(12) NACH DEM VERTRAG ÜBER DIE INTERNATIONALE ZUSAMMENARBEIT AUF DEM GEBIET DES PATENTWESENS (PCT) VERÖFFENTLICHTE INTERNATIONALE ANMELDUNG

(19) Weltorganisation für geistiges Eigentum
Internationales Büro

(43) Internationales Veröffentlichungsdatum
21. September 2017 (21.09.2017)

WIPO | PCT

(10) Internationale Veröffentlichungsnummer
WO 2017/157605 A1

(51) Internationale Patentklassifikation:
G01B 7/16 (2006.01) *G01L 1/20* (2006.01)

(21) Internationales Aktenzeichen: PCT/EP2017/053497

(22) Internationales Anmeldedatum:
16. Februar 2017 (16.02.2017)

(25) Einreichungssprache: Deutsch

(26) Veröffentlichungssprache: Deutsch

(30) Angaben zur Priorität:
10 2016 204 557.1 18. März 2016 (18.03.2016) DE

(71) Anmelder: **ZF FRIEDRICHSHAFEN AG** [DE/DE]; Löwentaler Straße 20, 88046 Friedrichshafen (DE).

(72) Erfinder: **KLANK, Michael**; Meller Str. 153, 49084 Osnabrück (DE). **LUNDBERG, Alexander**; Vaterlandweg 32, 49086 Osnabrück (DE). **HASKAMP, Klaus**; Heinrichstraße 52, 49413 Dinklage (DE). **ELBERS, Christoph**; Am Thie 23, 32351 Stemwede (DE).

(81) Bestimmungsstaaten *(soweit nicht anders angegeben, für jede verfügbare nationale Schutzrechtsart)*: AE, AG, AL, AM, AO, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BN, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CL, CN, CO, CR, CU, CZ, DJ, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IR, IS, JP, KE, KG, KH, KN, KP, KR, KW, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LU, LY, MA, MD, ME, MG, MK, MN, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PA, PE, PG, PH, PL, PT, QA, RO, RS, RU, RW, SA, SC, SD, SE, SG, SK, SL, SM, ST, SV, SY, TH, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, ZA, ZM, ZW.

(84) Bestimmungsstaaten *(soweit nicht anders angegeben, für jede verfügbare regionale Schutzrechtsart)*: ARIPO (BW, GH, GM, KE, LR, LS, MW, MZ, NA, RW, SD, SL, ST, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), eurasisches (AM, AZ, BY, KG, KZ, RU, TJ, TM), europäisches (AL, AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, LV, MC, MK, MT, NL, NO, PL, PT, RO, RS, SE, SI, SK, SM, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, KM, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

Veröffentlicht:

— *mit internationalem Recherchenbericht (Artikel 21 Absatz 3)*

WO 2017/157605 A1

(54) **Title**: SENSOR DEVICE, MEASURING DEVICE, MOTOR VEHICLE, AND METHOD FOR DETECTING INSTANTANEOUS DEFORMATION OF A COMPONENT

(54) **Bezeichnung** : SENSOREINRICHTUNG, MESSEINRICHTUNG, KRAFTFAHRZEUG UND VERFAHREN ZUM ERFASSEN EINER MOMENTANEN VERFORMUNG EINES BAUTEILS

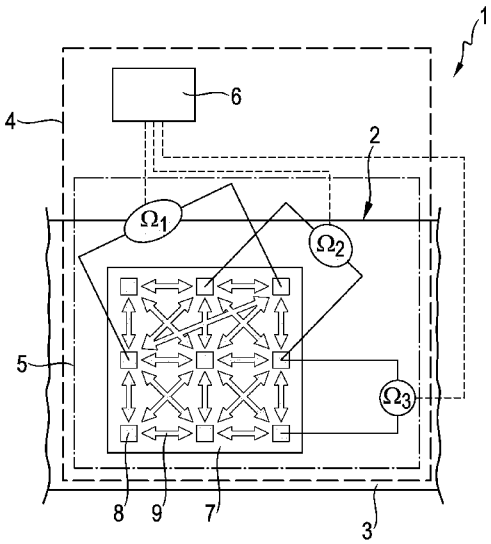


Fig. 1

(57) **Abstract**: The invention relates to a sensor device (5) for measuring instantaneous deformation of a component (3), in particular a chassis component, having at least one sensor layer (7) which can be fastened to the component (3) and has a carrier material, in particular formed from polymer material, and electrically conductive particles embedded therein, and at least three contact pairs each having two electrical measuring contacts (8) which are arranged at a distance from one another on the sensor layer (7), wherein the contact pairs are arranged relative to one another in such a manner that instantaneous deformations of the sensor layer (7) in at least three different directions can be determined using electrical resistance measurements. The invention also relates to a measuring device (4) and to a method for detecting instantaneous deformation of a component (3), in particular a chassis component, and to a motor vehicle (1) having a chassis (2).

