



República Federativa do Brasil
Ministério do Desenvolvimento, Indústria
e do Comércio Exterior
Instituto Nacional da Propriedade Industrial.

(21) **PI 0713515-7 A2**



(22) Data de Depósito: 29/06/2007
(43) Data da Publicação: 07/02/2012
(RPI 2144)

(51) *Int.Cl.:*
G01N 22/04

(54) **Título:** DISPOSITIVO PARA MEDIÇÃO DE UMIDADE EM SUBSTRATO E SAÚDE CAPILAR

(30) **Prioridade Unionista:** 30/06/2006 US 818,173

(73) **Titular(es):** The Procter & Gamble Company

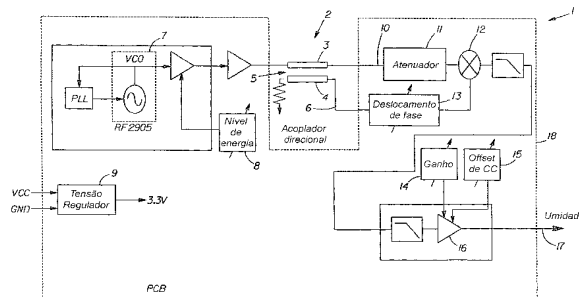
(72) **Inventor(es):** David Burton Moore, Faiz Feisal Sherman, Vladimir Gartstein

(74) **Procurador(es):** Trench Rossi e Watanabe Advogados

(86) **Pedido Internacional:** PCT US2007015157 de 29/06/2007

(87) **Publicação Internacional:** WO 2008/005346 de 10/01/2008

(57) **Resumo:** DISPOSITIVO PARA MEDIÇÃO DE UMIDADE EM SUBSTRATO E SAÚDE CAPILAR. CAMPO DA INVENÇÃO. A presente invenção refere-se de modo geral a sensores de medição e, mais especificamente, a um sensor para medição de uma propriedade de um substrato, como o teor de umidade interno e externo de sistemas biológicos, como o cabelo. ANTECEDENTES DA INVENÇÃO. Muitos substratos são hidrocópicos e permeáveis, o que significa que eles absorvem água do meio ambiente. Por exemplo, sob condições normais, a água representa cerca de 12% até cerca de 15% da composição do cabelo. Os cabelos normais podem também absorver mais de 30% de seu próprio peso em água. Se o cabelo estiver danificado, ele tem menor habilidade de reter água dentro de suas fibras, o que dá ao cabelo a sua aparência saudável. É importante, portanto, poder-se medir exatamente a umidade do cabelo para se determinar a saúde geral do cabelo ou o ponto de umidade no cabelo que oferece melhores condições para penteados. No passado, foram desenvolvidos dispositivos sensores de umidade para determinar o teor de umidade nos substratos, e os mesmos tinham por base diversas técnicas, inclusive medições de resistência e capacitância, para se obter a indicação desejada. No entanto, esses métodos só funcionam bem para uma quantidade em seção transversal e



DISPOSITIVO PARA MEDIÇÃO DE UMIDADE

EM SUBSTRATO E SAÚDE CAPILAR

CAMPO DA INVENÇÃO

5 A presente invenção refere-se de modo geral a sensores de medição e, mais especificamente, a um sensor para medição de uma propriedade de um substrato, como o teor de umidade interno e externo de sistemas biológicos, como o cabelo.

ANTECEDENTES DA INVENÇÃO

10 Muitos substratos são hidroscópicos e permeáveis, o que significa que eles absorvem água do meio ambiente. Por exemplo, sob condições normais, a água representa cerca de 12% até cerca de 15% da composição do cabelo. Os cabelos
15 normais podem também absorver mais de 30% de seu próprio peso em água. Se o cabelo estiver danificado, ele tem menor habilidade de reter água dentro de suas fibras, o que dá ao cabelo a sua aparência saudável. É importante, portanto, poder-se medir exatamente a umidade do cabelo para se
20 determinar a saúde geral do cabelo ou o ponto de umidade no cabelo que oferece melhores condições para penteados.

No passado, foram desenvolvidos dispositivos sensores de umidade para determinar o teor de umidade nos substratos, e os mesmos tinham por base diversas técnicas,
25 inclusive medições de resistência e capacitância, para se obter a indicação desejada. No entanto, esses métodos só funcionam bem para uma quantidade em seção transversal e

uma densidade conhecidas do substrato a ser medido. Como a densidade ou a compacidade do substrato varia, estas técnicas de medição apresentam falhas. Adicionalmente, estas técnicas baseiam-se principalmente no teor de umidade fora da fibra do substrato para a medição, e não têm a capacidade para medir com precisão o teor de umidade também no interior das fibras de substrato.

Outras desvantagens dos dispositivos anteriores são que os componentes de sensor e circuito não são coplanares. Os dispositivos anteriores incorporaram um cabo coaxial para a interconexão de componentes de sensor e de circuito. Em particular, isto apresenta dificuldade na embalagem do sistema em um invólucro de mão. Por sua vez, isto também resulta em elevação dos custos de embalagem e sensibilidade mais baixa.

Desta forma, existe uma necessidade de um dispositivo de detecção integrado com sensibilidade aumentada e com a capacidade de determinar, com precisão e confiabilidade, o teor de umidade de um substrato, como cabelo, incluindo umidade da parte interior e exterior da fibra do cabelo.

SUMÁRIO DA INVENÇÃO

A presente invenção resolve as desvantagens e falhas anteriormente mencionadas dos sensores de umidade e os métodos para determinar o conteúdo de umidade conhecidos até o momento. Embora a invenção seja descrita em conexão com certas modalidades, deve-se entender que a invenção não se limita a estas modalidades. Ao contrário, a invenção

inclui todas as alternativas, modificações e equivalentes que podem ser incluídas e estão dentro do espírito e escopo da presente invenção.

Uma das modalidades compreende um sensor para a
5 medição do teor de umidade de um substrato, que compreende:

um guia de onda coplanar;

um acoplador direcional que tem um par de primeira e segunda tiras geralmente paralelas definindo um vão de acoplamento entre as mesmas; e

10 um gerador de sinal de alta frequência que está eletricamente acoplado à dita primeira tira e é operável para fornecer energia à dita segunda tira com o substrato colocado no dito vão de acoplamento para assim gerar, na dita segunda tira, um sinal de energia acoplado cuja
15 amplitude está relacionada ao teor de umidade do substrato.

Outra modalidade da presente invenção compreende um sensor para a medição do teor de umidade de um substrato, que compreende:

um acoplador direcional que tem um par de
20 primeira e segunda tiras geralmente paralelas definindo um vão de acoplamento entre as mesmas; e

um gerador de sinal de alta frequência, eletricamente acoplado à dita primeira tira e operável para fornecer energia à dita segunda tira com o cabelo colocado
25 no dito vão de acoplamento para assim gerar, na dita segunda tira, um sinal de energia acoplado que tem uma amplitude relacionada à saúde do cabelo, sendo que a dita segunda tira compreende um detector AC/CC operável para

gerar um sinal de saída de tensão cujo valor está relacionado ao teor de umidade do substrato.

BREVE DESCRIÇÃO DOS DESENHOS

Os desenhos em anexo, incorporados a este relatório descritivo e parte desta especificação, ilustram as modalidades da invenção e, em conjunto com uma descrição geral da invenção apresentada acima e com a descrição detalhada apresentada abaixo, servem para explicar os princípios da invenção.

10 A figura 1 é um diagrama de blocos funcionais de um sensor acoplador direcional de acordo com os princípios da presente invenção;

A figura 2A inclui as figuras 2A-1, 2A-2, e 2A-3, e é uma representação de circuito de um sensor acoplador direcional de acordo com os princípios da presente invenção;

A figura 2B é uma representação de circuito de um acoplador direcional para uso no sensor da figura 1, de acordo com uma modalidade da presente invenção;

20 A figura 2C inclui as figuras 2C-1 e 2C-2, e é uma representação de circuito de um detector de teor de umidade para usar no sensor da figura 1 de acordo com uma modalidade da presente invenção;

A figura 2D é uma representação da camada superior da placa de circuito impresso (PCI);

25 A figura 2E é uma representação de circuito da camada do meio da placa de circuito impresso (plano de terra);

A figura 2F é uma representação de circuito da camada do fundo da placa de circuito impresso;

A figura 2G é uma representação dos blocos da configuração do sensor acoplador direcional;

5 A figura 3A é uma vista plana superior do sensor 1 integrado à placa de circuito impresso;

A figura 3B é uma vista da seção transversal da figura 3A;

10 A figura 4A é uma vista em perspectiva de um sistema de sensor acoplador direcional de acordo com uma modalidade da presente invenção;

15 A figura 4B é uma vista ampliada em elevação frontal de um dispositivo para prender o cabelo para uso no sistema sensor da figura 4A, que ilustra o dispositivo de prensa em uma posição aberta para receber o cabelo no dispositivo,

A figura 4C é uma vista semelhante à figura 4B, que ilustra o dispositivo de prensa em uma posição fechada para prender o cabelo no dispositivo.

