



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

(11) PI 0710888-5 B1

(22) Data do Depósito: 19/04/2007

(45) Data de Concessão: 15/05/2018



(54) Título: INTERFACE DE SENSOR, TRUQUE DE VAGÃO FERROVIÁRIO E MÉTODO PARA MEDIR E AVALIAR UM PARÂMETRO FÍSICO EM UMA INTERFACE DE UM TRUQUE DE VAGÃO FERROVIÁRIO

(51) Int.Cl.: G01G 3/12; G01G 3/13; G01G 19/12; G01G 19/414; G01L 1/04; G01L 1/14; G01L 1/18; G01L 1/22

(30) Prioridade Unionista: 28/04/2006 US 60/795,691

(73) Titular(es): ASF-KEystone, INC.

(72) Inventor(es): WILLIAM LEFEBVRE; MICHAEL J. MCCANN; FRANK BACKO III; ANDREW H. MARTIN

Relatório Descritivo da Patente de Invenção para **"INTERFACE DE SENSOR, TRUQUE DE VAGÃO FERROVIÁRIO E MÉTODO PARA MEDIR E AVALIAR UM PARÂMETRO FÍSICO EM UMA INTERFACE DE UM TRUQUE DE VAGÃO FERROVIÁRIO"**.

5 Campo da Invenção

A presente invenção refere-se a elementos de engenharia para monitorar e manter o funcionamento eficaz de máquinas e instalações. Mais especificamente, ela refere-se a substratos elastoméricos posicionados entre objetos relativamente rígidos para atenuar impacto ou vibração, impedir movimento de abrasão ou de controle, os substratos contendo sensores incor-
10 porados para medir cargas estáticas ou dinâmicas, posição da carga, forças de cisalhamento, temperatura ou outros parâmetros de interesse, bem como dispositivos de processamento e de armazenamento de dados para interpretar sinais a partir dos sensores e dispositivos de comunicação para transmitir
15 os dados a partir dos sensores para um usuário final para avaliação.

Antecedentes da Invenção

Enquanto existem várias aplicações de sensores ligados com objetos rígidos para medir forças nos mesmos, e sensores que podem medir o movimento relativo entre tais objetos e sensores que estão incorporados
20 junto a vários materiais de construção (frequentemente chamados de "materiais inteligentes"), estes sensores não estão embutidos dentro de substratos elastoméricos ou compatíveis que também servem para um papel de fazer interface mecânica para permitir que os objetos se movam ligeiramente um em relação ao outro.

25 Alguns sensores são incorporados em objetos flexíveis tal como luvas de modo a proporcionar realimentação tátil na robótica e em outras aplicações de interface com o ser humano. Estas configurações não proporcionam a interface sustentada desejada entre dois objetos rígidos.

Os benefícios desta invenção são a provisão de funções de
30 compatibilidade, de processamento de dados de percepção e de comunicações dentro de um item que pode ser instalado no local de um substrato similarmente formatado desprovido de qualquer sensor.

Objetivos da Invenção

O objetivo desta invenção é proporcionar um substrato mancal de carga deformável que proporcione uma interface compatível entre objetos relativamente rígidos e que contenha embutido dentro dele próprio um ou mais sensores que possam detectar e comunicar as condições no substrato, tal como temperatura e/ou várias forças e distribuições das mesmas, assim, proporcionando um dispositivo para monitorar, continuamente ou periodicamente, as interações entre os objetos sólidos e as condições prevalecendo próximas ou na sua interface.

10 Sumário da Invenção

A invenção diz respeito a uma interface que pode ser posicionada entre dois objetos. A interface compreende um substrato flexível possuindo uma primeira superfície que faz interface com um dos objetos e uma segunda superfície que faz interface com outros dos objetos. Pelo menos um sensor é embutido dentro do substrato flexível. O sensor é adaptado para medir um parâmetro tal como diferencial de tensão elétrica, intensidade luminosa, intensidade de som, fluxo de calor, corrente elétrica, difusão de umidade, difusão de espécies químicas, fluxo magnético, fluxo de nêutrons, radiação de ionização, temperatura, deslocamento, velocidade, aceleração, esforço, tensão, pressão e força e combinações dos mesmos. O sensor gera um sinal elétrico indicativo do parâmetro. A interface também inclui uma unidade de processamento de dados em comunicação com o sensor para receber e processar os sinais gerados pelo sensor. Um dispositivo de comunicação adaptado para transmitir dados a partir da unidade de processamento de dados também é parte da interface, bem como uma fonte de energia que proporciona energia elétrica para o sensor, para a unidade de processamento de dados e para o dispositivo de comunicação.

A unidade de processamento de dados pode compreender um componente tal como um microprocessador, um circuito integrado de aplicação específica, um arranjo de portas programáveis em campo, bem como um dispositivo de processamento de sinal digital e combinações dos mesmos.

Em uma concretização, o dispositivo de comunicação compreende um transmissor e receptor de rádio, dispositivos estes que podem ser embutidos dentro do substrato.

5 A fonte de energia pode compreender um componente tal como uma bateria elétrica, uma célula de combustível, bem como um gerador elétrico de rádio isótopo. Novamente, qualquer um destes dispositivos pode ser embutido dentro do substrato.

10 Em uma concretização particular, um prolongamento pode se estender a partir do substrato e ser posicionado externamente ao espaço entre os objetos. Vários componentes, tal como a unidade de processamento de dados, a fonte de energia e o dispositivo de comunicação podem ser embutidos no prolongamento.

15 A invenção também abrange um método para medir e avaliar um parâmetro físico em uma interface entre dois objetos. O método compreende:

(a) proporcionar um substrato flexível posicionado entre os objetos, o substrato compreendendo pelo menos um sensor embutido no mesmo;

20 (b) medir o parâmetro utilizando o sensor, o sensor gerando sinais elétricos indicativos do parâmetro;

(c) proporcionar uma unidade de processamento de dados em comunicação com o sensor;

(d) proporcionar um dispositivo de comunicação adaptado para transmitir dados a partir da unidade de processamento de dados;

25 (e) proporcionar uma fonte de energia para energizar o sensor, a unidade de processamento de dados e o dispositivo de comunicação;

(f) a unidade de processamento de dados recebendo os sinais a partir do sensor;

30 (g) a unidade de processamento de dados executando operações em relação aos sinais, as operações incluindo cálculo de média, filtragem, comparação, dimensionamento, calibragem, análise espectral, criptografia e conversão de analógico para digital e combinações das mesmas; e

(h) o dispositivo de comunicação transmitindo informação derivada a partir dos sinais pela unidade de processamento de dados.

Os parâmetros que podem ser medidos incluem, por exemplo, diferencial de tensão elétrica, intensidade luminosa, intensidade de som, fluxo de calor, corrente elétrica, difusão de umidade, difusão de espécies químicas, fluxo magnético, fluxo de nêutrons, radiação de ionização, temperatura, deslocamento, velocidade, aceleração, esforço, tensão, pressão e força e combinações dos mesmos.

