

(12) FASCÍCULO DE PATENTE DE INVENÇÃO

(22) Data de pedido: 2002.10.15	(73) Titular(es): VERDTECH NUEVO CAMPO, S.A.
(30) Prioridade(s):	RIU DE L'OR, 6 BAJOS 08034 BARCELONA ES
(43) Data de publicação do pedido: 2005.07.13	(72) Inventor(es): MOSHE COHEN AMAR ES
(45) Data e BPI da concessão: 2011.11.30 055/2012	(74) Mandatário: MANUEL ANTÓNIO DURÃES DA CONCEIÇÃO ROCHA AV LIBERDADE, Nº. 69 - 3º D 1250-148 LISBOA PT

(54) Epígrafe: **DENDRÓMETRO DE PRECISÃO**

(57) Resumo:

A INVENÇÃO É REFERENTE A UM DENDRÓMETRO DE PRECISÃO, QUE É BASEADO NA RAZÃO ENTRE O COMPRIMENTO DE UM MATERIAL CONDUTOR E A SUA RESISTÊNCIA ELÉTRICA. O DENDRÓMETRO CRIADO EMPREGA UM CIRCUITO TIPO PONTE DE WHEATSTONE, COM QUATRO RESISTÊNCIAS. DE ACORDO COM A INVENÇÃO, É APLICADA UMA DETERMINADA TENSÃO DE ENTRADA ÀS RESISTÊNCIAS ACIMA MENCIONADAS E, QUANDO A PONTE ESTÁ EQUILIBRADA, A TENSÃO DA SAÍDA É ZERO. AS RESISTÊNCIAS TOMAM A FORMA DE EXTENSÓMETROS QUE COMPREENDEM UMA MALHA (1) QUE É MONTADA NUM SUPORTE ELETROISOLANTE (2), DE FORMA A QUE PREFERIVELMENTE DUAS DAS MALHAS REFERIDAS (1) ESTEJAM ORIENTADAS NA DIREÇÃO PRINCIPAL DE MÁXIMA DEFORMAÇÃO, ENQUANTO AS DUAS OUTRAS MALHAS (1') ESTÃO DISPOSTAS PERPENDICULARMENTE ÀS ÚLTIMAS. DESTA FORMA, AS VARIAÇÕES DIMENSIONAIS NOS EXTENSÓMETROS, QUE SÃO DETERMINADAS POR UM AUMENTO OU POR UMA DIMINUIÇÃO NAS DIMENSÕES DA ÁRVORE OU DA PLANTA A SEREM MEDIDAS, GERAM UMA TENSÃO DE SAÍDA POSITIVA OU NEGATIVA, QUE CORRESPONDE PROPORCIONALMENTE AO AUMENTO OU À DIMINUIÇÃO DA MEDIÇÃO ACIMA MENCIONADA.

RESUMO**"DENDRÓMETRO DE PRECISÃO"**

A invenção é referente a um dendrómetro de precisão, que é baseado na razão entre o comprimento de um material condutor e a sua resistência elétrica. O dendrómetro criado emprega um circuito tipo ponte de Wheatstone, com quatro resistências. De acordo com a invenção, é aplicada uma determinada tensão de entrada às resistências acima mencionadas e, quando a ponte está equilibrada, a tensão da saída é zero. As resistências tomam a forma de extensômetros que compreendem uma malha (1) que é montada num suporte eletroisolante (2), de forma a que preferivelmente duas das malhas referidas (1) estejam orientadas na direção principal de máxima deformação, enquanto as duas outras malhas (1') estão dispostas perpendicularmente às últimas. Desta forma, as variações dimensionais nos extensômetros, que são determinadas por um aumento ou por uma diminuição nas dimensões da árvore ou da planta a serem medidas, geram uma tensão de saída positiva ou negativa, que corresponde proporcionalmente ao aumento ou à diminuição da medição acima mencionada.

DESCRIÇÃO

"DENDRÓMETRO DE PRECISÃO"

FINALIDADE DA INVENÇÃO

A invenção atual é referente a um dendrómetro, isto é, a um instrumento para medição das dimensões das árvores na posição vertical, no presente caso generalizada para a medição de qualquer tipo de planta e de qualquer dos seus constituintes, quer seja o tronco, as folhas, a fruta, etc.

O dendrómetro consiste num sensor que tem que ser colocado em contacto com a planta, um suporte do sensor através do qual o sensor se mantém se fixo de encontro à planta acima mencionada e uma componente eletrónica ou interface de conexão do sensor com o sistema de medição correspondente.

A finalidade da invenção é obter um controle ótimo das alterações dimensionais da planta ao longo do dia, de forma a que com base nos dados obtidos possam ser tomadas decisões para melhorar a produção.

ANTECEDENTES DA INVENÇÃO

Convencionalmente e para melhorar a produção de uma plantação, somente os parâmetros externos às plantas em causa, tais como basicamente o clima e a irrigação do solo, eram examinados e considerados.

No entanto e desde já há algum tempo, é conhecido que as plantas sofrem contrações / dilatações ao longo do dia, nomeadamente um aumento e uma diminuição do seu diâmetro (no caso do tronco ou de uma fruta), que é uma função da sua condição "hídrica", do seu "esforço", de modo que um controle dendrométrico e permanente da planta permite tomar decisões muito mais adaptadas para melhorar a produção, do que se somente os parâmetros externos à mesma forem considerados.

É evidente que estas mudanças dimensionais são

mínimas, pelo que o dendrómetro utilizado deve ser de elevada precisão.

Uma solução bem conhecida e normalmente utilizada a este respeito, consiste nos chamados sensores de movimento linear, compostos por uma bobina eletromagnética em forma de anel, em cuja cavidade se move livremente um núcleo formado por uma haste, o qual, devido ao efeito do campo magnético da bobina, é mantido constantemente pressionado contra a superfície da planta, como, por exemplo, contra o tronco de uma árvore, de forma a que quando este último expande ou contrai (alguns micrómetros por dia), o núcleo ou a haste sofrem o movimento axial equivalente que gera uma modificação no campo da bobina, a qual pode perfeitamente ser medida e, utilizando as tabelas de conversão apropriadas, ser transformada numa medida comprimento.

São igualmente conhecidos os sensores ou os dendrómetros baseados na utilização de micrómetros ou bandas de medição de extensão, baseados por sua vez no facto de que em todos os materiais que são condutores de eletricidade, existe uma proporção entre o comprimento do referido condutor e a sua resistência elétrica, para que possa ser obtida uma proporção entre a mudança relativa de comprimento de um condutor e a alteração na sua resistência elétrica, o que permite aferir o aumento ou a diminuição dimensional da planta que está a ser analisada.

