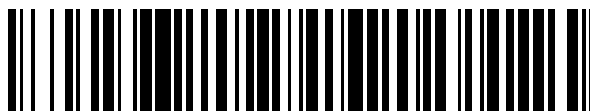


19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 627 152**

51 Int. Cl.:

A01G 7/00

(2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **10.02.2012** **PCT/EP2012/052295**

87 Fecha y número de publicación internacional: **16.08.2012** **WO12107555**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **10.02.2012** **E 12708785 (6)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **19.04.2017** **EP 2672806**

54 Título: **Instalación de medición de presión de turgencia independiente de la temperatura, método para la producción de la instalación de medición**

30 Prioridad:

11.02.2011 DE 102011011020
27.07.2011 DE 102011079905

45 Fecha de publicación y mención en BOPI de la traducción de la patente:
26.07.2017

73 Titular/es:

YARA ZIM PLANT TECHNOLOGY GMBH (100.0%)
Neuendorfstr. 19
16761 Hennigsdorf, DE

72 Inventor/es:

ZIMMERMANN, ULRICH;
EHRENBERGER, WILHELM;
RÜGER, SIMON y
ZIMMERMANN, GERTRAUD

74 Agente/Representante:

ELZABURU SLP, .

ES 2 627 152 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

Instalación de medición de presión de turgencia independiente de la temperatura, método para la producción de la instalación de medición

La invención se refiere a un elemento de fijación para una instalación de medición de presión de turgencia, a una instalación de medición de presión de turgencia, a un método para la producción de un elemento de fijación para una instalación de medición de presión de turgencia y a un método para el manejo de una instalación de medición de presión de turgencia.

La invención se aprovecha del hecho, de que la presión hidrostática, es decir, la llamada presión de turgencia, representa en las células vegetales uno de los parámetros vegetales más importantes para la detección del estado de la planta.

Es conocido, que la presión de turgencia ofrece información sobre el suministro de agua de las plantas. Es conocido además de ello, que la presión de turgencia se produce mediante procesos osmóticos, los cuales dependen por su parte del transporte de materia. De esta manera, la presión de turgencia refleja también el suministro de las plantas con nutrientes. Finalmente es conocido, que la presión de turgencia puede ser, dependiendo del tipo de la planta, de aproximadamente 700 kPa (= 7 bares) y que la presión de turgencia cae a valores muy bajos de aproximadamente 30 kPa – 50 kPa, cuando se da una gran sequedad (escasez de agua) o altas temperaturas o una humedad del aire relativa baja. En caso de una presión de turgencia de cero, las células vegetales, y con ello la planta, mueren. Una presión de turgencia lo suficientemente alta es importante además de ello para el crecimiento de la planta, dado que el crecimiento celular o los procesos biofísicos se controlan en la planta a través de la presión de turgencia.

La importancia práctica de la presión de turgencia conocida en el ámbito de la agricultura resulta debido a que la calidad de los frutos a menudo depende de que las plantas se sometan a un determinado estrés por agua, el cual conduce a una presión de turgencia por debajo de la óptima. Son ejemplos conocidos de ello las vides de vino tinto o las olivas. La calidad del vino tinto o la calidad de las olivas se mejoran notablemente, cuando las plantas o los árboles no se riegan lo suficiente. Debido a esta importancia esbozada de la presión de turgencia en las plantas como indicador del riego, se intenta ya desde hace más de 60 años, detectar mediante técnica de medición la presión de turgencia, para lograr mediante un riego preciso el resultado de cosecha correspondientemente óptimo para la correspondiente planta.

En relación con el estado de la técnica, se conoce como método para la medición de la presión de turgencia en laboratorios fisiológicos de plantas, la plasmólisis, es decir, se cortan las hojas de la planta y se transfieren a soluciones con osmolaridad en aumento. A partir de la presión osmótica, la cual hace su aparición en la plasmólisis (es decir, al separarse las membranas celulares de la pared celular), puede calcularse la presión de turgencia. Las desventajas de este método consisten no obstante en el uso práctico, en que es destructivo, intensivo en cuanto a trabajo, muy impreciso, no automatizable y no adecuado para el campo para el uso en la agricultura.

Se han logrado avances en la determinación de la presión de turgencia mediante el desarrollo de la sonda de medición de presión de turgencia celular. En el caso de este método se introduce un microcapilar llenado con aceite incompresible, bajo el microscopio en una célula a través del tejido circundante y se conduce la presión a través de la fase de aceite a un sensor de presión (compárese Zimmermann et al., 1969, *Kontinuierliche Druckmessung in Pflanzenzellen*, *Naturwissenschaften* 56, 634). Este método mínimamente invasivo es altamente preciso.

Se conocen ya diferentes modificaciones de este tipo de sonda, que se han desarrollado en los últimos 40 años, pero se basan todas en la sonda de medición de la presión de turgencia celular (Zimmermann et al., 2004, *Water ascent in tall trees: does evolution of land plants rely on a highly metastable state?* *New Phytologist*, 165, 575-615).

Una desventaja del método de presión de turgencia celular consiste en que es muy difícil y complejo. Además de ello, no es adecuado para el campo, dado que en particular es sensible al viento. Debido a ello no son posibles mediciones a largo plazo en el campo.

Otro método, usado a día de hoy tanto en condiciones de laboratorio, como también en el campo, para la determinación indirecta de modificaciones relativas de la presión de turgencia (o del potencial de agua), es el método de bomba a presión según Scholander (Scholander et al., 1965, *Sap pressure in vascular plants*. *Science* 148, 339-346; Tyree y Hammel, 1972, *The measurement of the Turgor pressure and water relations of plants by the pressure-bomb technique*. *Journal of experimental Botany* 23, 267-282). En el caso de este método se corta una hoja/órgano de planta y se somete a presión mediante gas en una bomba de presión. La presión, con la cual sale agua en el punto de corte, el cual está en contacto con la atmósfera, se equipara numéricamente con el potencial de agua. El método es sin embargo intensivo en lo que a mano de obra se refiere, destructivo, muy impreciso, y como el método de la plasmólisis, no puede automatizarse.

Una medición no invasiva para la detección de modificaciones relativas en la presión de turgencia fue descrito en 1979 por Heathcote et al. y usado en 1983 por Turner y Sobrado (véase también en este contexto el artículo general de

Geitmann, 2006, *Experimental approaches used to quantify physical parameters at cellular and subcellular levels. American Journal of Botany* 93, 1380-1390). En el caso de este método se ejerce a través de un resorte, una presión sobre la célula y se mide la deformación o la elasticidad de la célula, las cuales dependen de la presión de turgencia. Las desventajas son la imprecisión del método y su no posibilidad de uso en una serie de plantas, siempre y cuando las

El método de Heathcote et al. (1979) se conoce del documento de solicitud de patente DE 10 2006 043 058 A1 ("*Zustandssensor für Pflanzen sowie Bewässerungsanlage mit einem derartigen Zustandssensor*"). Los usos de este método en la práctica han mostrado no obstante, que la presión de turgencia solo se corresponde en muy pocos casos con los valores, los cuales se miden directamente con la sonda de medición de presión de turgencia celular. Las curvas de medición indicadas en la solicitud en parte no se corresponden con las condiciones reales, lo cual explica la razón por la cual el método Heathcote no se ha impuesto.

Otro método para la medición de la presión de turgencia fue solicitado como patente en EEUU por Lintilhac y Outwater el 23 de marzo de 1999 (*Method and Apparatus for Determining a Contact Area between a probe and a specimen*, US 6,277,637 B1). Este documento de patente se basa en la idea de que la forma de una célula o el contacto entre la célula y un instrumento, el cual mide la modificación de la forma, cambia con la presión de turgencia. Este método puede usarse por lo tanto solo en células individualizadas, pero no en células en un tejido vegetal.

Se conoce además de ello, la solicitud de patente WO 2009/092389 A1. Sin embargo, en el caso de esta solución propuesta han de llevarse a cabo varias pulsaciones de presión tras disponerse la sonda, para lograr un contacto plano homogéneo entre la muestra de planta y la masa de relleno. En este caso pueden darse básicamente daños en la hoja y la medición tornarse inútil tras unas pocas horas o días.

Se conoce además de ello la solicitud de patente DE 10 2009 032 872 A1, la cual se ocupa de un método para la producción de una instalación de medición, la cual está configurada para la detección del estado de una muestra vegetal y comprende una instalación de fijación con un bloque de fijación de sensor y un bloque de fijación contrario para ejercer una presión de fijación sobre la muestra vegetal, y una instalación de sensor con un sensor para la medición de una señal de respuesta a la presión de la muestra vegetal. En el caso de esta propuesta de solución resulta en la práctica el problema, de que la producción propuesta no puede usarse para una producción en masa de sondas. Los pasos de trabajo necesarios requieren tiempo y en su mayor parte no pueden automatizarse. En particular el ajuste cero de la sonda varía notablemente tras la incorporación del sensor en la matriz polimérica y reticulada. Resultan valores de tensión de entre - 15 mV y + 15 mV, es decir, el sensor en la matriz polimérica está o bien bajo una tensión por tracción (en el caso de valores de tensión negativos) o bajo una sobrepresión (en el caso de valores de tensión positivos). El valor cero es además de ello en el estado cerrado, significativamente diferente al valor cero en el estado abierto (cuando los dos imanes están separados), dado que en el caso de esta propuesta, la matriz polimérica y reticulada no se introduce de forma plana reproducible. Dado que las células se encuentran en un tejido vegetal (hoja, tallo, etc.) se encuentran bajo una sobrepresión (la presión de turgencia, 30 kPa a 700 kPa), puede darse al disponerse la hoja u otro tejido vegetal entre el bloque de sujeción de sensor y el bloque de sujeción contrario de la sonda, un desplazamiento de punto cero adicional desconocido. En el caso del ejemplo mencionado con anterioridad, se da en el caso de volverse al valor cero del sensor, tras la aplicación de unos valores de presión más altos (> 50 kPa) una histéresis, dado que la silicona y el adhesivo tienen diferentes propiedades de recuperación, que tienen un efecto retardado sobre la membrana del sensor. El mayor problema de las instalaciones de medición, las cuales están producidas según este método, es sobre todo la dependencia de la temperatura de las sondas tras el montaje y el relleno con el polímero, de más de 6 kPa por 10 grados Celsius de modificación de la temperatura (modificaciones en la planta de aproximadamente 5 – 100 kPa). Una ventaja adicional que resulta de ello, es que el valor cero se modifica con la temperatura. En el caso de las condiciones en el campo, en particular en el caso de regiones muy secas y cálidas, la temperatura puede oscilar notablemente (entre 15 grados Celsius por la noche y 45 grados Celsius durante el día). Las hojas a la sombra están dispuestas a una temperatura diferente que las hojas que están expuestas directamente a la radiación solar. Debido a ello, el desplazamiento del punto cero se solapa debido a las oscilaciones en la temperatura con aquel por modificaciones en la presión de turgencia y de esta manera no permite una indicación exacta sobre el contenido de agua de la planta. La dependencia de la temperatura del valor cero se debe en su mayor parte a una polimerización no completa en la proximidad del sensor, a una adhesión limitada del polímero a la pared de la carcasa de la sonda debido a microcavidades no polimerizadas completamente y debido a la inclusión de mínimas burbujas de aire. La dependencia de la temperatura de los sensores bien es cierto que pueden compensarse a través de método de lapso o de offset, los experimentos han demostrado no obstante, que estos métodos no conducen a éxito en el caso de las sondas magnéticas. Una desventaja del método descrito arriba consiste además de ello, en que los alambres de unión en el sensor pueden romperse debido a expansión por temperatura diferente, dado que para la fijación de los alambres de unión se usa un material diferente que para la incorporación del sensor en la masa polimérica. Estos materiales tienen diferentes coeficientes de expansión. La desventaja de estas sondas es también, que un contacto homogéneo entre la sonda y la hoja – en caso de ser posible – solo puede lograrse mediante varios pulsos de presión, como se ha descrito en el documento WO 2009/092389 A1. Para el uso en campo masivo es necesario que la instalación de medición pueda ser colocada y usada por un agricultor no formado con anterioridad sin conocimientos especiales. Como resultado solo pocas sondas (aproximadamente un 1 % de las sondas fabricadas), las cuales se producen según esta solicitud de patente, cumplen con el requisito de una medición exacta de la presión de turgencia.

