

ITALIAN PATENT OFFICE

Document No.

102011901976602A1

Publication Date

20130307

Applicant

PIELLEITALIA S.R.L.

Title

"MATERIALE COMPOSITO COMPRENDENTE UNO STRATO DI
MATERIALE PIEZOELETTRICO POLIMERICO ACCOPPIATO CON UN
SUBSTRATO TESSILE E PROCEDIMENTO PER REALIZZARE DETTO
MATERIALE COMPOSITO";

Descrizione dell'invenzione avente per titolo:

**“MATERIALE COMPOSITO COMPRENDENTE UNO STRATO DI
MATERIALE PIEZOELETTRICO POLIMERICO ACCOPPIATO CON UN
SUBSTRATO TESSILE E PROCEDIMENTO PER REALIZZARE DETTO
MATERIALE COMPOSITO”**

A nome: Pielleitalia S.r.l.

A: Grassobbio (BG)

Inventore: Pezzini Giuseppe

La presente invenzione riguarda un procedimento per la realizzazione di un materiale composito comprendente uno strato di materiale piezoelettrico polimerico accoppiato ad un substrato tessile.

In particolare, detto strato di materiale piezoelettrico polimerico è deformato nella forma di pellicola orientata e polarizzata in modo da fornire le capacità richieste al substrato tessile sul quale è accoppiato. In altre parole, detto strato può trasformare una vibrazione o una deformazione in un segnale elettrico, o viceversa, i.e. sottoposto ad un segnale elettrico può generare una deformazione o una vibrazione, comportandosi come un trasduttore elettromeccanico, un sensore oppure come un attuatore.

Il substrato tessile conferisce allo strato di materiale piezoelettrico polimerico resistenza e risposta meccanica direzionale in modo dipendente dalla direzione di applicazione dello sforzo.

Attualmente, è noto un materiale composito piezoelettrico ed il procedimento per la sua realizzazione descritto nella domanda di brevetto EP 0 025 751.

Il materiale composito è ottenuto per impregnazione di un tessuto tramite un polimero. In particolare, il materiale composito suscettibile di presentare proprietà piezoelettriche per induzione di una anisotropia elettrica a seguito di un

trattamento appropriato, è dotato di almeno uno strato di un tessuto impregnato di polimero in almeno una delle sue regioni.

Tuttavia, il materiale composito presenta alcuni limiti.

Un primo limite è dato dalle ridotte capacità piezoelettriche, che non sfruttano completamente le potenzialità del materiale, poiché il processo di polarizzazione, che prevede una deformazione contestuale all'applicazione di un campo elettrico, è limitato dalle proprietà del tessuto stesso che è già integrato con il polimero.

Un altro limite è dato dalla limitata capacità di deformazione complessiva del materiale composito, che è legata alla struttura del tessuto trama-ordito.

Il procedimento per la realizzazione di un tale materiale composito comprende una fase di impregnazione di almeno uno strato di tessuto tramite un polimero, seguita da una fase di polarizzazione. La fase di impregnazione viene effettuata mediante il passaggio di un tessuto in un bagno di polimero, fuso o in soluzione. La fase di polarizzazione viene effettuata sottoponendo il materiale composito alla contemporanea applicazione di una deformazione meccanica e di un campo elettrico, plasma o corona.

Tuttavia, tale procedimento presenta alcuni svantaggi.

Uno svantaggio è dato dalla complessità della fase di polarizzazione che è basata su campi plasma o corona o sulla applicazione di campi elettrostatici esterni sul materiale composito per inizializzare il comportamento piezoelettrico del polimero. Tale complessità è dovuta al fatto che non si tratta solo il polimero, ma anche il tessuto all'interno della matrice, e ciò modifica le prestazioni meccaniche e inibisce la libera deformazione del polimero.

Un altro materiale composito è descritto nella domanda di brevetto EP 2 159 857. Tale materiale composito si comporta come un trasduttore elettromeccanico e comprende due strati di polimero sotto forma di film, ed uno strato di tessuto non-tessuto interposto tra di essi. Gli strati di polimero sotto forma di film sono

realizzati con un polimero non fluorurato o una miscela di molteplici polimeri non fluorurati.

Tuttavia, uno svantaggio di tale materiale composito è che lo strato intermedio di tessuto non-tessuto non può garantire la direzionalità e la resistenza dimensionale di un tessuto ortogonale, oppure l'elasticità ed il ritorno di un tessuto a maglia.

Il procedimento per la realizzazione di detto materiale composito comprende le seguenti fasi:

- A) prevedere due pellicole polimeriche,
- B) ricuocere le pellicole polimeriche,
- C) prevedere uno strato di fibra,
- D) disporre lo strato di fibra sulle pellicole polimeriche,
- E) disporre una altra pellicola polimerica sulla disposizione strato di fibra-pellicola polimerica,
- F) unire la pellicola polimerica allo strato di fibra usando alta pressione o alta temperatura,
- G) caricare la disposizione pellicola polimerica-strato di fibra.