Nesta área, deve ser tida em consideração a patente US 4.549.355, na qual é aplicada uma ponte de Wheatstone como elemento de medição, em que são utilizadas quatro resistências elétricas ligadas entre quatro pontos ou extremidades da ponte, a qual é alimentada em dois pontos para produzir uma tensão de saída nos outros dois, os quais devem ser zero quando a ponte estiver equilibrada, de maneira a que esta tensão de saída de valor zero variará tornando-se positiva ou negativa, dependendo se ocorre um

aumento numa ou noutra das resistências, que fazem parte da ponte de Wheatstone.

Esta solução, perfeitamente válida do ponto de vista teórico, apresenta na prática os problemas que surgem da geometria da planta, uma vez que a orientação da deformação da planta não é geralmente alinhada com o elemento eletroresistente, nem oferece uma formação angular fixa, pelo que as diferenças que existem entre a medição obtida e o valor real se podem tornar inaceitáveis.

DESCRIÇÃO DA INVENÇÃO

A invenção é definida pelas reivindicações anexas.

O dendrómetro de pressão que a invenção propõe, sendo baseado na técnica convencional de utilização de bandas de medição de extensão ligadas de modo a formarem uma ponte de Wheatstone, resolve satisfatoriamente e completamente os problemas expostos previamente, assegurando uma grande precisão nas medições realizadas pelo mesmo.

Com esta finalidade e mais especificamente, bandas de medição de extensão elaboradas com base numa malha e no seu suporte correspondente, mas com a particularidade de que malhas unidireccionais, bidireccionais ou tridireccionais fazem parte ou podem fazer parte do dendrómetro, montando especificamente uma única malha no mesmo suporte, duas malhas orientadas e posicionadas perpendicularmente, ou três malhas em que duas delas formam ângulos opostos de 45° ou de 60° relativamente à terceira.

As bandas dos diferentes tipos acima mencionados podem ser utilizadas como resistências na ponte de Wheatstone, de modo que as diferentes orientações das malhas permitam que sejam obtidos dados fidedignos, independentemente de qualquer que possa ser a orientação da deformação das bandas causada pela planta.

As bandas de medição de extensão anteriormente mencionadas são colocadas estrategicamente, envolvidas numa camada protetora de folha de alumínio de pouca espessura e

comprimento apreciável, com uma secção curvada em correspondência com uma das suas extremidades, formando uma peça através da qual é estabelecido contacto com a planta cujas alterações se pretendem medir, sendo que através da extremidade não curvada, esta folha de alumínio é posicionada num entalhe criado para este propósito, numa área ao lado de um cilindro ao qual é ligado um cabo de conexão que tem que estar ligado à folha de alumínio e que na sua outra extremidade está ligado a uma interface que esteja conectada com o sistema de medição correspondente, tudo isto formando um sensor que é complementado com um elemento porta-sensor como um suporte para fixação à planta correspondente, com a particularidade de que o referido suporte do sensor é fabricado em alumínio e tem um número de hastes a atuar como pés, que numa das suas extremidades são ligadas a uma peça que semi-abraça a planta a ser medida, enquanto no extremo oposto os pés passam através de uma peça na qual permanece apoiado e fixo o cilindro pertencente ao sensor previamente descrito.

A interface de conexão forma um circuito de acondicionamento de sinal, através do qual um sinal será fornecido com base na medição do alongamento positivo que parte da posição de descanso da banda de medição de extensão correspondente, um circuito que seja capaz de trabalhar corretamente dentro da gama de alimentação de 5,5 VDC a 8 VDC, sem que o sinal de saída seja afetado pela variação da referida alimentação dentro desta gama.

O circuito de acondicionamento acima mencionado, foi concebido como um amplificador da célula de carga para as bandas de medição de extensão alimentadas com tensão exata assimétrica, tendo dois blocos básicos, um, a alimentação da ponte de bandas de medição e extensão e o outro, a amplificação do sinal de medição da ponte destas bandas de medição de extensão, com a particularidade de que a alimentação da ponte tem que estar no ajuste máximo

possível, uma vez que um desvio na alimentação do suporte implicaria um desvio na medição, sendo providenciado para este efeito um regulador de tensão preciso, com base num circuito TL431, que é um regulador de Zener preciso com um erro máximo de 0,5%, sendo além disso previsto que na entrada do circuito TL431 é colocado um Zener 5V6, com o objetivo de que a variação na alimentação seja mínima e o erro inferior a 0,5%.

De acordo com outras características da invenção, as bandas de medição de extensão são termocompensadoras para o material em que são montadas (alumínio), devido às quais, numa escala de 0 °C a 50 °C o sinal de saída térmico é praticamente zero.

DESCRIÇÃO DOS DESENHOS

Para complementar esta descrição e com o objetivo de ajudar a uma melhor compreensão das características da invenção, de acordo com um exemplo preferencial de uma incorporação prática da mesma, é anexado um conjunto de desenhos como uma parte integrante da referida descrição, nos quais, de uma forma ilustrativa e não restritiva, é apresentado o seguinte:

Figura 1.- Mostra uma representação esquemática de uma banda unidirecional de medição de extensão.

Figura 2.- Mostra uma banda bidirecional de medição de extensão, de acordo com uma representação similar à da figura precedente.

Figura 3.- Mostra por sua vez uma banda de medição de extensão tridirecional.

Figura 4.- Mostra o esquema que corresponde à montagem mais simples da ponte do dendrómetro, especificamente um conjunto de três fios em que somente participa uma banda de medição de extensão.

Figura 5.- Mostra a forma da ligação dos fios de um sensor com uma montagem de "ponte completa", numa face, com duas bandas de medição de extensão perpendiculares às

outras duas.

Figura 6.- Mostra uma representação similar à figura precedente mas correspondendo a um sensor de duas faces.

Figura 7.- Mostra uma representação da perspectiva do sensor que corresponde ao dendrómetro, que é o objeto da invenção.

Figura 8.- Mostra uma vista de cima da posição específica da montagem das bandas de medição de extensão sobre a placa de alumínio que faz parte do sensor mostrado na figura precedente.

Figura 9.- Mostra uma vista explodida do sensor, do suporte do sensor, que serve para fixar à planta correspondente e a interface ou o circuito eletrónico para ligação ao correspondente sistema de medição e logicamente em conexão com o sensor mostrado na mesma figura.

