

(19)日本国特許庁(JP)

(12)特許公報(B2)

(11)特許番号
特許第7690472号
(P7690472)

(45)発行日 令和7年6月10日(2025.6.10)

(24)登録日 令和7年6月2日(2025.6.2)

(51)国際特許分類

F I

G 0 1 L 1/20 (2006.01)

G 0 1 L 1/20

Z

請求項の数 17 (全15頁)

(21)出願番号	特願2022-531039(P2022-531039)	(73)特許権者	515269774
(86)(22)出願日	令和2年11月13日(2020.11.13)		ドイチェ インスティチュート フュル
(65)公表番号	特表2023-503489(P2023-503489 A)		テクスティーレント ファザーフォルシ
(43)公表日	令和5年1月30日(2023.1.30)		ユング デンケンドルフ
(86)国際出願番号	PCT/EP2020/082095		ドイツ連邦共和国, 7 3 7 7 0 デンケ
(87)国際公開番号	WO2021/104899		ンドルフ, ケルシュタールシュトラーセ
(87)国際公開日	令和3年6月3日(2021.6.3)	(74)代理人	2 6
審査請求日	令和5年9月20日(2023.9.20)		110001519
(31)優先権主張番号	102019132028.3		弁理士法人太陽国際特許事務所
(32)優先日	令和1年11月26日(2019.11.26)	(72)発明者	ホフマン、パウル
(33)優先権主張国・地域又は機関	ドイツ(DE)		ドイツ連邦共和国 8 9 2 5 7 イラーテ
			ィッセン シュタウフェンベルクシュト
			ラーセ 4
		(72)発明者	キム、ザーラ
			ドイツ連邦共和国 7 5 3 6 5 カルフ -
			最終頁に続く

(54)【発明の名称】 ピエゾ抵抗型力センサ

(57)【特許請求の範囲】

【請求項 1】

第1外面(18)と前記第1外面(18)の反対側の第2外面(19)とを有し、分散された導電性の第1ステーブル繊維(25)及び非導電性の第2ステーブル繊維(26)の混合物を含む弾性変形可能な抵抗層(17)と、

導電性の第1電極(20)及び導電性の第2電極(21)とを備え、

各電極(20, 21)が、前記第1電極(20)から前記抵抗層(17)を介して前記第2電極(21)に導電経路が形成されるように、前記第1外面(18)又は前記第2外面(19)に配置されており、

前記導電経路の抵抗の抵抗値(R)が、前記第1外面(18)と前記第2外面(19)との間に加わる外力(F)の量に依存する、
10
ピエゾ抵抗型力センサ(15)。

【請求項 2】

前記第1ステーブル繊維(25)及び前記第2ステーブル繊維(26)が、前記抵抗層(17)中において、実質的に均一に分散していることを特徴とする請求項1に記載のピエゾ抵抗型力センサ。

【請求項 3】

前記第1ステーブル繊維(25)及び前記第2ステーブル繊維(26)の全量のうちの前記第1ステーブル繊維(25)の割合(A)が、最小5%又は最小10%に達することを特徴とする請求項1又は請求項2に記載のピエゾ抵抗型力センサ。

【請求項 4】

前記第 1 ステープル繊維 (2 5) 及び前記第 2 ステープル繊維 (2 6) の全量のうちの
前記第 1 ステープル繊維 (2 5) の割合 (A) が、 2 0 % より高いことを特徴とする請求
項 3 に記載のピエゾ抵抗型力センサ。

【請求項 5】

前記第 1 ステープル繊維 (2 5) 及び / 又は前記第 2 ステープル繊維 (2 6) が、 2 0
~ 1 0 0 m m の繊維長を含むことを特徴とする請求項 1 から請求項 4 のいずれか 1 項に記
載のピエゾ抵抗型力センサ。

【請求項 6】

前記抵抗層 (1 7) が、互いに接触している 2 つの第 1 ステープル繊維 (2 5) 間の各
接触部位に形成され、互いに並列及び / 又は直列に接続された個々の接触抵抗によって生
じる、外力 (F) に依存する体積抵抗 (3 7) を含むことを特徴とする請求項 1 から請求
項 5 のいずれか 1 項に記載のピエゾ抵抗型力センサ。

10

【請求項 7】

前記導電経路の全抵抗 (3 5) が、前記第 1 電極 (2 0) と前記抵抗層 (1 7) との間
の第 1 接触抵抗 (3 6)、前記抵抗層 (1 7) 内の前記導電経路の体積抵抗 (3 7)、及
び前記抵抗層 (1 7) と前記第 2 電極 (2 1) との間の第 2 接触抵抗 (3 8) の直列接続
によって形成されていることを特徴とする請求項 6 に記載のピエゾ抵抗型力センサ。

【請求項 8】

前記力センサ (1 5) に外力 (F) が加えられていない場合、前記導電経路の全抵抗 (3 5) の抵抗値 (R) が最大 1 0 0 0 M Ω に達することを特徴とする請求項 1 から請求項
7 のいずれか 1 項に記載のピエゾ抵抗型力センサ。

20

【請求項 9】

前記力センサ (1 5) に外力 (F) を加えた場合、前記導電経路の全抵抗 (3 5) の抵
抗値 (R) が最小 1 k Ω に達することを特徴とする、請求項 1 から請求項 8 のいずれか 1
項に記載のピエゾ抵抗型力センサ。

【請求項 10】

相関関係 (K 1、K 2) が、第 1 及び第 2 ステープル繊維 (2 6) の全量のうち第 1 ス
テープル繊維 (2 5) の割合 (A)、及び / 又は第 1 ステープル繊維 (2 5) の繊維タイ
プ、及び / 又は前記第 1 ステープル繊維 (2 5) の導電率によって定義され、

前記相関関係は、前記力センサ (1 5) に加える外力 (F) の量に応じた前記導電経路
の全抵抗 (3 5) の抵抗値 (R) の変化を特徴付けていることを特徴とする請求項 1 から
請求項 9 のいずれか 1 項に記載のピエゾ抵抗型力センサ。

