



(10) **DE 10 2013 108 557 B3** 2014.11.13

(12)

Patentschrift

(21) Aktenzeichen: **10 2013 108 557.1**

(22) Anmeldetag: **08.08.2013**

(43) Offenlegungstag: –

(45) Veröffentlichungstag
der Patenterteilung: **13.11.2014**

(51) Int Cl.: **G01K 11/06 (2006.01)**

Innerhalb von neun Monaten nach Veröffentlichung der Patenterteilung kann nach § 59 Patentgesetz gegen das Patent Einspruch erhoben werden. Der Einspruch ist schriftlich zu erklären und zu begründen. Innerhalb der Einspruchsfrist ist eine Einspruchsgebühr in Höhe von 200 Euro zu entrichten (§ 6 Patentkostengesetz in Verbindung mit der Anlage zu § 2 Abs. 1 Patentkostengesetz).

(73) Patentinhaber:
**Fraunhofer-Gesellschaft zur Förderung der
angewandten Forschung e.V., 80686 München, DE**

(74) Vertreter:
**Mammel und Maser, Patentanwälte, 71065
Sindelfingen, DE**

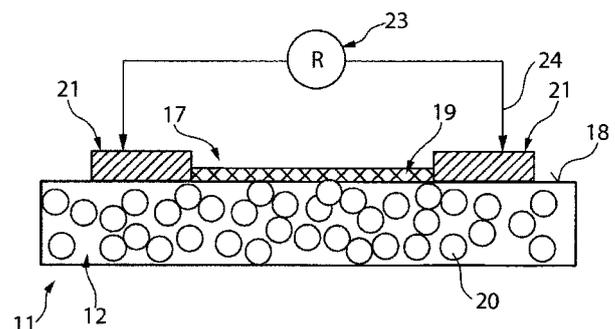
(72) Erfinder:
**Maier, Mathias, 70374 Stuttgart, DE; Marchuk,
Oleksandr, 70374 Stuttgart, DE; Tonner,
Friedemann, Dr., 70176 Stuttgart, DE**

(56) Ermittelter Stand der Technik:

DE	10 2005 041 495	A1
DE	34 90 397	T5
DE	699 11 395	T2
JP	2006- 029 945	A

(54) Bezeichnung: **Einrichtung zur irreversiblen Erfassung einer Überschreitung einer vorbestimmten Temperatur**

(57) Zusammenfassung: Die Erfindung betrifft eine Einrichtung zur irreversiblen Erfassung einer Überschreitung einer vorbestimmten Temperatur mit einer Substratschicht (12), auf welcher eine schmelzfähige Materialschicht (17) aufgebracht ist, welche beim Überschreiten eines Schmelzpunktes der Materialschicht (17) vom festen Aggregatzustand in den flüssigen Aggregatzustand übergeht, und mit in der Materialschicht (17) eingebrachten Partikeln (19), wobei die Substratschicht (14) aus einem porösen Material besteht, welche die Materialschicht (17) nach dem Überschreiten des Schmelzpunktes zumindest teilweise aufnimmt und die in der Materialschicht (17) enthaltenen Partikel (19) an der Oberfläche (18) der Substratschicht (12) abgefiltert werden.



Beschreibung

[0001] Die Erfindung betrifft eine Einrichtung zur irreversiblen Erfassung einer Überschreitung einer Temperatur.

[0002] Aus der DE 10 2005 041 495 A1 ist eine Einrichtung zur Überwachung einer unzulässigen Überschreitung einer auf einen Gegenstand einwirkenden Temperatur bekannt, welche ein Substrat bestehend aus Glas, Keramik, Kunststoff, einer Kunststoffolie oder einem anderen flexiblen Material umfasst. Auf diesem Substrat sind zwei voneinander beabstandete Elektroden vorgesehen sowie zumindest eine Materialschicht. Diese Materialschicht erstreckt sich zwischen den beiden Elektroden, wobei sich die Materialschicht in Abhängigkeit von der auf die Materialschicht wirkenden Temperatur verändert. In der Materialschicht sind metallische Partikel oder ein elektrisch leitendes Metallpulver eingemischt, wobei im funktionsbereiten Zustand des Temperatursensors ohne Wärmezufuhr, also im Ausgangszustand, die Partikel örtlich und in der Fläche begrenzt in der Materialschicht vorgesehen sind. Die Materialschicht besteht aus Wachs, so dass bei einer Wärmezufuhr ein Wechsel des Aggregatzustandes erfolgt und sich die metallischen Partikel innerhalb der dann flüssigen Materialschicht zwischen den Elektroden gleichmäßig verteilen können. Dabei wird die Gesetzmäßigkeit der Entropie genutzt, die in einem geschlossenen System minimal gleich bleibt. Auf grund dieser gleichmäßigen Verteilung der metallischen Partikel ist es möglich, dass ein verändertes elektrisch leitfähiges Verhalten gemessen werden kann. Sofern die Wärmezufuhr beendet ist, erfolgt ein Wechsel des Aggregatzustandes der Materialschicht von „Flüssig“ auf „Fest“, so dass auch zu einem späteren Zeitpunkt der Nachweis einer unzulässigen Wärmezufuhr oder Wärmeeinwirkung aufgrund der Veränderung des elektrisch leitfähigen Verhaltens ermöglicht ist.

