

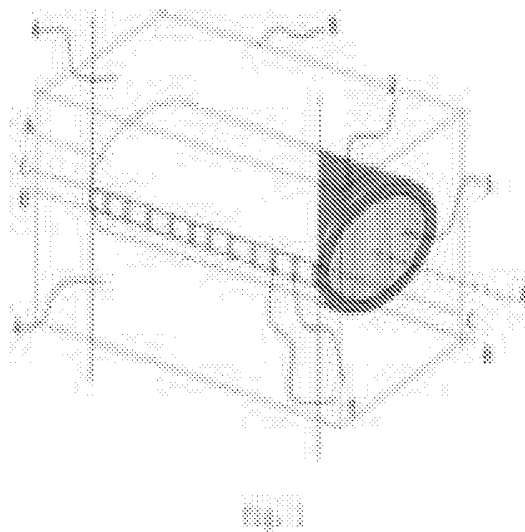
(12) **FASCÍCULO DE PATENTE DE INVENÇÃO**

(22) Data de pedido: <b>2011.02.04</b>	(73) Titular(es): <b>UNIVERSIDADE DO MINHO</b>	
(30) Prioridade(s):	<b>LARGO DO PAÇO 4704-553 BRAGA</b>	<b>PT</b>
(43) Data de publicação do pedido: <b>2012.08.06</b>	(72) Inventor(es):	
(45) Data e BPI da concessão: <b>2013.11.26</b> <b>231/2013</b>	<b>ANDRÉ PAULO DE ALMEIDA WHITEMAN CATARINO</b>	<b>PT</b>
	<b>HELDER MANUEL TEIXEIRA CARVALHO</b>	<b>PT</b>
	<b>MARIA DE JESUS DIAS</b>	<b>PT</b>
	<b>ANA MARIA MOREIRA FERREIRA ROCHA</b>	<b>PT</b>
	(74) Mandatário:	

(54) Epígrafe: **ELÉCTRODOS BASEADOS EM SUBSTRATOS TÊXTEIS**

(57) Resumo:

ELÉTRODO (8) TÊXTIL DE MORILTORIZAÇÃO DE SINAIS VITAIS E SEU PROCESSO DE FABRICO ATRAVÉS DA TRICOTAGEM DE MALHAS DE TRAMA, PELA SUA INCORPORAÇÃO EM PEÇAS DE VESTUÁRIO E PELA SUA UTILIZAÇÃO COMO SENSOR PARA A MEDIÇÃO DE POTENCIAIS ELÉTRICOS DO UTILIZADOR E A RESPECTIVA TRANSMISSÃO PARA UM SISTEMA DE MONITORIZAÇÃO, COMPREENDENDO, AO LONGO DO EIXO CENTRAL (A-A") DO ELÉTRODO (8), UMA REGIÃO CONDUTORA (2), UM SUPORTE PARA O INTERIOR DO TUBO FORMADO PELA REFERIDA REGIÃO CONDUTORA (3), UMA REGIÃO NÃO CONDUTORA (4) QUE SE PROLONGA NA PEÇA DE VESTUÁRIO, FILEIRAS (B, C) DO ELÉTRODO (8), LAÇADAS DE LIGAÇÃO (9) PARA UNIÃO DAS FILEIRAS (B, C).



## RESUMO

### "ELÉTODOS BASEADOS EM SUBSTRATOS TÊXTEIS"

Elétrodo (8) têxtil de monitorização de sinais vitais e seu processo de fabrico através da tricotagem de malhas de trama, pela sua incorporação em peças de vestuário e pela sua utilização como sensor para a medição de potenciais elétricos do utilizador e a respetiva transmissão para um sistema de monitorização, compreendendo, ao longo do eixo central (A-A') do elétrodo (8), uma região condutora (2), um suporte para o interior do tubo formado pela referida região condutora (3), uma região não condutora (4) que se prolonga na peça de vestuário, fileiras (B, C) do elétrodo (8), laçadas de ligação (9) para união das fileiras (B, C).

## DESCRIÇÃO

### "ELÉTRODOS BASEADOS EM SUBSTRATOS TÊXTEIS"

#### **Domínio da Invenção**

A presente invenção refere-se a elétrodos têxteis de monitorização de sinais vitais. Mais especificamente refere-se a um processo de fabrico de elétrodos têxteis através do método de tricotagem de malhas de trama, a sua incorporação em peças de vestuário e a sua utilização como sensores para a medição de potenciais elétricos do utilizador, como ECG, EMG, EEG e a respetiva transmissão para um sistema de monitorização.

#### **Antecedentes da invenção**

Para se proceder à medição de potenciais elétricos, como ECG - eletrocardiograma, EMG - eletromiografia, EEG - eletroencefalografia, é necessário recorrer a elétrodos que ficam em contacto com a pele do utilizador e que permitem a recolha do sinal elétrico, que por sua vez é transmitido a um sistema eletrónico que guarda e/ou visualiza a informação de uma forma resumida ou detalhada.

Nos últimos anos identificam-se duas vertentes para esta monitorização: aplicações clínicas, as quais exigem grande rigor na qualidade do sinal que é recolhido através dos elétrodos e aplicações relacionadas com o bem-estar, como por exemplo desporto. Nesta última vertente os sinais recolhidos, embora devam ser de qualidade, podem não necessitar do mesmo rigor exigido para o caso clínico.

A monitorização destes sinais pode ainda ser separada em sistemas que são portáteis e sistemas que não são portáteis. Estes últimos são especialmente utilizados na atividade clínica, enquanto que os primeiros podem ser usados tanto para recolha de informação com fim exclusivamente clínico e para fins de lazer/desporto para acompanhamento constante de um indivíduo.

Do ponto de vista dos elétrodos, está convencionalmente aceite que estes devem ser constituídos compostos por prata/cloreto de prata (Ag/AgCl) por esta permitir globalmente uma melhor qualidade do sinal. Os elétrodos são assim peças com uma superfície de contacto com a pele em material homogéneo, podendo este ser rígido ou flexível. As principais vantagens dos elétrodos flexíveis são a de melhor se ajustarem à pele e a de poderem ser posicionados em qualquer lugar, uma vez que não se encontram presos a não ser pela conexão ao sistema de medida. Para manter esses elétrodos no lugar correto recorre-se a adesivos e para melhorar a condutividade, ou seja, para diminuir a impedância entre a interface pele e eletrodo é comum o recurso a géis eletrocondutores. Como grande desvantagem apresentam a irritação da pele provocada pelos adesivos após o uso prolongado.

Com o intuito de evitar o recurso a adesivos e tornar a utilização destes sistemas de monitorização mais acessíveis para qualquer utilizador, surgiu a ideia de se integrarem os elétrodos em peças de vestuário.

Diversas soluções foram propostas de elétrodos produzidos a partir de substratos têxteis, designadamente malhas e tecidos. Fios condutores formando estruturas dão origem a elétrodos, os quais ligados aos sistemas de medida permitem

a recolha dos potenciais elétricos. Verificou-se porém que as estruturas têxteis apresentam propriedades elétricas diferentes, quando tensionadas, o que faz com que o sinal elétrico sofra uma perda na sua qualidade. Verificou-se também que para manter o contacto do elétrodo com a pele sem recurso a adesivos a peça de vestuário deve promover alguma compressão para assegurar o correto posicionamento do elétrodo e auxiliar ao contacto permanente com a pele. Para garantir o contacto e, conseqüentemente, a qualidade do sinal, as propostas existentes recorrem a espumas, silicones ou outros produtos que forçam o contacto do elétrodo com a pele.