(57) **Zusammenfassung**: Die Erfindung betrifft eine Sensoreinrichtung (5) zum Messen einer momentanen Verformung eines Bauteils (3), insbesondere Fahrwerkbauteils, aufweisend wenigstens eine an dem Bauteil (3) befestigbare Sensorschicht (7), die einen insbesondere aus Polymerwerkstoff gebildeten Trägerwerkstoff und darin eingebettete, elektrisch leitfähige Partikel aufweist, und wenigstens drei Kontaktpaare mit jeweils zwei beabstandet zueinander an der Sensorschicht (7) angeordneten, elektrischen Messkontakten (8), wobei die Kontaktpaare derart

[Fortsetzung auf der nächsten Seite]

relativ zueinander angeordnet sind, dass momentane Verformungen der Sensorschicht (7) in wenigstens drei verschiedenen Richtungen über elektrische Widerstandsmessungen ermittelbar sind. Des Weiteren betrifft die Erfindung eine Messeinrichtung (4) und ein Verfahren zum Erfassen einer momentanen Verformung eines Bauteils (3), insbesondere Fahrwerksbauteils, sowie ein Kraftfahrzeug (1) mit einem Fahrwerk (2).

Sensoreinrichtung, Messeinrichtung, Kraftfahrzeug und Verfahren zum Erfassen einer momentanen Verformung eines Bauteils

Die Erfindung betrifft eine Sensoreinrichtung zum Messen einer momentanen Verformung eines Bauteils, insbesondere Fahrwerkbauteils oder Getriebebauteils, aufweisend wenigstens eine an dem Bauteil befestigbare Sensorschicht, die einen Trägerwerkstoff und darin eingebettete, elektrisch leitfähige Partikel aufweist.

Des Weiteren betrifft die Erfindung eine Messeinrichtung zum Erfassen einer momentanen Verformung eines Bauteils, insbesondere Fahrwerksbauteils oder Getriebebauteils, aufweisend wenigstens eine an dem Bauteil befestigbare Sensoreinrichtung und wenigstens eine signaltechnisch mit der Sensoreinrichtung verbundene Messelektronik, wobei die Messelektronik eingerichtet ist, aus elektrischen Widerstandsmessungen an der Sensoreinrichtung die momentane Verformung des Bauteils zu ermitteln.

Ferner betrifft die Erfindung ein Kraftfahrzeug mit einem Fahrwerk und einem Getriebe sowie ein Verfahren zum Erfassen einer momentanen Verformung eines Bauteils, insbesondere Fahrwerksbauteils oder Getriebebauteils, mit wenigstens einer hieran befestigten Sensorschicht, die einen Trägerwerkstoff, insbesondere einen Polymerwerkstoff, und darin eingebettete, elektrisch leitfähige Partikel aufweist und an der elektrische Messkontakte angeordnet sind.

Es ist bekannt, Dehnungsmessstreifen zur Messung einer momentanen Verformung eines Bauteils zu verwenden, um hieraus die an diesem Bauteil angreifenden und die Verformung hervorrufenden Kräfte zu bestimmen. Ein Dehnungsmessstreifen kann hierzu auf das Bauteil aufgeklebt werden, wobei die das Bauteil dehnenden Kräfte durch die Verklebung auf den Dehnungsmessstreifen übertragen werden. Jedoch kann die Verklebung durch Alterung ihre übertragende Wirkung verändern, was die Messung der momentanen Verformung des Bauteils verfälscht.

Es ist des Weiteren bekannt, zur Messung einer momentanen Verformung des Bauteils dessen magnetostriktiven Eigenschaften zu nutzen. Hierbei wird das Bauteil

so magnetisiert, dass ohne einwirkende mechanische Kräfte keine Magnetfelder aus dem Bauteil austreten. Je stärker die an dem Bauteil angreifenden Kräfte sind bzw. je stärker die dadurch bewirkte momentane Verformung des Bauteils ist, umso mehr Magnetfeldlinien treten aus dem Bauteil aus. Diese Magnetfeldlinien können dann zur Messung der momentanen Verformung des Bauteils erfasst werden. Jedoch ist dieses magnetostriktive Messverfahren relativ störempfindlich gegenüber externen Störfeldern, so dass es auch hier zu einer falschen Messung der momentanen Verformung des Bauteils kommen kann.

Häufig ist eine Messung in Kraftrichtung von Bedeutung. Dehnungsmesstreifen haben gegenüber magnetostriktiven Verfahren zwar den Vorteil, dass sie Dehnungen und Stauchungen in bestimmten Richtungen messen können, jedoch muss für jede Richtung ein für die jeweilige Beanspruchung zuständiger eigener Dehnungsmessstreifen auf das Bauteil aufgeklebt werden.

Aus US 2013/0118267 A1 ist ein an einem Bauteil befestigbarer Belastungssensor bekannt, der eine Sensorschicht aufweist, die einen Polymerwerkstoff und darin eingebettete, elektrisch leitfähige Kohlenstoffnanoröhrchen (Carbon-Nano-Tubes; CNT) aufweist. Mit diesem Belastungssensor kann eine momentane Verformung des Bauteils gemessen werden.

Eine Aufgabe der Erfindung ist es, eine verbesserte Messung einer momentanen Verformung eines Bauteils zu ermöglichen.

Diese Aufgabe wird durch die unabhängigen Patentansprüche gelöst. Vorteilhafte Ausgestaltungen sind insbesondere in den abhängigen Patentansprüchen angegeben, die jeweils für sich genommen oder in verschiedener Kombination miteinander einen weiterbildenden oder vorteilhaften Aspekt der Erfindung darstellen können. Weiterbildungen der Sensoreinrichtung können dabei Weiterbildungen der Messeinrichtung, des Kraftfahrzeugs und/oder des Verfahrens entsprechen, und umgekehrt, selbst wenn im Folgenden hierauf im Einzelfall nicht explizit hingewiesen wird.