Los métodos conocidos son además de ello desventajosos, dado que o bien han de aplicarse pulsos de presión (compárese el documento WO 2009/092389 A1) o las sondas tienen una dependencia de la temperatura demasiado alta (compárese los documentos WO 2009/092389 A1 y DE 10 2009 032 872 A1).

La tarea de la presente invención es poner a disposición un elemento de fijación para una instalación de medición de presión de turgencia, un método para la producción de un elemento de fijación para una instalación de medición de presión de turgencia, un método para la producción de una instalación de medición de presión de turgencia y un método para el manejo de una instalación de medición de presión de turgencia, que por vez primera permitan la producción de sondas en gran cantidad, las cuales midan la presión de turgencia sin falseo por influencia de la temperatura y que puedan ser dispuestas sobre una hoja de forma sencilla por una persona sin práctica (por ejemplo, agricultor), sin la aplicación de pulsos de presión.

Esta tarea se soluciona en los objetos y métodos de las reivindicaciones independientes. De las reivindicaciones dependientes resultan formas de realización ventajosas y usos de la invención.

Con el término "muestra de planta" se entiende según la invención una planta intacta, un órgano de planta o tejido de planta o una parte separada de una planta, de un órgano de planta o de un tejido de planta.

En lo que se refiere a la estructura de la planta, un aspecto de la invención parte de la idea principal de lograr en la superficie de la sonda, la cual entra en contacto con la superficie de la planta, una terminación homogénea en un paso (sin que el contacto tenga que lograrse a través de la aplicación de varios pulsos de presión). Esto debe ser en particular independiente de la temperatura, esto quiere decir, que la homogeneidad de la terminación se garantiza también preferiblemente en el caso de oscilaciones en la temperatura. Con "terminación homogénea" se entiende según la invención por ejemplo una superficie, la cual es adecuada o está configurada de forma tal para lograr con la superficie de la planta un contacto uniforme y/o una superficie de contacto lo más grande posible. La superficie de la sonda coincide por ejemplo, en el sentido del principio de "llave-cerradura", con la superficie de la planta, al menos esencialmente.

La invención parte además de ello de la idea básica, de incorporar el sensor de la sonda en una masa polimérica. En este caso se logra según la invención una incorporación homogénea, de tal manera, que por un lado existe entre la masa polimérica y la carcasa metálica circundante una adhesión esencialmente completa, preferiblemente completa, por otro lado en la masa polimérica esencialmente no existen burbujas de gas (por ejemplo, burbujas de aire), la masa polimérica está por lo tanto esencialmente libre de burbujas de gas. Para lograr las propiedades indicadas arriba, esta incorporación ha de producirse según la invención en varias capas, es decir, la masa polimérica ha de introducirse según la invención en varias capas y estructurarse por capas sobre el sensor. Debido a ello se reduce notablemente o se elimina la influencia de oscilaciones en la temperatura.

Según un primer aspecto, la invención pone a disposición un método para la producción de un elemento de fijación para una instalación de medición de presión de turgencia para medir la presión de turgencia de una muestra de planta. El elemento de fijación producido según la invención presenta una pieza de alojamiento de sensor con una primera superficie de contacto, una superficie opuesta a la superficie de contacto y una superficie perimetral que une éstas, presentando el elemento de fijación un eje longitudinal, el cual se extiende en perpendicular con respecto a la primera superficie de contacto, y con una escotadura en el lado de la primera superficie de contacto, la cual está abierta hacia la primera superficie de contacto. El elemento de fijación presenta además de ello, un sensor de presión dispuesto sobre una placa conductora/rejilla de estampado, para la medición de una señal de respuesta de presión de la muestra de planta, estando dispuesta la placa conductora/rejilla de estampado con el sensor de presión de tal manera en la escotadura de la pieza de alojamiento de sensor, que el sensor de presión está dirigido hacia la primera superficie de contacto y la placa conductora/rejilla de estampado se encuentra sobre la base de la escotadura. El elemento de fijación según la invención se produce preferiblemente con los siguientes pasos:

(a) fijar la placa conductora/rejilla de estampado con el sensor de presión dispuesto sobre ella a la base de la escotadura o a la pared de la escotadura;

(b) introducir una primera cantidad de material de relleno en la escotadura, estando medida la primera cantidad de tal manera, que solamente quedan cubiertos la placa conductora/rejilla de estampado y el sensor de presión, pudiéndose producir una elevación de la masa de relleno en la mitad inferior de la pared interior de la carcasa de sensor;

(c) tras la reticulación de la primera cantidad de material de relleno con la placa conductora/rejilla de estampado, el sensor de presión y la pared interior, introducir una segunda cantidad de material de relleno, de tal manera, que teniendo en consideración la expansión durante la reticulación de la segunda cantidad de material de relleno con la pared de la escotadura, la segunda cantidad de material de relleno queda por debajo del borde superior de la escotadura; y

(d) tras la reticulación de la segunda cantidad de material de relleno con la pared de escotadura, introducir una tercera cantidad de material de relleno, de tal manera, que se logra una terminación exacta del material de relleno con la primera superficie de contacto.

Preferiblemente se configura antes del completo endurecimiento de la tercera cantidad de material de relleno, una estructura de terminación negativa sobre la superficie del material de relleno en correspondencia con una estructura de superficie vegetal.

- 5 La estructura de terminación negativa se imprime preferiblemente sobre la superficie del material de relleno. De manera particularmente preferida, la estructura de terminación se produce mediante un elemento de fijación contrario de la instalación de medición de presión de turgencia, el cual presenta una correspondiente estructura contraria.

10 Según una forma de realización alternativa, tras el endurecimiento completo de la tercera cantidad de material de relleno, se configura una estructura de terminación negativa sobre la superficie del material de relleno en correspondencia con una estructura de superficie vegetal. Ésta puede producirse con el elemento de fijación contrario de la instalación de medición de presión de turgencia, que presenta una estructura contraria correspondiente. Esto se produce por ejemplo, mediante impresión con el elemento de fijación contrario de la instalación de medición de presión de turgencia a una temperatura de aproximadamente 30° C durante un periodo de 24 a 120 horas.

15 Entre la tercera cantidad de material de relleno del elemento de fijación y el elemento de fijación contrario puede haber fijado en este caso un material de transferencia.

20 La estructura de terminación negativa es de manera preferida esencialmente cóncava.

25 El polímero se introduce de esta manera según la invención en tres pasos en la carcasa: en el primer paso se introduce tanto polímero que la placa conductora/rejilla de estampado puede incorporarse con el sensor de presión sin cavidades y se mantiene un contacto homogéneo con la pared interior de la pieza de alojamiento de sensor. Tras la reticulación con la placa conductora/rejilla de estampado, el sensor de presión y la pared de carcasa, y el endurecimiento completo del polímero, se introduce tanto polímero, que teniéndose en consideración la expansión durante la reticulación no se alcanza el borde superior de la carcasa. En el tercer paso se inyecta en la carcasa tras la reticulación aún tanta cantidad de polímero (habitualmente en el rango de los nanolitros), que preferiblemente se logra una terminación plana exacta de la carcasa.

30 En lugar de silicona o polímeros pueden usarse para rellenar, siliconas o polímeros, los cuales comprenden colorantes para la detección de oxígeno, el cual es expulsado por la hoja de la planta, en la cual se mide.

35 En un paso posterior se produce preferiblemente la terminación homogénea de la masa polimérica, que no se produce de forma plana, sino que se basa en formas, las cuales se corresponden con superficies vegetales (como por ejemplo, superficies curvadas, como se presentan en un tallo o en hojas con presencia de venas).

40 En la superficie del macho contrario magnético se introducen según la invención estructuras, por ejemplo, fresadas (por ejemplo, anillos concéntricos). En el caso de una eventual sobrepresión en el polímero reticulado, puede expandirse entonces la masa polimérica relativamente elástica por las cavidades estructuradas en el macho contrario, con la consecuencia de que la sobrepresión se reduce, y se regula un punto cero estable, el cual, debido a las superficies de expansión estructuradas en el macho contrario, no se desplaza en caso de modificación de la temperatura y con el cual se logra al mismo tiempo un contacto homogéneo entre los dos imanes y una hoja fijada entre ellos.

45 Según una forma de realización preferida, la sonda según la invención se expone durante y tras la polimerización a cambios de temperatura rápidos de como máximo 110° C y como mínimo 10° C, para liberar eventuales tensiones en el material y faltas de homogeneidad estructurales en el polímero. El periodo de estos cambios de temperatura es de por ejemplo, 10 min. Durante este proceso la sonda está conectada a un dispositivo de medición, por ejemplo, un voltímetro, y el método se lleva a cabo durante tanto tiempo, hasta que se ajusta un valor estable en forma de una tensión constante.

50 Según un aspecto alternativo, la invención pone a disposición un elemento de fijación para una instalación de medición de presión de turgencia para medir la presión de turgencia en una muestra de planta, presentando el elemento de fijación una pieza de alojamiento de sensor, un primer elemento de fuerza y un sensor de presión dispuesto sobre una placa conductora/rejilla de estampado. La pieza de alojamiento de sensor tiene una primera superficie de contacto, una superficie dispuesta frente a la superficie de contacto y una superficie perimetral que une éstas. El elemento de fijación presenta un eje longitudinal, el cual se extiende en perpendicular con respecto a la primera superficie de contacto. El elemento de fijación tiene además de ello una escotadura en el lado de la primera superficie de contacto, estando la escotadura abierta hacia la primera superficie de contacto y presentando la pieza de alojamiento de sensor un canal de paso, el cual se extiende desde el interior de la escotadura hacia una superficie exterior. El primer elemento de fuerza está dispuesto sobre la superficie de la pieza de alojamiento de sensor, opuesta a la primera superficie de contacto. El sensor de presión dispuesto sobre una placa conductora/rejilla de estampado, está configurado para la medición de una señal de respuesta de presión de la muestra de planta. La placa conductora/rejilla de estampado está dispuesta con el sensor de presión de tal manera en la escotadura de la pieza de alojamiento de sensor, que el sensor de presión está dirigido hacia la primera superficie de contacto y la placa conductora/rejilla de estampado se encuentra en la base de la escotadura. La placa conductora/rejilla de estampado presenta además de ello un canal de paso, el cual se extiende desde el lado dirigido hacia la abertura de escotadura, de la placa conductora/rejilla de estampado, hacia el lado dirigido

hacia la base de la escotadura, alineándose la abertura del canal de paso por el lado dirigido hacia la base, con la abertura interior del canal de paso de la pieza de alojamiento de sensor. La escotadura está llena con un material de relleno endurecido con terminación homogénea en la primera superficie de contacto.

- 5 Según una forma de realización preferida, la placa conductora/rejilla de estampado presenta al menos dos canales de paso, los cuales se extienden desde el lado dirigido hacia la abertura de escotadura, de la placa conductora/rejilla de estampado, hacia el lado dirigido hacia la base de la escotadura, de la placa conductora/rejilla de estampado.