A interface de ligação/comunicação entre o elétrodo e os sistemas de medida é igualmente fundamental para garantir a qualidade do sinal. Diversas propostas já existem no estado da arte, sendo as mais populares as que recorrem a molas, costura ou colagem. As linhas de dados podem ser constituídas por cabos elétricos normais isolados, anexados às peças de vestuário, por fios condutores costurados nas peças ou por fios condutores integrados na própria peça.

Os sensores podem ser fixados nas peças de vestuário através de costura ou bordado ou criados na própria peça durante a produção em regiões específicas destinadas a serem elétrodos.

No que respeita às estruturas-base dos elétrodos, o conhecimento existente sobre a sua influência na qualidade do sinal é ainda muito incipiente.

A maioria das propostas de elétrodos têxteis existentes utilizam estruturas simples, como tafetá nos tecidos e *rib* nas malhas destinados essencialmente à medição da ECG.

Os documentos de patentes US7474910, US7308294 e US20070127187 descrevem um tipo de elétrodos baseados em têxteis que contém fios condutores e não condutores com elasticidade associada. O eletrodo descrito nestas patentes é composto por duas camadas de tecido, ambas com regiões condutoras, as quais são sobrepostas de modo que o sinal medido pela camada interior condutora seja transmitido para a camada exterior, também condutora. Esta camada de tecido por sua vez encontra-se ligada através de molas ao sistema eletrónico de registo de potenciais bioelétricos. As invenções estão concebidas para medição de sinais ECG. A descrição da estrutura desenvolvida é demasiado vaga, mas os estudos realizados indicaram existir uma interação estrutura - matéria-prima que pode influenciar a qualidade do sinal.

O documento de patente patente US20060183990 descreve um sistema que permite a medição de sinais proveniente de potenciais bioelétricos a partir de elétrodos fixados após o fabrico de uma peça de vestuário. Nada é mencionado a respeito de estruturas, nem a forma de as obter. Nesta invenção dá-se especial ênfase à zona central da peça, uma *t-shirt*, que é construída de modo a exercer uma compressão adequada e garantir deste modo o contacto entre a pele e os elétrodos usados para medir potenciais. A invenção não descreve o método de fabrico dos elétrodos, mas apenas menciona que se tratam de elétrodos têxteis.

O documento de patente US6970731 descreve sensores para a monitorização de sinais vitais produzidos a partir de

têxteis, em tecido ou em malha, podendo ser usados isoladamente ou integrados em peças de vestuário. O sensor é composto por um gel condutor, o substrato têxtil e um conector, ou mola, ao qual se ligam os contactos de um sistema eletrónico. São descritas duas estruturas básicas, uma para tecido - tafetá e outra para malha de trama - *rib* 1x1. Há uma preocupação especial em enfatizar o não recurso a adesivos para unir os elétrodos à pele. Transparece do texto que os elétrodos não são integrados na peça.

O documento de patente US20050034485 apresenta uma peça de vestuário para medição de parâmetros biológicos, que se baseia na colocação de sensores para medição de ECG, compostos por fios têxteis condutores e em pistas formadas por fios condutores elásticos que transportam os sinais com dados e energia a esses sensores. Nada é mencionado acerca do seu processo de fabrico ou da estrutura têxtil utilizada.

O documento de patente WO 2007/050650 descreve processos de fabrico de tecidos e malhas capazes de funcionarem como uma infraestrutura de suporte a sensores destinados à medição de parâmetros vitais de um utilizador. É descrito o posicionamento dos sensores fabricados a partir de fios condutores e utilizando um tear de malha de trama rectilíneo SHIMA SEIKI, com a preocupação de incluir, fabricadas na própria peça, linhas de conexão para transmissão de dados.

O documento de patente WO 2009/013704 apresenta a descrição de um elétrodo de base têxtil, que combina mais do que uma tecnologia de fabrico para a sua criação. O elétrodo consiste em duas camadas sobrepostas, em quem uma delas é em tecido e a outra, em contacto com a pele, é em malha. A

promover o contacto com a pele a invenção apresenta um suporte em gel colocado a seguir a essas duas camadas condutoras, o qual fica preso por uma terceira camada costurada ou unida por outro método ao substrato que serve de suporte a este elétrodo.

O documento de patente US 2007/0083096 apresenta uma peça de vestuário para a monitorização de diversos parâmetros biológicos, entre eles o ECG. Para o efeito recorre à construção de regiões bem determinadas nessa peça de vestuário com fios condutores e fios elásticos, de modo a criar elétrodos. Recorre a teares *rib* para a construção desses elétrodos. Não define exatamente a estrutura que utiliza para criar os elétrodos.

A pesquisa efetuada e os documentos precedentes permitiram identificar as limitações e os problemas relacionados com a construção de elétrodos baseados em substratos têxteis e que a presente invenção se propõe resolver: contacto permanente com a pele; possibilidade de utilização como elétrodo seco; interface/ligação com o sistema de medida; estrutura adequada e completa integração na peça de vestuário.

O método desenvolvido, recorrendo a estruturas de malha específicas, permite tirar partido da flexibilidade e conformabilidade que a malha de trama tem quando em contacto com a pele, bem como da sua tridimensionalidade, conferindo-lhe espessura e garantindo deste modo o contacto permanente com a pele. A sua construção permite igualmente um isolamento adequado bem como acesso facilitado para ligação aos componentes eletrónicos. A sua integração em



peças de vestuário é direta graças à tecnologia têxtil utilizada, especialmente concebida para a produção de vestuário interior. O processo de produção da estrutura dos elétrodos para medição de ECG e EMG é completamente caracterizado para garantir um sinal de qualidade.

### **Descrição Geral**

A presente invenção consiste na criação de um elétrodo de base têxtil capaz de proporcionar a medição de potenciais elétricos, garantindo uma compressão adequada à manutenção do seu contacto com a pele e proporcionando um sinal de qualidade. Tem como potencial aplicação o registo de sinais biológicos como por exemplo a eletrocardiografia - ECG, a eletromiografia - EMG, a eletroencefalografia - EEG, podendo ser aplicado em qualquer outra situação na qual se observe vantagem na sua utilização.

Esta invenção pode ser usada em separado ou integrada numa peça de vestuário, servindo esta última como suporte ao sistema de medição de potenciais elétricos.

Esta invenção caracteriza-se por apresentar um elétrodo têxtil que assume uma forma tridimensional através da formação de uma estrutura tubular, colapsado ou não colapsado, na qual existe uma região pré-definida constituída por fios com características condutoras. Deste modo obtém-se um elétrodo que é suave para com a pele e que assegura um contacto mais eficaz e duradouro. Além disso, a camada isolante que rodeia o elétrodo previne a captação de artefactos e contribui para a criação de um micro-clima na área do sensor ao promover a manutenção da humidade, melhorando deste modo a qualidade do sinal.

A produção do elétrodo consiste no fabrico de uma malha de trama num tear com um ou dois sistemas de agulhas. O processo baseia-se na utilização de fios com características condutoras, fios de base não condutores e fios elastoméricos, por ex. elastano. O processo de fabrico reúne a combinação da entrada e saída dos fios segundo uma determinada ordem, em coordenação com uma determinada estrutura de malha representada por um módulo de repetição. A sequência de fabrico da malha permite a obtenção do efeito de tubo, que ao ser tracionado na direção horizontal e vertical projeta o elétrodo para o exterior da malha, dando origem a uma estrutura tridimensional. O recurso a fios elastoméricos, proporciona o efeito de compressão pretendido, melhorando desta forma o contacto com a pele e assegurando o correto posicionamento do elétrodo.