30

【請求項 11】

前記相関関係 (K 1、K 2) が非線形であることを特徴とする請求項 10 に記載のピエ
ゾ抵抗型力センサ。

【請求項 12】

最大抵抗値 (R m a x) から始まって抵抗値 (R) が減少し、前記外力 (F) の量が増
加するにつれて最小抵抗値 (R m i n) に漸近的に近づくことを特徴とする、請求項 10
又は請求項 11 に記載のピエゾ抵抗型力センサ。

【請求項 13】

40

前記第 1 ステープル繊維 (2 5) が二成分繊維 (2 7) であることを特徴とする請求項
1 から請求項 12 のいずれか 1 項に記載のピエゾ抵抗型力センサ。

【請求項 14】

前記抵抗層 (1 7) が、第 1 ステープル繊維 (2 5) 及び第 2 ステープル繊維 (2 6)
を含む少なくとも 1 つのステープル繊維系を含むことを特徴とする請求項 1 から請求項 1
3 のいずれか 1 項に記載のピエゾ抵抗型力センサ。

【請求項 15】

前記少なくとも 1 つのステープル繊維系は、スクリム、及び / 又は織物、及び / 又はタテ
編生地を形成する請求項 14 に記載のピエゾ抵抗型力センサ。

【請求項 16】

50

前記抵抗層（１７）が、前記第１ステープル繊維（２５）及び前記第２ステープル繊維（２６）を含む不織布を含むことを特徴とする請求項１から請求項１５のいずれか１項に記載の圧電抵抗型力センサ。

【請求項１７】

以下のステップを含む力センサの製造方法：

導電性の第１ステープル繊維（２５）と非導電性の第２ステープル繊維（２６）を準備すること、

前記第１ステープル繊維（２５）及び前記第２ステープル繊維（２６）を混合して、前記第１ステープル繊維（２５）及び前記第２ステープル繊維（２６）が分散した混合物を形成すること、

第１外面（１８）と、前記第１外面（１８）の反対側にある第２外面（１９）とを有する弾性変形可能な抵抗層（１７）を前記混合物から形成すること、および

導電性の第１電極（２０）から前記抵抗層（１７）を介して導電性の第２電極（２１）へと導電経路が形成されるように、前記導電性の第１電極（２０）を前記第１外面（１８）又は前記第２外面（１９）に取り付け、前記導電性の第２電極（２１）を前記第１外面（１８）又は前記第２外面（１９）に取り付けること、ここで、導電経路の全抵抗（３５）の抵抗値（ R ）は、前記第１外面（１８）と前記第２外面（１９）との間に加わる外力（ F ）に依存する。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【０００１】

本発明は、繊維材料の圧電抵抗型抵抗層を備える圧電抵抗型力センサに関する。

【背景技術】

【０００２】

US 2007/0054577 A1は、圧力センサの構成に用いることができる織布又は不織布の形態の電気伝導性繊維材料を記載している。この繊維材料は、活性化のために、及び導電層の塗布のための使い勝手を良くするために前処理される。次に、導電性コーティングは、繊維材料上に１層ごとに塗布される。

【０００３】

このような方法では、導電性繊維材料の電気抵抗の導電率を制御することは困難である。溶液によるコーティングの間、溶液中の導電性粒子の割合が頻繁に変化し、そのため繊維材料の部分の塗布のコーティングの間、広い揮発が発生し、使用不可能な導電性繊維材料の割合の高い部分が形成され得る。

【０００４】

繊維材料における導電性繊維及びその使用は知られている。例えば、US 2,845,962は、環境中の相対湿度に関係なく帯電防止繊維材料を使用できるようにするために、導電性カーボンを含む、単位面積当たりの抵抗が比較的高い帯電防止繊維を記載している。

【０００５】

EP 1 961 845 A2は、熔融紡糸を開示しており、カーボンブラック又はグラファイト粒子は、糸の長手方向軸に沿って導電性経路を形成するために、糸の長手方向軸に沿って凝集体を形成する。

【０００６】

US 5,368,913 Aは、帯電防止スパンボンド不織布及びその製造方法を記載している。それによって、複数の導電性カーボンフィラメント及び金属フィラメントが、不織布の製造中に非導電性不織布材料中に配置される。

【０００７】

複数の層を有する帯電防止ラミネートは、US 4,540,624 Aから知られている。最上層には、放熱のために炭素繊維が配置されている。

【０００８】

US 6,346,491 B1は、織布、編布、又は不織布のニードルフェルトを開示して

10

20

30

40

50

いる。異なる層において、ニードルフェルトは異なる導電率を含み、導電率は、繊維密度、繊維径、及び繊維の導電率によって調整される。ニードルフェルトによって、様々な用途において、電磁波の干渉を除去又は低減することができる。同様の目的の繊維が、例えば、US 4,684,762 A、US 4,943,477 A及びCN 101748599 Bから公知である。

【0009】

帯電防止衣服は、US 3,699,590 Aに記載されている。RFIDラベルで使用するための金属材料の導電性を備えたニット系構造は、WO 2008/098386 A1に記載されている。

【0010】

EP 1 716 085 B1は、ガラス繊維用の導電性コーティング組成物、及び浸漬浴中におけるその製造を開示している。

【0011】

更に、織物担体が導電性系と組み合わせられた複合系を、例えば、巻く、撚りかける、撚る、又は紡糸することは、多数の文献から知られている。このような複合系は、例えば、以下の文献に記載されている：US 4,776,160 A、US 4,813,219 A、US 5,927,060 A、EP 1 885 925 B1、EP 3 484 730 A1、EP 2 300 649 A1、US 7,135,227 B2、DE 20 2006 020 401 U1、WO 2004/027132 A1、DE 1 817 235 A、EP 0 250 260 B1、US 3,851,456 A、KR 100895092 B1、又はEP 2 236 654 B1。

【0012】

特に高い導電率を得るために、WO 2003/095724 A1及びEP 1 362 940 A1は、高い導電率を有するコーティングを有するステンレス鋼繊維用の金属繊維の系を提供することを提案している。US 7845153 B2は、例えば、情報通信における系の使用のために、金属フィラメントから導電性系を製造するための方法を開示している。