- 10 Es preferible además de ello, que la pieza de alojamiento de sensor presente al menos dos canales de paso, los cuales se extiendan desde el interior de la escotadura hacia una superficie exterior, alineándose las aberturas de canal de paso por el lado dirigido hacia la base de la escotadura, de la placa conductora/rejilla de estampado, con aberturas interiores de los canales de paso de la pieza de alojamiento de sensor.

- 15 Los agujeros sirven para la introducción de por ejemplo un polímero de relleno y para la salida del polímero, para permitir un relleno plano completo con sustancias reticulantes de polímero y matriz, como ya ha sido explicado más arriba.

- 20 La placa conductora/rejilla de estampado que porta el sensor de presión, presenta preferiblemente un coeficiente de expansión térmico en dirección x e y de menos de $12 \times 10^{-6} \text{ K}^{-1}$, en particular de menos de $16 \times 10^{-6} \text{ K}^{-1}$. En dirección z, la placa conductora/rejilla de estampado presenta preferiblemente un coeficiente de expansión térmica de menos de $40 \times 10^{-6} \text{ K}^{-1}$, en particular de menos de $60 \times 10^{-6} \text{ K}^{-1}$. La placa conductora/rejilla de estampado presenta en dirección z un coeficiente de expansión menor, dado que la expansión en dirección z influiría en la superficie del sensor y con ello en el contacto con la planta en dependencia de la temperatura.

- 25 El sensor de presión está pegado preferiblemente sobre la placa conductora/rejilla de estampado. Según la invención ha de usarse para la fijación del sensor sobre la placa conductora/rejilla de estampado como máximo 10 nl de pegamento (por ejemplo, ACC Silicone AS5720), el cual presenta un coeficiente de expansión comparable o inferior al del polímero de incorporación.

- 30 La sección transversal de la placa conductora/rejilla de estampado se corresponde preferiblemente con la sección transversal de la escotadura. Esto permite que pueda introducirse de forma exacta en la carcasa circundante. Un centrado del sensor bajo el microscopio ya no es entonces necesario.

- 35 Preferiblemente en la pieza de alojamiento de sensor, hay entre la base o la pared de la escotadura y el lado dirigido hacia la base/pared, de la placa conductora/rejilla de estampado, una capa de pegamento. El material del pegamento presenta en este caso un coeficiente de expansión parecido al del material de relleno.

- 40 El material de relleno preferiblemente no permite el paso de radiación ultravioleta. Según otra forma de realización preferida el material de relleno comprende un colorante, el cual no permite el paso de radiación ultravioleta. Esto tiene el fin de eliminar la dependencia de la luz del chip de silicio del sensor o al menos de reducirla, de manera, que la señal de presión medida no se falsea mediante luz incidente. El colorante puede desgasificarse antes de la mezcla con el material de relleno durante un día con una presión negativa de al menos 700 kPa. El polímero desgasificado de esta manera se introduce entonces mediante vacío o con una presión negativa de al menos 700 kPa en la carcasa del elemento de fijación del sensor, la cual comprende la placa conductora/rejilla de estampado.

- 45 Las paredes de la escotadura de la pieza de alojamiento de sensor no presentan preferiblemente ningún agente de adhesión, están por lo tanto libres de agente de adhesión.

- 50 Según otro aspecto, la invención pone a disposición una instalación de medición de presión de turgencia para la medición de la presión de turgencia en una muestra de planta. Ésta presenta un primer elemento de fijación y un segundo elemento de fijación. El primer elemento de fijación es un elemento de fijación según el primer aspecto de la invención. El primer elemento de fijación presenta una pieza de alojamiento de sensor, con una primera superficie de contacto, una superficie opuesta a la superficie de contacto y una superficie perimetral que une éstas. El elemento de fijación presenta un eje longitudinal, el cual se extiende en perpendicular con respecto a la primera superficie de contacto, así como una escotadura en el lado de la primera superficie de contacto, estando abierta la escotadura hacia la primera superficie de contacto. El elemento de fijación presenta además de ello, un primer elemento de fuerza, el cual está dispuesto en la superficie que se encuentra frente a la primera superficie de contacto, de la pieza de alojamiento de sensor. Se proporciona además de ello, dispuesto sobre una placa conductora/rejilla de estampado, un sensor de presión para la medición de una señal de respuesta de presión de la muestra de planta, estando dispuesta la placa conductora/rejilla de estampado con el sensor de presión de tal manera en la escotadura de la pieza de alojamiento de sensor, que el sensor de presión está dirigido hacia la primera superficie de contacto y la placa conductora/rejilla de estampado se encuentra sobre la base de la escotadura. La escotadura está llena con un material de relleno endurecido con terminación homogénea en la primera superficie de contacto. El segundo elemento de fijación presenta una pieza de fijación contraria con una segunda superficie de contacto, una superficie opuesta a la segunda superficie de contacto y una superficie perimetral que une éstas entre sí, así como un segundo elemento de fuerza, el cual está dispuesto sobre el lado opuesto a la segunda superficie de contacto. Uno de los dos elementos de

fuerza presenta un imán. La instalación de medición de presión de turgencia o su señal de medición están como un todo compensados en temperatura.

La solución según la invención de la compensación de temperatura es ventajosa, dado que se usa en la sonda o en la instalación de medición como un todo. En el estado de la técnica solo se compensa el chip de sensor.

También la compensación de la temperatura de la instalación de medición de presión de turgencia o su señal de medición como un todo se produce preferiblemente mediante regresión lineal. Para ello puede determinarse por ejemplo en un primer paso una recta de regresión para la dependencia de la temperatura de la señal de salida de la instalación de medición, y a continuación calcularse una señal de presión compensada. Esto se produce por ejemplo, conforme a la ecuación $V[p] = V[p, T] - ((T \cdot m) + t)$, siendo $V[p, T]$ la señal de salida dependiente de la presión y de la temperatura, T la temperatura, m el aumento de la recta de regresión y t la sección de eje y de la recta de regresión.

Alternativamente a esta compensación de la temperatura basada en software, la compensación puede producirse basada en hardware. Para ello puede determinarse en primer lugar por su parte la recta de regresión para la dependencia de la temperatura de la señal de salida de la instalación de medición, para conectar entonces en serie un componente eléctrico, como una resistencia o un diodo, a la señal de salida del chip de sensor de presión de la instalación de medición, teniendo el componente eléctrico una dependencia de la temperatura opuesta a la recta de regresión.

La instalación de medición de presión de turgencia según la invención o la sonda, consiste de esta forma en un bloque de fijación de sensor y en un bloque de fijación contrario. En el bloque de fijación de sensor está incorporado el sensor, preferiblemente un sensor de presión. Los dos bloques de fijación consisten preferiblemente en un material metálico.

Tanto en el caso del elemento de fijación, como también en el caso de la instalación de medición de presión de turgencia, la pieza de alojamiento de sensor puede presentar un canal de paso, el cual se extiende desde el interior de la escotadura hacia una superficie exterior, y la placa conductora/rejilla de estampado presentar un canal de paso, el cual se extiende desde el lado dirigido hacia la abertura de escotadura, de la placa conductora/rejilla de estampado, hacia el lado dirigido hacia la base de la escotadura. La abertura del canal de paso del lado dirigido hacia la base, se alinea en este caso con la abertura interior del canal de paso de la pieza de alojamiento de sensor. Debido a ello es posible dejar salir al llenarse o verterse la masa polimérica, el aire contenido, de manera que no resultan inclusiones de aire.

Según una forma de realización preferida, la placa conductora/rejilla de estampado presenta al menos dos canales de paso, los cuales se extienden desde el lado dirigido hacia la abertura de escotadura, de la placa conductora/rejilla de estampado, hacia el lado dirigido hacia la base de la escotadura, de la placa conductora/rejilla de estampado.

Se prefiere además de ello, que la pieza de alojamiento de sensor presente al menos dos canales de paso, los cuales se extiendan desde el interior de la escotadura hacia una superficie exterior, alineándose las aberturas de canal de paso del lado dirigido hacia la base de la escotadura, de la placa conductora/rejilla de estampado, con aberturas interiores de los canales de paso de la pieza de alojamiento de sensor.

Los agujeros sirven para la introducción de por ejemplo, el polímero de relleno (por ejemplo, silicona; SYLGARD® 186 SILICONE ELASTOMER KIT) y para la salida del polímero, para permitir un vertido completo plano con sustancias reticulantes de polímero y matriz. De esta manera, el material de relleno presenta por ejemplo, un polímero reticulable o consiste en polímero reticulable. El material de relleno se elige por ejemplo de resina epoxídica, silicona, silicona de reticulación aditiva, silicona de reticulación condensante, hidrogel orgánico o hidrogel natural con una conductividad térmica de $>0,4 \text{ vatios} \times \text{m}^{-1} \times \text{K}^{-1}$. Según la invención se usan preferiblemente polímeros (de conformación de meniscos cóncavos), los cuales suben debido a sus propiedades de tensión de superficie al introducirse en la carcasa por las paredes interiores del bloque de fijación de sensor y establecen de esta manera un contacto homogéneo con éste. Ha de tenerse en consideración además de ello, la temperatura óptima en dependencia de la masa de relleno usada, a la cual los efectos de tensión de la superficie presentan las propiedades indicadas más arriba. La polimerización ha de llevarse a cabo por lo tanto en un intervalo de temperatura estrecho (por ejemplo, entre aproximadamente 20°C y aproximadamente 23°C).

Preferiblemente la placa conductora/rejilla de estampado que porta el sensor de presión, presenta un coeficiente de expansión térmico en dirección x e y de menos de $12 \times 10^{-6} \text{ K}^{-1}$, en particular de menos de $16 \times 10^{-6} \text{ K}^{-1}$. En dirección z , la placa conductora/rejilla de estampado presenta preferiblemente un coeficiente de expansión térmica de menos de $40 \times 10^{-6} \text{ K}^{-1}$, en particular de menos de $60 \times 10^{-6} \text{ K}^{-1}$. La placa conductora/rejilla de estampado presenta en dirección z un coeficiente de expansión menor, dado que la expansión en dirección z influiría en la superficie del sensor y con ello en el contacto con la planta en dependencia de la temperatura.

El sensor de presión está pegado preferiblemente sobre la placa conductora/rejilla de estampado. Según la invención ha de usarse para la fijación del sensor sobre la placa conductora/rejilla de estampado como máximo 10 nl de pegamento (por ejemplo, ACC Silicone AS5720), el cual presenta un coeficiente de expansión comparable o inferior al del polímero de incorporación.

La sección transversal de la placa conductora/rejilla de estampado se corresponde preferiblemente con la sección transversal de la escotadura. Esto permite que pueda introducirse de forma exacta en la carcasa circundante. Un centrado del sensor bajo el microscopio ya no es entonces necesario.

Preferiblemente en la pieza de alojamiento de sensor, hay entre la base o la pared de la escotadura y el lado dirigido hacia la base/pared, de la placa conductora/rejilla de estampado, una capa de pegamento. El material del pegamento presenta en este caso un coeficiente de expansión parecido al del material de relleno.

El material de relleno preferiblemente no permite el paso de radiación ultravioleta. Según otra forma de realización preferida el material de relleno comprende un colorante, el cual no permite el paso de radiación ultravioleta. Esto tiene el fin de eliminar la dependencia de la luz del chip de silicio del sensor o al menos de reducirla, de manera que la señal de presión medida no se falsea mediante luz incidente. El colorante puede desgasificarse antes de la mezcla con el material de relleno, durante un día con una presión negativa de al menos 700 kPa. El polímero desgasificado de esta manera se introduce entonces mediante vacío o con una presión negativa de al menos 700 kPa en la carcasa del elemento de fijación del sensor, la cual comprende la placa conductora/rejilla de estampado.