A matéria-prima utilizada no fabrico do elétrodo é constituída por fios com características condutoras, composto por materiais condutores como o aço inox ou a prata ou polímeros condutores, em conjunto com um fio de características elásticas, como o elastano. No caso do fio com aço inox, este é misturado numa determinada percentagem, com uma outra fibra não condutora, como o poliéster. Um exemplo de um fio com estas características é o fio *Bekitex* da empresa *Beckaert*. No caso do fio de prata, é habitual recorrer-se a um fio formado por filamentos de um polímero, como por exemplo a poliamida, sendo cada um desses filamentos revestido a uma fina camada de prata. O fio resultante pode ou não recobrir um fio elastomérico. No caso de ser um fio de prata sem núcleo elástico, como um elastómero, é preferível este fio que tenha o menor frisado possível, e deverá ser plano de modo a obter um elétrodo

mais estável. Exemplos de fios com estas características são os fios *Elitex*. O fio elastomérico irá contribuir para, por um lado contrariar a extensibilidade da malha e por outro reforçar o efeito de projeção para a terceira dimensão.

Os principais obstáculos no fabrico de elétrodos têxteis são as características mecânicas do fio condutor e da matéria-prima que o constitui. Assim, o fio deverá ter baixa rigidez à flexão e resistência à tração adequada para que seja capaz de fletir e suportar as forças de tração a que será submetido no tear e durante a sua utilização posterior. Deverá possuir ainda alguma elasticidade, que lhe permita recuperar a forma inicial após a remoção de uma força de tração. O diâmetro do fio deve ser compatível com as dimensões das agulhas usadas para o fabrico da malha. Exemplos de fios com estas características são os fios compostos por multifilamentos sintéticos e fibras de aço inox, fios com alma condutora, fios sintéticos dopados com substâncias condutoras (p.ex. carbono) ou fios compostos por filamentos sintéticos revestidos a prata. Selecionaram-se dois tipos de fio para fabricarem os elétrodos: um fio baseado numa mistura de poliéster (variável, em particular 80%) com aço inox (variável 10-30%, em particular, 15-25%, em particular 20%), e outro fio baseado em poliamida revestida a prata, recobrimdo um monofilamento de elastano. Destas experiências resultaram as primeiras versões dos elétrodos para ECG, EMG.

Uma das características das malhas de trama mais relevantes é a sua elasticidade, em particular no sentido horizontal. O elétrodo, como parte integrante da malha, irá sofrer extensões provocadas por forças de tração. Estas extensões

podem causar os seguintes efeitos: aumentar a área de medição e alterar a distância entre elétrodos; alterar significativamente as propriedades condutoras dos elétrodos e demorar demasiado tempo a recuperar a sua dimensão original após a remoção da força de tração - diminuir a recuperação elástica. Estes fenómenos importam ser bem caracterizados.

A manutenção do contacto do eléctrodo com a pele é um requisito para garantir a qualidade do sinal: na EMG de superfície é habitual recorrer-se à limpeza da pele e à aplicação de gel condutor para reduzir a impedância entre a pele e o eléctrodo. Para evitar o deslocamento do eléctrodo é vulgar o recurso a adesivos.

Na presente invenção, a manutenção do contacto e posicionamento correto do eléctrodo serão assegurados, sem recurso a adesivo, através da compressão promovida pela tridimensionalidade da estrutura e pela combinação de fios do eléctrodo. Em situações em que existe um risco acrescido de perda de contacto do eléctrodo com a pele, como por exemplo em atividades físicas intensas, a robustez do contacto pode ser aumentada acrescentando um elemento de suporte, preferencialmente uma espuma ou um silicone flexível. Este elemento, inserido à posteriori dentro do tubo formado pelo eléctrodo forçará o contacto com a pele.

O isolamento do eléctrodo é conseguido pela aplicação de um produto isolante, como um silicone com propriedades elásticas. O isolante é aplicado na parte exterior da malha que contém o eléctrodo e do lado de interior, nos limites do eléctrodo, mais concretamente na região de interface. A adição deste isolante potencia também a retenção de humidade no espaço compreendido pelo eléctrodo, melhorando

assim a qualidade do sinal. As estruturas representadas na figura 14 (a) a (k) apresentaram uma qualidade de sinal muito próximo ao dos elétrodos convencionais.

O elétrodo proposto pode ser ligado a cabos elétricos ou a pistas formadas por fios condutores tricotados na própria malha para a transmissão do sinal a um sistema eletrônico. Para o efeito a sequência de construção das pistas proporciona acesso aos fios condutores que podem ser unidos por encravamento, colagem ou qualquer outro processo de fixação/ligação.

Como exemplo, dois elétrodos têxteis (referidos de seguida como versão aberta e versão fechada) são apresentados. Tanto do ponto de vista da impedância elétrodo-pele como do ponto de vista de aplicação concreta do sinal registado com o músculo em esforço e em repouso, verificou-se que os resultados são semelhantes aos obtidos com os elétrodos rígidos ou flexíveis comercialmente disponíveis. Os elétrodos assim fabricados podem ser utilizados em qualquer aplicação em que se pretenda medir sinais elétricos de origem biológica, como por exemplo a eletromiografia (EMG), eletrocardiografia (ECG), entre outros.

### **Breve descrição das figuras**

Figura 1 - Ilustração em perspetiva do elétrodo (8) fechado em forma de tubo de eixo central AA' com os respetivos pontos de união (9) entre as fileiras B e C; em que (2) corresponde à região condutora; (3) ao suporte para o interior do tubo formado pela região condutora (2) e a região não condutora (4).

Figura 2. Vista do direito técnico do elétrodo (8) em versão aberta, em que (2) corresponde à região condutora; (4) à região não condutora; (5) região condutora de interface com a não condutora e (8) elétrodo.

Figura 3. Vista do avesso técnico do elétrodo (8) em versão aberta, com o pormenor dos fios condutores (6) acessíveis para ligação às linhas de dados, em que (2) corresponde à região condutora e (4) à região não condutora;

Figura 4. Vista de lado da secção do elétrodo (8) em versão aberta, com inclusão da camada isolante ou isoladora (1) aplicada no direito e no avesso técnico; (2) a região condutora; (4) a região não condutora e (5) a região condutora de interface com a não condutora;

Figura 5. Vista de lado da secção do elétrodo (8) em versão aberta com os fios condutores acessíveis (6) e a camada isolante (1) aplicada no direito e no avesso técnico; em que (2) corresponde à região condutora; (4) à região não condutora e (5) à região condutora de interface com a não condutora.

Figura 6. Vista do direito técnico do elétrodo (8) em versão aberta com o detalhe da união entre as fileiras B e C em que (2) corresponde à região condutora; (4) à região não condutora e (5) à região condutora de interface com a não condutora.

Figura 7. Vista lateral da secção do elétrodo (8) fechado em forma de tubo que contém a região condutora (2) e a região não condutora (4).

Figura 8. Vista lateral de secção do elétrodo (8) fechado em forma de tubo com o elemento de suporte interior (3), a região condutora (2) e a região não condutora (4).

Figura 9. Vista lateral de secção do elétrodo (8) fechado em forma de tubo, em que (3) é o elemento de suporte interior; (1) o material isolante aplicado no direito técnico da malha, (2) a região condutora e (4) a região não condutora.