20

DESCRIÇÃO DETALHADA

Embora o relatório descritivo termine com reivindicações que particularmente apontem e distintamente reivindiquem a invenção, acredita-se que a mesma será melhor compreendida a partir da descrição a seguir.

25

O presente sistema para medição de umidade em e sobre um substrato compreende um sensor de medição de umidade o qual está conectado ao circuito através de um guia de onda coplanar. Cada um destes componentes essenciais, bem

como os componentes preferenciais ou opcionais, são descritos em detalhe mais adiante neste documento.

Agora com referência às figuras e às figuras 1, 2A a 2F e 3 em particular, um sensor acoplador direcional 1 é mostrado de acordo com os princípios da presente invenção. Por uma questão de simplicidade, o sensor 1 será aqui descrito em conexão com a medição do teor de umidade do cabelo. No entanto, será apreciado pelos versados na técnica que a presente invenção tem uso em uma ampla variedade de aplicações e não está, portanto, limitada à análise de cabelo ou à medição do teor de umidade em um substrato. Mais exatamente, o sensor 1 da presente invenção é facilmente adaptável para analisar uma ampla variedade de substratos e para medir diferentes propriedades relacionadas à umidade daqueles substratos, conforme será apreciado prontamente por aqueles versados na técnica. Alguns exemplos não-limitadores de substratos adequados para uso com o sensor da presente invenção incluem cabelo, pele, madeira, fibras sintéticas e não-sintéticas, fibras misturadas, superfícies poliméricas e materiais similares.

Por exemplo, na medição do teor de umidade de um substrato, o sensor 1 da presente invenção opera sob o princípio de que conforme aumenta o teor de umidade de um substrato, também aumenta seu sinal de acoplamento relativo efetivo. Conforme será descrito com mais detalhes abaixo, o sensor 1 é projetado para medir o sinal de acoplamento relativo induzido por um substrato, e desta medição do sinal acoplado, o teor de umidade do substrato pode ser

determinado. O valor do teor de umidade pode ser apresentado em um mostrador visual, indicado através de um tom audível, perceptível para o usuário, e/ou usado como um sinal de controle para controlar uma função de um dispositivo. Com
5 mais preferência, o indicador é uma ou mais luzes LED.

Conforme mostrado nas figuras 1, 2A a 2F e 3A, o sensor 1 incorpora um acoplador direcional de alta frequência 2 que tem um par de tiras geralmente paralelas 3 e 4 que define um vão de acoplamento 5 entre as mesmas. O termo "par,"
10 para uso na presente invenção, significa posicionar dois componentes de circuito elétrico suficientemente juntos para permitir uma troca de energia eletromagnética de um para o outro. Em uma modalidade, as tiras paralelas 3, 4 são apoiadas em uma FR4 placa de circuito impresso (PCI) FR-4 18
15 (figuras 2D - 3A) que tem um plano de terra 19 posicionado na superfície mais baixa da placa. 18. Em uma modalidade, a altura "h" da placa de circuito impresso 18 é 1,6 mm (0.062 polegada.), cada tira 3, 4 tem uma largura "w" de 4,3 mm (0.17 polegada.) e um comprimento "l" de 8,9 mm (0,350 polegada.), e
20 o vão de acoplamento 5 tem uma distância de vão "s" de 0,5 mm (0,020 polegada.) Será certamente apreciado pelos versados na técnica, o fato de que outras dimensões da placa de circuito impresso 18, tiras 3, 4 e vão 5 são também possíveis, dependendo da aplicação particular, conforme será descrito em
25 detalhe abaixo. Adicionalmente, o plano de terra 19 tem que estar sempre na parte inferior da placa de circuito impresso mas pode também estar no meio, como mostrado na figura 2E.

Um gerador de sinal de alta frequência 7 está eletricamente acoplado à tira 3 e é operável para gerar um campo eletromagnético através do vão de acoplamento 5 que fornece energia à tira 4 com o substrato colocado no vão de acoplamento, geralmente perpendicular ao eixo longitudinal do vão de acoplamento 5, em uma configuração física conforme será descrito abaixo com mais detalhes. A tira 4 pode também compreender um detector de CA ou CC (não ilustrado) operável para gerar um sinal de tensão de saída cujo valor está relacionado ao teor de umidade do substrato. A presença do detector de CC ou CC retira a necessidade de um componente misturador 12. O gerador de sinal 7 gera um sinal de energia acoplado à tira acoplada 3 que tem uma amplitude relacionada ao teor de umidade do substrato colocado no vão de acoplamento. 5. O gerador de sinal 7 é travado por fases para manter a frequência e a precisão da medição, a estabilidade, a repetibilidade e a ajustabilidade da energia. O gerador de sinal 7 é, de preferência, operável para gerar sinais nas faixas de frequência de VHF a UHF, isto é, entre cerca de 30 MHz e cerca de 3 GHz, embora outras faixas de frequência também sejam possíveis. De acordo com uma modalidade, o gerador de sinal 7 pode operar a cerca de 1 GHz, como a cerca de 915 MHz, uma vez que se considera que o conteúdo de água de um substrato pode ser determinado com mais precisão pela medição de sua impedância na faixa próxima de GHz.

De acordo com uma certa modalidade, o sensor 1 utiliza a variação de acoplamento de energia inversa do acoplador direcional de alta frequência 2 (fig 2B) para

medição da mudança de impedância do material colocado no vão de acoplamento. 5. Como o substrato é compactado no vão de acoplamento 5, o acoplador direcional 2 se torna desalinhado, e este desalinhamento causa um aumento monotônico no acoplamento de energia inversa do acoplador direcional 2, uma vez que a impedância na lacuna 5 é aumentada como resultado do maior teor de umidade do material. A amplitude da energia inversa no braço de energia inversa 6 (figuras 1 e 2B) da tira 4 é geralmente uma medição direta da impedância e, portanto, do teor de umidade do substrato colocado no vão de acoplamento. 5. Conforme será descrito em detalhes abaixo, o teor de umidade do substrato, isto é, seu teor de água, em peso, pode ser determinado a partir da impedância medida da amostra.

15 Fazendo referência adicional à figura 1, 2A a 2F, o sinal de energia direto da tira 3 está eletricamente acoplado a uma porta de um misturador 12 (um exemplo do qual pode ser um MBA-10VL-1 mostrado na figura 2A) através de um braço de energia 10 (figuras. 1 e 2B) e, 20 opcionalmente, um atenuador 11. Por exemplo, o sinal de energia direto pode opcionalmente ser atenuado até cerca de -10 dBm pelo atenuador 11. Entretanto, o atenuador 11 não é essencial devido ao fato de o guia de onda coplanar (discutido abaixo) fornecer excelente controle de offset de 25 CC e conseqüentemente elevar a faixa dinâmica. A fase do sinal de energia acoplado da tira 4 é deslocada por um deslocador de fases 13 e o sinal é acoplado eletricamente a outra porta do misturador 12 através do braço de energia

inversa 6. A mudança de fase é possibilitada através de um guia de onda coplanar. Para uso na presente invenção, "coplanar" significa que o guia de onda está integrado à placa de circuito impresso principal 18 do dispositivo e sem a utilização de conexões de cabos coaxiais (isto é, 5 figuras 2D a 2F). O misturador 12 pode agir como um receptor coerente, pelo fato de ser mais responsivo a sinais acoplados em fase com o sinal de energia direto. O deslocador de fases 13 assegura a coerência da fase 10 adequada do sinal de energia inverso em relação ao sinal de energia direto para o misturador 12 produzir a máxima saída do misturador discernível. Com a energia direta do misturador ajustada no nível adequado através da energia ajustável 8, a saída do misturador 12 aumenta 15 monotonicamente com um aumento da energia inversa aplicada que é causada pelo aumento do teor de umidade no substrato. O misturador 12 demodula ou reduz para banda básica de CC o valor da energia aplicada através do acoplador direcional 2. O CC de saída do misturador 12 é filtrado e amplificado 20 por meio do amplificador 16 para produzir uma tensão de saída mensurável que é relacionada ao teor de umidade 17 do substrato colocado no vão 5. O amplificador 16 inclui um ganho ajustável 14 e um offset de CC ajustável 15.