En caso de que las paredes de la carcasa no se cubran con el polímero debido a efectos de tensión de superficie, las paredes de la carcasa se revisten según una forma de realización preferida, con una película de polímero estable, ligera (por ejemplo, mediante centrifugado), antes de introducirse el polímero, de manera que durante la reticulación del polímero no resultan cavidades entre el polímero y las paredes interiores del bloque de fijación de sensor. La introducción del polímero de incorporación se produce preferiblemente en varios pasos para obtener un contacto homogéneo entre la pared interior y el polímero. En el primer paso de llenado ha de tenerse en consideración, que el polímero aún líquido sube homogéneamente por la pared del recipiente debido a efectos de tensión de superficie, de manera que resulta una adhesión homogénea entre el polímero y la pared.

En la instalación de medición de presión de turgencia la segunda superficie de contacto del segundo elemento de fijación está preferiblemente estructurada. La estructura puede presentarse en este caso en forma de un relieve. La estructura puede presentarse por ejemplo, en forma de anillos concéntricos. Esto conduce a que el contacto con la muestra de planta se aumente, dado que los anillos de la superficie confieren una determinada elasticidad. Se prefiere además de ello, que la estructura se presente en forma de ranuras paralelas, teniendo la ranura más próxima al eje longitudinal más profundidad que el resto de las ranuras. En el caso de una eventual sobrepresión en el polímero reticulado puede expandirse entonces la masa polimérica relativamente elástica por las cavidades estructuradas en el macho contrario, con la consecuencia de que se reduce la sobrepresión y se regula un punto cero estable, el cual, debido a las superficies de expansión estructuradas en el macho contrario no se desplaza en caso de modificación de la temperatura y con el cual se logra al mismo tiempo un contacto homogéneo entre los dos imanes y una hoja fijada entre ellos. Las ranuras paralelas son adecuadas para la medición en agujas o para hojas, pudiendo alojar la ranura central más profunda el nervio central de la hoja. Dicho en general, se pone a disposición un contacto uniforme y lo más grande posible.

A partir de la recta de regresión para la compensación de temperatura se determina según esto en primer lugar el aumento (m), así como la sección de eje y (t). Para compensar la dependencia de la temperatura, se calcula $V [p]$ (señal de salida compensada) conforme a la ecuación $V [p] = V [p, T] - ((T \cdot m) + t)$. Dado que la señal de sonda según la ecuación mencionada anteriormente depende también de la presión, se determina a continuación la dependencia de la presión de la sonda, en cuanto que la sonda se calibra frente a la presión del aire. La señal $V [p]$ compensada en temperatura se memoriza en la memoria de datos con un correspondiente software y preferiblemente se visualiza de manera correspondiente.

El paso (a) presenta en este caso preferiblemente los pasos:

- (a1) solicitar la instalación de medición con un aumento de temperatura gradual por pasos de 10° C de 0° C a 50° C con una separación de respectivamente al menos 30 minutos;
- (a2) medir la señal de salida de la instalación de medición en el correspondiente paso; y
- (a3) determinar la recta de regresión a partir de los valores de medición.

En el caso de esta solución mediante software se aprovecha la relación lineal entre la temperatura y la señal de salida. En este caso se aumenta la temperatura cada 30 minutos a razón de respectivamente 10 grados Celsius de 0 a 50 grados Celsius y al mismo tiempo se registran las señales de salida de las sondas.

Se produce además de ello preferiblemente un calibrado de la sonda frente a la presión del aire y una memorización de la señal $V [p]$ compensada en temperatura para cada instalación de medición en una memoria de datos.

En esta compensación de temperatura se produce preferiblemente un "acondicionamiento previo". En este caso se produce en primer lugar un enfriamiento a 0° C hasta que se alcanzan valores estables (al menos 10 minutos sin oscilación en los valores en el marco de la exactitud de la medición y del ruido natural), tanto de la señal de salida no

compensada, como también de la medición de la temperatura. En este sentido se prefieren masas de relleno con altas capacidades de conducción térmica, dado que aceleran el ajuste del equilibrio entre el sensor y el entorno.

La medición de la temperatura para la compensación puede producirse de diferentes formas. Por un lado la medición de la temperatura puede producirse mediante un diodo en la carcasa del sensor (por ejemplo, sobre placa conductora/rejilla de estampado) o a través de la resistencia de puente general del puente de Wheatstone (conexiones de la tensión de alimentación V+ y GND). Esta resistencia de puente general es dependiente de la temperatura, pero no dependiente de la presión. Alternativamente a ello puede usarse para ello un chip de sensor de presión con diodo de temperatura integrado.

Se determinan en primer lugar por ejemplo, valores de medición no compensados. A continuación se produce una conmutación del dispositivo de medición al modo de medición de presión, para llevar a cabo una medición de presión. Entonces se conmuta nuevamente al modo de temperatura para la medición de la temperatura. Ahora se produce la compensación del valor de presión. Entre la medición de la presión y de la temperatura hay por ejemplo, aproximadamente 1-2 minutos.

De forma alternativa a ello, la compensación de la temperatura se produce mediante hardware. Esto puede producirse de dos formas diferentes. En este caso se tiene en cuenta que la placa conductora/rejilla de estampado presenta además del sensor de presión un puente de medición, por ejemplo, un puente de Wheatstone.

Según una alternativa, estando cerrados los elementos del puente de Wheatstone (pero también en el estado abierto) se compensa la dependencia de temperatura mediante conmutaciones de sustitución adecuadas (por ejemplo, mediante resistencias conectadas en serie o en paralelo, diodos, etc.). Para ello se determina en primer lugar una recta de regresión para la dependencia de la temperatura de la señal de salida de la instalación de medición. A continuación se produce por ejemplo, una conmutación en serie de un componente eléctrico con la señal de salida del chip de sensor de presión de la instalación de medición, teniendo el componente eléctrico una dependencia de la temperatura opuesta a la recta de regresión.

Alternativamente pueden modificarse también los elementos individuales del puente de medición, en caso de que éstos estén abiertos, es decir, el puente de Wheatstone no esté cerrado y las resistencias individuales accesibles. En todo caso, el dispositivo de compensación ha de encontrarse en proximidad espacial, para evitar diferentes temperaturas de la sonda y de la resistencia de compensación. La señal de salida está a continuación compensada de forma permanente. Una medición de la temperatura es superflua dado que la "resistencia de corrección" se modifica junto con la modificación de la temperatura.

Está abierto por ejemplo, al menos un elemento o todos los elementos dependientes de la presión del puente de Wheatstone del sensor de presión, de manera que pueden modificarse de tal forma mediante escaneo por láser u otros métodos, con la consecuencia de que la dependencia de la temperatura se compensa en un amplio rango.

Al usarse la sonda según la invención se compensan oscilaciones en la temperatura que hacen su aparición preferiblemente debido a que el sensor de presión se usa con una doble función también para la medición de la temperatura. Para ello se conmuta el sensor de forma continua entre medición de la presión y medición de la temperatura, por ejemplo, con un ritmo de 1-2 ms.

De esta manera, otro aspecto según la invención se refiere a un método para el manejo de una instalación de medición de presión de turgencia para medir la presión de turgencia en una muestra de planta, con

(a) un primer elemento de fijación, el cual presenta:

- una pieza de alojamiento de sensor, con una primera superficie de contacto, una superficie opuesta a la superficie de contacto y una superficie perimetral que une éstas, presentando el elemento de fijación un eje longitudinal, el cual se extiende en perpendicular con respecto a la primera superficie de contacto, y con una escotadura en el lado de la primera superficie de contacto, estando abierta la escotadura hacia la primera superficie de contacto;
- un primer elemento de fuerza, el cual está dispuesto sobre la superficie opuesta a la primera superficie de contacto, de la pieza de alojamiento de sensor;
- un sensor de presión dispuesto sobre una placa conductora/rejilla de estampado, para la medición de una señal de respuesta de presión de la muestra de planta, estando dispuesta la placa conductora/rejilla de estampado con el sensor de presión de tal manera en la escotadura de la pieza de alojamiento de sensor, que el sensor de presión está dirigido hacia la primera superficie de contacto y la placa conductora/rejilla de estampado se encuentra sobre la base de la escotadura;
- estando rellena la escotadura con un material de relleno endurecido con terminación homogénea en la primera superficie de contacto;

(b) un segundo elemento de fijación, el cual presenta:

- una pieza de fijación contraria con una segunda superficie de contacto, una superficie opuesta a la segunda superficie de contacto y una superficie perimetral que une éstas entre sí;
- un segundo elemento de fuerza el cual está dispuesto sobre el lado opuesto a la segunda superficie de contacto;

presentando el método los pasos:

medición alterna de una respuesta de señal de presión de la muestra de planta en un modo de funcionamiento de presión de la instalación de medición y medición de la temperatura de la superficie de la muestra de plantas en un modo de funcionamiento de temperatura de la instalación de medición.

De esta manera se detecta la temperatura directamente en la superficie de la hoja o del tejido vegetal con la ayuda de la sonda, de manera que la dependencia de la temperatura de la sonda puede compensarse mediante un correspondiente hardware y/o software. La señal de presión puede compensarse debido a ello en lo que se refiere a la dependencia de la temperatura.

En este caso se usa el sensor de medición de presión de manera alterna en un modo de funcionamiento de medición de presión y en un modo de funcionamiento de medición de temperatura. Según una forma de realización preferida se conmuta de forma continua entre el modo de funcionamiento de medición de presión y el modo de funcionamiento de medición de temperatura. Esto se produce por ejemplo, en intervalos de 1-2 ms.

La invención posibilita de esta manera una serie de nuevos usos.

De esta manera, la invención permite un método para el manejo de un sistema consistente en varias instalaciones de medición de presión de turgencia para medir la presión de turgencia en una muestra de planta. Las varias instalaciones de medición de presión de turgencia están dispuestas en una misma muestra de planta y presentan sensores de separación para determinar las separaciones de las instalaciones de medición entre sí. El método presenta los pasos: detectar las separaciones de las instalaciones de medición por pares entre sí en dos momentos que se suceden; y comparar los valores de separación detectados respectivamente para pares de instalaciones de medición para la determinación del crecimiento de la planta.

De esta manera, pueden acoplarse entre sí eléctricamente varias sondas, de manera que al disponerse las sondas en diferentes puntos de la planta (por ejemplo, a lo largo del tallo), pueden medirse la transmisión de presión o la velocidad de flujo o las embolias de aire (cavitaciones) entre los puntos de sonda. Adicionalmente a ello se introduce un sensor de separación en los sensores, que ponen a disposición de esta manera de forma telemétrica las distancias de los sensores entre sí. A través de las mediciones de separación es posible además de ello una cuantificación del crecimiento de la planta.

Mediante chips RFID (del inglés *Radio Frequency Identification*, identificación por radiofrecuencia) pueden transmitirse además de ello de manera inalámbrica los datos de las sondas.

Otro método para el manejo de un sistema a partir de varias instalaciones de medición de presión de turgencia para medir la presión de turgencia en una muestra de planta, las cuales están dispuestas en la misma muestra de planta, y presentando la instalación de medición y/o una instalación separada un electroimán separable, presenta los pasos:

- aplicar un impulso de presión sobre la muestra de planta mediante el electroimán;
- detectar, en las instalaciones de medición, el impulso de presión que se extiende por la muestra de planta;
- determinar, a partir de la separación temporal entre el inicio del impulso de presión y la detección en las instalaciones de medición para cada instalación de medición y la separación espacial entre la instalación de medición/instalación que inicia el impulso de presión y la instalación de medición receptora, la velocidad de expansión del impulso de presión; y
- determinar, a partir de la velocidad de expansión del impulso de presión, la proporción de espacios llenados con agua y con aire en el tejido de la muestra de planta.

