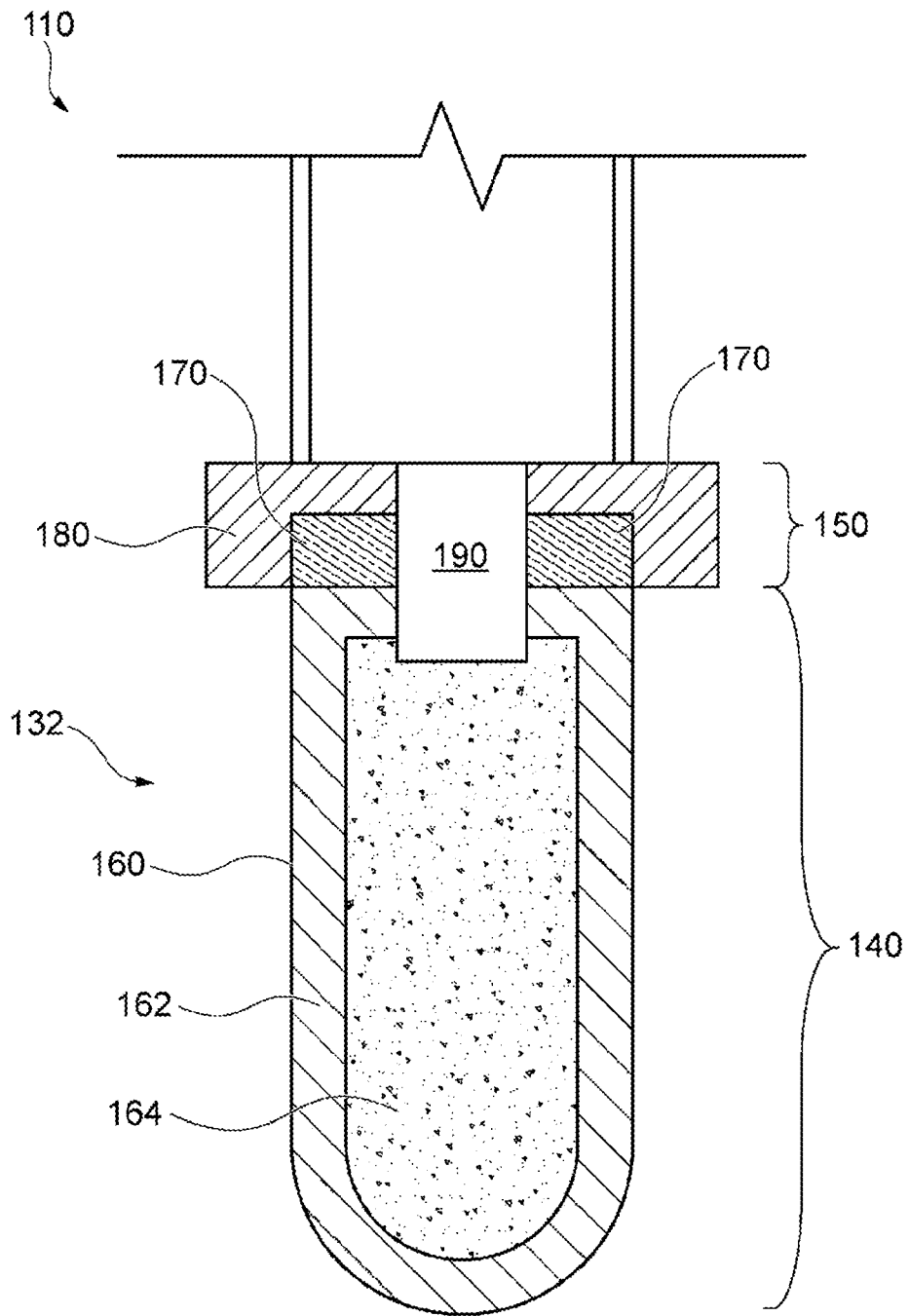


FIG. 3B