Tuttavia, uno svantaggio di tale procedimento è dato dal fatto che i due strati di polimero attivo sono polarizzati dopo che ne è avvenuta l'unione allo strato intermedio e la giunzione con gli elettrodi. Ciò, unitamente alle minori prestazioni meccaniche dei tessuti non-tessuti, limita in maniera ulteriormente penalizzante le prestazioni sia del processo di polarizzazione che del prodotto. Scopo della presente invenzione è quello di superare detti svantaggi, fornendo un materiale composito, comprendente uno strato piezoelettrico polimerico accoppiato con uno strato di materiale tessile, in grado di comportarsi come un trasduttore elettromeccanico, trasformando una pressione o un movimento in un segnale elettrico, o viceversa come un attuatore, trasformando un segnale elettrico in un movimento o una deformazione.

Vantaggiosamente, detto materiale composito offre prestazioni ottimizzate nei campi ferroelettrico, piezoelettrico, dielettrico o piroelettrico, nel senso che le proprietà piezoelettriche del materiale composito sono in grado di abilitare la capacità di deformazione e di ritorno elastico di un materiale tessile (ortogonale oppure a maglia ortogonale), in combinazione con le caratteristiche del polimero piezoelettrico polarizzato, senza le restrizioni meccaniche impartite dal fatto di essere già connesso ad un substrato tessile.

Ulteriore scopo della presente invenzione è un procedimento per la realizzazione di detto materiale composito.

Forma pertanto oggetto dell'invenzione un materiale composito comprendente uno strato di materiale piezoelettrico polimerico, dove detto strato piezoelettrico polimerico ha una prima superficie ed una seconda superficie, opposta a detta prima superficie, un substrato tessile, un primo elettrodo disposto sulla prima superficie dello strato piezoelettrico polimerico (2), in cui, sulla superficie di detto substrato tessile (3) rivolta verso detta seconda superficie dello strato di materiale piezoelettrico polimerico sono previsti mezzi conduttori.

In una prima alternativa, detti mezzi conduttori possono essere costituiti da un secondo elettrodo, che quindi risulta disposto tra la seconda superficie dello strato piezoelettrico ed il substrato tessile.

In una seconda alternativa, detti mezzi conduttori possono essere costituiti dal materiale con cui è realizzato detto substrato tessile, o solo la sua superficie. In particolare, il materiale è un tessuto inerentemente conduttivo e comprende totalmente o almeno parzialmente fibre e filati metallici e/o in carbonio e/o in materiale polimerico conduttivo.

Nel caso in cui il materiale composito preveda due elettrodi, ciascun elettrodo può essere uno strato elettricamente conduttivo realizzato con un metallo oppure con un polimero elettricamente conduttivo.

È preferibile che il materiale dello strato piezoelettrico polimerico sia chimicamente basato su un polimero fluorurato.

È preferibile che lo spessore dello strato piezoelettrico polimerico sia compreso fra 10 micron e 2000 micron.

Secondo l'invenzione, il substrato tessile può essere realizzato con un materiale naturale, artificiale o sintetico e può comprendere fibre conduttive in percentuale dal 2% al 30%. Dette fibre conduttive possono essere metalliche o realizzate con un polimero elettricamente conduttivo o in carbonio.

Vantaggiosamente, il materiale composito può comprendere ulteriormente uno strato protettivo posizionato sul primo elettrodo, per proteggere il materiale composito da acqua, agenti atmosferici, o agenti chimici aggressivi per il materiale composito stesso.

Forma ulteriormente oggetto dell'invenzione un procedimento per realizzare un materiale composito, comprendente le seguenti fasi:

- A) realizzare uno strato di materiale piezoelettrico polimerico, avente una prima superficie ed una seconda superficie, opposta a detta prima superficie,
- B) polarizzare detto strato piezoelettrico polimerico,
- C) applicare un primo elettrodo sulla prima superficie di detto strato polimerico piezoelettrico,
- D) applicare mezzi conduttori sulla superficie di un substrato tessile rivolta verso detta seconda superficie dello strato di materiale piezoelettrico polimerico,
- E) accoppiare detto strato piezoelettrico polimerico e detto substrato tessile.

Secondo l'invenzione, quando detto primo elettrodo è uno strato elettricamente conduttivo realizzato con un polimero elettricamente conduttivo, esso può essere depositato mediante rullatura o spalmatura di un polimero elettricamente conduttivo, o mediante tecnica di deposizione PVD o CVD, o altra tecnica di deposizione.

Ancora secondo l'invenzione, quando detti mezzi conduttori sono costituiti da un secondo elettrodo e detto secondo elettrodo è uno strato elettricamente conduttivo realizzato con un polimero elettricamente conduttivo, esso può essere depositato mediante rullatura o spalmatura di un polimero elettricamente conduttivo, o mediante tecnica di deposizione PVD o CVD, o altra tecnica di deposizione.