Figura 10. - Mostra uma montagem ou uma aplicação prática do conjunto representado na figura precedente, numa planta.

Figura 11.- Mostra, finalmente, o diagrama que corresponde ao circuito que forma a interface de conexão do sensor com o equipamento de medição correspondente.

INCORPORAÇÃO PREFERENCIAL DA INVENÇÃO

Como foi dito previamente, em materiais eletricamente condutores existe uma proporção entre o comprimento do condutor e a sua resistência elétrica, que é dada pela seguinte equação:

$$R = \rho \cdot \frac{l}{A}$$

Onde R é a resistência, ρ é a resistividade, l é o comprimento e A é a secção.

Consequentemente, ao deformar o condutor alterando o seu comprimento, desde que esta deformação permaneça dentro do domínio elástico e não seja introduzida nenhuma mudança na resistividade do condutor, a alteração da resistência

elétrica é uma função da deformação, de acordo com a relação:

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

Como se observa na figura 1, uma banda de medição de extensão é formada por uma malha (1) posicionada num suporte (2), uma malha que forma uma peça sensível à deformação e que tem que apresentar as seguintes características:

- Linearidade na sensibilidade à deformação no domínio elástico, o que implica exatidão e repetibilidade.
- Resistividade elevada a fim de que seja de tamanho pequeno.
- Sensibilidade à deformação elevada a fim de se obter o maior sinal possível a um dado nível de deformação.
- Coeficiente de resistência ajustável à temperatura, para compensação com ótima temperatura.
- Gama larga de temperaturas de funcionamento.
- Vida longa à fadiga, para o caso de fenómenos dinâmicos.

Diferentes ligas, como por exemplo as de cobre-níquel, crómio-molibdénio-ferro, níquel-crómio ou platina-tungsténio, apresentam estas características.

No que concerne à peça de suporte (2), deve oferecer as seguintes funções básicas:

- Suporte firme para a malha, terminais e cabos.
- Proporcionar uma superfície preparada para a ligação da banda na superfície de teste.
- Isolar eletricamente a banda de amostra.
- Transmitir fielmente à malha, através do adesivo, as deformações que surgem no material.
- Elevado Módulo de Rigidez, com espessura mínima, para assegurar uma perfeita transmissão das deformações.

- Resistência e flexibilidade, para reduzir a possibilidade de danos durante a instalação e permitir a sua utilização em áreas curvas.

- Elevada capacidade de alongamento, para a sua utilização em níveis de deformação dentro do domínio plástico da maioria dos materiais.

- Facilidade de aderência, de forma a ter uma resistência elevada para ser destacado do material de teste e assegurar a união com a malha.

- Resistência de isolamento inerente e elevada, para eliminar problemas e irregularidades nas medições.

- Boa estabilidade com deslizamento mínimo.

- Capaz de manter as características precedentes na maior gama de temperaturas possível.

Materiais que cumprem as características previamente delineadas são as poliamidas, simples ou laminadas e resinas do tipo epóxico ou fenólico.

As ligas utilizadas para a produção das bandas devem ter, como característica mais importante, sensibilidade à deformação. Existe uma relação entre a variação da resistência e a deformação aplicada, que é definida como o fator de banda (K).

O facto de a malha ser formada por fios finos implica que tem uma determinada sensibilidade de resposta às deformações transversais, especialmente nas áreas das voltas, onde há uma quantidade finita de fio orientada transversalmente relativamente aos eixos de medição da malha, como é visto na figura 1. Este efeito é menor nas bandas com malha de secção perpendicular, mas todavia são inerentemente afetadas, especialmente se for tido em consideração que cada fio da malha é suficientemente grande para refletir uma deformação transversal induzida pelo suporte. A natureza e a gama da consequente alteração da resistividade dependem das características particulares da liga sensível que é utilizada.

O facto da banda de medição de extensão ser uma resistência, implica que será afetada pelas variações da temperatura, o que obriga a que seja feita uma compensação para minimizar este efeito.

Obviamente a solução ideal é aquela em que a aparente distorção da temperatura é igual a zero, para o que foi já prevista a utilização de bandas autocompensadoras de temperatura.

As bandas podem ser unidireccionais, como as mostradas na figura 1, as quais permitem serem conhecidas as condições das deformações e / ou das tensões da estrutura a que estão ligadas, de acordo com o eixo longitudinal da banda, mas podendo igualmente ser bidireccionais, como as mostradas na figura 2, onde duas malhas (1) (1') são montadas no mesmo suporte (2), com as suas orientações num ângulo de 90° entre si, como é visualizado igualmente na figura 2 acima mencionada. Este tipo de banda é utilizado quando as direcções principais são conhecidas e o interesse é o de conhecer as deformações e / ou as tensões máximas e mínimas (principais) de uma estrutura sob carga, naturalmente no ponto de instalação da banda.

Existe também a possibilidade de utilizar bandas tridireccionais como as mostradas na figura 3, em que uma malha (1) é montada de forma intercalar nas malhas laterais (1'') no suporte (2), orientada a 45° ou a 60° em relação à primeira e com as suas orientações opostas entre si, uma banda aplicável em estruturas com simetrias pouco definidas ou sujeitas a cargas combinadas, onde é necessário conhecer a deformação em três direcções.

Na figura 4, uma das bandas previamente mencionadas, especificamente a banda de medição de extensão simples da figura 1, foi mostrada, referenciada universalmente (3), fazendo parte de uma ponte de Wheatstone como a primeira das suas resistências, combinada com as três resistências convencionais (4), (5) e (6), dando origem a uma montagem

de três fios que garante a simetria do circuito, alimentado por uma dada tensão de entrada aplicada nos nós (7), (7') e com uma tensão da saída entre os pontos (8) (8') que deve ser zero quando a ponte está equilibrada, adotando um valor positivo ou negativo de acordo com as deformações sofridas pela banda de medição de extensões (3).

Com este conjunto de três fios não somente a simetria do circuito é garantida, mas também, conseqüentemente, o efeito da resistência do cabo é eliminado, assim como o efeito que a alteração de temperatura tem na resistência dos cabos, sendo evitados também efeitos de "dessensibilização" do sinal. Isto é conseguido se todos os cabos forem do mesmo comprimento e, se possível, unidos ou torcidos, de forma a serem assim sujeitos às mesmas condições ambientais.

Neste tipo de montagem apenas existe um ramo ativo, devido ao qual a razão entre as tensões de entrada e de saída é $1/4$ do fator de banda (K) multiplicado pela deformação do material.

