(12) SOLICITUD INTERNACIONAL PUBLICADA EN VIRTUD DEL TRATADO DE COOPERACIÓN EN MATERIA DE PATENTES (PCT)

(19) Organización Mundial de la Propiedad Intelectual
Oficina internacional

(43) Fecha de publicación internacional
29 de Abril de 2004 (29.04.2004)

PCT

(10) Número de Publicación Internacional
WO 2004/036143 A1

(51) Clasificación Internacional de Patentes[7]: G01B 7/16, 5/00

(21) Número de la solicitud internacional:
PCT/ES2002/000487

(22) Fecha de presentación internacional:
15 de Octubre de 2002 (15.10.2002)

(25) Idioma de presentación: español

(26) Idioma de publicación: español

(71) Solicitante *(para todos los Estados designados salvo US)*: **VERDTECH, UN NUEVO CAMPO, S.A.** [ES/ES]; Riu de L'or, 6 bajos, E-08034 Barcelona (ES).

(72) Inventor; e

(75) Inventor/Solicitante *(para US solamente)*: **COHEN AMAR, Moisés** [ES/ES]; Riu de L'or, 6 bajos, E-08034 Barcelona (ES).

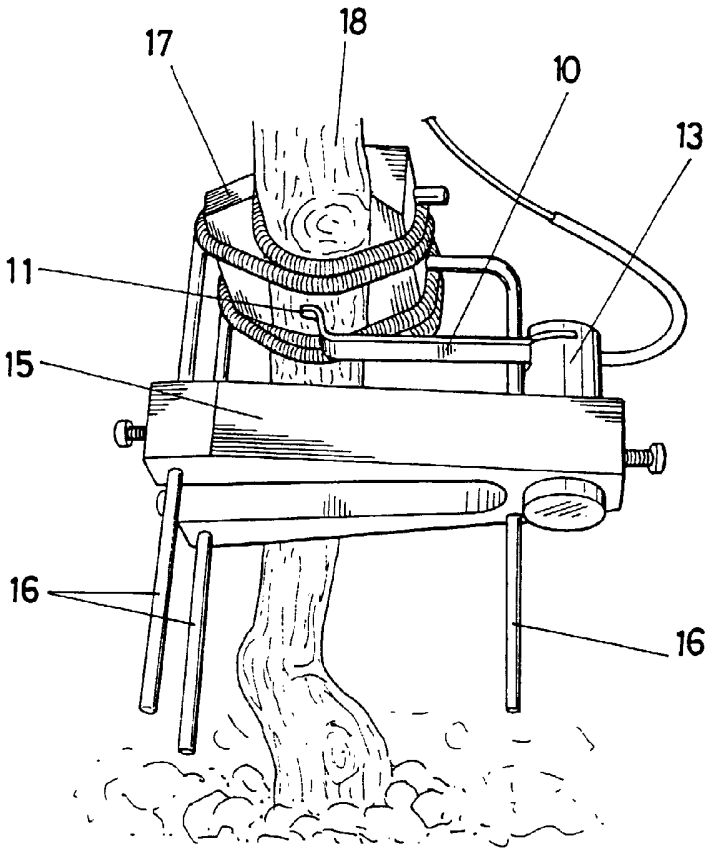
(74) Mandatario: **CARPINTERO LÓPEZ, Francisco**; Herrero & Asociados, S.L., Alcalá, 35, E-28014 Madrid (ES).

(81) Estados designados *(nacional)*: AE, AG, AL, AM, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BR, BY, BZ, CA, CH, CN, CO, CR,

[Continúa en la página siguiente]

(54) Title: PRECISION DENDROMETER

(54) Título: DENDROMETRO DE PRECISION



(57) Abstract: The invention relates to a precision dendrometer which is based on the ratio between the length of a conducting material and the electric resistance thereof. The inventive dendrometer employs a Wheatstone-bridge-type circuit with four resistors. According to the invention, a determined input voltage is applied to the aforementioned resistors and, when the bridge is in equilibrium, the output voltage is zero. The resistors take the form of strain gauges comprising a grid (1) which is mounted to an electroinsulating support (2), such that preferably two of said grids (1) are oriented in the main maximum-deformation direction, while the other two grids (1') are disposed perpendicular to the latter. In this way, the dimensional variations in the gauges, which are determined by an increase or decrease in the dimensions of the tree or plant to be measured, generate a positive or negative output voltage which corresponds proportionally to the aforementioned measurement increase or decrease.

(57) Resumen: Basado en la proporción que existe entre la longitud de un material conductor y su resistencia eléctrica y utilizando un circuito tipo puente de Wheatstone, con cuatro resistencias a las que aplicada una determinada tensión de entrada, y cuando el puente se encuentre en equilibrio la tensión de salida es cero, consiste

[Continúa en la página siguiente]

WO 2004/036143 A1

CU, CZ, DE, DK, DM, DZ, EC, EE, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, HR, HU, ID, IL, IN, IS, JP, KE, KG, KP, KR, KZ, LC, LK, LR, LS, LT, LU, LV, MA, MD, MG, MK, MN, MW, MX, MZ, NO, NZ, OM, PH, PL, PT, RO, RU, SD, SE, SG, SI, SK, SL, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, YU, ZA, ZM, ZW.

(84) Estados designados *(regional)*: patente ARIPO (GH, GM, KE, LS, MW, MZ, SD, SL, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), patente euroasiática (AM, AZ, BY, KG, KZ, MD, RU, TJ, TM), patente europea (AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, IE, IT, LU, MC, NL, PT, SE, SK, TR), patente OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

Publicada:

— *con informe de búsqueda internacional*

— *con reivindicaciones modificadas*

Para códigos de dos letras y otras abreviaturas, véase la sección "Guidance Notes on Codes and Abbreviations" que aparece al principio de cada número regular de la Gaceta del PCT.

en utilizar como tales resistencias respectivas bandas extensiométricas, a base de una rejilla (1) montada sobre un soporte electroaislante (2), de manera que preferentemente dos de dichas rejillas (1) están orientadas en una dirección principal de máxima deformación, mientras que las otras dos (1') lo están en sentido perpendicular al anterior, de manera que las variaciones dimensionales de dichas bandas, determinadas por el incremento o reducción en las dimensiones del árbol o la planta a controlar, generan una tensión de salida, positiva o negativa, que se corresponde proporcionalmente con dicho incremento o disminución de medida.

DENDRÓMETRO DE PRECISIÓN

D E S C R I P C I Ó N

OBJETO DE LA INVENCIÓN

La presente invención se refiere a un dendrómetro, es decir a un aparato para medir las dimensiones de los árboles en pie, en el presente caso generalizado a la medición de cualquier tipo de planta y de cualquiera de sus componentes, ya sea el tronco, las hojas, el fruto, etc.

El dendrómetro está determinado por un sensor que ha de colocarse en contacto con la planta, un portasensor a través del cual el sensor queda sujeto a la referida planta, y una electrónica o interface de conexión del sensor con el correspondiente sistema de medida.

El objeto de la invención es conseguir un óptimo control en las variaciones dimensionales de la planta a lo largo del día, para en base a los datos obtenidos poder tomar decisiones para mejorar el rendimiento.

ANTECEDENTES DE LA INVENCIÓN

Convencionalmente y para mejorar el rendimiento de una plantación se analizaban y tenían en cuenta exclusivamente parámetros externos a las propias plantas, tales como clima y riego del suelo, fundamentalmente.

Sin embargo y desde hace cierto tiempo se sabe que las plantas sufren a lo largo del día una

contracciones/dilataciones, es decir un aumento y disminución de su diámetro (en el caso del tronco o de un fruto) que es función de su estado "hídrico", de su "stress", por lo que un control dendrométrico y permanente de la planta permite tomar decisiones mucho más adecuadas para mejorar el rendimiento, que si se tienen en cuenta exclusivamente los parámetros ajenos a la misma.

Evidentemente estas variaciones dimensionales son mínimas por lo que el dendrómetro utilizado debe ser de gran precisión.

Una solución al respecto conocida y comúnmente utilizada, consiste en los llamados sensores de desplazamiento lineal, estructurados mediante una bobina electromagnética anular en cuyo seno juega un núcleo materializado en una varilla que, por efecto del campo magnético de la bobina, se mantiene permanentemente presionada contra la superficie de la planta, como por ejemplo contra el tronco de un árbol, de manera que cuando éste se dilata o se contrae (unas micras al día), el núcleo o varilla sufre el equivalente desplazamiento axial generando una modificación en el campo de la bobina, que puede ser perfectamente medido y, mediante unas tablas de conversión adecuadas, transformado en una medida de longitud.