È preferibile che la fase di accoppiamento di detto strato piezoelettrico polimerico a detto substrato tessile sia realizzata mediante una applicazione contemporanea di calore e pressione in direzione perpendicolare alle superfici accoppiate degli strati.

Vantaggiosamente, prima della fase E), è possibile prevedere una fase di trattamento della seconda superficie dello strato piezoelettrico polimerico per favorire l'adesione di detto strato piezoelettrico polimerico al substrato tessile e/o una fase di trattamento della prima superficie del substrato tessile per favorire l'adesione di detto substrato tessile allo strato polimerico piezoelettrico. Ciascuna fase di trattamento può essere realizzata tramite un processo di attivazione superficiale, ad esempio un trattamento superficiale corona, o plasma, o attivazione chimica, o deposizione di primer di supporto.

Ancora vantaggiosamente è possibile prevedere prima della fase D) o contestualmente a detta fase D), o dopo la fase E), la seguente fase:

F) ricoprire detto primo elettrodo con uno strato protettivo.

La presente invenzione verrà ora descritta, a titolo illustrativo, ma non limitativo, secondo una sua forma di realizzazione, con particolare riferimento alle figure a allegare, in cui:

la figura 1 è una vista esplosa di una prima forma di realizzazione del materiale composito secondo l'invenzione;

la figura 2 mostra schematicamente il materiale composito collegato ad un circuito elettrico,

la figura 3 è una vista esplosa di una seconda forma di realizzazione del materiale composito secondo l'invenzione.

Con particolare riferimento alla figura 1, si prevede un materiale composito 1 comprendente uno strato di materiale piezoelettrico polimerico 2 ed un substrato tessile 3, nonché due elettrodi, un primo elettrodo 4 posto sullo strato piezoelettrico polimerico 2 ed un secondo elettrodo 5 posto tra lo strato piezoelettrico polimerico 2 ed il substrato tessile 3.

In particolare, lo strato piezoelettrico polimerico presenta una prima superficie 2A destinata ad andare a contatto con il primo elettrodo 4, ed una seconda superficie 2B, opposta a detta prima superficie, destinata ad andare a contatto con il secondo elettrodo 5. A sua volta, ed il substrato tessile 3 presenta una prima superficie 3A destinata ad andare a contatto con il secondo elettrodo 5. Il primo elettrodo 4 è a contatto con la prima superficie 2A dello strato piezoelettrico 2, mentre il secondo elettrodo 5 è a contatto sia con la seconda superficie 2B dello strato piezoelettrico polimerico che con la prima superficie 3A del substrato tessile.

Nella prima forma di realizzazione che si descrive, ciascuno di detti elettrodi 4 e 5 è costituito da uno strato elettricamente conduttivo che può essere realizzato con un metallo oppure con un polimero elettricamente conduttivo. In particolare, in caso di elettrodo metallico, esso può essere depositato mediante tecnica di deposizione PVD (*Physical Vapour Deposition*) o tecnica di deposizione CVD (*Chemical Vapour Deposition*) o altra tecnica di deposizione, mentre in caso di elettrodo polimerico elettricamente conduttivo, esso può essere deposto mediante rullatura o spalmatura di un polimero elettricamente conduttivo, nella sua forma fusa o in soluzione.

Con riferimento allo strato elettricamente conduttivo che costituisce il secondo elettrodo 5, tale strato può essere uno strato continuo o avere la forma di una griglia.

Nella forma di realizzazione che si descrive, il secondo elettrodo 5 è deposto sulla seconda superficie 2B dello strato piezoelettrico polimerico 2, nello stesso modo in cui viene deposto il primo elettrodo 4 sulla prima superficie 2A dello stesso strato piezoelettrico polimerico 2.

Secondo l'invenzione, la seconda superficie 2B dello strato piezoelettrico polimerico 2 è funzionalizzata in modo da aderire al substrato tessile 3, favorendo l'azione della pressatura a caldo, o di una altra modalità di accoppiamento tra lo strato piezoelettrico polimerico 2 ed il substrato tessile 3. La funzionalizzazione può essere riferita ad una incrementata attività superficiale mediante modifica chimica o fisica della prima superficie 2A dello strato piezoelettrico polimerico, una superiore adesività, idrofilicità o idrofobicità. Tale funzionalizzazione può essere conferita da un processo di attivazione superficiale che può essere un processo fisico (plasma, laser, corona, PVD, ecc.) o un processo chimico (trattamento acido, alcalino, metallizzazione, CVD, ecc.). Ancora secondo l'invenzione, il materiale piezoelettrico a base polimerica è chimicamente basato su un polimero fluorurato.

Il materiale piezoelettrico a base polimerica presenta caratteristiche migliori rispetto a materiali con analoghe capacità piezoelettriche, a base ceramica o basati sul materiale polivinilidenfluoruro (PVDF).