[0003] Diese Einrichtung weist den Nachteil auf, dass die Veränderung im elektrisch leitfähigen Verhalten der Materialschicht oftmals gering ausfällt, so dass eine eindeutige Aussage bezüglich einer unangemessenen Wärmezufuhr nicht durch eine signifikante Veränderung des elektrischen Widerstands erfassbar ist. Darüber hinaus ist ein unkontrolliertes Fließen der Materialschicht beim Aggregatzustandswechsel von „Fest“ auf „Flüssig“ auf dem Substrat gegeben.

[0004] Aus der DE 699 11 395 T2 ist ein Zeit-Temperatur integrierende Anzeigevorrichtung mit Sperrmaterial bekannt. Diese dient zum Bereitstellen einer visuell wahrnehmbaren Anzeige einer kumulativen Wärmeeinwirkung auf ein Objekt. Hierfür ist ein Substrat mit einer diffus lichtreflektierenden porösen Matrix und einem Träger mit einem viskoelastischen

Indikatormaterial auf seiner Oberfläche zum Kontaktieren des Materials sowie ein Sperrmaterial vorgesehen. Das viskoelastische Indikatormaterial wandert in einem aktivierten Zustand durch die Temperatur in die poröse Matrix mit einer Geschwindigkeit, die mit steigender Temperatur zunimmt, wodurch die visuell wahrnehmbare Anzeige erzeugt wird.

[0005] Aus der DE 34 90 397 T1 ist des Weiteren eine Indikatoreinheit für eine Temperaturkontrolle bekannt. Hierfür sind auf ein Substrat Mikrokapseln aufgebracht, die eine hydrophobe, organische Verbindung mit einem beliebig gewählten Schmelzpunkt einschließt, sowie einen Amethinfarbstoff und ein oxidierendes Material enthalten.

[0006] Aus der JP 2006-029945 ist eine temperatursensitive Vorrichtung bekannt, die aus einer Wachsschicht gebildet ist, welche auf einem Substrat aufgebracht ist und von einem transparenten Film abgedeckt wird. Die Wachsschicht umfasst eine pulverisierte Wachsschicht sowie eine bestimmte Menge an einem viskosen Mittel auf einer farbigen Schicht eines Farbpapiers.

[0007] Diese Einrichtungen weisen den Nachteil auf, dass eine oft nicht hinreichende sichtbare Veränderung zur Erkennung einer Temperaturüberschreitung kenntlich gemacht wird.

[0008] Der Erfindung liegt die Aufgabe zugrunde, eine Einrichtung zur irreversiblen Erfassung einer Überschreitung einer Temperatur, zu schaffen, welche bei einer einstellbaren Auslösetemperatur beziehungsweise Schmelztemperatur eine deutliche Veränderung eines Perkulationszustandes einer Materialschicht mit darin enthaltenen Partikeln ermöglicht.

[0009] Die der Erfindung zugrunde liegende Aufgabe wird durch eine Einrichtung gelöst, bei der die Substratschicht aus einem porösen Material besteht, welche die darauf aufgebrachte Materialschicht nach dem Überschreiten des Schmelzpunktes der Materialschicht beziehungsweise einer Auslösetemperatur zumindest teilweise aufnimmt oder aufsaugt und die in der Materialschicht enthaltenen Partikel an der Oberfläche der Substratschicht abfiltert, das heißt, die Partikel verbleiben vollständig oder im Wesentlichen an oder auf der Oberfläche der Substratschicht. Dadurch wird die Materialschicht, welche aufgrund der Überschreitung der Schmelztemperatur den Aggregatzustandswechsel erfährt und von dem festen in den flüssigen Aggregatzustand übergeht, aufgrund von Kapillarkräften oder dergleichen in die Substratschicht, insbesondere in die Poren der Substratschicht, gezogen, wobei die Partikel auf oder an der Oberfläche der porösen Substratschicht zurück bleiben beziehungsweise daran abgefiltert werden. Dadurch nimmt die Volumenkonzentration der in der Materialschicht enthaltenen Partikel deutlich zu, so