También son conocidos sensores o dendrómetros basados en el uso de galgas micrométricas o bandas extensiométricas, basadas a su vez en el hecho de que en todos los materiales que son conductores de la electricidad existe una proporción entre la longitud de dicho conductor y su resistencia eléctrica, de manera que puede obtenerse una proporción entre la variación relativa de longitud de un conductor y su variación en resistencia

eléctrica, que permite deducir de esta última el incremento o disminución dimensional de la planta en análisis.

En esta línea cabe destacar la patente US 4.549.355, en la que se utiliza como elemento de medida un Puente de Wheatstone, en el que participan cuatro resistencias eléctricas, conectadas entre cuatro puntos o extremos del puente, el cual es alimentado en dos puntos para extraer una tensión de salida en los otros dos que debe ser cero cuando el puente está en equilibrio, de manera que esta tensión de salida de valor cero variará haciéndose positiva o negativa en función de que se produzca un incremento en unas u otras de las resistencias que participan en el Puente de Wheatstone.

Esta solución, perfectamente válida desde el punto de vista teórico, presenta en la práctica problemas derivados de la geometría de la planta, de manera que la orientación en la deformación de la planta ni resulta habitualmente alineada con el elemento electro-resistente, ni tampoco ofrece una angulación fija, con lo que entre la medida realizada y el valor real existen desviaciones que pueden llegar a ser inaceptables.

DESCRIPCIÓN DE LA INVENCIÓN

El dendrómetro de presión que la invención propone, basándose en la técnica convencional de utilizar bandas extensiométricas conectadas constituyendo un Puente de Wheatstone, resuelve de forma plenamente satisfactoria la problemática anteriormente expuesta, asegurando una gran precisión en las medidas realizadas por el mismo.

Para ello y de forma más concreta se utilizan

bandas extensiométricas estructuradas a base de una rejilla y su correspondiente soporte, pero con la particularidad de que en el dendrómetro participan o pueden participar bandas unidireccionales, bidireccionales o tridireccionales, concretamente montando sobre un mismo soporte una sola rejilla, dos rejillas orientadas en disposiciones perpendiculares, o tres rejillas en las que dos de ellas forman con respecto a la tercera, ángulos contrarios de 45 ó 60°.

Bandas de los diferentes tipos anteriormente citados pueden ser utilizadas como resistencias en el Puente de Wheatstone, de manera que la diferente orientación de tales rejillas permite obtener datos fidedignos independientemente de cual sea la orientación en la deformación de las bandas generada por la planta.

Las citadas bandas extensiométricas van colocadas estratégicamente envueltas mediante una capa protectora sobre una lámina de aluminio, de escaso grosor y notable longitud, con un acodamiento en correspondencia con uno de sus extremos, determinando una parte a través de la cual se establece el contacto con la planta cuya variación se desea medir, estando esa lámina de aluminio dispuesta a través del extremo no acodado sobre una ranura establecida al efecto en una zona próxima de un cilindro al que accede un cable de conexión que ha de conectarse con la lámina de aluminio y que por su otro extremo se conecta a una interface relacionada con el correspondiente sistema de medida, formando todo ello un sensor que se complementa con un elemento porta-sensor como soporte de sujeción a la correspondiente planta, con la particularidad de que dicho porta-sensor está constituido en aluminio y cuenta con unas varillas en funciones de patas que por uno de sus extremos se vinculan a una pieza que semiabraza a la

planta a medir, en tanto que por otro extremo las patas son pasantes a través de un elemento sobre el que queda convenientemente soportado y sujeto el cilindro perteneciente al sensor anteriormente descrito.

El interface de conexión constituye un circuito de acondicionamiento de la señal, mediante el que se proporcionará una señal en base a la medición de la elongación positiva considerada a partir de la posición de reposo de la correspondiente banda extensiométrica, circuito que será capaz de funcionar correctamente dentro del rango de alimentación de 5.5 Vcc a 8 Vcc, sin que la señal de salida se vea afectada por la variación de dicha alimentación dentro del rango.

El circuito de acondicionamiento referido se ha diseñado como un amplificador de célula de carga de bandas extensiométricas alimentadas con tensión asimétrica y de precisión, incluyendo dos bloques básicos, uno de alimentación del puente de bandas extensiométricas y otro de amplificación de la señal de medida del puente de esas bandas extensiométricas, con la particularidad de que la alimentación del puente tiene que ser del máximo de perfil que sea posible, ya que una deriva en suspensión de alimentación supondría una deriva en la medida, previéndose para ello un regulador de tensión de precisión basado en un circuito TL431 que es un regulador céner de precisión con un error máximo del 0,5%, habiéndose previsto además que a la entrada del circuito TL431 se coloque un céner de 5V6 para que la variación de alimentación sea mínima y el error menor al 0,5%.

De acuerdo con otra de las características de la invención las bandas extensiométricas son termocompensadas para el material sobre el que van pegadas (aluminio), por

lo que en un rango de 0° C a 50° C la señal de salida térmica es prácticamente cero.

DESCRIPCIÓN DE LOS DIBUJOS

Para complementar la descripción que se está realizando y con objeto de ayudar a una mejor comprensión de las características del invento, de acuerdo con un ejemplo preferente de realización práctica del mismo, se acompaña como parte integrante de dicha descripción, un juego de dibujos en donde con carácter ilustrativo y no limitativo, se ha representado lo siguiente:

La figura 1.- Muestra una representación esquemática de una banda extensiométrica unidireccional.

La figura 2.- Muestra, según una representación similar a la figura anterior, una banda extensiométrica bidireccional.

La figura 3.- Muestra a su vez una banda extensiométrica tridireccional.

La figura 4.- Muestra el esquema correspondiente al montaje más simple del puente del dendrómetro, concretamente un montaje a tres hilos en el que tan solo participa una banda extensiométrica.

La figura 5.- Muestra la forma de cableado de un sensor con montaje en "puente completo", por una cara, con dos bandas extensiométricas perpendiculares a las otras dos.

La figura 6.- Muestra una representación similar a la figura anterior pero correspondiente a un sensor por

dos caras.

La figura 7.- Muestra una representación en perspectiva del sensor correspondiente al dendrómetro objeto de la invención.

La figura 8.- Muestra una vista en planta del lugar de montaje concreto de las bandas extensiométricas sobre la lámina de aluminio que forma parte del sensor representado en la figura anterior.

La figura 9.- Muestra una vista en explosión del sensor, del porta-sensor, a través del cual se realiza la sujeción a la correspondiente planta y el interface o circuito electrónico de conexión al correspondiente sistema de medida y en conexión lógicamente con el sensor representado en la misma figura.

La figura 10.- Muestra una aplicación práctica o de montaje del conjunto representado en la figura anterior sobre una planta.

La figura 11.- Muestra, finalmente, el esquema correspondiente al circuito que forma la interface de conexión del sensor al correspondiente equipo de medida.

REALIZACIÓN PREFERENTE DE LA INVENCIÓN

Tal como anteriormente se ha dicho, en los materiales conductores de la electricidad existe una proporción entre la longitud del conductor y su resistencia eléctrica, que viene dada por la siguiente ecuación:

$$R = \rho \cdot \frac{1}{\mathrm{A}}$$

Donde R es la resistencia, ρ es la resistividad, l es la longitud y A es la sección.

Consecuentemente al deformarse el conductor, variando su longitud, siempre y cuando esta deformación quede dentro del rango elástico y no se introduzca ningún cambio en la resistividad del conductor, el cambio de resistencia eléctrica es función de la deformación, según la relación:

$$\frac{\Delta R}{R} = F\left(\frac{\Delta l}{l}\right)$$

Tal como se observa en la figura 1, una banda extensiométrica está constituida mediante una rejilla (1) implantada en un soporte (2), rejilla que constituye el elemento sensible para la deformación y que debe cumplir las siguientes características:

- Linealidad en la sensibilidad a la deformación en el rango elástico, lo que implica precisión y repetibilidad.

- Alta resistividad para conseguir que sea de pequeño tamaño.

- Alta sensibilidad a la deformación para obtener la mayor señal posible con un nivel de deformación dado.

- Coeficiente de resistencia con la temperatura controlable, para una compensación con la temperatura óptima.

- Amplio rango de temperatura operativo.