In particolare, il materiale piezoelettrico può avere una elevata gamma di risposta in frequenza dinamica, ad esempio tra 1 e 1000 Hz, e con riferimento alle proprietà meccaniche, può presentare un modulo di elasticità compreso tra 1000 e 2000 Mpa, un allungamento elastico tra il 2% ed il 18%, ed un allungamento a rottura compreso fra 10% e il 500%.

Pertanto, le proprietà meccaniche risultano essere superiori rispetto ad un corrispondente materiale PVDF.

La densità di energia è compresa tra 10 e 50 mJ/cm³.

Ampia è anche la gamma di tensione che porta all'attuazione, variabile a seconda della resistenza del materiale piezoelettrico dall'ordine dei 10 ai 100 Volt e più.

Il materiale piezoelettrico a base polimerica presenta una elevata resistenza elettrica, dell'ordine di 10^{14} Ohm m, ed una tensione di rottura nell'ordine dei 10^7 V/mm, una elevata costante dielettrica (tra 5 e 100 a temperatura ambiente) ed una elevata polarizzabilità indotta dell'ordine di $0,1 \text{ C/m}^2$.

Lo spessore dello strato polimerico può essere compreso fra 10 micron e 2000 micron. Un tale spessore permette di ottenere un migliore accoppiamento tra lo strato piezoelettrico polimerico 2 ed il substrato tessile 3, in funzione della resistenza e del manufatto finale, nonché una adeguata conversione di energia, funzione della estensione di deformazione, della sua frequenza e dello spessore, quest'ultimo a sua volta legato al volume di materiale polimerico per unità di superficie.

Come mostrato in figura 1, il substrato tessile 3 presenta una prima superficie 3A che è a contatto con il secondo elettrodo 5.

Detto substrato tessile conferisce al materiale piezoelettrico polimerico 2 una resistenza ed una risposta meccanica direzionale in modo dipendente dalla direzione di applicazione dei campi di deformazione.

Specifiche funzionalità e livelli di risposta meccanica possono essere ottenuti applicando diverse strutture tessili: ortogonali, twill, a maglia crochet, warp o weft, con diverso grado di chiusura e numero di fili per cm variabile fra 2 e 30, o mediante design che favoriscano comportamenti auxettici.

La funzione principale del substrato tessile 3 è quella di indirizzare l'entità della deformazione e la direzionalità, permettendo la formatura di prodotti che rispondano in maniera ottimale allo stimolo esterno (sensori ed attuatori).

Il substrato tessile 3 impartisce al materiale composito stabilità dimensionale e controllo della deformazione.

In particolare, il substrato tessile 3 può essere contraddistinto da una delle seguenti proprietà:

- a. essere realizzato in tessitura piana semplice ortogonale, con proprietà meccaniche di deformazione e resistenza uguali fra trama e ordito,
- b. essere realizzato in tessitura piana avente proprietà elastiche differenti fra trama e ordito, in grado di indirizzare la deformazione e la reazione elettrostatica in maniera anisotropa,
- c. essere realizzato con un tessuto a maglia (cosiddetta costruzione *warp-knit* o *weft-knit*) per consentire deformazioni superiori rispetto ad una tessitura piana (anisotropia del materiale),
- d. può avere una densità compresa tra 2 e 30 fili/cm nelle direzioni di ordito e trama.

Nella prima forma di realizzazione che si descrive, il materiale composito 1 prevede ulteriormente uno strato protettivo 6, posizionato sul primo elettrodo 4, per proteggere il materiale composito da acqua, agenti atmosferici, o agenti chimici aggressivi per il materiale composito stesso.

È preferibile che lo strato protettivo 6 abbia anche una buona resistenza all'abrasione e al taglio.

Con riferimento alla figura 2, il materiale piezoelettrico polimerico 2 è connesso, mediante gli elettrodi 4 e 5, ad un circuito elettrico esterno 8, destinato a raccogliere il segnale elettrico (nel caso di utilizzo come sensore) generato o l'energia prodotta (nel caso di utilizzo come accumulatore), o a trasmettere un segnale elettrico al materiale composito 1 (nel caso di utilizzo come attuatore). Il procedimento per realizzare il materiale composito 1 comprende le seguenti fasi:

- A) realizzare uno strato di materiale piezoelettrico polimerico 2, avente una prima superficie 2A ed una seconda superficie 2B, opposta a detta prima superficie,

- B) polarizzare detto strato piezoelettrico polimerico 2,
- C) applicare un primo elettrodo 4 sulla prima superficie 2A di detto strato polimerico piezoelettrico 2,
- D) applicare un secondo elettrodo 5 tra la seconda superficie 2B dello strato piezoelettrico polimerico 2 e una prima superficie 3A di un substrato tessile 3,
- E) accoppiare detto strato piezoelettrico polimerico 2 e detto substrato tessile 3.