Figura 10. Vista lateral de secção do elétrodo (8) fechado em forma de tubo em que (3) é o elemento de suporte interior, (1) o material isolante aplicado no direito e no avesso técnico da malha, (2) a região condutora e (4) a região não condutora.

Figura 11. Ilustração da aplicação do elétrodo (8) em versão aberta para a medição de ECG em que (9) corresponde às laçadas de ligação para união das fileiras B e C; (10) os canais para integração de cabos condutores de sinais elétricos; (11) os cabos ou fios condutores de sinais elétricos e (12) a peça de vestuário de suporte de base não condutora e com propriedades elásticas.

Figura 12. Ilustração da aplicação do elétrodo (8) em versão aberta para medição de EMG de superfície, por ex. na perna e coxa, em que (12) corresponde à peça de vestuário de suporte e (13) às linhas de dados formadas por cabos condutores isolados ou pistas tricotadas com fio condutor e eletricamente isoladas .

Figura 13. Pormenor de utilização de elétrodos (8) para medição de EMG de superfície nos músculos da coxa, em que (12) é a peça de vestuário de suporte e (13) linhas de dados formadas por cabos condutores isolados ou pistas tricotadas com fio condutor e eletricamente isoladas.

Figura 14. Módulos de repetição das estruturas de malha utilizadas na produção dos elétrodos (8), em que as linhas

horizontais representam as fileiras, as linhas verticais as colunas, (14) representa a laçada normal (15) a laçada carregada e (16) a laçada flutuante.

### **Descrição detalhada da invenção**

A presente invenção recorre a teares circulares *seamless* (sem costuras) com um sistema de agulhas. A utilização deste tear permite produzir o elétrodo com a forma pretendida, na posição requerida na peça de vestuário e com propriedades únicas de estabilidade e elasticidade. Desta forma, com esta tecnologia será possível desenvolver elétrodos para eletrocardiografia, eletromiografia e qualquer outro tipo de medição de potencial elétrico, bastando para tal definir as dimensões, forma e posicionamento adequados.

No caso da medição da atividade muscular através da EMG de superfície, os elétrodos deverão estar alinhados com os feixes das fibras musculares. Esta tecnologia permite também o fabrico dos elétrodos com o alinhamento que se pretender, satisfazendo assim o requisito anterior. Os elétrodos ficam deste modo embebidos na própria malha, fazendo parte integrante da estrutura têxtil, com as vantagens de conforto que poderão proporcionar ao utilizador. São potencialmente reutilizáveis, permitem operações de limpeza e manutenção sem perda das suas funções.

A figura 1 apresenta o elétrodo em perspetiva, na versão tubo. Pode-se identificar a camada condutora (2) que é composta pelo fio condutor e por elastano; o elemento de suporte opcional (3) que aumenta a capacidade de contacto



do elétrodo com a pele; (4) a malha que suporta o elétrodo, constituída por material não condutor e elastano. As figuras 2 e 3 ilustram como o elétrodo é construído durante a produção no tear. O fio não condutor que se encontra em (4) é trocado pelo fio condutor que se encontra em (2) e em (5) sempre que se pretender produzir o elétrodo. O elétrodo obtém-se a partir da sequência de ações que se passa a apresentar e aplica-se em qualquer módulo de repetição, como os que se encontram ilustrados na figura 14: Na fileira onde se pretende formar o elétrodo,

a) criar uma primeira fileira de fio não condutor e reter essa fileira em agulhas alternadas, a cada três agulhas, para posteriormente ser descarregada numa nova fileira e formar o eléctrodo em forma de tubo;

b) o fio condutor desce à posição de tricotagem, juntando-se ao fio não condutor que nesse momento se encontra a alimentar as agulhas formando a região (5);

c) o fio condutor sai da zona de tricotagem de modo a formar uma flutuação com esse fio, originando o fio para ligação (6);

d) o fio condutor volta a descer à posição de tricotagem, juntando-se ao fio não condutor que nesse momento se encontra a alimentar as agulhas;

e) O fio não condutor sai da zona de tricotagem após a passagem de 5 a 10 agulhas, de modo a garantir uma ligação entre o fio de base e o fio condutor;

f) A porção condutora (2) do elétrodo (8) é executada com base na estrutura definida por um dos módulos de repetição ilustrados na figura 14;

- g) Após o fabrico da porção condutora (2) respeitante ao elétrodo (8), o fio não condutor entra novamente na zona de tricotagem, juntando-se ao fio condutor;
- h) O fio condutor sai da zona de tricotagem após a passagem por 5 a 10 agulhas para garantir a união com o fio não condutor;
- i) As facas existentes no disco do tear encarregam-se de cortar o excedente de fio, formando-se assim a região não condutora (4) do outro lado do elétrodo;
- j) O fio de elastano nunca sai da zona de tricotagem;
- k) Descarregar a fileira previamente armazenada nas agulhas na nova fileira que entretanto se forma com fio não condutor, dando origem à forma tubular.

A entrada e saída de fio condutor no início da tricotagem permite deixar fio condutor para ligação (6) a condutores normais, blindados ou não blindados, recorrendo a qualquer método de união, condutores esses que transportam o sinal elétrico ao sistema de condicionamento de sinal. Nos exemplos ilustrados nas figuras 11, 12, e 13 recorreu-se numa realização preferencial à união por encravamento e posterior isolamento com silicone ou com teflon. O condutor usado na aplicação para transmitir o sinal recebido pelo elétrodo é baseado em multifilamentos de cobre revestido com uma camada de silicone.

É possível ainda utilizar outros métodos de união como por exemplo: (i) o sistema de fixação por mola; (ii) cola condutora; (iii) cola isoladora ou (iv) uma zona tricotada com fio condutor. Neste último caso (iv), imediatamente antes do fabrico do elétrodo, executa-se uma estrutura em *locknit* (ou ponto preso) com fio condutor a qual definirá

uma área que será utilizada para cravar por exemplo uma mola condutora. O fio condutor é depois conectado ao eletrodo através dessa mola. Um outro método de ligação dos eletrodos ao sistema eletrônico de condicionamento baseia-se na tricotagem de um conjunto de fileiras com fio condutor - pistas condutoras, até à zona de produção do eletrodo, passando essa pista a funcionar como condutor. Essa pista pode ou não estar isolada do exterior para efeitos de isolamento elétrico.

Na figura 4 pode-se observar o aspeto do eletrodo em corte segundo o eixo AA' representado na figura 2 e 3. Identificam-se duas regiões não condutoras (4), antes e depois da primeira região com fio condutor (5), os fios condutores de ligação (6) e o eletrodo (8). A aplicação de uma camada isolante (1) de silicone pode ser efetuada apenas no direito técnico - área maior por baixo da região condutora (2) do eletrodo (8) mas também no avesso técnico - área menor dos lados da região condutora (2) do eletrodo. O fio condutor para ligação (6) é cortado após fabrico, encontrando-se devidamente identificado na figura 5.

O módulo de repetição pode ser realizado na direção horizontal e vertical dentro da região condutora (2) do eletrodo (8) e o número de vezes que for necessário para se executar o eletrodo com a dimensão e forma que se pretende.

Para se obter um eletrodo como a figura 1 apresenta, o qual se projeta para a terceira dimensão, é necessário ligar as fileiras B e C que se encontram identificadas nas figuras 2 e 3. Assim, e seguindo os passos já descritos anteriormente e ilustrados pelas figuras 2 e 3, segue-se um passo adicional que é ilustrado pelas figuras 6 e 7.