É também possível uma montagem de meia ponte, colocando duas bandas de medição de extensão (3) em ramos adjacentes ou opostas da ponte de Wheatstone mostrada na figura 4. Se as bandas (3) forem colocadas em ramos adjacentes, uma delas tem de trabalhar à tração e a outra à compressão, a fim de que se a resistência aumentar numa, diminui na outra. Outra possibilidade é que uma das duas apresente deformação zero, que devido ao seu posicionamento opera à mínima deformação ou para medir o efeito de Poisson.

A montagem de um ramo adjacente é uma montagem muito útil quando se pretende compensar a temperatura além, acima ou abaixo da gama de autocompensação das bandas. Desta forma, pode-se ter uma banda ligada na estrutura de teste para medir deformações mecânicas e as resultantes do sinal térmico das bandas. No ramo adjacente, uma outra banda, que

é denominada de compensação, é colocada ligada a esse mesmo material e sujeita às mesmas condições ambientais que a banda ativa, mas sem ser submetida a deformações mecânicas. Desta forma, subtraindo o sinal das duas bandas, subtrai-se somente a deformação devido aos efeitos mecânicos. Não obstante, é muito difícil manter uma simetria completa e conseguir que as duas bandas estejam exatamente à mesma temperatura e tenham a mesma resistência.

No caso de dois ramos ativos, ambos de acordo com a direção principal de deformação, o sinal de saída é $1/2$ do fator de banda (K) multiplicado pela deformação do material.

Finalmente, existe também a possibilidade de realizar uma montagem de ponte completa, um caso em que as bandas de medição de extensão (3) são utilizadas em todos os ramos da ponte, uma solução que permite que seja obtida uma maior sensibilidade no sistema de medição. Logicamente, quando são utilizadas quatro bandas de medição de extensão orientadas de acordo com a direção principal, isto é, quando todos os ramos estão ativos, a razão entre as tensões de entrada e de saída é igual ao produto do fator de banda (K) pela deformação do material.

Neste caso o sinal é multiplicado por quatro no que diz respeito à montagem de um quarto de ponte, além da compensação automática com a temperatura e da eliminação de sinais indesejáveis, isto é, ruído.

Além disso, existe a possibilidade de obter outros números de ramos ativos, não todos, especificamente com valores 1,3 e 2,6, dependendo de como as bandas estão dispostas na ponte, sendo possível obter diferentes sinais de saída substituindo este valor do número de bandas na equação de saída correspondente.

A vantagem principal da ponte completa é que todos os fios, desde o ponto de medição à instrumentação, incluindo os conectores, ligadores e, se estiverem em utilização,

anéis de escovas, estão fora do circuito de medição, pelo que os erros que possam introduzir no sistema são mínimos.

De acordo com o que tem vindo a ser exposto anteriormente, na solução de montagem de um quarto de ponte, a utilização de bandas autocompensadoras é essencial para obter uma medição sem alterações devido aos efeitos da temperatura, ou com alterações tabeladas, visto que nos casos da meia ponte e da ponte completa a compensação da temperatura pode ser automaticamente conseguida, na ausência de bandas de autocompensation.

Nas figuras 5 e 6 são apresentadas duas soluções para a montagem das bandas de medição de extensão no dendrómetro da invenção.

No caso da figura 5, na montagem (9), numa face é executada uma montagem de ponte completa, com duas malhas (1) de acordo com a direção principal da deformação máxima, e outras duas malhas (1') de acordo com a direção principal da deformação mínima, que é perpendicular à precedente. Com um suporte de poliamida e as malhas não encapsuladas, são obtidos um número de ramos ativos de 2,6.

Esta banda é instalada somente na face superior do sensor, deixando a face inferior livre.

Na figura 6 é mostrado o segundo tipo de sensor, de dois lados, de modo que são colocadas duas bandas de cada lado, sendo as quatro malhas (1) (duas para cada lado) orientadas de acordo com a deformação principal, com o que se obtém um número de quatro ramos ativos. Também neste caso são utilizados um suporte de poliamida e uma malha não encapsulada, com uma resistência nominal de 350 ohms e autocompensation para o alumínio. Cada banda tem duas malhas paralelas que, ligadas com fios uma à outra e com a banda colocada no outro lado, conseguem uma ponte completa.

A montagem (9) que forma as bandas de medição de extensão é colocada numa área específica de uma folha de alumínio (10), de configuração retangular e preferivelmente

de um comprimento de 60 mm e de uma largura de 10 mm, a qual numa das suas extremidades tem uma secção de curvatura dupla com abas laterais convergentes, o que resulta em que a partir da primeira dobra, a parte emergente se torne mais estreita até terminar numa extremidade angular e arredondada (11) que vai definir os meios de contacto na planta correspondente na qual o dendrómetro será aplicado, tendo sido previsto que esta folha de alumínio (10), suporte das bandas de medição de extensão referidas anteriormente, é posicionada no seu extremo oposto num entalhe (12) providenciado numa direção diametral, perto de uma das extremidades de um corpo cilíndrico (13), de acordo com o que é visualizado na figura 7.

A montagem referida constitui um sensor conectado a uma interface eletrónica (14) que define um circuito cujas características serão expostas mais tarde e que é ligado ao sistema ou ao equipamento de medição correspondente.

O sensor é montado num suporte ou num porta-sensor (15), que tem uma peça, correspondente à referência (15), como uma braçadeira com uma depressão cilíndrica na qual o cilindro do sensor (13) é posicionado, um número de hastes (16) a atuar como pés, que são passados através da peça que forma esse suporte do sensor (15) e que termina numa outra peça (17) com elementos de aperto para os fixar, ajudada por elementos de ancoragem apropriados, na planta (18) em que o dendrómetro é aplicado, como é mostrado na figura 10.

O suporte do sensor (15) será fabricado em alumínio, enquanto que as hastes que correspondem aos seus pés (16) serão fabricadas num outro material com coeficiente de expansão zero para permitir que seja medida a variação constante da planta (18) em micrómetros.

Na figura 11, é mostrada a interface da componente eletrónica, formada pelo circuito de ajustamento do sinal do conjunto do dendrómetro, um circuito que foi concebido como um amplificador da célula de carga para as bandas de

medição de extensão alimentadas com tensão assimétrica de precisão, incluindo um bloco de alimentação da ponte de bandas de medição de extensão (19) e um bloco de amplificação do sinal da medição da ponte das bandas de medição de extensão (20), com a particularidade de que o bloco de alimentação (19) tem um regulador de tensão baseado no circuito TL431 (21), que é um regulador de Zener de precisão com um erro máximo de 0,5%, tendo na entrada deste bloco ou circuito (21) um Zener 5V6 (22), de forma a que a variação da alimentação seja mínima e o erro inferior a 0,5%, centrando-se a alimentação referida em $4,7 VCC + 0,5\%$.