Con riferimento alla fase di accoppiamento dello strato piezoelettrico polimerico 2 al substrato tessile 3 (fase E), tale accoppiamento viene realizzato mediante una applicazione contemporanea di calore e pressione in direzione perpendicolare alle superfici accoppiate degli strati. Le condizioni operative (temperatura, pressione e tempo di applicazione della pressione) devono essere tali da non influire sullo stato del polimero, in particolare sulla sua polarizzazione. Pertanto, non devono essere superate temperature e pressioni specifiche critiche, tipiche per ciascuna variazione dei differenti materiali. In particolare, l'accoppiamento può essere realizzato tramite pressatura piana (migliore per la produzione di piccole parti, a pattern e taglio specifico) o rullatura (migliore per la produzione di elementi di maggiore lunghezza, che possono poi essere arrotolati).

Secondo l'invenzione, prima della fase di accoppiamento (fase E), è possibile prevedere una fase di trattamento della seconda superficie dello strato piezoelettrico polimerico 2 per favorire l'adesione di detto strato piezoelettrico polimerico 2 al substrato tessile 3 e/o una fase di trattamento della prima superficie 3A del substrato tessile 3 per favorire l'adesione del substrato tessile allo strato polimerico piezoelettrico, al fine di rendere stabile l'accoppiamento tra lo strato piezoelettrico polimerico 2 ed il substrato tessile 3.

Sia per il trattamento della seconda superficie dello strato piezoelettrico polimerico 2 che della prima superficie del substrato tessile 3 è possibile utilizzare un processo di attivazione superficiale, ad esempio un trattamento

superficiale corona, plasma, attivazione chimica, o deposizione di primer di supporto.

Secondo l'invenzione, è possibile prevedere ulteriormente prima della fase D o contestualmente ad essa, o dopo la fase E, la seguente fase:

F) ricoprire detto primo elettrodo 4 con uno strato protettivo 6.

In una seconda forma di realizzazione mostrata in figura 3, il secondo elettrodo è costituito dal tessuto del substrato tessile 3, che è un tessuto inerentemente conduttivo, cioè un tessuto che comprende totalmente o almeno parzialmente fibre e filati metallici e/o in carbonio e/o in materiale polimerico conduttivo.

La presenza di fibre metalliche e/o in carbonio e/o in materiale polimerico conduttivo nel substrato tessile 3 consente al tessuto dello stesso substrato tessile 3 di sostituire il secondo elettrodo.

In particolare, la presenza di fibre conduttive (metalliche, o realizzate con un polimero elettricamente conduttivo o carbonio) nel substrato tessile 3, in percentuale dal 2% al 30%, offre al substrato tessile stesso la capacità di raccogliere la carica elettrica generata dal materiale piezoelettrico polimerico 2 e di convogliare detta carica elettrica verso un circuito elettrico esterno, come se il substrato tessile 3 fosse un elettrodo distribuito.

Vantaggiosamente, la struttura del materiale composito di detta seconda forma di realizzazione è semplificata rispetto a quella del materiale composito della prima forma di realizzazione.

Nel caso in cui il tessuto del substrato tessile 3 sia inerentemente conduttivo, il procedimento di realizzazione del materiale composito non prevede la fase D. Pertanto, dalla fase C), relativa all'applicazione di un primo elettrodo 4 sulla prima superficie 2A dello strato polimerico piezoelettrico 2, si passa direttamente alla fase E) relativa all'accoppiamento dello strato piezoelettrico polimerico 2 con il substrato tessile 3.

Tuttavia, secondo l'invenzione, il substrato tessile 3 può essere realizzato con un qualsiasi materiale, di tipo naturale, artificiale o sintetico, in funzione dell'applicazione finale. La scelta di tale materiale rappresenta un ulteriore grado di libertà, che permette di implementare il materiale piezoelettrico polimerico 2 in differenti applicazioni.

Materiali naturali offrono una buona compatibilità con la pelle per applicazioni indossabili a contatto diretto con l'epidermide, ed hanno comunque buone caratteristiche meccaniche. Materiali sintetici possono favorire l'adesione del materiale piezoelettrico, e trovano una maggiore possibilità di implementazione per applicazioni tecniche. Materiali tecnici possono, inoltre, trovare una applicazione in elementi protettivi (tessuti in fibre aramidiche, Nomex, para-aramidiche, kevlar...ecc.).

La possibilità di utilizzare tessuti spalmati o laminati consente ulteriori applicazioni, facilitando l'adesione dei due strati ed ampliando le tipologie di materiali e i campi di utilizzo. Una superficie spalmata o laminata inoltre abilita una funzionalizzazione di conducibilità elettrica superficiale, mediante cariche elettriche superficiali, pigmenti o elementi conduttivi inseriti nella formulazione del rivestimento. Il risultato ottenuto combina il trasferimento della carica elettrica con una migliore adesione dei due strati.

Vantaggiosamente, i benefici del materiale composito oggetto dell'invenzione sono associati al controllo e alla stabilizzazione della forma e dei modi di deformazione che il substrato tessile è in grado di fornire al materiale, controllandone l'ampiezza dell'estensione ed allungandone la vita utile.