【0013】

導体や簡易スイッチは、例えば、JP 2011 137277 A、又はKR 10 201 903 7721 Aに記載されているように、高い導電率を有する刺しゅう糸によって実現することができる。

【0014】

導電性繊維の分野では、更なる文献群は、導電性フィラーを含むポリマー繊維及びそのようなポリマー繊維の製造方法について言及している。例として、以下の文献がある。US 2005/0170177 A1、US 4,457,973 A、US 4,216,264 A、DE 2 329 484 B2、US 5,952,099 A、EP 0 343 496 B1、US 4,704,311 A、US 5,260,013 A、US 5,277,855 A、US 4,545,835 A、US 4,129,677 A、US 4,997,712 A、US 5,916,506 A、DE 2 251 071 B2、US 4,045,949 A、US 4,756,969 A、US 5,262,234 A、及び US 4,267,233 A。

【0015】

US 3,206,923 Aは、ビスコースとの複合糸を浸漬浴中に案内することを提案しており、浸漬浴はカーボンブラック粒子を含む。このビスコースは、カーボンブラック粒子を吸収する。

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0016】

従来技術から出発して、本発明の課題は、力センサを作成することである。力センサは、力センサ効果の散乱がほとんどなく、簡単かつ安価に製造できる構成を有し、特に大きな力だけでなく小さな力にも対応できるように構成することができる。

10

20

30

40

50

【課題を解決するための手段】**【0017】**

この課題は、請求項1の特徴を有する力センサによって解決される。請求項15には、力センサの製造方法が示されている。

【0018】

本発明の圧電抵抗型力センサは、弾性変形可能な抵抗層を有する。この抵抗層は、第1外面と、第1外面の反対側にある第2外面とを有する。2つの外面は、力センサが外部から2つの外面の間に加わる力、特に圧縮力を検出できる方向に距離を置いて配置されている。抵抗層は、導電性の第1ステープル繊維と非導電性の第2ステープル繊維とが空間的に分散されて配置された混合物を有する。好ましくは、抵抗層は、第1及び第2のステープル繊維の混合物のみからなる。他の成分は除外することができる。

10

【0019】

抵抗層において、少なくとも一部又は多数の第1ステープル繊維は、1又は複数のさらなる第1ステープル繊維に対してそれぞれ当接し、互いに当接しているこれらの第1ステープル繊維の間に導電性接点が形成されるようにする。この結果、1つ又は複数の平行な導電接続が、第1外面と第2外面との間に生成されるか、又は少なくとも外力が加えられている間に生成される。第1ステープル繊維が互いに当接することによって生成される導電接続の数及び/又は配置及び/又は導電率は、加えられる力の量及び方向に応じて変化することができる。

【0020】

20

好ましくは、混合物の観察される体積部分において、第1ステープル繊維の密度、及び/又は第2ステープル繊維の密度は、実質的に一定であるか、又は予め定められた許容範囲内にあるように、第1及び第2のステープル繊維の混合物は実質的に均質である。混合物全体内で観察された同じ大きさの体積部分間の第1ステープル繊維及び/又は第2ステープル繊維の密度の偏差は、好ましくは5%以下、又は10%以下とずれる。密度の偏差が所定の許容範囲内にある場合、本願では、混合物は均質な混合物とみなされる。観察された体積部分は、例えば、最小1mm³及び/又は最大1cm³の大きさを有することができる。均一性の観点から個別に観察される抵抗層の各体積部分は、最小1mm²及び/又は最大1cm²のサイズの領域によって定義することができ、抵抗層を介して第1外面と第2外面との間でこの領域に直交して延びることができる。

30

【0021】

第1及び第2のステープル繊維の混合物は、不織布の形態で抵抗層を形成することができる。代替的に又は追加的に、1つ又は複数のステープル繊維系は、第1ステープル繊維及び第2ステープル繊維から製造することができ、スクリム、及び/又は編物、及び/又はタテ編生地、及び/又は織物として抵抗層に存在してもよい。代替的に又は追加的に、1つ又は複数のステープル繊維系は、上記のステープル繊維系から製造することができ、スクリム、及び/又は編物、及び/又はタテ編生地として抵抗層に存在させることができる。

【0022】

ステープル繊維系は、リングヤーン、ローターヤーン、フリクションヤーン又はエアジェットヤーンであってもよい。抵抗層は、上記系の任意の組み合わせを含むことができる。上記ステープル繊維系の任意の組み合わせから、撚糸又は巻糸は、形成することができ、抵抗層は少なくとも1つの撚糸又は巻糸を含むことができる。撚糸又は巻糸の部分、及び/又は組成物、及び/又は構成要素は、非導電性であってもよい。例えば、撚糸は、1つ又は複数の非導電性系を含むことができる。

40

【0023】

圧電抵抗型力センサは、導電性の第1電極及び導電性の第2電極を有する。各電極は、第1外面又は第2外面に間接的に又は直接的に配置されている。これにより、第1電極から抵抗層を介した第2電極に、又はその逆に導電経路が設けられる。この導電経路のオーム抵抗の抵抗値は、圧電抵抗型力センサに加えられる外力に依存する。この力は、例

50

例えば、第 1 外面と第 2 外面との間の距離が変化するように抵抗層が弾性変形することによる、圧縮力又は引張力であってもよい。この外力は、2 つの外面を遠ざけたり、又は近づけるように促す力成分（例えば、空間ベクトルのベクトル成分）を含むことができる。例えば、検出された力は、圧電抵抗型力センサ上の平面に直交又は平行に加わる少なくとも 1 つの力成分であり、平面は、2 つの外面に実質的に平行に配向している。

【0024】

本願明細書において、抵抗が言及される場合、特に明記しない限り、オーム抵抗を常に意味する。

【0025】

導電性の第 1 ステープル繊維及び非導電性の第 2 ステープル繊維から弾性変形可能な抵抗層を備える力センサの構成により、導電経路の所望の抵抗値は、容易かつ安価に調整することができる。第 1 及び第 2 のステープル繊維の全体に対する導電性の第 1 ステープル繊維の割合を変更することにより、測定する力の範囲に応じた抵抗値の調整を行うことができる。加えられる外力の量が小さいほど、第 1 及び第 2 のステープル繊維の全量に対する第 1 ステープル繊維の割合は高くなる。