Nessas figuras, pode-se observar que a ligação realizada entre as fileiras B e C permite a criação de um tubo cilíndrico com o eixo AA'. Esta operação de ligação é efetuada com uma estrutura específica na qual algumas agulhas do tear retêm a laçada e deixam de trabalhar enquanto as regiões descritas por (2), (4) e (5) são formadas. No final, todas as agulhas voltam a trabalhar, dando origem ao tubo que se encontra ilustrado nas figuras 1 e 7. Na figura 1 é possível observar os pontos de união (9) entre as fileiras B e C, assim como a região condutora (2) do eletrodo e as duas regiões não condutoras (4) que o limitam. As figuras 7, 8, 9 e 10 apresentam as diferentes variantes que são possíveis de obter a partir da construção ilustrada nas figuras 6 e 7. Verifica-se que a forma tubular resulta do elemento de suporte interior (3), da região condutora (2) e da região não condutora (4), que formam uma união ao longo do comprimento da malha (da direita para a esquerda) resultante da ligação por descarregamento da fileira retida numa nova fileira formada após a criação da região de malha condutora (2).

Assim, na figura 8 pode-se observar em corte transversal o tubo criado que constitui o eletrodo e as duas regiões não condutoras (4) que o limitam. A adição de um elemento suporte (3) para aumento da espessura do eletrodo pode ser observada na figura 9. Esse elemento de suporte é inserido à posteriori através do espaço gerado pela formação do tubo. Ao eletrodo pode ainda ser aplicada uma camada isolante ou isoladora (1) no direito e na região do eletrodo conforme ilustra a figura 9, ou no avesso técnico conforme mostra a figura 10, obtendo-se deste modo a versão

mais completa do mesmo e otimizando a respectiva forma tridimensional.

A figura 11 ilustra uma aplicação do eléctrodo para medição de sinais ECG. Os eléctrodos são ilustrados nas figuras 2 a figura 5 e as ligações ao sistema de medida foram realizadas por processo de encravamento mecânico dos fios de ligação (6) a condutores eléctricos, sendo essa conexão posteriormente isolada com silicone. Os fios portadores do sinal ECG viajam por canais (10) especialmente desenhados na peça de vestuário. De referir que esta peça e os eléctrodos foram fabricado em simultâneo. As figuras 12 e 13 ilustram eléctrodos EMG da mesma natureza dos ECG, mas com dimensões adequadas à medição EMG, conforme indicações do SENIAM. Os eléctrodos estão também ligados a cabos de dados que viajam por canais (13) e (10) especialmente desenhados na peça de vestuário. De referir que os eléctrodos e a peça foram fabricados em simultâneo.

A figura 14 representa módulos de repetição das estruturas de malha utilizadas na produção dos eléctrodos (8), em que as linhas horizontais representam as fileiras, as linhas verticais as colunas, (14) representa a laçada normal (15) a laçada carregada e (16) a laçada flutuante. Em termos de produção (a) produz-se com um módulo de 4 fileiras por 5 colunas, na 1ª e 3ª alimentação as três primeiras agulhas flutuam e as restantes duas formam laçada normal, na 2ª e 4ª alimentação todas as agulhas formam laçada normal; (b) é um módulo de 8 fileiras por 5 colunas, em que na 1ª, 3ª, 5ª e 7ª alimentações todas as agulhas flutuam, na 2ª e 6ª alimentações as três primeiras agulhas flutuam e as restantes duas formam laçada normal e na 4ª e 8ª alimentações todas as agulhas formam laçada normal; (c) é

um módulo composto por 16 fileiras e 4 colunas, onde na 1ª alimentação todas as agulhas formam laçada normal e da 2ª à 16ª alimentações as duas primeiras agulhas formam laçada normal, enquanto que 3ª e 4ª agulha não formam laçada; (d) módulo jersey, no qual todas as agulhas forma laçada normal; (e) módulo conhecido por pique simples, cujo módulo é formado por 2 fileiras e duas colunas e as agulhas alternam entre laçada normal e laçada carregada; (f) é um módulo conhecido por locknit, cujo módulo é formado por 2 fileiras e duas colunas e as agulhas alternam entre laçada normal e laçada flutuante; (g) é um módulo composto por 8 fileiras e 3 colunas, onde na 1ª alimentação todas as agulhas formam laçada normal e da 2ª à 8ª alimentações a primeira agulha forma laçada normal, enquanto que a 2ª e 3ª agulha não formam laçada; (h) é um módulo composto por 4 fileiras e 2 colunas, onde na 1ª alimentação todas as agulhas formam laçada normal e da 2ª à 4ª alimentações a primeira agulha forma laçada normal, enquanto que a 2ª agulha não forma laçada; (i) é um módulo representado por 4 fileiras e 4 colunas, no qual, para a 1ª e 3ª alimentação as três primeiras agulhas não formam laçada e a 4ª forma laçada normal, na 2ª e 4ª alimentação todas as agulhas formam laçada normal; (j) é um módulo composto por 4 fileiras e 4 colunas, e no qual, para a 1ª alimentação a 2ª agulha forma laçada normal e as restantes laçada flutuante, para a 3ª alimentação a 4ª agulha forma laçada normal e as restantes laçada flutuante e, na 2ª e 4ª alimentação todas as agulhas formam laçada normal; (k) é um módulo constituído por 4 fileiras e 4 colunas onde na 2ª e 4ª alimentação todas as agulhas formam laçada normal, na 1ª alimentação as duas primeiras agulhas formam laçada normal e as duas últimas laçada flutuante e finalmente na 3ª

alimentação as primeiras duas agulhas formam laçada flutuante e as duas últimas agulhas formam laçada normal.

Conforme mencionado anteriormente, os elétrodos são produzidos num tear *seamless*. A alimentação do fio deverá ser realizada com um dispositivo alimentador de fio adequado à alimentação intermitente, como sucede com este tipo de tear. As tensões de alimentação do fio que constitui o eletrodo dependerão das características do fio condutor, nomeadamente da sua massa linear. Assim deve-se utilizar numa realização preferencial uma tensão de entrada entre 0,1 a 0,15 cN/tex, com um mínimo de 2 cN. A tensão de alimentação do elastano dependerá igualmente da sua massa linear, com tensões a variar numa realização preferencial entre 2 a 4 cN. O alimentador a utilizar com este tipo de filamento numa realização preferencial deverá ser eletrónico, capaz de regular em tempo real a tensão de entrada do fio de elastano. O fio de base, que delimita o eletrodo pode ser composto por qualquer matéria-prima, alimentado com um sistema capaz de funcionar em condições de alimentação intermitente e com uma tensão de entrada regulada com anteriormente mencionado. No caso apresentado a tensão de entrada de referência foi de 2 cN, uma vez que o fio utilizado apresentava uma massa linear inferior a 20 tex.

O método descrito permite ainda o fabrico dos chamados *arrays* de elétrodos, utilizados por exemplo na medição de EMG. O processo de fabrico é semelhante ao anteriormente descrito. A diferença reside na introdução de fileiras de fio base entre elétrodos. O número de fileiras a introduzir para intervalar os elétrodos dependerá das características dos fios utilizados e do próprio tear, para além de

especificações definidas pelo utilizador final ou por qualquer organismo oficial, como por exemplo o SENIAM. Para o tear utilizado fabricaram-se arrays de elétrodos para EMG com oito elétrodos, espaçados de 1 cm entre cada par de elétrodos, conforme é especificado pelo organismo acima citado. Estes elétrodos foram depois ligados por encravamento a linhas condutoras de cobre ao sistema de condicionamento de sinal desenvolvido para o efeito.