Un altro vantaggio è che l'accoppiamento tra il materiale piezoelettrico ed il substrato tessile non modifica le capacità piezoelettriche del materiale polimerico e non interagisce con detto materiale polimerico in maniera incontrollata.

Un ulteriore vantaggio è dato dalla possibilità di introdurre il materiale composito, oggetto della presente invenzione, direttamente in un processo tessile

e di confezionamento. Il risultato della produzione è un materiale che può avere forma, consistenza e proprietà qualitative valutabili al tatto di un prodotto tessile. Di qui la possibilità di applicare vantaggiosamente il materiale composito oggetto dell'invenzione come costituente attivo integrato in prodotti tessili, di abbigliamento, nel settore calzaturiero o in architettura, ed in altri ambiti per cui sia possibile utilizzare la capacità del materiale di reagire in modo elettrico agli stimoli meccanici.

La presente invenzione è stata descritta a titolo illustrativo, ma non limitativo, secondo sue forme preferite di realizzazione, ma è da intendersi che variazioni e/o modifiche potranno essere apportate dagli esperti del ramo senza per questo uscire dal relativo ambito di protezione, come definito dalle rivendicazioni allegate.

RIVENDICAZIONI

1. Materiale composito (1) comprendente:

- uno strato di materiale piezoelettrico polimerico (2), dove detto strato piezoelettrico polimerico ha una prima superficie (2A) ed una seconda superficie (2B), opposta a detta prima superficie,
- un substrato tessile (3),
- un primo elettrodo (4) disposto sulla prima superficie (2A) dello strato piezoelettrico polimerico (2),
- un secondo elettrodo (5) disposto tra la seconda superficie (2B) dello strato piezoelettrico polimerico col il substrato tessile (3).

~~in cui, sulla superficie (3A) di detto substrato tessile (3) rivolta verso detta seconda superficie (2B) dello strato di materiale piezoelettrico polimerico (2) sono previsti mezzi conduttori.~~

~~2. Materiale composito secondo la rivendicazione 1, caratterizzato dal fatto che detti mezzi conduttori sono costituiti da .~~

~~3. Materiale composito secondo la rivendicazione 1, caratterizzato dal fatto che detti mezzi conduttori sono costituiti dal materiale con cui è realizzato detto substrato tessile (3), o solo la sua superficie (3A), detto materiale essendo un tessuto inerentemente conduttivo; detto tessuto comprendendo totalmente o almeno parzialmente fibre e filati metallici e/o in carbonio e/o in materiale polimerico conduttivo.~~

~~4~~ 2. Materiale composito (1) secondo la rivendicazione 1 e 2, caratterizzato dal fatto che ciascun elettrodo (4, 5) è uno strato elettricamente conduttivo realizzato con un metallo oppure con un polimero elettricamente conduttivo; detti elettrodi possono essere realizzati con il medesimo materiale o con materiali diversi.

~~5. Materiale composito (1) secondo una delle rivendicazioni precedenti, caratterizzato dal fatto che il materiale dello strato piezoelettrico polimerico (2) è chimicamente basato su un polimero fluorurato.~~

~~6. Materiale composito (1) secondo una delle rivendicazioni precedenti, caratterizzato dal fatto che lo spessore dello strato piezoelettrico polimerico (2) è compreso fra 10 micron e 2000 micron.~~

~~7. Materiale composito (1) secondo una delle rivendicazioni precedenti, caratterizzato dal fatto che il substrato tessile (3) è realizzato con un materiale naturale, artificiale o sintetico.~~

~~8~~ 3. Materiale composito (1) secondo una delle rivendicazioni precedenti, caratterizzato dal fatto che il substrato tessile (3) comprende fibre conduttive in percentuale dal 2% al 30%; dette fibre conduttive essendo metalliche o realizzate con un polimero elettricamente conduttivo o in carbonio.

~~9. Materiale composito (1) secondo una delle rivendicazioni precedenti, caratterizzato dal fatto che comprende ulteriormente uno strato protettivo (6) posizionato su detto primo elettrodo (4), per proteggere il materiale composito da acqua, agenti atmosferici, o agenti chimici aggressivi per il materiale~~

~~composito stesso.~~

~~10-~~ **4**. Procedimento per realizzare un materiale composito (1) secondo una delle rivendicazioni precedenti, comprendente le seguenti fasi:

A) realizzare uno strato di materiale piezoelettrico polimerico (2), avente una prima superficie (2A) ed una seconda superficie (2B), opposta a detta prima superficie,

B) polarizzare detto strato piezoelettrico polimerico (2),

C) applicare un primo elettrodo (4) sulla prima superficie (2A) di detto strato polimerico piezoelettrico (2),

D) applicare ~~un secondo elettrodo mezzo-conduttore~~ sulla superficie (3A) di un substrato tessile (3) rivolta verso detta seconda superficie (2B) dello strato di materiale piezoelettrico polimerico (2) E) accoppiare detto strato piezoelettrico polimerico (2) e detto strato tessile (3).