10

【0026】

ステープル繊維は、市場で入手可能であり、簡単かつ安価で購入することができる。ステープル繊維は、不織布、糸、練糸などを形成するように加工することができ、それによって、抵抗層は、不織布、及び / 又は少なくとも 1 つのステープル繊維系から形成することが可能である。例えば、1 つ又は複数のステープル繊維系は、織り、編み、縦編みなどによって互いに連結することができ、抵抗層の構成要素とすることができ、又は抵抗層を形成することができる。

20

【0027】

好ましくは、第 1 及び第 2 のステープル繊維の全量のうち第 1 ステープル繊維の割合は、最低 5 % である。さらに好ましくは、第 1 及び第 2 ステープル繊維の全量のうちに第 1 ステープル繊維の割合は、10 % 又は 20 % を超える。

【0028】

好ましい実施形態では、第 1 ステープル繊維及び / 又は第 2 ステープル繊維は、少なくとも 20 mm の繊維長を有する。代替的又は追加的に、第 1 ステープル繊維及び / 又は第 2 ステープル繊維は、最大で 100 mm の繊維長を有することができる。

30

【0029】

実施形態において、第 1 ステープル繊維の平均繊維長及び / 又は第 2 ステープル繊維の平均繊維長は、少なくとも 20 mm 及び / 又は最大で 100 mm に達することができる。

【0030】

抵抗層は、第 1 外面と第 2 外面との間に体積抵抗を有する。抵抗層内の接触抵抗は、互いに接触している第 1 ステープル繊維によって得られる互いに並列及び / 又は直列に接続された接触抵抗によって形成されている。

【0031】

導電経路の全抵抗が複数の抵抗の直列接続から形成されると、さらに有利である。直列接続は、好ましくは、第 1 電極と抵抗層との間の第 1 接触抵抗と、第 2 電極と抵抗層との間の第 2 接触抵抗と、弾性変形可能な抵抗層内の導電経路の体積抵抗とを含むか、又はこれらの前記抵抗からなる全抵抗からなる。外力が加わると、少なくとも抵抗層内の導電経路の体積抵抗が変化し、任意選択で又は好ましくは、第 1 接触抵抗及び / 又は第 2 接触抵抗も変化する。これにより、力センサの感度は向上することができる。

40

【0032】

好ましい実施形態では、力センサに外力が加えられない場合、導電経路の全抵抗は、最大で 1000 M Ω に達する。追加的又は代替的に、力が力センサに加わる場合、導電経路の全抵抗の値は最小で 1 k Ω に達することができる。力センサに外力が加えられない場合の全抵抗値の最大値は、第 1 及び第 2 のステープル繊維の部分全体に対する第 1 のステープル繊維の部分によって、1 k Ω ~ 1000 m Ω の間で調整できると、有利で

50

ある。

【0033】

導電経路の全抵抗の値が、定義された相関関係に従って力センサに加える外力の量に応じて変化すると、有利である。この相関関係は、少なくとも、第1及び第2のステープル繊維の全量のうち第1ステープル繊維の割合によっても定義される。好ましくは、この相関関係は、非線形であるが、例えば、指数関数的である。

【0034】

この相関関係は、少なくとも繊維タイプ及び/又は第1ステープル繊維の導電率によっても定義される。例えば、第1ステープル繊維の繊維タイプ及び/又は導電率、特に最大抵抗値及び/又は最小抵抗値及び/又は全抵抗の抵抗値と外力との間の非線形相関関係の勾配によって、力センサの動作範囲を調整することができる。

10

【0035】

最大抵抗値から始まって外力の量が増加するにつれて、導電経路の抵抗値が減少すると、有利である。好ましくは、抵抗値は、少なくとも最大許容外力までの範囲において、力の増加に伴って最小抵抗値に漸近的に近づくことができる。力センサの動作範囲は、全抵抗のうちの最小抵抗値から始まって、全抵抗のうちの抵抗値と外力と間の非線形相関関係の傾きの量が閾値を超える、全抵抗のうちの抵抗値までの範囲であることが好ましい。

【0036】

有利な実施形態では、第1ステープル繊維は、複数の成分を含み、その少なくとも1つの成分は導電性である。例えば、第1ステープル繊維は、導電性フィラーを含むポリマーを含有することができる。第1ステープル繊維は、例えば、二成分繊維として構成することができる。実施形態において、二成分繊維は、コアと外層とを含むことができる。外層は、コアを完全に又は部分的に覆うことができる。外層は、導電性材料、特に導電性フィラー、好ましくは導電性カーボン（例えば、いわゆるカーボンブラック）を含む。二成分繊維のコアは、弾性変形可能であってもよく、発生する力に対して塑性的でなく、かつ弾性変形可能でなくてもよい。コアは、好ましくは非導電性である。二成分繊維は、他の成分を含むことができる。二成分繊維の代わりに、第1ステープル繊維は、例えば、導電性フィラーを含むポリマーからなり、その後塗布された導電性コーティングを有するコアを含むなど、異なる構成を有することもできる。

20

【0037】

力センサ、特に上記で説明した実施形態の1つによる力センサの製造については、以下のように進めることができる。

30

【0038】

まず、導電性の第1ステープル繊維及び非導電性の第2ステープル繊維を準備される。次に、第1及び第2のステープル繊維は、互いに混合されて、好ましくは第1及び第2のステープル繊維の均一な分散が混合物中に存在するように、混合物を形成する。第1及び第2のステープル繊維を混合するために、カーディングのような方法を用いることができる。