- Buena vida a fatiga para el caso de fenómenos dinámicos.

Estas características las cumplen diferentes aleaciones, como por ejemplo las de cobre-níquel, cromo-molibdeno-hierro, níquel-cromo o platino-tugsteno.

Por su parte el soporte (2) debe ofrecer las siguientes funciones básicas:

- Transporte firme de la rejilla, terminales y cables.
- Proporcionar una superficie adecuada para el pegado de la banda sobre la superficie de ensayo.
- Aislar eléctricamente la banda del especimen.
- Transmitir fielmente a la rejilla, a través del adhesivo, las deformaciones originadas en el material.
- Alto módulo de cortadura, con el mínimo espesor, para asegurar la perfecta transmisión de las deformaciones.
- Resistencia y flexibilidad, para reducir la posibilidad de daños durante la instalación y permitir su empleo en zonas curvas.
- Alta capacidad de elongación, para su uso en niveles de deformación dentro del rango plástico de la mayoría de los materiales.
- Facilidad de adhesión, para tener gran resistencia a despegarse del material del ensayo y asegurar la unión con la rejilla.
- Alta e inherente resistencia de aislamiento, para eliminar problemas e imprecisiones en las medidas.
- Buena estabilidad con la mínima fluencia.

- Capacidad de mantener las características anteriores en el mayor rango de temperatura posible.

Materiales que cumplen las características anteriormente citadas son la poliamida, simple o laminada, y las resinas tipo epoxi o fenólicas.

Las aleaciones empleadas para la fabricación de bandas deben presentar, como característica más importante, la sensibilidad a la deformación. Existe una relación entre la variación de resistencia y la deformación aplicada que se define como factor de banda (K).

El hecho de que la rejilla esté formada por un hilo fino implica que tiene una cierta sensibilidad de respuesta a las deformaciones transversales, especialmente en las zonas de los bucles, donde existe una cantidad finita de hilo orientada transversalmente respecto a los ejes de medida de la rejilla, tal como se observa en la figura 1. Este efecto es menor en las bandas con rejilla de trama perpendicular, pero aun así están inherentemente afectadas, sobre todo si se tiene en cuenta que cada hilo de la rejilla es lo suficientemente grande como para reflejar una deformación transversal inducida por el soporte. La naturaleza y alcance del consecuente cambio resistivo, depende de las características particulares de la aleación sensitiva que se esté empleando.

El hecho de que la banda extensiométrica sea una resistencia, implica que ésta se verá afectada por las variaciones de temperatura, lo que obliga a realizar una compensación para minimizar tal efecto.

Evidentemente, la solución idónea es aquélla que la deformación aparente de la temperatura sea igual a cero, para lo que se ha previsto la utilización de bandas autocompensadas en temperatura.

Las bandas pueden ser unidireccionales, como la representada en la figura 1, que permiten conocer el estado de deformaciones y/o tensiones de la estructura sobre la que van adheridas según el eje longitudinal de la banda, pero igualmente pueden ser bidireccionales, como la representada en la figura 2, donde sobre un mismo soporte (2) se montan dos rejillas (1) (1'), con sus orientaciones desfasadas 90° la una con respecto a la otra, como también se observa en la citada figura 2. Este tipo de bandas se emplean cuando se conocen las direcciones principales y lo que interesa es conocer las deformaciones y/o tensiones máximas y mínimas (principales) de una estructura bajo carga, por supuesto en el punto de instalación de la banda.

También existe la posibilidad de utilizar bandas tridireccionales como la mostrada en la figura 3, en las que sobre el soporte (2) se montan una rejilla (1) intermedia en las rejillas laterales (1''), orientadas a 45 ó 60° con respecto a la primera y con sus orientaciones contrapuestas entre sí, banda aplicable en estructuras con simetrías poco claras o sometidas a cargas combinadas, donde es preciso conocer la deformación según tres direcciones.

En la figura 4 se ha representado una de las bandas anteriormente citadas, concretamente la banda extensiométrica simple de la figura 1, referenciada globalmente con (3), formando parte de un Puente de Wheatstone, como la primera de sus resistencias, combinada

con tres resistencias convencionales, (4), (5) y (6), dando lugar a un montaje tres hilos que garantiza la simetría del circuito, alimentado por una determinada tensión de entrada aplicada en los nudos (7), (7'), y con una tensión de salida entre los puntos (8) (8') que debe ser cero cuando el puente está en equilibrio, adoptando un valor positivo o negativo en función de las deformaciones sufridas por la banda extensiométrica (3).

Con este montaje tres hilos no solo se garantiza la simetría del circuito sino también, en consecuencia, se elimina el efecto de resistencia de los cables, así como el efecto que la variación de la temperatura tiene sobre la resistencia de los cables, evitándose paralelamente efectos de "desensibilización" de la señal. Esto se consigue si todos los cables son de la misma longitud y, a ser posible, unidos o trenzados, para estar de esta forma sometidos a las mismas condiciones ambientales.

En este tipo de montaje tan solo existe una rama activa, por lo que la relación entre las tensiones de entrada y salida es 1/4 del factor de banda (K) multiplicado por la deformación del material.

También es posible un montaje a medio puente, colocando dos bandas extensiométricas (3) en ramas adyacentes u opuestas del Puente de Wheatstone representado en la figura 4. Si las bandas (3) se colocan en las ramas adyacentes, una de ellas debe trabajar a tracción y la otra a compresión, en orden a que si la resistencia aumenta en una decrezca en la otra. Otra posibilidad es que una de las dos muestre una deformación igual a cero, que por su colocación trabajase en una deformación mínima o para medir el efecto Poisson.

El montaje de ramas adyacentes, es un montaje muy útil cuando se trata de compensar temperatura más allá, por encima o por debajo, del rango de autocompensación de las bandas. De esta forma puede tenerse una banda pegada sobre la estructura de ensayo que esté midiendo las deformaciones mecánicas y las debidas a la señal térmica de las bandas. En la rama adyacente se coloca otra banda pegada sobre ese mismo material, que se denomina de compensación, y sometida a las mismas condiciones ambientales que la banda activa, pero sin sufrir deformaciones mecánicas. De esta forma, restando la señal de las dos bandas, resta únicamente la deformación debida a los efectos mecánicos. No obstante, es muy difícil mantener una completa simetría y que las dos bandas estén exactamente a la misma temperatura y tengan la misma resistencia.

En el caso de dos ramas activas, ambas según la dirección de deformación principal, la señal de salida es de 1/2 del factor de banda (K) multiplicado por la deformación del material.

Finalmente existe también la posibilidad de efectuar un montaje a puente completo, caso en el que se emplean bandas extensiométricas (3) en todas las ramas del puente, solución que permite obtener una mayor sensibilidad en el sistema de medida. Lógicamente cuando se utilizan cuatro bandas extensiométricas orientadas según la dirección principal, es decir, cuando todas las ramas son activas, la relación entre las tensiones de entrada y salida es igual al producto del factor de banda (K) por la deformación del material.

En este caso se llega a multiplicar por cuatro la señal con respecto al montaje en cuarto de puente, además

de una compensación automática con la temperatura y la eliminación de señales no deseadas, es decir, ruido.

Existe la posibilidad de obtener además otros números de ramas activas, no enteros, concretamente de valores 1,3 y 2,6, según se dispongan las bandas en el puente, pudiendo obtener distintas señales de salida sustituyendo este valor del número de bandas en la correspondiente ecuación de salida.

La mayor ventaja del puente completo es que todo el cableado, desde el punto de medida hasta la instrumentación, incluidos conectores, clavijas y, si se utilizan, anillos rozantes, está fuera del circuito de medida, con lo que los errores que podrían introducir en el sistema son mínimos.

De acuerdo con lo anteriormente expuesto, en la solución de montaje en cuarto de puente se hace imprescindible el uso de bandas autocompensadas para obtener una medida sin alteraciones por efectos de la temperatura, o con alteraciones tabuladas, mientras que en los casos de medio puente y puente completo, la compensación de la temperatura se puede lograr de forma automática, en ausencia de bandas autocompensadas.

En las figuras 5 y 6 se han representado dos soluciones de montaje de las bandas extensiométricas en el dendrómetro de la invención.

En el caso de la figura 5, en el conjunto (9), por una cara, se realiza un montaje en puente completo, con dos rejillas (1) según la dirección principal de máxima deformación, y otras dos rejillas (1') según la dirección principal de mínima deformación, que es perpendicular a la

anterior. Con un soporte de poliamida y las rejillas sin encapsular se obtiene un número de ramas activas de 2,6.