A amplificação do sinal, cujo diagrama esquemático corresponde ao bloco (20), inclui basicamente um OPA2277/SA operacional (23) de baixo custo e elevado desempenho, operando como um amplificador diferencial com um ganho estabelecido, configurado de acordo com a resolução exigida pela aplicação, tudo isto de maneira a que o ganho do circuito será a amplificação pela qual o sinal diferencial recebido das bandas de medição de extensão é multiplicado, sendo este sinal proporcional ao seu alongamento e o ganho selecionado com base na resolução do leitor e da exatidão requerida.

Logicamente, no momento em que são estabelecidos um ganho e uma tensão de alimentação para a ponte das bandas de medição de extensão, será possível definir a inter-relação entre a tensão de saída do circuito e a distância que o sensor se moveu, de modo que a exatidão que será obtida da medição final vai depender da resolução do instrumento de leitura, do ganho do circuito e da qualidade do conjunto.

REFERÊNCIAS CITADAS NA DESCRIÇÃO

Esta lista de referências citadas pelo autor do presente pedido de patente foi elaborada apenas para informação do leitor. Não é parte integrante do documento de patente Europeia. Não obstante o cuidado na sua elaboração, o IEP não assume qualquer responsabilidade por eventuais erros ou omissões.

Documentos de patente citados na descrição

- US 4549355 A [0009]

Lisboa 06/03/2012

REIVINDICAÇÕES

1. Dendrômetro de precisão, do tipo baseado na utilização de bandas de medição de extensão como resistências num circuito do tipo ponte de Wheatstone, consistindo o referido dendrômetro num suporte do sensor que serve como uma peça para fixar o dendrômetro a uma planta, a interface eletrónica que conecta ao equipamento coletor de dados e um sensor; **caracterizado pelo facto de que** o referido sensor é formado por um corpo cilíndrico (13) de alumínio, ao qual é fixa uma extremidade de uma folha de alumínio (10) onde as bandas de medição de extensão estão montadas; a outra extremidade da folha de alumínio (10) está em contacto com a planta (18), determinando, por meio da pressão exercida por esta última, as suas variações dimensionais, devido à deformação da folha de alumínio (10) e, com ela, a deformação da montagem das bandas de medição de extensão (9).

2. O dendrômetro de precisão, de acordo com a reivindicação precedente, **caracterizado pelo facto de que** a extremidade da folha de alumínio (10) em contacto com a planta tem uma secção de dupla curvatura com abas laterais convergentes.

3. O dendrômetro de precisão, de acordo com a reivindicação 1, **caracterizado pelo facto de que** o suporte do sensor (15) tem uma peça com uma cavidade cilíndrica onde o corpo cilíndrico (13) do sensor é alojado e fixado, um número de hastes (16) que atuam como pés que estão a ser conectados com a referida peça do suporte do sensor (15), aos quais é ligada uma peça (17) para ajustar e fixar à planta (8) em que o dendrômetro é instalado.

4. Dendrómetro de precisão, de acordo com a reivindicação 3, **caraterizado pelo facto de que** as hastes (16) são fabricadas em material com coeficiente de expansão zero, para permitir que a variação constante da planta (18) seja medida.

