



(12) **EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG**

(43) Veröffentlichungstag:
04.04.2018 Patentblatt 2018/14

(51) Int Cl.:
D02G 3/36^(2006.01) D02G 3/44^(2006.01)

(21) Anmeldenummer: **17172464.4**

(22) Anmeldetag: **20.03.2015**

(84) Benannte Vertragsstaaten:
AL AT BE BG CH CY CZ DE DK EE ES FI FR GB GR HR HU IE IS IT LI LT LU LV MC MK MT NL NO PL PT RO RS SE SI SK SM TR
Benannte Validierungsstaaten:
MA

(72) Erfinder:
• **Baesch, Bastian**
70599 Stuttgart (DE)
• **Riethmüller, Christoph**
71229 Leonberg (DE)
• **Hoinkis, Simon**
70178 Stuttgart (DE)

(30) Priorität: **24.03.2014 DE 102014103978**

(74) Vertreter: **Rüger, Barthelt & Abel**
Patentanwälte
Webergasse 3
73728 Esslingen (DE)

(62) Dokumentnummer(n) der früheren Anmeldung(en) nach Art. 76 EPÜ:
15712110.4 / 3 122 923

(71) Anmelder: **Deutsche Institute für Textil- und Faserforschung Denkendorf**
73770 Denkendorf (DE)

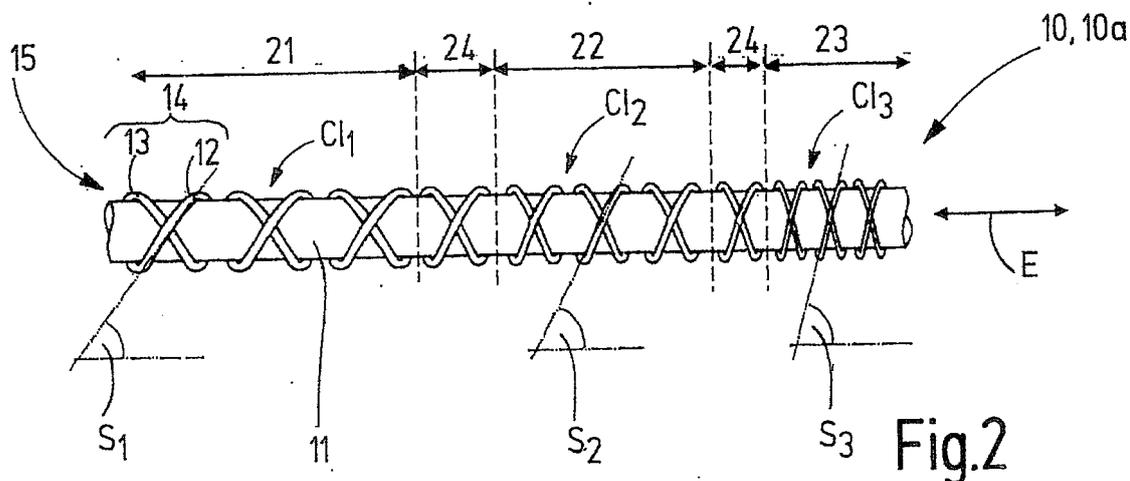
Bemerkungen:

Diese Anmeldung ist am 23-05-2017 als Teilanmeldung zu der unter INID-Code 62 erwähnten Anmeldung eingereicht worden.

(54) **SENSORGARN**

(57) Die Erfindung betrifft ein Sensorgarn (10b) mit einem Fadenkern (11), um das schraubenförmig ein erster Leiter (12) sowie ein zweiter Leiter (13) gewickelt sind. Die beiden Leiter (12, 13) sind gegeneinander und gegenüber dem Fadenkern (11) elektrisch isoliert. Die beiden Leiter (12, 13) bilden mit dem Fadenkern (11) ein kapazitives Bauelement (15). Das Sensorgarn (10b)

weist photosensitives Material (30) auf, so dass durch einfallendes Licht (L) eine Längenänderung bewirkt werden kann. Eine Längenänderung bzw. eine andere Verformung des Sensorgarns (10b) führt dazu, dass sich die Gesamtkapazität (CG) des Sensorgarns (10b) ändert, was durch eine Auswerteeinheit (17) ermittelt werden kann.



Beschreibung

[0001] Die vorliegende Erfindung betrifft ein Sensorgarn zur Verwendung in einem Textilmaterialteil. Das Sensorgarn weist einen Fadenkern auf, dessen Längsmittelachse sich in einer Erstreckungsrichtung erstreckt. Der Fadenkern kann monofil oder aus mehreren Fasern bzw. Filamenten gebildet sein. Der Fadenkern ist vorzugsweise in Erstreckungsrichtung elastisch dehnbar. Die Dehnbarkeit des Sensorgarns kann an das Material angepasst werden, in das das Sensorgarn integriert wird und kann daher in einem weiten Bereich variieren.

[0002] Zur Ausbildung eines kapazitiven Bauteils sind ein erster Leiter und ein zweiter Leiter jeweils schraubenförmig bzw. helixförmig gegenüber der Erstreckungsrichtung gewickelt. Das Sensorgarn kann als Zwirn oder als Umwindegarn ausgeführt sein. Die beiden Leiter können daher in dem und/oder um den Fadenkern gewickelt sein. Die beiden Leiter sind einander gegenüber elektrisch isoliert. Beispielsweise kann zumindest einer der beiden Leiter durch einen Lack oder eine Beschichtung um den elektrisch leitfähigen Kern isoliert sein.

[0003] Ein Sensorgarn ist beispielsweise in DE 10 2008 003 122 A1 beschrieben. Das Garn dient dort zur Ermittlung von Zugspannungen in einem medizinischen Gestrück oder Gewirk. Das Garn hat einen Kernfaden, um den bei einem Ausführungsbeispiel ein Umwindungsfaden gewickelt sein kann. Wird das Garn in seiner Erstreckungsrichtung gekrümmt bzw. gedehnt, ändert sich die elektrische Eigenschaft des Garns, beispielsweise die elektrische Leitfähigkeit und/oder die Kapazität. Beispielsweise kann als Umwindungsfaden ein Bimetallfaden verwendet werden.

[0004] DE 103 42 787 A1 beschreibt ein elektrisch leitfähiges Garn, bei dem um einen Kernfaden mindestens ein elektrisch leitfähiger Faden gewunden ist.

[0005] Ein weiteres elektrisch leitfähiges Garn ist in DE 10 2006 017 340 A1 offenbart. Um den elektrisch leitfähigen Faden, der um einen Kernfaden gewunden ist, ist außerdem ein nicht leitfähiges Multifilamentgarn umwickelt, das sich vorzugsweise flächig auf den Kernfaden legen soll, so dass bei Berührung zweier elektrisch leitfähiger Garne in einem Textilmaterial kein versehentlich elektrischer Kontakt entsteht.

[0006] WO 2007/020511 A1 beschreibt ein energieaktives Verbundgarn mit einem Fadenkern und einem funktionalen Filament. Das Verbundgarn kann z.B. elektrisch, optisch oder magnetisch aktives Material aufweisen.

[0007] Aus US 2005/0040374 A1 ist es bekannt, einen Kern aus photovoltaischem Material mit einem Band schraubenförmig zu umwickeln, das einen Licht übertragenden elektrischen Leiter bildet, um einen photovoltaischen Faden zu bilden.

[0008] Heutzutage werden in verschiedensten Anwendungsbereichen sensorische Textilmaterialien eingesetzt. Beispielsweise können derartige sensorische Textilmaterialien Druckkräfte, Zugkräfte oder dergleichen er-

fassen. Bei vielen Anwendungen ist auch eine Lokalisierung der einwirkenden Kraft vorteilhaft oder erforderlich. Häufig werden dann sensorische Garne in einem dichten matrixförmigen Muster in das Textilmaterial eingearbeitet, so dass ein zweidimensionales Muster von sich kreuzenden sensorischen Garnen entsteht. Wirkt an einer bestimmten Stelle eine Kraft auf diese Fläche ein oder nähert sich ein Gegenstand an diese Fläche an, so kann abhängig von der Dichte der sensorischen Garne eine Ortsbestimmung der Kraft bzw. der Annäherung eines Gegenstands durch die sensorische Matrix erfolgen.

[0009] Der Aufwand für derartige sensorische Textilmaterialien ist groß, wodurch das Textilmaterial entsprechend teuer wird. Als Folge hiervon ist die Verbreitung von sensorischen Textilmaterialien nach wie vor gering.

[0010] Es kann daher als Aufgabe der vorliegenden Erfindung angesehen werden, ein Sensorgarn zu verbessern.

[0011] Diese Aufgabe wird durch ein Sensorgarn mit den Merkmalen des Patentansprüche 1 gelöst.