En una forma de realización preferida, mediante el uso de electroimanes pueden aplicarse pulsos de presión temporales localmente sobre la hoja, de manera que puede medirse la velocidad de reproducción y de expansión de la presión en la hoja. Además de ello, pueden obtenerse informaciones sobre la proporción de espacios llenados con agua y con aire en el tejido vegetal.

Otro uso de la invención se refiere a un sistema para el riego de plantas con varias instalaciones de medición de presión de turgencia, para medir la presión de turgencia en una muestra de planta y con una instalación de medición para detectar la actividad de polinizadores conformadores de comunidades, activándose al detectarse una actividad de los polinizadores conformadores de comunidades y al detectarse simultáneamente escasez de agua en la planta, el riego.

De esta manera, la tecnología de sondas según la invención puede acoplarse con un dispositivo de medición el cual mide el vuelo de polinizadores de polinizadores conformadores de comunidades (abejas, abejorros, etc.) u otros animales polinizadores, es decir, una instalación de medición, la cual mide la actividad de los polinizadores.

5 Las instalaciones de medición según la invención pueden usarse también en combinación con dispositivos de medición de humedad del suelo, dendrómetros, sensores de flujo de savia, de fotosíntesis, de clorofila, de luz, de aire, de temperatura y de humedad, así como sondas, las cuales miden la cantidad de agua por unidad de tiempo en tubos flexibles de riego (contadores de flujo para agua y agua más fertilizante, aditivos, etc.).

10 La invención se explica a continuación con mayor detalle haciendo referencia a los dibujos. Muestran:

La Figura 1, una representación en sección esquemática de la instalación de medición según la invención según una forma de realización preferida;
 15 la Figura 2, una representación en sección esquemática de la instalación de medición según la invención según otra forma de realización preferida;
 la Figura 3, una representación en sección esquemática de la instalación de medición según la invención según otra forma de realización preferida;
 la Figura 4, un ejemplo de una recta de calibración para la compensación de la temperatura;
 20 la Figura 5, una representación en sección esquemática de la instalación de medición según la invención según otra forma de realización preferida;
 la Figura 6, una representación en sección esquemática de la instalación de medición según la invención según otra forma de realización preferida; y
 la Figura 7, una representación en sección esquemática de la instalación de medición según la invención según otra forma de realización preferida.

25 La Figura 1 muestra una forma de realización preferida de la instalación de medición según la invención.

La instalación de medición según la invención presenta un elemento de fijación en forma de un imán 6. El elemento de fijación 6 presenta por su parte una cavidad, en la cual hay dispuesto un soporte de sensor 5, el cual conforma la
 30 terminación superior, esto quiere decir, dirigida hacia la muestra de planta, del elemento de fijación. En la cavidad del soporte de sensor hay alojado un inserto de sensor. El inserto de sensor presenta una placa conductora o rejilla de estampado 8, la cual soporta un sensor de presión 4. El sensor de presión 4 está conectado a través de conducciones de control 9 o a través de una conexión inalámbrica con una unidad de evaluación.

35 Tal y como se muestra en la representación ampliada, el sensor de presión del elemento de fijación según la invención está colado en la cavidad del soporte de sensor. Según la invención esto se produce preferiblemente en tres pasos o etapas, las cuales se representan mediante tres capas 14, 13 y 12. La capa polimérica 14 es la primera capa introducida, la cual sube por la pared del inserto de sensor. Sobre ella se dispone la segunda capa polimérica 13, antes de que se vierta entonces la capa de terminación 12.

40 Para la desaireación durante el vertido, se proporciona un canal de paso 10. Éste se extiende a través de la placa conductora y el imán 6, para posibilitar durante la colada del material de relleno una salida del aire presente en la escotadura.

45 En el extremo inferior, es decir, en el lado alejado de la muestra de planta, se proporciona preferiblemente una carcasa de terminación 11.

La Figura 1 muestra además de ello, el elemento de fijación contrario con un macho contrario 3, un imán 2 y una barra con rosca giratoria 1.

50 El elemento de fijación y el elemento de fijación contrario tienen una alineación opuesta entre sí y pueden posicionarse de esta manera en superficies opuestas de una muestra de planta. En este caso, los dos elementos están dispuestos en perpendicular con respecto a la superficie de la muestra de planta.

55 A través de la rosca giratoria 1 puede ajustarse la posición del imán 2 del elemento de fijación contrario en relación con el macho contrario 3. Dependiendo de la posición axial del imán 2 en la barra 1, la fuerza aplicada por el elemento de fijación contrario sobre el elemento de fijación, es mayor o menor. El imán presenta para ello por ejemplo, una abertura central con una rosca interior. De esta manera puede ajustarse la separación del imán 2 del imán 6. Dado que la interacción magnética entre los imanes depende de su separación mutua, resulta de esta manera mediante el giro del
 60 imán 2 un ajuste preciso de la presión de fijación de la instalación de fijación.

La superficie de contacto del soporte de sensor del elemento de fijación tiene en la forma de realización mostrada la misma forma y tamaño que el macho contrario 3 del elemento de fijación contrario. Sean cuales sean las proporciones de tamaño, ha de tenerse en consideración que se garantice una cobertura de la superficie de sensor activa.

65

Como se muestra en la Figura 1, la superficie del elemento de fijación, como también la superficie del macho contrario 3, tienen una configuración plana. Como se muestra a modo de ejemplo en la Figura 2, son concebibles también varias superficies, como por ejemplo, para la medición en otras partes de la planta, como por ejemplo, en un tallo o en una aguja.

En la producción del elemento de fijación se pega preferiblemente en primer lugar la placa conductora/rejilla de estampado con el sensor de presión dispuesto sobre ella, en la base de la escotadura del imán 6. Tras ello se produce un vertido de una primera cantidad de material de relleno 14 en la escotadura, midiéndose la primera cantidad de tal forma, que quedan cubiertos solo la placa conductora/rejilla de estampado y el sensor de presión, y puede producirse una subida de la masa de relleno por la mitad inferior de la pared interior de la carcasa de sensor. Después de que la primera cantidad de material de relleno se haya reticulado con la placa conductora/rejilla de estampado, con el sensor de presión y con la pared interior y se haya endurecido, se vierte una segunda cantidad de material de relleno 13, de tal forma que teniendo en consideración la expansión durante la reticulación de la segunda cantidad de material de relleno con la pared de la escotadura, la segunda cantidad de material de relleno se mantiene por debajo del borde superior de la escotadura. Finalmente se produce tras la reticulación de la segunda cantidad de material de relleno con la pared de la escotadura, un vertido de una tercera cantidad de material de relleno 12, de tal forma que se logra una terminación exacta del material de relleno 12 con la primera superficie de contacto del soporte de sensor 5.

La Figura 2 muestra otra forma de realización de la instalación de medición según la invención. La estructura básica se corresponde con la de la Figura 1. No obstante, puede verse en la Figura 2, que el elemento de fijación de sensor, y en particular el macho contrario 3, presenta una estructura en forma de una cavidad. En el escalón se alojan, como se muestra en la Figura 2, agujas de una conífera. Esto representa un buen contacto con las agujas.

La Figura 3 muestra otra forma de realización de la instalación de medición según la invención. La estructura básica se corresponde con la de la Figura 1. Puede verse sin embargo en la Figura 3, que el elemento de fijación contrario 3 y el elemento de fijación de sensor presentan una cavidad, para alojar en ella por ejemplo, un pedúnculo.

En la Figura 4 se muestra un ejemplo de una recta de calibración para la compensación de la temperatura de una sonda. Se indican las señales de salida de las sondas en dígitos frente a la temperatura en grados Celsius. A partir de esta recta de regresión, se determinan el aumento (m ; en el ejemplo $m = -6,13$ dígitos/ $^{\circ}\text{C}$), así como la sección de eje y (t ; en el ejemplo $t = 735,37$ dígitos). Para compensar la dependencia de la temperatura, se calcula como se ha explicado $V [p]$ (señal de salida compensada) conforme a la ecuación $V [p] = V [p, T] - ((T \cdot m) + t)$. Dado que la señal de sonda según la ecuación mencionada anteriormente depende también de la presión, se determina a continuación, la dependencia de la presión de la sonda, en cuanto que la sonda se calibra frente a la presión del aire. La señal compensada en temperatura $V [p]$ se memoriza con un correspondiente software en la memoria de datos y se visualiza correspondientemente.

La Figura 5 muestra otra forma de realización preferida de la instalación de medición según la invención. La instalación de medición que aquí se muestra presenta una vez más un elemento de fijación en forma de un imán. El elemento de fijación 6 presenta por su parte una cavidad, en la cual hay dispuesto un soporte de sensor 5, el cual conforma la terminación superior del elemento de fijación, esto quiere decir, dirigida hacia el elemento de fijación. En la cavidad del soporte de sensor hay alojado un inserto de sensor. El inserto de sensor presenta una placa conductora o una rejilla de estampado 8, la cual soporta un sensor de presión 4. El sensor de presión 4 está unido a través de conducciones de control 9 o a través de una conexión inalámbrica, con una unidad de evaluación.

Como se muestra en la representación ampliada de la Figura 5, el sensor de presión de este elemento de fijación según la invención, también está incorporado en la cavidad del soporte de sensor. Según la invención esto se produce preferiblemente en tres pasos o etapas, las cuales se representan mediante las tres capas 14, 13 y 12. La capa polimérica 14 es la primera capa introducida, la cual sube por la pared del inserto de sensor. Sobre ella se dispone la segunda capa polimérica 13, antes de que se vierta entonces la capa de terminación 12.

En esta forma de realización se ha introducido debajo de la placa conductora/rejilla de estampado 8, que comprende el sensor de presión 4, otra capa polimérica como capa de cierre 15, la cual bloquea el sensor de presión 4 junto con la placa conductora 8 frente a la atmósfera exterior (humedad, temperatura, etc.). La capa de bloqueo consiste preferiblemente en material conductor térmico, como por ejemplo, un polímero, una membrana, cera, una solución viscosa o una sustancia repelente de agua.

Para la desaireación durante el vertido se proporciona también en esta forma de realización un canal de paso 10. Éste se extiende a través de la placa conductora 8, la capa de bloqueo 15 y los imanes 6, para posibilitar durante el llenado del material de relleno una salida del aire presente en la escotadura. Alternativamente el canal de paso no se extiende por la capa de bloqueo, ya que para la desaireación puede considerarse como suficiente, cuando al introducirse la capa de bloqueo puede salir el aire presente.

En el extremo inferior, es decir, en el lado alejado de la muestra de planta, se proporciona preferiblemente una carcasa de terminación 11.

La Figura 5 muestra además de ello el elemento de fijación contrario con un macho contrario 3, un imán 2 y una barra con rosca giratoria 1.

Como se muestra en la Figura 5, la superficie del elemento de fijación, como también la superficie del macho contrario 3, tienen una configuración plana, como ya se ha explicado más arriba en relación con la Figura 1. Como se muestra a modo de ejemplo en la Figura 2, son concebibles no obstante también para esta forma de realización, otras superficies, como por ejemplo, para la medición en otras partes de la planta, como por ejemplo, en un tallo o en una aguja.

En la producción del elemento de fijación se configura en primer lugar la capa de bloqueo en la base de la escotadura del imán 6. A continuación, se pegan en primer lugar la placa conductora/rejilla de estampado con el sensor de presión dispuesto sobre ésta, en la base de la escotadura del imán 6. Tras ello se produce un llenado de una primera cantidad de material de relleno 14 en la escotadura, midiéndose la primera cantidad de tal manera, que solo quedan cubiertos la placa conductora/rejilla de estampado y el sensor de presión, así como pudiéndose producir un ascenso de la masa de relleno por la mitad inferior de la pared interior de la carcasa de sensor. Después de que la primera cantidad de material de relleno se ha reticulado con la placa conductora/rejilla de estampado, con el sensor de presión y con la pared interior, y se ha endurecido, se introduce de tal forma una segunda cantidad de material de relleno 13, que teniendo en cuenta la expansión durante la reticulación de la segunda cantidad de material de relleno con la pared de la escotadura, la segunda cantidad de material de relleno queda por debajo del borde superior de la escotadura. Finalmente se produce tras la reticulación de la segunda cantidad de material de relleno con la pared de la escotadura, un llenado de una tercera cantidad de material de relleno 12, de tal forma, que se logra una terminación exacta del material de relleno 12 con la primera superficie de contacto del soporte de sensor 5.