Breve Descrição dos Desenhos

10 A figura 1 é um diagrama esquemático representando uma interface de acordo com a invenção;

A figura 2 é uma vista seccional parcial da interface apresentada na figura 1;

15 A figura 3 é uma vista seccional parcial de uma concretização de uma interface de acordo com a invenção;

A figura 4 é uma vista explodida de uma parte de uma armação lateral de um vagão com uma interface entre a armação lateral e um adaptador de mancal; e

20 A figura 5 é uma vista detalhada de uma parte da interface apresentada na figura 4.

Descrição Detalhada das Concretizações

As figuras 1 e 2 apresentam uma interface de sensor 10 de acordo com a invenção. A interface 10 compreende um substrato flexível 12 possuindo uma primeira superfície 14 e uma segunda superfície 16, cada superfície podendo ser engatada com um respectivo objeto 18 e 20. Os objetos são apresentados na figura 2 como chapas grossas somente a título de exemplo. É antecipado que o objeto irá compreender componentes entre os quais cargas ou forças variáveis sustentadas irão ocorrer ou para os quais outros tipos de parâmetros físicos que podem ser medidos serão de interesse, tal como diferencial de tensão elétrica, intensidade luminosa, intensidade de som, fluxo de calor, corrente elétrica, difusão de umidade, difusão de espécies químicas, fluxo magnético, fluxo de nêutrons, radiação de ionização,

25

30

temperatura, deslocamento, velocidade, aceleração, esforço, tensão, pressão, força e combinações dos mesmos. Exemplos de tais objetos incluem ferramentas de máquina pesada e suas bases, motores e suas montagens, construções e suas fundações, bem como mancais de roda e suas estruturas de suporte.

Vários sensores 22, 24 e 26 são embutidos dentro do substrato, os sensores compreendendo transdutores que convertem um parâmetro físico, tal como diferencial de tensão elétrica, intensidade luminosa, intensidade de som, fluxo de calor, corrente elétrica, difusão de umidade, difusão de espécies químicas, fluxo magnético, fluxo de nêutrons, radiação de ionização, força, temperatura, deslocamento, velocidade, aceleração, esforço, tensão ou pressão em sinais elétricos indicativos do parâmetro. Para este fim, os tipos de sensores incluem células de carga, termistores, transdutores lineares de deslocamento variável, acelerômetros, medidores de tensão, dispositivos piezelétricos, magnetômetros, bolômetros, contadores Geiger, sonômetros e assim por diante.

Os sinais elétricos a partir dos sensores são enviados para uma unidade de processamento de dados 28 através das ligações de comunicação 30, as quais poderiam ser, por exemplo, condutores elétricos, fibras ópticas ou ligações de comunicação sem fios. A unidade de processamento de dados pode ser, por exemplo, um microprocessador, um circuito integrado de aplicação específica, um arranjo de portas programável em campo, bem como um dispositivo de processamento de sinal digital que recebe e interpreta os sinais a partir dos sensores de acordo com o software operando dentro do dispositivo. Dispositivos de condicionamento de sinal analógico, bem como outros circuitos elétricos analógicos, também podem ser uma parte da unidade de processamento de dados. A unidade de processamento de dados também pode ser ligada com um dispositivo de armazenamento de dados 32, tal como uma unidade de disco ou uma unidade de memória de acesso aleatório de estado sólido quando grandes quantidades de dados devem ser armazenadas e processadas.

A unidade de processamento de dados se comunica com um

dispositivo de comunicação 34. O dispositivo de comunicação 34 pode ser, por exemplo, um transmissor e receptor de rádio sob o controle da unidade de processamento de dados que envia e recebe informações para outros dispositivos fora do substrato 12. Alternativamente, a comunicação também pode ser efetuada por uma ligação física 36, tal como um condutor elétrico ou fibra óptica que se estende para fora do substrato 12. Nesta concretização, o dispositivo 34 pode ser um amplificador de sinal elétrico ou um gerador de sinal óptico, respectivamente, o qual alimenta sinais apropriados a partir da unidade de processamento de dados para a ligação física 36.

Os vários dispositivos e sensores recebem energia elétrica a partir de uma fonte de energia 38, a qual pode compreender uma bateria elétrica, uma célula de combustível ou um gerador elétrico de rádio isótopo para citar alguns exemplos. A fonte de energia pode ser carregada pelo sol ou pode ser um gerador que derive energia a partir do movimento relativo entre os objetos 18 e 20. A fonte de energia pode também ser um dispositivo, tal como um dispositivo de indução por vibração magnética, o qual deriva energia a partir do movimento do próprio sensor de interface. Alternativamente, a energia pode ser obtida a partir de uma fonte externa através de uma ligação física 39, tal como um condutor ou dispositivo elétrico para distribuir combustível. Nesta concretização, o componente 38 pode ser, por exemplo, um transformador ou unidade de condicionamento de energia utilizado para proporcionar tensões elétricas e correntes apropriadas para os vários componentes.

Como apresentado na figura 3, a interface do sensor 10 é versátil e adaptável e pode ser disposta, moldada e construída como requerido para uma aplicação particular. Nesta concretização, uma interface de canto é ilustrada, capas de medir forças ou fluxos, em diferentes direções pela colocação e orientação apropriada dos sensores. De particular interesse são as pequenas depressões 40 que são posicionadas dentro da superfície ou das superfícies 14 e 16 do substrato 12 em relação de sobreposição com um ou mais componentes elétricos 42 embutidos dentro do substrato. O uso das pequenas depressões é pretendido para aliviar o esforço nos componentes

eletrônicos causado por forças entre os objetos 18 e 20, nas superfícies dos quais pequenas depressões similares para alívio de esforço podem ser alternativamente ou adicionalmente proporcionadas.

A figura 4 ilustra um exemplo específico de uma interface de sensor 10 posicionada entre um adaptador de mancal 44 e a armação lateral 48 de um truque ou vagão de plataforma de um vagão dentro de uma bolsa de retenção 46 formada pela armação lateral 48, como mostrado. A bolsa de retenção 46 é também designada na indústria como uma bolsa de pedestal 46 formada em uma porção de pedestal da armação lateral 48. Nesta concretização, a capacidade de adaptação da invenção é novamente evidenciada. A interface do sensor compreende uma plataforma do mancal de carga 50 formada de um polímero flexível elástico que amortece a vibração e as cargas vertical, horizontal e longitudinal entre o adaptador de mancal 44 e a armação lateral 48. Tais plataformas tipicamente são do tipo descrito no Pedido Publicado US 2005/0268813. Os sensores e os dispositivos eletrônicos são embutidos dentro das partes de interface da frente e da traseira 52 e 54 que são formatadas para acomodar o adaptador de mancal e a bolsa da armação lateral.

A parte de plataforma 52 é apresentada em detalhes na figura 5 e compreende um substrato flexível elástico 12 no qual os sensores e os componentes eletrônicos estão embutidos. Neste exemplo, um sensor de carga 56 é posicionado em uma parte voltada verticalmente orientada 58 do substrato, permitindo ao mesmo medir forças entre a roda e a armação lateral como seriam causadas pela frenagem ou durante a instabilidade do truque, tal como variação periódica de velocidade. Outro sensor de carga 60 é posicionado dentro de uma parte de asa do substrato 62 orientada em um plano perpendicular à parte 58 para medir as cargas laterais entre a roda e a armação lateral. Um termistor 64 é embutido dentro de uma parte horizontal 66 do substrato para medir a temperatura do mancal. Outro sensor de carga 68 é posicionado na parte horizontal 66 para medir as cargas verticais entre o adaptador de mancal e a armação lateral. Um dispositivo de resgate de energia 70, por exemplo, um substrato piezelétrico, também é de forma van-

tajosa posicionado nesta parte do substrato para gerar energia elétrica a partir das tensões induzidas pelo movimento vertical do adaptador de mancal em relação à armação lateral para energizar os vários componentes.