【0039】

次に、この混合物を用いて、弾性変形可能な抵抗層を形成する。このために、混合物をフェルト化することができ、又は混合物から1本のステープル繊維系、又は複数の繊維系からなる撚糸を作成することができる。抵抗層は、不織布及び/又は少なくとも1本のステープル繊維系及び/又は複数のステープル繊維系からなる少なくとも1本の撚糸を含むことができる。ステープル繊維系、又は撚糸又は巻糸は、製織及び/又は編み及び/又はタテ編等の方法により互いに連結することができる。不織布は、例えば、フェルティングニードル及び/又はウォータージェットを用いて、第1及び第2のステープル繊維を固化させることによって製造することができる。固化は、化学物質の添加下での熱を加えることによって、追加的又は代替的に、実施することもできる。

40

【0040】

抵抗層には、第1及び第2の外層が存在する。導電性の第1電極及び導電性の第2電極

50

は、それぞれ一方の外面に取り付けられている。これにより、第 1 電極から抵抗層を介して第 2 電極へと、又はその逆への導電経路が形成される。製造された力センサのこの導電経路の抵抗値は、2 つの外面の間の引張又は圧縮の態様で加えられる外力に依存する。

【図面の簡単な説明】

【0041】

本発明の有利な改良は、従属請求項、説明及び図面から導き出される。以下では、本発明の好ましい実施形態を、添付の図面を参照して詳細に説明する。図面には、以下のものが示されている。

【0042】

【図 1】図 1 は、第 1 電極、第 2 電極、及び弾性変形可能な抵抗層、並びに導電経路のオーム抵抗の等価回路を備えた力センサの概略ブロック図の説明図である。 10

【図 2】図 2 は、第 1 電極、第 2 電極、及び弾性変形可能な抵抗層、並びに導電経路のオーム抵抗の等価回路を備えた力センサの概略ブロック図の説明図である。

【図 3】図 3 は、それぞれ、第 1 ステープル繊維及び第 2 ステープル繊維の抵抗層の構成、並びに関連する電氣的等価回路図の原理の概略図、及び関連する電氣的等価回路図である。

【図 4】図 4 は、それぞれ、第 1 ステープル繊維及び第 2 ステープル繊維の抵抗層の構成、並びに関連する電氣的等価回路図の原理の概略図、及び関連する電氣的等価回路図である。

【図 5】図 5 は、それぞれ、第 1 ステープル繊維及び第 2 ステープル繊維の抵抗層の構成、並びに関連する電氣的等価回路図の原理の概略図、及び関連する電氣的等価回路図である。 20

【図 6】図 6 は、例示的な二成分繊維の形態の第 1 ステープル繊維の実施形態の一部における概略図である。

【図 7】図 7 は、外力が加えられていない場合の力センサの原理の概略図を示している。

【図 8】図 8 は、外力が加えられている場合の図 7 の力センサを示している。

【図 9】図 9 は、導電率と抵抗層内の第 1 ステープル繊維の部分との相関関係を示す図を示している。

【図 10】図 10 は、第 1 ステープル繊維の異なる部分に加えられた外力に依存する力センサを通る導電経路の抵抗値の間の相関関係を示す図である。 30

【発明を実施するための形態】

【0043】

図 1 には、力センサ 15 と、回路 16 への接続のブロック図が示されている。力センサ 15 は、弾性変形可能な抵抗層 17 を備える。抵抗層 17 は、第 1 外面 18 と、第 1 外面 18 とは反対を向いている反対側の第 2 外面 19 とを有する。二つの外面 18、19 は、力測定方向 M に互いに反対の距離を置いて配置されている。この例では、力測定方向 M は、外面 18、19 に平行に配向された平面に対して略直交するように配向されている。代替的又は追加的に、力センサ 10 は、この平面に平行に配向された力成分の力を検出することができる。力センサ 10 は、圧力センサ及び/又は張力センサ及び/又は歪みセンサとすることができる。基本的に、抵抗層 17 を弾性変形させ、特に外面 18、19 間の距離を変化させる力又は力成分を測定することができる。 40

【0044】

力センサ 15 は、加えて、第 1 電極 20 及び第 2 電極 21 を有する。2 つの電極 20、21 は、力センサの抵抗層 17 を介して間接的に互いに機械的及び電氣的に接続されている。2 つの電極 20、21 の間に直接の電氣的接続は存在しない。したがって、電流は、抵抗層 17 を介してのみ電極 20、21 の間で流れることができる。

【0045】

図 1 の実施形態では、第 1 電極 20 は第 1 外面 18 に取り付けられ、第 2 電極 21 は第 2 外面 19 に取り付けられている。力測定方向 M に垂直な平面内の電極 20、21 のサイズは、抵抗層 17 の外面 18 又は 19 のサイズに適合させることができる。電極 20、2 50

1 は、力測定方向 M (図 2) に垂直な少なくとも 1 つの方向において、それらがそれぞれ取り付けられている抵抗層 17 の外面 18 又は 19 よりも小さくすることができる。

【 0 0 4 6 】

図 2 に例示した実施形態から、電極 20、21 は、必ずしも抵抗層 17 の反対側に配置される必要はないことは明らかである。むしろ、電極 20、21 は、抵抗層 17 の第 1 外面 18 に、又は説明したように第 2 外面 19 に一緒に取り付けることもできる。

【 0 0 4 7 】

抵抗層 17 は導電性であり、2 つの電極 20、21 の導電率よりも低い導電率を有する。電極 20、21 は、例えば、金属含有材料から作製することができる。取り付けのために、電極 20、21 は、例えば、導電性接着剤ボンドによって、抵抗層 17 に取り付けることができる。

10

【 0 0 4 8 】

図 3 ~ 図 5 を参照して、抵抗層 17 の構成について説明する。抵抗層 17 は、導電性の第 1 ステープル繊維 25 と非導電性の第 2 ステープル繊維 26 との混合物を含む。図 3 ~ 図 5 では、導電性の第 1 ステープル繊維 25 は黒色で示され、非導電性の第 2 ステープル繊維 26 は白色で示されている。第 1 ステープル繊維 25 及び第 2 ステープル繊維 26 は、抵抗層 17 内に実質的に均一に分散している。実施形態によれば、これは、例えば、第 1 外面 18 から第 2 外面 19 まで力測定方向 M に延び、第 1 外面 18 よりも小さく、かつ第 2 外面 19 よりも小さい力測定方向 M に直交する断面を有する特定の最小サイズを有する各観察体積部分において、第 2 ステープル繊維 26 の数に対する第 1 ステープル繊維 25 の数の比は、実質的に等しいことを意味する。第 1 ステープル繊維 25 及び / 又は第 2 ステープル繊維 26 の数の偏差、又は 2 つの観察体積部分の間の比率は、好ましくは最大 5 % 又は最大 10 % に達する。体積部分は、力測定方向 M において一定の断面を有する。断面積は、特に、第 1 外面 18 及び第 2 外面 19 よりも小さい係数 5 又は 7 又は 10 程度であることができる。