dass eine erhebliche Veränderung des Perkolationszustandes erfassbar ist. Eine solche unzulässige Einwirkung einer Temperatur oder ein Überschreiten einer vorbestimmten oder zu überwachenden Temperatur auf die Einrichtung bewirkt eine irreversible Zustandsänderung der Einrichtung, so dass diese Einrichtung nicht kontinuierlich überwacht und/oder zwischengespeichert werden muss, um die Informationen zu erhalten. Vielmehr kann auch zu einem späteren Zeitpunkt die unzulässige Wärmezufuhr oberhalb eines Schmelzpunktes verifizierbar sein.

[0010] Bevorzugt ist die Substratschicht aus einem offenporigen Material ausgebildet. Dadurch kann eine schnelle Aufnahme der flüssigen Materialschicht ermöglicht sein. Durch die wirkenden Kapillarkräfte wird das Aufsaugen der flüssigen Materialschicht in die Substratschicht unterstützt.

[0011] Bevorzugt besteht die poröse Substratschicht aus einem natürlichen Filtermaterial. Hier kann beispielsweise ein ein- oder mehrlagiger Papierfilter vorgesehen sein. Alternativ kann ein künstliches Filtermaterial eingesetzt werden, welches beispielsweise aus thermoplastischen Kunststoffen besteht. Des Weiteren kann auch ein keramisches Filtermaterial, wie beispielsweise ein poröses Aluminiumoxid oder dergleichen, eingesetzt werden. In Abhängigkeit des Anwendungsfalles und der aufzunehmenden Menge der Materialschicht kann auch die Porengröße bestimmt werden.

[0012] Die Materialschicht ist bevorzugt aus Wachs, insbesondere Carnauba-Wachs, hergestellt. Alternativ können auch thermoplastische Polymere oder andere Substanzen mit Schmelztemperatur, wie beispielsweise die aufgeführten Fettsäuren und deren Ester, insbesondere Pentansäure, Propansäure, Butansäure, Heptansäure, Hexansäure, Methansäure, Nonansäure, Ethansäure, Octansäure, Undecansäure, Decansäure, Dodecansäure, Pentadecansäure, Tetradecansäure, Heptadecansäure, Hexadecansäure, Nonadecansäure, Octadecansäure oder Elcosan-/Icosansäure oder beispielsweise Polyethylenglycol, Polyethylen, Polyamid, Polypropylen, Polybuten, Polylaktid eingesetzt werden, welche einen eng definierten Schmelzpunkt aufweisen.

[0013] Die in die Materialschicht eingebrachten Partikel sind bevorzugt als elektrisch leitfähige oder optisch reflektierende Partikel ausgebildet. Bei den elektrisch leitfähigen Partikeln kann durch eine einfache Widerstandsmessung der Nachweis für eine unzulässige Überschreitung geführt werden. Bei optisch reflektierenden Partikeln kann mittels eines Lasermessgerätes oder sonstigen Lichtsensoren die Menge der reflektierten Strahlen erfasst und dadurch die unzulässige Überschreitung geführt werden.

[0014] Eine bevorzugte Ausführungsform der porösen Substratschicht sieht vor, dass die Poren kleiner als die Größe der Partikel sind. Dadurch kann einerseits ein Absaugen der erweichten Materialschicht und andererseits ein Abfiltern der Partikel an der Oberfläche der Substratschicht erfolgen. Alternativ können die Poren gleich groß oder sogar geringfügig größer als die Partikel ausgestaltet sein, so dass bei Agglomerationen der Partikel ebenfalls ein Abfiltern an der Oberfläche der Substratschicht gegeben ist. Dies kann genügen, um einen Nachweis für eine unzulässige Temperatureinwirkung zu führen. Insbesondere ist eine Porengröße von kleiner 10 µm vorgesehen.