Em uma modalidade, a interconexão circuito sensor, 25 é feita por um guia de onda coplanar de 50 Ohms. O traço do guia de onda 29 está representado na figura 2D. O desenho coplanar fornece um controle de correção de fase ideal com uma perda mínima de sinal do sensor. O sistema é tipicamente

alimentado por uma fonte de alimentação regulada 3.3 V. O regulador de voltagem 9 regula a fonte de alimentação do circuito integrado. As figuras 1 e 2A mostram os blocos e os diagramas esquemáticos, respectivamente, de uma modalidade do desenho da placa de circuito impresso. O gerador de sinais de RF 7 propaga um sinal para o sensor usando um circuito de laço de bloqueio de fase (PLL). O bloco do laço de bloqueio de fase (PLL) trabalha com um oscilador controlado por tensão externa (VCO) com o qual está eletricamente acoplado. O versado na arte deve estar familiarizado com tais geradores de sinais. O laço de bloqueio de fase (PLL) pode ser programado digitalmente. E portanto, sua frequência e nível de alimentação podem ser ajustados pelo programa. Uma vez que a saída máxima de energia do circuito integrado é insuficiente, um amplificador de transistor único 16 é usado para amplificar o sinal ainda mais. Entretanto, o amplificador comunica-se com o PLL (laço de bloqueio de fase) via um protocolo I2C. Conseqüentemente, em uma modalidade, uma microcontroladora é usada para comunicação com o PLL (laço de bloqueio de fase) usando lógica I2C. Uma linguagem C de alto nível é usada para escrever a função total do sistema. O programa C é depois convertido em código de máquina para a microcontroladora usando um compilador HT-PIC e uma ferramenta MPLAB para baixar o código da máquina para a microcontroladora. O circuito PLL (laço de bloqueio de fase) usado pode ser visto na figura 2A. A energia do sinal de RF gerado a partir do VCO tem cerca de -4 dBm. Assim, o sinal é amplificado para alimentar uma intensidade de sinal 0 dBm no

sensor. Um único amplificador RF de transistor 16 é usado para amplificar o sinal para 0 dBm. As microtiras acopladas 3, 4 são usadas pelo sensor para detectar a umidade presente no objeto a ser testado. O sinal é alimentado à entrada RF do misturador e o sinal de referência é alimentado à porta LO do circuito misturador 12 (MBA-10VL). O princípio superheteródino é usado para acentuar a imunidade ao ruído do sistema; a equação de princípio que governa o princípio de super heteródino é explicada pelas equações (1) - (3) abaixo.

10

$$V_0 = A_1 \cos(\omega_1 t) \cdot A_2 \cos(\omega_2 t) \quad \text{---- (1)}$$

$$V_0 = \frac{A_1 A_2}{2} [\cos(\omega_1 - \omega_2)t + \cos(\omega_1 + \omega_2)t] \quad \text{---- (2)}$$

15

Depois de passar através do filtro passa-baixo, a tensão final de saída torna-se,

$$V_0 = \frac{A_1 A_2}{2} \quad \text{---- (3)}$$

20

A equação (3) é válida, se a frequência do sinal de saída no oscilador local (LO) e a saída de frequência de rádio (RF) forem iguais.

O misturador 12 é um detector de polaridade negativa (isto é, para uma diferença de fase zero entre as entradas, a tensão de saída é negativa). As entradas de diferenças de fase zero são usadas para obter a saída máxima permissível do misturador. 12. O componente de alta

25

freqüência do misturador 12 é filtrado e a saída de CC é alimentada em um circuito de amplificação baseado em um amplificador operacional 16. A amplificação do circuito é mantida a cerca de um ganho de 200. Um circuito nulo de offset positivo é usado para eliminar qualquer possível offset na saída do misturador 12.

DESIGN DO LAYOUT DA PLACA DE CIRCUITO IMPRESSO (PCI)

A camada superior da placa de circuito impresso, figura 2D, é usada para a colocação dos componentes. As camadas superior e inferior são usadas para roteamento de sinais. A camada do meio, figura 2E é usada especificamente para ligação à terra e é colocada a 5 mm abaixo da camada superior. Este espaçamento é muito importante para que 50 Ohm sejam correspondentes com a dimensão do co-planeador do guia de onda.

DESIGN DE SENSOR E DE GUIA DE ONDA

O design de sensor e de guia de onda é fundamental devido ao fato deste design determinar o desempenho do sistema inteiro. Um design aprimorado de sensor e correspondência de fase proporcionam uma melhor sensibilidade e um design de guia de onda correspondente a 50 Ohm fornece uma menor perda de sinal.

As figuras 2D, 2F, e 3 mostram uma modalidade do design do sensor e do guia de onda. A sensibilidade do sensor aumenta com o aumento do espaço entre as tiras 3, 4 entretanto, desta maneira, o nível de acoplamento do sinal diminui muito abaixo de -50 dBm. A um sinal tão baixo, a razão entre sinal e ruído se reduz drasticamente. Assim, em

uma modalidade, o espaçamento do sensor está fixo a 0,5 mm (.020 polegada) com uma boa razão sinal:ruído (SNR). A sensibilidade também aumenta com a diminuição da constante dielétrica do material da placa. Tipicamente, as placas Rogers são mais sensíveis do que placas do tipo FR4. Ambas as placas FR4 e Rogers estão prontamente disponíveis junto à Rogers Corporation.

Para o design de guia de onda em um material de placa de circuito impresso (PCI) FR4 (3 placa de camadas com espaçamento de 5 mm entre as camadas superior e do meio), a razão w/d é igual a 1.8.

"w" é a largura do traço e "d" é a distância entre o traço e o plano de terra. Em uma modalidade preferencial, os comprimentos e a largura do traço 29 são projetados para dar uma impedância de entrada do misturador de 50Ω. Esta correspondência 50Ω é muito importante para a transmissão de sinal sem perdas. Os cálculos para se determinar a largura e comprimento das linhas microtiras são feitos usando-se as equações generalizadas (50) - (8) abaixo mencionadas:

Para $w/d \leq 2$:

$$\frac{w}{d} = \frac{8e^4}{e^{2A} - 2} \quad \text{---- (5)}$$

Em que

"w" é a largura da microtira, e "d" é a distância entre a microtira e o plano de terra.

$$A = 2\pi \frac{Z_0}{Z_f} \sqrt{\frac{\epsilon_r + 1}{2}} + \frac{\epsilon_r - 1}{\epsilon_r + 1} \left(0.23 + \frac{0.11}{\epsilon_r}\right) \quad \text{--- (6)}$$

Em que Z_0 é a impedância que é para ser correspondente (neste caso é 50 Ohms) e ϵ_r é a permissividade relativa do material (para FR4, é 4.7)

Para $w/d > 2$:

$$\frac{w}{d} = \frac{2}{\pi} \left\{ B - 1 - \ln(2B - 1) + \frac{\epsilon_r - 1}{2\epsilon_r} \left[\ln(B - 1) + 0.39 - \frac{0.61}{\epsilon_r} \right] \right\} \quad \text{--- (7)}$$

Onde o fator B é

$$B = \frac{Z_f \pi}{2Z_0 \sqrt{\epsilon_r}} \quad \text{--- (8)}$$

Em que Z_f é a impedância de onda em espaço livre (isto é, 376.8Ω)

Para um sistema preferencial projetado em material de placa FR4, as especificações disponíveis são

Constante dielétrica $\epsilon_r = 4.7$

Espessura da placa da camada superior à inferior = 1,6 mm (0,062 polegada)

Espessura da placa da camada superior ao terra = 0,498 mm (0,0196 polegada)

Impedância característica $Z_0 = 50\Omega$

Todos os parâmetros acima inseridos na equação (5) resulta em $w/d = 1.8$, assim, para uma altura de 0,498 mm (0,0196 polegada), w é aproximadamente igual a 0,89 mm (0,0350 polegada).

Cálculo para um deslocamento de fase de 90° .

Necessário $\Phi = 90^\circ$

$$\Phi = \beta l$$

Onde β é o constante de propagação e l é o
5 comprimento necessário para o deslocamento de fase de 90° .

$$\beta = k_0 \sqrt{\epsilon_e}$$

Onde, $k_0 = \frac{2\pi f}{c} = .7150,748 \text{ polegada}^{-1}$ e

$$10 \quad \epsilon_e = \text{constante dielétrica eficaz} = \frac{\epsilon_r + 1}{2} + \frac{\epsilon_r - 1}{2} + \frac{1}{\sqrt{1 + 12d/w}} = 3,52,$$

e ϵ_r é a constante dielétrica relativa (para a placa FR4, é
4,7)

Onde f é a frequência de operação e c é a velocidade da luz
no espaço livre.

15

$$l = \frac{90(\pi/180)}{18.18\sqrt{3.52}} = 46 \text{ mm (1,810 polegadas)}$$

Portanto, com base nos cálculos acima
mencionadas, o comprimento do traço de guia de onda 29 é
20 46 mm (1.810 polegadas) para se atingir a adaptação de fases
12 à entrada do misturador.