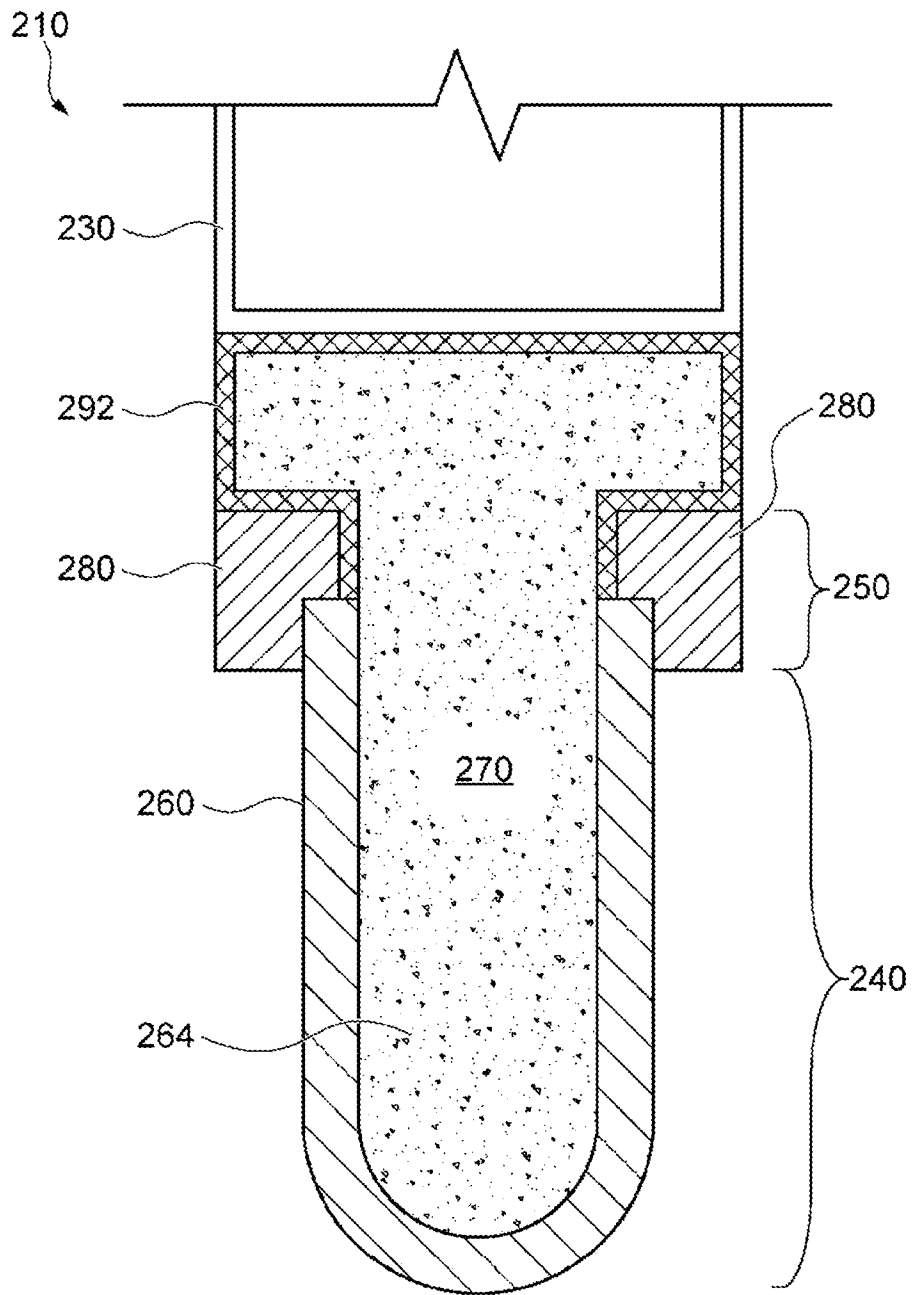


FIG. 4