Esta banda va instalada únicamente en la cara superior del sensor, dejando libre la cara inferior.

En la figura 6 se ha representado un segundo tipo de sensor, por dos caras, de manera que se colocan dos bandas por cada cara, orientando las cuatro rejillas (1) (dos por cada cara) según la deformación principal, con lo que se consigue un número de ramas activas igual a cuatro. También en este caso se utiliza un soporte de poliamida y una rejilla sin encapsular, con resistencia nominal de 350 ohmios y autocompensación para aluminio. Cada banda tiene dos rejillas paralelas que, cableadas entre sí y con la banda colocada en la otra cara, logran un puente completo.

El conjunto (9) que forman las bandas extensiométricas se dispone en una zona concreta de una lámina de aluminio (10) de configuración rectangular y preferentemente de 60 mm de longitud y 10 mm de anchura, que por uno de sus extremos presenta un doble acodamiento con bordes laterales convergentes que da origen a que, a partir del primer acodamiento, se vaya estrechando la parte emergente hasta rematarse en un extremo angular y redondeado (11) que va a determinar el medio de contacto sobre la correspondiente planta en la que se aplique el dendrómetro, habiéndose previsto que esa lámina de aluminio (10), portadora de las bandas extensiométricas anteriormente referidas, vaya situada por su extremo opuesto en una ranura (12) prevista en sentido diametral en proximidad a uno de sus extremos de un cuerpo cilíndrico (13), según se ve en su figura 7.

El conjunto referido constituye un sensor en

conexión con una interface electrónica (14) que define un circuito cuyas características se expondrán con posterioridad y que se encuentra conectado al correspondiente sistema o equipo de toma de medidas.

El sensor queda montado sobre un soporte o porta-sensor (15), que presenta una pieza, que se corresponde con la propia referencia (15), a modo de mordaza con una depresión cilíndrica en la que queda posicionado el cilindro (13) del sensor, siendo pasantes a través de la pieza que forma ese porta-sensor (15) unas varillas (16) en funciones de patas, que finalizan en otra pieza (17) con elementos de apriete para fijarse, en colaboración con convenientes elementos de amarre, sobre la planta (18) en la que se aplique el dendrómetro, tal y como se representa en la figura 10.

El porta-sensor (15) estará constituido en aluminio, mientras que las varillas correspondientes a sus patas (16) están constituidas en otro material con un coeficiente de dilatación nulo para permitir medir las micras de variación continua de la planta (18).

En la figura 11 se muestra la electrónica de interface, materializada por un circuito de adecuación de la señal del conjunto del dendrómetro, circuito que se ha diseñado como un amplificador de célula de carga de bandas extensiométricas alimentada con tensión asimétrica de precisión, comprendiendo un bloque (19) de alimentación del puente de bandas extensiométricas y un bloque (20) de amplificación de la señal de medida del puente de bandas extensiométricas, con la particularidad de que el bloque (19) de alimentación incluye un regulador de tensión basado en un circuito (21) TL431 que es un regulador Zéner de precisión con un error máximo del 0,5%, incluyendo a la

entrada de ese bloque o circuito (21) un Zéner (22) de 5V6 para que la variación de la alimentación sea la mínima y el error menor al 0,5%, centrándose la alimentación referida en 4,7 Vcc ± 0,5%.

La amplificación de la señal, cuyo esquema corresponde al bloque (20), comprende básicamente un operacional (23) OPA2277/SA de bajo coste y altas prestaciones, funcionando como un amplificador diferencial con una ganancia determinada, definida en función de la resolución requerida por la aplicación, todo ello de manera tal que la ganancia del circuito será la amplificación por la que se multiplica la señal diferencial recibida de las bandas extensiométricas, siendo esa señal proporcional a la elongación de las mismas, escogiéndose esa ganancia en base a la resolución del lector y de la precisión deseada.

Lógicamente, en el momento que se establece una ganancia y una tensión de alimentación del puente de bandas extensiométricas, se estará en disposición de definir la correlación entre la tensión de salida del circuito y la distancia que el sensor se ha desplazado, de modo que la precisión que se obtendrá de la medida final dependerá de la resolución del aparato de lectura, de la ganancia con la que se haya dotado al circuito y de la calidad de montaje.

R E I V I N D I C A C I O N E S

1ª.- Dendrómetro de precisión, del tipo de los basados en la utilización de bandas extensiométricas utilizables como resistencias en un circuito tipo puente de Wheatstone, caracterizado porque las bandas extensiométricas se materializan en una rejilla (1), formada por un hilo fino que describe una trayectoria sinuosa con largos tramos rectilíneos, paralelos y muy próximos, montada sobre un soporte (2) de un material electroaislante, pudiendo sobre un mismo soporte (2) establecerse una rejilla única (1), dos rejillas (1) y (1'), con direcciones en sus hilos perpendiculares entre sí, o tres rejillas (1), (1') y (1'') de las que dos de ellas (1'') forman ángulos contrarios y de 45 a 60° con la rejilla intermedia (1); con la particularidad de que dichas bandas extensiométricas van montadas sobre una lámina de aluminio (10) dispuesta sobre un cilindro, también de aluminio (13), formando en conjunto un sensor que se soporta sobre un porta-sensor (15), a través del cual se realiza la sujeción y montaje sobre una planta (18), estando el conjunto del sensor conectado a una electrónica o circuito determinante de una interfase (14) de conexión con la respectiva toma de datos.

2ª.- Dendrómetro de precisión, según reivindicación primera caracterizado porque las rejillas (1), (1'), (1'') están obtenidas a base de aleaciones cobre-níquel, cromo-molibdeno-hierro, níquel-cromo o platino-tugsteno, mientras que el soporte (2) está obtenido a base de poliamidas o resinas tipo epoxi o fenólicas.

3ª.- Dendrómetro de precisión, según reivindicaciones anteriores, caracterizado porque las

bandas extensiométricas (1-2) son bandas autocompensadas en temperatura.

4ª.- Dendrómetro de precisión, según reivindicaciones anteriores, caracterizado porque el montaje de las bandas extensiométricas en el Puente de Wheatstone es de cuarto de puente, medio puente o puente completo, en función de que se sitúen bandas extensiométricas como una, dos o las cuatro resistencias del citado puente.

5ª.- Dendrómetro de precisión, según reivindicación 4ª, caracterizado porque en el montaje en cuarto de puente solo es activa una de las ramas de dicho puente, con lo que la relación entre la tensión de entrada y la tensión de salida del mismo es un cuarto del factor de banda multiplicado por la deformación del material, mientras que cuando el montaje es de medio puente la relación de tensiones es de un medio del factor de banda por la deformación del material, y en el caso del puente completo el resultado del factor de banda multiplicado por la deformación del material.

6ª.- Dendrómetro de precisión, según reivindicación 5ª, caracterizado porque en un montaje en puente completo dos de las bandas presentan sus rejillas (1) según la dirección principal de máxima deformación, mientras que las otras dos bandas presentan sus rejillas (1') según la dirección principal de mínima deformación, perpendicular a la anterior.

7ª.- Dendrómetro de precisión, según reivindicación 5ª, caracterizado porque en un sensor por dos caras se sitúan dos bandas extensiométricas por cada cara, con sus cuatro rejillas (1) orientadas en el mismo

sentido, concretamente en el de la deformación principal, consiguiéndose un número de ramas activas igual a cuatro.

8ª.- Dendrómetro de precisión, según reivindicación 1ª, caracterizado porque la lámina (10) sobre la que se montan las bandas extensiométricas es de aluminio y presenta uno de sus extremos fijado al cuerpo cilíndrico (13) y el otro con un doble acodamiento determinante de un extremo aproximadamente triangular (11), para contactar con la planta (18) y determinar el medio detector de la variación de dicha planta (18).

9ª.- Dendrómetro de precisión, según reivindicación 1ª, caracterizado porque el porta-sensor (15) incluye una pieza con una cavidad cilíndrica donde queda alojado y sujeto el cuerpo cilíndrico (13) del conjunto del sensor, estando asociadas a dicha pieza del porta-sensor (15) unas varillas (16) en funciones de patas a las que se vincula una pieza (17) de adaptación y sujeción a la planta (8) en la que se aplique.