Agora com referência às figuras 4, 4A e 4B, o uso
do sensor 1 para determinar o teor de umidade do cabelo
será descrito a seguir, em conexão com um sistema sensor de
25 umidade do cabelo 20. O sistema sensor da umidade do cabelo
20 pode ser usado em um salão de beleza profissional, por
exemplo, para rápida, precisa e seguramente, indicar a um

estilista quando o teor de umidade do cabelo de um cliente está na faixa de aproximadamente 30% em peso a 40% em peso, para que resultados ótimos de penteado possam ser atingidos. Um dispositivo de prensa de cabelo 21 pode ser conectado a um computador 27 por meio de um dispositivo de conexão 17, e os resultados da relação umidade/saúde do cabelo podem ser mostrados na tela do computador 28. Conforme mostrado nas figuras 4A e 4B, um dispositivo de prensa de cabelo 21 garras de pivô 22a e 24 com dois cabos nas extremidades 22 e 24 é fornecido e o dispositivo pode ser definido como aberto ou fechado, com base na distância entre os cabos 23. As garras 22a e 24a podem ser tracionadas em uma posição aberta, conforme mostrado na figura 4A para que um feixe de cabelo 25 seja recebido prontamente entre as garras 22a, 24a e esteja alinhado com as fibras do cabelo 25 estendendo-se de um lado ao outro, isto é, geralmente perpendicular ao eixo longitudinal do vão do acoplamento 5 (figura 3) do acoplador direcional 2 que está apoiado pela garra 24. O dispositivo pode também incorporar um meio de compactação de substrato 26 que pode compreender um vão, dentes, picos, ou outra estrutura que permite que o cabelo seja compactado em um espaço entre o acoplador direcional 2 e o meio de compactação 26. O meio de compactação 26 que compreende um vão é preferencial para o auxílio em medições de perfil de raiz à ponta.

Em uma aplicação, o sensor 1 fornece uma ferramenta de auto-avaliação com facilidade de uso pelo consumidor, que permite ao mesmo medir periodicamente a

saúde geral do seus cabelos. Com base nestas medições, o consumidor pode adotar ações corretivas conforme necessário, o que tenderá a melhorar a saúde de seus cabelos. Estas ações podem incluir mudança dos produtos para cuidado dos cabelos, mudança nas técnicas de penteado ou ambos, de modo que a saúde geral dos cabelos do consumidor possa ser consistentemente monitorada e aprimorada. O sensor 1 oferece, também, uma ferramenta de monitoramento tanto para cabeleireiros como para técnicos.

Embora não seja mostrado, será considerado que o sensor 1 da presente invenção pode ser incorporado também a outros produtos para cuidado dos cabelos como um pente, uma escova, um frisador ou produtos similares que, de preferência, prendem os cabelos do usuário durante o pentear, de modo que o sensor seja capaz de medir o teor de umidade, a saúde ou outras condições do cabelo, dependendo da função do eletrodoméstico utilizada no cabelo. Em geral, a saúde dos cabelos é caracterizada por fatores como maciez, brilho, ausência de fragilidade, ausência de fissuras e ausência de decomposição cuticular. Como cada um destes fatores está direta ou indiretamente relacionado ao teor de umidade dos cabelos, o sensor 1 da presente invenção tem a capacidade de proporcionar uma indicação precisa e confiável da saúde dos cabelos, sejam estes medidos in vivo ou in vitro.

O sensor acoplador direcional 1 é adequado para a medição do teor de umidade, da saúde ou de qualquer outra condição dos cabelos desde que ele tenha sensibilidade a variações de impedância a curta distância, como cerca de

2,5 mm (0,1 polegada), das superfícies das tiras 3 e 4. A altura desta profundidade eficaz de medição das superfícies das tiras 3, 4 é uma função do campo eletromagnético que acopla as tiras 3 e 4. A altura da profundidade de medição
5 pode ser alterada para uma aplicação em particular, mudando-se a altura da placa de circuito impressa 18, a constante dielétrica da placa de circuito 18, as dimensões das tiras 3, 4, a distância "s" do vão de acoplamento e/ou a energia fornecida pelo gerador de sinal 7. Mediante a
10 variação de qualquer um destes parâmetros, a altura do campo de acoplamento pode ser alterada para mudar a profundidade efetiva de medição.

Considera-se que o sensor 1 pode compreender múltiplos acopladores direcionais 2 eletricamente acoplados
15 ao menos a um gerador de sinal 7 para medir o respectivo teor de umidade de múltiplos substratos, de acordo com os princípios descritos em detalhes, acima. Considera-se, também, que ao menos dois dos múltiplos acopladores direcionais 2 podem ter diferentes profundidades eficazes
20 de medição, mediante a variação de um ou mais dos parâmetros descritos em detalhes, acima.

As dimensões e valores apresentados na presente invenção não devem ser compreendidos como sendo estritamente limitados aos exatos valores numéricos mencionados. Em vez
25 disto, exceto onde especificado em contrário, cada uma destas dimensões se destina a significar tanto o valor mencionado como uma faixa de valores funcionalmente equivalentes em

torno daquele valor. Por exemplo, uma dimensão apresentada como "40 mm" destina-se a significar "cerca de 40 mm".

Todos os documentos citados na Descrição Detalhada da Invenção estão, em sua parte relevante, aqui incorporados, a título de referência. A citação de qualquer documento não deve ser interpretada como admissão de que este represente técnica anterior com respeito à presente invenção.

Embora tenham sido descritas modalidades específicas adequadas ao uso no método da presente invenção, ficará óbvio aos versados na técnica que diversas alterações e modificações da presente invenção podem ser feitas sem se afastar do espírito e do escopo da invenção. Portanto, pretende-se cobrir nas reivindicações anexas todas as alterações e modificações que se enquadram no escopo da presente invenção.

REIVINDICAÇÕES

1. Sensor para a medição do teor de umidade de um substrato, caracterizado pelo fato de que compreende:

um guia de onda coplanar;

5 um acoplador direcional que tem um par de primeira e segunda tiras geralmente paralelas definindo um vão de acoplamento entre as mesmas; e

10 um gerador de sinal de alta freqüência que está eletricamente acoplado à dita primeira tira e é operável para fornecer energia à dita segunda tira com o substrato colocado no dito vão de acoplamento para assim gerar na dita segunda tira um sinal de energia acoplado cuja
15 amplitude está relacionada ao teor de umidade do substrato.

2. Sensor, de acordo com a reivindicação 1, caracterizado pelo fato de que o dito gerador de sinal de alta freqüência é operável para gerar um sinal de energia
20 na dita primeira tira e receber o sinal de energia na dita segunda tira.

3. Sensor, de acordo com as reivindicações 1 ou 2, caracterizado pelo fato de que compreende adicionalmente um
25 circuito misturador eletricamente acoplado às ditas primeira e segunda tiras e operável para receber o dito sinal de energia da dita primeira tira e receber o dito sinal de energia da dita segunda tira para assim gerar uma tensão de

saída cujo valor está relacionado ao teor de umidade do substrato.

4. Sensor, de acordo com qualquer uma das reivindicações anteriores, caracterizado pelo fato de que o dito gerador de alta frequência opera em uma faixa entre
5 cerca de 30 MHz a cerca de 3 GHz.

5. Sensor, de acordo com qualquer uma das reivindicações anteriores, caracterizado pelo fato de que o dito gerador de alta frequência é operável para gerar um
10 campo eletromagnético que acopla as ditas primeira e segunda tiras do dito acoplador direcional e define uma profundidade eficaz de medição relativa às ditas primeira e segunda tiras.

6. Sensor, de acordo com a reivindicação 5, caracterizado pelo fato de que a dita profundidade de
15 medição é variável.

7. Sensor, de acordo com as reivindicações 5 ou 6, caracterizado pelo fato de que compreende adicionalmente:

uma pluralidade de acopladores direcionais que têm, cada um, um par de primeira e segunda tiras
20 geralmente paralelas definindo um vão de acoplamento entre as mesmas; e
um gerador de sinal de alta frequência eletricamente acoplado à dita primeira tira de cada dito acoplador direcional e operável para
25 fornecer energia à dita segunda tira de cada acoplador direcional com um substrato posicionado no dito vão de acoplamento para assim gerar em cada respectiva tira um sinal de

energia acoplado cuja amplitude está relacionada ao teor de umidade de cada respectivo substrato.

8. Sensor, de acordo com a reivindicação 7, caracterizado pelo fato de que ao menos duas das ditas pluralidades de acopladores direcionais têm diferentes profundidades eficazes de medição.

9. Sensor para a medição de saúde do cabelo, caracterizado pelo fato de que compreende:

10 um guia de onda coplanar;
um acoplador direcional que tem um par de primeira e segunda tiras geralmente paralelas definindo um vão de acoplamento entre as mesmas; e
15 um gerador de sinal de alta frequência eletricamente acoplado à dita primeira tira e operável para fornecer energia à dita segunda tira com o cabelo colocado no dito vão de acoplamento para gerar na dita segunda tira um
20 sinal acoplado de energia cuja amplitude está relacionada à saúde do cabelo, de preferência, sendo que a amplitude do dito sinal de energia acoplado é relacionada a um atributo selecionado entre o teor de umidade do cabelo, a maciez do
25 cabelo, o brilho do cabelo, a fragilidade do cabelo, a ausência de fissuração do cabelo e a ausência do colapso cuticular.