Eine erfindungsgemäße Sensoreinrichtung zum Messen einer momentanen Verformung eines Bauteils, insbesondere Fahrwerkbauteils oder Getriebebauteils, umfasst wenigstens eine an dem Bauteil befestigbare Sensorschicht, die einen Trägerwerkstoff, insbesondere einen Polymerwerkstoff, und darin eingebettete, elektrisch leitfähige Partikel aufweist, und wenigstens drei Kontaktpaare mit jeweils zwei beabstandet zueinander an der Sensorschicht angeordneten, elektrischen Messkontakten, wobei die Kontaktpaare derart relativ zueinander angeordnet sind, dass momentane Verformungen der Sensorschicht in wenigstens drei verschiedenen Richtungen über elektrische Widerstandsmessungen ermittelbar sind.

Es kann somit lediglich mittels einer Sensoreinrichtung die momentane Verformung des Bauteils in wenigstens drei Richtungen ermittelt werden. Bei der momentanen Verformung des Bauteils kann es sich um eine elastische oder plastische Verformung des Bauteils handeln. Die Sensorschicht ermöglicht prinzipiell eine Messung von elektrischen Widerstandsmessungen in beliebig vielen Richtungen, da die Sensorschicht in allen Richtungen gleich empfindlich ist. In welcher Richtung letztendlich eine elektrische Widerstandsmessung erfolgt, kann durch die jeweilige Anordnung der Kontaktelemente relativ zueinander bzw. relativ zur Sensorschicht festgelegt werden. Aus der aus den elektrischen Widerstandsmessungen ermittelten momentanen Verformung der Sensorschicht in wenigstens drei verschiedenen Richtungen wird die momentane Verformung des Bauteils ermittelt. Hierbei entspricht die momentane Verformung der Sensorschicht nach Möglichkeit der momentanen Verformung des Bauteils. Bei einer elektrischen Widerstandsmessung wird der elektrische Widerstand zwischen zwei Messkontakten eines Kontaktpaars gemessen. Die Kontaktpaare unterscheiden sich insbesondere durch zumindest einen nicht gemeinsamen Messkontakt voneinander.

Der Trägerwerkstoff ist bevorzugt ein Kunststoff. Bei einem Polymerwerkstoff der Sensorschicht handelt es sich um einen elastisch verformbaren Polymerwerkstoff. Die elektrisch leitfähigen Partikel können in verschiedener Größe und Orientierung in der Sensorschicht angeordnet sein. Der Trägerwerkstoff ist insbesondere geeignet die Partikel vor äußeren Einflüssen (Temperatur, Schmutz, Feuchtigkeit) geschützt

aufzunehmen und weist gute Hafteigenschaften auf, so dass während der Lebensdauer des Bauteils eine Widerstandsmessung ermöglicht ist.

Die Sensoreinrichtung kann drei oder mehrere Kontaktpaare mit jeweils zwei beabstandet zueinander an der Sensorschicht angeordneten, elektrischen Messkontakten aufweisen. Dabei können einzelne Messkontakte Teil mehrerer Kontaktpaare sein. Es müssen jedoch mindestens drei Messkontakte vorhanden sein, um drei Kontaktpaare ausbilden zu können.

Die Sensoreinrichtung kann auch zwei oder mehrere an verschiedenen Abschnitten des Bauteils angeordnete Sensorschichten mit daran angeordneten Messkontakten aufweisen.

Die Sensoreinrichtung kann auf einem Fahrwerkbauteil, wie z.B. einem Lenker oder Pendelstütze aufgebracht sein. Ebenso kann die Sensoreinrichtung auf einer Welle oder eines Hebels eines Getriebes angeordnet sein. Es kann so die Schub-, Druck- oder Zugbelastung oder auch die Torsion des betreffenden Bauteils ermittelt werden, wie später noch näher erläutert wird.

Gemäß einer vorteilhaften Ausgestaltung sind die elektrisch leitfähigen Partikel als Kohlenstoffnanoröhrchen ausgebildet. Hierdurch eignet sich die Sensorschicht optimal zur Messung der momentanen elastischen Verformung des Bauteils in wenigstens drei Richtungen. Die Kohlenstoffnanoröhrchen sind innerhalb des Polymerwerkstoffs isotrop ausgerichtet und verteilt.

Nach einer weiteren vorteilhaften Ausgestaltung ist die Sensorschicht stoffschlüssig mit dem Bauteil verbunden. Hierbei kann die Sensorschicht unmittelbar oder über eine Verklebung mittelbar stoffschlüssig mit dem Bauteil verbunden sein.

Vorteilhafterweise ist die Sensorschicht als Beschichtung ausgebildet. Beispielsweise kann die Sensorschicht als Anstrich ausgebildet sein. Alternativ kann die Sensorschicht durch Aufsprühen ihres Werkstoffs auf das Bauteil ausgebildet werden.

Eine weitere vorteilhafte Ausgestaltung sieht vor, dass an der Sensorschicht eine Vielzahl von zueinander beabstandeten Messkontakten angeordnet ist, wobei die Messkontakte in einem regelmäßigen Muster angeordnet sind. Dies macht es möglich, dass nach der Anordnung der Sensorschicht an dem Bauteil Kontaktpaare ausgewählt werden, die eine Messung der momentanen Verformungen des Bauteils in den gewünschten Richtungen ermöglichen. Die Messkontakte können beispielsweise matrixartig an der Sensorschicht angeordnet sein.