[0015] Die Materialschicht wird vorteilhafterweise in einem Ausgangszustand mit einer Partikelkonzentration der Partikel versehen, welche unterhalb einer Perkolationschwelle liegt. Die Materialschicht weist im Ausgangszustand der Einrichtung eine Partikelkonzentration mit elektrisch leitfähigen Partikeln derart auf, dass keine oder eine nahezu nicht messbare leitfähige Materialschicht ausgebildet ist. Beim Überschreiten der Schmelztemperatur der Materialschicht erfolgt ein Aufsaugen der Materialschicht durch die Substratschicht, wobei bei nur geringfügigem Aufsaugen der Materialschicht durch die Substratschicht die Perkolationschwelle überschritten wird. Die über der Perkolationschwelle liegende Partikelkonzentration steigt im Verhältnis stark an, wodurch eine wesentliche Änderung im elektrischen Widerstand gegeben ist, so dass diese Zustandsänderung sehr einfach und gut erfassbar ist. Alternativ kann die Partikelkonzentration der Partikel in der Materialschicht gleich oder geringfügig oberhalb der Perkolationschwelle liegen. Insbesondere kann im letzten Fall ein Ausgangszustand der Einrichtung überprüft werden, der zumindest eine geringe elektrische Leitfähigkeit erfassbar ist. Wesentlich bei allen vorgenannten Alternativen ist dabei, dass durch eine geringe Änderung des Ausgangszustandes der Materialschicht eine starke Erhöhung der elektrischen Leitfähigkeit der Partikel – das heißt ein Kurvenverlauf mit einer steilen Steigung – gegeben ist.

[0016] Nach dem Abfiltern der Materialschicht durch die Substratschicht bei einer Überschreitung einer Auslösetemperatur der Materialschicht wird bevorzugt durch die Partikel eine elektrisch leitfähige Schicht gebildet. Somit erfolgt eine Änderung des elektrischen Widerstandes zumindest über eine Dekade bei der Messung des elektrischen Widerstandes, so dass eine einfache und sichere Erfassung der Temperaturüberschreitung auf einen Gegenstand ermöglicht ist.

[0017] Vorteilhafterweise sind auf der Substratschicht elektrische Kontakte vorgesehen, die an die Materialschicht im Ausgangszustand angrenzen oder teilweise davon überdeckt sind. Dadurch können

Messpunkte gebildet werden, um den Ausgangszustand der Einrichtung zu überprüfen und nach der Temperaturüberschreitung in einfacher Weise eine Kontrollmessung durchzuführen. Vorteilhafterweise können die Kontaktelemente mit einem drahtlos arbeitenden Speichermedium, insbesondere einem RFID, in Verbindung stehen, so dass gegebenenfalls noch weitere Informationen zusätzlich zur Überschreitung der Auslösetemperatur erfassbar und zu einem späteren Zeitpunkt auslesbar sind. Es kann vorgesehen sein, dass die Substratschicht ohne elektrische Kontakte ausgebildet ist. In einem solchen Fall kann ein Messgerät mit zwei schichtförmigen Kontaktelementen unmittelbar auf die Materialschicht aufgesetzt werden, um sowohl im Ausgangszustand als auch nach einer unzulässigen Wärmezufuhr den elektrischen Widerstand der Materialschicht beziehungsweise der abgefilterten Partikelschicht auf der Substratschicht zu messen.

[0018] Die in die Materialschicht eingebrachten Partikel sind bevorzugt Carbon-Nanotubes (CNT). Alternativ können elektrisch leitfähige Rußpartikel (Carbon-Black), Silber-Nanodrähte, graphitische Nanoplättchen oder auch Glitter oder dergleichen vorgesehen sein. Darüber hinaus kann auch eine Kombination der vorgenannten Partikel oder eine Abwandlung eingebracht werden.

[0019] Die Erfindung sowie weitere vorteilhafte Ausführungsformen und Weiterbildungen derselben werden im Folgenden anhand der in den Zeichnungen dargestellten Beispiele näher beschrieben und erläutert. Es zeigen:

[0020] Fig. 1a eine schematische Ansicht von oben auf die Einrichtung im Ausgangszustand,

[0021] Fig. 1b eine schematische Ansicht von oben auf die Einrichtung gemäß Fig. 1a nach dem Einwirken einer unzulässigen Temperatur,

[0022] Fig. 2a eine schematische Schnittansicht entlang der Linie II-II in Fig. 1a,

[0023] Fig. 2b eine schematische Schnittansicht entlang der Linie III-III in Fig. 1b,

[0024] Fig. 3a eine schematische Ansicht von oben auf eine Materialschicht der Einrichtung einer konkreten Ausführungsform im Ausgangszustand,

[0025] Fig. 3b eine schematische Ansicht von oben auf eine Materialschicht der Einrichtung einer konkreten Ausführungsform gemäß Fig. 1b,

[0026] Fig. 4a eine schematische Ansicht von oben auf eine alternative Einrichtung zu Fig. 1a im Ausgangszustand und

[0027] Fig. 4b eine schematische Ansicht von oben auf die Einrichtung gemäß Fig. 4a nach dem Einwirken einer unzulässigen Überschreitung einer Temperatur.