As ligações de comunicação 30, a qual poderiam ser condutores elétricos ou fibras ópticas, por exemplo, conectamos vários sensores e o dispositivo de geração de energia com a unidade de processamento de dados 28. A unidade de processamento de dados, junto com o dispositivo de armazenamento de dados 32 e com o dispositivo de comunicação 34, são embutidos dentro de um prolongamento 72. O prolongamento é uma parte do substrato 12 que se estende para o exterior e não é posicionado entre quaisquer partes relativamente móveis e, portanto, isolado das cargas ou deflexões, desse modo protegendo os dispositivos eletrônicos embutidos no mesmo. Nesta concretização, o dispositivo de comunicação 34 compreende um transmissor e um receptor de rádio, como evidenciado pela antena RF 74 embutida dentro do prolongamento.

A aplicação ilustrativa descrita acima proporciona uma interface de sensor que pode ser utilizada para diagnosticar vários defeitos operacionais em um vagão de carga.

Em uma concretização, a interface de sensor é parte de uma substrato de uretano que é empregado para aperfeiçoar a performance de curva do vagão de carga. O substrato é feito de poliuretano termofixo, especificamente Adiprene L167 da Chemtura Corporation de Middleberry, Connecticut. A seleção do material do substrato é otimizada para a aplicação para a qual ele é pretendido (por exemplo, uma plataforma de direção durável).

Para diagnosticar os vários defeitos de operação no vagão de carga, a interface de sensor resolve e mede as forças estáticas e dinâmicas aplicadas direcionadas para o mesmo verticalmente, longitudinalmente, lateralmente e a partir do movimento de guinada. Ela também está apta a medir a temperatura do adaptador de mancal para avaliar a temperatura do mancal. Adicionalmente, impactos verticais também podem ser medidos.

Devido às altas tensões geradas na interface 12 entre as super-

fícies 14 e 16 na região onde os sensores estão localizados, os fios 30 podem ser suportados e protegidos para resistir ao dano. O suporte é feito a partir de uma poliuretano rígido de 50 Shore D, o qual proporciona uma resistência à tensão relativamente alta comparada com o material do substrato. O uso de poliuretano para o suporte proporciona uma boa ligação com o poliuretano utilizado no substrato, apesar de outros tipos de material poderem ser utilizados.

O suporte pode estar localizado no lado do adaptador de mancal do substrato onde a deformação é minimizada devido ao travamento do substrato com o adaptador do mancal, e ele faz um bom encaixe com o adaptador do mancal para minimizar a flexão do suporte. Canais rebaixados podem ser incluídos no suporte para a fiação, conectores e sensores. Os canais proporcionam algum alívio a partir das altas forças de cisalhamento atuando perpendicular à direção do fio. Os canais para os fios podem ser projetados para meandrar se cisalhamento em várias direções for antecipado. Alívio adicional a partir de altas forças de cisalhamento atuando nos fios, conectores e sensores, é proporcionado envasando-se os mesmos nos canais utilizando poliuretano de cura em temperatura ambiente ou com o próprio material do substrato.

Devido a existir pouca ou nenhuma deformação da fiação no suporte, fios de cobre podem ser utilizados. Estes são soldados dentro dos canais utilizando o composto de envasamento, ou o próprio material do substrato. Uma alternativa é utilizar estruturação direta por laser, um processo desenvolvido pela LPKF de Garbsen, Alemanha, o qual utiliza um material de suporte modificado e um laser para gravar os caminhos da fiação nos canais, com a fiação condutiva sendo formada por operações químicas subsequentes. Um epóxi de prata da AI Technology de Princeton Junction, New Jersey, pode fazer uma conexão eletricamente condutiva entre as peças, e rebites podem fazer uma conexão mecânica através e ao redor de duas peças.

Pelo menos três tipos diferentes de sensores são utilizados para medir três propriedades diferentes. A pressão é medida por um sensor de

pressão piezo-resistivo de película fina da Tekscan de Boston, Massachusetts. A vibração é medida a partir de um sensor de película piezoelétrica da MSI de Hampton, Virginia. A temperatura é medida por um termistor NTC da Epcos de Munique, Alemanha.

5 O armazenamento de energia necessário para funcionar o sistema provém de uma bateria de vida longa fabricada pela Tadiran de Port Washington, New York. Alternativamente, uma película piezoelétrica da MSI de Hampton, Virginia, é utilizada para gerar energia elétrica a partir das vibrações no ambiente para carregar um capacitor. Alternativamente, a energia pode se originar de um sistema de energia do trem, pegando energia a partir dos freios ECP ou pelo uso de elementos magnéticos montados em uma roda e em uma parte adjacente do truque, desse modo fazendo uso do movimento relativo entre as rodas e da armação lateral.

15 Os componentes eletrônicos para este sistema podem ser um chip OEM Crossbow, amplificadores operacionais, circuitos divisores de tensão elétrica, capacitor de armazenamento de energia e uma antena.

Aspectos e Exemplos Ilustrativos Adicionais

20 É um aspecto desta invenção proporcionar proteção para os sensores, bem como para outros componentes mencionados anteriormente por ter os mesmos embutidos dentro do material flexível formando o substrato ou as extensões não sujeitas à tensão do mesmo, os quais podem proporcionar vedação contra umidade, vapor e ataque químico bem como proteção contra extremos de calor e frio, de impacto e colisão.

25 É um aspecto desta invenção que a combinação de sensores embutidos, de unidades de processamento de dados, de dispositivos de comunicação e de fonte interna de energia permita que a invenção funcione de forma autônoma e, adicionalmente, que comunique as leituras de sensor para o exterior sem fazer conexões elétricas por utilizar dispositivos eletromagnéticos, acústicos ou ópticos. Para este último efeito, o substrato pode ser feito totalmente ou incluir um material polimérico translúcido ou transparente.

30 É um aspecto desta invenção que os sensores não afetem de

forma significativa a funcionalidade do substrato no seu papel como um membro de interface compatível, pela modificação de suas propriedades mecânicas ou pela redução de sua durabilidade.

5 É um aspecto desta invenção que o substrato possa ser projetado com propriedades dependentes da posição e não-isotrópicas, tal como possuindo uma rigidez diferente ao longo de eixos diferentes ou uma faixa de movimento diferente dependendo da direção do movimento.

10 É um aspecto desta invenção que o substrato seja tolerante à abrasão e que os sensores sejam protegidos da ação abrasiva nas superfícies fazendo interface do substrato.

O material do substrato pode ser um material elastomérico natural, tal como borracha, ou um polímero sintético, por exemplo, um material termoplástico ou termofixo. É um aspecto desta invenção que materiais de construção para o substrato e para os dispositivos componentes embutidos
15 no mesmo sejam projetados para compatibilidade para proporcionar boa ligação mecânica entre as partes constituintes de modo que as funções mecânicas do substrato não sejam degradadas ou de outro modo comprometidas quando fabricado ou durante o uso devido à separação ou à delaminação dos componentes do substrato.

20 A forma do substrato não está restrita a ser uma chapa plana, mas pode ser qualquer formato adequado como requerido para encher o espaço entre os objetos rígidos fazendo interface. O formato também pode ser feito sob medida para proporcionar o dispositivo para alinhar os objetos bem como para incluir prolongamentos se estendendo a partir do substrato
25 que não são mancal de carga como requerido para alojar componentes diferentes dos sensores. Como indicado acima, estas características preservam a vedação hermética que protege os vários componentes de efeitos ambientais hostis.

30 Desde que o substrato do mancal de carga pode se deformar quando comprimido ou dividido em uma ou mais direções, as ligações de comunicação, por exemplo, a fiação e os conectores ligando os vários componentes uns com os outros devem estar aptos a acomodar as deforma-

ções. Duas estratégias básicas podem ser utilizadas na fiação par atender a este requerimento: (i) criar fiação deformável, ou (ii) proporcionar um suporte para a fiação que resista à deformação. Os conectores, por outro lado, precisam proporcionar ligação mecânica entre a fiação e os componentes e
5 tende a precisar de algum tipo de suporte.