REIVINDICACIONES MODIFICADAS

[Recibidas por la Oficina Internacional el 05 de febrero de 2004 (05.02.04): reivindicaciones 1 a 9, remplazadas por reivindicaciones 1 a 4]

1.- Dendómetro de precisión, del tipo de los basados en la utilización de bandas extensiométricas como resistencias en un circuito tipo Puente de Wheatstone, que estando dicho dendómetro constituido por un porta-sensor que sirve como elemento de sujeción del dendómetro a una planta, la interface electrónica que lo conecta al equipo de toma de datos y un sensor, **se caracteriza** porque dicho sensor está compuesto por un cuerpo cilíndrico (13) de aluminio al que va fijado un extremo de una lámina de aluminio (10) sobre la que van montadas las bandas extensiométricas, estando el otro extremo de la banda de aluminio (10) en contacto con la planta (18), determinando, mediante la presión ejercida por ésta, sus variaciones dimensionales.

2.- Dendómetro de precisión según reivindicación anterior, **caracterizado** porque el extremo de la lámina de aluminio (10) en contacto con la planta presenta un doble acodamiento con bordes laterales convergentes, determinante de un extremo angular y redondeado (11) aproximadamente triangular.

3.- Dendómetro de precisión según reivindicación 1, **caracterizado** porque el porta-sensor (15) incluye una pieza con una cavidad cilíndrica donde queda alojado y sujeto el cuerpo cilíndrico (13) del sensor, estando asociadas a dicha pieza del porta-sensor (15) unas varillas (16) en función de patas a las que se vincula una pieza (17) de adaptación y sujeción a la planta (18) en la que se instale el dendómetro.

4.- Dendómetro de precisión según reivindicación 3, **caracterizado** porque las varillas (16) están constituidas

en un material tal que su coeficiente de dilatación es nulo, permitiendo así medir las micras de variación continua de la planta (18).