Guimarães, 03 de outubro de 2013



## REIVINDICAÇÕES

1- Um eletrodo têxtil (8) para medição de potenciais elétricos de um utilizador caracterizado por compreender:

- malha de trama com forma tubular tridimensional, colapsado ou não colapsado, que compreende uma região condutora (2) delimitada por regiões não condutoras (4), sendo o eletrodo composto por fios condutores, fios não condutores e fios elásticos;

- opcionalmente um elemento de suporte (3) no seu interior.

2- Eletrodo de acordo com a reivindicação anterior caracterizado por os fios condutores compreenderem aço inox ou prata.

3- Eletrodo de acordo com a reivindicação anterior caracterizado por os fios condutores com aço inox compreenderem uma fibra não condutora misturada com o referido aço inox, em que da referida mistura o aço inox é 10-30%.

4- Eletrodo de acordo com a reivindicação anterior caracterizado por da referida mistura o aço inox ser 15-25%.

5- Eletrodo de acordo com a reivindicação anterior caracterizado por da referida mistura o aço inox ser cerca de 20%.

6- Eléttrodo de acordo com a reivindicaçãõ 2 caracterizado por os fios condutores com prata compreenderem filamentos de polímero em que os filamentos estão revestidos pela referida prata.

7- Eléttrodo de acordo com a reivindicaçãõ anterior caracterizado por o referido polímero ser poliamida.

8- Eléttrodo de acordo com a reivindicaçãõ 1, caracterizado por o elemento de suporte (3) ser em espuma ou silicone.

9- Eléttrodo de acordo com qualquer uma das reivindicações 1 a 8 caracterizado por compreender uma camada isolante (1) na periferia da regiãõ de interface no lado interior da peça de vestuário.

10 - Eléttrodo de acordo com qualquer uma das reivindicações 1 a 9 caracterizado por compreender uma camada isolante (1) sobre a regiãõ de interface no lado exterior da peça de vestuário.

11 - Eléttrodo de acordo com as reivindicações 9 ou 10 caracterizado por o material isolante ser silicone.

12- Método de produçãõ de eléttrodo que compreende malha de trama com forma tubular tridimensional que compreende uma regiãõ condutora (2) delimitada por regiões não condutoras (4), sendo o eléttrodo composto por fio condutor, fio não condutor e fio elástico, sendo o eléttrodo conforme descrito em qualquer uma das reivindicações 1 a 11, caracterizado por, na fileira onde se pretende formar o eléttrodo no tear, compreender os seguintes passos:

- criar uma primeira fileira de fio não condutor e reter essa fileira em agulhas alternadas, a cada três agulhas, para posteriormente ser descarregada numa nova fileira e formar o elétrodo em forma de tubo;
- colocar o fio condutor na zona de tricotagem do tear, adicionando-se ao fio não condutor que se encontra a alimentar as agulhas do tear;
- retirar o fio condutor da zona de tricotagem de modo a formar uma flutuação com esse fio, originando o fio para ligação (6);
- colocar novamente o fio condutor na posição de tricotagem, adicionando-se ao fio não condutor que nesse momento se encontra a alimentar as agulhas;
- retirar o fio não condutor da zona de tricotagem algumas agulhas mais tarde, de modo a garantir uma ligação entre o fio não condutor e o fio condutor;
- executar a porção condutora (2) do elétrodo (8) com base em módulos de repetição de uma ou mais de laçada flutuante (16), laçada carregada (15) ou laçada normal (14), ou suas combinações;
- adicionar novamente o fio não condutor à zona de tricotagem, juntando-se ao fio condutor;
- retirar o fio condutor da zona de tricotagem algumas agulhas mais tarde, de modo a garantir uma ligação entre o fio não condutor e o fio condutor;
- cortar o excedente de fio, formando-se assim a região não condutora (4) do outro lado do elétrodo (8); sendo que o fio elástico se mantém na zona de tricotagem ao longo dos passos anteriores;
- descarregar a fileira previamente armazenada nas agulhas na nova fileira que entretanto se forma com fio não condutor, dando origem à forma tubular.

13- Método de acordo com a reivindicação anterior caracterizado por os módulos de repetição a executar na porção condutora (2) do eletrodo (8) compreenderem as estruturas de:

- módulo de 4 fileiras por 5 colunas (a) em que na 1<sup>a</sup> e 3<sup>a</sup> alimentação as três primeiras agulhas flutuam e as restantes duas formam laçada normal, na 2<sup>a</sup> e 4<sup>a</sup> alimentação todas as agulhas formam laçada normal;

- módulo de 8 fileiras por 5 colunas (b) em que na 1<sup>a</sup>, 3<sup>a</sup>, 5<sup>a</sup> e 7<sup>a</sup> alimentações todas as agulhas flutuam, na 2<sup>a</sup> e 6<sup>a</sup> alimentações as três primeiras agulhas flutuam e as restantes duas formam laçada normal e na 4<sup>a</sup> e 8<sup>a</sup> alimentações todas as agulhas formam laçada normal;

- módulo composto por 16 fileiras e 4 colunas (c) onde na 1<sup>a</sup> alimentação todas as agulhas formam laçada normal e da 2<sup>a</sup> à 16<sup>a</sup> alimentações as duas primeiras agulhas formam laçada normal, enquanto que 3<sup>a</sup> e 4<sup>a</sup> agulha não formam laçada;

- módulo conhecido como jersey (d), no qual todas as agulhas forma laçada normal;

- módulo pique simples (e), formado por 2 fileiras e 2 colunas e as agulhas alternam entre laçada normal e laçada carregada;

- módulo locknit (f), formado por 2 fileiras e 2 colunas e as agulhas alternam entre laçada normal e laçada flutuante;

- módulo composto por 8 fileiras e 3 colunas (g), onde na 1<sup>a</sup> alimentação todas as agulhas formam laçada normal e da 2<sup>a</sup> à 8<sup>a</sup> alimentações a primeira agulha forma laçada normal, enquanto que a 2<sup>a</sup> e 3<sup>a</sup> agulha não formam laçada;

- módulo composto por 4 fileiras e 2 colunas (h), onde na 1ª alimentação todas as agulhas formam laçada normal e da 2ª à 4ª alimentações a primeira agulha forma laçada normal, enquanto que a 2ª agulha não forma laçada;

- módulo representado por 4 fileiras e 4 colunas (i), no qual, para a 1ª e 3ª alimentação as três primeiras agulhas não formam laçada e a 4ª forma laçada normal, na 2ª e 4ª alimentação todas as agulhas formam laçada normal;

- módulo composto por 4 fileiras e 4 colunas (j), no qual, para a 1ª alimentação a 2ª agulha forma laçada normal e as restantes laçada flutuante, para a 3ª alimentação a 4ª agulha forma laçada normal e as restantes laçada flutuante e, na 2ª e 4ª alimentação todas as agulhas formam laçada normal;

- módulo constituído por 4 fileiras e 4 colunas (k), onde na 2ª e 4ª alimentação todas as agulhas formam laçada normal, na 1ª alimentação as duas primeiras agulhas formam laçada normal e as duas últimas laçada flutuante e finalmente na 3ª alimentação as primeiras duas agulhas formam laçada flutuante e as duas últimas agulhas formam laçada normal.

14- Método de acordo com a reivindicação 12 ou 13 caracterizado por o número de agulhas de tricotagem simultânea, de modo a garantir uma ligação entre o fio não condutor e o fio condutor, é entre 5 a 10 agulhas.