[0012] Das Sensorgarn weist ein photosensitives Material auf. Das photosensitive Material kann beispielsweise Bestandteil eines Fadenkerns sein oder am Fadenkern angeordnet sein. Das photosensitive Material kann durch einen oder beide nachfolgend beschriebene Effekte die Gesamtkapazität des kapazitiven Bauteils des Sensorgarns ändern:

a) Das photosensitive Material ist photostraktiv und bewirkt eine Längenänderung des Sensorgarns in Erstreckungsrichtung und/oder schräg oder quer hierzu, wenn sich die Intensität des auf das Sensorgarn einfallenden Lichts ändert.

b) Das photosensitive Material ändert seine Dielektrizitätszahl, wenn sich die Intensität des auf das Sensorgarn einfallenden Lichts ändert.

[0013] Dadurch verändert sich die Gesamtkapazität des kapazitiven Bauteils des Sensorgarns. Somit lässt sich auf das Sensorgarn einfallendes Licht detektieren.

[0014] Für den unter b) beschriebenen Effekt kann beispielsweise mit Kupfer dotiertes Zinksulfid (ZnS:Cu) oder ein dotiertes Halbleitermaterial verwendet werden. Die eingeschränkt beweglichen freien Ladungen in dem Material bilden abhängig von der Intensität der Lichteinstrahlung Dipole im elektrischen Feld, wodurch sich die Dielektrizitätszahl und somit die messbare Gesamtkapazität ändert.

[0015] Bei dem photostraktiven Material kann es sich um ein Polymermaterial und/oder ein Halbleitermaterial und/oder ein ferroelektrisches Material und/oder ein magnetisches Material und/oder ein magnetoelektrisches Material handeln. Beispielsweise kann der Fadenkern aus einem Polymermaterial hergestellt sein, das mit einem Halbleitermaterial dotiert ist. Das Polymermaterial kann zusätzlich oder alternativ zur Dotierung mit einem Halbleitermaterial auch mit einem anderen geeigneten Material dotiert sein, beispielsweise mit Bismutferrit.

[0016] Ein sensorisches Textilmaterialteil kann wenigstens ein vorstehend beschriebenes erfindungsgemäßes Sensorgarn und optional wenigstens ein Sensorgarn gemäß einer anderen, nachfolgend erläuterten Ausgestaltung aufweisen. Das Textilmaterialteil kann als Maschenware oder als Gewebe ausgeführt sein. Die Sensorgarne können beispielsweise als Schussfaden oder als Kettfaden in ein Gewebe eingebracht werden. Die Sensorgarne können auch in ein Gewebe oder eine Maschenware eingelegt werden und durch nicht-sensorische Garne oder Fäden im Textilmaterial gehalten werden. Bevorzugt sind die Sensorgarne dabei kreuzungsfrei in einer Richtung des Textilmaterials angeordnet, vorzugsweise in Richtung der Schussfäden. Bei einer Maschenware kann das wenigstens ein Sensorgarn beispielsweise als Steherfaden eingearbeitet werden.

[0017] Die Sensorgarn gemäß einer weiteren Ausgestaltung kann als Umwindegarn mit einem Fadenkern oder als Zwirn ausgeführt sein. Das Sensorgarn hat wenigstens einen ersten und wenigstens einen zweiten Leiter, wobei zumindest einer der beiden Leiter gegenüber der Erstreckungsrichtung des Sensorgarns schraubenförmig gewickelt ist. Die beiden Leiter können dabei kreuzend und/oder mit jeweils derselben Windungssteigung nebeneinander kreuzungsfrei auf den Fadenkern gewickelt sein oder der Fadenkern kann einen der beiden Leiter aufweisen oder bilden (Umwindegarn). Bei einem Zwirn kann einer oder beide Leiter schraubenförmig gewickelt sein.

[0018] Die beiden Leiter sind einander gegenüber elektrisch isoliert, wodurch das Leiterpaar aus wenigstens einem ersten Leiter und wenigstens einem zweiten Leiter gemeinsam weiteren Garnbestandteilen, beispielsweise mit dem Fadenkern, ein kapazitives Bauteil bildet. Die weiteren Garnbestandteile bzw. der Fadenkern stellt das Dielektrikum des kapazitiven Bauteils dar.

[0019] Dieses kapazitive Bauteil ist dadurch gekennzeichnet, dass sich seine Kapazität pro Längeneinheit in Erstreckungsrichtung des Fadenkerns und somit in Erstreckungsrichtung des Sensorgarns ändert. Die Änderung der Kapazität pro Längeneinheit des kapazitiven Bauteils kann kontinuierlich und/oder stufen- oder abschnittsweise vorgesehen sein. Beispielsweise kann das kapazitive Bauteil in Erstreckungsrichtung aufeinanderfolgende Garnabschnitte aufweisen, die unterschiedliche Kapazitäten aufweisen. Dabei kann die Kapazität pro Längeneinheit in einem Garnabschnitt konstant sein. Es ist auch möglich, zumindest abschnittsweise die Kapazität pro Längeneinheit des kapazitiven Bauteils kontinuierlich zu ändern, beispielsweise zunächst stetig von einem Minimalwert bis zu einem Maximalwert der Kapazität pro Längeneinheit zu erhöhen und/oder vom Maximalwert bis zum Minimalwert der Kapazität pro Längeneinheit zu verringern. Das Muster der sich kontinuierlich oder abschnittsweise ändernden Kapazität pro Längeneinheit kann sich ab einer bestimmten Garmlänge des Sensorgarns wiederholen.

[0020] Zwei beliebige Abschnitte des Sensorgarns ha-

ben eine voneinander verschiedene Kapazität pro Längeneinheit, wenn sie bei gleicher Länge voneinander verschiedene Gesamtkapazitäten aufweisen.

[0021] Mit dem Sensorgarn kann eine auf das Sensorgarn einwirkende Kraft, beispielsweise Druckkraft und/oder Zugkraft, eine Kraftänderung, eine Medienbeaufschlagung mit einem flüssigen oder dampfförmigen Medium oder eine Annäherung eines Objekt, eine Temperaturänderung (aufgrund der Längenänderung des Sensorgarns) oder dergleichen ermittelt werden.

[0022] Durch die sich in Erstreckungsrichtung gezielt ändernde Kapazität pro Längeneinheit kann eine Ortsauflösung in Erstreckungsrichtung erreicht werden. Denn eine zu sensierende Einwirkung auf das Sensorgarn hängt nunmehr nicht nur von der Art und dem Betrag der Einwirkung, sondern auch von der Stelle ab, an der auf das Sensorgarn eingewirkt wird. Beispielsweise ändert sich die Gesamtkapazität des Sensorgarns einer bestimmten Länge abhängig davon, welche Kapazität pro Längeneinheit das kapazitive Bauteil an der Stelle der Einwirkung aufweist. Somit ist es durch das Sensorgarn der ersten erfindungsgemäßen Lösung möglich, ein sensorisches Textilmaterialteil zu schaffen, bei dem die Sensorgarne nicht mehr gekreuzt in einer Matrix, sondern lediglich parallel zueinander in einer Richtung angeordnet werden können. Bei einer zu sensierenden Einwirkung ändert sich die Gesamtkapazität eines in das Textilmaterialteil eingearbeiteten Sensorgarns. In der Regel werden beispielsweise bei einer Berührung des Textilmaterialteils oder einer Annäherung an das Textilmaterialteil die Gesamtkapazitäten mehrerer Sensorgarne beeinträchtigt. Dadurch, dass sich die Kapazität jedes kapazitiven Sensors eines Sensorgarns in Erstreckungsrichtung ändert, lässt sich daraus eine Positionsbestimmung durchführen. Die Herstellung eines sensorischen Textilmaterialteils wird durch das erfindungsgemäße Sensorgarn deutlich vereinfacht. Insbesondere genügt die elektrische Kontaktierung eines sensorischen Textilmaterialteils an einer einzigen Seite, da die Sensorgarne nicht mehr wie bisher gekreuzt in zwei Richtungen übereinander gelegt werden müssen. Dadurch wird das Herstellen eines sensorischen Textilmaterials deutlich vereinfacht.