20

【 0 0 4 9 】

抵抗層 17 において、多数の第 1 ステープル繊維 25 は、常に、一つ又は複数のさらなる第 1 ステープル繊維 25 に当接し、これらの当接している第 1 ステープル繊維 25 の間に導電性接点が形成される。第 1 ステープル繊維 25 の配置又は密度は、第 1 外面 18 と第 2 外面 18 との間に一つ又は複数の平行な導電性接続部位が形成されるようなものであり、又は少なくとも外力が加えられている間に形成され得る。したがって、可変の体積抵抗 37 を有する第 1 ステープル繊維 25 を介して、二つの外面 18、19 の間に導電性接続が存在する。抵抗層 17 の体積抵抗 37 は、等価回路 (図 3 ~ 図 5) において、第 1 ステープル繊維 25 が互いに接触していることによって形成される、互いに並列及び / 又は直列に接続された個々の接触抵抗によって定義される。図 3 ~ 図 5 は、第 1 ステープル繊維 25 の異なる部分の原理を説明するための概略図にすぎず、2 つの外面 18、19 の間の導電性接続を明示的に図示していない。

30

【 0 0 5 0 】

抵抗層 17 内での均一な分散を達成することを目的として第 1 ステープル繊維 25 と第 2 ステープル繊維 26 の混合するために、ステープル繊維 25、26 は、例えば、カーディング又はカーディングによって分散及び配向させることができる。実施形態によればステープル繊維 25、26 の主な伸長方向は、例えば、力測定方向 M に対して直角であり、好ましくはそれに平行ではない。これは、第 1 及び第 2 のステープル繊維の 50 % 超又は 75 % 超又は 90 % 超が、力測定方向 M に直交する伸長成分よりも小さい力測定方向 M に平行な伸長成分を有することを意味する。

40

【 0 0 5 1 】

抵抗層 17 は、図面に非常に概略的に示されている。それは、不織布及び / 又は織布及び / 又は編布及び / 又はタテ編生地などとして構成することができる。例えば、抵抗層 17 は、織物、編物又はタテ編によって互いに接続されるか、又は敷き布を形成する一つ又は複数のステープル繊維系及び / 又はステープル繊維燃糸を含むことができる。ステープ

50

ル繊維系は、リングヤーン、ローターヤーン、フリクションヤーン、ラップヤーン又はエアジェットヤーンとして実現することができる。

【 0 0 5 2 】

実施形態では、第 2 ステープル繊維 2 6 は、プラスチック、好ましくはポリマーからなる。

【 0 0 5 3 】

第 1 ステープル繊維 2 5 は、導電性材料、特にいわゆる「カーボンブラック」のような導電性カーボンを含む。第 1 ステープル繊維 2 5 は、さらに一つ以上の非導電性成分を含むことができ、例えば、二成分繊維 2 7 として構成することができる（図 6）。この実施形態によれば、二成分繊維 2 7 は、外層 2 9 が全体的に又は部分的に塗布されているコア 2 8 を有する。コア 2 8 は、非導電性であり、弾性的に変形することができる材料、又は発生する力 F に対して弾性的に変形しない材料、例えば、ポリマーのようなプラスチックからなることができる。外層 2 9 は、導電性成分、例えば導電性カーボンを含む。また、第 1 ステープル繊維 2 5 の他の構成は、複数の構成成分を含むことが可能であり、少なくとも一つが導電性成分である。例えば、第 1 ステープル繊維は、導電性フィラーを含むポリマーを含むことができ、又はそれからなることができる。

10

【 0 0 5 4 】

実施形態では、第 1 ステープル繊維 2 5 及び第 2 ステープル繊維 2 6 は、2 0 ~ 1 0 0 mm の範囲の繊維長を有する。

【 0 0 5 5 】

20

図 7 において、力センサ 1 5 は、外力 F を受けない初期位置又は静止位置に図示されている。互いに接触している抵抗層 1 7 内の導電性の第 1 ステープル繊維 2 5 により、導電経路が、抵抗層 1 7 を介して第 1 電極 2 0 と第 2 電極 2 1 との間又はその逆に形成され、電流が流れることができる。力センサ 1 5（図 8）に力 F が加えられると、この導電経路の抵抗値 R が変化する。力 F が第 1 外面 1 8 と第 2 外面 1 9 が初期状態と比較して互いに近づくように力センサ 1 5 を圧縮する力であれば、導電経路の抵抗値 R は減少する。その逆で、圧縮力の代わりに 2 つの外面 1 8 , 1 9 の間に引張力が加わると、導電経路の抵抗値 R は増加することになる。

【 0 0 5 6 】

外力 F 、例えば圧縮力を測定するために、電圧又は電流源 3 3 は、図 1 及び図 2 の回路 1 6 が示すように、直列抵抗器 3 4 を介して電極 2 0、2 1 に電氣的に接続することができる。その際、第 1 電極 2 0 と第 2 電極 2 1 との間に、測定可能で、かつ導電経路の全抵抗 3 5 の抵抗値に比例して変化する電圧 U が印加される。導電経路の全抵抗 3 5 は、複数の抵抗の直列接続の実施形態において構成される：第 1 電極 2 0 と抵抗層 1 7 との間の第 1 接触抵抗 3 6、形成された導電経路に沿った抵抗層 1 7 の内部の体積抵抗 3 7、及び抵抗層 1 7 と第 2 電極 2 1 との間の第 2 接触抵抗 3 8。したがって、全抵抗 3 5 の抵抗値 R は、この直列接続の個々の抵抗値の合計に対応する。図 1 及び図 2 の等価回路に概略的に示されるように、直列接続の抵抗 3 6、3 7、3 8 の全ては、加えられる力 F の量に応じて可変とすることができる。少なくとも、弾性変形可能な抵抗層 1 7 の厚さ又は高さは、力が加えられている間に力測定方向 M に変化し、その結果、その体積抵抗 3 7 は変化する。