Eine erfindungsgemäße Messeinrichtung zum Erfassen einer momentanen Verformung eines Bauteils, insbesondere Fahrwerksbauteils, umfasst wenigstens eine an dem Bauteil befestigbare Sensoreinrichtung und wenigstens eine signaltechnisch mit der Sensoreinrichtung verbundene Messelektronik, wobei die Messelektronik eingerichtet ist, aus elektrischen Widerstandsmessungen an der Sensoreinrichtung die momentane Verformung des Bauteils zu ermitteln. Erfindungsgemäß ist die Sensoreinrichtung nach einer der vorgenannten Ausgestaltungen oder einer beliebigen Kombination von wenigstens zwei dieser Ausgestaltungen miteinander ausgebildet.

Mit der Messeinrichtung sind die oben mit Bezug auf die Sensoreinrichtung genannten Vorteile entsprechend verbunden. Die Messeinrichtung kann auch zwei oder mehrere an verschiedenen Abschnitten des Bauteils befestigbare Sensoreinrichtungen aufweisen. Die Messeinrichtung kann für jede Sensoreinrichtung eine eigene Messelektronik oder für wenigstens zwei Sensoreinrichtungen eine gemeinsame Messelektronik aufweisen. Die Messelektronik kann kabelgebunden oder kabellos signaltechnisch mit der Sensoreinrichtung verbunden sein. Die Messelektronik kann durch eine vorhandene Fahrzeugelektronik oder separat davon ausgebildet sein. Die Messelektronik kann eingerichtet sein, ein Signal zu erzeugen, wenn eine ermittelte momentane Verformung des Bauteils einen vorgegebenen Grenzwert überschreitet.

Gemäß einer vorteilhaften Ausgestaltung ist die Messelektronik eingerichtet, aus den elektrischen Widerstandsmessungen an der Sensoreinrichtung eine momentan auf das Bauteil einwirkende Zugkraft, Druckkraft und/oder Biegekraft zu ermitteln.

Beispielsweise kann eine auf das Bauteil einwirkende Zugkraft aus einer gemessenen Dehnung der Sensorschicht und damit des Bauteils ermittelt werden. Eine auf das Bauteil einwirkende Druckkraft kann aus einer gemessenen Stauchung der Sensorschicht und damit des Bauteils ermittelt werden. Ebenso kann eine auf das Bauteil einwirkende Biegekraft aus einem an der Sensorschicht bzw. dem Bauteil gemessenen Biegemoment bestimmt werden. Alternativ kann die Biegekraft aus einer in einer Richtung gemessenen Dehnung und einer in dieser Richtung gemessenen Stauchung der Sensorschicht bzw. des Bauteils ermittelt werden. Des Weiteren ist es auch möglich die Torsion eines Bauteils, wie Fahrwerklenker oder einer Welle, zu messen. Die Sensorschicht tordiert bei entsprechender Belastung auf dem Bauteil mit, so dass auch diese Art der Belastung bestimmt werden kann.

Vorteilhafterweise ist die Messelektronik eingerichtet, momentan an dem Bauteil angreifende Kräfte ortsabhängig zu ermitteln. Dadurch ist es insbesondere möglich, auf das Bauteil einwirkende Biegekräfte einerseits und Zugkräfte und/oder Druckkräfte andererseits getrennt voneinander zu messen.

Ein erfindungsgemäßes Kraftfahrzeug umfasst ein Fahrwerk und wenigstens eine Messeinrichtung nach einer der vorgenannten Ausgestaltungen oder einer beliebigen Kombination von wenigstens zwei dieser Ausgestaltungen miteinander, wobei die Sensorschicht an einem Bauteil des Fahrwerks befestigt ist.

Mit dem Kraftfahrzeug sind die oben mit Bezug auf die Sensoreinrichtung bzw. die Messeinrichtung genannten Vorteile entsprechend verbunden. Das Kraftfahrzeug kann insbesondere ein Personenkraftwagen sein.

Ein erfindungsgemäßes Verfahren zum Erfassen einer momentanen Verformung eines Bauteils, insbesondere Fahrwerksbauteils oder Getriebebauteils, mit wenigstens einer hieran befestigten Sensorschicht, die einen Trägerwerkstoff, insbesondere einen Polymerwerkstoff, und darin eingebettete, elektrisch leitfähige Partikel aufweist und an der elektrische Messkontakte angeordnet sind, umfasst die Schritte:

- Messen von momentanen elektrischen Widerstandswerten der Sensorschicht zwischen jeweiligen elektrischen Messkontakten von wenigstens drei Kontaktpaaren; und
- Ermitteln der momentanen Verformung des Bauteils in wenigstens drei verschiedenen Richtungen aus den gemessenen momentanen elektrischen Widerstandswerten.

Mit dem Verfahren sind die oben mit Bezug auf die Sensoreinrichtung genannten Vorteile entsprechend verbunden. Insbesondere kann die Sensoreinrichtung zur Durchführung des Verfahrens verwendet werden.