10. Sensor, de acordo com a reivindicação 9, caracterizado pelo fato de que compreende adicionalmente um dispositivo de prensa de cabelo que apóia o dito acoplador direcional e o dito gerador de sinal de alta frequência, compreendendo preferencialmente meios de compactação de substrato apoiados pelo dito dispositivo de prensa de cabelo, sendo que preferencialmente o dito dispositivo de prensa de cabelo compreende um par de garras articuladas, terminando com dois cabos nas extremidades, sendo que o dito acoplador direcional é suportado por uma das ditas garras e os ditos meios de compactação do substrato são suportados pela dita outra garra em justaposição ao dito acoplador direcional.

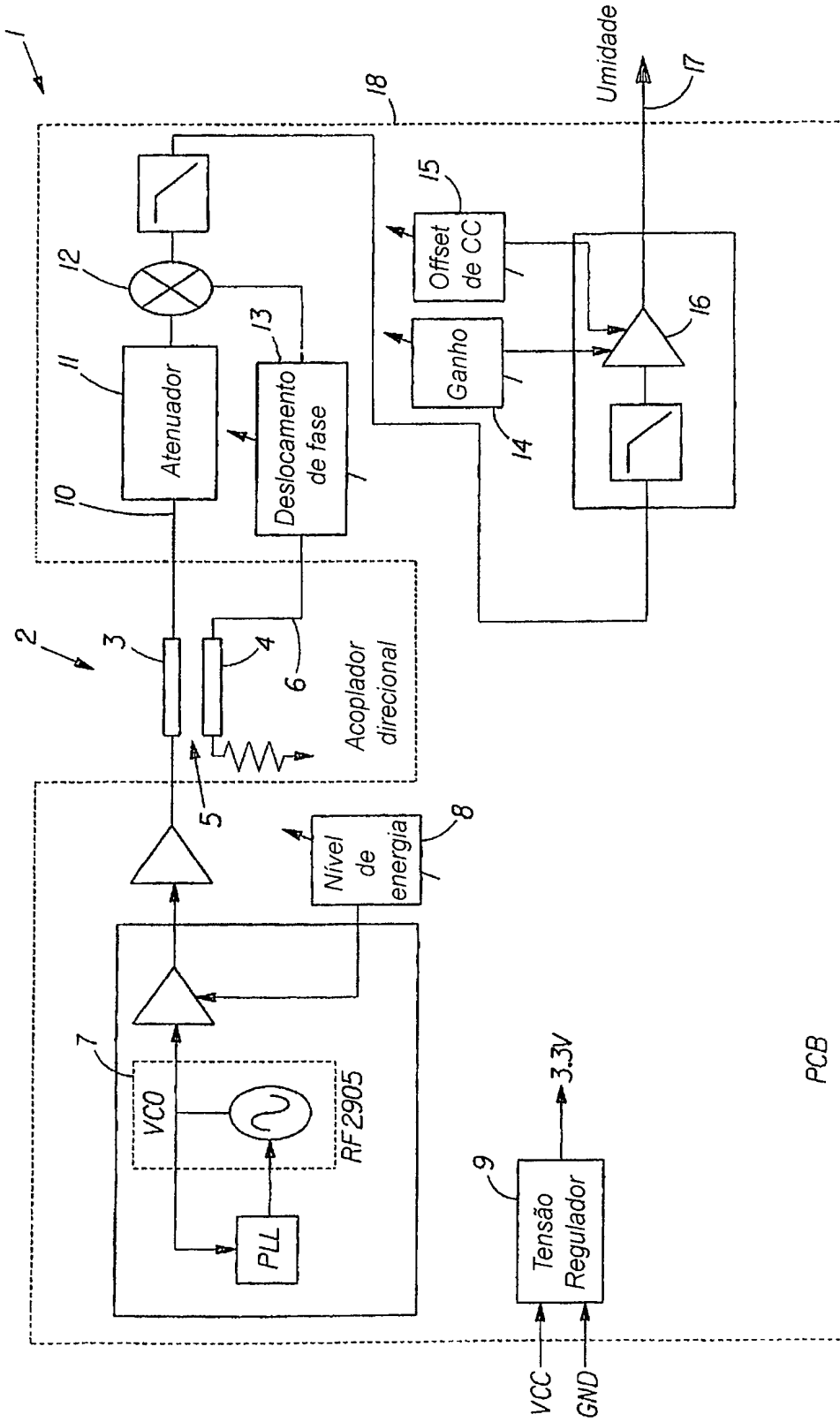
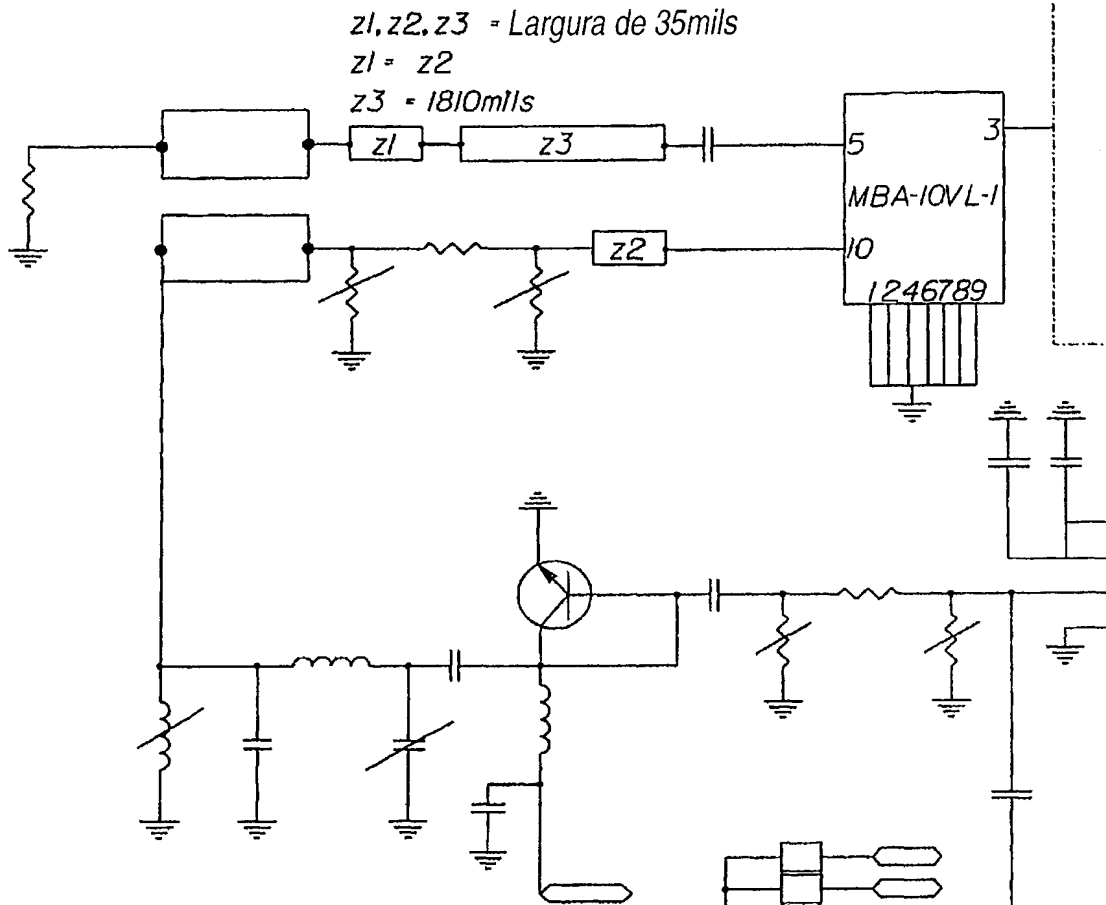