[0028] Fig. 1 zeigt eine schematische Ansicht von oben auf eine Einrichtung 11 zur Erfassung einer unzulässigen Überschreitung einer auf einen nicht näher dargestellten Gegenstand einwirkenden Temperatur. Die Fig. 2a zeigt eine schematische Schnittdarstellung entlang der Linie II-II in Fig. 1a.

[0029] Diese Einrichtung 11 umfasst eine Substratschicht 12, welche an einer Unterseite 14 auf einem nicht näher dargestellten Gegenstand befestigbar ist, der zu überwachen ist. Ebenso kann die Einrichtung eine Raumtemperatur oder eine sonstige Bestrahlungstemperatur oder eine sonstige Strahlungstemperatur erfassen, wobei die Einrichtung 11 frei im Raum hängen oder auf einem Untergrund oder Gegenstand aufliegen, gehalten oder befestigt sein kann. Beispielsweise kann die Unterseite 14 mit einer Klebefläche oder Klebefolie versehen sein oder mit Klebstoff bestrichen werden. Ebenso können weitere Alternativen vorgesehen sein, um die Substratschicht 12 an der Oberfläche des Gegenstandes, der im Hinblick auf eine Wärmezufuhr von außen zu überwachen ist, befestigt zu werden. Auf der der Unterseite 14 gegenüber liegenden Oberseite 16 der Substratschicht 12 ist eine Materialschicht 17 aufgebracht.

[0030] Diese weist beispielsweise eine begrenzte flächige Erstreckung auf, die gegenüber der flächigen Erstreckung der Substratschicht 12 geringer ist. Diese kann auch gleich groß sein.

[0031] Die Materialschicht 17 umfasst Partikel 19, welche zufällig verteilt in der Materialschicht 17 vorgesehen sind. Bei dieser Ausführungsform gemäß den Fig. 1a und Fig. 2a sind beispielsweise elektrische Kontakte 21 auf die Substratschicht 12 aufgebracht. Sofern diese elektrischen Kontakte 21 aufgebracht sind, erstreckt sich die Materialschicht 17 zumindest bis an die elektrischen Kontakte 21 heran oder überdeckt diese vorteilhaft erweise teilweise, so dass die elektrischen Kontakte 21 mit der Materialschicht 17 in Verbindung stehen.

[0032] Die Substratschicht 12 ist offenporig ausgebildet. Die offenen Poren 20 sind zur Aufnahme der Materialschicht 17 in einem flüssigen oder fließfähigen Aggregatzustand ausgebildet. Die Substratschicht 12 besteht beispielsweise aus einem Filtermedium, wie beispielsweise Filterpapier, porösem Kunststoff oder porösem Aluminiumoxid. Die Porengröße ist bevorzugt kleiner als die Partikelgröße der Partikel 19 in der Materialschicht 17. Die darauf aufgebraute Materialschicht 17 besteht beispielsweise aus Wachs oder auch aus einem thermoplastischen Polymer. Die Werkstoffe können auf eine definierte

Schmelztemperatur eingestellt werden, so dass die Schmelztemperatur des Materials für die Materialschicht **17** eine Auslösetemperatur für eine Aggregatzustandsänderung bestimmt.

[0033] In der Materialschicht **17** sind beispielsweise Partikel **19** eingebracht. Hierbei kann es sich um elektrisch leitfähige Partikel handeln. Insbesondere werden dabei Carbon-Nanotubes, graphitische Nanoplättchen, elektrisch leitfähige Rußpartikel, Silber-Nanodrähte oder Glitter beziehungsweise Glitterplättchen eingesetzt. Diese Partikel **19** sind bevorzugt mit einem wesentlich von 1 unterschiedlichen Aspektverhältnis eingebracht.

[0034] Mit einer nur schematisch dargestellten Messvorrichtung **23**, welche zwei Messkontakte **24** aufweist, kann durch Positionieren auf den elektrischen Kontakten **21** eine Widerstandsmessung durchgeführt werden, um die Einrichtung **11** im Ausgangszustand zu überprüfen. Dabei ist vorteilhafterweise bei den elektrisch leitenden Partikeln **19** vorgesehen, dass vor einer Temperatureinwirkung ein elektrischer Widerstand von beispielsweise größer 1 GOhm besteht. Die Materialschicht **17** ist quasi nicht elektrisch leitend.

[0035] In Fig. 1b ist eine schematische Ansicht von oben auf die Einrichtung **11** nach einer unzulässigen Temperatureinwirkung dargestellt, welche oberhalb der Auslösetemperatur der Materialschicht lag, wodurch ein Aggregatzustandswechsel von „Fest“ auf „Flüssig“ erfolgte. Es wird also eine unzulässige Überschreitung einer Wärmezufuhr oder Temperatur angezeigt. Die Fig. 2b zeigt eine schematische Schnittansicht entlang der Linie III-III in Fig. 1b.