~~11-~~ **5**. Procedimento secondo la rivendicazione ~~4~~ **4** ~~10~~, caratterizzato dal fatto che, quando detto primo elettrodo (4) è uno strato elettricamente conduttivo realizzato con un polimero elettricamente conduttivo, esso è depositato mediante rullatura o spalmatura o laminazione di un polimero elettricamente conduttivo, o mediante tecnica di deposizione PVD o CVD, o altra tecnica di deposizione.

~~12-~~ **6**. Procedimento secondo la rivendicazione ~~4~~ **4** ~~10~~ o **5** ~~11~~, caratterizzato dal fatto che quando ~~detti mezzi conduttori sono costituiti da un secondo elettrodo (5)~~ e detto secondo elettrodo (5) è uno strato elettricamente conduttivo realizzato con un polimero elettricamente conduttivo, esso è depositato mediante rullatura o spalmatura o laminazione di un polimero elettricamente conduttivo, o mediante tecnica di deposizione PVD o CVD, o altra tecnica di deposizione.

~~13-~~ **7**. Procedimento secondo una delle rivendicazioni ~~4-6~~ **4-6** ~~10-12~~, caratterizzato dal fatto che la fase di accoppiare detto strato piezoelettrico polimerico (2) a detto substrato tessile (3) è realizzata mediante una applicazione contemporanea di calore e pressione in direzione perpendicolare alle superfici accoppiate degli strati.

~~14-~~ **8**. Procedimento secondo una delle rivendicazioni ~~4-7~~ **4-7** ~~10-13~~, caratterizzato dal fatto che, prima della fase E), è prevista una fase di trattamento della seconda superficie (2B) dello strato piezoelettrico polimerico (2) per favorire l'adesione di detto strato piezoelettrico polimerico (2) al substrato tessile (3) e/o una fase di trattamento della prima superficie (3A) del substrato tessile (3) per favorire l'adesione di detto substrato tessile allo strato polimerico piezoelettrico (2); ciascuna fase di trattamento essendo realizzata tramite un processo di attivazione superficiale, ad esempio un trattamento superficiale corona, o plasma, o attivazione chimica, o deposizione di primer di supporto.

~~15-~~ **9**. Procedimento secondo una delle rivendicazioni ~~4-8~~ **4-8** ~~10-14~~, caratterizzato dal fatto che comprende ulteriormente prima della fase D) o contestualmente a detta fase D), o dopo la fase E), la seguente fase: F) ricoprire detto primo elettrodo (4) con uno

strato protettivo (6).

CLAIMS

1. Composite material (1) comprising:

- a layer of polymeric piezoelectric material (2), where such polymeric piezoelectric layer has a first surface (2A) and a second surface (2B), opposite to the said first surface,
- a textile substrate (3),
- a first electrode (4) disposed on the first surface (2A) of the polymeric piezoelectric layer (2),

where, on the surface (3A) of said textile substratum (3) turned towards the second surface (2B) of the layer of polymeric piezoelectric material (2) conductors are provided.

2. Composite material according to Claim 1, characterised by the fact that the conductors are constituted by a second electrode (5) placed among the second surface (2B) of the piezoelectric layer and the textile substrate (3).

3. Composite material according to Claim 1, characterized by the fact that those conductors are constituted by the same material of which the textile substrate (3) or only its surface (3A) was made, being such material a fabric inherently conductive; such fabric comprising totally or at least partially metallic fibres and yarns in metal and/or in carbon and/or in polymeric conductive material.

4. Composite material (1) according to Claim 1 or 2, characterized by the fact that each electrode (4, 5) is an electric conductive layer realized by a metal or by an electrically conductive polymer.

5. Composite material (1) according to one of the previous claims, characterized by the fact that the material of the piezoelectric polymeric layer (2) is chemically based on a fluoridated polymer.

6. Composite material (1) according to one of the previous claims, characterized by the fact that the thickness of the piezoelectric polymeric layer (2) is comprised between 10 micron and 2000 micron.
7. Composite material (1) according to one of the previous claims, characterized by the fact that the textile substrate is realized with a natural, artificial or synthetic material.
8. Composite material (1) according to one of the previous claims, characterized by the fact that the textile substrate (3) comprehends conductive fibres in a percentage from 2% to 30%; said conductive fibres being metallic or realized with an electrical conductive or carbon polymer.
9. Composite material (1) according to one of the previous claims, characterized by the fact that it furthermore provides for a protective layer (6) positioned on the said first electrode (4), in order to protect the composite material from water, atmospheric agents, or chemical agents aggressive for the composite material itself.
10. Proceeding for realizing a composite material (1) according to one of the previous claims, comprehending the following phases:
 - A) realizing a layer of polymeric piezoelectric material (2), having a first surface (2A) and a second surface (2B), opposite to said first surface,
 - B) polarize the above mentioned polymeric piezoelectric layer (2),
 - C) apply a first electrode (4) on the first surface (2A) of said polymeric piezoelectric layer (2),
 - D) apply conductors on the surface (3A) of a textile substrate (3) turned towards said second surface (2B) of the layer of polymeric piezoelectric material (2)
 - E) match said polymeric piezoelectric layer (2) with the textile layer (3).
11. Proceeding according to claim 10, characterized by the fact that, when the said first electrode (4) is an electric conductive layer realized with an electric

conductive polymer, it is put down by means of the rolling or spreading or lamination of an electric conductive polymer, or by means of the PVD or CVD laying technique or by means of other laying techniques.