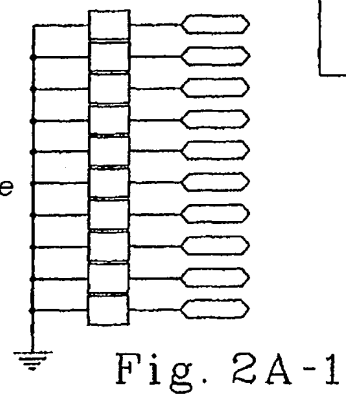
Fig. 1



Observações
Sem lugar - Componentes opcionais
baseados na necessidade

Fig. 2A-1	Fig. 2A-2	Fig. 2A-3
-----------	-----------	-----------

Fig. 2A



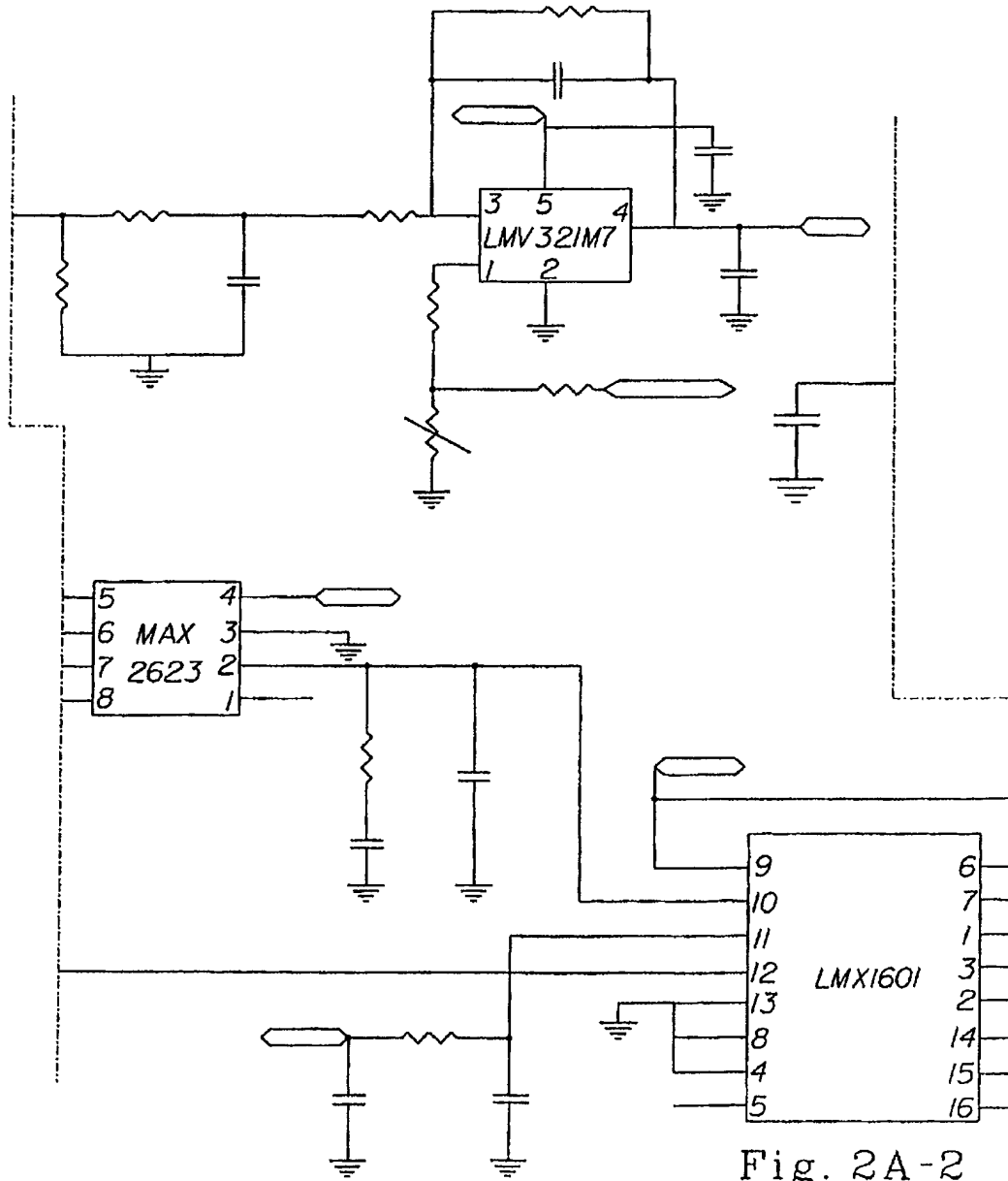


Fig. 2A-2

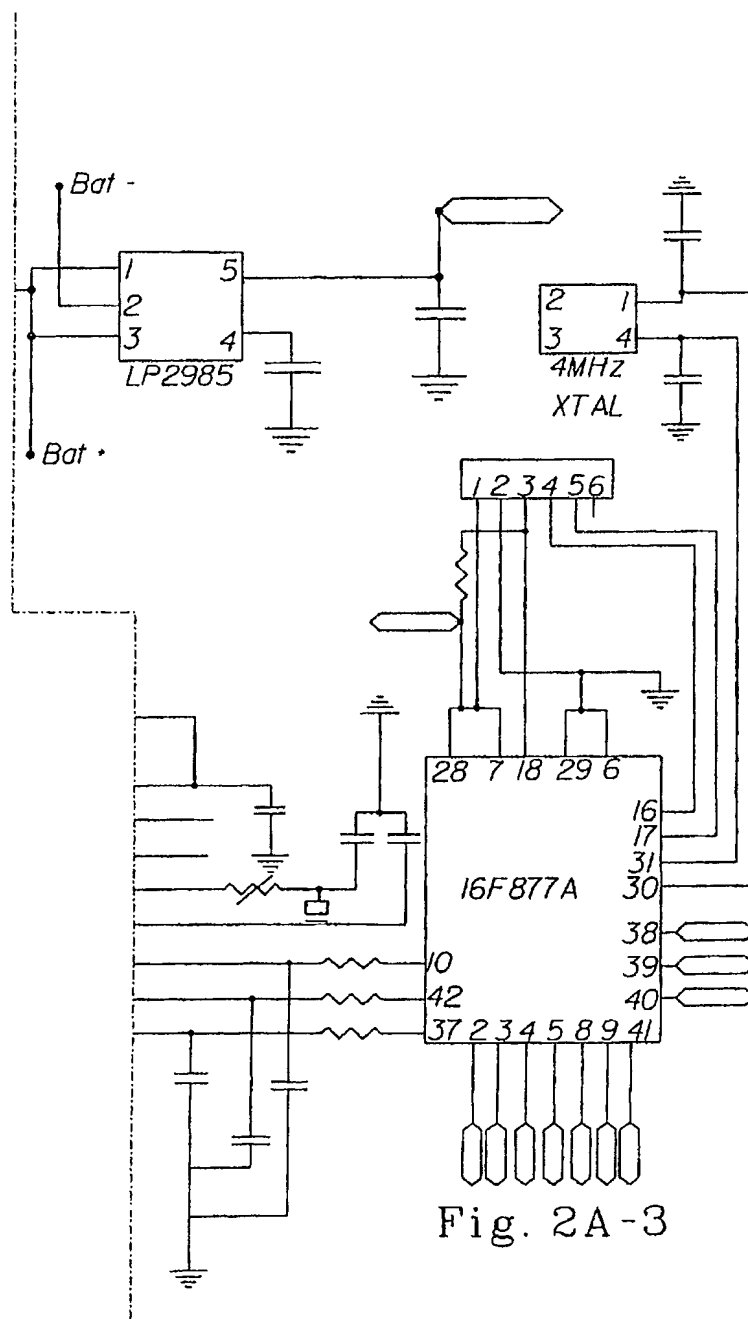


Fig. 2A-3