É desejável que a fiação deformável esteja apta a acomodar grandes tensões e altas taxas de cisalhamento enquanto demonstrando uma longa duração de fadiga. Também é vantajoso proporcionar alta condutividade para suportar boa conectividade elétrica. Os fios de preferência possu-
10 em um perfil relativamente baixo para permitir grandes números de fios coexistirem dentro do substrato. Uma mola de aço plana foi vista como sendo ideal em tais aplicações, como também placas de circuito flexíveis, onde uma ondulação foi induzida no substrato flexível, e mesmo polímeros flexíveis condutivos, apesar dos últimos poderem exibir uma alteração significativa na condutividade quando deformados.
15

Quando os fios são suportados para resistir à deformação, o suporte deve ter uma resistência à tensão relativamente alta comparada com o material do substrato ao redor do mesmo. Ele deve ser fino, ter uma alta resistência a cisalhamento e, dependendo da aplicação, deve se ligar bem
20 com o material do substrato. O suporte também deve demonstrar alguma flexibilidade e resistência à fadiga e a grandes forças de compressão. Uma ampla faixa de materiais pode ser utilizada para suportar os fios ou outras ligações de comunicação, tal como poliuretanos duros, náilon contendo vidro, fibra de carbono ou laminados Kevlar® ou mesmo aço. Se o suporte
25 utilizado for condutivo, então os fios devem ser isolados do mesmo.

Qualquer fio pode ser utilizado com um suporte resistente à deformação. Adicionalmente, outras técnicas de fiação também podem ser utilizadas quando não irá ocorrer deformação significativa. Isto inclui utilizar circuitos flexíveis ou estruturação direta por laser (LDS). O último processo
30 envolve criar um suporte com moldagem por injeção padrão, utilizando uma categoria de plástico que pode ser ativada por laser que contém um complexo metal-orgânico. O material é ativado com laser, o qual cria uma camada

semente para o processo de chapeamento por deposição sem corrente subsequente, que desenvolve 5 microns até 8 microns de cobre nas áreas ativadas por laser.

5 A fiação deformável proporciona uma alternativa para a fiação que é suportada onde a deformação é relativamente grande.

O conector utilizado para ligar os fios com os sensores deve proporcionar tanto um caminho altamente condutivo como uma ligação mecânica entre os materiais que pode ser dissimilar (tal como ligação de um fio de metal com um substrato de polímero flexível utilizado para um sensor de película grossa). O conector também deve suportar as temperaturas de processamento utilizadas para fabricar o substrato, bem como regimes de temperatura de operação aos quais o substrato pode ser exposto. O conector também deve demonstrar alguma flexibilidade e boa resistência à fadiga. Epóxi condutivo preenchido com prata proporciona uma excelente escolha
15 neste ambiente exigente.

Enquanto medidores de esforço convencionais contam com a elasticidade de um material de suporte, é vantajoso empregar sensores de medição de tensão na invenção que não sejam dependentes da elasticidade do material do substrato para a sua função. Isto é devido às propriedades
20 realógicas dos materiais de substrato preferidos, os quais geralmente são altamente não-lineares e freqüentemente permitem deformações relativamente grandes.

Outros sensores, tal como sensores de temperatura, acelerômetros, sensores de impacto ou vibração piezelétricos, ou sensores de radiação
25 incidente, são escolhidos para terem efeito mínimo ou desprezível sobre o comportamento do substrato como uma interface compatível.

Se sensores flexíveis, tal como um sensor de película grossa montado em um circuito flexível, forem utilizados, um suporte pode ser requerido. O suporte deve ter propriedades similares a estas descritas para
30 suportar a fiação e os conectores. Em adição, o suporte pode ser utilizado para isolar a percepção em uma direção específica para permitir, por exemplo, que um sensor meça uma carga vertical e não seja afetado por uma for-

ça de cisalhamento lateral.

Os suportes também podem ser utilizados para proporcionar resistência adicional para o sensor, permitindo ao mesmo sobreviver em um ambiente que de outro modo está além de seus limites do projeto mecânico.

5 Os vários componentes, tal como os dispositivos de processamento e de armazenamento de dados, os dispositivos de comunicação e a fonte de energia, de preferência compreendem conjunto de circuitos eletrônicos. Estes dispositivos não precisam ser planos, mas podem ser configurados para combinarem com a geometria do substrato em conformidade com
10 o formato dos objetos rígidos que ele separa.

A unidade de processamento de dados de preferência compreende componentes eletrônicos tal como um microprocessador que proporciona conversão de analógico para digital das saídas do sensor, armazena os dados derivados a partir dos sensores, e sob o comando de software ou
15 de algoritmos embutidos, gerencia as comunicações e proporciona análise local dos dados armazenados.

Enquanto a versão mais simples do substrato de acordo com a invenção pode ser configurada para conexão elétrica direta a partir do exterior do substrato com os sensores embutidos para extrair dados brutos ana-
20 lógicos ou digitais gerados pelos sensores, são obtidos benefícios pela operação em relação aos sinais derivados a partir dos sensores antes da transmissão dos mesmos para o exterior.

Tais operações podem incluir, mas não estão restritas, ao cálculo de média, filtragem para remover componentes de ruído, dimensionamen-
25 to, calibragem não-linear e ajustes de interpretação, análise espectral, combinação das leituras a partir de vários sensores, os quais não são necessariamente do mesmo tipo, extrair inferências acerca de tais leituras, por meios tais como redes neurais, criar avaliações de condições prevaletentes, reduzindo a informação a ser transmitida para remover redundância no fluxo de
30 dados ou criptografar ou codificar a informação para a transmissão segura ou preparação de sinais de alarme.

É uma função adicional dos componentes eletrônicos no subs-

trato que o tempo da aquisição de dados seja controlado para ser apropriado para a aplicação. Por exemplo, algumas aplicações precisam rajadas de dados intensas agrupando atividade enquanto outras precisam medições regulares em intervalos estendidos. A provisão de tal facilidade também permite a conservação de energia elétrica que pode ser limitada. Microprocessadores projetados para os sistemas de controle embutidos podem reverter para estados de repouso com baixo consumo de energia nos quais um relógio ainda proporciona tempo para um retorno para a condição ativa após um intervalo determinado.

Um aspecto adicional de um substrato apto a se comunicar de forma bidirecional é que após a instalação, testes de calibragem podem ser feitos, de modo que os componentes internos são proporcionados com os fatores e ajustes de conversão necessários para converter os dados brutos a partir dos sensores para as magnitudes apropriadas para uso posterior.

É uma função adicional dos componentes eletrônicos no substrato que os dados adquiridos a partir do sensor ou dos sensores possam ser armazenados em um dispositivo de armazenamento de dados, tal como uma memória instantânea, antes do processamento para inferir ou detectar condições prevalecentes, ou após a análise para proporcionar um registro histórico.

As funções do dispositivo de armazenamento de dados podem incluir armazenar dados de calibragem para os sensores, manter dados brutos dos sensores antes de fazer a análise estatística em relação às tendências ou outras avaliações, manter os coeficientes de correlação oriundos de tal análise estatística, manter dados espectrais derivados da análise espectral de dados do sensor anteriormente retidos e manter os resultados de outras análises de inferência para criar um registro histórico que pode ser interrogado para posterior distribuição programada ou sob demanda.

Uma função adicional do dispositivo de armazenamento de dados é armazenar códigos de acesso e chaves de endereço de modo que as redes de dispositivos possam estar aptas a verificar que o tráfego de comunicações, as interrogações e as respostas são legítimos e seguros.