[0023] Bevorzugt ist die Kapazität pro Längeneinheit des kapazitiven Bauteils in einem ersten Garnabschnitt verschieden von der Kapazität pro Längeneinheit in einem anderen zweiten Garnabschnitt des Sensorgarns. Insbesondere können zumindest zwei Garnabschnitte vorhanden sein, denen jeweils eine im Wesentlichen konstante Kapazität pro Längeneinheit zugeordnet ist. Beispielsweise kann der erste Garnabschnitt eine erste Kapazität pro Längeneinheit, der zweite Garnabschnitt eine zweite Kapazität pro Längeneinheit, ein dritter Garnabschnitt eine dritte Kapazität pro Längeneinheit, usw. aufweisen. Zwischen solchen Garnabschnitten mit unterschiedlicher Kapazität pro Längeneinheit kann jeweils ein Übergangsabschnitt vorhanden sein, in dem sich die Kapazität stetig ändert. Abhängig davon, durch welche

Maßnahme die Kapazität pro Längeneinheit geändert wird, kann es aus herstellungstechnischen Gründen notwendig sein, einen solchen Übergangsabschnitt vorzusehen. Denn es ist nicht immer möglich, die Kapazität pro Längeneinheit an einer Stelle des Sensorgarns sozusagen sprunghaft zu vergrößern oder verringern.

[0024] Die Änderung der Kapazität pro Längeneinheit in Erstreckungsrichtung beträgt bei einem Ausführungsbeispiel mindestens 0,03 pF und/oder maximal 250 pF. Zum Beispiel können zwei oder mehr Garnabschnitte vorhanden sein, wobei sich die Kapazität zwischen aufeinanderfolgenden Garnabschnitten - mit gegebenenfalls dazwischen liegendem Übergangsabschnitt - um jeweils mindestens 0,03 pF ändert. Die Differenz zwischen einem Garnabschnitt mit minimaler Kapazität pro Längeneinheit und einem Garnabschnitt mit maximaler Kapazität pro Längeneinheit kann bis zu 250 pF oder mehr betragen.

[0025] Zur Änderung der Kapazität pro Längeneinheit des kapazitiven Bauteils in Erstreckungsrichtung können eine oder mehrere Maßnahmen vorgesehen werden. Bei einem Ausführungsbeispiel kann die Änderung der Kapazität pro Längeneinheit dadurch bewirkt werden, dass eine Änderung der Anzahl von Windungen pro Längeneinheit des Fadenkerns vorgesehen ist. Alternativ oder zusätzlich kann auch eine Änderung der Steigung der schraubenförmigen Wicklung des wenigstens einen ersten Leiters und/oder des wenigstens einen zweiten Leiters vorgesehen sein. Die Steigungen der schraubenförmigen Wicklung der beiden Leiter können in einem gemeinsamen Garnabschnitt denselben Betrag und/oder denselben Wert aufweisen. Es ist allerdings auch möglich, dass die Steigung der beiden Leiter in einem gemeinsamen Garnabschnitt im Hinblick auf den Betrag und/oder den Wert verschieden groß ist.

[0026] Eine zusätzliche oder alternative Maßnahme zur Änderung der Kapazität pro Längeneinheit des kapazitiven Bauteils kann dadurch erreicht werden, dass sich die Dielektrizitätszahl des Fadenkerns in Erstreckungsrichtung ändert. Dies kann beispielsweise dadurch erfolgen, dass unterschiedliche Materialien bzw. Materialkombination mit einer jeweils anderen Dielektrizitätszahl für den Fadenkern verwendet werden. Beispielsweise kann ein zur Herstellung des Fadenkerns verwendeter Kunststoff abschnittsweise mit wenigstens einem weiteren Material kombiniert bzw. dotiert werden, um die Dielektrizitätszahl zu ändern. Durch das Material und/oder den Anteil der Dotierung gegenüber dem Grundwerkstoff des Fadenkerns lässt sich eine Veränderung der Dielektrizitätszahl erreichen.

[0027] Bei einem Ausführungsbeispiel kann der Fadenkern ein Polymermaterial enthalten bzw. aus einem Polymermaterial hergestellt sein. Beispielsweise kann der Fadenkern Polyurethan aufweisen und bei einem Ausführungsbeispiel aus Elasthan hergestellt sein. Der wenigstens eine erste Leiter und/oder der wenigstens eine zweite Leiter können Metall enthalten und beispielsweise aus Drähten, insbesondere Kupferdrähten hergestellt

sein. Die Drähte können zur elektrischen Isolation mit einem Lack oder einer Beschichtung versehen werden. Die Leiter haben vorzugsweise einen Durchmesser von maximal 0,1 mm.

[0028] Der wenigstens eine erste Leiter und/oder der wenigstens eine zweite Leiter können bei einem Ausführungsbeispiel jeweils in einer mehrgängigen Schraubenlinie um den Fadenkern herum verlaufen.

[0029] Alternativ zu den bisher beschriebenen Ausführungsformen können die beiden Leiter auch durch jeweils eine Leitungsschicht gebildet sein, die auf den Fadenkern aufgebracht ist, wobei die Leitungsschichten gegeneinander elektrisch isoliert sind. Durch das Dielektrikum des Fadenkerns und/oder einer zusätzlichen Schicht kann die Kapazität pro Längeneinheit verändert werden. Alternativ oder zusätzlich kann auch die Gestalt und insbesondere die Schichtdicke zumindest einer der Leitungsschichten variiert werden, um die Kapazität pro Längeneinheit zu verändern.

[0030] Bevorzugte Ausführungen der Erfindung ergeben sich aus den abhängigen Patentansprüchen, der Beschreibung und der Zeichnung. Die Beschreibung erläutert wesentliche Merkmale der Erfindung anhand von Ausführungsbeispielen. Die Ausführungsbeispiele werden nachfolgend anhand der beigefügten Zeichnung im Einzelnen erläutert. Es zeigen:

Figur 1a eine schematische Teildarstellung eines Sensorgarns mit einem kapazitiven Bauteil,

Figur 1b ein elektrisches Ersatzschaltbild des kapazitiven Bauteils,

Figur 2 eine schematische Teildarstellung eines Sensorgarns gemäß einem Ausführungsbeispiel der vorliegenden Erfindung,

Figur 3 eine schematische Teildarstellung eines Sensorgarns gemäß einem weiteren Ausführungsbeispiel der vorliegenden Erfindung,

Figuren 4a und 4b eine schematische Teildarstellung eines erfindungsgemäßen Sensorgarns, das ein photostriktives Material aufweist,

Figur 4c eine schematische Teildarstellung eines weiteren erfindungsgemäßen Sensorgarns, das ein photosensitives Material aufweist,

Figur 5 eine schematische Darstellung eines Textilmaterialteils als Maschenware mit mehreren Sensorgarnen,

Figur 6 eine schematische Darstellung eines Textilmaterialteils in Form eines Gewebes mit mehreren Sensorgarnen gemäß einem Ausführungsbeispiel der vorliegenden Erfindung und

Figuren 7 und 8 jeweils ein abgewandeltes Ausführungsbeispiel eines Sensorgarns in schematischer Darstellung.

[0031] In den Figuren 1 bis 4 sind Ausführungsbeispiele eines Sensorgarns 10 in schematischer Teildarstellung veranschaulicht. Das Sensorgarn 10 weist einen sich in einer Erstreckungsrichtung E erstreckenden Fadenkern 11 auf. Der Fadenkern 11 kann Monofil oder durch eine Mehrzahl von Fasern bzw. Filamenten gebildet sein. Er kann aus einem einzigen einheitlichen Material bestehen oder aus einer Kombination mehrerer Materialien. Beim Ausführungsbeispiel weist der Fadenkern 11 ein polymeres Material auf. Der Fadenkern 11 ist vorzugsweise in Erstreckungsrichtung E elastisch dehnbar und kann in Erstreckungsrichtung E elastisch gedehnt werden. Bei bestimmten Ausführungsbeispielen des Sensorgarns 10 kann der Fadenkern 11 in Erstreckungsrichtung E unterschiedliche Werkstoffen und/oder unterschiedliche Werkstoffkombinationen und/oder unterschiedliche Anteile der Werkstoffe einer Werkstoffkombination aufweisen, worauf später noch näher eingegangen wird.

[0032] Um den Fadenkern 11 ist wenigstens ein erster Leiter 12 und wenigstens ein zweiter Leiter 13 gewickelt. Bei den hier veranschaulichten Ausführungsbeispielen ist jeweils lediglich ein einziger erster Leiter 12 und ein einziger zweiter Leiter 13 veranschaulicht. In Abwandlung hierzu könnten jeweils auch mehrere erste Leiter 12 bzw. zweite Leiter 13 vorhanden sein.

[0033] Die Leiter 12, 13 weisen ein elektrisch leitfähiges Material, insbesondere Metall, auf bzw. sind aus einem solchen Material hergestellt. Beim Ausführungsbeispiel werden die Leiter 12, 13 aus einem metallischen Draht, vorzugsweise einem Kupferdraht, hergestellt. Um eine elektrische Verbindung zwischen den beiden Leitern 12, 13 und zwischen den Leitern 12, 13 und dem Fadenkern 11 zu vermeiden, weisen die Leiter 12, 13 an ihrer Außenfläche eine elektrisch isolierende Beschichtung oder einen elektrisch isolierenden Lack auf. Die Leiter haben beispielsweise einen Durchmesser von bis zu 0,1 mm oder 0,2 mm.