Lisboa 06/03/2012

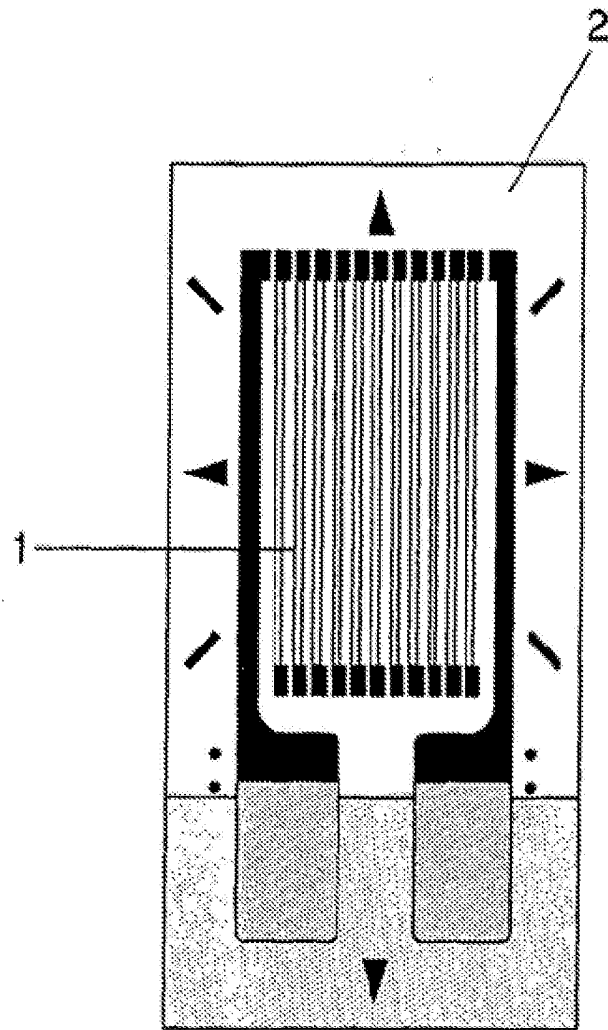


FIG.1

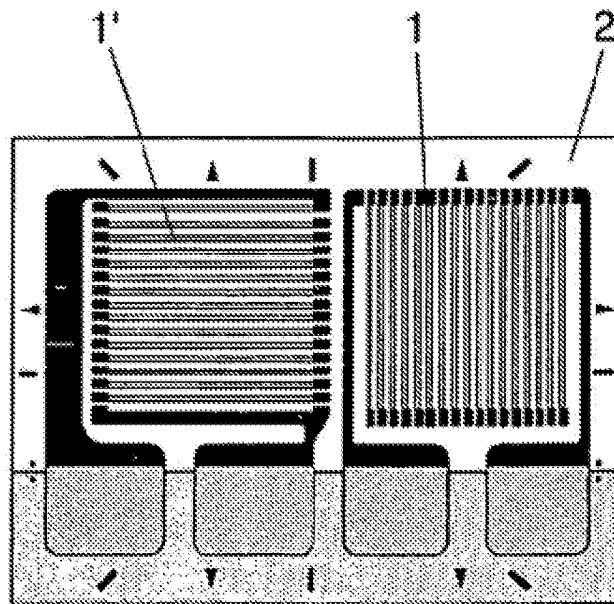


FIG. 2

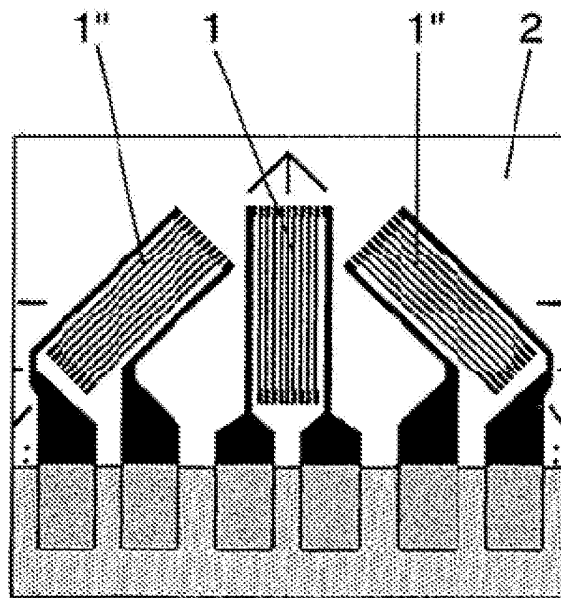


FIG. 3