Ainda outra função do dispositivo de armazenamento de dados é proporcionar armazenamento de programas de software extras para uso na unidade de processamento de dados. Tal facilidade permite que os dispositivos possuam um amplo repertório de funcionalidades maior do que pode ser incorporado na própria unidade de processamento de dados. Com programação adequada do sistema operacional para unidade de processamento de dados, esta habilidade pode ser estendida para permitir a reprogramação dos dispositivos após a instalação. Tais funções estão disponíveis como parte do conjunto de aspectos nas redes de sensor sem utilização de fios atualmente fabricadas pela Crossbow, Inc., de San Jose, Califórnia. Estes dispositivos são proporcionados com capacidade de comunicação bidirecional através de conjuntos de circuito de rádio/processador que são controlados através de um sistema operacional. O sistema operacional executa o software que permite aos sensores fazerem interface com o conjunto de circuitos de rádio/processador, e a partir de lá com sistemas de processamento externos, tal como computadores pessoais, assistentes digitais pessoais ou a Internet, bem como com outras redes. O uso de software proporciona maior versatilidade e permite a capacidade de programação dos dispositivos embutidos que podem ser utilizada para alterar a funcionalidade ou para fazer reparos em código danificado ou com defeito.

É uma função adicional dos componentes eletrônicos no substrato que o tempo das transmissões dos dados que são enviados possa ser controlado. Os dados podem ser transmitidos em intervalos planejados anteriormente ou quando da recepção de um sinal a partir do exterior. Por exemplo, o dispositivo pode ser levado a responder a uma requisição por informação como se ele fosse uma etiqueta RFID. O sinal requisitante não tem que ser do mesmo tipo que o sinal de resposta transmitido. Por exemplo, pulsos de luz podem formar a requisição, sendo detectados através do material polimérico translúcido formando o substrato, enquanto a resposta poderia ser por indução eletromagnética. Várias outras combinações podem ser imaginadas como apropriadas para a aplicação.

Embora seja conveniente considerar-se a funcionalidade acima

dos componentes eletrônicos como sendo proporcionada por um microprocessador, isto pode não ser necessário nem econômico. Dependendo da aplicação, como citado acima, as funções requeridas podem ser proporcionadas por um circuito integrado de aplicação específica, por um arranjo de portas programáveis no campo, por um dispositivo de processamento de sinal digital ou por várias combinações dos mesmos incluindo componentes de circuito analógico, bem como componentes discretos lógicos e digitais. A função essencial é estar apto a recuperar as medições a partir dos sensores e preparar as mesmas para a transmissão.

10 A extração de inferências acerca de condições prevalecentes pode ser baseada na comparação das leituras a partir de vários sensores. Por exemplo, um substrato suportando uma carga vertical pode detectar que a carga foi rolada devido às leituras de pressão próximas às bordas opostas do substrato onde variando fora de fase uma com a outra. O comportamento cíclico pode ser um problema mecânico local; o comportamento acíclico pode ser devido a um terremoto ou a outra perturbação.

20 Dado que um substrato pode transmitir e receber sinais, então os substratos podem ser configurados para interagir de modo que as leituras a partir de mais do que um substrato possam ser combinadas. Por exemplo, redes para fins específicos de acordo com padrões para tecnologia de informação, tal como o IEE802.15.4 (Telecommunication and Information Exchange Between Systems, incorporado neste documento por referência) proporcionam a base para tais interações. Tal combinação de informações pode ser processada com uma combinação de microprocessador e rádio, tal como as unidades "Mica" fabricadas pela Crossbow, Inc., de San Jose, Califórnia.

30 Os dispositivos de comunicação embutidos dentro do substrato podem comunicar localmente as leituras de sensor processadas para o exterior sem fazer conexões elétricas pela utilização de dispositivo eletromagnético, acústico ou óptico. Um aspecto deste sistema é que o dispositivo de comunicação pode operar dentro de restrições impostas por sua fonte de energia internamente gerada e pelo armazenamento. Esquemas para a comunicação em frequência de rádio de baixa potência, tal como colocação de

rede em malha, proporcionam uma abordagem para comunicação através de distâncias muito maiores do que esta proporcionada por um único transmissor RF de baixa potência.

5 Um aspecto alternativo desta invenção proporciona comunicação e energia com utilização de fios.

A invenção proporciona a geração interna de energia elétrica suficiente para seu funcionamento através de um período indefinido por meios, tais como pelo resgate de efeitos de pequenos movimentos relativos ou vibrações dos objetos encadeados, utilizando geração piezoelétrica ou microgeradores eletromecânicos ou componentes similares, para energizar os
10 sensores, o conjunto de circuitos eletrônicos e os dispositivos de comunicação mencionados acima quando tal energia é necessária.

Uma alternativa é utilizar energia elétrica termicamente gerada ou geração fotoelétrica, incluindo o uso de uma fonte de energia por laser à
15 medida que e quando necessário.

Um aspecto alternativo desta invenção permite que a energia elétrica requerida seja distribuída por indução eletromagnética, continuamente ou somente quando necessária para fazer uma medição ou extrair dados. Por exemplo, a pequena quantidade de energia necessária poderia ser extraída a partir do campo magnético alternado de um circuito adjacente transportando corrente de rede elétrica.
20

Uma fonte alternativa de energia elétrica é o uso de pequenos componentes radioativos que geram uma geração de carga pequena porém persistente.

25 Uma concretização desta invenção permite que a energia elétrica requerida seja proporcionada por dispositivos eletroquímicos, tal como uma célula de combustível, para a qual o combustível pode ser proporcionado à medida que necessário.

Outra fonte de energia é uma bateria em escala de chip.

30 Também é um aspecto desta invenção que a energia elétrica, se gerada lentamente através de um período estendido, possa ser armazenada por dispositivos eletroquímicos em uma bateria ou por capacitores eletrôni-

cos para uso em ocasiões quando maior energia elétrica for requerida do que é produzida em uma base contínua.

Um aspecto alternativo desta invenção é o uso de uma bateria com alta densidade de energia como um dispositivo de armazenamento de energia não-recarregável. Um exemplo é uma bateria cloreto de lítio tionilo.

REIVINDICAÇÕES

1. Interface de sensor de truque de vagão ferroviário (10) posicionada entre um adaptador de mancal (44) e uma armação lateral (48) de um truque de vagão ferroviário, **caracterizada pelo fato** de que compreende:

5 um substrato flexível (12, 50) possuindo uma primeira superfície que faz interface com o adaptador de mancal (44) e uma segunda superfície que faz interface com a armação lateral (48); e

 pelo menos um sensor (22, 24, 26, 56, 60, 64, 68) embutido dentro do dito substrato flexível (12, 50), o dito sensor sendo adaptado para medir um parâmetro e gerar um sinal elétrico indicativo do dito parâmetro.

10

2. Interface de sensor de truque de vagão ferroviário, de acordo com a reivindicação 1, caracterizada pelo fato de que adicionalmente compreende:

 uma unidade de processamento de dados (28) em comunicação com o dito sensor (22, 24, 26, 56, 60, 64, 68) para receber e processar os ditos sinais;

15

 um dispositivo de comunicação (34) adaptado para transmitir dados a partir da dita unidade de processamento de dados (28); e

 uma fonte de energia (38, 70) proporcionando energia elétrica para o dito sensor (22, 24, 26, 56, 60, 64, 68), para a dita unidade de processamento de dados (28) e para o dito dispositivo de comunicação (34).