Die Erfindung ist nicht auf die angegebene Kombination der Merkmale der unabhängigen Patentansprüche und der abhängigen Patentansprüche beschränkt. Es ergeben sich darüber hinaus weitere Möglichkeiten, einzelne Merkmale, insbesondere dann, wenn sie sich aus den Patentansprüchen, der nachfolgenden Beschreibung des Ausführungsbeispiels oder unmittelbar aus der Figur ergeben, miteinander zu kombinieren.

Eine bevorzugte Ausführungsform der Erfindung wird nachfolgend anhand der beiliegenden Figur näher erläutert. Diese zeigt:

Fig. 1 eine schematische Darstellung eines Ausführungsbeispiels für ein Kraftfahrzeug.

Fig. 1 zeigt eine schematische Darstellung eines Ausführungsbeispiels für ein erfindungsgemäßes Kraftfahrzeug 1. Das Kraftfahrzeug 1 umfasst ein Fahrwerk 2, von dem in Fig. 1 lediglich ein Fahrwerksbauteil 3 gezeigt ist.

Des Weiteren umfasst das Kraftfahrzeug 1 wenigstens eine Messeinrichtung 4 zum Erfassen einer momentanen Verformung des Fahrwerksbauteils 3. Die Messeinrichtung 4 umfasst eine an dem Fahrwerksbauteil 3 befestigte Sensoreinrichtung 5 zum Messen der momentanen Verformung des Fahrwerkbauteils 3 und eine signaltechnisch mit der Sensoreinrichtung 5 verbundene

Messelektronik 6. Die Messelektronik 6 ist eingerichtet, aus elektrischen Widerstandsmessungen an der Sensoreinrichtung 5 die momentane Verformung des Fahrwerksbauteils 3 zu ermitteln. Insbesondere kann die Messelektronik 6 eingerichtet sein, aus den elektrischen Widerstandsmessungen an der Sensoreinrichtung 5 eine momentan auf das Fahrwerksbauteil 3 einwirkende Zugkraft, Druckkraft und/oder Biegekraft zu ermitteln. Zudem kann die Messelektronik eingerichtet sein, momentan auf das Fahrwerksbauteil 3 einwirkende Kräfte ortsabhängig bzw. ortsaufgelöst zu ermitteln.

Die Sensoreinrichtung 5 umfasst eine an dem Fahrwerksbauteil 3 befestigte Sensorschicht 7, die einen Polymerwerkstoff und darin eingebettete, elektrisch leitfähigen nicht gezeigte Partikel aufweist. Die elektrisch leitfähigen Partikel sind als Kohlenstoffnanoröhrchen ausgebildet. Die Sensorschicht 7 ist stoffschlüssig mit dem Fahrwerksbauteil 3 verbunden. Hierzu kann die Sensorschicht 7 als Beschichtung ausgebildet sein.

Die Sensoreinrichtung 5 erlaubt die Bildung mehrerer Kontaktpaare mit jeweils zwei beabstandet zueinander an der Sensorschicht 7 angeordneten, elektrischen Messkontakten 8. Einzelne Kontaktpaare sind dabei vorliegend durch die zwischen jeweils zwei Messkontakten 8 angeordneten Doppelpfeile 9 angedeutet. An der Sensorschicht 7 ist somit eine Vielzahl von zueinander beabstandeten Messkontakten 8 angeordnet, wobei die Messkontakte 8 in einem regelmäßigen Muster angeordnet sind. Die Kontaktpaare sind derart relativ zueinander angeordnet, dass momentane Verformungen der Sensorschicht 5 in wenigstens drei verschiedenen Richtungen über elektrische Widerstandsmessungen ermittelbar sind.

Bei dem in Fig. 1 gezeigten Ausführungsbeispiel werden drei verschiedene elektrische Widerstandswerte Ω_1, Ω_2 und Ω_3 erfasst und der Messelektronik 6 zugeführt. Somit erfolgen elektrische Widerstandsmessungen in drei verschiedenen Richtungen. Diese Richtungen sind relativ zueinander unter von 90° abweichenden Winkeln ausgerichtet.

Bezugszeichen

1	Kraftfahrzeug
2	Fahrwerk
3	Fahrwerksbauteil
4	Messeinrichtung
5	Sensoreinrichtung
6	Messelektronik
7	Sensorschicht
8	Messkontakt
9	Doppelpfeil (Kontaktpaar)
Ω_1	elektrischer Widerstandswert
Ω_2	elektrischer Widerstandswert
Ω_3	elektrischer Widerstandswert

Patentansprüche

1. Sensoreinrichtung (5) zum Messen einer momentanen Verformung eines Bauteils (3), insbesondere Fahrwerkbauteils, aufweisend wenigstens eine an dem Bauteil (3) befestigbare Sensorschicht (7), die einen, insbesondere aus Polymerwerkstoff gebildeten, Trägerwerkstoff und darin eingebettete, elektrisch leitfähige Partikel aufweist, gekennzeichnet durch wenigstens drei Kontaktpaare mit jeweils zwei beabstandet zueinander an der Sensorschicht (7) angeordneten, elektrischen Messkontakten (8), wobei die Kontaktpaare derart relativ zueinander angeordnet sind, dass momentane Verformungen der Sensorschicht (7) in wenigstens drei verschiedenen Richtungen über elektrische Widerstandsmessungen ermittelbar sind.

2. Sensoreinrichtung (5) nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass die elektrisch leitfähigen Partikel als Kohlenstoffnanoröhrchen ausgebildet sind.