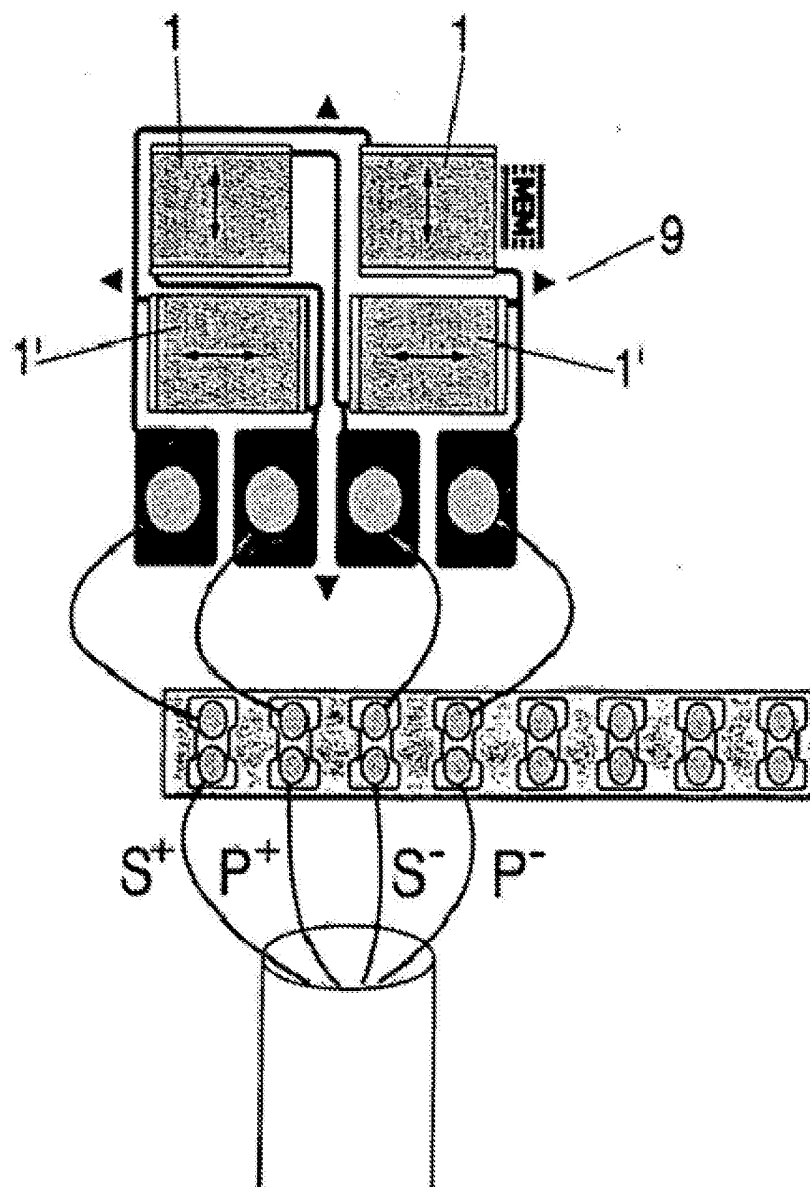


FIG.5

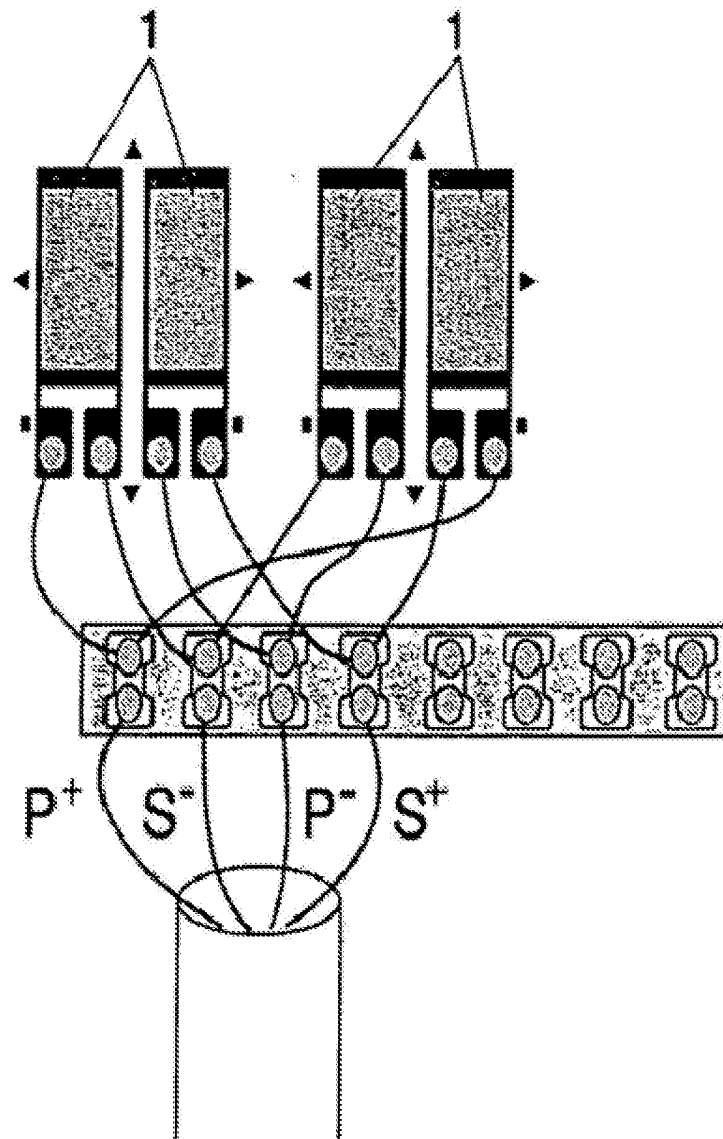


FIG.6

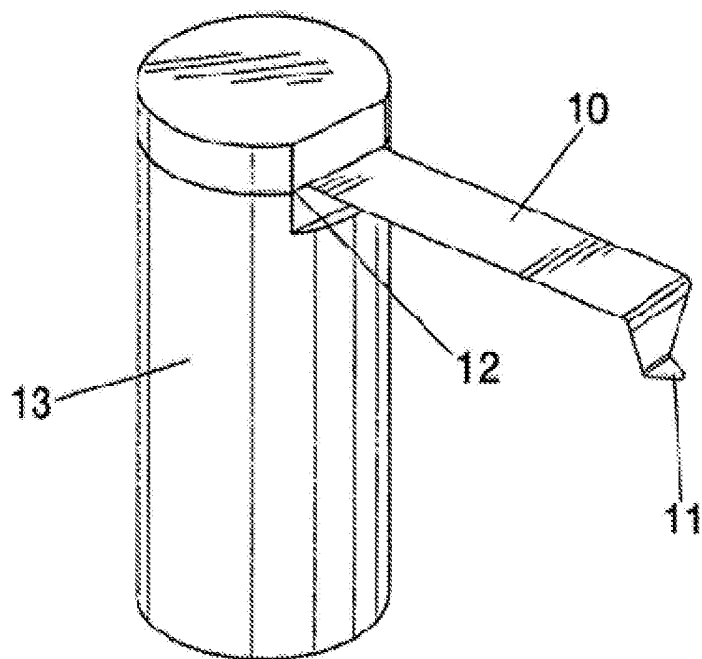


FIG. 7

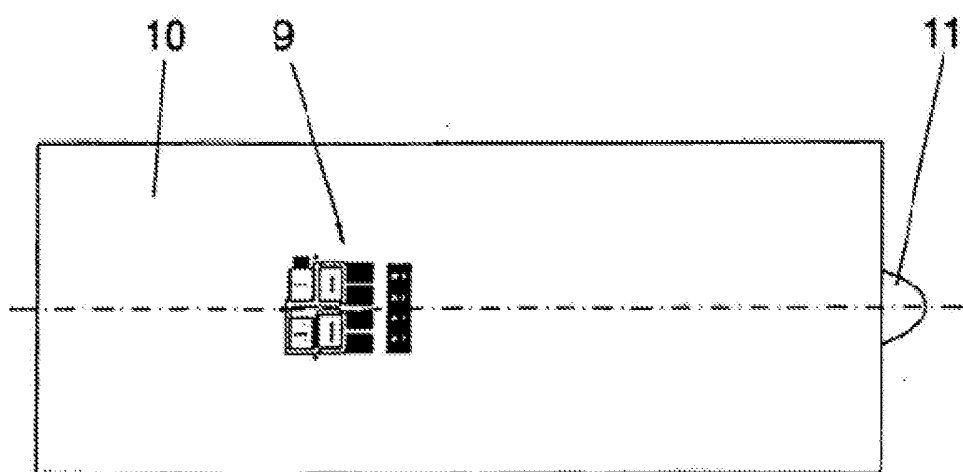