20

3. Interface de sensor de truque de vagão ferroviário, de acordo com a reivindicação 1, caracterizada pelo fato de que o dito parâmetro é selecionado do grupo consistindo em diferencial de voltagem, intensidade luminosa, intensidade de som, fluxo de calor, corrente elétrica, difusão de umidade, difusão de espécies químicas, fluxo magnético, fluxo de nêutrons, radiação de ionização, temperatura, deslocamento, velocidade, aceleração, tensão, deformação, pressão e força e combinações dos mesmos.

25

4. Interface de sensor de truque de vagão ferroviário, de acordo com a reivindicação 2, caracterizada pelo fato de que a dita unidade de processamento de dados (28) é embutida dentro do dito substrato (12, 50).

30

5. Interface de sensor de truque de vagão ferroviário, de acordo

com a reivindicação 4, caracterizada pelo fato de que pelo menos uma das ditas primeira e segunda superfícies possui uma pequena depressão (40) posicionada na mesma sobrepondo-se à dita unidade de processamento de dados.

5 6. Interface de sensor de truque de vagão ferroviário, de acordo com a reivindicação 2, caracterizada pelo fato de que o dito dispositivo de comunicação é embutido dentro do dito substrato.

 7. Interface de sensor de truque de vagão ferroviário, de acordo com a reivindicação 6, caracterizada pelo fato de que pelo menos uma das
10 ditas primeira e segunda superfícies possui uma pequena depressão posicionada na mesma sobrepondo o dito dispositivo de comunicação (28).

 8. Interface de sensor de truque de vagão ferroviário, de acordo com a reivindicação 2, caracterizada pelo fato de que a dita fonte de energia (30, 70) é embutida dentro do dito substrato (12, 50).

15 9. Interface de sensor de truque de vagão ferroviário, de acordo com a reivindicação 8, caracterizada pelo fato de que a dita fonte de energia (38, 70) compreende um gerador (70) que deriva energia a partir do movimento relativo entre o dito adaptador de mancal (44) e a dita armação lateral (48).

20 10. Interface de sensor de truque de vagão ferroviário, de acordo com a reivindicação 8, caracterizada pelo fato de que a dita fonte de energia (38, 70) compreende um dispositivo de indução magnética por vibração que deriva energia a partir do movimento da interface de sensor.

 11. Interface de sensor de truque de vagão ferroviário, de acordo com a reivindicação 2, caracterizada pelo fato de que adicionalmente com-
25 preende um prolongamento (72) se estendendo a partir do dito substrato (12, 50) e posicionado externo ao espaço entre o dito adaptador de mancal (44) e a dita armação lateral (48), e em que a dita unidade de processamento de dados (28) e o dito dispositivo de comunicação (34) são embutidos dentro do
30 dito prolongamento (72).

 12. Interface de sensor de truque de vagão ferroviário, de acordo com a reivindicação 11, caracterizada pelo fato de que a dita fonte de ener-

gia (38, 70) é embutida dentro do dito prolongamento (72).

13. Interface de sensor de truque de vagão ferroviário, de acordo com a reivindicação 11, caracterizada pelo fato de que adicionalmente compreende um dispositivo de armazenamento de dados (28) embutido dentro
5 do dito prolongamento (72).

14. Interface de sensor de truque de vagão ferroviário, de acordo com a reivindicação 1, caracterizada pelo fato de que o referido substrato (12, 50) compreende uma plataforma de mancal de carga disposta entre o dito adaptador de mancal (44) e a dita armação lateral (48) de modo a
10 transmitir uma carga entre os mesmos.

15. Interface de sensor de truque de vagão ferroviário, de acordo com a reivindicação 1, caracterizada pelo fato de que o referido substrato é um substrato de suporte de carga elástico.

16. Interface de sensor de truque de vagão ferroviário, de acordo com a reivindicação 1, caracterizada pelo fato de que o dito sensor (22, 24, 26, 56, 64, 68) é configurado para medir um parâmetro do dito substrato (12, 50).
15

17. Interface de sensor de truque de vagão ferroviário, de acordo com a reivindicação 1, caracterizada pelo fato de que a dita interface de sensor (10) é posicionada entre um dito adaptador de mancal e uma armação lateral de modo a ser capaz de passar uma carga do referido adaptador de mancal para a dita armação lateral.
20

18. Interface de sensor de truque de vagão ferroviário, de acordo com a reivindicação 1, caracterizada pelo fato de que compreende múltiplos sensores (22, 24, 26, 56, 60, 64, 68) embutidos dentro do referido substrato.
25

19. Interface de sensor de truque de vagão ferroviário, de acordo com a reivindicação 14, caracterizada pelo fato de que o referido substrato (12, 50) permite movimento do dito adaptador de mancal (44) e a dita armação lateral (48) um em relação ao outro.

20. Interface de sensor de truque de vagão ferroviário, de acordo com a reivindicação 1, caracterizada pelo fato de que o dito substrato (12, 50) compreende uma plataforma de mancal de carga, a dita plataforma sen-
30

do posicionada para suportar e transmitir uma carga entre a dita armação lateral (48) e o referido adaptador (44), a dita plataforma permitindo movimento relativo entre o adaptador e a referida armação lateral.

21. Interface de sensor de truque de vagão ferroviário, de acordo com a reivindicação 20, caracterizada pelo fato de que compreende adicionalmente

uma unidade de processamento de dados (28) em comunicação com o dito sensor (22, 24, 26, 56, 60, 64, 68) para receber e processar os ditos sinais;

um dispositivo de comunicação (34) adaptado para transmitir dados a partir da dita unidade de processamento de dados; e

uma fonte de energia (38, 70) proporcionando energia elétrica para o dito sensor, para a dita unidade de processamento de dados e para o dito dispositivo de comunicação.

22. Interface de sensor de truque de vagão ferroviário, de acordo com a reivindicação 21, caracterizada pelo fato de que a dita unidade de processamento de dados (28) é embutida dentro da referida plataforma.

23. Interface de sensor de truque de vagão ferroviário, de acordo com a reivindicação 21, caracterizada pelo fato de que a referida armação lateral possui uma bolsa de retenção (46) e a referida plataforma é posicionada entre o adaptador de mancal e a armação lateral do dito truque dentro da bolsa de retenção.

24. Truque de vagão ferroviário, **caracterizado pelo fato** de que compreende:

uma armação lateral de truque de vagão ferroviário (48);

um adaptador de mancal (44);

uma interface de sensor (10) disposta entre o referido adaptador de mancal e a dita armação lateral do dito truque, a interface de sensor compreendendo um substrato flexível (12, 50) posicionado para permitir movimento limitado do dito adaptador e da dita armação lateral um em relação ao outro e para transmitir uma carga da referida armação lateral através do dito substrato para o dito adaptador de mancal; e

pelo menos um sensor (22, 24, 26, 56, 60, 64, 68) embutido dentro do referido substrato, o sensor sendo adaptado para medir um parâmetro e gerar um sinal elétrico indicativo do referido parâmetro.

25. Truque de vagão ferroviário de acordo com a reivindicação 24, caracterizado pelo fato de que o referido substrato compreende uma plataforma de mancal de carga.

26. Truque de vagão ferroviário de acordo com a reivindicação 25, caracterizado pelo fato de que a referida armação lateral de vagão ferroviário inclui uma bolsa de pedestal (46), o referido adaptador de mancal sendo posicionado dentro da dita bolsa de pedestal.

27. Truque de vagão ferroviário de acordo com a reivindicação 24, caracterizado pelo fato de que o referido substrato compreende um material elastomérico.