30

40

【 0 0 5 7 】

導電経路の全抵抗 3 5 の抵抗値 R は、力センサ 1 5 の初期状態において、外力 F が加えられていない場合（図 7）、例えば最大 1 0 0 0 M Ω である。力センサ 1 5 が構成され又は承認されている力センサ 1 5（図 8）に最大外力 F が加えられている場合、導電経路の全抵抗 3 5 の抵抗値 R は、好ましくは最小 1 k Ω である。

【 0 0 5 8 】

第 1 ステープル繊維 2 5 及び第 2 ステープル繊維 2 6 の全量のうち第 1 ステープル繊維 2 5 の割合 A が変化し得ることは、図 3 ~ 図 5 及び図 9 から、概略的に明らかである。ステープル繊維 2 5 , 2 6 の全量のうち第 1 ステープル繊維 2 5 の割合 A が高いほど、力測定方向 M における抵抗層 1 7 の導電率 σ が高くなり、すなわち外面 1 8 , 1 9 と直交する

50

ことが好ましい。第1ステープル繊維25の割合Aを変えることにより、抵抗層17の所望の導電率 σ を達成することができる。これにより、力センサ15は、例えば、測定される外力Fの量が可能な範囲に応じて十分な感度を調整するために、異なる用途に適合させることができる。加えられる力Fの量の範囲が非常に小さい場合、第1ステープル繊維25の割合Aを増加させることによって、センサの初期状態における抵抗層17の導電率 σ を増加させることが合理的であり得、これは、小さな力Fの場合の変化に対する感度を向上させる。大きい力Fが測定される場合、第1ステープル繊維25の割合Aをより小さく選択することができる。

【0059】

図3～図5では、第1ステープル繊維25の異なる割合Aを有する抵抗層17が概略的に示されている。割合Aは図3で最も高く、図5で最も低い。第1ステープル繊維25の割合Aが高いほど、導電経路に沿って抵抗層17内に体積抵抗37を形成する等価回路内に、より並列に接続された個々の抵抗が存在する。これは、外力Fが加えられていない力センサ15の初期状態では、抵抗層17内の体積抵抗37が低く、第1ステープル繊維25の割合Aが高いことを意味する。この相関関係は、抵抗層17内の体積抵抗37の等価回路を例示することによってのみ概略的に示される。

【0060】

加えられる力F、例えば圧縮力の量と、導電経路の全抵抗35の抵抗値Rとの相関関係を、第1曲線K1及び第2曲線K2に基づいて図10に例示する。相関関係は非線形である。加えられる力Fがゼロに等しい場合、力センサ15は、その初期条件において、同様に第1ステープル繊維25の割合Aに依存する最大値Rmaxを有する。曲線K1、K2の勾配は、より大きな力の範囲よりも小さな力の範囲で高くなります。曲線K1、K2は指数関数的な進行を有することができ、抵抗値Rの最小値Rminまで圧縮力の増加とともに漸近的に近づくことができる。

【0061】

図10の第1曲線K1は、第1ステープル繊維25の第1割合A1の場合の加えられる圧縮力(力F)と抵抗値Rとの相関関係を示し、曲線K2は、第1ステープル繊維25の第2割合A2の場合の相関関係を示す。第2割合A2は、第1割合A1よりも高い。外力Fが加えられない場合、抵抗値Rは最大値Rmaxを有し、その量は第1ステープル繊維25の割合Aに依存する。このように、用途に適合した力センサ15の好適な力抵抗特性は、第1ステープル繊維25の割合Aを変えることによって達成することができる。

【0062】

一般に、加えられる力Fの量と導電経路の全抵抗35の抵抗値Rとの相関関係は、以下のパラメータによって具体的に影響又は調整され得る:

第1及び第1のステープル短繊維(26)の全量のうち、第1ステープル繊維(25)の割合(A)及び/又は

第1ステープル繊維(25)の繊維タイプ及び/又は

第1ステープル繊維(25)の導電率。

1つ又は複数の示されたパラメータによって、例えば、力Fの測定範囲、及び/又は最小抵抗値Rmin及び/又は最大抵抗値Rmax及び/又は最小抵抗値Rminと最大抵抗値Rmaxとの差分量に影響を与え又は調整することが可能である。

【0063】

本発明は、特に圧力センサとして構成され、力測定方向Mにおいて力センサ15に加えられる力Fの量に依存するセンサ信号を生成することができるピエゾ抵抗型力センサ15に関する。力センサ15は、第1電極20、第2電極21及び2つの電極20、21を電気的に接続する弾性変形可能な抵抗層17を備える。抵抗層17を介して第1電極20から第2電極21までの導電経路の全抵抗35の抵抗値Rは、加えられる力Fの量に依存して変化する。それ故、例えば電極20、21間の電圧Uや導電経路に沿って流れる電流を測定することによって、加えられる力Fの量の特徴付けるセンサ信号を検出することができる。抵抗層17は、導電性の第1ステープル繊維25と、非導電性の第2ステープル繊維

10

20

30

40

50

維 2 6 とを含む。力センサ 1 5 の力と抵抗との特性をそれぞれの用途に適合させるために、ステープル繊維 2 5 , 2 6 の全量のうち第 1 ステープル繊維 2 5 の割合 A は、変化させることができる。