[0036] Bei einer solchen Temperaturüberschreitung erfolgt eine Aggregatzustandsänderung im Zustand der Materialschicht **17**. Das Material beginnt zu schmelzen und sich zu verflüssigen, wobei durch die poröse Substratschicht **12** ein Aufsaugen der Materialschicht **17** erfolgt und/oder ein Benetzen der großen Oberfläche der Substratschicht **12** gegeben ist. Gleichzeitig erfolgt ein Filterprozess beziehungsweise ein Abfiltern der Partikel **19** an der Oberfläche der Substratschicht **12**, so dass in der verbleibenden Dispersionsmatrix der Materialschicht **12** eine erhebliche Konzentrationszunahme der Partikel **19** gegeben ist. Bevorzugt wird das Wachs oder das thermoplastische Elastomer der Materialschicht **17** vollständig von der Substratschicht **12** aufgesaugt. Dadurch erfolgt eine irreversible Zustandsänderung der Einrichtung **11**, bei der die Volumenkonzentration der elektrisch leitfähigen Partikel **19** deutlich zunimmt. Ein nachfolgendes Messen mit der Messvorrichtung **23** der Schicht aus Partikeln **19** oder mit noch geringen Anteilen des Materials der Materialschicht **17** zeigt eine große Signaländerung. Beispielsweise kann ein elektrischer

Widerstand von weniger als 1 MOhm gemessen werden.

[0037] In den Fig. 3a und Fig. 3b sind lichtmikroskopische Aufnahmen einer Oberfläche einer Materialschicht **17** gemäß den Fig. 1a und Fig. 1b dargestellt. Bei diesem Ausführungsbeispiel wurde eine Materialschicht **17** aus einem Matrixmaterial eingesetzt, welches aus Wachs bestand, in dem weniger als 3 Gew. % an elektrisch leitfähigen Carbon-Nanotube-Partikeln **19** dispergiert waren. Dabei konnte eine Änderung des elektrischen Widerstandes von einem Ausgangszustand gemäß Fig. 3a in einen Endzustand gemäß Fig. 3b von mehr als drei Dekaden erzielt werden, so dass eine sichere Auswertung und Erfassung der unzulässigen Temperaturüberschreitung gegeben ist. Die Schichtdicke der Materialschicht **17** bei diesem Ausführungsbeispiel war vorzugsweise weniger als 500 µm, insbesondere weniger als 100 µm. Als Substratschicht **12** wurde ein Filterpapier eingesetzt.

[0038] In den Fig. 4a und Fig. 4b ist eine alternative Ausführungsform zu den Fig. 1a und Fig. 1b der Einrichtung **11** dargestellt. Anstelle von elektrisch leitfähigen Partikeln **19** sind optisch leitfähige Partikel in die Materialschicht **17** eingebracht. Die Funktionsweise dieser Einrichtung **11** ist analog zu der in den Fig. 1a und Fig. 1b. Die Auswertung erfolgt anstelle einer Erfassung des elektrischen Widerstandes durch die Erfassung des Anteils an reflektierter Strahlung durch die Partikel **19**, so dass eine analoge Auswertung gegeben ist.

Patentansprüche

- Einrichtung zur irreversiblen Erfassung einer Überschreitung einer vorbestimmten Temperatur, mit einer Substratschicht (**12**), auf welcher eine schmelzfähige Materialschicht (**17**) aufgebracht ist, welche beim Überschreiten eines Schmelzpunktes der Materialschicht (**17**) vom festen Aggregatzustand in den flüssigen Aggregatzustand übergeht und mit in der Materialschicht (**17**) eingebrachten Partikeln (**19**), **dadurch gekennzeichnet**,
 - dass die Substratschicht (**12**) aus einem porösen Material besteht, welche die Materialschicht (**17**) nach dem Überschreiten des Schmelzpunktes zumindest teilweise aufnimmt und
 - dass die in der Materialschicht (**17**) enthaltenen Partikel (**19**) an der Oberfläche (**18**) der Substratschicht (**12**) abgefiltert werden.
- Einrichtung nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Substratschicht (**12**) offenporig ausgebildet ist.
- Einrichtung nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet**, dass die poröse Substratschicht (**12**) aus einem natürlichen Filtermaterial, beispielsweise Fil-

terpapier, oder einem künstlichen Filtermaterial, beispielsweise einem Kunststofffilter oder einem keramischen Filtermaterial, beispielsweise einem porösen Aluminiumtrioxid, hergestellt ist.

tende Rußpartikel, Silber-Nanodrähten oder Glitter ausgebildet sind.