La forma de realización mostrada en la Figura 6 se corresponde esencialmente con las formas de realización descritas más arriba. Para evitar repeticiones, se describen en lo sucesivo solo las características de diferenciación.

En la forma de realización de la Figura 6 el sensor de presión está rodeado adicionalmente con un polímero endurecible. Esto se indica en la Figura 6 con la referencia 16. Este polímero (por ejemplo, Hysol FP4451TD) se introduce en la escotadura en el imán, antes de que el espacio por encima se rellene con silicona u otro polímero en las tres capas o más descritas. El polímero se introduce en este caso hasta el canto superior del sensor. Esto asegura que las esquinas y cantos son rellenados siempre de manera uniforme por la silicona o el polímero que ha de introducirse entonces y que la polimerización se desarrolla en estas zonas críticas de manera uniforme o completa.

Otra modificación de la instalación de medición se muestra en la Figura 7. En este caso, la pared interior del soporte de sensor 5 está configurada en forma de cono, con un diámetro que se reduce en dirección hacia la abertura. Un estrechamiento de este tipo puede usarse para todas las formas de realización según la invención explicadas, para garantizar una mejor sujeción de la capa polimérica superior. De esta manera se impide aún mejor un arranque de la última capa.

Aunque la invención se representa y se describe en detalle mediante las figuras y la descripción correspondiente, esta representación y esta descripción detallada han de entenderse a modo de ilustración de ejemplo y no como limitación de la invención. Se entiende, que los expertos pueden realizar modificaciones y cambios sin abandonar el alcance de las siguientes reivindicaciones. La invención comprende en particular también formas de realización con cualquier combinación de características, las cuales se han mencionado o mostrado anteriormente en relación con diferentes aspectos y/o formas de realización.

La invención comprende también características individuales de las figuras, también aunque se muestren allí en relación con otras características y/o no se hayan mencionado anteriormente.

Por lo demás, la expresión “comprender” y derivaciones de ella, no excluyen otros elementos o pasos. Igualmente, el artículo indeterminado “un” o “una” y derivaciones de ellos, no excluyen una pluralidad. Las funciones de varias características indicadas en las reivindicaciones pueden cumplirse mediante una unidad. Los términos “esencialmente”, “por ejemplo”, “aproximadamente” y similares en relación con una propiedad o con un valor definen en particular también con exactitud la propiedades o exactamente el valor. Todas las referencias de las reivindicaciones no han de entenderse como limitadoras del alcance de las reivindicaciones.

REIVINDICACIONES

1. Método para la producción de un elemento de fijación para una instalación de medición de presión de turgencia para medir la presión de turgencia en una muestra de planta, presentando el elemento de fijación:

- una pieza de alojamiento de sensor (5), con una primera superficie de contacto, una superficie opuesta a la superficie de contacto y una superficie perimetral que une éstas, presentando el elemento de fijación un eje longitudinal, el cual se extiende en perpendicular con respecto a la primera superficie de contacto, y con una escotadura en el lado de la primera superficie de contacto, la cual está abierta hacia la primera superficie de contacto;
- un sensor de presión (4) dispuesto sobre una placa conductora/rejilla de estampado (8), para la medición de una señal de respuesta de presión de la muestra de planta, estando dispuesta la placa conductora/rejilla de estampado con el sensor de presión de tal manera en la escotadura de la pieza de alojamiento de sensor, que el sensor de presión está dirigido hacia la primera superficie de contacto y la placa conductora/rejilla de estampado se encuentra sobre la base de la escotadura;

caracterizado por los pasos:

- (a) fijar la placa conductora/rejilla de estampado con el sensor de presión dispuesto sobre ella a la base o a la pared de la escotadura;
- (b) introducir una primera cantidad (14) de material de relleno en la escotadura, estando medida la primera cantidad de tal manera, que solamente quedan cubiertos la placa conductora/rejilla de estampado y el sensor de presión, pudiéndose producir un ascenso de la masa de relleno por la mitad inferior de la pared interior de la carcasa de sensor;
- (c) tras la reticulación de la primera cantidad de material de relleno con la placa conductora/rejilla de estampado, el sensor de presión y la pared interior, introducir una segunda cantidad (13) de material de relleno, de tal manera, que teniendo en consideración la expansión durante la reticulación de la segunda cantidad de material de relleno con la pared de la escotadura, la segunda cantidad de material de relleno queda por debajo del borde superior de la escotadura; y
- (d) tras la reticulación de la segunda cantidad de material de relleno con la pared de escotadura, introducir una tercera cantidad (12) de material de relleno, de tal manera, que se logra una terminación exacta del material de relleno con la primera superficie de contacto.

2. Método según la reivindicación 1, también con el paso de configurar antes del endurecimiento completo de la tercera cantidad de material de relleno, una estructura de terminación negativa sobre la superficie del material de relleno, en correspondencia con una estructura de superficie vegetal.

3. Método según la reivindicación 2, imprimiéndose la estructura de terminación negativa sobre la superficie del material de relleno.

4. Método según la reivindicación 1, también con el paso de configurar tras el endurecimiento completo de la tercera cantidad de material de relleno, una estructura de terminación negativa sobre la superficie del material de relleno, en correspondencia con una estructura de superficie vegetal.

5. Método según la reivindicación 3 ó 4, produciéndose la estructura de terminación mediante un elemento de fijación contrario de la instalación de medición de presión de turgencia, el cual presenta una correspondiente estructura contraria.

6. Elemento de fijación para una instalación de medición de presión de turgencia para medir la presión de turgencia en una muestra de planta, fabricado de acuerdo con el método según una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 5.

7. Instalación de medición de presión de turgencia para medir la presión de turgencia en una muestra de planta, con:

(a) un primer elemento de fijación, el cual presenta:

- una pieza de alojamiento de sensor (5), con una primera superficie de contacto, una superficie opuesta a la superficie de contacto y una superficie perimetral que une éstas, presentando el elemento de fijación un eje longitudinal, el cual se extiende en perpendicular con respecto a la primera superficie de contacto, y con una escotadura en el lado de la primera superficie de contacto, estando abierta la escotadura hacia la primera superficie de contacto;
- un primer elemento de fuerza (6), el cual está dispuesto sobre la superficie opuesta a la primera superficie de contacto, de la pieza de alojamiento de sensor;
- un sensor de presión (4) dispuesto sobre una placa conductora/rejilla de estampado (8), para la medición de una señal de respuesta de presión de la muestra de planta, estando dispuesta la placa conductora/rejilla de estampado con el sensor de presión de tal manera en la escotadura de la pieza de

alojamiento de sensor, que el sensor de presión está dirigido hacia la primera superficie de contacto y la placa conductora/rejilla de estampado se encuentra sobre la base de la escotadura;

- estando rellena la escotadura con un material de relleno (12, 13, 14) endurecido con terminación homogénea en la primera superficie de contacto;

(b) un segundo elemento de fijación, el cual presenta:

- una pieza de fijación contraria con una segunda superficie de contacto, una superficie opuesta a la segunda superficie de contacto y una superficie perimetral que une éstas entre sí;

- un segundo elemento de fuerza (2) el cual está dispuesto sobre el lado opuesto a la segunda superficie de contacto;

presentando uno de los dos elementos de fuerza un imán; y

estando la instalación de medición de presión de turgencia compensada en temperatura como conjunto.

8. Instalación de medición de presión de turgencia según la reivindicación 7, estando el elemento de fijación compensado en temperatura como conjunto mediante regresión lineal.

9. Instalación de medición de presión de turgencia según la reivindicación 7 u 8, presentando la pieza de alojamiento de sensor un canal de paso, el cual se extiende desde el interior de la escotadura hacia una superficie exterior, y presentando la placa conductora/rejilla de estampado un canal de paso (10), el cual se extiende desde el lado dirigido hacia la abertura de escotadura, de la placa conductora/rejilla de estampado (8) hacia el lado dirigido hacia la base de la escotadura, alineándose la abertura del canal de paso en el lado dirigido hacia la base, con la abertura interior del canal de paso de la pieza de alojamiento de sensor.

10. Instalación de medición de presión de turgencia según la reivindicación 9, presentando la placa conductora/rejilla de estampado (8) al menos dos canales de paso, los cuales se extienden desde el lado dirigido hacia la abertura de escotadura, de la placa conductora/rejilla de estampado, hacia el lado dirigido hacia la base de la escotadura, de la placa conductora/rejilla de estampado.

11. Instalación de medición de presión de turgencia según una de las reivindicaciones 7 a 9, presentando el material de relleno un polímero reticulable o consistiendo en polímero reticulable.

12. Instalación de medición de presión de turgencia según la reivindicación 11, eligiéndose el material de relleno de resina epoxídica, silicona, silicona de reticulación aditiva, silicona de reticulación condensante, hidrogel orgánico o hidrogel natural con una conductividad térmica de $>0,4 \text{ vatios} \times \text{m}^{-1} \times \text{K}^{-1}$.

13. Instalación de medición de presión de turgencia según una de las reivindicaciones 7 a 12, habiendo en la pieza de alojamiento de sensor (5), entre la base o la pared de la escotadura y el lado dirigido hacia la base/pared, de la placa conductora/rejilla de estampado (8), una capa de pegamento

14. Instalación de medición de presión de turgencia según la reivindicación 11 ó 13, presentando el material del pegamento un coeficiente de expansión parecido al del material de relleno.

15. Instalación de medición de presión de turgencia según una de las reivindicaciones 7 a 14, no permitiendo el material de relleno el paso de radiación ultravioleta

16. Instalación de medición de presión de turgencia según una de las reivindicaciones 7 a 15, estando estructurada la segunda superficie de contacto del segundo elemento de fijación.

17. Método para el manejo de una instalación de medición de presión de turgencia para medir la presión de turgencia de una muestra de planta, con:

(a) un primer elemento de fijación, el cual presenta:

- una pieza de alojamiento de sensor (5), con una primera superficie de contacto, una superficie opuesta a la superficie de contacto y una superficie perimetral que une éstas, presentando el elemento de fijación un eje longitudinal, el cual se extiende en perpendicular con respecto a la primera superficie de contacto, y con una escotadura en el lado de la primera superficie de contacto, estando abierta la escotadura hacia la primera superficie de contacto;

- un primer elemento de fuerza (6), el cual está dispuesto sobre la superficie opuesta a la primera superficie de contacto, de la pieza de alojamiento de sensor;

- un sensor de presión (4) dispuesto sobre una placa conductora/rejilla de estampado (8), para la medición de una señal de respuesta de presión de la muestra de planta, estando dispuesta la placa conductora/rejilla de estampado con el sensor de presión de tal manera en la escotadura de la pieza de

alojamiento de sensor, que el sensor de presión está dirigido hacia la primera superficie de contacto y la placa conductora/rejilla de estampado se encuentra sobre la base de la escotadura;

- estando rellena la escotadura con un material de relleno (12, 13, 14) endurecido con terminación homogénea en la primera superficie de contacto;

5

(b) un segundo elemento de fijación, el cual presenta:

- una pieza de fijación contraria con una segunda superficie de contacto, una superficie opuesta a la segunda superficie de contacto y una superficie perimetral que une éstas entre sí;

10

- un segundo elemento de fuerza (2) el cual está dispuesto sobre el lado opuesto a la segunda superficie de contacto;

comprendiendo el método los pasos:

15

medición alterna de una señal de respuesta de presión de la muestra de planta en un modo funcionamiento de medición de presión de la instalación de medición y medición de la temperatura de la superficie de la muestra de planta en un modo de funcionamiento de temperatura de la instalación de medición.