[0034] Der erste Leiter 12 und der zweite Leiter 13 bilden beispielsweise ein Leiterpaar 14. Das Leiterpaar 14 ist Bestandteil eines kapazitiven Bauteils 15. Das kapazitive Bauteil 15 eines Sensorgarns einer bestimmten Länge hat eine Gesamtkapazität CG. In Figur 1b ist das elektrische Schaltbild für das Sensorgarn 10 mit dem kapazitiven Bauteil 15 veranschaulicht.

[0035] Die Kapazität des kapazitiven Bauteils 15 hängt von dem konstruktiven Aufbau des Sensorgarns 10 ab. Das Sensorgarn 10 kann in nahezu beliebiger Länge hergestellt und auf eine Spule aufgewickelt werden. Bei der Einarbeitung des Sensorgarns 10 in ein Textilmaterialteil 16 hat ein Sensorgarn 10 einer bestimmten Länge die Gesamtkapazität CG. Diese Gesamtkapazität CG ändert sich, wenn das Sensorgarn 10 beaufschlagt wird, beispielsweise durch eine Kraft, wie etwa eine Druckkraft

oder eine Zugkraft. Durch eine Längenänderung des Fadenkerns 11, der als Dielektrikum für das kapazitive Bauelement 15 dient und/oder eine Relativverschiebung des wenigstens einen ersten Leiters 12 relativ zum wenigstens einen zweiten Leiter 13, kann sich die Gesamtkapazität CG ändern. Dadurch stellt das Sensorgarn somit einen kapazitiven Sensor dar. Über eine Auswerteeinheit 17, die von einem Ende des Sensorgarns 10 an die beiden Leiter 12, 13 elektrisch angeschlossen ist, kann die aktuelle Gesamtkapazität CG ermittelt werden. Daraus lässt sich eine Einwirkung auf das Sensorgarn 10 ermitteln. Als sensierbare Einwirkung auf das Sensorgarn 10 lassen sich eine oder mehrere der folgenden Einwirkungen ermitteln:

- eine Kraft, wie beispielsweise Druckkraft oder/oder Zugkraft, oder eine Kraftänderung,
- eine Medienbeaufschlagung mit einem flüssigen oder dampfförmigen Medium,
- eine Annäherung eines Objekt,
- eine Temperaturänderung,
- und bei einer Ausführung des Sensorgarns auch eine Bestrahlung mit elektromagnetischen Wellen, insbesondere mit Licht.

[0036] In den Figuren 2 und 3 ist eine erste Ausführungsform des Sensorgarns 10 veranschaulicht, die als erstes Sensorgarn 10a bezeichnet wird. Bei dem ersten Sensorgarn 10a hat das kapazitive Bauteil 15 eine sich in Erstreckungsrichtung E ändernde Kapazität CI pro Längeneinheit I des Sensorgarns. Die Kapazität CI pro Längeneinheit I gibt die Kapazität des kapazitiven Bauteils 15 an der Betrachtungsstelle des Sensorgarns 10 an, wobei sich diese Kapazität CI pro Längeneinheit I in Erstreckungsrichtung E ändert. Die Gesamtkapazität CG ist somit nicht nur abhängig von der Länge eines Sensorgarns 10 in Erstreckungsrichtung E, sondern variiert zusätzlich räumlich in Erstreckungsrichtung E. Zwei gleich lange Abschnitte eines Sensorgarns 10 können somit eine unterschiedlich große Gesamtkapazität CG aufweisen.

[0037] Bei den in den Figuren 2 und 3 veranschaulichten Ausführungsbeispielen ändert sich die Kapazität CI pro Längeneinheit I abschnittsweise. Lediglich beispielhaft sind jeweils ein erster Garnabschnitt 21, ein zweiter Garnabschnitt 22 sowie ein dritter Garnabschnitt 23 veranschaulicht. In jedem der Garnabschnitte 21, 22, 23 hat das Sensorgarn 10 bzw. dessen kapazitives Bauelement 15 eine andere Kapazität CI pro Längeneinheit I. Bei den hier veranschaulichten Ausführungsbeispielen ist die Kapazität CI pro Längeneinheit I in einem jeweiligen Garnabschnitt 21, 22, 23 im Wesentlichen konstant. Beispielsweise hat das Sensorgarn 10 im ersten Garnabschnitt 21 eine erste Kapazität CI₁ pro Längeneinheit I, im zwei-

ten Garnabschnitt 22 eine zweite Kapazität Cl_2 pro Längeneinheit l und im dritten Garnabschnitt 23 eine dritte Kapazität Cl_3 pro Längeneinheit l .

[0038] In Abwandlung zu abschnittsweise konstanten Kapazitäten Cl pro Längeneinheit l kann die Kapazität Cl pro Längeneinheit l auch zumindest abschnittsweise kontinuierlich vergrößert oder verringert werden. Beispielsweise kann die Kapazität Cl pro Längeneinheit l von einem Minimalwert von beispielsweise 10 pF bis zu einem Maximalwert von 250 pF oder mehr stetig vergrößert und/oder umgekehrt vom Maximalwert bis zu dem Minimalwert stetig verringert werden. Solche sich kontinuierlich ändernden Abschnitte können auch aufeinanderfolgend im Sensorgarn 10 vorgesehen sein.

[0039] Der sich in Erstreckungsrichtung E ändernde Wert der Kapazität Cl pro Längeneinheit l wird bei der in Figur 2 veranschaulichten Ausführungsform des ersten Sensorgarns 10a dadurch erreicht, dass die Steigung S einer Schraubenwindung des schraubenförmig gewickelten ersten Leiters 12 und/oder des zweiten Leiters 13 gegenüber der Erstreckungsrichtung E , also der Längsmittelachse des Sensorgarns 10 variiert. In dem ersten Garnabschnitt 21 hat die Steigung S einer Schraubenwindung der beiden Leiter 12, 13 einen ersten Steigungsbetrag S_1 . Entsprechend hat die Steigung S der Schraubenwindungen des ersten und zweiten Leiters 12, 13 im zweiten Garnabschnitt 22 einen zweiten Steigungsbetrag S_2 und im dritten Garnabschnitt 23 einen dritten Steigungsbetrag S_3 . Mit zunehmendem Steigungsbetrag reduziert sich die Anzahl der Windungen pro Längeneinheit und mithin auch die Kapazität Cl pro Längeneinheit. Die Steigungsbeträge sind im jeweiligen Garnabschnitt 21, 22, 23 im Wesentlichen konstant. Da die Steigung zwischen zwei in Erstreckungsrichtung benachbarten Garnabschnitten 21 und 22 bzw. 22 und 23 aus herstellungstechnischen Gründen oft nicht sprunghaft verändert werden kann, ist zwischen zwei benachbarten Garnabschnitten 21 und 22 bzw. 22 und 23 jeweils ein Übergangabschnitt 24 vorhanden. In diesem Übergangabschnitt 24 wird die Steigung des ersten Leiters 12 und/oder des zweiten Leiters 13 kontinuierlich erhöht oder verringert, um einen Übergang zwischen den jeweiligen Steigungsbeträgen S_1 und S_2 bzw. S_2 und S_3 zu schaffen. Diese Übergangabschnitte 24 könne optional auch entfallen, wenn durch den Herstellungsprozess des Sensorgarns 10 eine Übergangsstelle mit sich sprunghaft ändernder Steigung zwischen zwei Garnabschnitten 21, 22 mit unterschiedlichen Steigungsbeträgen hergestellt werden kann.

[0040] Bei dem in Figur 2 veranschaulichten Ausführungsbeispiel des ersten Sensorgarns 10a sind die Steigungsbeträge für die beiden Leiter 12, 13 gleich groß, haben jedoch unterschiedliche Vorzeichen. Dadurch sind jeweils Kreuzungsstellen in den Wicklungen der beiden Leiter 12, 13 gebildet. Es ist nicht zwingend erforderlich, dass die Steigungsbeträge für die beiden Leiter 12, 13 in einem Garnabschnitt 21 gleich groß sind, vielmehr können die Steigungsbeträge der beiden Leiter 12,

13 auch voneinander verschieden sein. Außerdem kann zwischen zwei benachbarten Garnabschnitten mit unterschiedlicher Kapazität Cl pro Längeneinheit l auch lediglich die Steigung von dem ersten Leiter 12 oder dem zweiten Leiter 13 verändert werden.