Es folgen 2 Seiten Zeichnungen

4. Einrichtung nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Materialschicht (17) aus einem Wachs, insbesondere Carnauba-Wachs oder thermoplastischen Polymeren, oder andere Substanzen mit Schmelztemperatur, wie beispielsweise die aufgeführten Fettsäuren und deren Ester, insbesondere Pentansäure, Propansäure, Butansäure, Heptansäure, Hexansäure, Methansäure, Nonansäure, Ethansäure, Octansäure, Undecansäure, Decansäure, Dodecansäure, Pentadecansäure, Tetradecansäure, Heptadecansäure, Hexadecansäure, Nonadecansäure, Octadecansäure, Eicosan-/Icosansäure oder Polyethylenglycol, Polyethylen, Polyamid, Polypropylen, Polybuten, Polylaktid besteht.

5. Einrichtung nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Partikel (19) als elektrisch leitfähige oder optisch reflektierende Partikel (19) ausgebildet sind.

6. Einrichtung nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet**, dass die poröse Substratschicht (12) Poren (20) aufweist, die kleiner als die Größe der Partikel (19) sind oder gleich große oder geringfügig größere Poren (20) aufweist, so dass durch Agglomerationen der Partikel (19) an der Oberfläche der Substratschicht (12) ein Abfiltern der Partikel (19) daran gegeben ist.

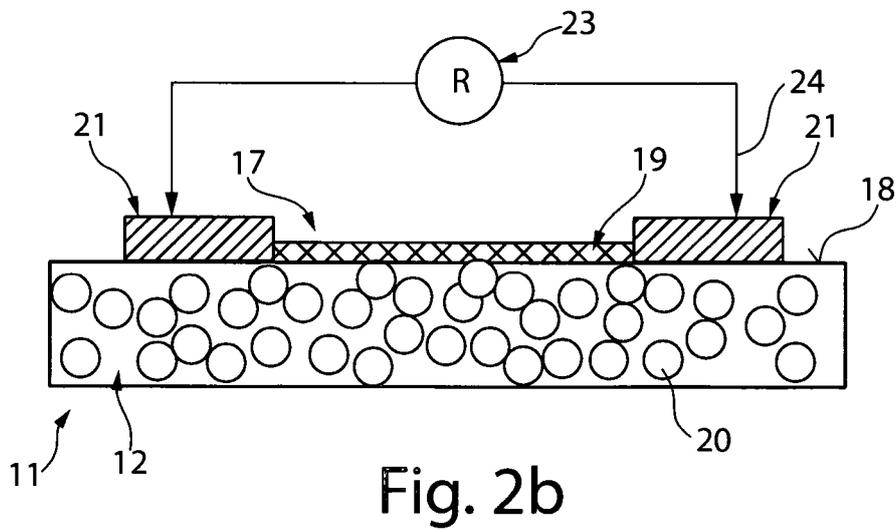
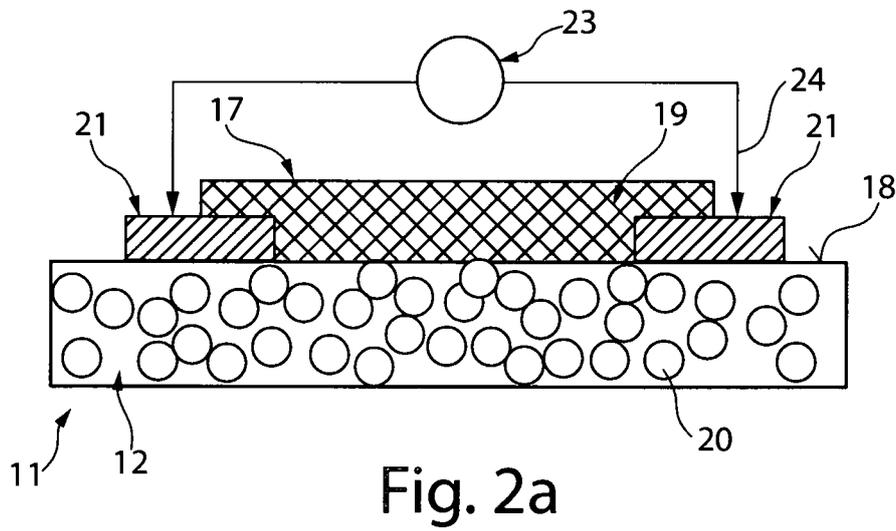
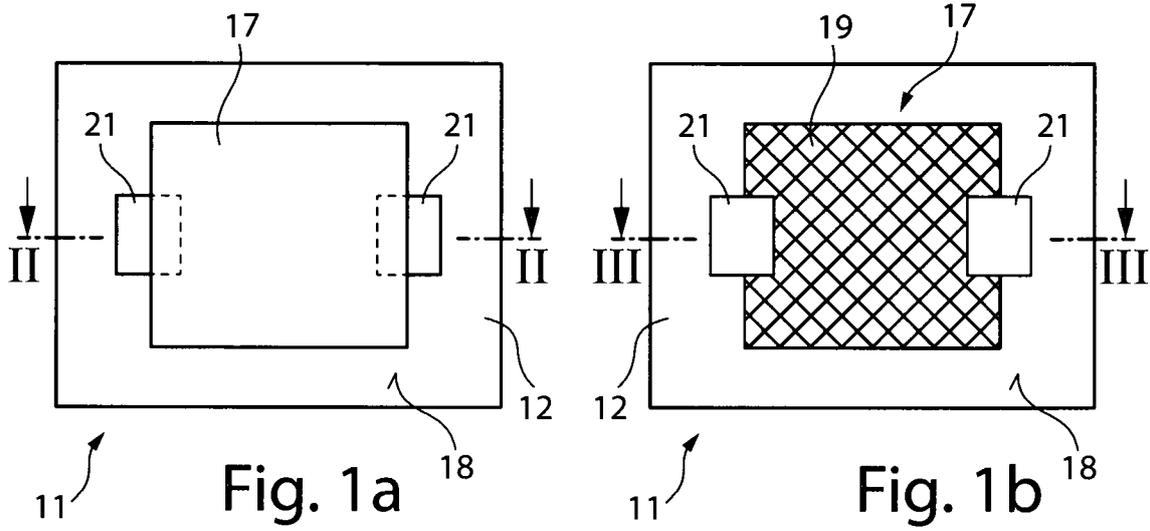
7. Einrichtung nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet**, dass in einem Ausgangszustand der Materialschicht (17) eine Partikelkonzentration der Partikel (19) unterhalb der Perkolationsschwelle oder geringfügig oberhalb der Perkolationsschwelle vorgesehen ist.