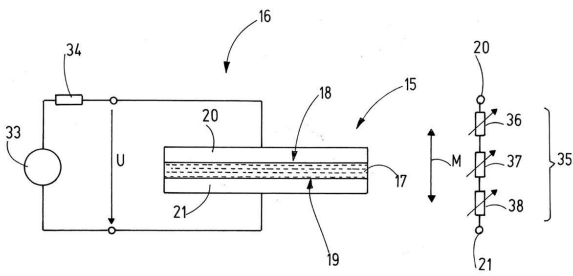
【符号の説明】

【 0 0 6 4 】

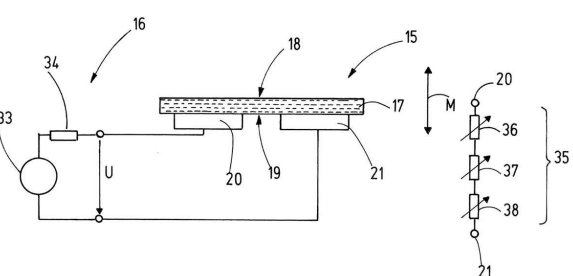
1 5	力センサ	
1 6	回路	
1 7	抵抗層	
1 8	第 1 外面	
1 9	第 2 外面	10
2 0	第 1 電極	
2 1	第 2 電極	
2 5	第 1 ステープル繊維	
2 6	第 2 ステープル繊維	
2 7	二成分繊維	
2 8	コア	
2 9	外層	
3 3	電圧又は電流源	
3 4	直列抵抗	
3 5	導電経路の全抵抗	20
3 6	第 1 接触抵抗	
3 7	抵抗層内の導電経路の体積抵抗	
3 8	第 2 接触抵抗	
A	割合	
F	力	
K 1	第 1 曲線	
K 2	第 2 曲線	
M	力測定方向	
R	全抵抗の抵抗値	
R m a x	全抵抗のうちの最大抵抗値	30
R m i n	全抵抗のうちの最小抵抗値	
U	電圧	

【図面】

【図 1】

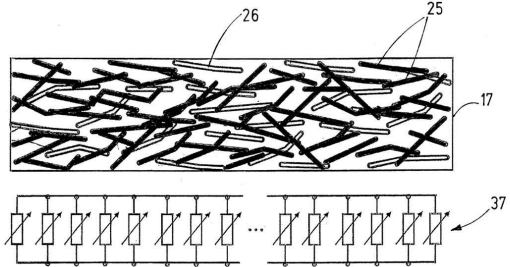


【図 2】

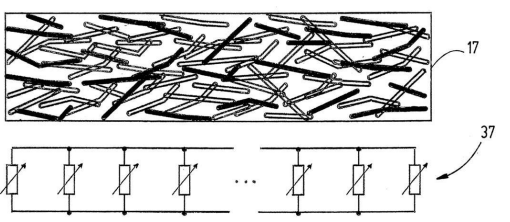


10

【図 3】

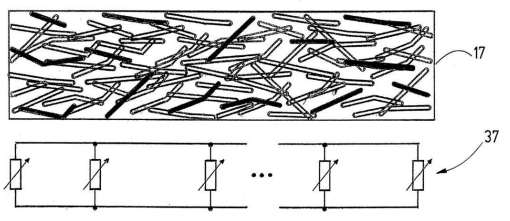


【図 4】

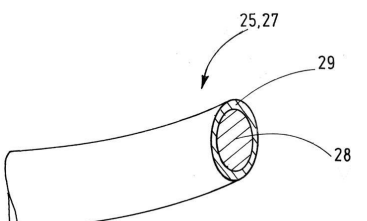


20

【図 5】



【図 6】

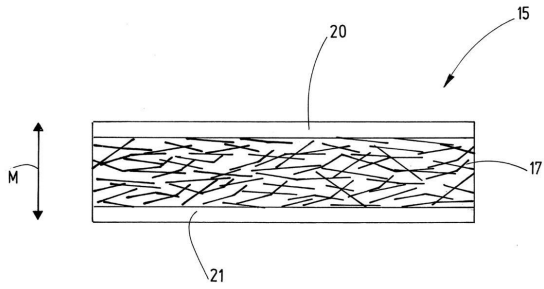


30

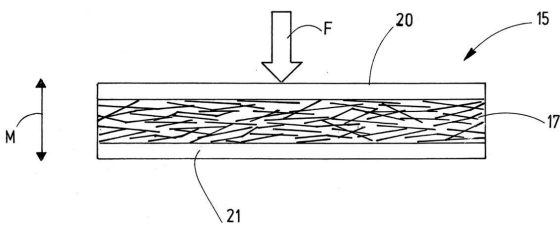
40

50

【図 7】

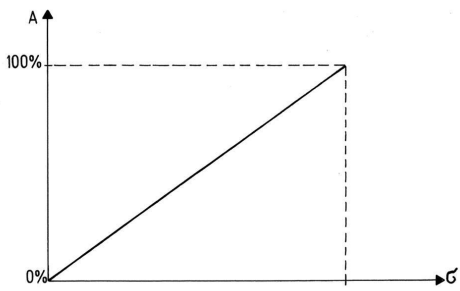


【図 8】

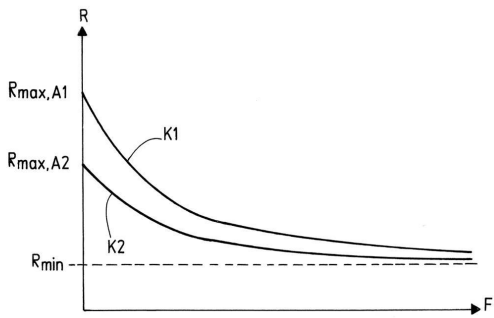


10

【図 9】



【図 10】



20

30

40

50

フロントページの続き

シュタムハイム シュパーバーシュトラッセ 32

審査官 吉田 久

- (56)参考文献 特開2008-69313(JP,A)
国際公開第2012/161197(WO,A1)
特開2018-179687(JP,A)
特開2018-111218(JP,A)
国際公開第2018/193135(WO,A1)
特開2017-134055(JP,A)
米国特許第4795998(US,A)
国際公開第2015/119211(WO,A1)
特開2018-124280(JP,A)
米国特許出願公開第2017/0261388(US,A1)
- (58)調査した分野 (Int.Cl., DB名)
G01L 1/00 - 1/26、
5/00 - 5/28