[0041] In Figur 3 ist eine weitere Möglichkeit zur Veränderung der Kapazität Cl pro Längeneinheit l für das kapazitive Bauelement 15 veranschaulicht. Bei dieser Ausführungsform kann die Steigung der Wicklung der beiden Leiter 12, 13 in den verschiedenen Garnabschnitten 21, 22, 23 im Wesentlichen unverändert bleiben. Zur Veränderung der Kapazität Cl pro Längeneinheit wird beispielsweise die Dielektrizitätszahl oder Permittivität ϵ verändert. Hierzu wird das Dielektrikum, das beispielsweise durch den Fadenkern 11 gebildet ist, abschnittsweise verändert. Der Fadenkern 11 hat beispielsweise im ersten Garnabschnitt 21 eine erste Dielektrizitätszahl ϵ_1 , im zweiten Garnabschnitt 22 eine zweite Dielektrizitätszahl ϵ_2 und im dritten Garnabschnitt 23 eine dritte Dielektrizitätszahl ϵ_3 . Die verschiedenen Dielektrizitätszahlen werden durch unterschiedliche Werkstoffe bzw. Werkstoffzusammensetzungen in den Garnabschnitten 21, 22, 23 erreicht. Beispielsweise kann der Fadenkern 11 einen zumindest abschnittsweise dotierten Grundwerkstoff aufweisen. Es ist dabei zweckmäßig, wenn sich die Dielektrizitätszahl des Grundwerkstoffs von dem hinzugefügten Dotierungswerkstoff ausreichend unterscheidet, beispielsweise um mindestens 10 bis 30%. Zur Veränderung der Dielektrizitätszahl ϵ kann beispielsweise der Anteil des Dotierungswerkstoffs gegenüber dem Grundwerkstoff vergrößert werden. Zusätzlich oder alternativ hierzu können auch verschiedene Dotierungswerkstoffe bzw. verschiedene Kombinationen von Dotierungswerkstoffen in den verschiedenen Garnabschnitten 21, 22, 23 verwendet werden.

[0042] Bei dem hier beschriebenen bevorzugten Ausführungsbeispiel ist der die Dielektrizitätszahl verändernde Werkstoff als Dotierungsmaterial in den Grundwerkstoff des Fadenkerns 11 eingebracht. Weiterhin könnte auch eine den Fadenkern 11 und die Leiter 12, 13 umhüllende Beschichtung vorgesehen sein, die den die Dielektrizitätszahl verändernden Werkstoff enthält oder aus solchem besteht.

[0043] Bei einem nicht explizit veranschaulichten Ausführungsbeispiel ist es ferner möglich, sowohl die Dielektrizitätszahl ϵ , als auch die Steigung der Windungen zur Veränderung der Kapazität Cl pro Längenabschnitt l zu variieren und mithin die in den Figuren 2 und 3 veranschaulichten und oben beschriebenen Ausführungsbeispiele des ersten Sensorgarns 10a miteinander zu kombinieren.

[0044] Mit Hilfe des ersten Sensorgarns 10 lässt sich ein sensorisches Textilmaterialteil 16 herstellen, wie es schematisch in den Figuren 5 und 6 veranschaulicht ist. Mit Hilfe des Sensorgarns 10 lassen sich Einwirkungen wie etwa eine Krafteinwirkung, beispielsweise eine Druckkraft und/oder eine Zugkraft, Einwirkungen durch flüssige Medien, beispielsweise Wasser, Annäherungen

durch Objekte, usw. erfassen. Dadurch, dass sich die Kapazität C_l pro Längeneinheit L des Sensorgarns 10 in Erstreckungsrichtung E ändert, wird durch das Sensorgarn 10 bereits eine Ortsinformation bereitgestellt, über die es möglich ist, die Position der Einwirkung zu ermitteln. Insbesondere dann, wenn mehrere der Sensorgarne 10 in einem Textilmaterialteil 16 parallel zueinander angeordnet sind, wirkt sich die Einwirkung in der Regel nicht nur auf die Gesamtkapazität C_G eines einzigen Sensorgarns 10, sondern auf die Gesamtkapazität C_G mehrerer Sensorgarne 10 aus. Durch die Auswertung der Kombination von sich ändernden Gesamtkapazitäten C_G kann eine sehr genaue Ortsbestimmung der Einwirkung auf das Textilmaterialteil 16 erfolgen, ohne dass eine matrixartige Anordnung von Sensorgarnen 10 mit Kreuzungsstellen notwendig ist. Dies hat den Vorteil, dass das Textilmaterialteil 16 lediglich auf einer Seite zur Verbindung mit der Auswerteeinheit 17 elektrisch kontaktiert werden muss. Dies vereinfacht den Aufbau eines sensorischen Textilmaterialteils 16 erheblich.

[0045] Wie in den Figuren 5 und 6 stark schematisiert veranschaulicht, kann es sich bei dem Textilmaterialteil 16 um Maschenware, beispielsweise ein Gewirk oder ein Gestrück (Figur 5) oder um ein Gewebe (Figur 6) handeln. Bei dem in Figur 5 veranschaulichten Gestrück sind die Sensorgarne 10 als Steherfäden in das Gestrück eingelegt und nehmen an der Maschenbildung selbst nicht teil. Bei dem in Figur 6 veranschaulichten Ausführungsbeispiel sind die Sensorgarne 10 als Schussfäden in ein Gewebe eingearbeitet. Dabei kann anwendungsabhängig zwischen zwei Sensorgarne 10 jeweils ein oder mehrere herkömmliche, nicht-sensorische Textilfäden 25 eingewebt sein. Die Anzahl und die Dichte der Sensorgarne in einem Textilmaterialteil 16 hängen vom konkreten Anwendungsfall ab.

[0046] Das Textilmaterial 16 weist neben den parallel angeordneten Sensorgarnen 10 einen oder mehrere herkömmliche Textilfäden 25 auf. Der nicht-sensorische Textilfaden 25 kann zur Maschenbildung (Figur 5) oder als Schussfaden und Kettfaden (Figur 6) verwendet werden.

[0047] Die Darstellungen in den Figuren 5 und 6 sind nicht maßstäblich und lediglich schematisch. Die Sensorgarne 10 können dieselbe oder eine andere Stärke (Titer) aufweisen, als die anderen verwendeten Textilfäden 25.

[0048] In den Figuren 4a und 4b ist ein zweites Ausführungsbeispiel des Sensorgarns 10 veranschaulicht, das als zweites Sensorgarn 10b bezeichnet wird. Bei dem zweiten Sensorgarn 10b kann im Unterschied zum ersten Sensorgarn 10a die Kapazität C_l pro Längeneinheit l , die das kapazitive Bauelement 15 des Sensorgarns 10 aufweist, im Wesentlichen konstant sein. Es ist jedoch auch möglich, die sich in Erstreckungsrichtung E ändernde Kapazität C_l pro Längeneinheit l wie beim ersten Sensorgarn 10a vorzusehen.

[0049] Das zweite Sensorgarn 10b enthält ein photosensitives Material 30. Dieses photosensitive Material 30

kann an einer beliebigen Stelle an dem Sensorgarn 10 angebracht bzw. in das Sensorgarn 10 eingebracht werden. Bei dem hier beschriebenen bevorzugten Ausführungsbeispiel ist das photosensitive Material 30 als Dotierungsmaterial in den Grundwerkstoff des Fadenkerns 11 eingebracht. Alternativ hierzu könnte der Fadenkern 11 auch aus photosensitivem Material bestehen. Weiterhin könnte auch eine den Fadenkern 11 und die Leiter 12, 13 umhüllende Beschichtung vorgesehen sein, die photosensitives Material 30 enthält oder aus solchem besteht.

[0050] Anhand der Figuren 4a und 4b ist schematisch zu erkennen, dass durch die Bestrahlung des zweiten Sensorgarns 10b mit Licht L eine Längenänderung des Fadenkerns 11 durch Photostriktion stattfindet. Beispielfähig ändert sich die Länge eines Längenabschnitts A um eine Differenz d , wenn das zweite Sensorgarn 10b mit dem Licht L bestrahlt wird. Das wiederum verursacht eine Änderung der Gesamtkapazität C_G des mit Licht L bestrahlten Sensorgarns 10. Ändert sich die Intensität des einfallenden Lichts L , so ändert sich auch die Gesamtkapazität C_G .

[0051] Als photostriktives Material 30 kann beispielsweise ein Polymermaterial, ein Halbleitermaterial, ein ferroelektrisches Material, ein magnetisches Material oder ein magnetoelektrisches Material verwendet werden. Beispielsweise kann Bismutferrit als photostriktives Material verwendet werden.