28. Truque de vagão ferroviário de acordo com a reivindicação 24, caracterizado pelo fato de que o substrato possui uma primeira superfície (14) suportando a dita armação lateral e uma segunda superfície (16) suportada pelo referido adaptador de mancal.

29. Truque de vagão ferroviário de acordo com a reivindicação 24, caracterizado pelo fato de que adicionalmente compreende um prolongamento (72) estendendo-se a partir do dito substrato e posicionado externamente a um espaço entre a referida armação lateral e o adaptador de mancal, e em que a dita unidade de processamento de dados, o dito dispositivo de comunicação de dados e a referida fonte de energia sendo embutidos dentro do referido prolongamento.

30. Método para medir e avaliar um parâmetro físico em uma interface entre um adaptador de mancal (44) e uma armação lateral (48) de um truque de vagão ferroviário, **caracterizado pelo fato** de que compreende:

proporcionar um substrato de mancal de carga flexível (12, 50) posicionado entre o dito adaptador de mancal (44) e a dita armação lateral (48) de modo a ser capaz de transferir uma carga entre os mesmos, o dito substrato compreendendo pelo menos um sensor (22, 24, 26, 56, 60, 64, 68)

embutido no mesmo; e

medir o dito parâmetro utilizando o dito sensor, o dito sensor gerando sinais elétricos indicativos do dito parâmetro.

31. Método, de acordo com a reivindicação 30, caracterizado pelo fato de que adicionalmente compreende as etapas de:

proporcionar uma unidade de processamento de dados (28) em comunicação com o dito sensor;

proporcionar um dispositivo de comunicação (34) adaptado para transmitir dados a partir da dita unidade de processamento de dados;

proporcionar uma fonte de energia (38, 70) para energizar o dito sensor, a dita unidade de processamento de dados e o dito dispositivo de comunicação;

a dita unidade de processamento de dados (28) recebendo os sinais a partir do dito sensor;

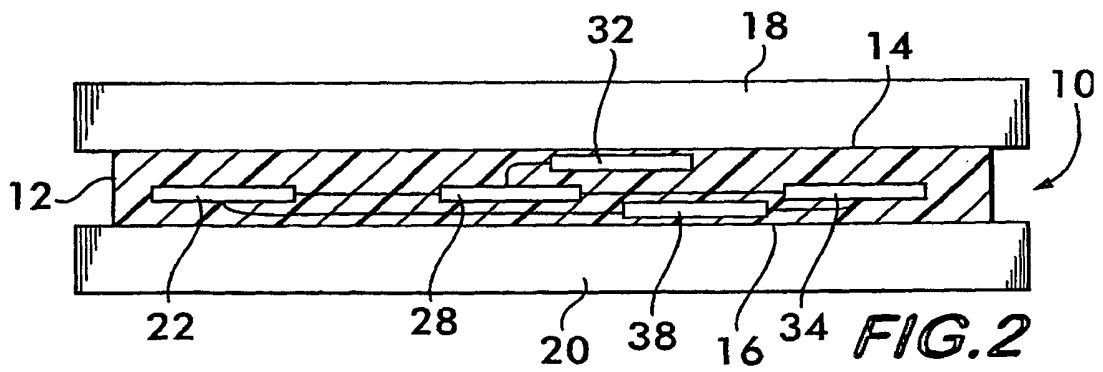
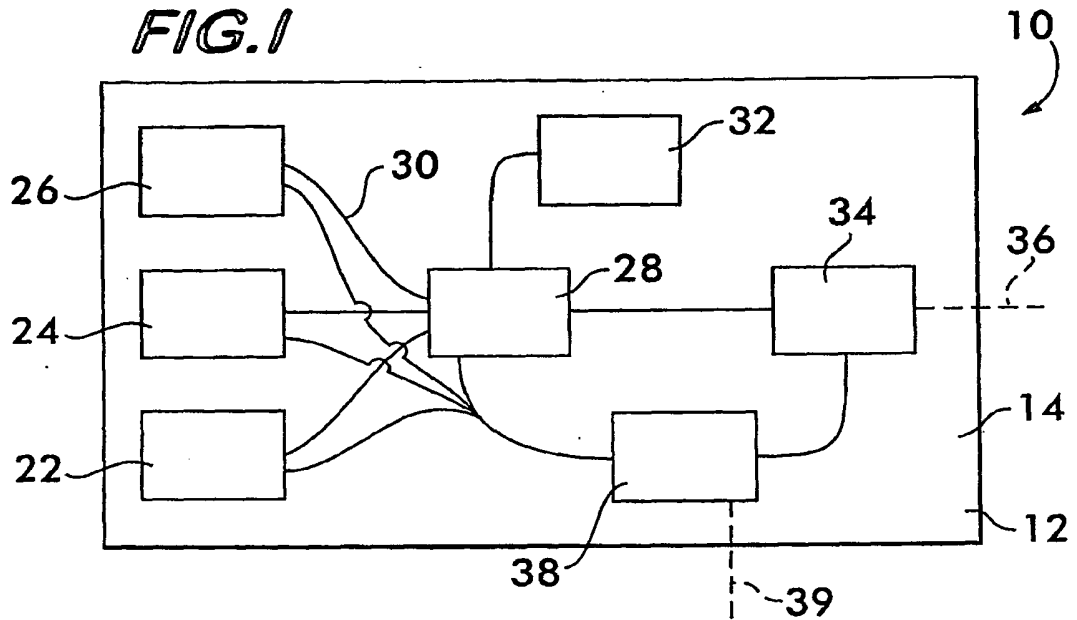
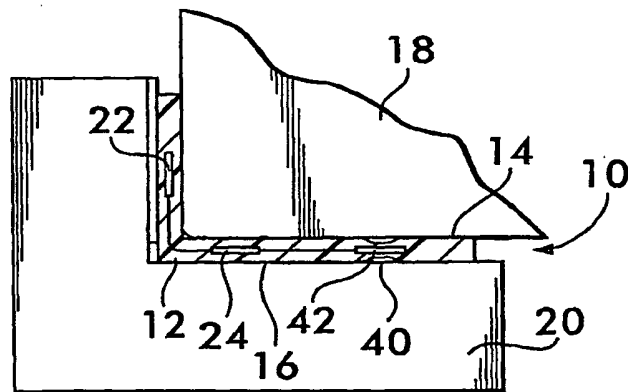
a dita unidade de processamento de dados (28) executando operações em relação aos ditos sinais, as ditas operações selecionadas do grupo consistindo de cálculo de média, filtragem, comparação, dimensionamento, calibragem, análise espectral, criptografia e conversão analógico para digital e combinações das mesmas; e

utilizar o dito dispositivo de comunicação (34) para transmitir informação derivada a partir dos ditos sinais pela dita unidade de processamento de dados (28).

32. Método, de acordo com a reivindicação 30, caracterizado pelo fato de que a dita etapa de medição adicionalmente compreende medir um parâmetro selecionado do grupo consistindo em diferencial de voltagem, intensidade luminosa, intensidade de som, fluxo de calor, corrente elétrica, difusão de umidade, difusão de espécies químicas, fluxo magnético, fluxo de nêutrons, radiação de ionização, temperatura, deslocamento, velocidade, aceleração, tensão, deformação, pressão e força e combinações dos mesmos.

33. Método, de acordo com a reivindicação 30, caracterizado pelo fato de que o dito substrato (12, 50) permite movimento da dita armação

lateral (48) e do referido adaptador de mancal (44), um em relação ao outro.