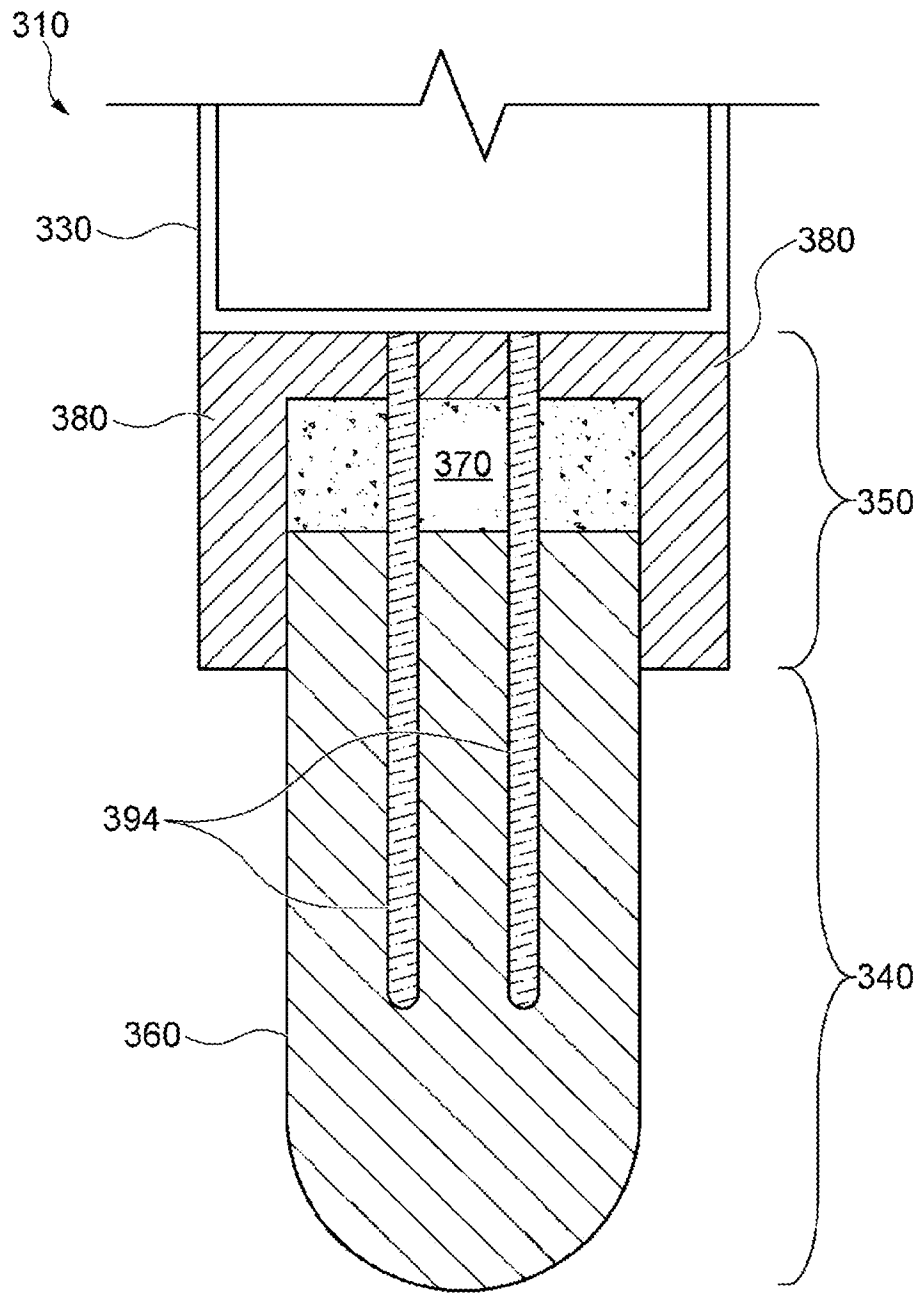


FIG. 5