Guimarães, 03 de outubro de 2013

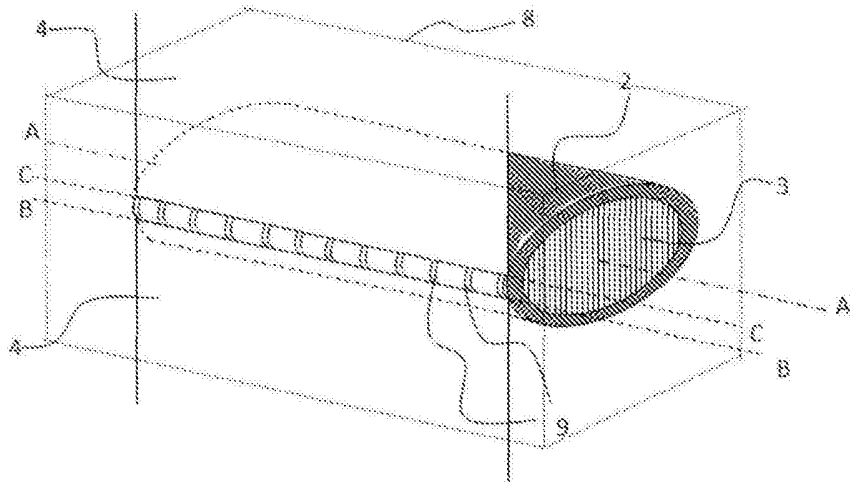


Fig. 1

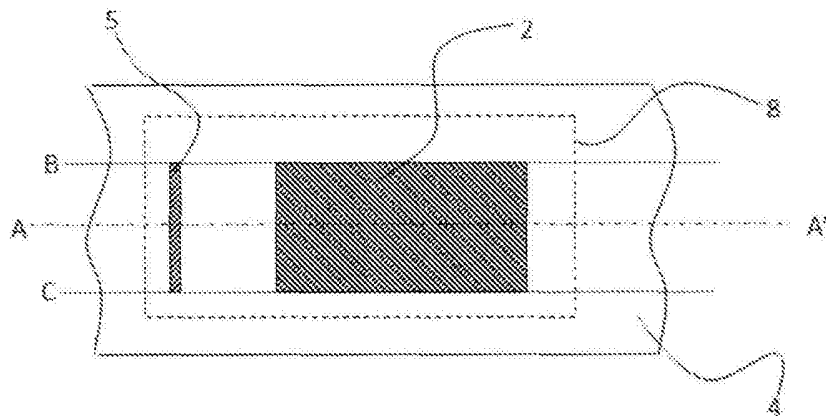


Fig. 2

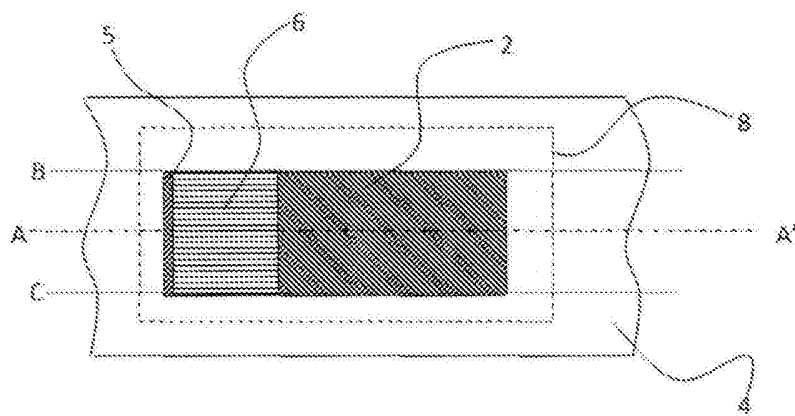


Fig. 3

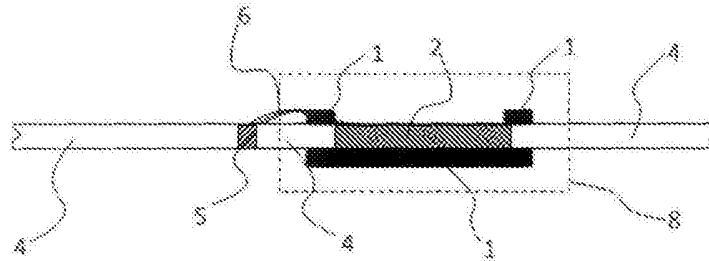


Fig. 4

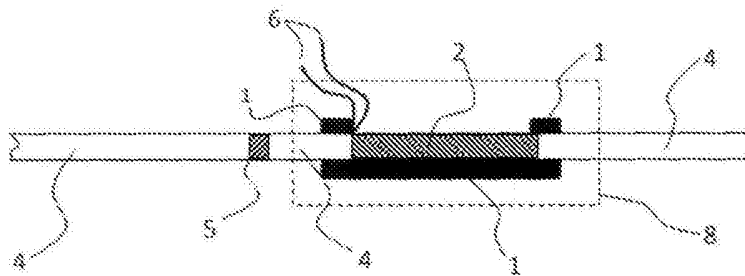


Fig. 5

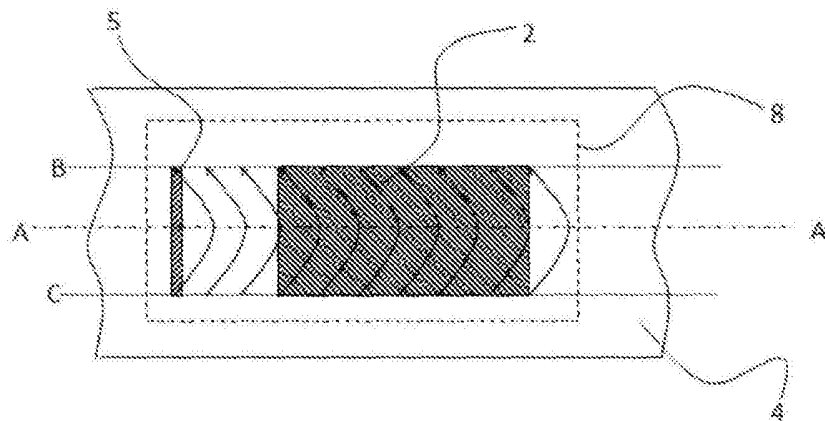


Fig. 6

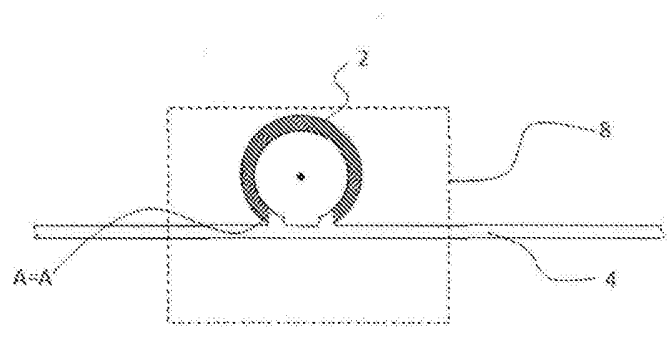


Fig. 7

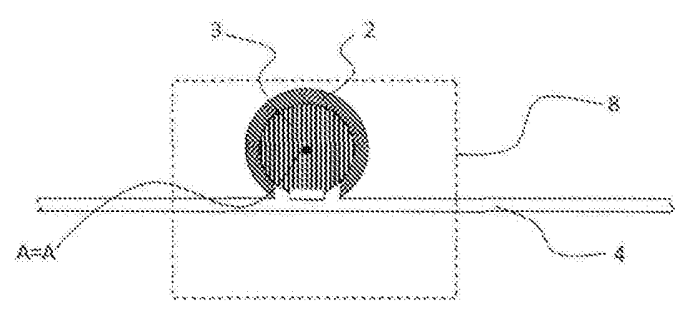


Fig. 8

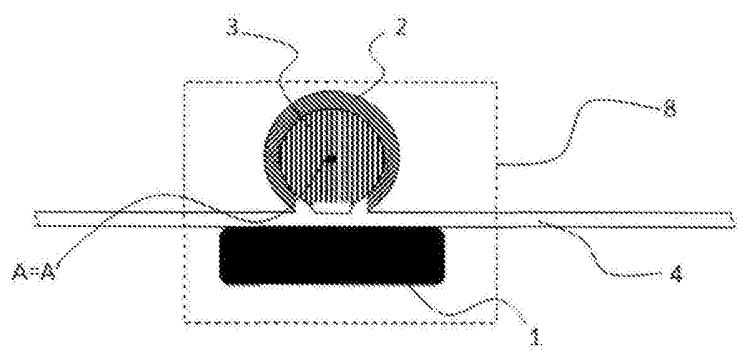


Fig. 9



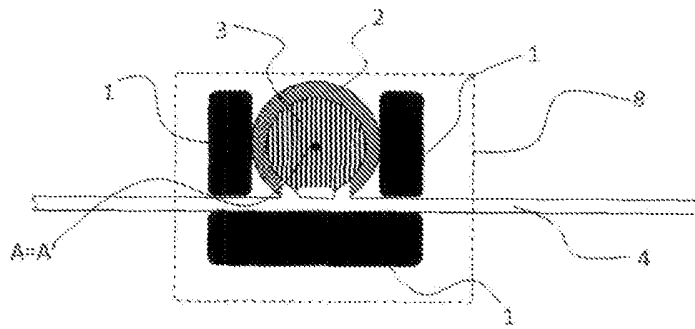


Fig. 10