3. Sensoreinrichtung (5) nach Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, dass die Sensorschicht (7) stoffschlüssig mit dem Bauteil verbunden ist.

4. Sensoreinrichtung (5) nach Anspruch 3, dadurch gekennzeichnet, dass die Sensorschicht (7) als Beschichtung ausgebildet ist.

5. Sensoreinrichtung (5) nach einem der Ansprüche 1 bis 4, dadurch gekennzeichnet, dass an der Sensorschicht (7) eine Vielzahl von zueinander beabstandeten Messkontakten (8) angeordnet ist, wobei die Messkontakte (8) in einem regelmäßigen Muster angeordnet sind.

6. Messeinrichtung (4) zum Erfassen einer momentanen Verformung eines Bauteils (3), insbesondere Fahrwerksbauteils, aufweisend wenigstens eine an dem Bauteil (3) befestigbare Sensoreinrichtung (5) und wenigstens eine signaltechnisch mit der Sensoreinrichtung (5) verbundene Messelektronik (6), wobei die Messelektronik (6) eingerichtet ist, aus elektrischen Widerstandsmessungen an der Sensoreinrichtung (5) die momentane Verformung des Bauteils (3) zu ermitteln,

dadurch gekennzeichnet, dass die Sensoreinrichtung (5) nach einem der Ansprüche 1 bis 5 ausgebildet ist.

7. Messeinrichtung (4) nach Anspruch 6, dadurch gekennzeichnet, dass die Messelektronik (6) eingerichtet ist, aus den elektrischen Widerstandsmessungen an der Sensoreinrichtung (5) eine momentan auf das Bauteil (5) einwirkende Zugkraft, Druckkraft und/oder Biegekraft zu ermitteln.

8. Messeinrichtung (4) nach Anspruch 7, dadurch gekennzeichnet, dass die Messelektronik (6) eingerichtet ist, momentan auf das Bauteil (3) einwirkende Kräfte ortsabhängig zu ermitteln.

9. Kraftfahrzeug (1) mit einem Fahrwerk (2), gekennzeichnet durch wenigstens eine Messeinrichtung (4) nach einem der Ansprüche 6 bis 8, wobei die Sensorschicht (7) an einem Bauteil (3) des Fahrwerks (2) befestigt ist.

10. Verfahren zum Erfassen einer momentanen Verformung eines Bauteils (3), insbesondere Fahrwerksbauteils, mit wenigstens einer hieran befestigten Sensorschicht (7), die einen insbesondere aus Polymerwerkstoff gebildeten Trägerwerkstoff und darin eingebettete, elektrisch leitfähige Partikel aufweist und an der elektrische Messkontakte (8) angeordnet sind, aufweisend die Schritte:

- Messen von momentanen elektrischen Widerstandswerten (Ω_1, Ω_2, Ω_3) der Sensorschicht (7) zwischen jeweiligen elektrischen Messkontakten (8) von wenigstens drei Kontaktpaaren; und
- Ermitteln der momentanen Verformung des Bauteils (3) in wenigstens drei verschieden Richtungen aus den gemessenen momentanen elektrischen Widerstandswerten (Ω_1, Ω_2, Ω_3).