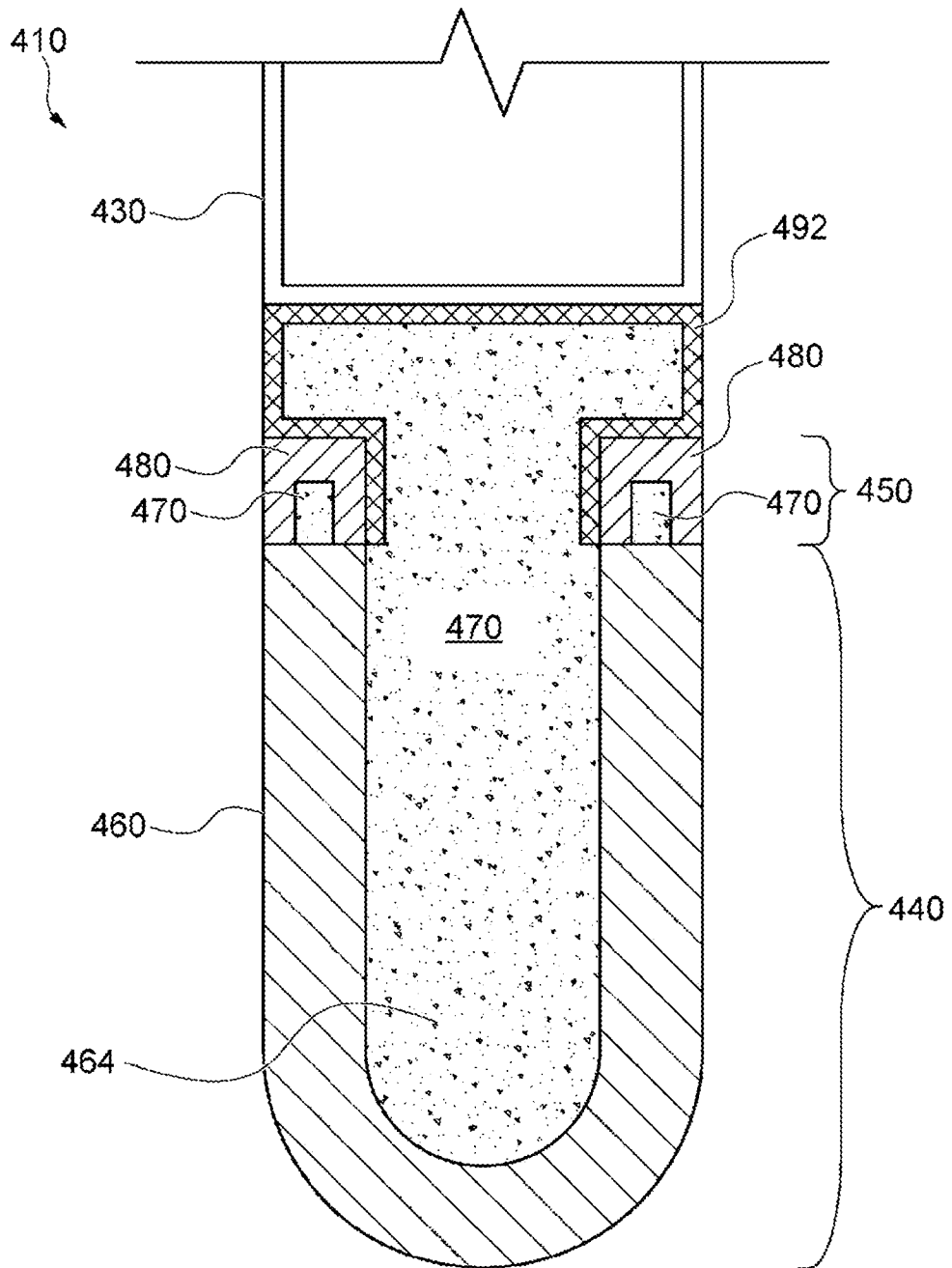


FIG. 6