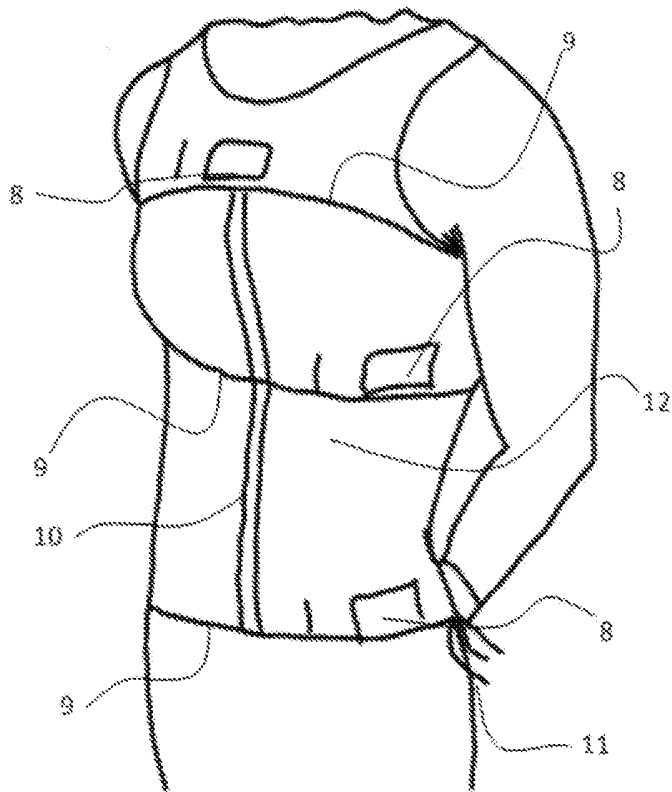


Fig. 11

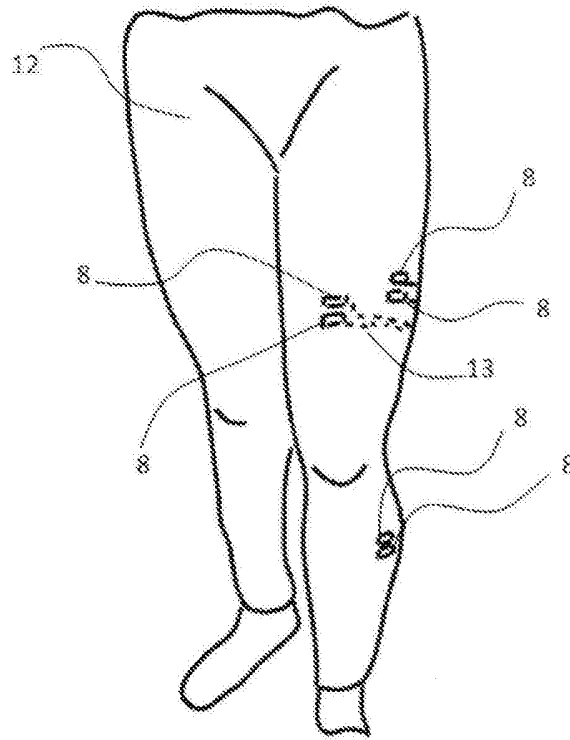


Fig. 12

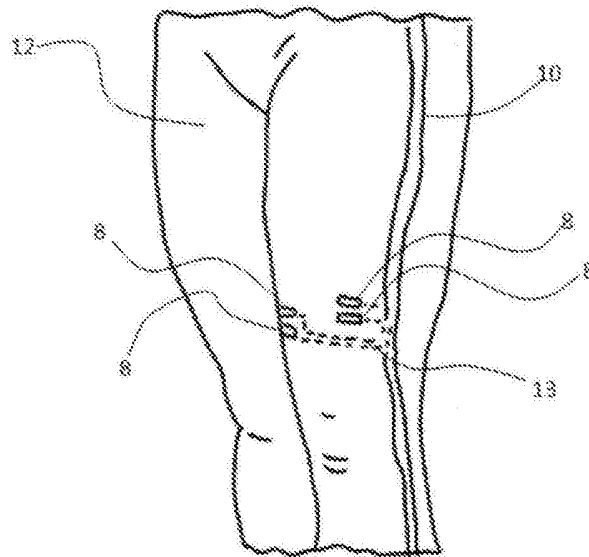
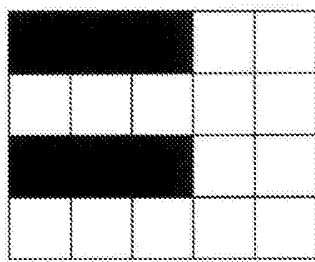
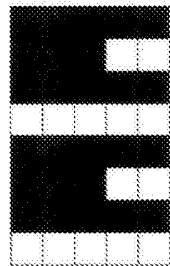


Fig. 13



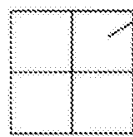
a



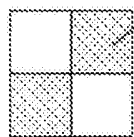
b



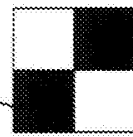
c



d



e



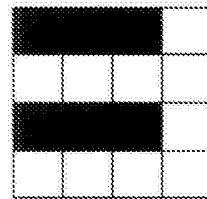
f



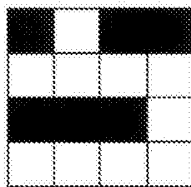
g



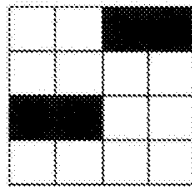
h



i



j



k

14

15

16

Fig. 14