8. Einrichtung nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Partikel (19) nach dem Abflitern der Materialschicht (17) an der Oberfläche der Substratschicht (12) eine elektrisch leitfähige Schicht bilden.

9. Einrichtung nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet**, dass auf der Substratschicht (12) elektrische Kontakte (21) vorgesehen sind, die an die Materialschicht (17) im Ausgangszustand angrenzen oder teilweise davon überdeckt sind oder auf der Materialschicht (17) aufliegen.

10. Einrichtung nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Partikel (19) als Carbon-Nanotubes, graphitische Nanoplättchen, elektrisch lei-

Anhängende Zeichnungen





17

Fig. 3a



19

17

Fig. 3b

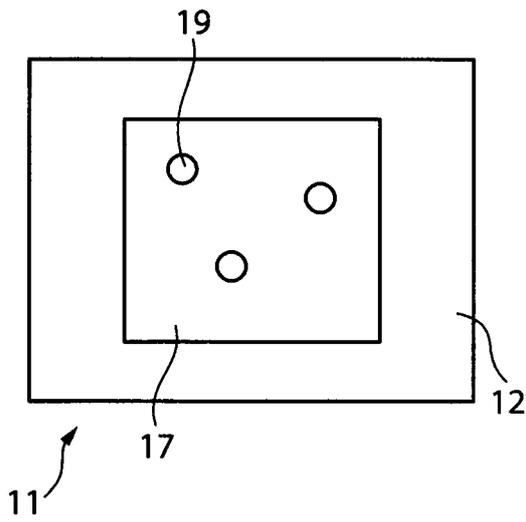


Fig. 4a

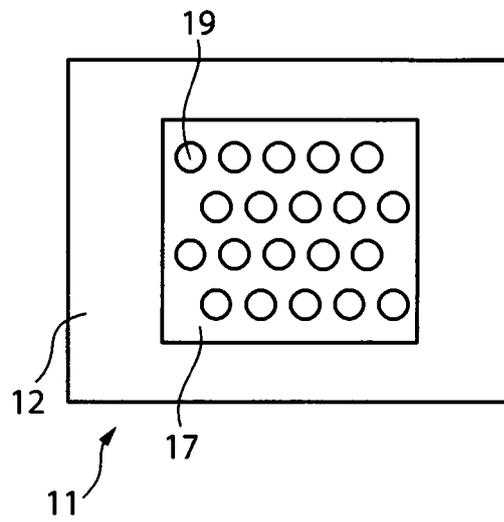


Fig. 4b