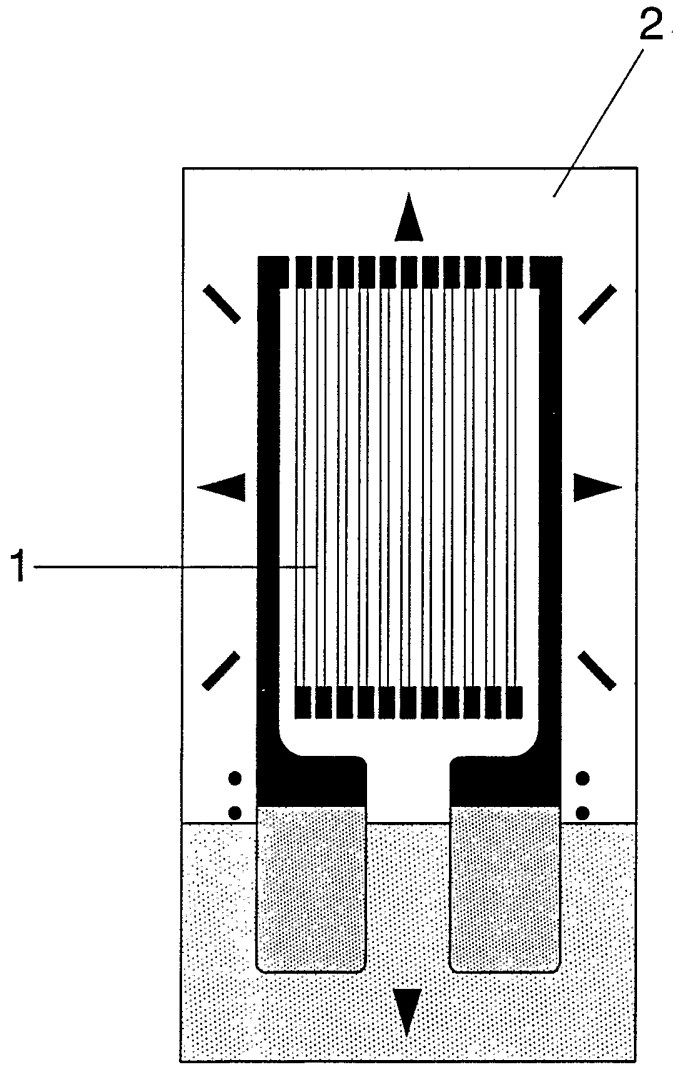


FIG.1

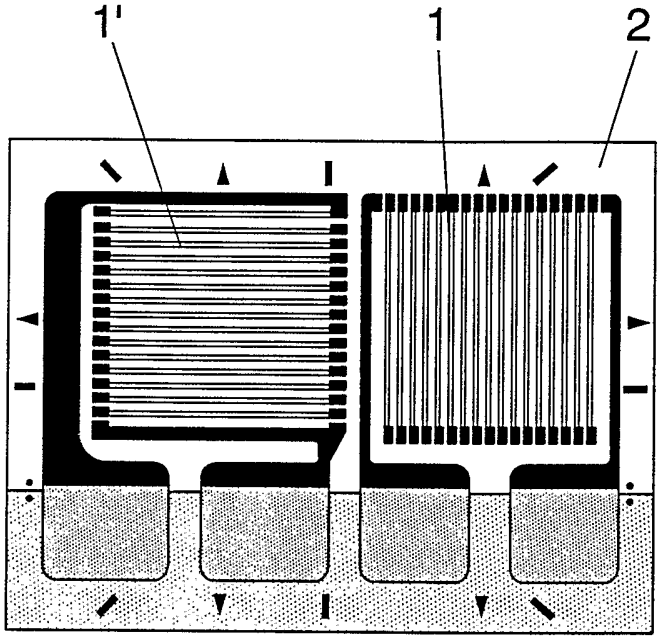


FIG.2

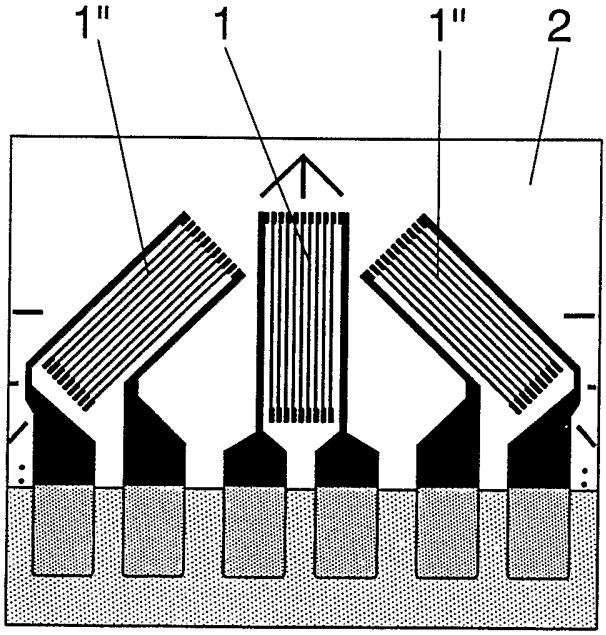


FIG.3

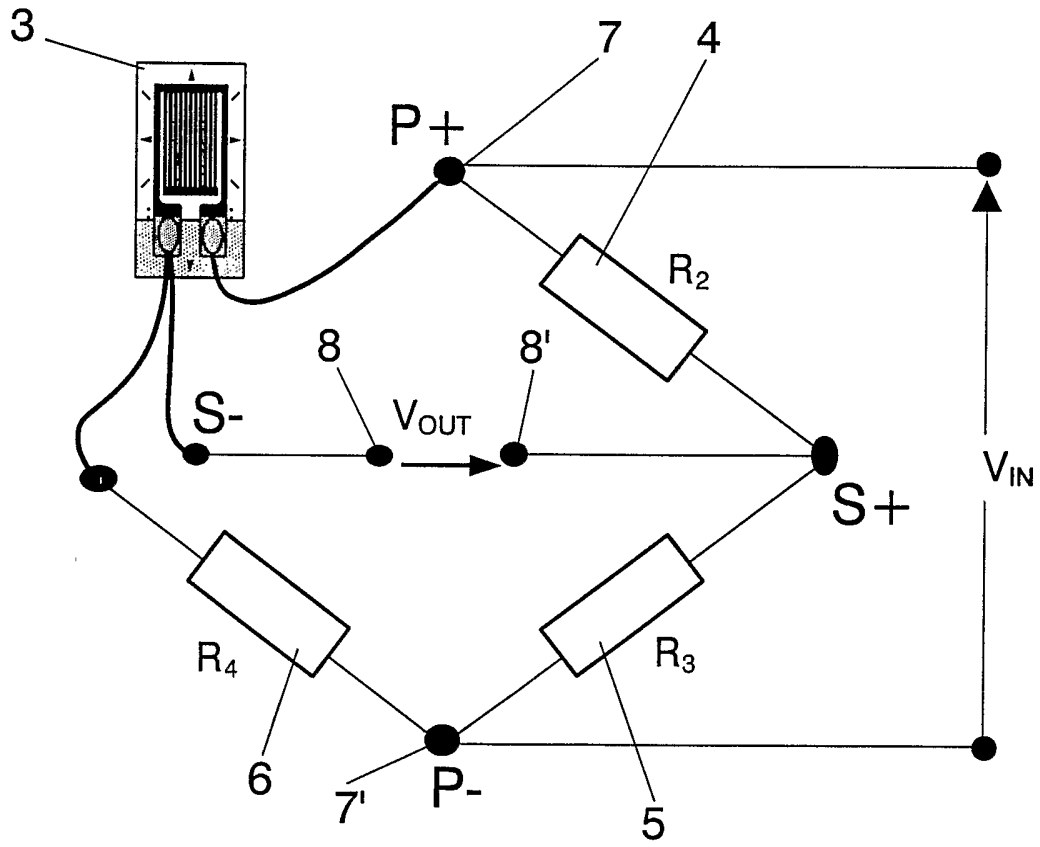


FIG.4

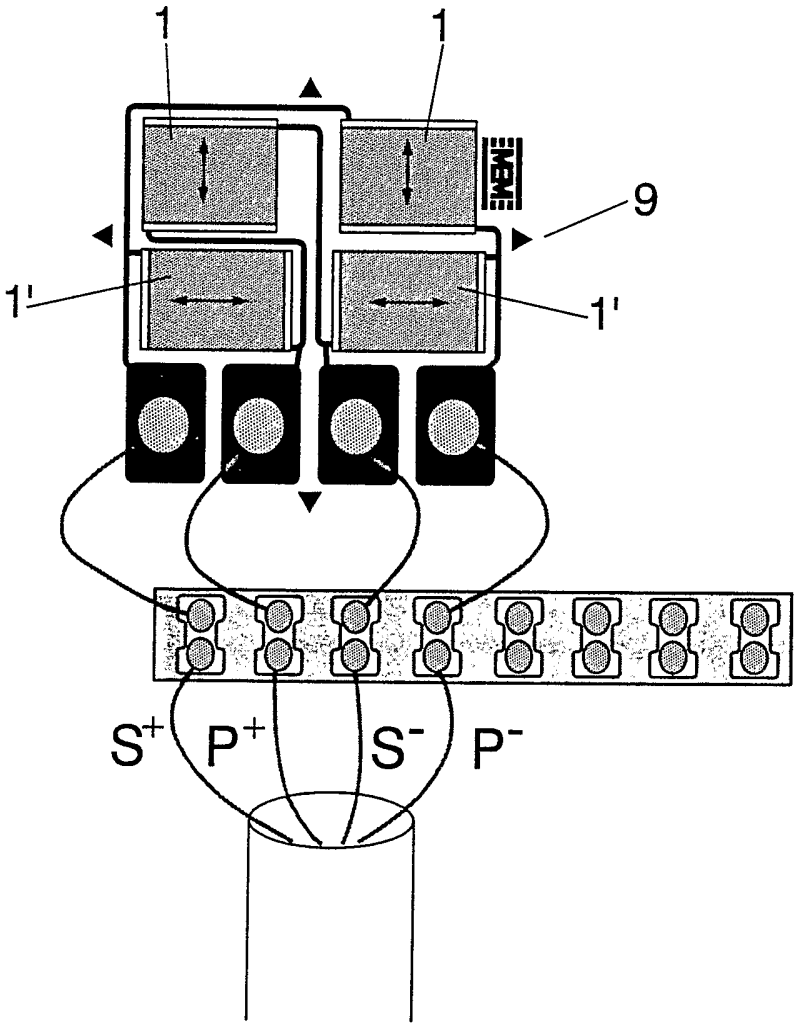


FIG.5

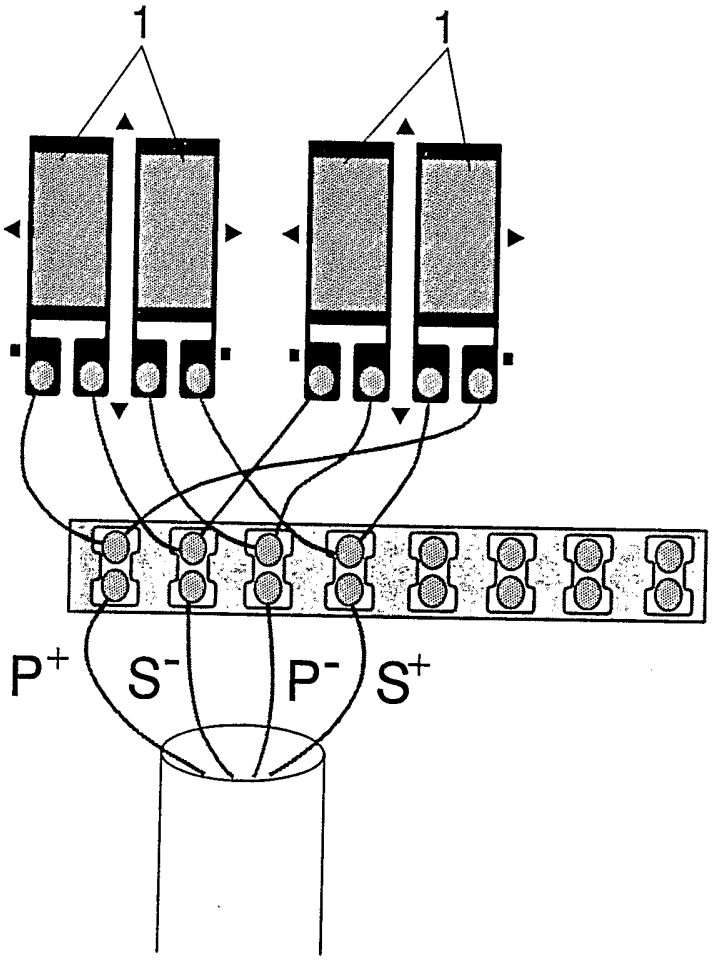


FIG.6

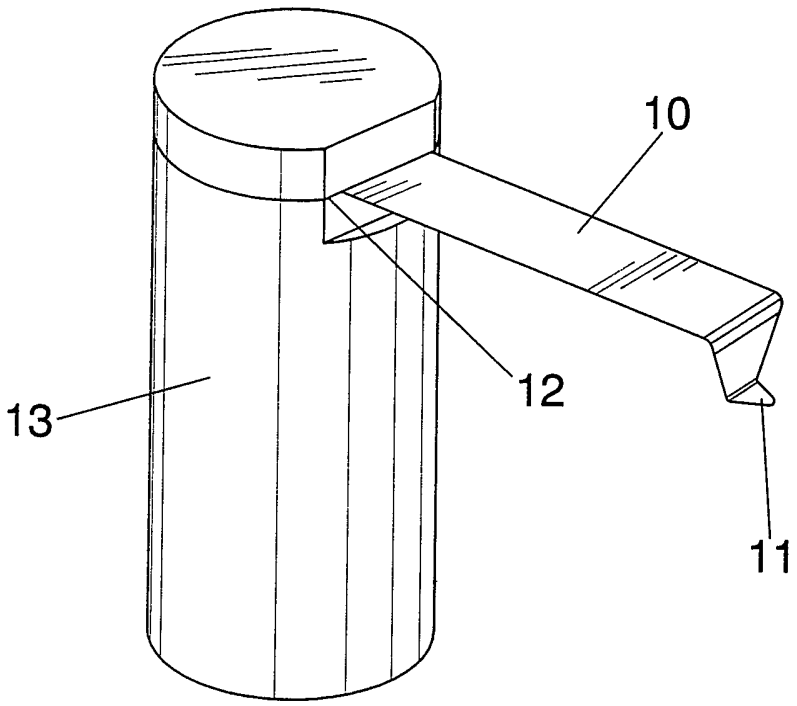


FIG.7

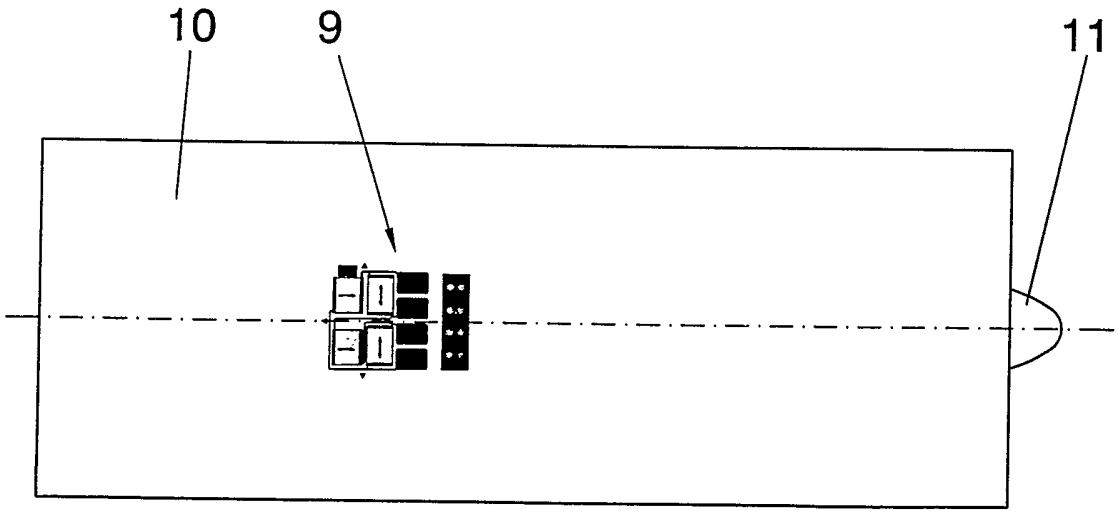


FIG.8

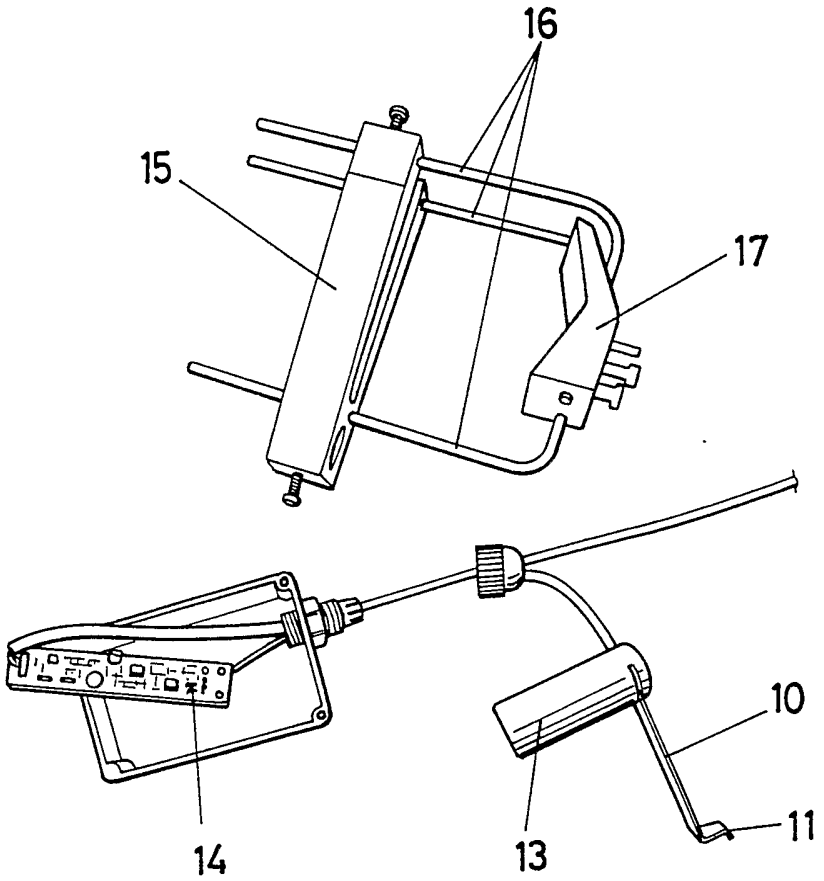


FIG.9

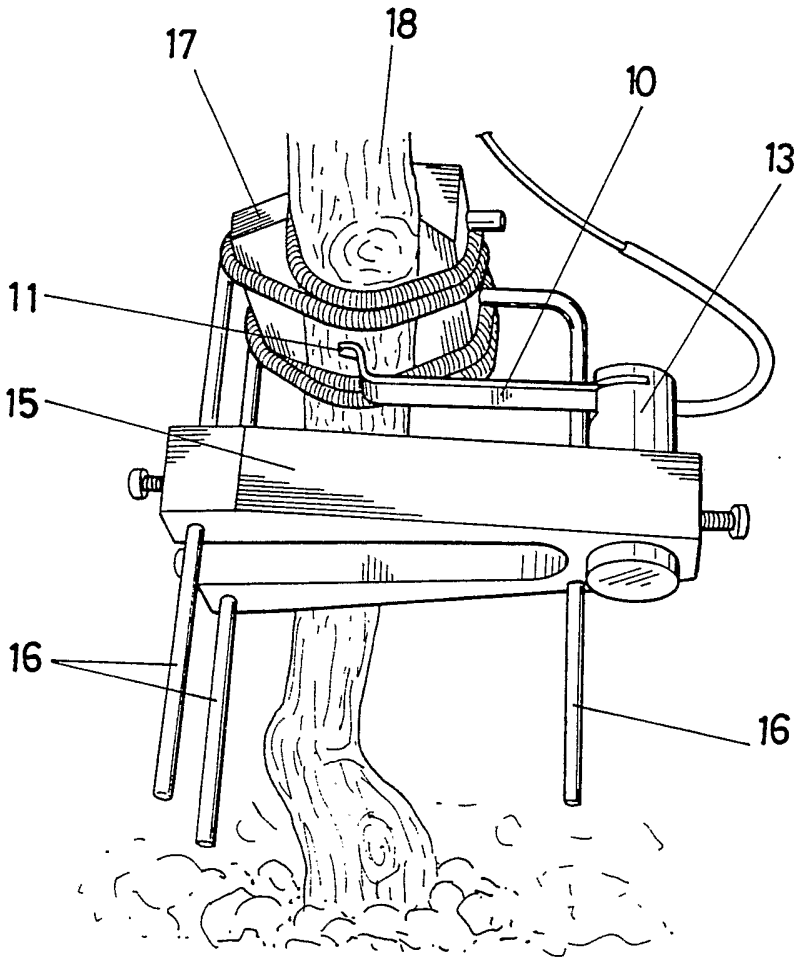


FIG.10

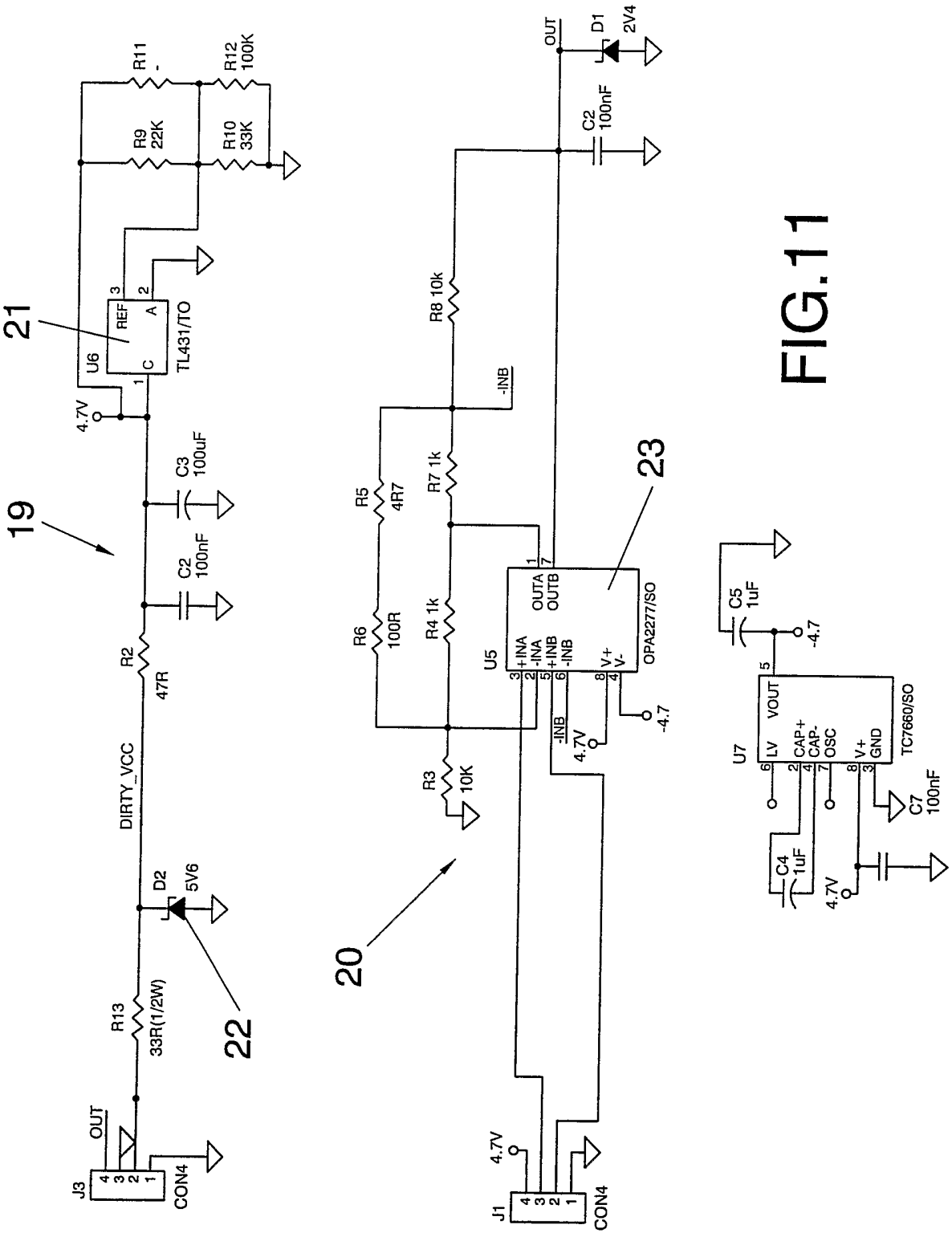

19
20
21
22
23
R11
R12 100K
R9 22K
R10 33K
U6
REF
A
C
TL431/TO
4.7V
C3 100uF
C2 100nF
R2 47R
DIRTY_VCC
D2 5V6
R13 33R(1/2W)
OUT
J3
CON4
R8 10k
-INB
R5 4R7
R7 1k
R6 100R
R4 1k
U5
OUTA
OUTB
+INA
-INA
+INB
-INB
V+
V-
OPA2277/SO
R3 10K
4.7V
-4.7
J1
CON4
OUT
D1 2V4
C2 100nF
C5 1uF
U7
LV
VOUT
CAP+
CAP-
OSC
V+
GND
TC7660/SO
C4 1uF
C7 100nF

FIG.11

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.
PCT/ES/02/00487

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

IPC 7 G01B 7/16, 5/00

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)

IPC 7 G01B 7, G01B/5

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used)

EPODOC, WPI, PAJ, OEPMPAT

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X Y	US 5955679 A (LEON) 21.09.1999, **column 3, line 19-column 6, line 64; figures 1, 6, 7, 8, 11.**	1 2-6
Y	RS Components Data Sheet (Data Pack E) "Strain gauges and load cells". **March/1997; pages 1-3**	2-6
Y	"Basics of Strain Measurements" Colin H. Daly. **October/2000** http://courses.washington.edu/mengr556/Strain_basics.pdf	2
A	US 4294015 A (DROUIN et al.) 13.10.1981, **The whole document**	1,8,9
A	US 4290311 A (BREWER) 22.09.1981, **The whole document**	1,8,9

☐ Further documents are listed in the continuation of Box C. ☒ See patent family annex.

* Special categories of cited documents:

"A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance

"E" earlier document but published on or after the international filing date

"L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)

"O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means

"P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

"T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention

"X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone

"Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art

"&" document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search	Date of mailing of the international search report
25 APR 2003 (25.04.03)	**07 MAY 2003 (07.05.03)**
Name and mailing address of the ISA/ **S.P.T.O.** Facsimile No.	Authorized officer Telephone No.

Form PCT/ISA/210 (second sheet) (July 1992)

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

Information on patent family members

International Application No

PCT/ES/02/00487

Patent document cited in search report	Publication date	Patent familiy member(s)	Publication date
US 5955679 A	21.09.1999	AU 6047698 A WO 9834093 A	25.08.1998 06.08.1998
US 4294015 A	13.10.1981	NONE	
US 4290311 A	22.09.1981	NONE	

INFORME DE BÚSQUEDA INTERNACIONAL

Solicitud internacional nº
PCT/ES/02/00487

A. CLASIFICACIÓN DEL OBJETO DE LA SOLICITUD

CIP [7] **G01B 7/16, 5/00**
De acuerdo con la Clasificación Internacional de Patentes (CIP) o según la clasificación nacional y la CIP.

B. SECTORES COMPRENDIDOS POR LA BÚSQUEDA

Documentación mínima consultada (sistema de clasificación, seguido de los símbolos de clasificación)

CIP [7] **G01B 7, G01B/5**

Otra documentación consultada, además de la documentación mínima, en la medida en que tales documentos formen parte de los sectores comprendidos por la búsqueda

Bases de datos electrónicas consultadas durante la búsqueda internacional (nombre de la base de datos y, si es posible, términos de búsqueda utilizados)

EPODOC, WPI, PAJ, OEPMPAT

C. DOCUMENTOS CONSIDERADOS RELEVANTES

Categoría*	Documentos citados, con indicación, si procede, de las partes relevantes	Relevante para las reivindicaciones
X Y	US 5955679 A (LEON) 21.09.1999, columna 3, línea 19-columna 6, línea 64; figuras 1, 6,7,8,11	1 2-6
Y	RS Components Data Sheet (Data Pack E) "Strain gauges and load cells". Marzo/1997; páginas 1-3	2-6
Y	"Basics of Strain Measurements" Colin H. Daly. Octubre/2000 http://courses.washington.edu/mengr556/Strain_basics.pdf	2
A	US 4294015 A (DROUIN et al.) 13.10.1981, todo el documento	1,8,9
A	US 4290311 A (BREWER) 22.09.1981, todo el documento	1,8,9

☐ En la continuación del recuadro C se relacionan otros documentos ☒ Los documentos de familia de patentes se indican en el anexo