20

18. Método según la reivindicación 17, manejándose el sensor de medición de presión de forma alterna en un modo de funcionamiento de medición de presión y en un modo de funcionamiento de medición de temperatura.

19. Método según la reivindicación 18, conmutándose de forma continua entre el modo de funcionamiento de medición de presión y el modo de funcionamiento de medición de temperatura.

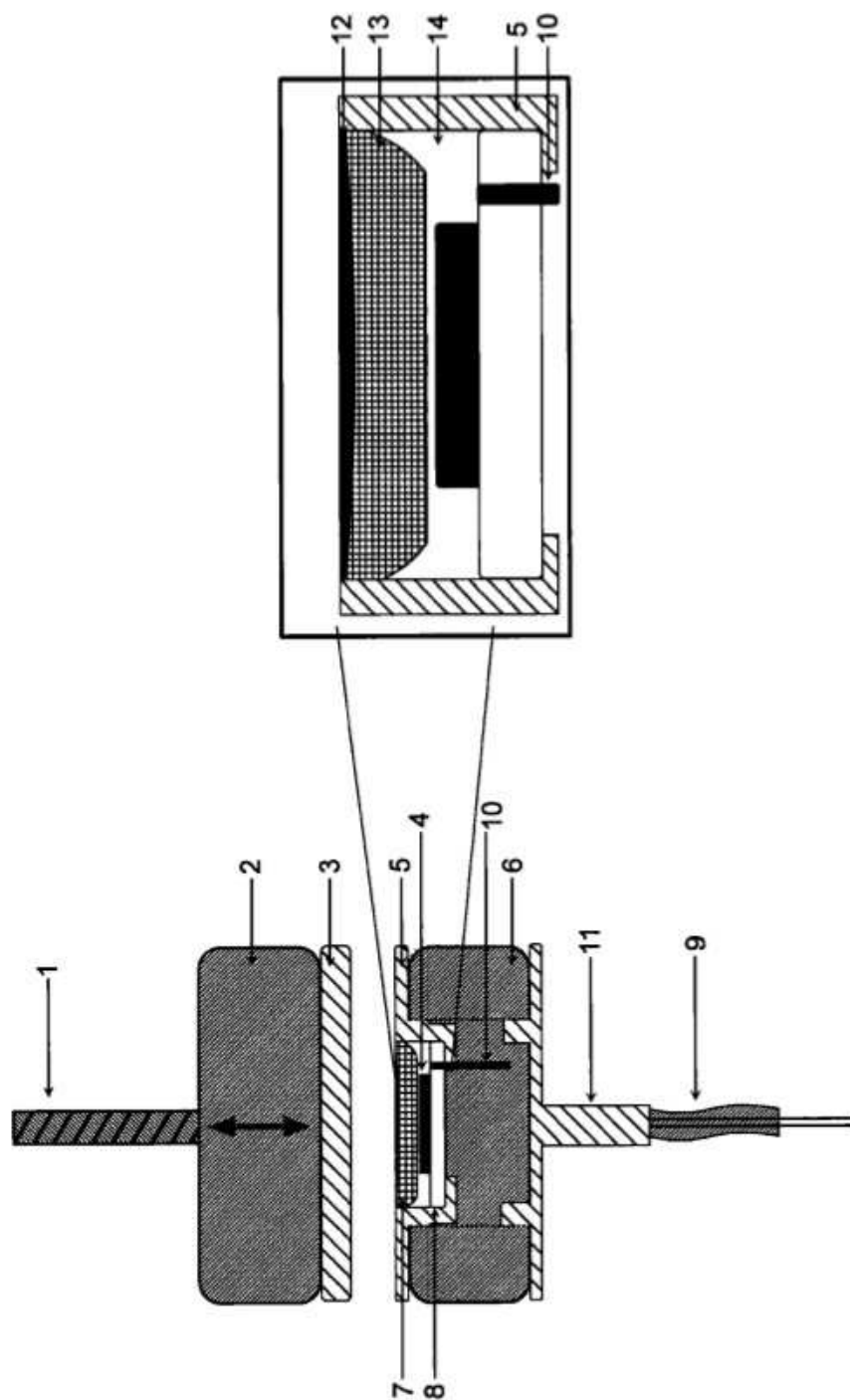


Fig. 1

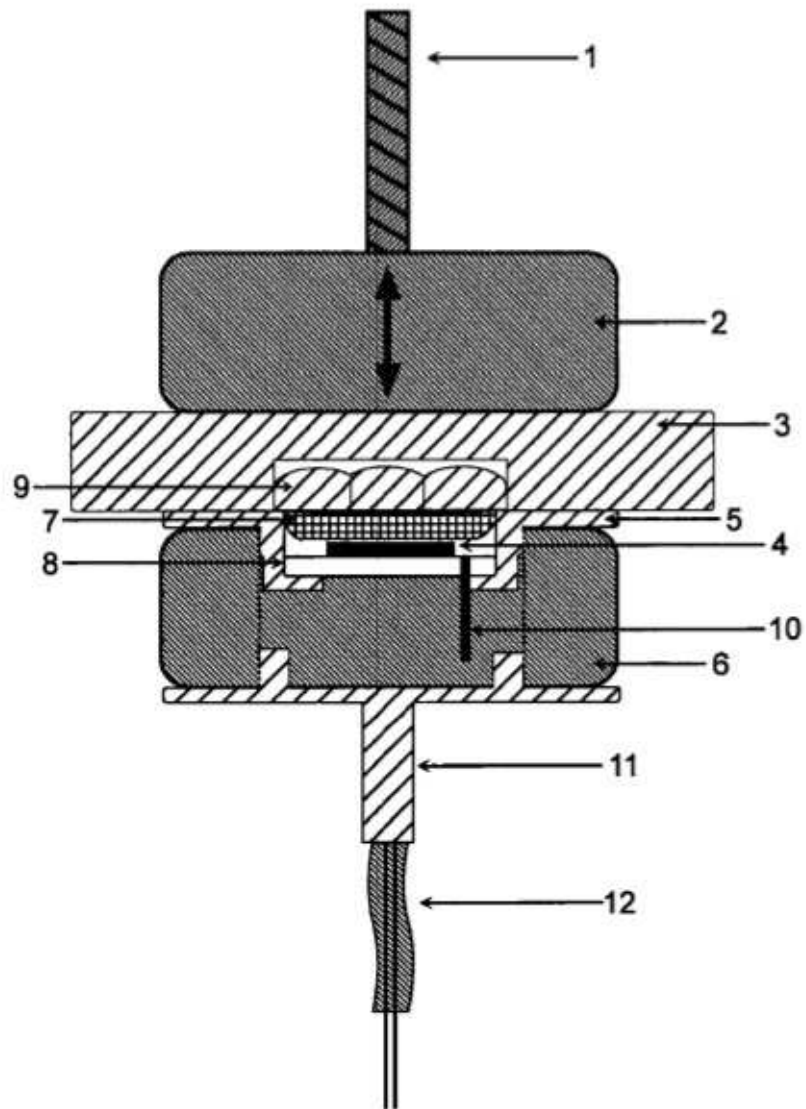


Fig. 2

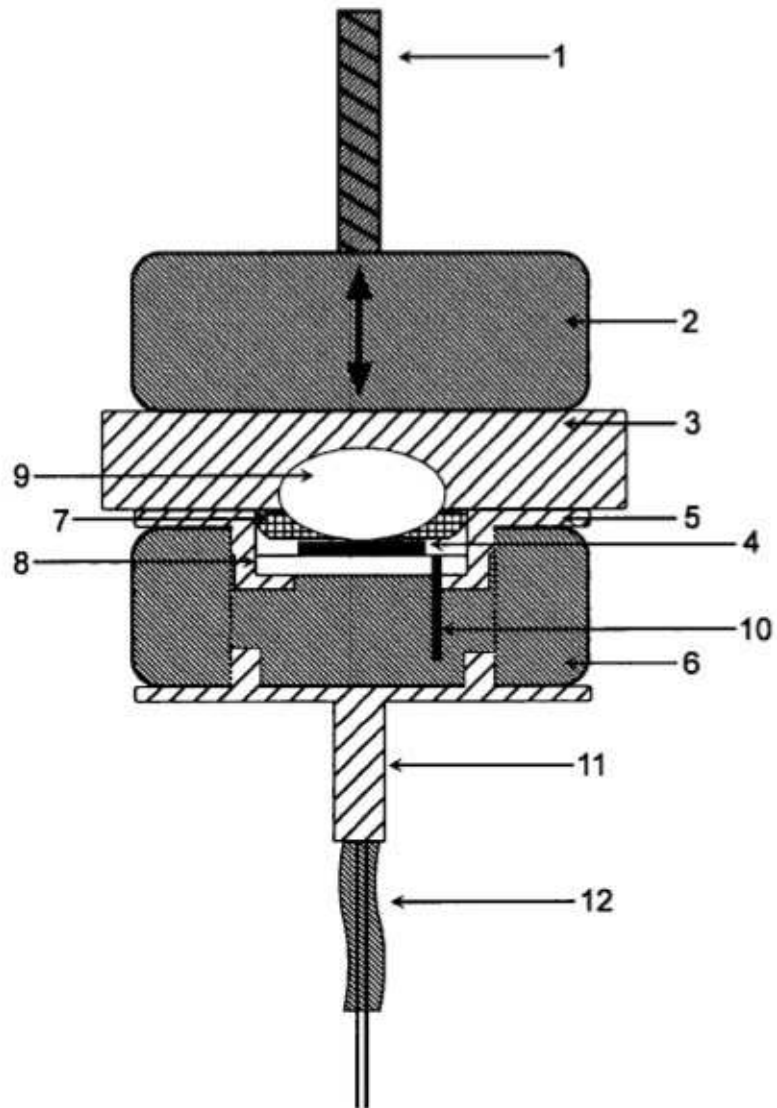


Fig. 3

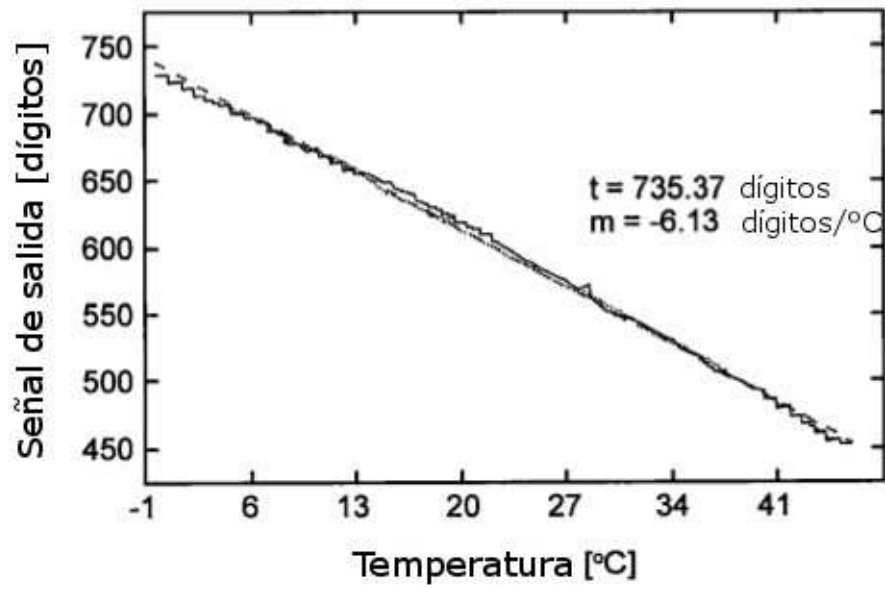


Fig. 4

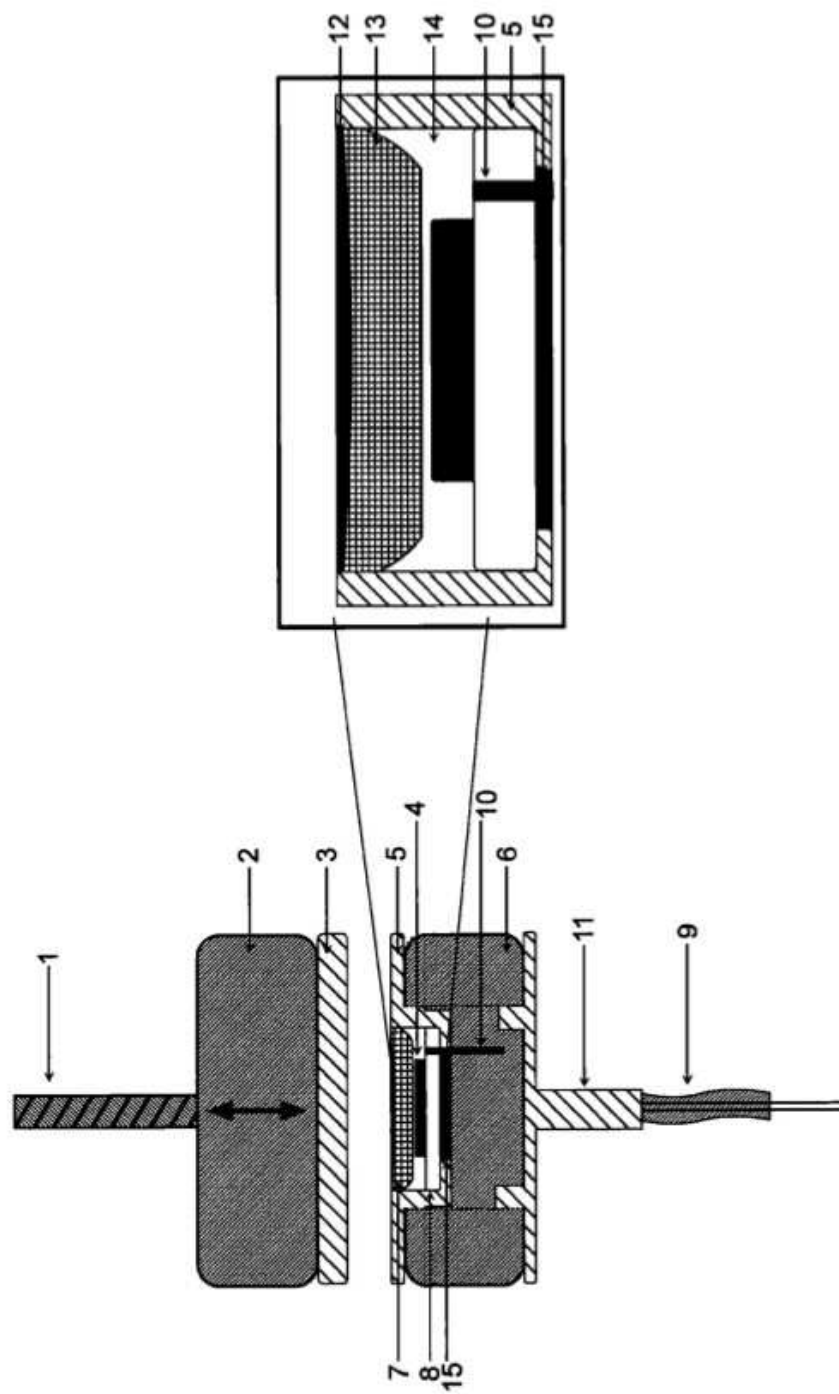


Fig. 5

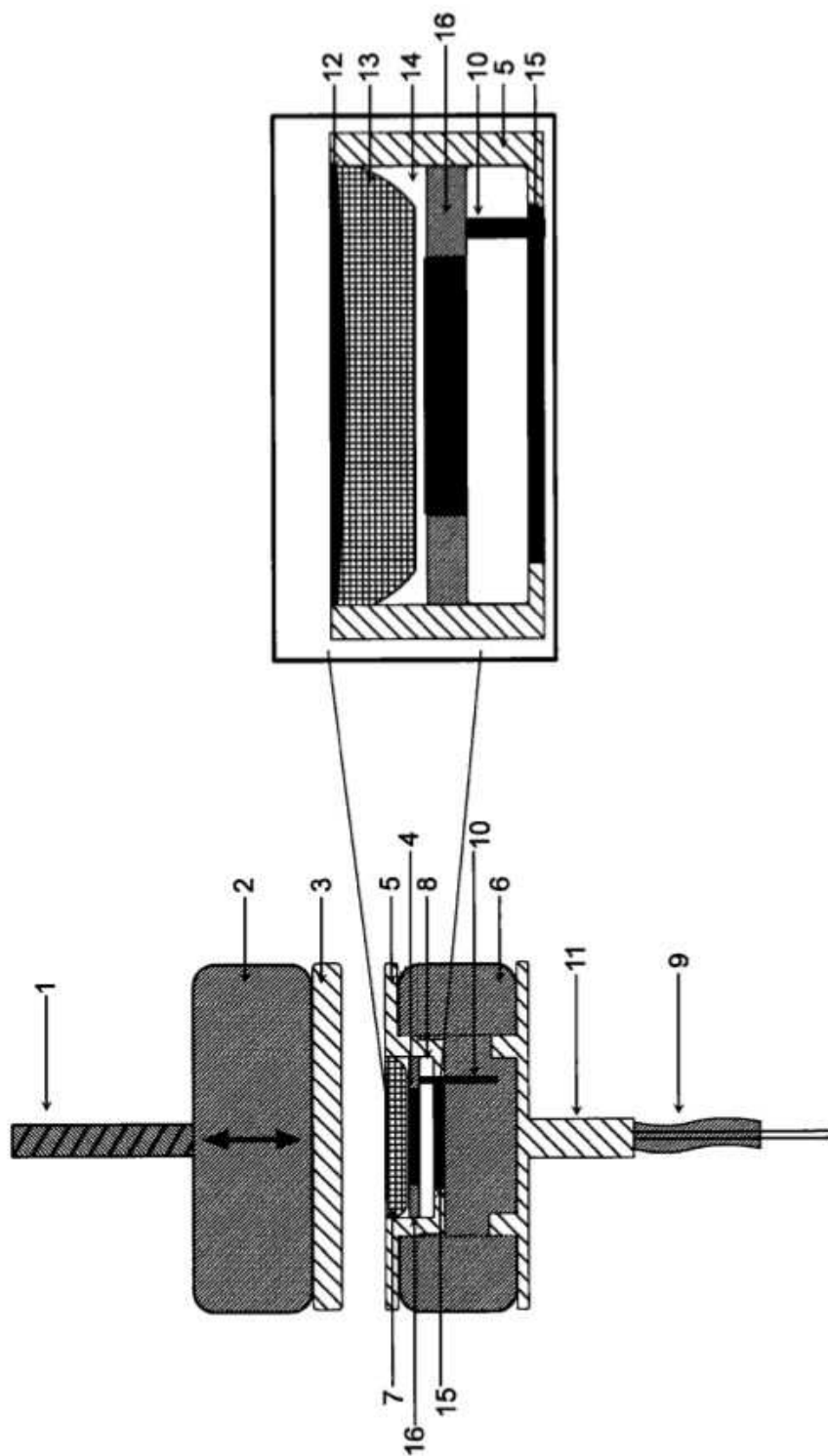


Fig. 6

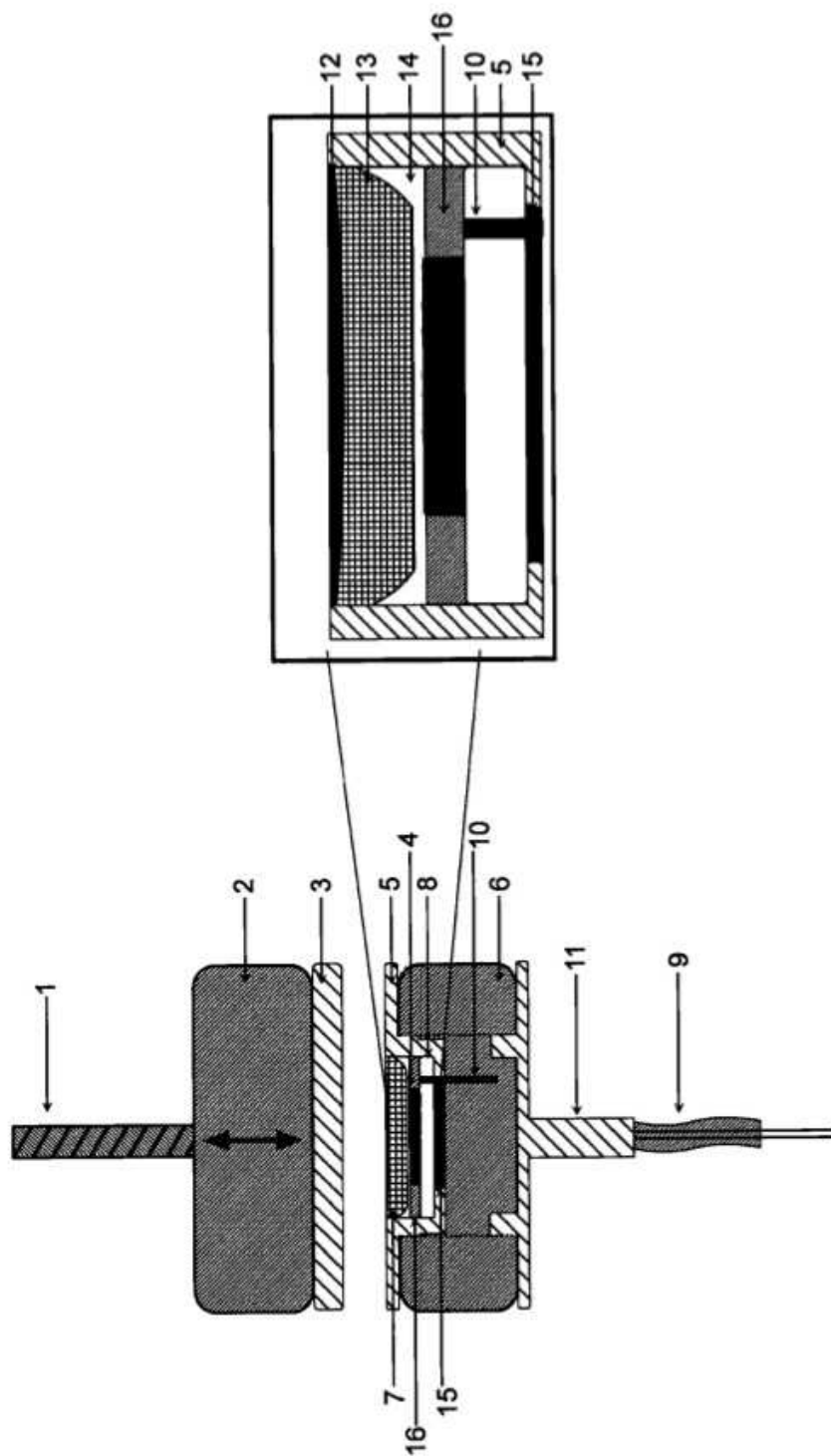


Fig. 7