FIG. 1**FIG. 3**

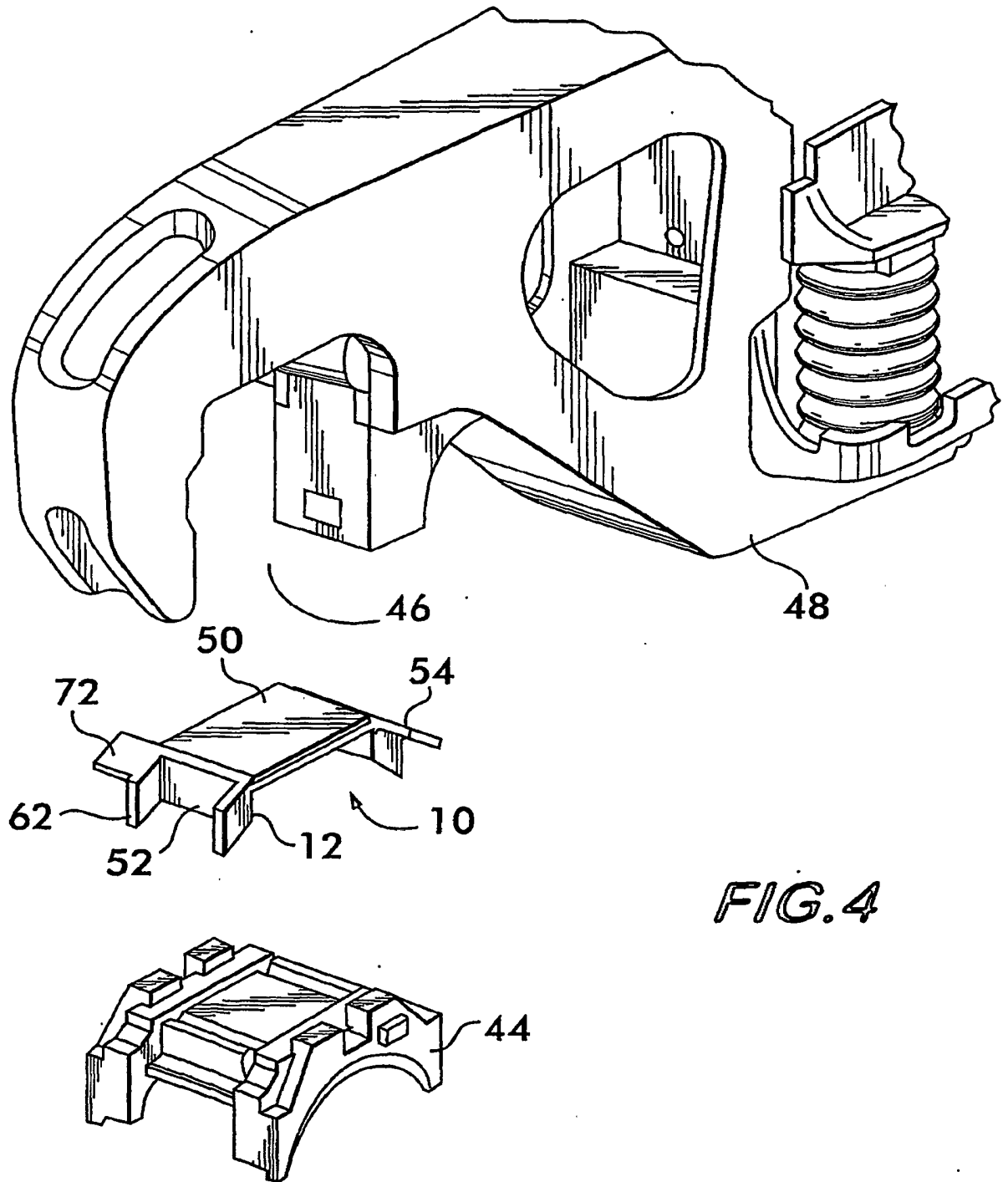


FIG. 4

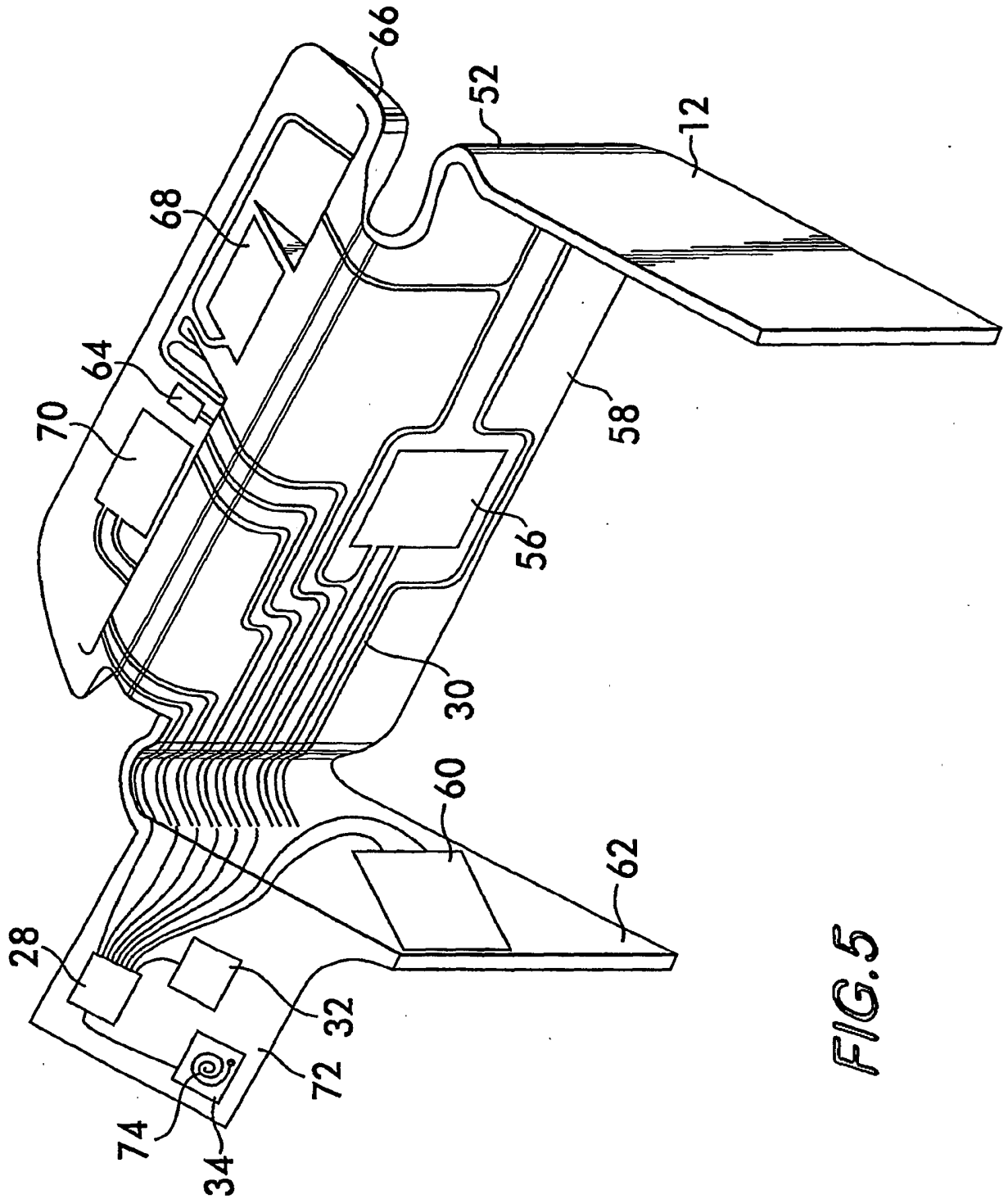


FIG. 5