* Categorías especiales de documentos citados:

"A" documento que define el estado general de la técnica no considerado como particularmente relevante.

"E" solicitud de patente o patente anterior pero publicada en la fecha de presentación internacional o en fecha posterior.

"L" documento que puede plantear dudas sobre una reivindicación de prioridad o que se cita para determinar la fecha de publicación de otra cita o por una razón especial (como la indicada).

"O" documento que se refiere a una divulgación oral, a una utilización, a una exposición o a cualquier otro medio.

"P" documento publicado antes de la fecha de presentación internacional pero con posterioridad a la fecha de prioridad reivindicada.

"T" documento ulterior publicado con posterioridad a la fecha de presentación internacional o de prioridad que no pertenece al estado de la técnica pertinente pero que se cita por permitir la comprensión del principio o teoría que constituye la base de la invención.

"X" documento particularmente relevante; la invención reivindicada no puede considerarse nueva o que implique una actividad inventiva por referencia al documento aisladamente considerado.

"Y" documento particularmente relevante; la invención reivindicada no puede considerarse que implique una actividad inventiva cuando el documento se asocia a otro u otros documentos de la misma naturaleza, cuya combinación resulta evidente para un experto en la materia.

"&" documento que forma parte de la misma familia de patentes.

Fecha en que se ha concluido efectivamente la búsqueda internacional: 25.04.2003	Fecha de expedición del informe de búsqueda internacional 07 MAY 2003 07.05.03
Nombre y dirección postal de la Administración encargada de la búsqueda internacional O.E.P.M. C/Panamá 1, 28071 Madrid, España. nº de fax +34 91 3495304	Funcionario autorizado: JAVIER OLALDE SÁNCHEZ nº de teléfono + 34 91 3495386

INFORME DE BÚSQUEDA INTERNACIONAL

Solicitud internacional nº
PCT/ES/02/00487

Documento de patente citado en el informe de búsqueda	Fecha de publicación	Miembro(s) de la familia de patentes	Fecha de publicación
US 5955679 A	21.09.1999	AU 6047698 A WO 9834093 A	25.08.1998 06.08.1998
US 4294015 A	13.10.1981	NINGUNO	
US 4290311 A	22.09.1981	NINGUNO	