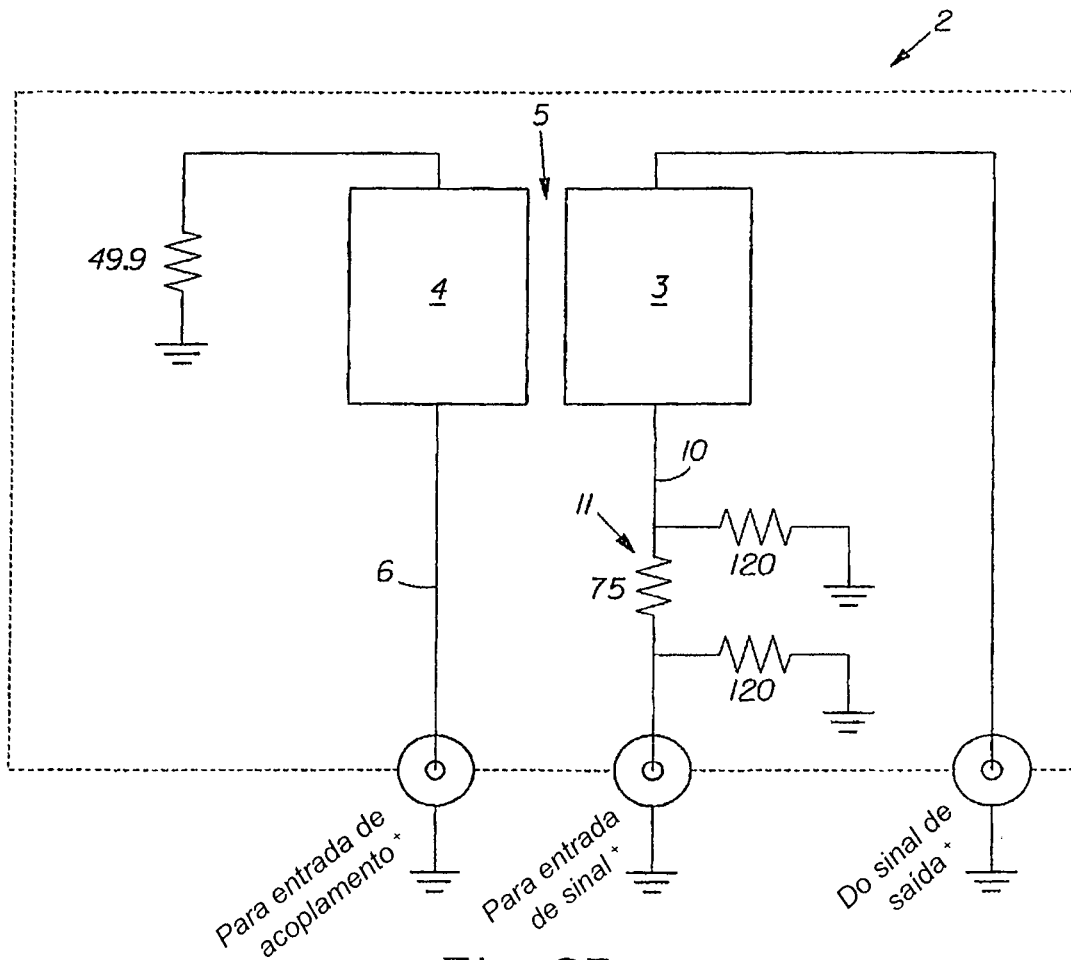


Fig. 2B

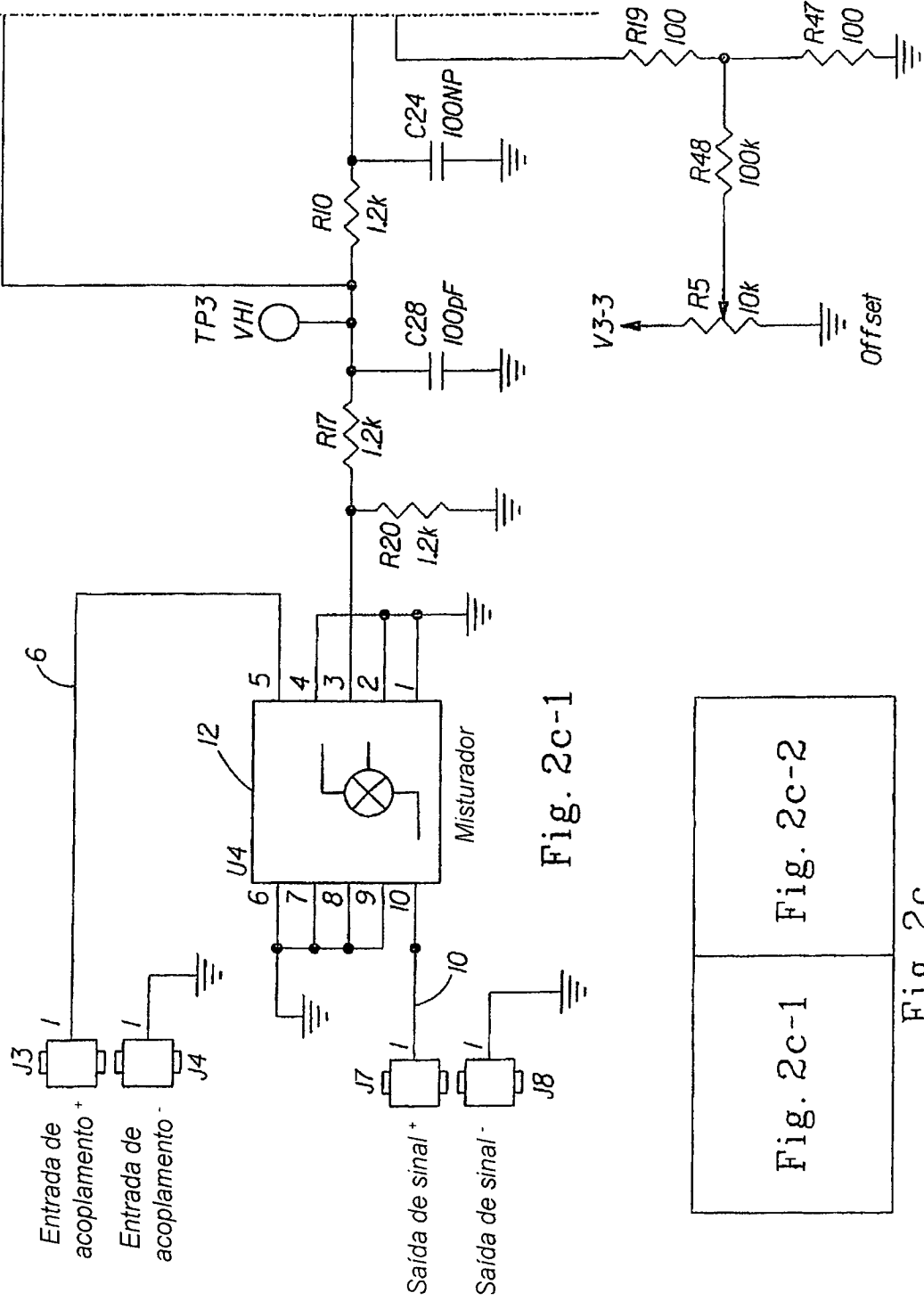


Fig. 2c-1

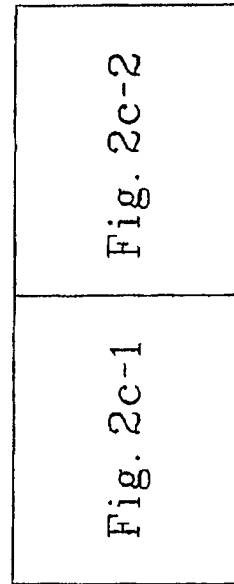


Fig. 2c

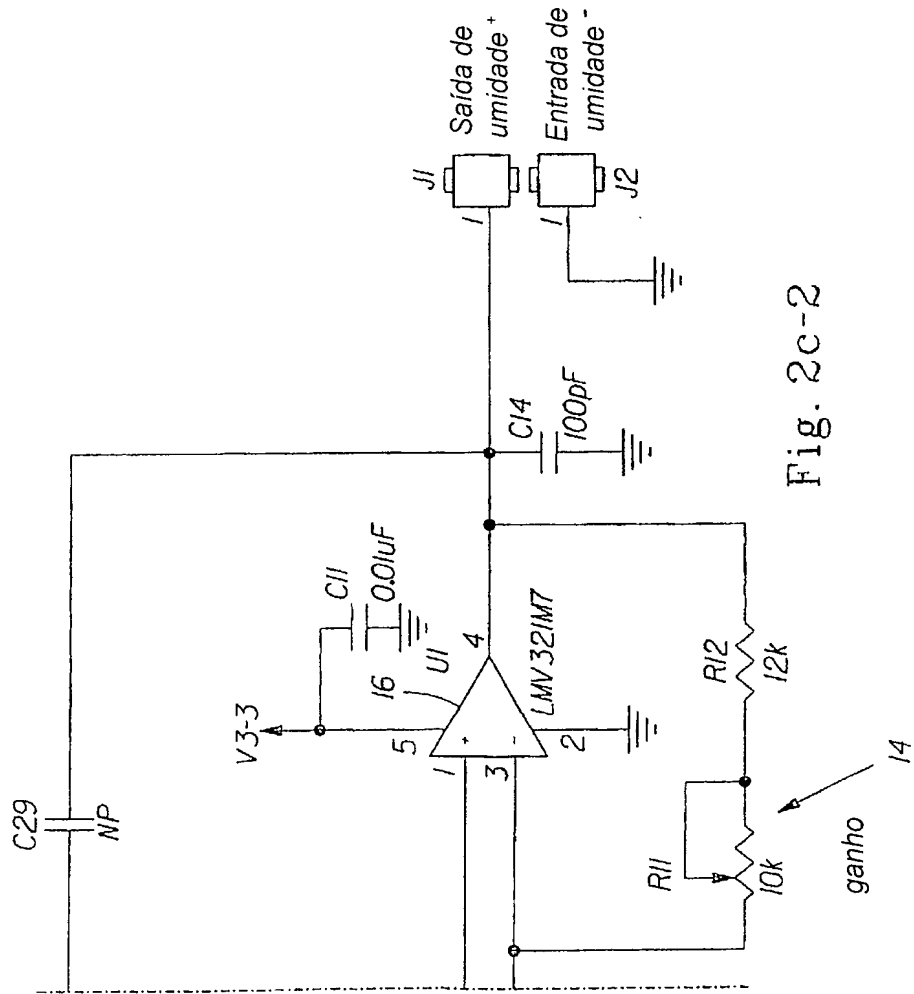
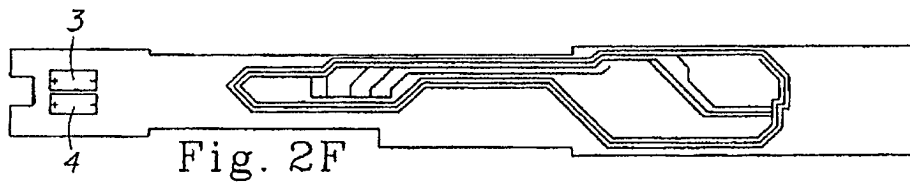
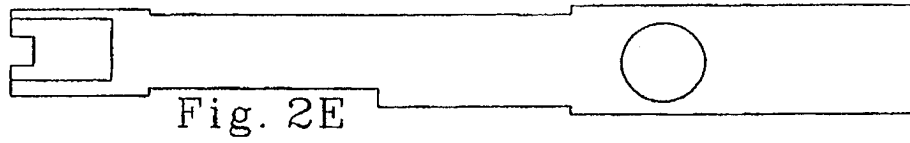
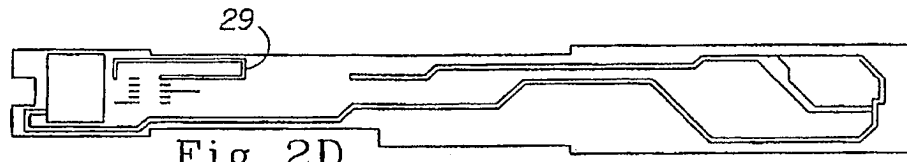