[0052] Bei dem in Figur 4c veranschaulichten Ausführungsbeispiel eines photosensitiven zweiten Sensorgarns 10b findet keine Längenänderung (Photostriktion) statt. Vielmehr ist dort das photosensitive Material derart ausgewählt, dass durch die Intensität des Lichts eine Änderung der Dielektrizitätszahl erfolgt. Beispielsweise kann ein dotiertes Halbleitermaterial, wie etwa mit Kupfer dotiertes Zinksulfid ($ZnS:Cu$) verwendet werden. Abhängig von der Lichtintensität bilden sich im elektrischen Feld Dipole und verändern die Dielektrizitätszahl, was wiederum die erfassbare Gesamtkapazität des zweiten Sensorgarns 10b verändert.

[0053] Das photosensitive zweite Sensorgarn 10b kann somit dazu verwendet werden, das Vorhandensein von einfallendem Licht L bzw. eine Intensitätsänderung zu detektieren. Beispielsweise könnte dadurch ein Beleuchtungssensor oder auch ein Helligkeitssensor realisiert werden. Ein solcher Sensor ließe sich mit Hilfe des Sensorgarns 10b in ein Beschattungstextil, beispielsweise ein Sonnenrollo oder dergleichen integrieren, das abhängig von der Sonneinstrahlung in seine ausgefahrene oder eingefahrene Position bewegt wird. Die Sensorik könnte daher integraler Bestandteil eines Sonnenschutzrollos sein und auf einen separaten Sensor verzichten werden.

[0054] Bei beiden Sensorgarnen 10a, 10b kann auch einer der beiden Leiter, beispielsweise der zweite Leiter 13 durch den Fadenkern 11 gebildet sein (Figur 7). Das Sensorgarn 10a, 10b kann auch ohne Fadenkern 11 als Zwirn ausgeführt sein (Figur 8). Wenn kein Fadenkern

11 vorhanden ist, sind die beiden Leiter 12, 13 mit anderen Filamenten (Schraffur in Figur 8) zusammen zur Bildung des Zwirns kombiniert.

[0055] Bei allen Ausführungsformen des ersten Sensorgarns 10a und vorzugsweise auch beim zweiten Sensorgarn 10b ist zumindest einer der beiden Leiter schraubenförmig zur Erstreckungsrichtung E gewickelt.

[0056] Das erste Sensorgarn 10a und das zweite Sensorgarn 10b können auch gemeinsam in einem Textilmaterialteil 16 eingesetzt werden, wenn sowohl die Einwirkung von Licht L, als auch eine Annäherung eines Gegenstands an das Textilmaterialteil 16 und/oder eine Kraftereinwirkung auf das Textilmaterialteil 16 und/oder eine Einwirkung durch ein flüssiges oder dampfförmiges Medium und/oder eine andere die Gesamtkapazität CG eines Sensorgarns 10 beeinflussende Einwirkung erfasst werden soll.

[0057] Die Erfindung betrifft ein Sensorgarn 10. Das Sensorgarn 10b weist photosensitives Material 30 auf, so dass durch einfallendes Licht L eine Längenänderung bewirkt werden kann. Eine Längenänderung bzw. eine andere Verformung des Sensorgarns 10b führt dazu, dass sich die Gesamtkapazität CG des betreffenden Sensorgarns 10b ändert, was durch eine Auswerteeinheit 17 ermittelt werden kann.

Bezugszeichenliste:

[0058]

10	Sensorgarn
10a	erstes Sensorgarn
10b	zweites Sensorgarn
11	Fadenkern
12	erster Leiter
13	zweiter Leiter
14	Leiterpaar
15	kapazitives Bauteil
16	Textilmaterialteil
17	Auswerteeinheit
21	erster Garnabschnitt
22	zweiter Garnabschnitt
23	dritter Garnabschnitt
24	Übergangsabschnitt
25	Textilfaden
30	photosensitives Material
A	Längenabschnitt
Cl	Kapazität pro Längeneinheit
Cl ₁	erste Kapazität pro Längeneinheit
Cl ₂	zweite Kapazität pro Längeneinheit
Cl ₃	dritte Kapazität pro Längeneinheit
CG	Gesamtkapazität
d	Differenz
E	Erstreckungsrichtung
ε	Dielektrizitätszahl

ε ₁	erste Dielektrizitätszahl
ε ₂	zweite Dielektrizitätszahl
ε ₃	dritte Dielektrizitätszahl
l	Längeneinheit
L	Licht
S ₁	erster Steigungsbetrag
S ₂	zweiter Steigungsbetrag
S ₃	dritter Steigungsbetrag

10

Patentansprüche

1. Sensorgarn (10b), mit einem sich in einer Erstreckungsrichtung (E) erstreckenden Fadenkern (11), mit wenigstens einem ersten Leiter (12) und einem zweiten Leiter (13), wobei zumindest einer der beiden Leiter (12, 13) schraubenförmig gegenüber der Erstreckungsrichtung (E) gewickelt ist, wobei der wenigstens eine erste Leiter (12) und der wenigstens eine zweite Leiter (13) Bestandteil eines kapazitiven Bauteils (15) sind, und wobei das Sensorgarn (10b) ein photosensitives Material (30) aufweist, so dass bei einer Bestrahlung des Sensorgarns (10b) mit Licht (L) eine Änderung der Gesamtkapazität (CG) des kapazitiven Bauteils (15) ergibt.
2. Sensorgarn nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet, dass** es sich bei dem photosensitiven Material (30) um mit Kupfer dotiertes Zinksulfid (ZnS:Cu), ein Polymermaterial, ein Halbleitermaterial, ein ferroelektrisches Material, ein magnetisches Material oder magnetoelektrisches Material handelt.
3. Sensorgarn nach Anspruch 1 oder 2, **dadurch gekennzeichnet, dass** das photosensitive Material (30) im oder am Fadenkern (11) vorhanden ist.
4. Textilmaterialteil (16), mit mehreren Sensorgarnen (10, 10b) nach einem der vorhergehenden Ansprüche.
5. Textilmaterialteil nach Anspruch 4, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Sensorgarne (10, 10a, 10b) kreuzungsfrei angeordnet sind.
6. Textilmaterialteil nach Anspruch 4 oder 5, **dadurch gekennzeichnet, dass** wenigstens ein Sensorgarn (10a) der mehreren Sensorgarne (10) aufweist:
 - einen sich in einer Erstreckungsrichtung (E) erstreckenden Fadenkern (11), wenigstens einen ersten Leiter (12) und einen zweiten Leiter (13), wobei wenigstens einer der

- beiden Leiter (12, 13) schraubenförmig gegenüber der Erstreckungsrichtung (E) gewickelt ist, wobei der wenigstens eine erste Leiter (12) und der wenigstens eine zweite Leiter (13) einander gegenüber elektrisch isoliert und Bestandteil eines kapazitiven Bauteils (15) sind, und wobei das kapazitive Bauteil (15) eine sich in Erstreckungsrichtung (E) ändernde Kapazität (Cl) pro Längeneinheit (l) des Sensorgarns (10) aufweist.
7. Textilmaterialteil nach Anspruch 6, **dadurch gekennzeichnet, dass** einer der beiden Leiter (12) des wenigstens einen Sensorgarns (10a) der mehreren Sensorgarne (10) durch einen Fadenkern (11) gebildet und der andere Leiter (13) des Sensorgarns (10a) um den Fadenkern (11) gewickelt ist oder dass beide Leiter (12, 13) des wenigstens einen Sensorgarns (10a) der mehreren Sensorgarne (10) um einen Fadenkern (11) gewickelt sind oder dass einer der beiden Leiter (13) des wenigstens einen Sensorgarns (10a) der mehreren Sensorgarne (10) Bestandteil des Fadenkerns (11) ist und der andere Leiter (13) des Sensorgarns (10a) um den Fadenkern (11) gewickelt ist.
8. Textilmaterialteil nach Anspruch 6 oder 7, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Kapazität (Cl) pro Längeneinheit (l) in einem ersten Garnabschnitt (21) verschieden ist von der Kapazität (Cl) pro Längeneinheit (l) des wenigstens einen Sensorgarns (10a) der mehreren Sensorgarne (10) in einem anderen Garnabschnitt (22, 23) des Sensorgarns (10a).
9. Textilmaterialteil nach Anspruch 8, **dadurch gekennzeichnet, dass** das wenigstens einen Sensorgarn (10a) der mehreren Sensorgarne (10) zumindest zwei Garnabschnitte (21, 22, 23) aufweist, denen das kapazitive Bauteil (15) jeweils eine im Wesentlichen konstante Kapazität (Cl₁, Cl₂, Cl₃) pro Längeneinheit (l) aufweist.
10. Textilmaterialteil nach Anspruch 9, **dadurch gekennzeichnet, dass** zwischen zwei benachbarten Garnabschnitten (21, 22 bzw. 22, 23) mit unterschiedlicher Kapazität (Cl₁, Cl₂, Cl₃) pro Längeneinheit (l) ein Übergangsabschnitt (24) vorhanden ist, in dem sich die Kapazität (Cl) pro Längeneinheit (l) stetig ändert.
11. Textilmaterialteil nach einem der Ansprüche 6 bis 10, **dadurch gekennzeichnet, dass** sich der Betrag der Kapazität (Cl) pro Längeneinheit (l) des wenigstens einen Sensorgarns (10a) der mehreren Sensorgarne (10) in Erstreckungsrichtung (E) um mindestens 0,03 pF und/oder um bis zu maximal 250 pF ändert.
12. Textilmaterialteil nach Anspruch 11 und nach einem der Ansprüche 8 bis 10, **dadurch gekennzeichnet, dass** das wenigstens einen Sensorgarn (10a) der mehreren Sensorgarne (10) zumindest drei Garnabschnitte (21, 22, 23) mit unterschiedlich großen Kapazitäten (Cl₁, Cl₂, Cl₃) pro Längeneinheit (l) aufweist, wobei sich die Kapazität (Cl) pro Längeneinheit (l) zwischen in Erstreckungsrichtung (E) benachbarten Garnabschnitten (21, 22 bzw. 22, 23) um mindestens 10pF ändert.
13. Textilmaterialteil nach einem der Ansprüche 6 bis 12, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Änderung der Kapazität (Cl) pro Längeneinheit (l) des wenigstens einen Sensorgarns (10a) der mehreren Sensorgarne (10) durch eine sich in Erstreckungsrichtung (E) ändernde Anzahl von Windungen pro Längeneinheit des Fadenkerns (11) und/oder durch eine sich in Erstreckungsrichtung (E) ändernde Steigung (S) der schraubenförmigen Wicklung des wenigstens einen ersten Leiters (12) und/oder des wenigstens einen zweiten Leiters (13) bewirkt ist.
14. Textilmaterialteil nach einem der Ansprüche 6 bis 13, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Änderung der Kapazität (Cl) pro Längeneinheit (l) durch eine sich in Erstreckungsrichtung (E) ändernde Dielektrizitätszahl (ϵ) des Sensorgarns (10a) bewirkt ist.