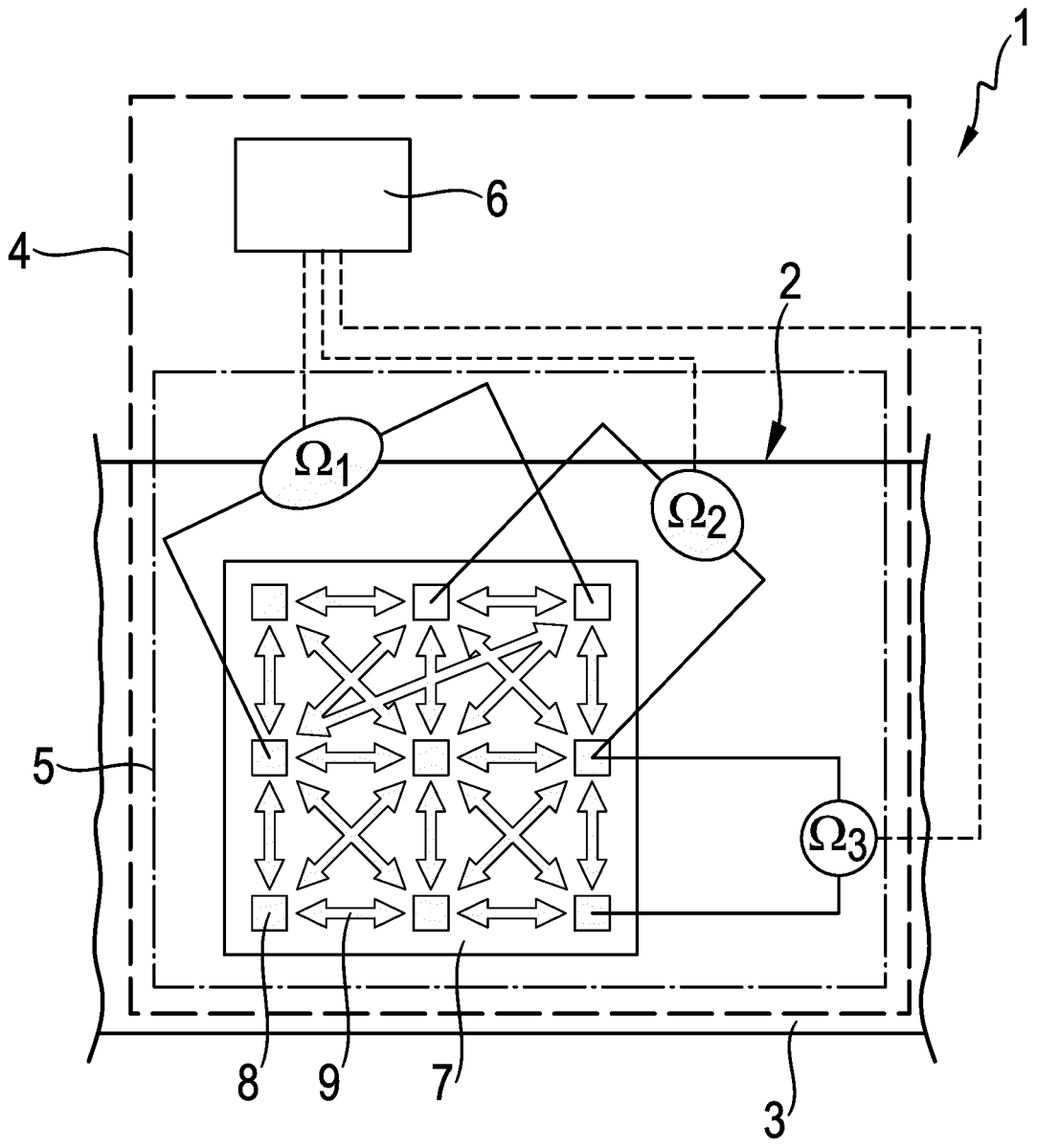


Fig. 1

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No
PCT/EP2017/053497

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER
INV. G01B7/16 G01L1/20
ADD.

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)
G01B G01L

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used)
EPO-Internal, WPI Data

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X	WO 2004/065926 A1 (UNIV RICE WILLIAM M [US]; BARRERA ENRIQUE V [US]; NAGARAJAIAH SATISH [] 5 August 2004 (2004-08-05) abstract paragraphs [0010] - [0017], [0029], [0031], [0035] - [0041], [0049] - [0058], [0069] - [0071] figures 5,6,7 -----	1-10
X	WO 2011/079390 A1 (COMMERCIALISATION DES PRODUITS DE SOC D [CA]; BEAUVAIS JACQUES [CA]; B) 7 July 2011 (2011-07-07) abstract paragraphs [0001] - [0003], [0006], [0031], [0032] - [0047], [0054] - [0066], [0079] claims 1-25 figures 5,8,10a,11, ----- -/--	1-10

[X] Further documents are listed in the continuation of Box C.

[X] See patent family annex.

* Special categories of cited documents :

"A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance

"E" earlier application or patent but published on or after the international filing date

"L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)

"O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means

"P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

"T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention

"X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone

"Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art

"&" document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search	Date of mailing of the international search report
12 May 2017	29/05/2017

Name and mailing address of the ISA/	Authorized officer
European Patent Office, P.B. 5818 Patentlaan 2 NL - 2280 HV Rijswijk Tel. (+31-70) 340-2040, Fax: (+31-70) 340-3016	Poizat, Christophe

1

Form PCT/ISA/210 (second sheet) (April 2005)

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No
PCT/EP2017/053497

C(Continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X	US 2006/010996 A1 (JORDAN JEFFREY D [US] ET AL) 19 January 2006 (2006-01-19) abstract paragraphs [0003], [0011], [0016], [0017] - [0023] figures 1-8 claims 1-30	1-10
X	US 2007/062300 A1 (DORFMAN BENJAMIN F [US]) 22 March 2007 (2007-03-22) abstract figures 4,6a,6b,9b paragraphs [0031] - [0092]	1,8,10

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

Information on patent family members

International application No
PCT/EP2017/053497

Patent document cited in search report	Publication date	Patent family member(s)	Publication date
WO 2004065926 A1	05-08-2004	CA 2514496 A1	05-08-2004
		EP 1595123 A1	16-11-2005
		JP 2006521212 A	21-09-2006
		JP 2010281824 A	16-12-2010
		US 2006253942 A1	09-11-2006
		WO 2004065926 A1	05-08-2004
WO 2011079390 A1	07-07-2011	CA 2784997 A1	07-07-2011
		US 2013031987 A1	07-02-2013
		WO 2011079390 A1	07-07-2011
US 2006010996 A1	19-01-2006	US 2006010996 A1	19-01-2006
		WO 2007001315 A2	04-01-2007
US 2007062300 A1	22-03-2007	NONE	

INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Internationales Aktenzeichen
PCT/EP2017/053497

A. KLASSIFIZIERUNG DES ANMELDUNGSGEGENSTANDES
INV. G01B7/16 G01L1/20
ADD.

Nach der Internationalen Patentklassifikation (IPC) oder nach der nationalen Klassifikation und der IPC

B. RECHERCHIERTE GEBIETE

Recherchierter Mindestprüfstoff (Klassifikationssystem und Klassifikationssymbole)
G01B G01L

Recherchierte, aber nicht zum Mindestprüfstoff gehörende Veröffentlichungen, soweit diese unter die recherchierten Gebiete fallen