Fig. 2c-2



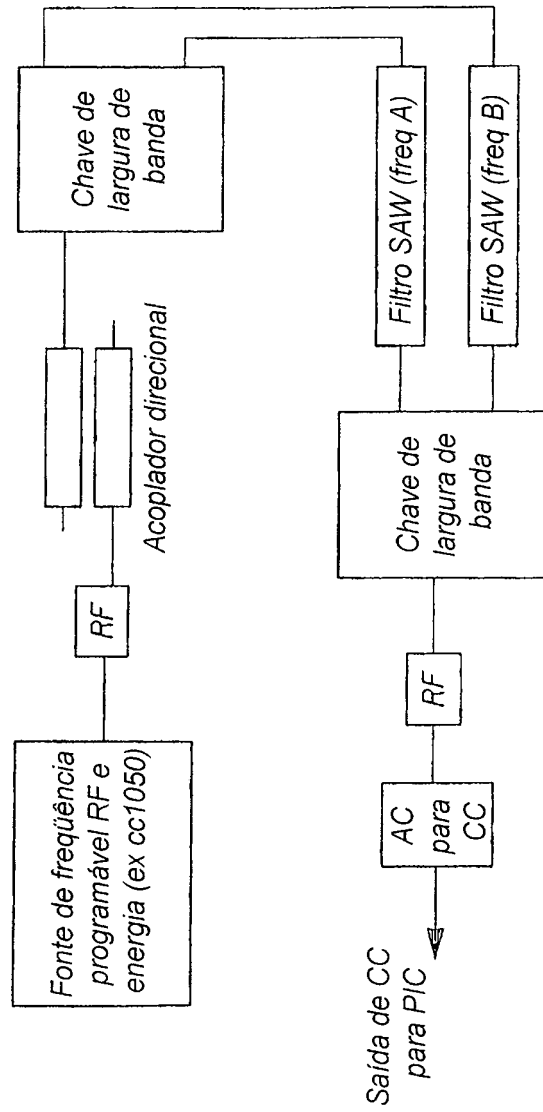


Fig. 2G

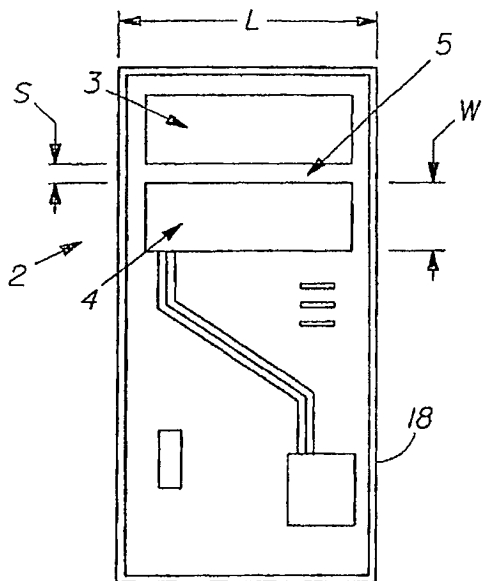


Fig. 3A

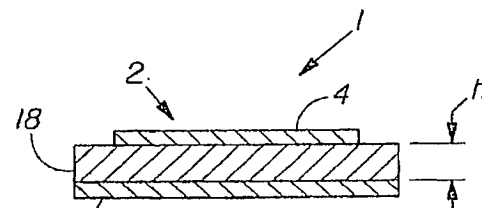


Fig. 3B

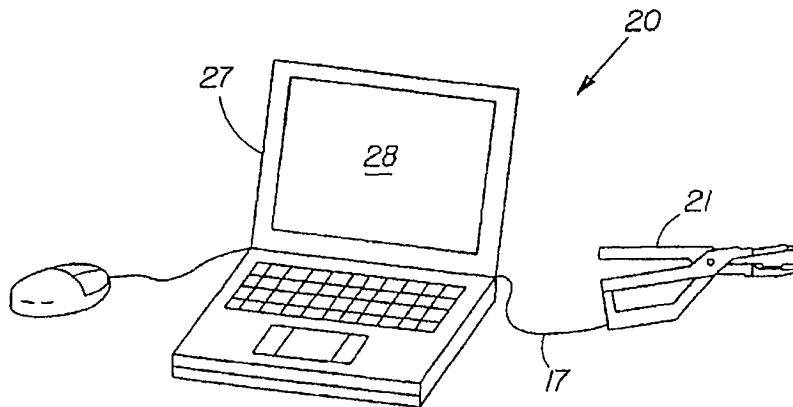
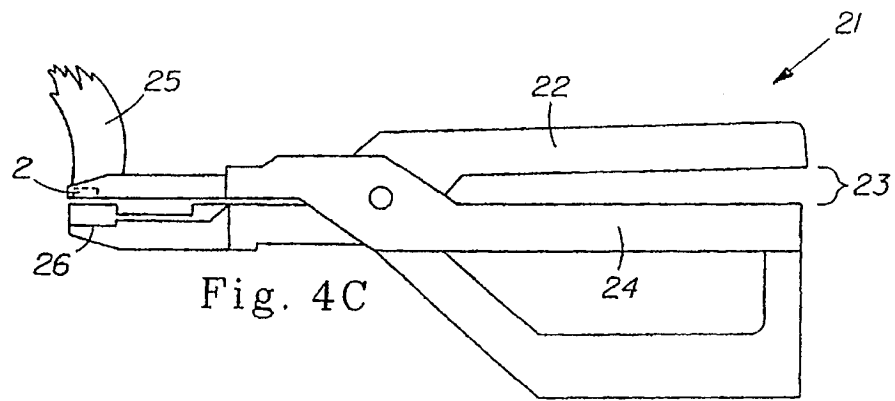
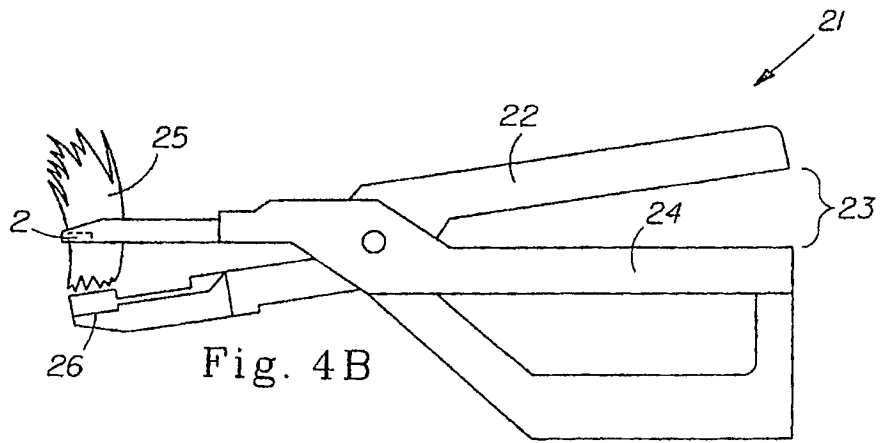


Fig. 4A



RESUMO

A presente invenção refere-se a um sensor para medição do teor de umidade de uma amostra (como cabelo), que compreende:

5 uma linha de microtira;
 um acoplador direcional que tem um par de primeira
 (3) e segunda (4) tiras geralmente paralelas
 definindo um vão de acoplamento entre as mesmas; e
 um gerador de sinal de alta frequência
10 eletricamente acoplado à dita primeira tira (3)
 operável para fornecer energia à dita segunda
 tira (4) com a amostra colocada como uma
 cobertura no dito vão de acoplamento para assim
 gerar na dita segunda um sinal de energia
15 acoplado à tira cuja amplitude está relacionada
 ao teor de umidade do substrato. O sinal de
 energia acoplado da tira (4) é deslocado em fases
 (13) pela linha de microtira e acoplado à porta
 de um misturador (12). O sinal de energia direto
20 da tira (3) está acoplado à outra parte do
 misturador (12).