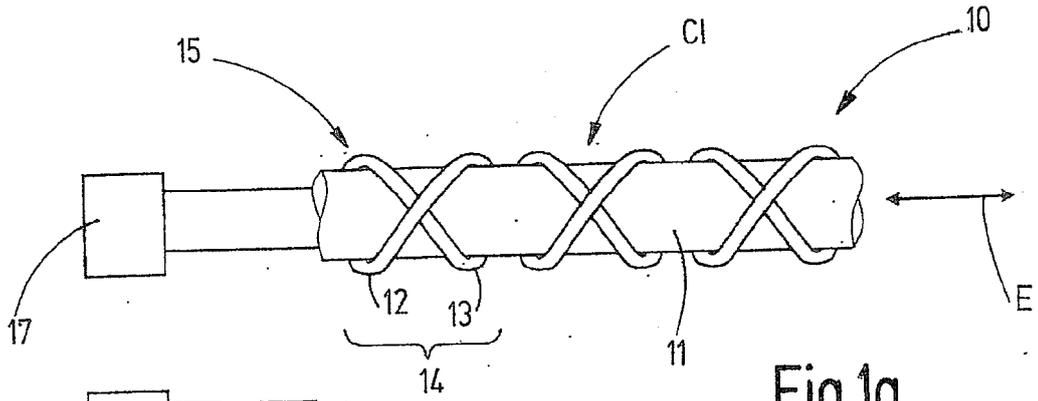


Fig. 1a

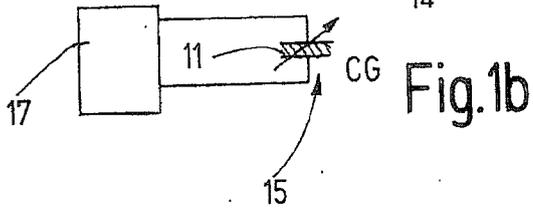


Fig. 1b

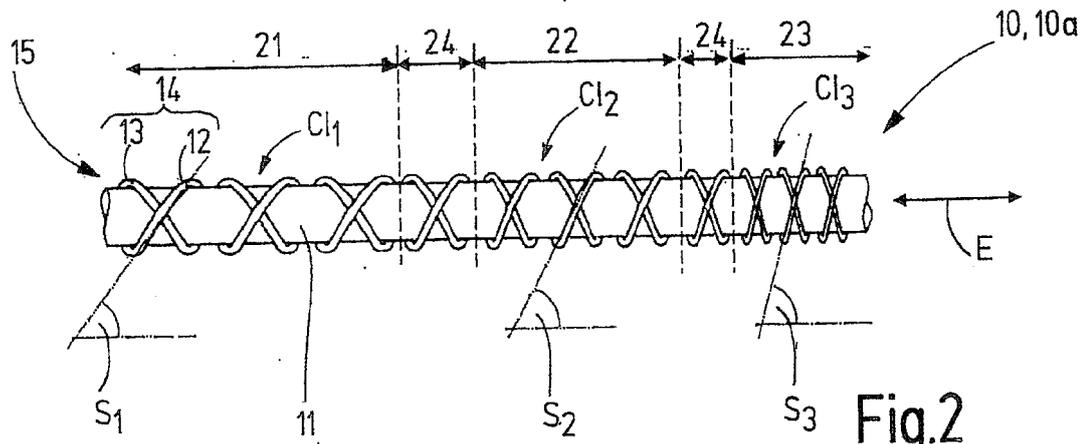


Fig. 2

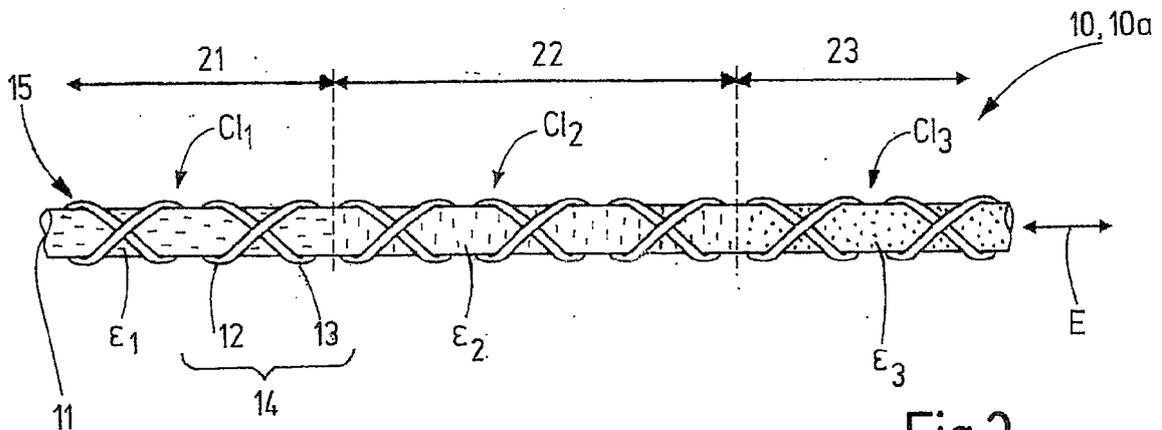
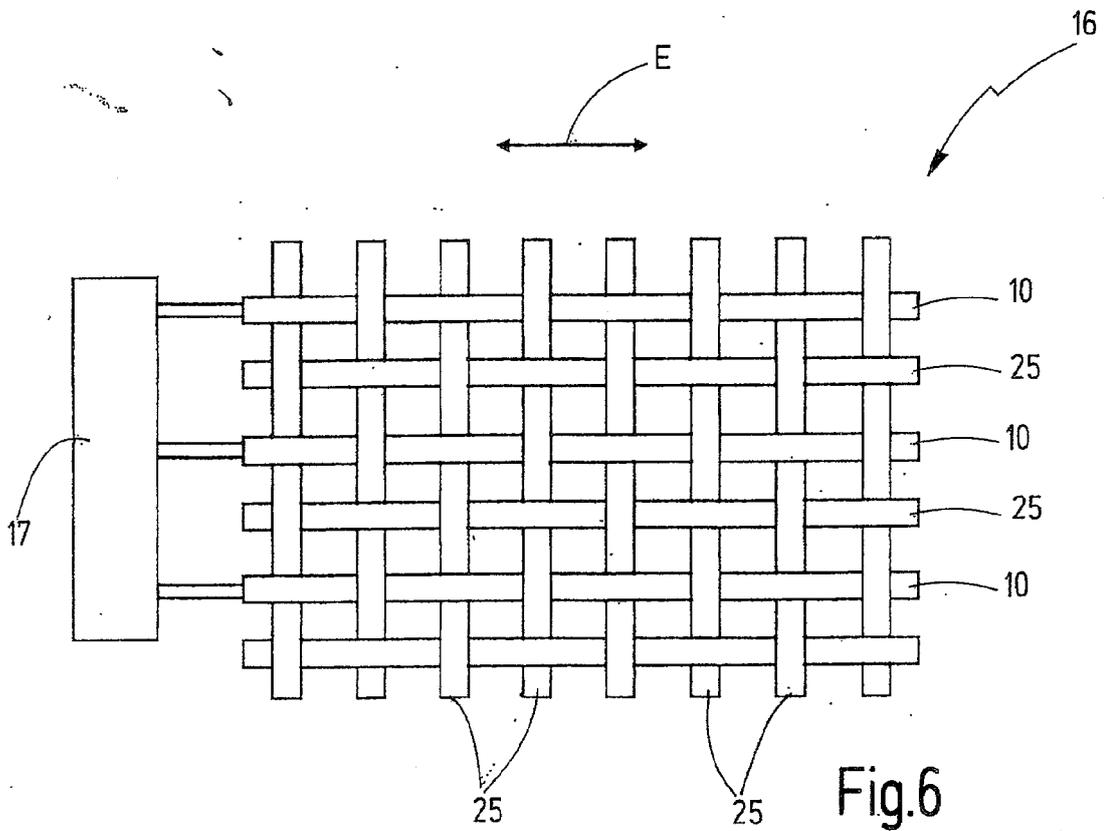
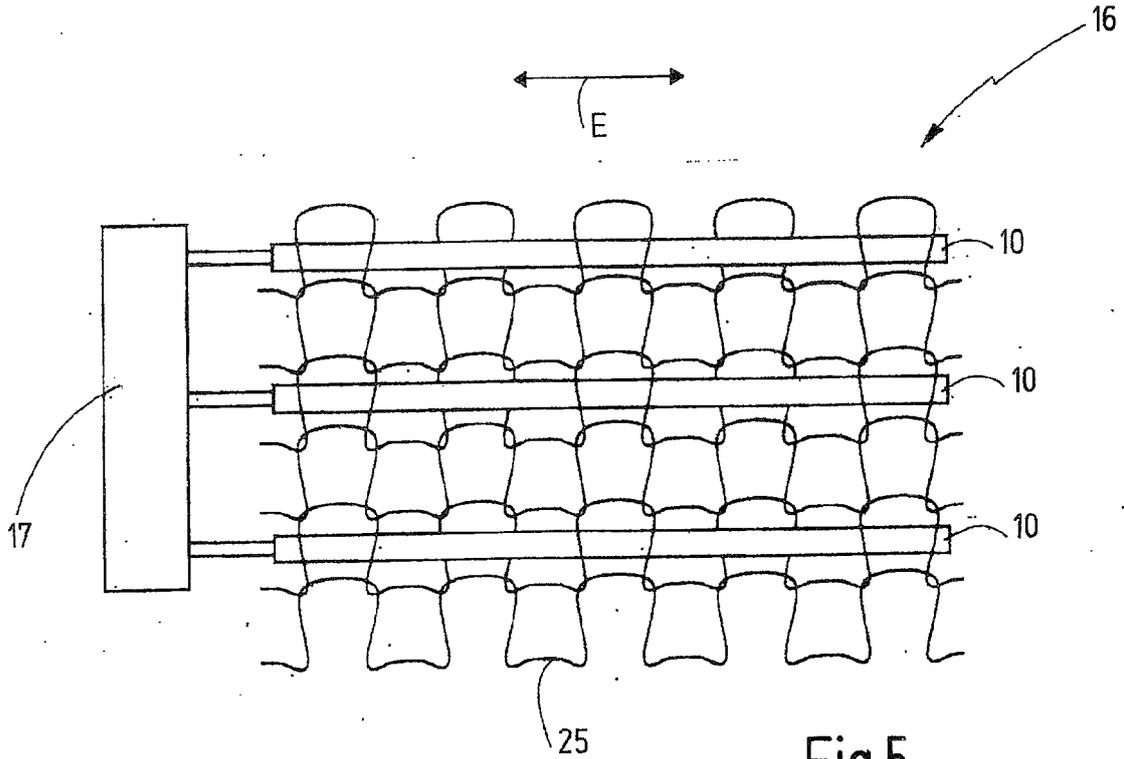


Fig. 3



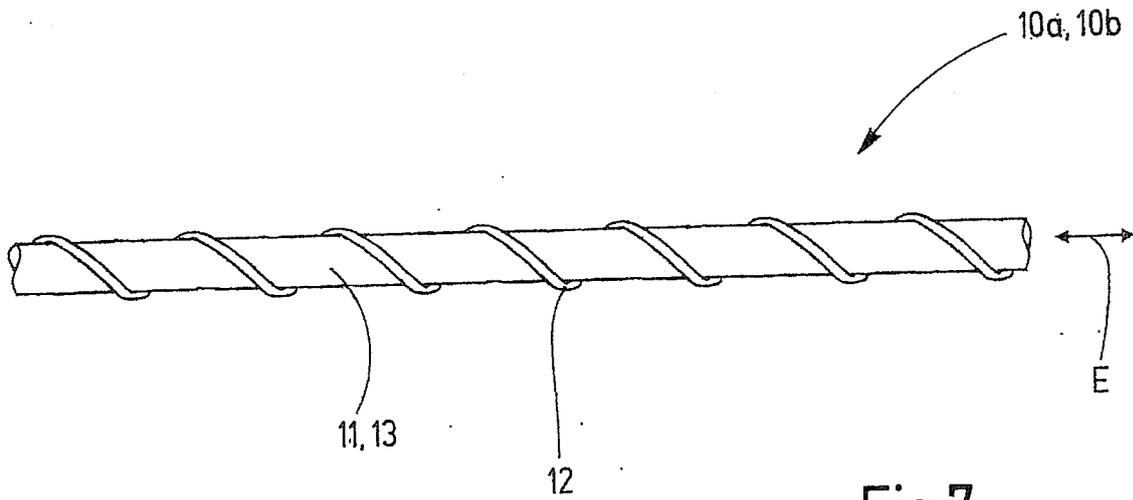


Fig.7

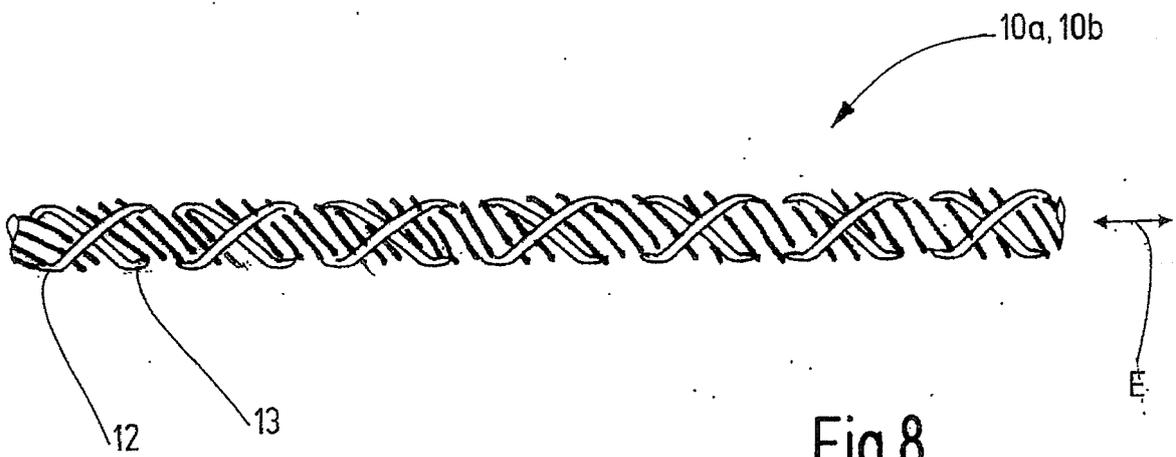


Fig.8

IN DER BESCHREIBUNG AUFGEFÜHRTE DOKUMENTE

Diese Liste der vom Anmelder aufgeführten Dokumente wurde ausschließlich zur Information des Lesers aufgenommen und ist nicht Bestandteil des europäischen Patentdokumentes. Sie wurde mit größter Sorgfalt zusammengestellt; das EPA übernimmt jedoch keinerlei Haftung für etwaige Fehler oder Auslassungen.

In der Beschreibung aufgeführte Patentdokumente

- DE 102008003122 A1 **[0003]**
- DE 10342787 A1 **[0004]**
- DE 102006017340 A1 **[0005]**
- WO 2007020511 A1 **[0006]**
- US 20050040374 A1 **[0007]**