FIG. 8

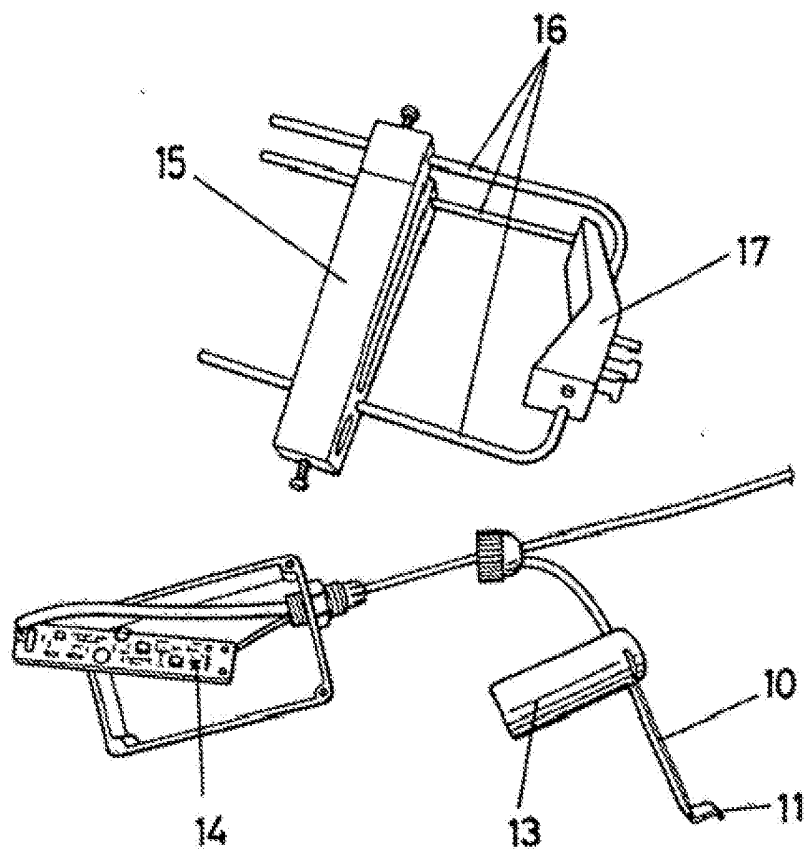


FIG.9

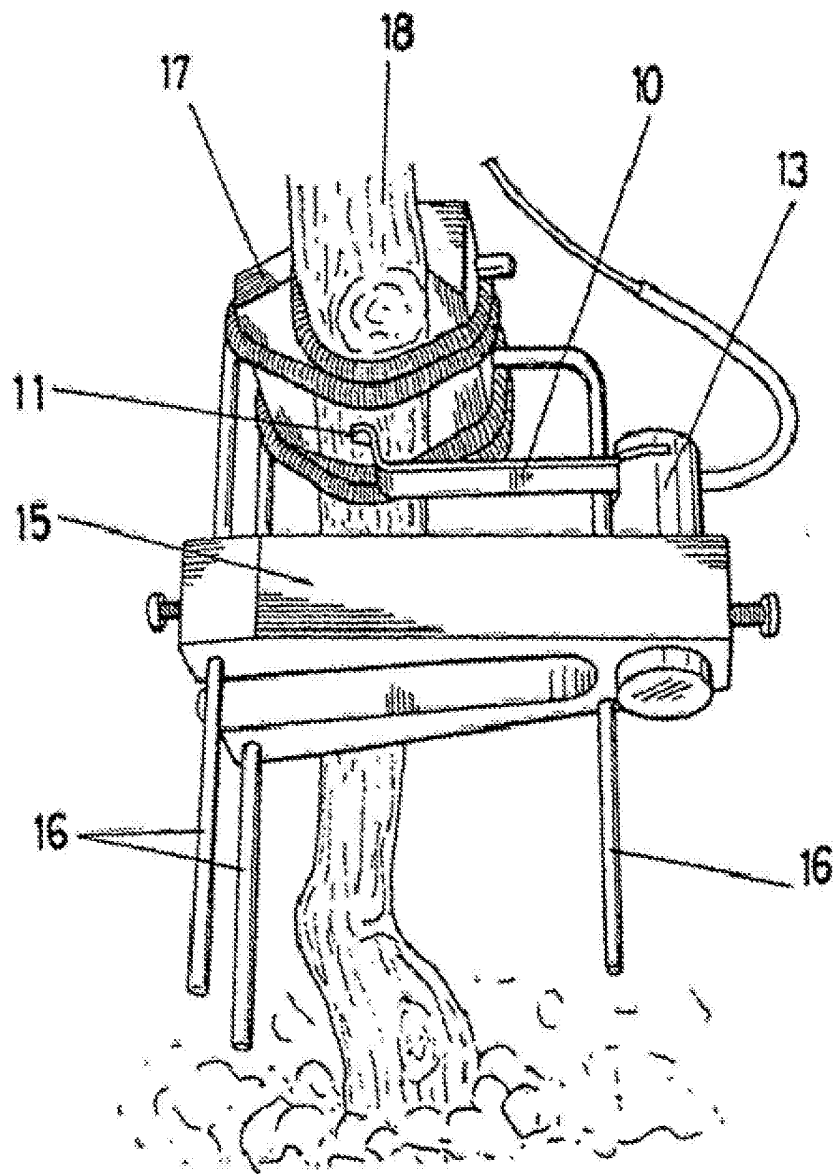


FIG.10

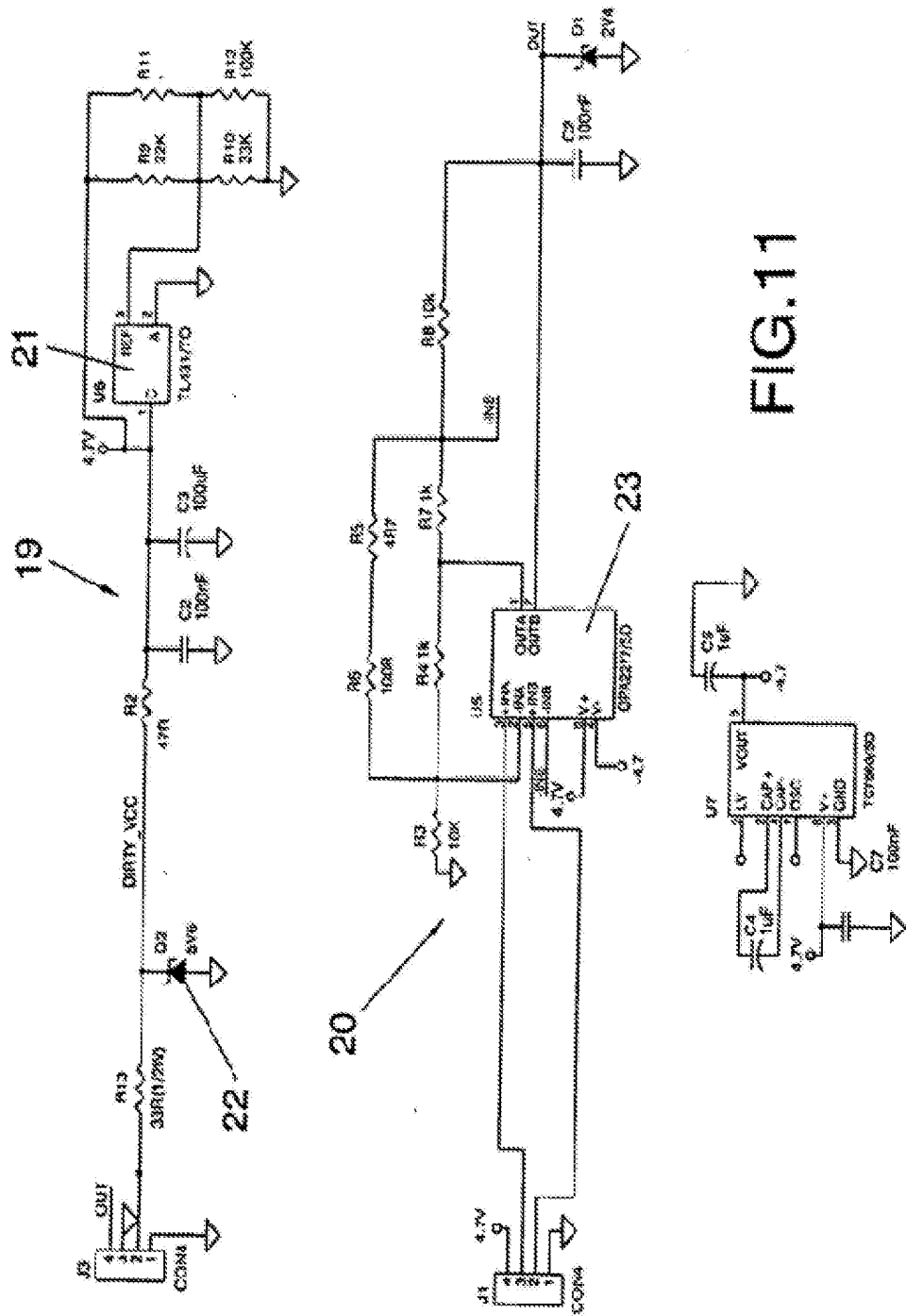


FIG.11