Während der internationalen Recherche konsultierte elektronische Datenbank (Name der Datenbank und evtl. verwendete Suchbegriffe)
EPO-Internal, WPI Data

C. ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN

Kategorie*	Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile	Betr. Anspruch Nr.
X	WO 2004/065926 A1 (UNIV RICE WILLIAM M [US]; BARRERA ENRIQUE V [US]; NAGARAJAIAH SATISH [) 5. August 2004 (2004-08-05) Zusammenfassung Absätze [0010] - [0017], [0029], [0031], [0035] - [0041], [0049] - [0058], [0069] - [0071] Abbildungen 5,6,7 -----	1-10
X	WO 2011/079390 A1 (COMMERCIALISATION DES PRODUITS DE SOC D [CA]; BEAUVAIS JACQUES [CA]; B) 7. Juli 2011 (2011-07-07) Zusammenfassung Absätze [0001] - [0003], [0006], [0031], [0032] - [0047], [0054] - [0066], [0079] Ansprüche 1-25 Abbildungen 5,8,10a,11, ----- -/--	1-10

[X] Weitere Veröffentlichungen sind der Fortsetzung von Feld C zu entnehmen [X] Siehe Anhang Patentfamilie

* Besondere Kategorien von angegebenen Veröffentlichungen :
"A" Veröffentlichung, die den allgemeinen Stand der Technik definiert, aber nicht als besonders bedeutsam anzusehen ist
"E" frühere Anmeldung oder Patent, die bzw. das jedoch erst am oder nach dem internationalen Anmeldedatum veröffentlicht worden ist
"L" Veröffentlichung, die geeignet ist, einen Prioritätsanspruch zweifelhaft erscheinen zu lassen, oder durch die das Veröffentlichungsdatum einer anderen im Recherchenbericht genannten Veröffentlichung belegt werden soll oder die aus einem anderen besonderen Grund angegeben ist (wie ausgeführt)
"O" Veröffentlichung, die sich auf eine mündliche Offenbarung, eine Benutzung, eine Ausstellung oder andere Maßnahmen bezieht
"P" Veröffentlichung, die vor dem internationalen Anmeldedatum, aber nach dem beanspruchten Prioritätsdatum veröffentlicht worden ist
"T" Spätere Veröffentlichung, die nach dem internationalen Anmeldedatum oder dem Prioritätsdatum veröffentlicht worden ist und mit der Anmeldung nicht kollidiert, sondern nur zum Verständnis des der Erfindung zugrundeliegenden Prinzips oder der ihr zugrundeliegenden Theorie angegeben ist
"X" Veröffentlichung von besonderer Bedeutung; die beanspruchte Erfindung kann allein aufgrund dieser Veröffentlichung nicht als neu oder auf erfinderischer Tätigkeit beruhend betrachtet werden
"Y" Veröffentlichung von besonderer Bedeutung; die beanspruchte Erfindung kann nicht als auf erfinderischer Tätigkeit beruhend betrachtet werden, wenn die Veröffentlichung mit einer oder mehreren Veröffentlichungen dieser Kategorie in Verbindung gebracht wird und diese Verbindung für einen Fachmann naheliegend ist
"&" Veröffentlichung, die Mitglied derselben Patentfamilie ist

Datum des Abschlusses der internationalen Recherche	Absendedatum des internationalen Recherchenberichts
12. Mai 2017	29/05/2017

Name und Postanschrift der Internationalen Recherchenbehörde	Bevollmächtigter Bediensteter
Europäisches Patentamt, P.B. 5818 Patentlaan 2 NL - 2280 HV Rijswijk Tel. (+31-70) 340-2040, Fax: (+31-70) 340-3016	Poizat, Christophe

1

C. (Fortsetzung) ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN

Kategorie*	Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile	Betr. Anspruch Nr.
X	US 2006/010996 A1 (JORDAN JEFFREY D [US] ET AL) 19. Januar 2006 (2006-01-19) Zusammenfassung Absätze [0003], [0011], [0016], [0017] - [0023] Abbildungen 1-8 Ansprüche 1-30 -----	1-10
X	US 2007/062300 A1 (DORFMAN BENJAMIN F [US]) 22. März 2007 (2007-03-22) Zusammenfassung Abbildungen 4,6a,6b,9b Absätze [0031] - [0092] -----	1,8,10

INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Angaben zu Veröffentlichungen, die zur selben Patentfamilie gehören

Internationales Aktenzeichen
PCT/EP2017/053497

Im Recherchenbericht angeführtes Patentdokument	Datum der Veröffentlichung	Mitglied(er) der Patentfamilie	Datum der Veröffentlichung
WO 2004065926 A1	05-08-2004	CA 2514496 A1	05-08-2004
		EP 1595123 A1	16-11-2005
		JP 2006521212 A	21-09-2006
		JP 2010281824 A	16-12-2010
		US 2006253942 A1	09-11-2006
		WO 2004065926 A1	05-08-2004
WO 2011079390 A1	07-07-2011	CA 2784997 A1	07-07-2011
		US 2013031987 A1	07-02-2013
		WO 2011079390 A1	07-07-2011
US 2006010996 A1	19-01-2006	US 2006010996 A1	19-01-2006
		WO 2007001315 A2	04-01-2007
US 2007062300 A1	22-03-2007	KEINE	