12. Proceeding according to Claim 10 or 11, characterized by the fact that when said conductors are constituted by a second electrode (5) and this electrode (5) is an electric conductive layer realized with an electric conductive polymer, it is put down by means of the rolling or spreading or lamination of an electric conductive polymer, or by means of the PVD or CVD laying technique or by means of other laying techniques.

13. Proceeding according to one of the Claims from 10-12, characterized by the fact that the phase of matching said polymeric piezoelectric layer (2) with said textile substrate (3) is realized by means of a simultaneous application of heat and pressure in a direction perpendicular to the matched surfaces of the layers.

14. Proceeding according to one of the Claims from 10-13, characterized by the fact that, before phase E), a phase of treatment of the second surface (2B) of the polymeric piezoelectric layer (2) is provided for, in order to favour the adherence of said polymeric piezoelectric layer (2) to the textile substrate (3) and/or a phase of treatment of the first surface (3A) of the textile substrate (3) in order to favour the adherence of said textile substrate to the polymeric piezoelectric layer(2); each phase of treatment being realized by means of a process for surface activation, such as a corona surface treatment, or plasma, or chemical activation treatment, or deposit of primer support.

15. Proceeding according to one of the Claims from 10-14, characterized by the fact that it furthermore provides for, before phase D) or simultaneously to phase D), or after phase E), the following phase:

F) cover said first electrode (4) with a protective layer (6)

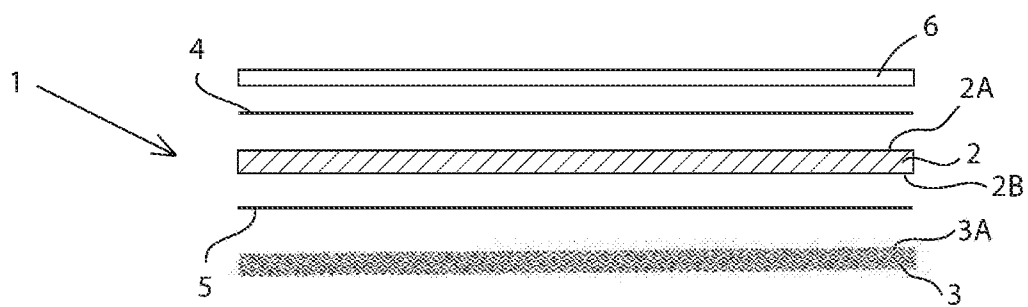


Fig.1

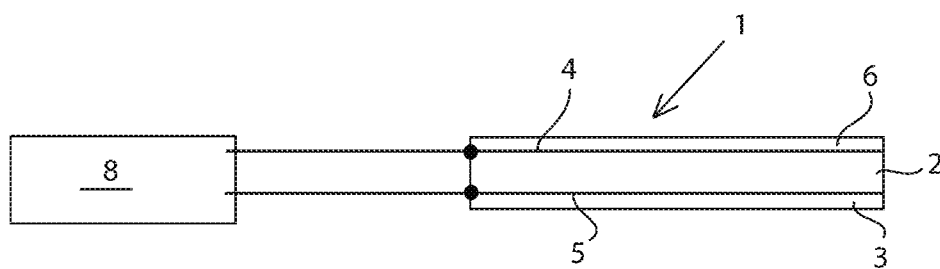


Fig.2

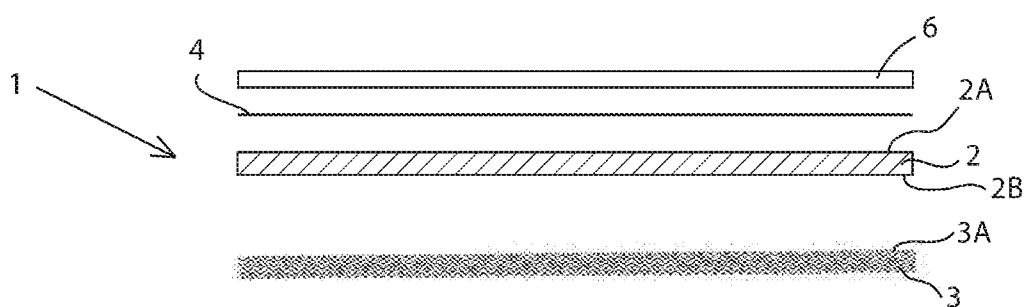


Fig.3